

Penyelenggara :



Mitra Utama :



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

PENGELOLAAN DAS TERPADU UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT



ISBN 978-602-99218-8-5

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL PENGELOLAAN DAS TERPADU UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT

Malang, 30 September 2014

Terbit Tahun 2014

Tim Penyunting :

Prof. Dr. Ir. Wani Hadi Utomo
Dr. Agung Budi Supangat, MT,M.Sc
Dr. Ir. Rini Dwi Astuti, MS.
Dr. Ir. Sudarto, MS.
Dr. Ir. Tyas Mutiara Basuki, M. Sc
Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D
Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D
Ir. Widiyanto, M.Sc.
Drs. Irfan Budi Pramono, M. Sc
Ir. Purwanto, M. Si
Ir. Dewi Retna Indrawati, M.P



Penyelenggara :

Balai Penelitian Teknologi
Kehutanan Pengelolaan
Daerah Aliran Sungai,
Fakultas Pertanian
Universitas Brawijaya

Mitra Utama :

ICRAF, Masyarakat
Konservasi Tanah Indonesia,
Himpunan Ilmu Tanah
Indonesia

Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat

Malang, Indonesia : Balai Penelitian Teknologi Kehutanan
Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPTKPDAS) dan Fakultas
Pertanian Universitas Brawijaya (FP UNIBRAW) 2014

ISBN : 978-602-99218-8-5

Desain Sampul :

Tommy Kusuma AP

Penerbit :

Balai Penelitian Teknologi Kehutanan
Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
(BPTKPDAS)

Jl. Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura,
Po Box 295 Surakarta
Surakarta, Indonesia

Telp : (0271) 716709

Fax : (0271) 716959

E-mail:

bpt.kpdas@forda-mof.org

Website:

bpk-solo.litbang.dephut.go.id

Fakultas Pertanian
Universitas Brawijaya
(FP UB)

Jl. Veteran Malang 65145

Telp : (0341) 551665, 565845

Fax : (0341) 560011

Email :

fperta@ub.ac.id

Website :

fp.ub.ac.id

Dicetak oleh :

Balai Penelitian Teknologi Kehutanan
Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Cetakan pertama, Desember 2014

© BPTKPDAS dan FP UNIBRAW 2014

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang

Tim Penyunting

Penanggung Jawab	:	Dr. Nur Sumedi, S.Pi., M.P
Redaktur	:	Ir. Salamah Retnowati, M.Si
Penyunting	:	Prof. Dr. Ir. Wani Hadi Utomo Dr. Agung Budi Supangat, MT, M.Sc Dr. Ir. Rini Dwi Astuti, MS. Dr. Ir. Sudarto, MS. Dr. Ir. Tyas Mutiara Basuki, M. Sc Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D Ir. Widiyanto, M.Sc. Drs. Irfan Budi Pramono, M. Sc Ir. Purwanto, M. Si Ir. Dewi Retna Indrawati, M.P
Sekretariat	:	Iva Dewi Lestariningsih, SP., M.Agr.Sc. Eko Priyanto, SP Wahyu Budiarmo, S.P Upik Pramuningdiyani, S.Kom Tommy Kusuma AP

KATA PENGANTAR

Bersamaan dengan hari yang berbahagia ini, yakni pelaksanaan Seminar Pengelolaan DAS Terpadu, telah disahkan pula UU No 37 tentang Konservasi Tanah dan Air. Secara substansial UU ini selaras dengan arah pengelolaan DAS yang terpadu dan holistik.

Daya dukung daerah aliran sungai (DAS) adalah kemampuan DAS untuk mewujudkan kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia dan makhluk hidup lainnya secara berkelanjutan. Daya dukung DAS yang terus menurun harus ditingkatkan. Penurunan daya dukung DAS yang ditandai dengan terjadinya banjir, tanah longsor, erosi, sedimentasi dan kekeringan yang mengakibatkan terganggunya perekonomian dan tata kehidupan masyarakat. Daerah aliran sungai termasuk kategori dipertahankan atau dipulihkan daya dukungnya tergantung dari kondisi lahan, kualitas, kuantitas dan kontinuitas air, sosial ekonomi, investasi bangunan air, dan pemanfaatan ruang wilayah.

Penurunan kualitas DAS di Indonesia adalah akibat pengelolaan sumber daya alam yang tidak ramah lingkungan serta meningkatnya ego sektoral dan ego kewilayahan. Untuk itu maka pengelolaan DAS terpadu dan holistik merupakan upaya yang sangat penting untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengatur hubungan timbal balik antara sumberdaya alam dengan manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya, agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia secara berkelanjutan. Pengelolaan DAS meliputi kegiatan perencanaan, pelaksanaan, monitoring dan evaluasi, serta pembinaan dan pengawasan yang diselenggarakan secara terkoordinasi dengan melibatkan instansi terkait pada lintas wilayah administrasi serta peran serta masyarakat. Dengan terbitnya PP Nomor 37 tahun 2012 tentang Pengelolaan DAS, maka Indonesia memiliki acuan sehingga pengelolaan DAS secara terpadu dapat dilaksanakan dan daya dukung DAS dapat dipertahankan. Selain itu dukungan IPTEK di bidang pengelolaan DAS diperlukan untuk menjawab permasalahan-permasalahan tersebut.

Dalam rangka memberikan sumbangan pemikiran dan dukungan dalam pengelolaan DAS, Balai Penelitian Teknologi Pengelolaan DAS (BPTKPDAS) bekerja sama dengan Fakutlas Pertanian Universitas Brawijaya dan didukung mitra dari World Agroforestry Centre (ICRAF), Masyarakat Konservasi Tanah dan Air (MKTI) dan Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI) menyelenggarakan Kegiatan Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat. Penyelenggaraan tersebut adalah sebagai bentuk tanggung jawab BPTKPDAS sebagai lembaga litbang yang bergerak di bidang pengelolaan DAS. Penyelenggaraan Kegiatan Seminar Nasional dimaksudkan sebagai wadah untuk menyampaikan hasil penelitian dan pengembangan bidang pengelolaan DAS yang telah dilaksanakan oleh BPTKPDAS dan instansi lain kepada pengguna. Semoga hasil-hasil tersebut dapat menjadi referensi dan dimanfaatkan oleh parapihak terkait.

Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat ini memuat 48 judul materi dari 53 materi yang dipresentasikan. Dalam pelaksanaan seminar tersebut disepakati rumusan seminar yang merupakan rangkuman keseluruhan dari hasil diskusi. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Tim Penyaji, Panitia Penyelenggara, Penyunting Prosiding, serta pihak-pihak yang telah mendukung sampai selesainya kegiatan. Semoga Prosiding ini bermanfaat.

Surakarta, Desember 2014
Kepala BPTKPDAS

Dr. Nur Sumedi
NIP. 19690718 199403 1 001

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
PENGARAHAN	
Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.....	xi
RUMUSAN	
Rumusan Seminar Nasional.....	xv
KEY NOTE SPEECH	
1. Peluang dan Tantangan serta Perspektif Pengembangan Pengelolaan DAS Brantas secara Terpadu / Raymond Valiant Ruritan (Direktur Teknik Perum Jasa Tirta I)	1
2. Kinerja Konservasi Sumberdaya Lahan dan Hutan dalam Pengelolaan DAS Terpadu dan Mitigasi Bencana / Dr. Ir. Harry Santosa (MKTi)	40
3. Daerah Aliran Sungai Sehat di Indonesia Membutuhkan 30% Hutan ? Atau ... > 70% Agroforestry ? / Dr. Meine Van Noordwijk (ICRAF-SEA)	45
KOMISI I. Kebijakan Pengelolaan DAS Terpadu	
4. Kerentanan Banjir di DAS Solo / Irfan Budi Pramono, Nur Ainun Jariyah (BPKTPDAS).....	55
5. Peluang dan Tantangan Pembentukan Badan Otorita Pengelolaan DAS : Studi Kasus DAS Ciliwung – Cisadane dan Sekitarnya / Endang Savitri (BPTKPDAS), Tigor Butarbutar (Puspijak).....	70
KOMISI II. Teknik Pencegahan dan Penanggulangan Banjir dan Tanah Longsor	
6. Pengaruh Besarnya Energi Kinetik Terhadap Erosivitas pada DAS Komerling Hulu / Dinar Dwi Anugerah Putranto, Sarino, Agus Lestari Yuono, Satria Jaya Priatna (UNSRI)	94
7. Pengaruh Perbedaan Topografi Terhadap Variasi Intensitas Curah Hujan pada Prediksi Kehilangan Tanah /Agus Lestari Yuono, Dinar Dwi Anugerah Putranto, Sarino (UNSRI).....	109

8. Pengembangan Sistem Usahatani Konservasi Untuk Mencegah Degradasi Lahan dan Peningkatan Produktivitas Lahan di DAS Progo Hulu / Jaka Suyana (UNS)	121
9. Hubungan Antara Faktor Litologi dengan Tipe dan Pola Longsoran di Sub DAS Salo Lebbo, DAS Budong-budong, Kabupaten Mamuju Tengah Provinsi Sulawesi Barat / Asmita Ahmad, Muchtar S Solle, Paharuddin (UNHAS).....	136
10. Kesesuaian Karakteristik Agroforestri Untuk Pengelolaan DAS Terpadu di DAS Renggung, Pulau Lombok / Markum, Alfian Pujian Hadi, Suyono, dan Muktar (UNRAM)	150
11. Efisiensi dan Efektivitas Formulasi Bahan <i>Hydroseeding</i> Terhadap Perkecambahan Benih Tanaman Hutan / Heru Dwi Riyanto dan Uchu Waluya Heri Pahlana (BPTKPDAS)	163
12. Klasifikasi Daerah Aliran Sungai Berdasarkan Kekritisan Lahan dan Indeks Penggunaan Lahan (Studi Kasus DAS Brantas) / Agus Wuryanta (BPKTPDAS).....	178
13. Dampak Teknik Rehabilitasi Lahan Terdegradasi Terhadap Limpasan Permukaan dan Erosi / Gunardjo Tjakrawarsa, Heru Dwi Riyanto (BPTKPDAS).....	188
14. Pengaruh Asal Klon dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jati dan Perannya Dalam Menjaga Kualitas Lahan / Hamdan Adma Adinugroho, Mashudi dan Mahfudz (BBPBTH)	197
15. Program Pemuliaan Mahoni dan Perannya Dalam Pengendalian Limpasan dan Erosi / Mashudi, Mudji Susanto dan Liliana Baskorowati (BBPBTH)	212
16. Kajian Dampak Penanaman Jenis Penghasil Kayu Terhadap Tata Air / Susi Andriani, Purwanto Budi Santosa, Rahardyan Nugroho Adi (BPK BANJARBARU).....	227
17. Cemara Laut (<i>Casuarina equisetifolia</i> LINN) dan Erosi Angin di Pantai Petanahan, Kebumen / Susi Abdiyani (BPTKPDAS).....	237
18. Penilaian Tingkat Erosi Pada Lahan Hutan Tanaman Beberapa Jenis Cepat Tumbuh (<i>Fast Growing Species</i>) / Ugro Hari Murtiono, Agung Budi Supangat (BPTKPDAS)	245
19. Kajian Praktik Konservasi Tanah dan Air di Hutan Tanaman Kayu Putih untuk Mengurangi Laju Aliran Permukaan dan Erosi Tanah / Muhadi, Purwanto, Yuliatno Budi S, Zacheus Y, Corryanti (PERHUTANI)	262

20. Erosi Tanah di Bawah Tegakan Jenis <i>Melaleuca cajuputi</i> dan <i>Acacia auriculiformis</i> di DAS Opak Oyo dan Implikasi Pemuliaan di Masa Datang / Mudji Susanto, Mashudi dan Liliana Baskorowati (BBPBTH)	273
21. Keragaman Makrofauna Tanah Pada Pola Agroforestri Berbasis Mahoni di Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan (Studi Kasus di Desa Ranggal Kecamatan Takisung) / Wawan Halwany, Adnan Ardhana, Ahmad Ali Musthofa, dan Manaon AMS (BPK BANJARBARU).....	284
KOMISI III. Sosial Ekonomi, Jasa Lingkungan dan Kelembagaan Masyarakat dalam Pengelolaan DAS	
22. Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan Sumberdaya Hutan (Studi pada Kawasan DAS Riam Kanan, Kalimantan Selatan) / Hamdan Fauzi (UNLAM).....	294
23. Membangun Desa Produktif di Hulu DAS Jangkok di Pulau Lombok dengan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) sebagai Upaya Pencegahan dan Penanggulangan Banjir / Indriyatno (UNRAM).....	315
24. Diseminasi Teknologi Konservasi Air dan Tanah: Tantangan Bagi Program Pengelolaan DAS / Nana Haryanti (BPTKPDAS)..	325
25. Analisis Sektor Ekonomi Unggulan Kabupaten di DAS Bengawan Solo dan Prospek Pengembangannya : Analisis Location Quotient Statis dan Dinamis / S. Andy Cahyono (BPTKPDAS).....	338
26. Analisis Tingkat Partisipasi Agroforestri Konservasi Tanah: Studi Kasus di Desa Gunungsari, Kecamatan Tlogowungu, Kabupaten Pati, Jawa Tengah / C. Yudi Lastiantoro (BPKTPDAS).....	349
27. Kondisi Sosial Ekonomi dan Kelembagaan Untuk Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Tuntang Hulu / Purwanto (BPTKPDAS).....	367
28. HOT-SPOTS Perubahan Kepadatan Penduduk di Daerah Aliran Sungai Progo dan Beberapa Faktor yang Memengaruhinya / Evi Irawan, Nana Haryanti (BPKTPDAS)	384
29. Konservasi Tanah dan Manfaatnya Bagi Petani Lahan Kering / Nur Ainun Jariyah (BPTKPDAS).....	399

30. Faktor Penyebab Masyarakat Tinggal di Daerah Rawan Longsor dan Strategi Penguatan Lembaga Lokal : Untuk Mengurangi Resiko Korban Longsor Yang Lebih Besar / Syahrul Donie (BPTKPDAS).....	412
KOMISI IV. Modelling Hidrologi dalam Pengelolaan DAS	
31. Model Aliran Permukaan pada Berbagai Tingkat Gangguan Permukaan Tanah Menggunakan Karakteristik Hidrolika Tanah / Hatma Suryatmojo (UGM).....	428
32. Evaluasi Daya Dukung Lingkungan Sebagai Penopang Aktivitas Manusia di Kota Batu, Indonesia / Bambang Rahadi, Euis Elih Nurlaelih, Novia Lusiana (UNBRAW).....	443
33. Skenario Penggunaan Lahan Melalui Aplikasi Model Genriver untuk Memprediksi Kemampuan Menyangga Cadangan- Cadangan Air di DAS Kali Konto Hulu Kabupaten Malang / Kanti Puji Astutik, Didik Suprayogo, Sugeng Prijono (UNBRAW).....	460
34. Evaluasi Daya Dukung Kesesuaian Penggunaan Lahan Untuk Mitigasi Risiko Bencana Banjir di DAS Tempuran Kabupaten Ponorogo / Novia Lusiana, Bambang Rahadi, Tunggul Sutan Haji (UNBRAW).....	472
35. Simulasi Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan <i>Cellular Automata</i> untuk Menentukan Kelas Erosi di Sub-DAS Jeneberang Hulu Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan / Paharuddin, Muchtar Salam Solle, Sakka, Dadang Ahmad Suriamihardja (UNHAS).....	488
36. Analisis Sensitivitas Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS : Aplikasi Model Genriver untuk Optimalisasi Tata Guna Lahan Dalam Menjamin Kesehatan Hidrologi Sub DAS Keduang Kabupaten Wonogiri / Sipyanti, Widiyanto, Didik Suprayogo, dan Gunardjo Tjakrawarsa (UNBRAW).....	507
37. Estimasi Sensitivitas Alih Guna Lahan Hutan Terhadap Debit Aliran Sungai di Daerah Aliran Sungai (DAS) Konto, Malang Menggunakan Model GenRiver / Gracia Gusti Nazarani, Widiyanto, Didik Suprayogo (UNBRAW).....	519
38. Analisis Kondisi Hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Besai dengan Menggunakan Model " <i>Flow Persistence</i> " / Lisa Tanika, Meine van Noordwijk, Betha Lusiana (ICRAF-SEA).....	530

39. Pengaruh Karakteristik DAS terhadap Pola Aliran Banjir DAS Lengayang, Provinsi Sumatera Barat / Tri Susanti, Mamok Suprpto dan Adi Yusuf Muttaqien (UNS).....	544
40. Pengelolaan Sumberdaya Lahan Berkelanjutan: Studi di DAS Sumber Brantas / Christanti Agustina, Sudarto, Widiyanto, Iva D Lestariningsih, Kurniawan Sigit W (UNBRAW).....	556
41. Pemodelan Neraca Air di DAS Duriangkang, Kota Batam, Kepulauan Riau / Irfan Budi Pramono, Rahardyan Nugroho Adi (BPTKPDAS).....	576
42. Skenario Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Way Betung (Sebuah Simulasi Karakteristik Hidrologi Menggunakan Model SWAT) / Zaenal Mubarak, Syaiful Anwar, Kukuh Murtalaksono dan Enni D. Wahjunie (BPDAS WSS).....	588
43. Kondisi dan Karakteristik Biofisik Daerah Aliran Sungai (DAS) Pasaman dan Upaya-Upaya Pengelolaannya / Bujang Rusman (UNAND).....	603
KOMISI V. Peningkatan Kualitas dan Produktivitas Lahan dalam Pengelolaan DAS	
44. Potensi Input Hara Melalui Biomassa Residu di Hutan Tanaman <i>Eucalyptus pellita</i> F.Muell, di Propinsi Riau / Agung Budi Supangat (BPTKPDAS).....	615
45. Analisis Status Hara dan Bahan Letusan pada Lahan Lereng Merapi di DAS Opak-Oyo / Beny Harjadi dan Pranatasari Dyah Susanti (BPTKPDAS)	628
46. Analisa Distribusi Spasial Bahan Organik dengan Geostatistik dan Upaya Konservasinya pada Tanah Bersolum Dangkal / Tyas Mutiara Basuki dan Nining Wahyuningrum (BPTKPDAS)..	639
47. Pemanfaatan Amelioran Dengan Teknologi Medium Tanam Pot Untuk Menurunkan Suhu Rizosfer Pada Lahan Pasir Pantai / Agung Wahyu Nugroho (BPTKPDAS)	652
POSTER SESSION	
48. Pemanfaatan Model Hidrologi SWAT (<i>Soil And Water Assessment Tool</i>) Sebagai Alat Pengambil Keputusan Dalam Pengelolaan Tata Ruang DAS Berbasis Pola Agroforestry / Edy Junaidi dan Idin S. Ruhimat (BPTA CIAMIS)	665
LAMPIRAN	
Jadwal Acara.....	673
Daftar Peserta.....	675



PENGARAHAN
KEPALA BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN
DALAM
SEMINAR NASIONAL PENGELOLAAN DAS TERPADU
UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT

- Yth. Saudara Rektor Universitas Brawijaya
- Yth. Saudara Dekan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
- Yth. Saudara Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial atau yang mewakili
- Yth. Saudara Kepala Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur
- Yth. Saudara Kepala SKPD terkait kehutanan lingkup Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta
- Yth. Para Kepala Dinas Kabupaten yang menangani kehutanan lingkup Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta
- Yth. Para Kepala Pusat Litbang lingkup Badan Litbang Kehutanan dan Para Pejabat Struktural Eselon II lingkup Kementerian Kehutanan
- Yth. Para Kepala Balai Penelitian lingkup Badan Litbang Kehutanan dan Kepala UPT lingkup Kementerian Kehutanan
- Yth. Para Kepala UPT Kementerian dan Kepala UPTD yang terkait dengan Kementerian Kehutanan
- Yth. Saudara Direktur Utama Perum Perhutani atau yang mewakili
- Yth. Saudara Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perhutani Cebu
- Yth. Para Administratur KPH Perum Perhutani
- Yth. Para Dekan Perguruan Tinggi, Kepala SMA, Ketua Forum dan Mitra Strategis Kementerian Kehutanan
- Yth. Saudara Kepala Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Solo
- Yth. Hadirin yang berbahagia.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua,

Mengawali sambutan ini, marilah kita panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena atas berkah dan rahmat-Nya pada hari ini kita dapat menghadiri acara pembukaan Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu Untuk Kesejahteraan Masyarakat dalam keadaan sehat walafiat.

Pelaksanaan Seminar Nasional ini saya nilai penting dan dilaksanakan pada saat yang tepat, karena sebentar lagi kita akan memulai era pelaksanaan pembangunan yang dipimpin oleh Pemerintah yang baru. Dengan demikian sangat tepat bila seminar ini mampu merumuskan hal-hal terkait dengan Pengelolaan DAS sebagai basis pembangunan Kehutanan.

Menurut UU No 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, salah satu tujuan penyelenggaraan kehutanan adalah meningkatkan daya dukung DAS. Pernyataan "peningkatan daya dukung DAS" sampai saat ini belum secara optimal dioperasionalkan, baik parameter maupun standarnya. Pada kesempatan yang baik ini, dimana ilmuwan terkait DAS sedang berkumpul, saya ingin menyampaikan tantangan agar bisa memformulasikan parameter terkait dengan Pengelolaan DAS; bagaimana statusnya saat ini dan target yang harus dicapai lima tahun mendatang. Dengan demikian upaya pencapaian pengelolaan DAS menjadi lebih konkrit dan terukur sebagai salah satu indikator pencapaian tujuan pembangunan kehutanan.

Riset Teknologi Pengelolaan DAS harus sepenuhnya mendukung implementasi PP 37 tahun 2012 tentang Pengelolaan DAS. Sesuai dengan PP tersebut, Pengelolaan DAS harus menjadi satu kesatuan hulu dan hilir, serta dikelola menurut pentahapannya. Oleh karena itu, seminar ini harus memberikan pemahaman dan merumuskan usulan konkrit berdasarkan IPTEK Pengelolaan DAS DAS untuk melaksanakan setiap tahap dari Pengelolaan DAS tersebut. Dalam konteks PP 37 itu pula, maka perumusan seminar ini juga harus berkontribusi untuk memberikan IPTEK yang terkait aktivitas "DAS yang dipulihkan", "DAS yang dipertahankan" dan DAS yang "ditingkatkan daya dukungnya".

Pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan bahwa UU Konservasi Tanah dan Air pada hari ini juga akan disahkan oleh DPR. Mengingat bahwa UU ini sangat dekat dengan Pengelolaan DAS, maka amanat UU KTA itu harus dijadikan acuan untuk menyiapkan kebutuhan riset sehingga menghasilkan IPTEK Pengelolaan DAS yang mendukung Konservasi Tanah dan Air dalam Pengelolaan DAS. Pada prinsipnya upaya pengelolaan DAS akan menormalkan siklus air pada satuan DAS. Sedangkan upaya konservasi tanah dan Air akan memungkinkan air permukaan untuk sebanyak-banyaknya meresap ke dalam tanah dan menormalkan siklus air di DAS. Dengan demikian upaya KTA harus menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari pengelolaan lahan (*land management*), termasuk apabila pengelolaan lahan yang diterapkan menggunakan kearifan lokal. UU Konservasi Tanah dan Air tersebut pada prinsipnya mewajibkan semua pihak untuk melaksanakan konservasi tanah dan air, tetapi upaya tersebut juga harus memberikan benefit dan tidak menjadi beban. Disinilah IPTEK Pengelolaan DAS perlu memberikan panduan agar pengelolaan lahan dan KTA bisa memberikan benefit yang sebesar-besarnya untuk kesejahteraan masyarakat.

Hadirin yang berbahagia

Untuk menyikapi tantangan dalam menjawab kebutuhan masyarakat dalam pengelolaan DAS, saya harapkan para pemangku kebijakan, praktisi, akademisi dan peneliti untuk saling bertukar informasi dan pengalaman dalam Seminar Nasional ini. IPTEK yang dihasilkan dari kegiatan penelitian dan pengembangan harus dapat menjadi dasar menjawab tantangan yang dihadapi dalam Pengelolaan DAS, antara lain keterbatasan lahan, kemiskinan dan upaya pengelolaan untuk kelestarian SD alam termasuk tambang. Selain itu keintegrasian program dari semua institusi terkait merupakan kunci keserasian pengelolaan tersebut.

Dalam menjawab seluruh tantangan tersebut, IPTEK kehutanan pada pengelolaan DAS, perlu segera diformulasikan / dimantapkan dalam Rencana Strategis 2015-2019, yang didasarkan pada permasalahan pembangunan Kehutanan Nasional dan kebutuhan IPTEK Pengelolaan DAS. Berdasarkan Pencatatan Statistik Kehutanan 2013, angka lahan kritis di seluruh Indonesia masih menunjukkan 27,2 juta ha, penutupan

lahan di kawasan hutan tetap tinggal 110,5 juta ha, sedangkan deforestasi masih 302,8 tibu ha/tahun. Angka-angka kondisi terkini tersebut harus menjadi dasar dalam formulasi upaya untuk penetapan peningkatan daya dukung DAS.

Sesuai komitmen nasional, maka pengkajian dan pengembangan teknologi harus mampu mendukung berjalannya KPH. Secara konsepsi wilayah KPH harus berbasis DAS, sehingga rencana penelitian pengelolaan DAS perlu mempertimbangkan dinamika pengelolaan sumberdaya yang ada di KPH. Dengan demikian penelitian harus terpadu dan menyeluruh (*integrated and holistic research*) melalui pendekatan antar disiplin ilmu (*inter-disciplinary research*). Pengalaman Ditjen BPDAS PS dalam menyusun Pengelolaan DAS Terpadu pada 108 DAS pada periode 2010-2014, harus menjadi titik tolak dalam perencanaan berikutnya.

Saudara-saudara sekalian

Saya berharap semoga Seminar Nasional ini bisa memberikan formulasi kebijakan pengelolaan DAS ke depan, yang berorientasi pada peningkatan kesejahteraan masyarakat dengan dukungan IPTEK yang memadai. Saya ucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang memungkinkan dapat terselenggaranya acara ini. Semoga Tuhan YME selalu memberikan lindungan dan petunjuk-Nya sehingga semua rencana dan kegiatan kita dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Akhirnya, dengan mengucapkan Bismillahirrahmanirochim, dengan ini “Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu Untuk Kesejahteraan Masyarakat ” kami nyatakan dibuka secara resmi.

Terima kasih.

Wassalamua’alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Malang, 30 September 2014
Kepala Badan,

Prof. Dr. Ir. San Afri Awang, M.Sc
NIP. 19570410 198903 1 002



**RANGKUMAN HASIL DAN RUMUSAN
SEMINAR NASIONAL PENGELOLAAN DAS TERPADU
UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT
Universitas Brawijaya Malang, 30 September 2014**

Memperhatikan laporan Kepala Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan DAS, sambutan Kepala Badan Litbang Kehutanan, *keynote speech* Rektor Universitas Brawijaya, *keynote speech* Direktur Teknik Perum Jasa Tirta I, *keynote speech* Dr. Harry Santosa (MKT), *keynote speech* Dr. Meine Van Noordwijk (ICRAF-SEA), pemaparan 50 makalah yang dipresentasikan, proses diskusi dan saran-saran dari seluruh peserta seminar, dihasilkan beberapa rumusan sebagai berikut:

KOMISI 1:

1. Dalam upaya pencegahan dan penanggulangan banjir di DAS Solo, perlu dibedakan daerah potensial banjir dan daerah pasokan air banjir. Hal ini perlu dilakukan mengingat perbedaan cara penanggulangannya. Untuk mencegah atau mengurangi dampak banjir pada areal potensial banjir dapat dilakukan melalui pembuatan tanggul, peningkatan kapasitas saluran drainase. Untuk mengurangi atau mencegah dampak pasokan air banjir yang tinggi dengan peningkatan kapasitas infiltrasi tanah, reboisasi, penghijauan, dan penerapatan teknik konservasi tanah lainnya.
2. Pembentukan Badan Otorita Pengelolaan DAS untuk penyelesaian masalah-masalah dalam pengelolaan DAS tidak dapat diterapkan untuk semua kondisi DAS, harus melalui kajian yang mendalam dan perlu memperhatikan dan mempertimbangkan dinamika politik, otonomi daerah, maupun rencana tata ruang wilayah.

KOMISI 2 :

1. Dari hasil perhitungan dan uji kesesuaian intensitas hujan berdasarkan curah hujan jangka pendek, maka persamaan Talbot merupakan persamaan yang paling mendekati kondisi dilapangan.
2. Perhitungan erosi lebih teliti dengan mempertimbangkan hubungan erosivitas hujan dengan ketinggian tempat
3. Berdasarkan hasil evaluasi faktor penyebab longsor tersebut, terdapat tiga faktor utama yang mempunyai bobot tertinggi sebagai penyebab tanah longsor di DAS Budong-Budong yaitu litologi (0.237), derajat kemiringan lahan (0.222) dan curah hujan (0.169).
4. Pemilihan tanaman semusim perlu ada penelitian lebih lanjut dalam pengelolaan DAS.
5. Bagaimana dampak yang diberikan dari pengelolaan lahan terhadap kualitas lahan, dari biomass tanaman yang diangkut setelah panen dan bagaimana erosi yang terjadi setelah panen.
6. Pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuannya telah menyebabkan terjadinya degradasi lahan yang akhirnya akan menyebabkan terjadi penurunan produktivitas lahan tersebut. Oleh karena itu penerapan usahatani konservasi, dimana pemanfaatan lahan sesuai dengan kemampuannya dan dibantu dengan penerapan teknik konservasi tanah yang tepat dapat menghindarkan lahan tersebut dari proses degradasi. Hasil menunjukkan telah terjadi degradasi ringan, sedang, dan berat di lokasi penelitian. Semakin tinggi kemampuan lahan maka ancaman semakin tinggi dan menyebabkan tingkat degradasi semakin meningkat. Berdasarkan hasil tersebut perlu untuk merencanakan sistem usaha tani dengan menggunakan model untuk mengurangi jumlah erosi.
7. Bencana alam longsor masih mendominasi kejadian bencana alam di Indonesia, setelah bencana angin ribut dan banjir. Bencana alam longsor di Indonesia selain disebabkan adanya faktor geologi yang (khas) di beberapa wilayah, juga disebabkan oleh faktor luar seperti aktivitas manusia dan tingginya curah hujan. Sesungguhnya bencana alam longsor ini dapat dihindari atau dikurangi resiko bahayanya, antara lain dengan memperhatikan tipe-tipe batuan (geologinya) serta tipe dan pola longsor yang terjadi. Untuk mengurangi resiko bahaya longsor yang lebih besar terhadap

manusia, maka perlu adanya penguatan lembaga melalui internalisasi pengetahuan moderen (faktor curah hujan, geologi, dll) ke pengetahuan lokal yang menjadi kekuatan lembaga lokal. Penguatan lembaga lokal dapat dilakukan mulai dari fasilitasi membuat peta-peta daerah rawan longsor, pemasangan penakar hujan di daerah rawan longsor, membuat jalur evakuasi apabila ada potensi bencana longsor, dan melembagakan *warning system level* masyarakat lokal

KOMISI 3 :

1. Model Pemberdayaan Perhutanan Sosial Berbasis Pembelajaran yaitu: (1) Model yang mengarah kepada pembentukan perilaku positif masyarakat untuk mengelola sumberdaya hutan. Model ini dilakukan dengan memperkuat modal sumberdaya di satu sisi dan pelaku pemberdayaan di sisi lain, dan (2) model yang mengarah pada pengelolaan sumberdaya hutan (*forest resource management*) keduanya dapat berjalan dengan baik.
2. Tarik ulur antara fungsi produksi / ekonomi dan lingkungan dapat disinergikan di DAS Jangkok, masyarakat mampu mendomestikasi dan budidaya lebah madu (*Apis cerana* dan *Trigona sp*) sejumlah 100 stup dengan pedapatan rata-rata Rp. 840.000 dari dalam waktu 8 bulan/kepala, mampu mengembangkan inovasi kopi sambung seluas 3 ha, mengembangkan tanaman porang (*Amorphoplaus sp*) seluas 10 ha. Tercipta 3 strata tajuk pada kawasan HkM di kawasan Hulu DAS Jangkok
3. Keberhasilan pemberdayaan masyarakat dalam pemanfaatan sumberdaya alam sangat tergantung dari perumusan masalah dan inventarisasi potensi sumberdaya alam dan potensi sumberdaya yang dimiliki masyarakat. Di DAS Riam Kanan, Kalimantan Selatan pengembangan hutan lindung dengan tanaman karet dan padi gogo dengan pola kemitraan dan di DAS Jongkok, Nusa Tenggara Barat dengan pengembangan hasil hutan bukan kayu dapat meningkatkan pendapatan masyarakat. Di TN. Bromo Tengger Semeru pemanfaatan potensi pariwisata dan pemberdayaan masyarakat sebagai pelaku usaha pariwisata dapat meningkatkan pendapatan masyarakat dan PNPB sektor Kehutanan, belum dikembangkan kajian tentang penurunan nilai kualitas lingkungan akibat dari kegiatan ekowisata

4. Perlu dilakukan diseminasi yang terus menerus teknologi konservasi dan dikembangkan dari *local wisdom*.
5. Rencana Pengelolaan DAS perlu dimasukkan dalam RPJM.
6. Di Sub DAS Lekso, kerusakan lahan diakibatkan kebutuhan masyarakat untuk meningkatkan taraf hidup, walaupun persepsi yang positif terhadap pentingnya konservasi sumberdaya lahan .
7. Di Kabupaten Pati, Jawa Tengah Faktor tingkat partisipasi masyarakat dalam mengembangkan “agroforestri konservasi tanah” secara internal adalah tingkat pengetahuan dan lamanya tinggal di desa, dan secara eksternal adalah sumbangan dalam program (sumbangan pikiran), kehadiran dalam pertemuan, keaktifan dalam berdiskusi, keaktifan dalam kegiatan,
8. Analisis model regresi spasial dapat digunakan untuk memahami indeks perubahan kepadatan penduduk. Penduduk yang terkonsentrasi di daerah hulu berpotensi berhubungan positif dengan peningkatan tingkat kerusakan lahan.
9. Hasil analisis finansial menunjukkan bahwa hutan tanaman jelutung di Lahan Gambut layak untuk dikembangkan baik secara monokultur maupun pola agroforestri. Nilai NPV, BCR dan IRR untuk agroforestri jelutung berturut-turut adalah 69.799.338; 8,68 dan 29%.
10. Tiga faktor yang menjadi kendala proses diseminasi dan transfer teknologi konservasi air dan tanah adalah: (1) karakteristik atau sifat dari teknologi yang diperkenalkan; (2) karakteristik dari diseminasi yang digunakan, seperti cara penyampaian materi, pemberi pesan maupun sifat pesan yang disampaikan. (3) karakteristik kelompok tani. (apatis, tidak memiliki kemampuan untuk melakukan mobilisasi sosial, secara organisasi lemah, tidak mampu memediasi kepentingan ekonomi).
11. Penerapan Konservasi tanah perlu mempertimbangkan biaya yang murah dan disesuaikan dengan kondisi lahan dan kebutuhan petani dalam berbudidaya.
12. Di DAS Tuntang, secara organisasi terdapat perencana dan implementator tetapi masing-masing sektor masih melakukan sendiri dan belum ada evaluasi dan koordinasi atau kelembagaannya masih lemah.
13. Dalam perencanaan pengelolaan DAS seyogyanya mempertimbangkan pengembangan sektor unggulan yang

memiliki prospek mendorong pengembangan sektor lainnya dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan.

KOMISI 4 :

1. Wilayah Kepulauan Batam dengan perkembangan pembangunan yang pesat dengan rendahnya kawasan resapan dan tanpa diimbangi konservasi air dalam DAS mengalami ancaman defisit air karena fluktuasi hasil air relatif tinggi. Pembangunan Bendungan sebagai solusi penyediaan air yang cukup bagi masyarakat harus diimbangi konservasi tanah dan air di wilayah DAS.
2. Model *Thorthnwaite Mather* dapat digunakan mengestimasi neraca air DAS pada kondisi keterbatasan data iklim dan hidrologi.
3. Pengaruh dinamika tutupan lahan di DAS Way Betung, Lampung terhadap karakteristik hidrologi DAS dapat di prediksi dengan baik dengan Model hidrologi *Soil and Water Assessment Tool (SWAT)*. Perbaikan hidrologi DAS Penggunaan lahan sesuai dengan peta fungsi kawasan hutan dan penerapan agroteknologi pada lahan pertanian sangat diperlukan dalam penyehatan hidrologi DAS.
4. Kuantifikasi karakteristik DAS Pasaman sebagai acuan dasar dalam pengelolaan DAS Pasamaan sangat diperlukan untuk landasan pengelolaan DAS yang lebih baik dan terwujudnya kondisi lahan yang produktif sesuai dengan daya tampung dan daya dukung lingkungan DAS secara berkelanjutan, mewujudkan tata air yang optimal melalui pengelolaan DAS Terpadu sehingga terwujudnya peningkatan kesejahteraan di DAS Pasaman, namun analisis data kuantitatif masih dibutuhkan untuk mendapatkan rekomendasi yang benar dan tepat sasaran.
5. Hasil simulasi model numerik terhadap variasi sifat hidrolika tanah pada berbagai tingkat gangguan menunjukkan bahwa pemulihan sifat hidrolika tanah akibat kegiatan sistem tebang pilih dan tanam jalur (TPTJ) di hutan tropis membutuhkan waktu sekitar 10-15 tahun untuk dapat mencapai nilai hidrolika tanah mendekati nilai pada hutan alam yang tidak terganggu, terutama pada pemadatan tanah pada area bekas jalan sarad.
6. Kombinasi aplikasi GIS dan Model Hidrologi DAS GenRiver dapat digunakan sebagai alat analisis pengaruh peningkatan tutupan lahan fungsi hutan yang berkorelasi positif terhadap kapasitas penyangga DAS Kali Konto Hulu untuk menyediakan air yang lebih

baik bagi masyarakat dalam DAS. Penataan penggunaan lahan sesuai dengan daya dukung lahan memberikan kondisi DAS yang paling sehat dalam penyediaan air bagi masyarakat dalam DAS. Untuk itu kegiatan pembangunan di DAS Konto perlu disinergikan dengan kegiatan penataan fungsi hidrologi DAS sehingga kesehatan DAS dapat terjamin.

7. Aplikasi model prediksi hasil air seperti model GenRiver dapat membantu perencana dalam simulasi penggunaan lahan untuk mencari tata guna lahan yang optimal dari aspek tata air. Contoh aplikasi model di Sub DAS Keduang, DAS Kali Konto Hulu memberikan hasil tutupan lahan yang optimal dalam memberikan pengaruh positif terhadap karakteristik hidrologi (hasil air).
8. Model hidrologi dapat dimanfaatkan sebagai tools untuk evaluasi kondisi aktual hidrologi DAS, sekaligus untuk membantu perencana dalam menyusun perencanaan tataguna lahan secara optimal yang memberikan peningkatan fungsi hidrologis DAS.
9. Beberapa model hidrologi dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis sesuai dengan penggunaannya, yaitu model neraca air, model simulasi hasil air dan model prediksi erosi.
10. Aplikasi model neraca air dikaitkan dengan daya dukung lingkungan dapat digunakan untuk memprediksi kondisi keseimbangan air di masa mendatang. Studi kasus di Kota Batu menyimpulkan bahwa sampai dengan tahun 2031 (20 tahun ke depan) diprediksikan aman secara hidrologis.
11. Model sederhana *FlowPer* (penilaian kestabilan aliran), dapat dimanfaatkan untuk melihat performance hidrologi DAS secara cepat dan praktis. Aplikasi model pada DAS Way Besai Hulu menunjukkan nilai FP rata-rata pada kondisi reforestasi yang lebih tinggi (kondisi hidrologi yang lebih baik) jika dibandingkan dengan kondisi aktual dan deforestasi. Perubahan nilai FP pada kondisi reforestasi mempunyai kecenderungan tetap stabil jika dibandingkan kondisi deforestasi dan actual.
12. Aplikasi pemetaan berbasis teknologi SIG dapat digunakan untuk memprediksi resiko bencana banjir ke depan. Contoh kasus di DAS Tempuran diperoleh hasil bahwa dalam 20 tahun ke depan, berdasarkan penataan ruang berbasis daya dukung dan kesesuaian penggunaan lahan 90% menghasilkan resiko bencana banjir yang rendah dan sangat rendah.

13. Model prediksi erosi dalam DAS dapat dilakukan dengan metode simulasi data geospasial berbasis *Cellular Automata* (CA). Berdasarkan penggunaan lahan existing 2000 s.d 2012, dapat diekstrapolasi peta TBE dengan periode lima tahunan yaitu 2012 sampai dengan 2037 di Sub DAS Jeneberang.
14. Parameter hidrologi bisa digunakan sebagai indikator untuk penentuan model pengelolaan tata guna lahan yang optimal, dicontohkan pada studi kasus di DAS Sumber Brantas.

KOMISI 5 :

1. Penelitian ini merupakan merupakan bagian kecil dari suatu kegiatan yang telah dilakukan peneliti, sehingga tidak semua data ditampilkan. Peneliti berusaha menunjukkan bawa bahan vulkanik memiliki kualitas (kandungan hara yang tidak kalah dengan tanah mineral yang telah ada, tentu saja selain kandungan bahan organik dan nitrogen).
2. Pendugaan bahan organik dengan menggunakan GIS (*ordinary kriging*) hasilnya cukup bagus tidak berbeda nyata dengan hasil pengukuran di lapangan, tetapi mulai kandungan lebih dari 2.65 prediksinya lebih kecil. Perlu dilihat apa yang menyebabkan penurunan prediksi bahan organik pada kandungan bahan organik >2.65. Bu Kurniatun menyarankan mempertimbangkan kandungan tekstur tanah dalam penyusunan model. Penelitian ini bisa bermanfaat dalam mendukung kegiatan pertanian organik, sebagai informasi awal kondisi bahan organik di daerah tersebut dan berapa bahan organik diperlukan.
3. Penggunaan *Hydroseeding* sangat bermanfaat namun harus disesuaikan dengan kondisi daerahnya dan bibit apa yang akan dibudidayakan. Aplikasinya masih sulit, mengingat ketersediaan air pada suatu tempat, serta peralatan yang mahal dan mudah mengalami kendala dalam operasionalnya.
4. Penelitian ini bisa dilakukan di lakukan pada lahan berpasir, hasilnya cukup bagus. Konsep awal penelitian sebenarnya untuk memfasilitasi pertumbuhan pada masa-masa kritis dan memang konsentrasi hanya untuk suhu mungkin kedepannya di sarankan untuk melihat pengaruhnya terhadap perkembangan akar. Perlu modifikasi untuk diterapkan di wilayah pegunungan, atau sesuai dengan kondisi setempat, misalnya di lahan sangat masam seperti

di Situbondo akibat aliran air masam dari kawah Ijen. Modifikasi bisa juga dilakukan pada lahan-lahan yang potensi kegagalan tumbuh bibit yang rendah akibat curah hujan yang rendah.

Surakarta, 30 September 2014
Tim Perumus

1. Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D
2. Ir. Syahrul Donie, M.Si.
3. Ir. Widiyanto, M.Sc.
4. Drs. Irfan Budi Pramono, M.Si.
5. Ir. Purwanto, M.Si.
6. Dr. Ir. Rini Dwi Astuti, MS.
7. Dr. Agung Budi Supangat, S.Hut., MT.
8. Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D
9. Dr. Ir. Sudarto, MS.

**PENGELOLAAN SUMBERDAYA AIR DAN LAHAN DI JAWA :
STUDI KASUS DI WILAYAH KERJA PERUSAHAAN UMUM (PERUM)
JASA TIRTA I DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)
BRANTAS DAN BENGAWAN SOLO¹**

Oleh:

Raymond Valiant Ruritan²

² Direktur Teknik Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I

Jalan Surabaya No 2A Malang 65115

raymond_valliant@jasatirta1.net

ABSTRAK

Makalah ini membahas degradasi lahan dan air pada daerah aliran sungai (DAS) Brantas dan Bengawan Solo di Pulau Jawa, yang merupakan wilayah kerja dari Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I selaku badan usaha milik negara (BUMN) yang mengelola sumberdaya air. Degradasi lahan dan air akan ditelaah dari beberapa indikator yang ada dan selanjutnya terhadap metode penanganan yang telah dilakukan akan dievaluasi kritis. Indikator peningkatan degradasi lahan dan air pada kedua DAS tadi dilihat pada fluktuasi prosentase limpasan permukaan terhadap curah hujan yang jatuh maupun dan dari laju erosi teoritik yang meningkat. Analisis secara kritis terhadap degradasi lahan dan air di DAS Brantas dan Bengawan Solo menunjukkan sejumlah kekurangan yang berlangsung secara terus-menerus, seperti kegiatan konservasi vegetatif (penanaman pohon) masih dilakukan tidak tepat sasaran sehingga berimplikasi penanganan lahan yang terdegradasi tidak dapat dilakukan secara optimal, sementara pemilihan spesies tanaman dari jenis kayu ringan/sedang yang cepat tumbuh mempengaruhi tata air secara keseluruhan dan belum pasti meningkatkan efektifitas pengendalian degradasi lahan. Dan sisi kelembagaan, konservasi lahan dan air belum dilaksanakan secara terencana (*designated*), menyatu (*integrated*) dan terkoordinasi antar instansi; kondisi ini dipersulit dengan kebijakan pemerintah yang belum mampu mengendalikan tata ruang dan tata guna lahan secara efektif. Ditengarai sektor pertanian merupakan kunci dalam pengendalian degradasi lahan dan air khususnya di bagian hulu dari kedua DAS tersebut. Keterlibatan masyarakat petani dan kerjasama antar-lembaga sebagai faktor yang berpengaruh dalam pengendalian degradasi lahan dan air. Untuk itu perlu ditingkatkan kemampuan, teknik dan strategi dalam konservasi lahan, sekaligus peningkatan kesejahteraan masyarakat petani sebagai pendukung keberhasilan dalam melestarikan lahan, yang diikuti integrasi antam strategi, perencanaan dan metode kerja dengan kegiatan (program) pada tataran petani dengan melibatkan lembaga terkait.

Kata Kunci: lahan, air, daerah aliran sungai, indikator degradasi, pengendalian

¹Key Note Speech dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Kesatuan antara air dan tanah merupakan dasar perkembangan hidup hayati di muka bumi ini. Bila salah satu di antara kedua aspek itu berubah, ataupun mengalami gangguan, maka timbul persoalan bagi lingkup hayati (biosfer). Tidak saja pada tingkat dunia, ancaman terhadap kehidupan hayati yang berasal dari kerusakan pada air atau tanah juga terjadi di Indonesia, negeri khatulistiwa yang dikaruniai potensi alam yang berlimpah.

Degradasi lahan adalah suatu proses di mana kemampuan tanah pada suatu bidang lahan menurun atau berkurang (secara aktual maupun potensial) untuk memproduksi suatu barang ataupun jasa. Lahan yang telah terdegradasi cenderung mengalami penurunan produktifitas (Mawardi, 2012; Arsyad, 2013; Banuwa, 2013). Adapun degradasi air adalah suatu proses di mana air secara kuantitas dan kualitas mengalami perubahan terhadap waktu dan tempat yang menyebabkan penurunan manfaat (Okl & Kanae, 2006).

Degradasi lahan juga menjadi faktor yang membatasi produktifitas air dalam dunia pertanian (Barrow, 1991; Bossio *et al*, 2008; Falkenmark & Lannerstad, 2005).

Degradasi lahan merupakan salah satu ancaman terhadap keberlanjutan hidup manusia, yang tidak saja terjadi pada tanah di kawasan kering, setengah-kering atau setengah-basah di dunia sebagaimana ditinjau Oldeman *et al* (1991) namun juga terjadi pada kawasan tropis yang kaya akan kelembaban seperti Indonesia (Gillsladottir & Stocking, 2005; Bossio *et al*, 2010; Lestrelin, 2010). Ancaman akibat degradasi lahan ini dapat dikatakan bersifat global oleh karena mempengaruhi sejumlah besar umat manusia; diperkirakan sekitar 2,6 miliar penduduk yang menempati 33% luas lahan pertanian di dunia terancam secara langsung oleh degradasi lahan (Adams & Eswaran, 2000).

Selain penyebab alami seperti erosi oleh angin, air dan aliran salju, degradasi lahan kerap kali diakibatkan campur tangan manusia seperti: perubahan tata guna lahan (GLP, 2005; Tschakert & Dietrich, 2010),

pengolahan tanah secara intensif dalam kegiatan bercocok-tanam atau pembukaan lahan yang menguras kandungan zat hara atau penggembalaan hewan merumput secara berlebihan (Ravi *et al*, 2010).

Degradasi air merupakan salah satu persoalan yang melekat pada keterbatasan air itu sendiri. Seluruh kehidupan di bumi ini terkait erat dengan air. Lebih khusus lagi, sebagian kehidupan itu bertumpu (secara mutlak) pada air tawar. Padahal air tawar di bumi ini hanya sekitar 2,5% dari keseluruhan air yang ada dan dua-per-tiga darinya berada dalam bentuk es, salju, beku atau tersimpan di dalam tanah (Shiklomanov, 1997).

Dalam kenyataan, pertambahan penduduk menekan ketersediaan air tawar melalui desakan penyediaan air minum, pangan dan energi, selain kebutuhan untuk rupa-rupa pengolahan produk. Sebagai akibat tekanan ini, pengelolaan air tawar menjadi semakin penting - khususnya dalam mengatasi keterbatasannya terhadap waktu, ruang, jumlah dan mutu.

Dalam keterbatasan ini, air juga terancam oleh keberadaan manusia, baik akibat perubahan pada siklus hidrologi (Vorosmarty & Sahagian, 2000; Oki dan Kanae, 2006), limbah (rumah tangga, industri dan pertanian) yang dibuang ke perairan danau, waduk, rawa dan sungai-sungai di dunia (Vorosmarty *et al*, 2010), maupun emisi gas rumah kaca yang mendorong perubahan iklim global (Arnell, 2004; Kanae, 2009).

Makalah ini secara khusus akan meninjau degradasi lahan dan air pada DAS Brantas dan DAS Bengawan Solo yang merupakan dua buah wilayah sungai yang dikategorikan sebagai strategis-nasional. Kedua wilayah sungai itu juga sekaligus merupakan wilayah kerja dari Perusahaan Umum Jass Tirta I (PJT-I) yang merupakan badan usaha milik negara (BUMN) pengelola sumberdaya air. Oleh karena kedua DAS ini berada di Pulau Jawa yang memiliki penduduk dalam jumlah besar dan tingkat kepadatan pemanfaatan lahan yang tinggi maka tidak dapat dipungkiri Brantas dan Bengawan Solo mengalami tekanan pada ketersediaan lahan dan air. Tanah yang relatif subur dari aktifitas vulkanik dan curah hujan cukup dari iklim yang mendukung,

mendorong pertumbuhan penduduk bersama perkembangan kegiatan agraris dan aktifitas ekonomi lainnya.

PJT-I sebagai pelaksana dari sebagian kegiatan dalam pengelolaan sumberdaya air pada prinsipnya mengelola air permukaan melalui operasi dan pemeliharaan dari berbagai prasarana pengairan berupa bendungan, bendung gerak, bendung karet dan pintu air, dengan tujuan melayani kebutuhan air berbagai sektor. Namun, sebagai pelaksana amanat dari Undang-undang No 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, maka BUMN ini juga menyelenggarakan pengelolaan data hidrologi, pemantauan kualitas air dan kegiatan konservasi yang bertujuan melestarikan tanah dan air.

Berdasarkan pengalaman PJT-I dalam mengelola air permukaan dan pengamatan akan berbagai perubahan pada lahan dan air dalam beberapa tahun terakhir ini diyakini DAS di Pulau Jawa berada dalam ancaman karena tindakan manusia atau yang disebut juga sebagai akibat antropomorfik (Sabiham. 2013; Arsyad, 2013). Memenuhi maksud melestarikan air permukaan dan lahan yang terkait, maka PJT-I berusaha lebih berperan sebagai mitra-strategis dalam pengelolaan lahan dan air di dalam wilayah kerjanya.

1.1. Penurunan Produktifitas Lahan

Degradasi lahan memberikan pengaruh yang cukup luas baik secara langsung maupun tidak langsung. Dampak dapat dirasakan dalam wujud semakin terbatasnya pemanfaatan lahan, makin tertekannya ketersediaan air permukaan dan air tanah, serta perekonomian dari sektor pertanian secara keseluruhan.

Degradasi lahan akan menurunkan luasan lahan yang subur. Akibatnya terbatasnya lahan subur maka produktivitas hasil pertanian juga akan terpengaruh. Jika produktivitas lahan turun maka muncul pola pertanian baru dengan memasukkan lebih banyak ikhtiar untuk meningkatkan hasil. Ikhtiar ini dapat berupa teknologi, bahan kimia, mineral tanah ataupun jenis bibit yang lebih toleran kondisi lahan saat sekarang.

Dalam kenyataan penambahan ikhtiar ini juga berpengaruh pada keadaan lingkungan, sebagai misal, diketahui penambahan pupuk anorganik secara berlebihan, menyebabkan residu fosfat dan nitrat berubah menjadi limbah yang mencemari perairan (PJT-I, 2004; Soekistijono, 2005) bahkan mendorong pelepasan gas rumah kaca yang mempercepat perubahan iklim (Quare et al, 2013).

Adapun degradasi lahan pada hakikatnya juga mendorong konversi pemanfaatan lahan. Semakin menurunnya produktivitas lahan untuk kegiatan pertanian, akan mendorong alih fungsi lahan dari pertanian ke fungsi lainnya. Hal ini terjadi pada lahan-lahan yang dekat aglomerasi urban. Sejauh ini upaya pengendalian konversi lahan pertanian diupayakan melalui penerapan tata ruang namun dalam kenyataan masih terjadi secara meluas karena berbagai faktor (Dardak, 2013).

Sementara untuk memenuhi kebutuhan akan produk pertanian, alih fungsi lahan pertanian menjadi pemukiman ini diikuti dengan alih fungsi hutan menjadi lahan pertanian. Pada dasarnya alih fungsi lahan berlangsung dari aktivitas-aktivitas dengan *land rent* yang lebih rendah kepada aktivitas-aktivitas dengan *land rent* yang lebih tinggi (Arsyad, 2013).

1.2. Perubahan pada Tata Air

Tanah memainkan peran penting dalam daur hidrologi karena berfungsi sebagai penyerap presipitasi (hujan, embun maupun salju) dari atmosfer. Air yang diserap dalam keadaan tanah tidak jenuh air disebut infiltrasi. Bila tanah telah mencapai keadaan jenuh terjadi aliran air di dalam tanah akibat gaya gravitasi yang disebut perkolasi. Inilah yang menjadi aliran air tanah. Sebaliknya, air yang tidak terserap tanah akan mengalir di permukaan tanah melimpas di permukaan tanah atau *surface run-off* (Subramanya, 1999; Asdak, 2010; Mawardi, 2013).

Aliran air di permukaan dan di dalam tanah, sama-sama bergantung kepada tanah sebagai media penentu (*determinant media*). Gangguan terhadap tanah dalam bentuk degradasi lahan sangat mempengaruhi

tata air secara keseluruhan (Li et al. 2009; Ravl et al, 2010), menurunkan produktifitas air dan tanah (Bossio et al, 2008 dan 2010); menurunkan daya tangkap karbon (Trabucco et .al 2008).

Beberapa dampak dari degradasi lahan terhadap tata air:

- Terjadinya kerusakan atau bahkan matinya sumber-sumber air, sebagai akibat dari menurunnya infiltrasi air dan terkurasnya akuifer (lapisan tak kedap air) di dalam tanah;
- Membesarnya perbandingan debit sungai di musim hujan terhadap debit di musim kemarau sebagai tanda berkurangnya aliran air tanah dan membesarnya limpasan permukaan;
- Erosi permukaan tanah (*sheet erosion*) dan erosi alur (*reel erosion*) cenderung membesar oleh karena aliran permukaan mengikis kolom tanah (*solum*) yang subur.

Menurunnya kualitas dan kuantitas air permukaan tidak dapat dipisahkan dari proses degradasi lahan dan dalam kenyataan merupakan satu kesatuan dengan erosi serta berkurangnya tutupan lahan.

1.3.Dampak pada Sosial Ekonomi Masyarakat

Proses degradasi lahan oleh tindakan manusia (antropomorfik) mempengaruhi kehidupan manusia baik secara langsung maupun tidak. Menurunnya tingkat kesuburan tanah menjadi penyebab kenaikan biaya produksi dan turunnya produktifitas pertanian, yang akhirnya berakibat kerugian pada petani.

Secara tidak langsung hal ini akan berdampak pada bertambahnya tingkat kemiskinan dan laju urbanisasi yang didorong oleh keinginan untuk memperoleh penghasilan yang lebih baik. Sementara itu, sebagai akibat dari penurunan produktifitas ini akan muncul berbagai konflik sosial, baik secara horizontal maupun vertikal (Rahim, 2003).

Hal ini dapat ditengarai dengan makin meluasnya kegiatan perekonomian masyarakat, khususnya dalam bentuk kegiatan pertanian, di daerah dataran tinggi (*up-land*) baik sebagai bentuk pemanfaatan kawasan hutan maupun daerah resapan air.

II. KONDISI SUMBERDAYA AIR DAN LAHAN DI DAS BRANTAS DAN BENGAWAN SOLO

2.1. Gambaran Umum

Secara geologis, DAS Brantas maupun DAS Bengawan Solo berada pada sebuah zona geologi yang dibatasi oleh dua zona lainnya. Berdasarkan peta geologi Bemellen (1949) diketahui bagian utama dari kedua DAS ini berada pada sebuah formasi vulkanis yang ditandai rangkaian pegunungan berapi terbentang dari Jawa Tengah sampai Jawa Timur. Sebagai pembatas dari bagian utara dari kedua DAS ini terdapat zona Kendeng yang merupakan perlipatan yang membentuk perbukitan, sedangkan di selatan oleh zona Pegunungan Kapur.

Alur dari Sungai Brantas dan Bengawan Solo memiliki karakteristik khas. DAS kedua sungai ini berbentuk seperti daun (*leaf shape*) namun bila sungal utama diluruskan maka bentuknya menjadi akan memanjang (*long shape*). Alur sungal cenderung berkelok kelok, khususnya di bagian hilir (*meandering*) namun sebagian telah diluruskan (*rectification*) sejak tahun 1980-an.

Iklim DAS Brantas dan Bengawan Solo bercorak muson tropis-sebagaimana halnya seluruh Pulau Jawa - ditandai musim hujan dari bulan Nopember sampai April tahun berikutnya dan musim kemarau dari Mei sampai Oktober. Kelembaban udara relatif tinggi di musim hujan, mencapai 60-80% dan rentang suhu udara sepanjang tahun berkisar antara rerata 26° sampai 32° C.

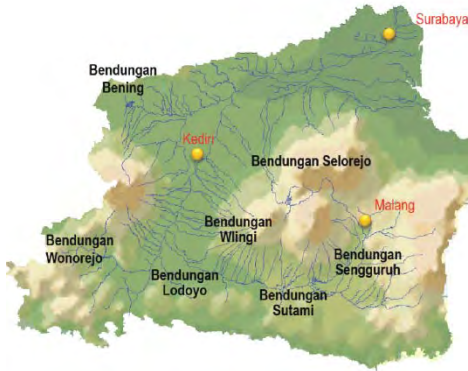
2.1.1. DAS Brantas

DAS Brantas dianggap sebagai salah satu sungai penting di Pulau Jawa. Oleh karena memberi sumbangsih yang cukup besar pada pendapatan pendapatan domestik bruto (PDRB) Provinsi Jawa Timur dan Investasi yang ditanamkan Pemerintah Republik Indonesia dalam sarana-prasarana pengairan yang nilainya cukup besar, ditetapkan sebagai sungai strategis nasional.

Sungai Brantas mengalir dari mata airnya di kompleks Pegunungan Arjuna-Anjasmara, yang berada pada ketinggian 1.547 meter di atas

permukaan laut, menuju ke arah selatan, lalu ke barat dan akhirnya ke timur, searah jarum jam, sepanjang kurang lebih 320 km. Sepanjang alirannya sungai ini melewati sejumlah 14 kabupaten/kota, di mana ujung alirannya berada pada suatu delta yang dibatasi dua cabang anak sungai yakni Sungai Surabaya dan Sungai Porong (Sidoarjo).

Luas DAS Brantas seluruhnya sekitar 12.000 km² atau 1/4 luas Provinsi Jawa Timur. Secara topografis, bentuk DAS-nya memanjang namun karena sungai utama ini mengalir searah jarum jam maka terlihat seperti trapesium. Secara umum, DAS Brantas terbagi dalam 3 bagian, yakni: DAS Brantas Hulu, DAS Brantas Tengah, dan DAS Brantas Hilir. Masing-masing memiliki karakteristik geologi, topografi, pedologi dan sosial ekonomi masyarakat yang berbeda.



Gambar 1. DAS Brantas di Provinsi Jawa Timur

Curah hujan rerata di Wilayah Sungai Brantas diketahui kurang lebih sebesar 2.000 mm tahun⁻¹. Neraca air di DAS Brantas menunjukkan dari potensi air tersebut sekitar 1.038 mm tahun⁻¹ atau sekitar 12,45 miliar m³ tahun⁻¹ menjadi aliran permukaan. Dari aliran sebesar ini hanya 3,33 miliar meter-kubik dimanfaatkan untuk keperluan manusia (bercocok tanam, industri dan domestik) melalui prasarana pengairan yang sudah terbangun.

Debit terbesar yang pernah terekam di Brantas Hulu adalah 2.057 m³ detik⁻¹ pada 25-26 Desember 2007 (aliran masuk ke Bendungan Sutami) dan di Brantas Hilir adalah 1.535 m³ detik⁻¹ pada 15 Januari 2011 (di Sungai Porong).

Awalnya, Pemerintah Hindia Belanda pada 1852 melakukan pengembangan modern di bidang sumberdaya air. Kegiatan awal adalah mengatur aliran yang selama ini masuk ke Sungai Surabaya melalui Pintu Air Mlirip dan mendirikan Bendung Gerak Lengkong untuk mengatur tinggi muka air Brantas di bagian hilir. Bersama dengan itu pada 1858 dibangun Daerah Irigasi (DI) Delta Brantas untuk pertanian padi dan tebu. Usaha ini dilanjutkan dengan pengembangan sejumlah jaringan irigasi lain di bagian hulu Sungai Brantas, seperti di Molek dan Metro yang terletak di Kabupaten Malang, maupun di bagian tengah, yakni Di Warujayeng dan Turi-Tunggarana yang mengambil air dari Sungai Brantas.

Pengembangan lebih lanjut dari prasarana pengairan di DAS Brantas dimulai kembali oleh Republik Indonesia, dengan pembangunan Terowong Neyama di Kabupaten Tulungagung yang membebaskan Rawa Campurdarat seluas 16.000 ha dari genangan. Seiring dengan diselesaikannya terowongan ini, pemerintah Jepang melalui dana rampasan Perang Dunia II melanjutkan penyusunan rencana induk untuk pengembangan sumberdaya air di DAS Brantas.

Pengembangan prasarana sumberdaya air di DAS Brantas dilakukan berlandaskan rencana induk pertama (1961) berlandaskan prinsip: satu sungai, satu rencana terpadu, satu manajemen terkoordinasi. Pengembangan sumberdaya air di Wilayah Sungai Brantas dilaksanakan berdasarkan sejumlah rencana induk (master plan) yang disusun secara bertahap dan ditinjau kembali secara berkala untuk disesuaikan dengan program nasional dan perkembangan kebutuhan sumberdaya air di wilayah sungai Brantas.

Berdasarkan rencana induk pertama (1961), kedua (1974) dan ketiga (1985), berbagai prasarana pengairan telah dibangun. Pertama-tama, ada sejumlah bendungan di ruas hulu sungai ini yang berfungsi untuk menampung banjir, menyimpan air dan membangkitkan energi listrik, yakni: Bendungan Sengguruh, Sutami, Lahor, Wllngi, Selorejo, Bening dan Wonorejo.

Kemudian, pada ruas tengah Sungai Brantas dibangun berbagai bendung yang berfungsi sebagai pengatur alokasi air dan mengambil

air permukaan untuk irigasi maupun pengguna lainnya. Beberapa bendung yang telah dibangun adalah Bendung Gerak Ladaya, Mrican, Lengkong Baru, Segawe, Tiudan, serta Bendung Karet Menturus dan Jatimlerek.

Terakhir, pada ruas hilir dari Sungai Brantas dibangun sejumlah bendung yang bertungsi mengendalikan elevasi dasar sungai, mengatur pelepasan debit pada saat terjadi banjir dan menahan intrusi air laut, yakni Bendung Karet Gubeng, Bendung Gerak Lengkong Baru dan Gunungsari serta Pintu Air Mlirip, Jagir dan Wonokromo.

2.1.2. DAS Bengawan Solo

Sungai Bengawan Solo memiliki panjang kurang lebih 600 km mengalir dari Kabupaten Wonogiri di Provinsi Jawa Tengah ke arah utara hingga bermuara di Tanjungkepala (Ujungpangkah), Kabupaten Gresik di Provinsi Jawa Timur. Luas seluruh daerah aliran sungai (DAS) Bengawan Solo 16.100 km² yang dibagi ke dalam tiga Sub DAS, yakni Solo Hulu 6.072 km², Solo Hilir 6.273 km² dan Kali Madiun 3.755 km².

Secara geografis DAS Bengawan Solo terletak di lereng timur dari Gunung Merapi dan Merbabu, lereng barat dari Pegunungan Kapur Utara, lereng timur/tenggara dari Pegunungan Rembang dan lereng barat/utara dari Pegunungan Kendeng. Secara administrasi pemerintahan, DAS Bengawan Solo melintasi dua provinsi, mencakup 7 Kabupaten dan 1 Kota di Provinsi Jawa Tengah serta 9 Kabupaten di Jawa Timur.



Gambar 2. DAS Bengawan Solo di Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur

Curah hujan rerata di DAS Bengawan Solo berkisar 2.100 mm/tahun, walau demikian sebarannya tidak merata. Curah hujan rerata di Sub DAS Solo Hulu (2001-2011) adalah 2.266 mm, di Solo Hilir (2001 -2011) adalah 1.563 mm dan Kali Madiun (2007-2011) adalah 2.259 mm. Curah hujan tertinggi terekam adalah 278 mm pada tanggal 25 Desember 2007 di Jatisrono, Kabupaten Wonogiri.

Neraca air di DAS Bengawan Solo menunjukkan dari potensi air tersebut sekitar 1.040 mm tahun⁻¹ atau sekitar 16,70 miliar m³ tahun⁻¹ menjadi aliran permukaan. Dari aliran sebesar ini hanya 3,46 miliar m³ dimanfaatkan untuk keperluan manusia (bercocok tanam, industri dan domestik) melalui prasarana pengairan yang sudah terbangun.

Debit terbesar di Bengawan Solo Hulu adalah 1.986 m³ detik⁻¹ pada tanggal 26 Desember 2007 (di Jurug Kota Surakarta), Bengawan Solo Hilir adalah 3.392 m³ detik⁻¹ pada 29 Desember 2007 (di Bojonegoro) dan di Kali Madiun adalah 1.421 m³ detik⁻¹ pada 26 Desember 2007 (di Mangunharjo, Madiun).

Menilik sekilas pemanfaatan lahan di DAS Bengawan Solo, sebagian besar sudah merupakan kawasan terbuka, yakni untuk lahan pertanian (47,3%), pekarangan dan pemukiman (32,4%), sementara hanya sebagian kecil saja masih berwujud tutupan hutan (19,5%) selebihnya dimanfaatkan untuk hal-hal lain. Kondisi tutupan lahan ini dipengaruhi oleh jumlah penduduk di DAS Bengawan Soio yang diperkirakan mencapai 14,63 juta jiwa (data tahun 2010).

Kondisi sungai Bengawan Solo Hilir memiliki keunikan, berupa alur yang lebar dengan kemiringan kecil/landai, melalui dataran hasil pengendapan (alluvial) dan menjadi daerah yang sering digenangi banjir. Semakin ke arah muara sungai ini diapit beberapa daerah yang lebih rendah (*depression zone*) yang merupakan rawa atau paya, seperti Rawa Jabung (luas 5.450 ha), Rawa Semando (1.661 ha) dan Bengawan Jero (10.951 ha).

Pada 1852, Pemerintah Hindia Belanda tertarik mengembangkan bagian hilir Sungai Bengawan Solo setelah melihat luas dan suburnya lahan pertanian yang dapat dibuka di lembah itu. Departemen

Pekerjaan Umum (*Burgerlijke Openbare Werkingen* disingkat BOW) mempersiapkan konsep awal pengembangan DAS Bengawan Solo, dengan membendung Kali Pacal - salah satu anak Bengawan Solo - untuk membangun suatu sistem irigasi di bagian hilir sungai ini. Rencana ini ditinjau ulang pada 1870 dan pada 1881 disusun rencana oleh BOW berupa sebuah mega proyek yang dikenal dengan nama Solo Valleiwerken. Rencana mencakup perbaikan muara Bengawan Solo sehingga sungai itu mengalir ke Laut Jawa di sekitar Ujungpangkah (Tanjungkepala), pembuatan saluran pengendali banjir (*floodway*) di Pelangwot yang mengalir ke utara menuju laut Jawa di dekat Sedayulawas.

Proyek ini selanjutnya bermaksud membangun daerah irigasi seluas 223.000 bouw (setara 158.000 hektar) dihentikan pada 1898 dan sebagai gantinya dibangun sejumlah waduk kecil pada anak-anak Bengawan Solo, seperti: Prijetan (selesai 1917) di Lamongan, Bunder (1932) di Gresik dan Pacal (selesai 1933) di Bojonegoro, untuk pengembangan irigasi di bagian hilir dari sungal terpanjang di Jawa ini.

Pada 13-20 Maret 1966 terjadi banjir di Bengawan Solo yang menggenang 142.000 ha tanah pertanian dan permukiman serta menelan 600-an korban jiwa. Akibat dari banjir Ini Pemerintah Republik Indonesia mulai memberikan perhatian untuk mengendalikan banjir dan mengelola potensi air yang tersedia di sungai tersebut.

Setelah pembangunan tanggul negara untuk melindungi Kota Solo selesai (1972) maka disusunlah rencana induk pengembangan wilayah sungai (WS) Bengawan Solo dengan bantuan *Overseas Technical Cooperation Agency* (OTCA) dari Pemerintah Jepang (1974). Pelaksanaan dari rencana induk ini ditangani Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai (PIPWS) Bengawan Solo di bawah Kementerian Pekerjaan Umum.

Salah satu hasil utama dari rencana induk pertama ini adalah penyelesaian Bendungan Wonogiri (1982). Bendung Gerak Babat (2003) dan pembuatan saluran pengendali banjir di Pelangwot-Sedayulawas (2005). Rencana Induk ini lalu ditindaklanjuti berturut-turut dengan sejumlah kegiatan di Bengawan Solo berupa perbaikan

bagian hulu dan Bengawan Solo (1994), perbaikan khusus Kali Madiun (1995) dan bagian hilir dari Bengawan Solo (2001 sampai sekarang).

Sementara itu pada 2001, rencana induk pengembangan WS Bengawan Solo ditinjau kembali melalui bantuan *Japan International Cooperation Agency* (JICA). Rencana induk kedua ini merupakan penyempurnaan untuk memperbaiki rencana yang tidak dapat diselesaikan pada rencana pertama, termasuk di dalamnya ketidaksanggupan membangun Bendungan Jipang - yang semula diharapkan dapat dipakai mengendalikan banjir di bagian hilir Bengawan Solo.

Pada tahun itu pula, Perum Jasa Tirta I diberi kewenangan oleh Pemerintah Republik Indonesia melalui Keputusan Presiden No. 129 tahun 2000 tanggal 14 September 2000 untuk mengelola sejumlah prasarana-sarana pengairan di Bengawan Solo.

Lebih lanjut, melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11A/PRT/M/2006, Bengawan Solo ditetapkan sebagai sungai lintas provinsi yang karena memiliki fungsi sentral baik di Jawa Tengah maupun Jawa Timur, penyiapan prasarana-sarana pengairannya diserahkan pada Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo.

2.2. Permasalahan Sumberdaya di DAS

2.2.1. Perubahan Tata Ruang dan Degradasi Lahan

Perubahan tata guna lahan telah diketahui terjadi di DAS Brantas dan Bengawan Solo sejak lama dan bersumber dari kegiatan manusia (PU, 2005 dan PU, 2001). Beberapa analisis terhadap DAS Brantas Hulu misalnya telah menunjukkan timbulnya perubahan tata guna lahan yang mendorong ke arah degradasi lahan (BPDAS, 2003a; 2003b; dan 2003c).

Oleh karena aspek geologi dan litologi (bebatuan permukaan) yang cenderung vulkanis, maka DAS Brantas dan Bengawan Solo memiliki corak pedologis yang unik. Proses erosi dan disposisi lapukan vulkanik menciptakan cluster tanah dengan berbagai keragaman kesuburan. Bagian tengah dan hilir dan kedua DAS ini berwujud dataran aluvial

hasil pengendapan material vulkanis, yang membentuk dataran (delta) pada kawasan yang dipengaruhi pasang-surut laut.

Sesuai persebaran curah hujan, jenis tanah, kelerengan dan tata guna lahan, maka erosi di kedua DAS ini bervariasi secara ruang dan waktu. Sebagai contoh, diketahui tingkat erosi teoritik di DAS Brantas Hulu telah mencapai 2,9 mm tahun⁻¹ (BPDAS, 2003a, 2003b dan 2003c), tidak berbeda jauh dengan analisis PU (200.5) sebesar 2,8 mm tahun⁻¹.

Memperhatikan laju erosi, semakin dapat dipahami perubahan kondisi tutupan lahan merupakan fenomena kolektif pendorong degradasi lahan pada berbagai bagian DAS. Salah satu indikator dari perubahan tata guna lahan adalah luas tutupan hutan. Contoh diberikan pada Tabel 1 untuk DAS Brantas Hulu dimana tampak perubahan luasan hutan berkurang secara signifikan akibat aktifitas manusia (antropomorfik).

Tabel 1. Data luasan hutan di DAS Brantas Hulu

Tahun	Luas	
	Km2	%
1941	530	26
1951	398	19
1994	256	12
2005	242	12

Catatan : penurunan drastik dari luasan hutan di DAS Brantas hulu disebabkan letusan Gunung Kelud pada 31 Agustus 1951. Sumber: Nippon Koei (1961) dan PU (2005)

Berbagai program dan gerakan untuk merehabilitasi lahan dan hutan telah dilakukan di DAS Brantas. Bersama-sama dengan pemerintah pusat dan daerah, kegiatan konservasi ini juga melibatkan Balai Pengelolaan DAS Brantas (Kementerian Kehutanan), Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (Kementerian Pekerjaan Umum) dan Perum Jasa Tirta I sebagai badan usaha milik negara (BUMN) yang menjadi pengelola sumberdaya air di DAS tersebut. Namun secara keseluruhan masih perlu ditinjau keberhasilan dari gerakan rehabilitasi dimaksud.

2.2.2. Persaingan (Kompetisi) Air Permukaan

Neraca air di WS Brantas menunjukkan dari potensi air permukaan sebesar 12,46 miliar m^3 tahun⁻¹ hanya sekitar 3,33 miliar m^3 tahun⁻¹ yang dipergunakan untuk berbagai keperluan seperti pertanian, industri dan domestik; sementara di DAS Bengawan Solo dengan potensi air permukaan 16,70 miliar m^3 tahun⁻¹ pemakaian air adalah 3,46 miliar m^3 tahun⁻¹. Air selebihnya mengalir ke laut kembali.

Jumlah pemanfaatan yang masih relatif sedikit ini erat kaitannya dengan ketersediaan prasarana pengairan yang ada di masing-masing DAS. Meskipun di DAS Brantas ada 8 bendungan, 3 bendung gerak, 3 bendung karet dan 2 pintu air, sedangkan di DAS Bengawan Solo terdapat 1 bendungan, 3 bendung gerak, 9 bendung karet dan 6 embung, namun secara keseluruhan prasarana tersebut masih terbatas memanfaatkan air yang ada.

Ketersediaan air untuk berbagai keperluan manusia (pertanian, industri dan domestik) berhubungan erat dengan kondisi alami wilayah sungal dan kemampuan tampung infrastruktur yang telah dibangun. Untuk DAS Brantas air yang dapat dimanfaatkan sekitar 2,77 miliar m^3 diserap oleh sektor pertanian, 350 juta m^3 terpakai untuk keperluan domestik dan 163 juta m^3 untuk keperluan industri. Sementara di DAS Bengawan Solo sekitar 3,2 miliar m^3 air dipakai untuk pertanian, sedangkan sisanya sekitar 260 juta m^3 dipergunakan untuk keperluan industri dan domestik.

Oleh karena kelengkapan infrastruktur pengairan di DAS Brantas, maka berkembanglah para pengguna air pokok di luar pertanian, yakni mencakup 8 pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dengan kapasitas terpasang setara 280,62 MW, 144 Industri yang berizin aktif dan 28 titik pengambilan air baku untuk keperluan domestik yang berizin. Sedangkan di DAS Bengawan Solo terdapat 4 titik PLTA dengan kapasitas terpasang 20,5 MW.

Guna keperluan melayani berbagai penggunaan air tersebut, sejak 1990 telah didirikan Perusahaan (Perum) Umum Jasa Tirta I sebagai BUMN yang bertindak sebagai operator penyediaan layanan air baku

di Indonesia dengan wilayah kerja di DAS Brantas dan DAS Bengawan Solo.

Kondisi kuantitas air di DAS Brantas dan Bengawan Solo dipengaruhi oleh proses alokasi air yang melibatkan pengoperasian sejumlah besar bangunan prasarana pengairan, sedangkan kualitas air dipengaruhi oleh aktifitas manusia yang menimbulkan dampak pencemaran pada badan-badan air permukaan. Tanpa upaya pengendalian pemakaian (*demand management*) maupun pengendalian pasokan (*supply management*) maka kuantitas air di kedua DAS ini akan berada dalam keadaan kritis, karena secara teoretis kebutuhan air telah melampaui ketersediaan air dari sumber-sumber yang ada.

Pengendalian pasokan air (*supply management*) maupun pengendalian pemakaian air (*demand management*) merupakan upaya gabungan mengamankan layanan air permukaan di DAS Brantas dan DAS Bengawan Solo, yang semakin lama semakin banyak mengalami tekanan. Kegiatan pengendalian ini telah dikaji secara mendalam dan mencakup sejumlah kegiatan pengendalian yang terkait dengan berbagai sektoral.

Dalam kenyataan, efisiensi pengelolaan air kerap kali berhadapan dengan kesulitan teknis. Sedangkan upaya pengendalian dari sisi pasokan dengan menambah prasarana-sarana pengairan memerlukan investasi yang besar, karena pembangunan prasarana sarana yang berujud bendungan memerlukan biaya konstruksi yang tinggi dan memiliki kendala sosial yang bersifat kompleks (seperti pembebasan lahan, relokasi dan lain sebagainya).

2.2.3. Kondisi Kualitas Air di DAS Brantas dan Bengawan Solo

Di sepanjang aliran Sungai Brantas dan Bengawan Solo terletak sejumlah aglomerasi urban, yang berperan menimbulkan beberapa masalah antara lain timbulnya daerah kumuh di tepi sungai, menurunnya kualitas air sungai dan ancaman bencana banjir (*flood hazard*) akibat meluapnya air sungai.

Menurunnya kualitas air terutama disebabkan oleh beban pencemar akibat limbah industri, domestik dan pertanian. Selain itu menurunnya kualitas air disebabkan juga oleh perilaku masyarakat yang menganggap bahwa sungai sebagai tempat pembuangan limbah baik limbah padat maupun cair.

Sumber pencemar dominan yang mencemari Sungai Brantas dan Bengawan Solo adalah sebagai berikut:

1. Limbah industri

Pada saat ini, terdapat 483 industri yang berpotensi membuang limbah dan berpengaruh langsung pada kualitas air sungai di DAS Brantas (SRCAPS, 1999) di mana 50 di antaranya dipantau secara rutin oleh PJT-I. Sementara di DAS Bengawan Solo berdasarkan survei terdapat 59 industri (PU, 2001) yang membuang limbah serupa dan berpengaruh langsung pada kualitas air sungai. Industri tersebut di DAS Brantas memberi beban BOD netto sebesar 125 ton-BOD⁻¹ (perhitungan tahun 1999) sedangkan untuk DAS Bengawan Solo sebesar 80 ton-BOD hari⁻¹ (perhitungan tahun 2000). Meskipun telah ditetapkan standar baku mutu buangan limbah industri masih sulit untuk diterapkan karena belum diterapkannya peraturan perijinan pembuangan limbah cair industri dan penegakan hukum yang masih belum efektif.

2. Limbah domestik

Limbah domestik (rumah tangga, hotel, restoran, dan lain-lain) memiliki peran besar dalam kontribusi limbah pada DAS Brantas yaitu sebesar 205 ton-BOD hari⁻¹ (perhitungan tahun 1998). Hal serupa di alami Bengawan Solo, namun dengan persoalan yang lebih rumit karena sebagian Industri merupakan kegiatan rumah tangga (*home industry*).

3. Limbah pertanian

Luas kawasan beririgasi teknis yang mengambil air secara langsung dari sungai utama (*mainstream*) Brantas dan Bengawan Solo adalah masing-masing 107.000 ha dan 30.000 ha. Sumber pencemar dari pertanian berasal dari sisa pemupukan anorganik dan sisa penggunaan pestisida yang mengalir ke sungai bersama dengan sisa air irigasi. Proses ini adalah proses alami, tetapi proses yang terlalu cepat akibat campur tangan manusia dapat menimbulkan permasalahan lingkungan. Pencemaran ini umumnya terjadi pada

saat musim hujan. Dampak yang terjadi akibat limbah pertanian tersebut adalah terjadinya eutrofikasi di perairan waduk (terutama di Bendungan Sutami) akibat tingginya kadar nutrisi dalam air sehingga menyebabkan pertumbuhan alga semakin tinggi dan terjadi penurunan kualitas air. Sementara itu, di Bendungan Wonogiri, diindikasikan meningkatnya pelepasan gas rumah kaca (GRK) sebagai sisa dari proses daur nitrat dan fosfat yang terlarut di air waduk.

4. Limbah Peternakan

Limbah peternakan pada umumnya berupa peternakan sapi, ayam, kambing dan babi (skala besar) yang berupa cairan dari kegiatan pencucian/pembersihan lantai kandang ternak dan memandikan ternak dengan air bersama-sama kotorannya. Pengolahan limbah ternak pada umumnya hanya berupa bak pengendap air kotoran dan pakan. Untuk wilayah Jawa Timur, limbah peternakan harus memenuhi persyaratan Baku Mutu Limbah Cair berdasarkan Keputusan Gubernur Propinsi Jawa Timur No. 45 Tahun 2002.

Untuk mengatur batas kadar zat atau bahan pencemar yang terdapat dalam air agar tetap berfungsi sesuai dengan peruntukan air tersebut, digunakan Peraturan Pemerintah (PP) No 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, di mana klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

III. PEMBAHASAN DAMPAK DEGRADASI LAHAN DAN AIR

3.1. Permasalahan dalam Pengelolaan Kualitas Air

Permasalahan yang dihadapi dalam upaya pengendalian pencemaran di Sungai Brantas, antara lain:

1. Pencemaran air permukaan disebabkan oleh banyaknya pemukiman di dalam DAS Brantas dan Bengawan Solo yang tidak memiliki cara pengolahan sampah dan limbah domestik, sehingga produk akhir ini langsung dibuang dan akhirnya diterima oleh badan air (sungai, danau dan waduk).
2. Pengendalian limbah domestik belum dilaksanakan secara menyeluruh, terutama pengendalian sumber pencemar limbah rumah tangga. Sebagai contoh: di DAS Brantas beban pencemaran limbah domestik mencapai 62% dari total beban yang masuk sungai (SRCAPS, 1999). Upaya percontohan dengan membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) secara komunal kurang berhasil karena masyarakat tidak memisahkan saluran air kotor dan saluran air dari WC.
3. Penegakan hukum terhadap pencemar masih lemah, karena masih mempertimbangan aspek sosial dan ekonomi, termasuk kesempatan kerja.
4. Banyak industri yang tidak mengoperasikan IPAL-nya karena biaya operasi dan pemeliharaannya cenderung mahal. Hal ini disiasati oleh sebagian industri dengan tetap membangun IPAL namun dengan kapasitas pengolahan limbah yang lebih kecil daripada yang diproduksi, sehingga buangan limbahnya tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan.
5. Pengendalian pencemaran air merupakan masalah yang kompleks, memerlukan dana besar dan waktu panjang serta memerlukan komitmen semua pihak yang berkepentingan, baik pemerintah pusat maupun daerah, pengelola wilayah sungai maupun dari pemanfaat air (industri, domestik dan pertanian) serta masyarakat.
6. Kurangnya kesadaran masyarakat untuk ikut berpartisipasi dalam memberikan kontrol sosial yang positif (aktif dan konstruktif).

Sejauh ini metode pengelolaan kualitas air masih bertumpu pada dua kegiatan utama, yakni pengendalian beban limbah - yang umumnya

berasal dan sumber limbah tertentu (*point source polluters*) dan upaya mengurangi kepekatan limbah di badan air (sungai) melalui penambahan debit (*dillution*) dan meningkatkan kapasitas penjernihan sendiri (*self-purification*).

Tabel 2. Perbandingan hasil pemantauan, kondisi tahun 1997, rencana, baku mutu dan kondisi saat ini air sungai di DAS Brantas

Sungai	Kondisi Awal (1997)	Rencana (2005)	Rencana (2010)	Rencana (2020)	Baku Mutu	Kondisi Saat ini (2013)
Brantas						
o Malang-Sengguruh	C	C	C	B	C	M
o Sengguruh-Lodoyo	B	B	B	B	C	TM
o Lodoyo-Ngrowo	B	B	B	B	C	M
o Ngrowo-Kediri	B/C	B	B	B	C	M
o Kediri-Widas	B/C/D	C	C	B	C	M
o Widas-Mojokerto	C/D	B/C	B	B	B	TM
Surabaya						
o Mojokerto-Surabaya	B/D	B	B	B	B	TM
o Karangpilang-Gn.Sari	D	C	C	B	B	TM
o Gn Sari-Jagir	C/D	C	B/C	B	B	TM
Mas						
o Surabaya	D/E	C/D	B/C	B/C	C	TM
Wonokromo						
o Surabaya	D/E	C/D	B/C	B/C	B	TM
Porong						
o Mojokerto-Porong	D	B	B	B	B	TM
o Porong-Laut	C	C	B	B	C	TM

Sumber : Perum Jasa Tirta I (2013)

Rencana Induk Pengendalian Kualitas Air untuk DAS Brantas telah disusun pada 1989 namun dari hasil evaluasi pelaksanaan tahap jangka pendek (antara tahun 1990-1995) diperoleh kesimpulan sasaran tidak tercapai. Penyebab dari tidak tercapainya sasaran rencana induk pertama adalah: tidak ada legitimasi memadai dari Pemerintah Provinsi Jawa Timur. Berkaitan tidak tercapainya Rencana Induk (1989) tersebut maka pada 1997 dimulai kajian ulang yang diberi nama *Study Surabaya River Pollution Control Action Plan* (SRPCAPS) yang menghasilkan suatu dokumen berisi sasaran dan rencana aksi tindakan dalam pengelolaan kualitas air yang disebut *Water Quality Management Action Plan* (WQMAP) untuk DAS Brantas (1999).

Adapun di DAS Bengawan Solo telah dilakukan kajian oleh PU (2000) terhadap pengelolaan kualitas air sungai dan kualitas air limbah yang

dilepaskan ke badan air. Pemantauan sekilas terhadap 59 industri kecil di DAS Bengawan Solo dan pelepasan beban limbah domestik maupun pertanian menunjukkan ada kecenderungan peningkatan lepasan limbah dan penurunan kualitas badan air. Sebagai gambaran sesaat - sebelum diberlakukan PP No 82 Tahun 2001 - dapat dilihat pada Tabel 3 perbandingan kualitas air sesuai rencana peruntukan dengan kondisi riil.

Tabel 3. Perbandingan kondisi kualitas air di Bengawan Solo antara klasifikasi dengan riil (pemantauan tahun 2000).

Ruas Sungai	Kondisi Awal (1997)	Rencana (2005)
Bengawan Solo		
o Wonogiri-Surakarta	B-C	C
o Surakarta -Kajangan	C	C-D
o Kajangan -Napel	C	C
o Napel -Cepu	C	C-D
o Cepu -Bojonegoro	B-C	B-C
o Bojonegoro -Babat	B	B-C
o Babat - Pelangwot	B	B-C
Madiun		
o Sekayu-Madegondo	C	C
o Madegondo -A.Yani	C	C
o A.Yani -Ngawi	C	C
o Ngawi-Napel	C	C

Sumber: Perum Jasa Tirta 1 (2013)

3.2. Korelasi Pengelolaan Lahan dengan Sumberdaya Air

3.2.1. Degradasi Lahan

Degradasi lahan secara sistematis menjadi persoalan di DAS Brantas (BPDAS, 2003a; BPDAS, 2003b; BPDAS 2003c; Valiant, 2007; BPDAS 2011) dan DAS Bengawan Solo (PU, 2001). Beberapa indikator dari degradasi lahan yang dapat diamati dan dianalisis sebagai berikut :

A. Perubahan Limpasan Permukaan

Kenaikan limpasan permukaan, sebagai akibat dari perubahan tutupan lahan yang akhirnya mempengaruhi sistem hidrologi. Limpasan permukaan adalah bagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah yang akhirnya masuk ke sungai, saluran, danau ataupun laut; merupakan bagian dari hujan yang tidak terserap tanah,

tidak menggenang di permukaan tanah, dan tidak menguap tetapi bergerak ke tempat yang lebih rendah. (Arsyad, 2010; Asdak, 2010). Besar kecilnya limpasan permukaan dipengaruhi oleh faktor presipitasi seperti intensitas, distribusi dan lamanya hujan, serta faktor DAS seperti ukuran, bentuk, topografi, geologi dan kondisi permukaan (Schwab et al, 1981; Subramanya, 1999; Asdak, 2010).

Intensitas hujan sangat erat kaitannya dengan energi kinetik hujan yang merupakan penyebab utama dalam penghancuran agregat tanah, struktur tanah lapisan atas, penurunan laju infiltrasi dan permeabilitas tanah (Banuwa, 2013). Musim hujan di DAS Brantas Hulu umumnya dimulai bulan Oktober dan berakhir di bulan Mei (PU, 2006).

Selanjutnya akan diberikan contoh mengenai fluktuasi dari limpasan permukaan sebagaimana diamati PJT-I pada bendungan-bendungan yang dikelolanya.

Limpasan permukaan dapat terpengaruh oleh adanya degradasi lahan. Semakin terdegradasi kondisi suatu lahan maka kemampuannya untuk meresapkan air kian turun (Rahim, 2003; Asdak, 2010; Banuwa, 2013) sehingga air yang melimpas dipermukaan semakin besar. Semakin membesarnya aliran permukaan akibat degradasi lahan dapat dilihat pada analisis yang dilakukan kepada DAS Brantas Hulu. Dengan membandingkan aliran masuk (*inflow*) Bendungan Sutami - yang merupakan titik akhir dari DAS Brantas Hulu - terhadap curah hujan yang jatuh di DAS Brantas Hulu maka dapat dilihat hasil analisis sebagaimana pada Tabel4.

Tabel 4. Perbandingan curah hujan dan limpasan permukaan DAS Brantas Hulu

Tahun	Keandalan %	Limpasan Air mm	Curah Hujan mm	Nisbah %
Tahun Basah				
1993	30	582	2.275	26
2001	50	643	2.098	31
Tahun Kering				
1997	90	304	1.254	24
2006	80	608	1.737	35

Sumber: perhitungan (2013) data dari PJT-I

Dari berbagai tahun yang dipilih, dapat dilihat pada tahun 1993 dan 1997 nisbah limpasan permukaan masih berada pada kisaran 24-26% dari jumlah curah hujan yang turun di DAS Brantas Hulu. Sebaliknya, pada tahun 2001 dan 2006, nisbah limpasan permukaan terhadap curah hujan yang turun, naik dalam kisaran 31-35%. Kenaikan ini dapat mengindikasikan adanya degradasi lahan di DAS Brantas Hulu, di mana akibat berkurangnya tutupan lahan dan semakin terkikisnya permukaan tanah maka sebagian hujan terlimpas.

Sementara itu, jika dibandingkan dalam keandalan secara statistik yang sama, dapat dilihat pada tahun yang kering (curah hujan kecil) limpasan permukaan yang terjadi juga bervariasi. Jika pada keandalan 90% dianggap sebagai tahun kering (1997) diperoleh limpasan permukaan sebesar 304 mm atau 24% dari hujan yang jatuh, maka pada tahun yang juga relatif kering (2006) diperoleh peningkatan limpasan menjadi sebesar 608 yang setara 35%. Hal ini menunjukkan perilaku pada tahun kering dari daerah aliran sungai yang berubah.



Sumber : Perum Jasa Tirta I

Sebaliknya pada tahun yang basah (curah hujan besar) diketahui pada keandalan 30% dan 50% yang masing-masing jatuh pada tahun 1993 dan 2001 diperoleh limpasan permukaan sebesar 582 mm dan 643 mm. Jika limpasan permukaan ini dibandingkan terhadap curah hujan yang jatuh maka nisbah limpasan akan bervariasi antara 26% dan 31 %. Hal ini juga menunjukkan perubahan perilaku DAS pada tahun basah.

B. Perubahan Besaran Erosi

Sebagai contoh, diberikan simulasi terhadap laju erosi teoritik di DAS Brantas Hulu (2.050 km^2) telah dihitung kembali untuk tahun 2007-2012 menggunakan rumusan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) dari Wischmeier & Smith, dengan data lahan dari satelit ASTER (2005). Data-data berkaitan dengan curah hujan dan kondisi topografi dalam bentuk digital elevation map (DEM) diperoleh dari Perum Jasa Tirta I (PJT-I).

Tabel 5. Hasil perhitungan erosi lahan teoritik (USLE) untuk DAS Brantas Hulu

No	Nama Sub DAS	Segmen	Luas Km^2	Erosi Tahun 2007-2012		
				$\text{Ton ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$	$\text{Ton km}^2 \text{ th}^{-1}$	mm th^{-1}
1	Lesti	Lesti Hulu	288	3.276.760	11.382	4,4
		Genteng	116	633.398	5.483	2,1
		Lesti Hili	180	728.361	4.037	1,6
2	Metro	Metro	361	2.333.213	6.470	2,5
3	Ambang	Brantas (Hulu)	435	5.982.328	13.743	5,3
		Amprong	349	5.749.108	16.476	6,4
		Bango	233	1.209.911	5.203	2,0
4	Lain Sub DAS		89	887.269	9.992	3,9
Jumlah			2.050	20.800.349	-	-
Rerata Tertimbang			-	-	11.382	3,9

Catatan: Perhitungan erosivitas hujan menggunakan persamaan Bols (1978)

Sumber: Perhitungan (2013) dengan koreksi data dari BPDAS (2007 dan 2011)

Perbandingan dengan kajian terdahulu menunjukkan adanya peningkatan nilai erosi, hal ini memberikan gambaran kondisi lahan di hulu DAS Brantas telah semakin mengkhawatirkan. Kenaikan erosi pada bagian hulu DAS ini cenderung membesar dan menunjukkan adanya peningkatan degradasi lahan secara signifikan. Hal ini disebabkan khususnya oleh perubahan tata guna lahan, berupa pembukaan hutan yang selama ini sebagai tempat resapan air. Bila dikombinasikan dengan variabilitas iklim, peningkatan laju erosi akan menimbulkan bahaya lain yang lebih besar.

Keadaan serupa saat ini sedang ditelaah untuk daerah tangkapan air Bendungan Wonogiri, yang juga mengalami dampak sedimentasi sebagai akibat angkutan erosi yang cukup besar.

C. Sedimentasi Pada Badan Air

Akibat erusi yang cukup tinggi, muncul permasalahan di DAS Brantas dan Bengawan Solo, yakni meningkatnya sedimentasi pada badan air yang ada khususnya pada bendungan. Sedimentasi diketahui sangat berpengaruh terhadap kinerja fungsi tampungan bendungan yang dibuat manusia dan merupakan salah satu penyebab utama dari hilangnya fungsi ekonomis bendungan di dunia (Palmleri *et al* 2001).

Pengamatan pada dua bendungan yang dikelola PJT -I di DAS Brantas yakni Bendungan Sutami, dan DAS Bengawan Solo yakni Bendungan Wonogiri, menunjukkan bahwa degradasi lahan telah berperan menimbulkan sedimentasi pada kedua bendungan lebih cepat dari rencana seharusnya.

Tabel 6. Sedimentasi di Bendungan Sutami (DAS Brantas Hulu)

Tahun Survei	Tampungan Total		Endapan Sedimen	Keterangan
	Juta m ³	%		
1972	343,00	100		
1977	261,68	76	16,26	HRS
1982	221,29	65	8,08	PKB
1987	192,41	56	5,78	PKB
1992	189,97	55	0,49	PJT-1
1994	185,27	54	2,35	PJT
1995	184,59	54	0,68	PJT
1997	183,42	53	0,59	PJT
1999	180,45	53	1,49	PJT
2003	174,57	51	1,47	PJT
2006	171,16	50	1,14	PJT
2012	168,28	49	0,56	PJT

Keterangan :

HRS = *Hydraulics Research Institute*, Wallingford, Inggris

PKB = Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Sungai Brantas

PJT-I = Perum Jasa Tirta I

Sumber: Anonim (2003), Valiant (2007) dan PJT-I (data 2012)

Tabel 7. Sedimentasi di Bendungan Wonogiri (DAS Bengawan Solo Hulu)

Tahun Survei	Tampungan Total		Endapan Sedimen Juta m ³ tahun ⁻¹	Keterangan
	Juta m ³	%		
1980	580,00	100		
2006	380,29	75	4,56	PJT-1
2011	364,94	72	5,12	PJT-1

Sumber: PJT-I (2012)

Usia paruh adalah waktu yang diperlukan agar sedimentasi mencapai separuh tampungan efektif dari suatu bendungan. Semakin besar tampungan suatu bendungan maka usia paruhnya semakin panjang; bila sedimen yang terangkut masuk ke dalam tampungan relatif kecil maka usia paruh bisa menjadi panjang (Palmleri *et al*, 2001 ; Morris, 2003). Untuk DAS Brantas, khususnya di Bendungan Sutami tingkat penurunan tampungan akibat sedimentasi mencapai 1,39% tahun⁻¹ sedangkan untuk Wonogiri di DAS Bengawan Solo mencapai 0,91% tahun⁻¹. Sehingga dapat disimpulkan dalam waktu kurang dari 25 tahun ke depan, kedua waduk ini sudah memasuki usia paruh.

3.2.2. Penurunan Kualitas Air Sungai

Degradasi lahan akibat erosi dan pemanfaatan lahan yang tidak sesuai menyebabkan kesuburan tanah turun. Untuk mempertahankan kualitas produksi pertanian, di DAS Brantas Hulu petani meningkatkan pemakaian pupuk anorganik. Pemakaian ini ternyata memberikan dampak pada kualitas air di sungai.

Sisa pupuk anorganik (juga sisa pestisida) terbawa masuk ke sungai bersama terucunya tanah oleh aliran permukaan ataupun akibat sisa air irigasi yang kernbali ke sungai. Sisa pupuk dalam bentuk nitrogen dan fosfat terlarut di air sungai, akhirnya menyebabkan terjadinya eutrofikasi di perairan waduk (terutama di Bendungan Sutami) akibat tingginya kadar nutrien dalam air.

Eutrofikasi di Bendungan Sutami akibat peningkatan kadar nitrogen dan fosfat di air telah tampak beberapa tahun silam. Gejala yang signifikan yang pertama kali muncul pada Juni 2001 dan berlanjut sampai Agustus 2004 (selama hampir 3 tahun).

Berdasarkan kriteria maka OECD (1982) jumlah nitrogen dan fosfat terlarut membuat Bendungan Sutami dianggap telah memasuki keadaan eutrofikasi. Sebagai contoh, hasil pemantauan selama bulan Juni-September 2002 terhadap konsentrasi rerata nitrogen terlarut dan fosfat terlarut pada air bendungan (Tabel 8) menunjukkan kondisi eutrofik telah tercapai, ditandai teriampainya kriteria nitrogen dan fosfat terlarut, serta rendah kecerahan air.

Tabel 8. Kriteria dan hasil pemantauan terhadap kondisi kualitas air di Bendungan Sutami pada kondisi eutrofikasi (pemantauan Juni-September 2002)

Tingkat Eutrofikasi	Kriteria Nilai Rerata				Hasil Pengukuran			
	Total Nitrogen	Total Fosfat	Klorofil	Kecerahan	Total Nitrogen	Total Fosfat	Klorofil	Kecerahan
	Mg liter ⁻¹	Mg liter ⁻¹	Mg liter ⁻¹	Meter	Mg liter ⁻¹	Mg liter ⁻¹	Mg liter ⁻¹	Meter
Oligotrofik	0,661	0,008	0,0017	9,9	-	-	-	-
Mesotrofik	0,753	0,026	0,0047	4,2	-	-	-	-
Eutrofik	1,875	0,084	0,0143	2,4	2,398 0,9-2,58 1,5-3,27	0,1-0,38 0,04-0,9	0,001-1,7	0,0-1,8

Sumber: Soekistijono (2005)

Unsur nitrogen dan fosfat terlarut di air (berbentuk NO_2 , NO_3 dan PO_4) adalah sumber nutrisi bagi biota air. Kriteria kualitas air menetapkan bila nitrogen terlarut lebih besar dari 0,3 mg liter⁻¹ dan fosfat lebih besar dari 0,01 mg liter⁻¹ dapat memacu terjadinya *algae blooming* (peningkatan pertumbuhan alga).

Seiring meningkatnya konsentrasi nitrogen dan fosfat terlarut timbul *algae blooming*. Hasil pemeriksaan biologis pada berbagai tahap sepanjang 2001 sampai 2004 menunjukkan perkembangan populasi microcystis dari jenis ganggang biru/hijau. Pada saat tertentu, ketika blooming algae terjadi, muncul dampak rekursif, di mana kualitas air ikut turun sebagai akibat bertumbuh kembangnya phytoplankton dimaksud. Penurunan ini diindikasikan dengan meningkatnya parameter *biological oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen demand* (COD) sebagaimana digambarkan pada peristiwa algae blooming antara 27 Oktober sampai 15 Desember 2004.

Analisis terhadap organisme plankton di Bendungan Sutami selama periode eutrofikasi antara 2001-2004, menunjukkan saat *blooming algae* pernah munculnya kelimpahan fitoplankton sebanyak 38 jenis yang dominasinya selalu berubah pada waktu pantau berbeda. Tiga spesies yang mendominasi adalah *Synedra sp*, *Ceratium sp* dan *Mycrocystis sp*.

Alga *Synedra sp* merupakan bioindikator yang menunjukkan perairan memiliki kadar nitrat dan fosfat tinggi, *Ceratium sp* bersifat tidak beracun tetapi membutuhkan O₂ tinggi sehingga dapat menurunkan kadar oksigen terlarut, sedangkan *Mycrocystis sp* bersifat beracun karena menghasilkan racun mycrocytin yang dapat mengakibatkan kematian binatang yang meminum air tersebut, sedangkan pada manusia dapat mengakibatkan kerusakan pada hati (hepar) secara kronik.

Dapat disimpulkan, degradasi lahan telah mendorong pemakaian pupuk anorganik oleh petani, yang akhirnya tercuci dari lahan melalui limpasan permukaan dan sisa air irigasi. Residu dari pupuk anorganik, berupa larutan nitrat dan fosfat, terbawa ke aliran air di sungai, yang akhirnya berdampak pada kualitas air di bendungan. Rangkaian peristiwa ini dapat diamati di DAS Brantas Hulu.

3.3. Analisis Kegiatan Penanganan Degradasi Lahan

Penanganan degradasi lahan pada umumnya dilakukan dengan menutup permukaan tanah serapat mungkin menggunakan tajuk tanaman secara bertingkat maupun serasah di permukaan lahan, dengan tujuan memperbesar volume air yang diserap masuk ke dalam tanah sehingga aliran permukaan yang terjadi kecil dan dengan kekuatan yang tidak merusak (Banuwa, 2013).

Berdasarkan data kegiatan penanganan degradasi lahan tersebut, tampak adanya sejumlah kekurangan yang berlangsung secara terus-menerus (*persistent*). Kekurangan di atas terjadi baik pada skala sub DAS maupun DAS secara keseluruhan dapat mengurangi ketepatan kegiatan. Kekurangan yang diamati ini mencakup:

1. Kegiatan penanaman pohon untuk mengurangi degradasi lahan masih dilakukan secara sporadis dan tidak tepat kawasan yang menjadi sasaran. Hal ini ditunjukkan oleh data tutupan lahan DAS Brantas (BPDAS, 2011) di mana secara umum memang terjadi penambahan luas tutupan pohon namun justru di luar kawasan yang direncanakan menjadi hutan. Secara umum, luas tutupan pohon di luar kawasan hutan di DAS Brantas naik 72,3% (2003 sampai 2011). Hal serupa juga diamati di DAS Brantas Hulu, di mana terjadi penambahan luas tutupan pohon pada lahan milik masyarakat yang justru disertai pengurangan luas tutupan pohon pada kawasan hutan sebesar 5% (2003 sampai 2011). Hal ini menunjukkan pengendalian degradasi lahan dengan penanaman pohon oleh masyarakat akhirnya menyebabkan kegiatan konservasi terjadi di kawasan non-hutan dan sebaliknya tidak meningkatkan luas tutupan pohon di kawasan hutan. Keadaan ini dapat berimplikasi bahwa sasaran lahan kritis tidak dikonservasi secara optimal karena kegiatan penanaman lebih dirancang untuk memenuhi program setempat.
2. Sebagian besar kegiatan konservasi di luar kawasan hutan menggunakan tanaman berkayu dari jenis sengon (*Albizia chinensis* Osb. Merr), jabon (*Neolamarckia cadamba* Roxb. Bosser) dan pinus/tusam (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vries). Meskipun ketiga jenis tanaman ini memiliki sebaran di kawasan Asia dan sesuai dengan iklim tropis (dataran di bawah 1.800 meter di atas permukaan laut) namun masih diragukan apakah memperbesar serapan air oleh karena faktor fisiologis tanaman tersebut yang membuatnya memiliki evapotranspirasi yang tinggi. Selain itu, jenis tanaman tersebut juga dianggap tidak memiliki simpanan karbon yang memadai, yang disebabkan antara lain oleh ketebalan kambium dan sifatnya pohon yang dipanen kayunya dalam jangka pendek. Konservasi menggunakan tanaman jabon, sengon maupun pinus/tusam memang dilatarbelakangi manfaat ekonomi. Jabon dan pinus/tusam merupakan penghasil kayu dengan kekuatan kelas sedang sedangkan sengon kelas ringan. Analisis terhadap kegiatan konservasi yang dilakukan Perum Jasa Tirta I (2012-2013) misalnya, menunjukkan sekitar 40% tanaman konservasi yang ditanam bersama masyarakat adalah dari ketiga jenis di atas. Hal ini menunjukkan motivasi ekonomi masih lebih berpengaruh pada

minat masyarakat melakukan konservasi dibandingkan tujuan pelestarian lahan.

3. Kegiatan konservasi untuk memperbaiki lahan belum dilaksanakan secara terencana (*designated*), menyatu (*integrated*) dan terkoordinasi antar instansi. Saat ini kegiatan konservasi di DAS Brantas dan Bengawan Solo memang sudah berjalan secara sistematis di bawah Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan (GNRHL) sejak 2001 maupun Gerakan Kemitraan Nasional Penyelamatan Air (GNKPA) sejak 2004 namun penerapan lokasi belum konsisten dengan sasaran serta masing-masing instansi belum terikat dengan dokumen perencanaan yang menyatu serta evaluasi hasil yang menyeluruh.
4. Tekanan kependudukan secara praktis menyebabkan rehabilitasi lahan kritis bertentangan dengan upaya konversi lahan untuk keperluan permukiman dan pertanian. Jumlah penduduk di DAS Brantas yang tinggi pada 2010 kepadatannya mencapai 1.360 jiwa km² - menyebabkan DAS ini menjadi salah satu wilayah terpadat di Jawa Timur. Tekanan kependudukan beserta implikasi ekonomis di DAS Brantas bersama-sama DAS Citarum dan DAS Ciliwung, termasuk yang tertinggi, bahkan untuk tingkat Asia. Akibat dari tekanan kependudukan ini, terjadi perebutan lahan subur secara terus-menerus, yang akhirnya mempersulit upaya-upaya rehabilitasi lahan kritis. Kegiatan pengendalian degradasi lahan harus bersaing dengan perebutan lahan subur oleh berbagai pemilik kepentingan/unsur masyarakat.

3.4. Analisis Kebijakan Pengendalian Degradasi Lahan dan Air

Permasalahan sosial ekonomi dan kelembagaan menjadi salah satu kendala dalam pengendalian degradasi lahan, pada tingkatan DAS Brantas. Ada dua aspek penting dari permasalahan sosial ekonomi ini, yakni: pola pengelolaan sumberdaya oleh masyarakat petani dan kerjasama kelembagaan dari pihak-pihak yang terlibat dalam pengendalian degradasi lahan.

3.4.1. Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan, Air

Pengendalian degradasi lahan tidak dapat dipisahkan dari pola pengelolaan sumberdaya alam yang dilakukan masyarakat di dalam

DAS. Umumnya kawasan hulu dari suatu DAS lazim dimanfaatkan untuk keperluan pertanian, baik secara intensif maupun semi-intensif (perladangan). Dengan demikian, pengelolaan sumberdaya lahan - khususnya oleh para petani - memainkan peranan penting.

Beberapa aspek yang perlu dicermati dalam pola pengelolaan selama ini mencakup antara lain:

1. Strategi dalam mencari mata pencaharian, di mana sebagian besar petani saat ini berupaya untuk melawan involusi dengan menerapkan teknologi modern guna meningkatkan produktivitas dari usaha pertanian mereka. Dalam penerapan teknologi ini, petani mempergunakan lebih banyak pestisida-herbisida dan pupuk an-organik sebagai ; upaya untuk mengurangi risiko kegagalan panen dan mendorong pemantaatan lahan melampaui batasan kemampuannya. Tentu saja, penggunaan berbagai bahan kimia dan an-organik ini memperbesar resiko degradasi lahan dan akhlmya juga mencemari tanah serta air.
2. Kemampuan, teknik dan strategi dalam pengelolaan lahan harus didorong untuk berkembang. Sebagian besar usaha pertanian tidak mengadopsi teknik dan strategi baru dalam pengelolaan lahan (PU, 2005; BPDAS, 2011). Sebagai contoh: pertanian komoditi *vegeculture* seperti sayur-mayur dan umbi-umbian di kawasan DAS Brantas Hulu sebagian besar tidak menerapkan sistem pematusan air yang benar sehingga memperbesar erosi permukaan akibat air hujan yang dibiarkan melimpas. Komoditi *vegeculture* yang peka terhadap genangan air hujan karena dapat menimbulkan pembusukan - tidak ditanam dengan teknik dan strategi sehingga degradasi lahan justru lebih cepat terjadi. Ketidakmauan menerapkan teknik dan strategi mengelola lahan melemahkan intensitas, interaksi dan sitat tanggap petani dalam menyikapi program pemerintah maupun organisasi nonpemerintah yang peduli pada pelestarian lahan. Salah satu contoh yang diharapkan memberi hasil adalah sistem terasering sederhana (sabuk gunung) yang dikembangkan di daerah tangkapan air dari Bendungan Wonogiri.
3. Kepastian dalam identitas lahan berperan menentukan cara pengelolaan lahan dan sekaligus membedakan tipologi masyarakat petani dalam mengelola lahan. Pada umumnya lahan yang dimiliki

petani di Jawa, termasuk di DAS Brantas dan Bengawan Solo, beragam dari segi ukuran dan identitas kepemilikan. Sebagian besar petani di Jawa adalah pekerja di lahan yang tidak dimiliki sendiri, baik disewa dari negara atau pribadi, melalui konsesi ataupun kontrak. Untuk wilayah hulu dari kedua DAS ini dapat ditelusuri bahwa identitas kepemilikan lahan berkaitan erat dengan produktifitas pertanian dan juga cara pengelolaan lahan. Sawah atau kebun yang dimiliki sendiri umumnya telah memiliki strategi pengelolaannya dalam jangka panjang sebab tidak ada keraguan dan kekhawatiran apapun dari petani dalam mengelolanya, selain hasilnya juga nantinya akan menjadi milik pribadi. Tidak demikian halnya dengan lahan yang disewa dari instansi atau pribadi lain. Sebagai penyewa, umumnya petani tidak memiliki komitmen mengelolanya secara lestari.

4. Nilai lokal yang dianut masyarakat juga berpengaruh pada pengelolaan lahan. Sifat solidaritas masyarakat termasuk di dalamnya azas resiprositas, gotong-royong, kode etik dan moral yang dianut petani di masing-masing desa mempengaruhi cara pengelolaan sumberdaya alam di sekitarnya. Keberhasilan dalam pengendalian degradasi lahan dipengaruhi pula oleh nilai-nilai lokal yang dianut masyarakat petani.
5. Kesejahteraan masyarakat petani juga menjadi faktor penting dari keberhasilan mengelola lahan secara lestari. Semakin sejahtera petani maka semakin besar kemungkinan mereka akan menerapkan metode pengolahan lahan yang lestari. BPDAS (2011) melaporkan bahwa berdasarkan *focus group discussion* di DAS Brantas Hulu diperoleh informasi petani yang sudah memenuhi kebutuhan fisik (subsisten) lebih terdorong untuk memanfaatkan lahan secara optimal dan lestari. Dengan demikian, dalam melakukan pengendalian degradasi lahan maka pemberdayaan ekonomi dari masyarakat petani harus menjadi salah satu pertimbangan kegiatan.

Dapat disimpulkan, pengendalian degradasi lahan tidak dapat dipisahkan dari aspek kemasyarakatan di dalam DAS, yang mencakup strategi dalam mencari mata pencaharian, perkembangan pengetahuan dalam mengelola lahan, aspek kepemilikan lahan, nilai-

nilai lokal yang dianut, dan kesejahteraan dari masyarakat petani itu sendiri.

3.4.2. Kerjasama Kelembagaan

Berdasarkan pengamatan terhadap program dan rencana kerja pengendalian degradasi lahan (PU, 2005; BPDAS, 2007; BPDAS, 2011) salah satu permasalahan di DAS Brantas bersumber dari lemahnya koordinasi, tata kelembagaan dan teknis pelaksanaan kegiatan pengelolaan lahan. Kelemahan ini berkaitan dengan antara lain: penegakan hukum, sosialisasi program yang belum mantap dan kemampuan personil

1. Kemampuan dan kapasitas personil yang terlibat dalam pengelolaan lahan di suatu DAS menentukan keberhasilan dari program dan rencana kerja yang disusun. Secara umum, personil dalam pengelolaan lahan dapat dibagi ke dalam tiga segmen: pemerintah selaku regulator, masyarakat sebagai pelaku dan unsur non-pemerintah atau kuasi-pemerintah sebagai fasilitator. Kemampuan dan kapasitas dari personil pada ketiga segmen tersebut berpengaruh pada keseluruhan hasil dari kegiatan pengendalian degradasi lahan. Untuk DAS Brantas terdapat sejumlah besar personil yang terlibat dalam pengelolaan lahan, yang berkiprah dalam ketiga segmen tersebut. Namun dari sisi kemampuan dan kapasitas maka setiap segmen memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.
2. Kelembagaan yang mantap merupakan salah satu cara untuk menjamin agar program dan rencana kerja dalam pengendalian degradasi lahan dapat berjalan secara memadai dan berhasil. DAS Brantas dan Bengawan Solo memiliki sejumlah lembaga yang terlibat dalam pengelolaan lahan seperti BPDAS (di bawah Kementerian Kehutanan), Balai Besar Wilayah Sungai Brantas.

IV. SIMPULAN DAN REKOMENDASI

1. Makalah ini telah membahas interaksi antara air dan tanah pada DAS Brantas dan Bengawan Solo yang terletak di Pulau Jawa, yang merupakan wilayah kerja dari BUMN pengelola sumberdaya air, yakni PJT-I. Berdasarkan pengamatan PJT-I selama ini interaksi

antara kedua aspek ini bersama-sama secara antropomorfis telah menimbulkan dampak berupa perubahan pada kualitas lahan dan keberadaan air permukaan.

2. Degradasi lahan di DAS Brantas dan Bengawan Solo akan berkembang bila mana konservasi air dan lahan tidak dijalankan secara cermat, dengan indikatornya antara lain peningkatan laju erosi dan perubahan prosentase limpasan permukaan terhadap curah hujan.
3. Dampak degradasi lahan di daerah hulu suatu DAS besar khususnya pada tata kelola air permukaan dan kesuburan lahan. Dampak ini dapat dilihat dalam peningkatan angkutan sedimen di sungai dan penurunan tampungan di Bendungan Sutami maupun Wonogiri di DAS Brantas dan Bengawan Solo. Kedua bendungan ini dikelola oleh PJT-I.
4. Kegiatan rehabilitasi lahan telah dilaksanakan di berbagai DAS kritis telah berjalan cukup lama, namun belum dapat dinyatakan mengendalikan degradasi lahan secara signifikan berdasarkan indikator yang dipergunakan. Kegiatan pengendalian degradasi air dan lahan menjadi tidak efektif karena terhambat oleh berbagai kendala. Analisis kritis menunjukkan keterlibatan masyarakat petani dan kerjasama antar-lembaga sebagai faktor yang berpengaruh dalam pengendalian degradasi lahan di DAS Brantas dan Bengawan Solo.
5. Disarankan agar penanganan degradasi lahan di DAS Brantas dan Bengawan Solo - yang merupakan DAS kritis di Pulau Jawa- melibatkan upaya integrasi (penyatuan) antar sektor agar upaya perlindungan tanah dan air yang telah dilakukan berbagai instansi dan lembaga dapat bermanfaat. Berbagai segmen (pemerintah, organisasi non-pemerintah dan masyarakat) harus disatukan dalam visi, misi, interpretasi dan persepsi yang sama sehingga kerjasama dan pelibatan berbagai pemilik kepentingan lebih memberi hasil nyata.
6. Peningkatan kapasitas personil dan kerjasama antar-lembaga yang terlibat dalam pengendalian degradasi lahan mendesak untuk dilakukan agar kegiatan konservasi yang telah dilakukan dapat tepat sasaran dan memberi hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, C. R, dan H. Eswaran. 2000. Global Land Resources in the Context of Food and Environmental Security. Advances in Land Resources Management for the 20th Century (penyunting S. P. Gawande). Soil Conservation Society of India, New Delhi, India:35-50.
- Anonim. 2003. Kajian Sedimen yang Masuk Waduk Sengguruh dan Karangates. Laporan Akhir. Jurusan Teknik Pengaliran, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang. Indonesia.
- Anwar, A., dan Ansofino. 2013. Beberapa Dimensi dalam Manajemen Sumberdaya Air. Penye/amatan Tanah, Air dan Lingkungan (penyunting: Sitanala Arsyad dan Ernan Rustiadi). Yayasan Pustaka Obor, Jakarta, Indonesia: 91-158. ISBN 978-979-461-702.1
- Arnell, N. W., M. J. L. Livermore, S. Kovats, P. E. Levy, R Nicholls. M. L. Parry. dan S. R Gaffin. 2004. Climate and soclo-economlc scenarios for global-scale climate change impacts assessments: characterizing the SRES storylines. Global Environmental Change 14: 3-20.
- Arsyad, S. 2013. Konservasi Tanah dan Air dalam Penyelamatan Sumberdaya Air Penyelamatan Tanah Air dan Lingkungan (penyunting: Sitanala Arsyad dan Ernan Rustiadi). Yayasan Pustaka Obor, Jakarta. Indonesia: 161-184. ISBN 978-979-461-702.1
- Asdak. C. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia. ISBN 979-420-737-3.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Brantas. 2003b. Rencana Tekrrik Lapangan (RTL) Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Sub DAS Lesti. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial. Departemen Kehutanan, Indonesia.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Brantas. 2003b. Rencana Teknik Lapangan (RTL) Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Sub DAS Me/amon (Metro-Lahor-Lemon). Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan, Indonesia.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Brantas. 2003c. Rencana Teknik Lapangan (RTL) Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Sub DAS Ambang (Amprong-Bango). Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan, Indonesia.

- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Brantas. 2007. Statistik Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Brantas Tahun 2007. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan, Indonesia.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Brantas. 2011. Rencana Pengelolaan Terpadu Daerah Aliran Sungai Brantas. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan, Indonesia.
- Banuwa, I. S. 2013. Erosi. Kencana Prenada Media, Jakarta, Indonesia. ISBN 978-602-7985-02-5
- Barrow, C.J. 1991. Land Degradation. Development and Breakdown of Terrestrial Environments. Cambridge University Press. Cambridge, Inggris.
- Bossio, D., A. Noble, D. Molden, dan V. Nangia. 2008. Land Degradation and Water Productivity in Agricultural Landscapes. Conserving Land. Protecting Water (penyunting: D. Bossio dan K. Geheb). CAB International, Oxfordshire, Inggris: 20-32.
- Bossio, D., K. Geheb, dan W. Critchley, 2010. Managing water by managing land: addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. Agricultural Water Management 97: 536-542.
- Dardak, A. H. 2013. Pemanfaatan Lahan Berbasis Rencana Tata Ruang sebagai Upaya Perwujudan Ruang Hidup yang Nyaman, Produktif dan Berkelanjutan. Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan (penyunting: Sitanala Arsyad dan Ernan Rustiadi). Yayasan Pustaka Obor, Jakarta, Indonesia: 34-47. ISBN 978-979-461-702-1
- Departemen Pekerjaan Umum (PU). 2001. Comprehensive Development and Management Plan Study for the Bengawan Solo River Basin under the Lower Solo River Improvement Project. Japan International Cooperation Agency (JICA). Final Report. Direktorat Jenderal Sumberdaya Air.
- Departemen Pekerjaan Umum (PU). 2005. Report on Engineering Studies for the Brantas River and the Bengawan Solo River Basins. Water Resources Existing Facilities Rehabilitation and Capacity Improvement Project (WREFR-CIP) JBIC Loan IP-510. Laporan Akhir. Direktorat Jenderal Sumberdaya Air.
- Departemen Pekerjaan Umum (PU). 2006. Pola Pengelolaan Wilayah Sungai (WS) Kali Brantas. Laporan Akhir, Direktorat Jenderal Sumberdaya Air, Indonesia.
- Eswaran, H., R. Lal, dan P. F. Reich. 2001. Land degradation: an Overview. Responses to Land Degradation. Proceeding of the Second International Conference on Land Degradation and Desertification. Khon Kaen, Thailand (penyunting: E. M. Bridges, I.

- D. Hannam, L. R. Oldeman, F. W. T. Pening de Vries, S. J. Scherr dan S. Sompatpanit). Oxford Press, New Delhi, India.
- Falkenmark, M., dan Lannerstad, M. 2005. Consumptive water use to feed humanity - curing a blind spot. *Hydrology and Earth System Sciences* 9. Him. 15-28. 001: 607-7938/hess/2005-9-15
- Gilsladottir, G., dan Stocking, A. M. 2005. Land Degradation Control and its Global Environmental Benefits. *Land Degradation and Development* 16: 99-112. 001: 10.1 00211dr.687 Global Land Project (GLP). 2005. Global land project: Science plan and implementation strategy. IGBP Report No. 53/1HDP Report No. 19. IGBP, Stockholm, Swedia.
- Hardjowigeno, S. 1989. Ilmu Tanah. PT Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta, Indonesia. ISBN 979-455-018-3.
- Haridjaja, O. 2013. Pentingnya Konservasi Sumberdaya Laham. Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan (penyunting: Sitanala Arsyad dan Eman Rustiadi). Yayasan Pustaka Obor, Jakarta, Indonesia: 17-31.
- Hermantoro. 2011. Peningkatan Efektivitas Tampungan Embung Melalui Perbaikan Bentuk dan Dimensi. *Buletin Geologi Tata Lingkungan (Bulletin of Environmental Geology)* 21 (1): 35-41.
- Kanae, S. 2009. Global warming and the water crisis. *Journal of Health Science* 55(6): 860-864.
- Laurentia, S. C. 2011. Pengelolaan Air Hujan untuk Pertanian pada Pulau Kecil di Kawasan Kering Indonesia. Penerbit Gita Kasih, Kupang, Nusa Tenggara Timur. ISBN 978-979-3748-89-4.
- Lestrelin, G. 2010. Land degradation In the Lao PDR: Discourses and policy. *Land Use Policy* 27: 424-439.
- Li, Z., W. Liu, X. Zhang, dan F. Zheng. 2009. Impacts of land use change and climate variability on hydrology in an agricultural catchment on the Loess Plateau of China. *Journal of Hydrology* 377: 35-42
- Mawardi, M. 2012. Rekayasa Konservasi Tanah dan Air. Bursa Ilmu, Jakarta, Indonesia. ISBN 978-602-99035-7-7
- Morris, G.L. and Fan, J.H. 1998. *Reservoir Sedimentation Handbook*. McGraw-Hill, New York: United States of America. Him. 10.2-10.3
- Morris, G. L. 2003. *Reservoir Sedimentation Management: Worldwide Status and Prospects*. Proceedings of the 3rd World Water Forum, Challenges to the Sedimentation Management for Reservoir Sustainability. Otsu, Shiga, Jepang: 97-108.
- Nasoelion, L. I. 2013. Aspek Keagrariaan dalam Pengelolaan Tanah. Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan (penyunting: Sitanala Arsyad dan Eman Rustiadi). Yayasan Pustaka Obor, Jakarta. Indonesia: 1-16. ISBN 978-979-461-702-1

- Nippon Koei K. K. 1961 . Brantas River Basin Plan. Main Report. Ministry of Public Works and Electricity of Indonesia. Jakarta, Indonesia.
- Oldeman, L., R. Hakkeling, dan W. Scimbroek. 1991 . World Map of the Status of Human-induced Soil Degradation. Wageningen ISRIC. United Nations Environmental Program (UNEP).
- Oki, T. dan S. Kanae. 2006. Global hydrological cycles and world water resources. *Science* 313: 1068-1072. doi: 10.1126/science.1128845
- Palmieri, A., F. Shah, dan A. Dinar. 2001. Economics of reservoir sedimentation and sustainable management of dams. *Journal of Environmental Management* 61 : 149-163.
- Pelawi, S. F. 2009. Intersepsi Pada Berbagai Umur Tegakan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*). Skripsi pada Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Medan, Indonesia.
- Perusahaan Umum Jasa Tirta I (PJT-I). 2004. Monitoring Dinamika Komunitas Fitoplankton dan Zooplankton di Waduk Sutami. Laporan Internal [tidak dipublikasikan]
- Perusahaan Umum Jasa Tirta I (PJT-I). 2012. Kurva H-V Bendungan Sutami (Echo-Sounding) . Laporan Internal [tidak dipublikasikan] .
- Perusahaan Umum Jasa Tirta I (PJT-I). 2012. Kurva H-V Bendungan Wonogiri (Echo-Sounding). Laporan Internal [tidak dipublikasikan] .
- Perusahaan Umum Jasa Tirta I (PJT-I). 2013. Evaluasi Pelaksanaan Perindugan Daerah Aliran Sungai. Laporan Biro Internal [tidak dipublikasikan]
- Pudjiharta, A. 2008. Pengaruh Pengelolaan Hutan Pada Hidrologi. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam, Bogor, Indonesia.
- Quere, C. Le., G. Peters, R. Andres, R. Andrew, T. Boden, P. Ciais, P. Friedlingstein, R. Houghton, G. Marland, R. Moriarty, S. Sitch, P. Tans, A. Arneeth, A. Arvanitis, D. Bakker, L. Bopp, J. G. Canadell, Y. Chao, L. P. Chini, S. Doney, A. Harper, I. Harris, J. House, A. Jain, S. Jones, E. Kato, R. Keeling, K. Klein Goldewijk, A. Kortzinger, C. Koven, N. Lefevre, A. Ornar, T. Ono, G. H. Park, B. Pfeil, B. Poulter, M. Raupach, P. Regnier, C. Rodenbeck, S. Saito, J. Schwinger, J. Segschneider, B. Stocker, B. Tilbrook, S. van Heuven, N. Viovy, R. Wanninkhof, A. Wiltshire, C. Yue, S. Zaehle. 2013. Global carbon budget 2013. *Earth System Science Data Discussions* (in review). [diunduh dari: <http://www.earth-syst-sci-data-discuss.net/6/689/2013> pada 3 Desember 2013] DOI:10.5194/essdd-6-689-2013
- Rahim, S. E. 2003. Pengendalian Erosi Tanah Dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup. Penerbit Bumi Aksara, Jakarta, Indonesia. ISBN 979-526-340-4 .
- Ravi, S., D. D. Breshears, T. E. Huxman, dan P. O'Dorico. 2010. Land degradation in drylands: interaction among hydrologic-aerolian erosion and vegetation dynamics. *Geomorphology* 111: 236-245.

- Rustiadi, E dan R. Wafda. 2013. Urgensi Pengembangan Lahan Pertanian Pangan Abadi dalam Perpektif Ketahanan Pangan. Penye/emeten Tenah, Air den Lingkungan (penyunting: Sitanala Arsyad dan Ernan Rustiadi). Yayasan Pustaka OOO, Jakarta, Indonesia: 1-16. ISBN 978-979-461-702-1
- Sabiham, S. 2013. Manajemen Sumberdaya Lahan dalam Usaha Pertanian Berkelanjutan. Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan (penyunting: Sitanala Arsyad dan Ernan Rustiadi). Yayasan Pustaka Obor, Jakarta, Indonesia: 1-16. ISBN 978-979-461-702-1
- Schwab, G. o ., D. D. Fangmeier, W. J. Elliot, dan R. K. Frevert. 1997. Teknlk Kons8Nasi Tanah dan Air (penerjemah R. H. Susanto dan R. H. Purnomo). Pusat Kajian Pengelolaan Tanah dan Air, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Lempung, Indonesia.
- Soekistijono. 2005. Pencemaran Air Waduk Tanggung Jawab Siapa? Kesus Studi: Waduk Sutami. Seminar Nasional Bendungan Besar, Komite Nasional Indonesia untuk Bendungan Besar (KNIBB), Jakarta, Indonesia.
- Subramanya, K. 1999. Engineering Hydrology. Tata Me. Graw-Hill Publishers, New Delhi, India. ISBN 0-07-462449-8.
- Trabuco, A., D. Bossio, dan O. Straten. 2008. Carbon Sequestration, Land Degradation and Water Conserving Land, Protecting Water (penyunting: D. Bossio dan K. Geheb). CAB International, Oxfordshire, Inggris: 83-105.
- Tschakert, P., dan K. A. Dietrich. 2010. Anticipatory learning for climate change adaptation and resilience. *Ecology and Society* 12(2): 1-11.
- Vörösmarty, C. J. & D. Sahagian. 2000. Anthropogenic disturbance of the terrestrial water cycle. *Biological Sciences* 50 (9): 753-765.
- Vörösmarty, C. J., P. McIntyre, M. o. Gessner, D. Dudgeon, A. Prusevleh, P. Green, S. Glidden, S. E. Bunn, C. A. Sullivan & C. R. Liermann. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467: 555-561

KINERJA KONSERVASI SUMBERDAYA LAHAN DAN HUTAN DALAM PENGELOLAAN DAS TERPADU DAN MITIGASI BENCANA¹

Oleh:

Harry Santoso²

²Dewan Pembina Pengurus Pusat Masyarakat Konservasi Tanah dan Air (MKTi).



¹Keynote Speech dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

POKOK BAHASAN

- ❑ **Tantangan dan kendala**
- ❑ **Kinerja dalam Pengelolaan DAS Terpadu**
- ❑ **Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor**

TANTANGAN dan KENDALA

- ❑ **Pengelolaan DAS Terpadu sebuah keharusan di Indonesia, namun ironisnya belum difahami dengan baik oleh birokrat, politisi, badan usaha, lembaga sosial, media masa**
- ❑ **Tantangan : Dimensi Pengelolaan DAS Terpadu**
 - Pendekatan sistem : sistemik, kompleks, ilmiah
 - Proses manajemen : perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, pendanaan, M&E
 - Keterkaitan aktivitas multipihak antar Kementerian/Lembaga (K/L)
- ❑ **Kendala :**
 - Sulit difahami kalangan awam, kecuali akademisi
 - Tidak ada satupun K/L yang ditugasi mengelola DAS utuh dari hulu-hilir
 - KISS lintas K/L belum efektif
 - Manfaat belum dirasakan meningkatkan kesejahteraan masyarakat
 - Hasil kinerja kurang publikasi dan menarik minat masyarakat

KINERJA PENGELOLAAN DAS TERPADU

- ❑ Kepmenhut No. SK. 328/Menhut-II/2009 :
Penetapan 108 DAS Prioritas 1, 2, 3 dalam RPJM 2010-2014
Kriteria : lahan, tata air, tata ruang wilayah, sosek/kelembagaan, aset/nilai investasi.
- ❑ Tersusun Rencana Pengelolaan DAS Terpadu : 109 DAS, sudah di sahkan Pemerintah Daerah, menjadi "instrumen pengikat" untuk pembangunan lintas sektor.
- ❑ Kepmenhut No. SK.511/MENHUT-V/2011 :
Telah dipetakan 17.008 DAS alamiah dengan nama dan kodifikasi tertentu.
- ❑ PP No. 37 Th 2012 ttg Pengelolaan DAS terpadu :
Tersusun 7 PERDA Provinsi, 1 PERDA Kabupaten dan 1 PERDA Kota tentang Pengelolaan DAS Terpadu
- ❑ RUU Konservasi Tanah dan Air telah disetujui untuk diundangkan dalam Sidang Paripurna DPR RI tanggal 29 September 2014

MITIGASI BANJIR

- ❑ **Tipe Banjir :**
 - Banjir kiriman dari hulu DAS (*upper watershed*)
 - Banjir lokal karena kurangnya kapasitas tampung sungai dan saluran drainase dalam sistem DAS
 - Banjir lokal karena pasang air laut (*rob*) atau terjadinya penurunan lahan (*land subsidence*).
- ❑ **Prinsip pengendalian banjir :**
Melindungi/mengamankan penduduk/ bangunan vital/sarana/prasarana sosial ekonomi dengan laju aliran air hujan dan meresapkan sebanyak-banyaknya ke dalam tanah di bagian hulu/tengah/hilir DAS serta mengalirkan kelebihan air yang ada dengan lancar dan secepatnya melalui sistem badan sungai/saluran drainase ke muara laut dan/atau danau/waduk

MITIGASI TANAH LONGSOR

❑ Tipe Tanah Longsor

- longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah dan aliran bahan rombakan (TDMRC, 2010).

❑ Penyebab :

- Tingginya intensitas hujan, lereng terjal, hutan gundul, erosi alur/erosi parit), adanya tanah liat/lempung yang tebal di lereng terjal sebagai lapisan kedap air /sebagai masa tanah yang rentan pergerakan tanah, batuan yang materialnya kurang kuat, tata guna tanah yang labil (persawahan, perladangan dll.), gerakan tanah/gempa bumi dan adanya beban tambahan berupa bangunan atau kendaraan pada hamparan lahan/jalan yang mempercepat tanah longsor.

TIPE TANAH LONGSOR (TDMRC, 2010)



MITIGASI TANAH LONGSOR *(Lanjutan)*

❑ Prinsip pengendalian tanah longsor :

Melindungi penduduk/bangunan vital/sarana/prasarana sosial ekonomi dengan mencegah penggalian tanah, penebangan pohon dan pembangunan permukiman penduduk di bawah tebing/lereng gunung/bukit terjal atau membangun sawah dan kolam pada lereng bagian atas di dekat permukiman serta segera menutup retakan-retakan tanah untuk mencegah rembesan air hujan kedalamnya.

❑ Strategi :

- Pemetaan daerah rawan longsor
- Pemeriksaan pada saat dan setelah kejadian bencana untuk mengetahui penyebab dan solusi yang tepat dan cepat.
- Pemantauan daerah strategis kegiatan sosial ekonomi yang rawan bencana, agar diketahui masyarakat setempat.
- Sosialisasi kepada masyarakat (*booklet, leaflet, poster dll.*).

APLIKASI TEKNIK MITIGASI BANJIR DAN TANAH LONGSOR

- ❑ LIPI bekerjasama dengan *International Centre for Water Hazard and Risk* UNESCO, memprakarsai pelatihan kemampuan menganalisis banjir melalui program *Integrated Flood Analysis System*, yang bermanfaat dalam merancang model dampak untuk menekan kerugian guna menentukan kebijakan masa depan wilayah DKI Jakarta yang rentan banjir.
- ❑ Ditjen BP DASPS Kemenhut - PUSPICS UGM - Badan Litbang Kehutanan, mengembangkan aplikasi Sistem Standar Operasi Prosedur Banjir dan Tanah Longsor (SSOP BANTAL) berbasis DAS/Sub DAS guna menganalisis lokasi rawan bencana banjir dan tanah longsor, dilengkapi kemampuan memberikan arahan fungsi terhadap DAS/Sub DAS sesuai kondisi fisik wilayah dan hidrometeorologinya sebagai arahan manajemen pengelolaan wilayah rawan bencana agar tindakan penanggulangannya dapat sedini mungkin, dan dapat meminimalisasi dampak negatif yang diakibatkannya.
- ❑ Teknik Modifikasi Cuaca untuk mencegah banjir oleh BMKG-Menristek/BPPT, tidak berbasis DAS

DAERAH ALIRAN SUNGAI SEHAT DI INDONESIA MEBUTUHKAN 30% HUTAN? ATAU ... > 70% AGROFORESTRY? ¹

Oleh:

Meine van Noordwijk²

² International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF-SEA).

Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu, UB Malang, 30 September 2014



WAGENINGEN UR
For quality of life



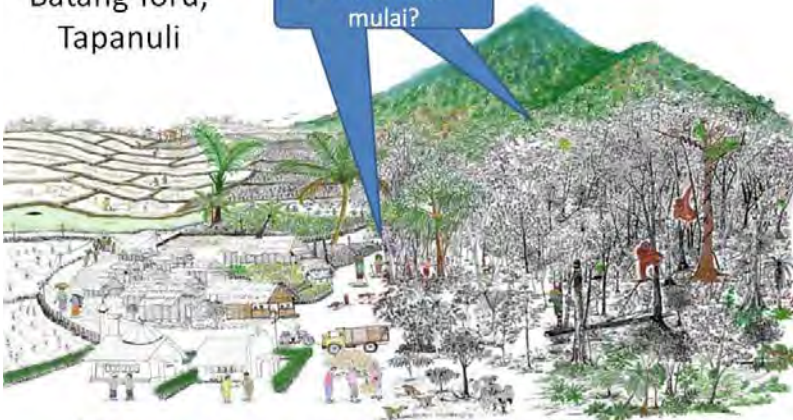
RESEARCH
PROGRAM ON
Forests, Trees and
Agroforestry



¹Keynote Speech dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

Lanskap di
Batang Toru,
Tapanuli

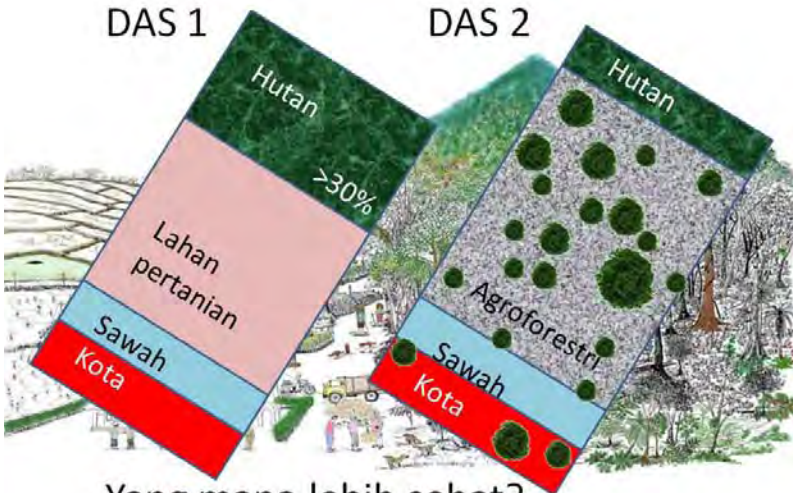
Dimana hutan
mulai?



...dalam rencana tata ruang wilayah ditetapkan kawasan hutan
paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas daerah aliran sungai
(UU 26/2007, artikel 17.5)

DAS 1

DAS 2



Yang mana lebih sehat?

**Apakah DAS yang sehat membutuhkan
tutupan hutan 30 % dari luasan DAS ?
Atau agroforestry > 70% ?**

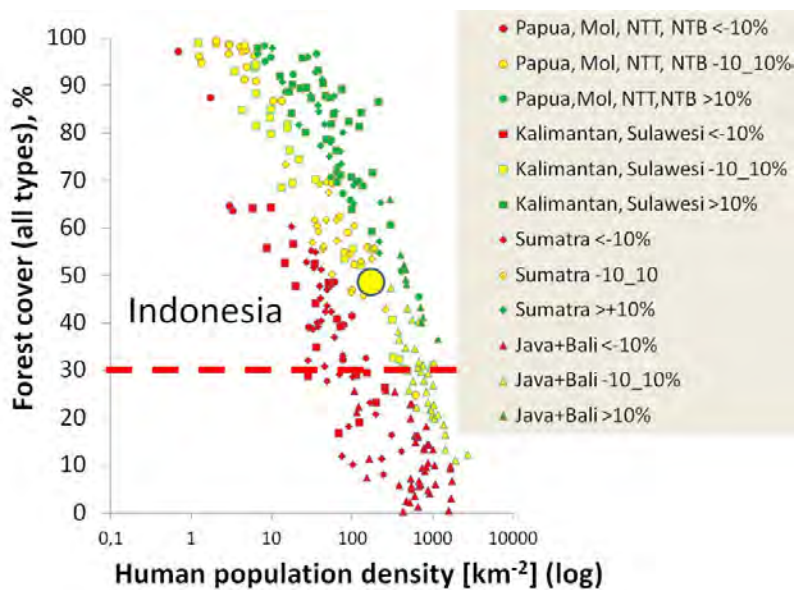
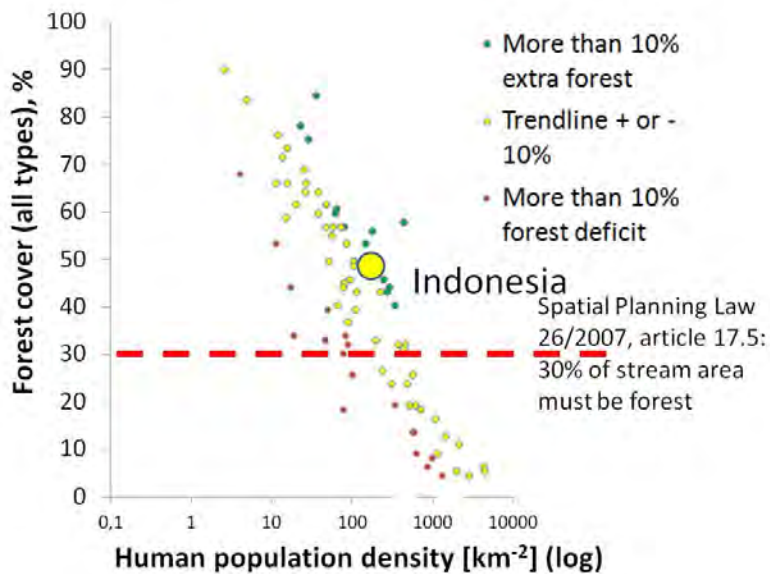
...dalam rencana tata ruang wilayah ditetapkan kawasan hutan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas daerah aliran sungai (UU 26/2007, artikel 17.5)

1. Apakah itu layak dengan kepadatan penduduk saat ini?
2. Kawasan hutan atau hutan?
3. Mengapa 30%? Jenis hutan yang bagaimana?
4. Apakah 30% cukup?
5. Berapa banyak 'aliran penyangga' yang diinginkan?
6. Apa tutupan lahan memberikan cukup penyangga?

**Apakah DAS yang sehat membutuhkan
tutupan hutan 30 % dari luasan DAS ?
Atau agroforestry > 70% ?**

...dalam rencana tata ruang wilayah Indonesia (26/2007, artikel 17.5) ditetapkan kawasan hutan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas daerah aliran sungai

1. Apakah itu layak dengan kepadatan penduduk saat ini?
2. Kawasan hutan atau hutan?
3. Mengapa 30%? Jenis hutan yang bagaimana?
4. Apakah 30% cukup?
5. Berapa banyak 'aliran penyangga' yang diinginkan?
6. Apa tutupan lahan memberikan cukup penyangga?



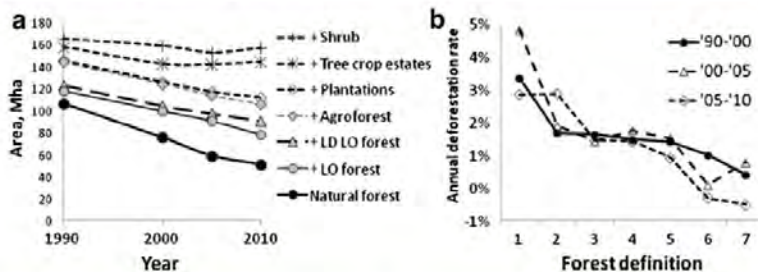
Apakah DAS yang sehat membutuhkan tutupan hutan 30 % dari luasan DAS ? Atau agroforestry > 70% ?

...dalam rencana tata ruang wilayah Indonesia (26/2007, artikel 17.5) ditetapkan kawasan hutan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas daerah aliran sungai

1. Apakah itu layak dengan kepadatan penduduk saat ini?
2. Kawasan hutan atau hutan?
3. Mengapa 30%? Jenis hutan yang bagaimana?
4. Apakah 30% cukup?
5. Berapa banyak 'aliran penyangga' yang diinginkan?
6. Apa tutupan lahan memberikan cukup penyangga?

Mitig Adapt Strateg Glob Change (2014) 19:677–692

683



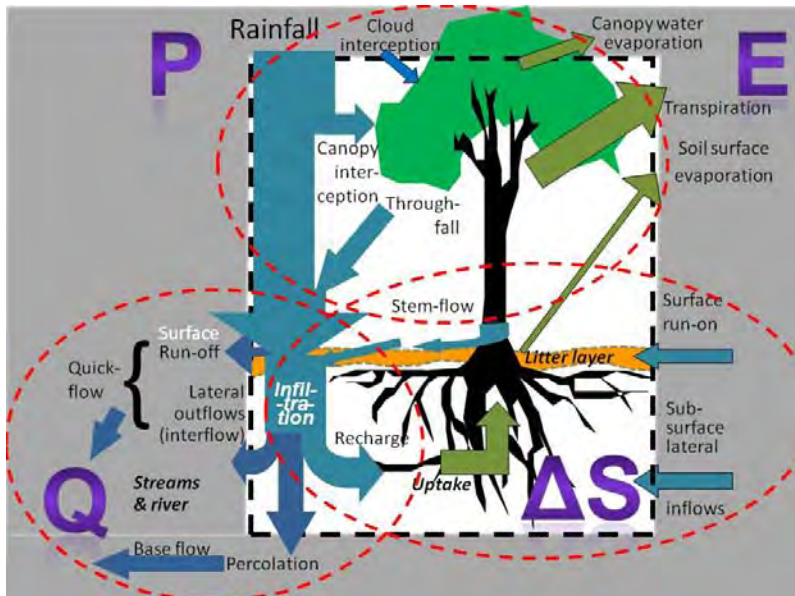
Perkiraan laju deforestasi lebih bergantung pada definisi operasional daripada perubahan luasan hutan dengan waktu; data untuk Indonesia adalah berdasarkan citra satelit standard (umum)

Apakah DAS yang sehat membutuhkan tutupan hutan 30 % dari luasan DAS ? Atau agroforestry > 70% ?

...dalam rencana tata ruang wilayah Indonesia (26/2007, artikel 17.5) ditetapkan kawasan hutan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas daerah aliran sungai

1. Apakah itu layak dengan kepadatan penduduk saat ini?
2. Kawasan hutan atau hutan?
3. Mengapa 30%? Jenis hutan yang bagaimana?
4. Apakah 30% cukup?
5. Berapa banyak 'aliran penyangga' yang diinginkan?
6. Apa tutupan lahan memberikan cukup penyangga?





**Apakah DAS yang sehat membutuhkan tutupan hutan 30 % dari luasan DAS ?
Atau agroforestry > 70% ?**

...dalam ren
17.5) dite
persen da

1. Apakah
2. Kawas
3. Meng
4. Apakah
5. Berapa banyak aliran penyangga yang diinginkan?
6. Apa tutupan lahan memberikan cukup penyangga?

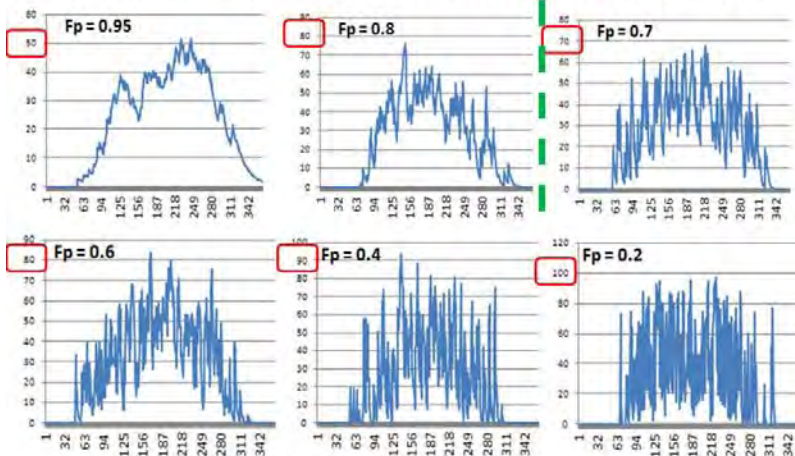
Pada dasarnya, 30% tutupan hutan hanya memberikan 30% aliran buffering, bila tanah disekitarnya terjadi pemadatan dgn infiltrasi yang rendah; Hutan riparian dapat memiliki lebih dari proporsional efek penyangga; Jadi 30% lahan dengan infiltrasi tinggi tidak cukup!

Apakah DAS yang sehat membutuhkan tutupan hutan 30 % dari luasan DAS ? Atau agroforestry > 70% ?

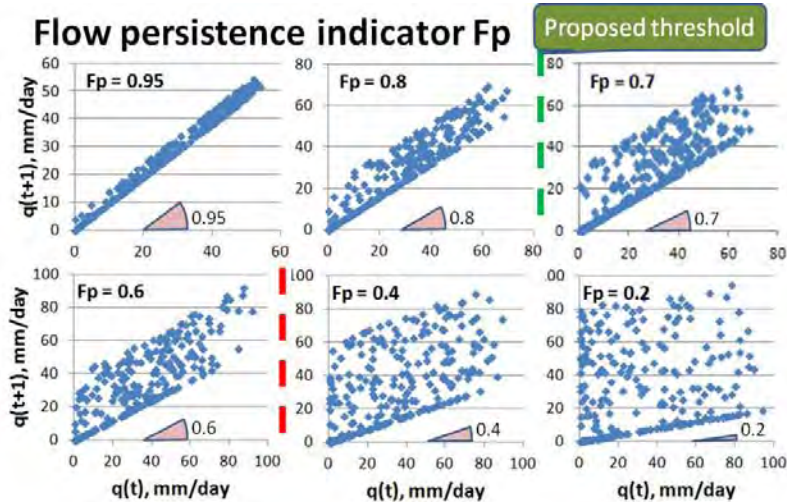
...dalam rencana tata ruang wilayah Indonesia (26/2007, artikel 17.5) ditetapkan kawasan hutan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas daerah aliran sungai

1. Apakah itu layak dengan kepadatan penduduk saat ini?
2. Kawasan hutan atau hutan?
3. Mengapa 30%? Jenis hutan yang bagaimana?
4. Apakah 30% cukup?
5. Berapa banyak 'aliran penyangga' yang diinginkan?
6. Apa tutupan lahan memberikan cukup penyangga?

Hydrographs with decreasing flow persistence (Fp)



Same rainfall, same total water yield



Change of slope for lower envelope; add-ons ($1-F_p$)

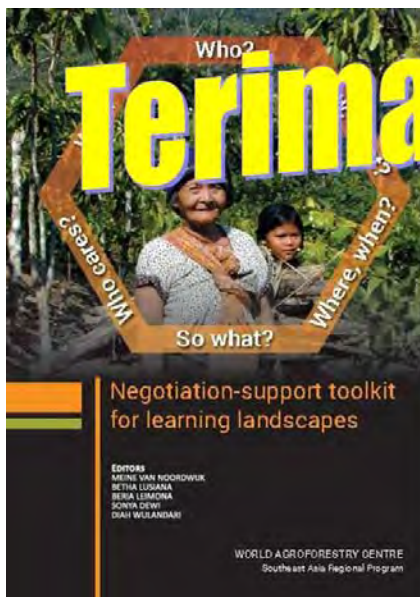
Flow persistence of river (H = human control)

- Plot-level flow pathways (weighted average of):
 - overland flow ($F_p = 0$)
 - interflow ($F_p = 0.5$)
 - groundwater ($F_p \sim 1.0$)
- Hillslope buffers and filters, ponding H
- Topography of river network, delay times \sim velocity
- Buffering effects of riparian wetlands, reservoirs and impoundments (\sim operating rules) H
- Heterogenitas spasial curah hujan di DAS

**Apakah DAS yang sehat membutuhkan
tutupan hutan 30 % dari luasan DAS ?
Atau agroforestry > 70% ?**

...dalam rencana tata ruang wilayah Indonesia (26/2007, artikel 17.5) ditetapkan kawasan hutan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas daerah aliran sungai

1. Apakah itu layak dengan kepadatan penduduk saat ini?
2. Kawasan hutan atau hutan?
3. Mengapa 30%? Jenis hutan yang bagaimana?
4. Apakah 30% cukup?
5. Berapa banyak 'aliran penyangga' yang diinginkan?
6. Apa tutupan lahan memberikan cukup penyangga?



KERENTANAN BANJIR DI DAS SOLO¹

Oleh:

Irfan B.Pramono² dan Nur Ainun Jariyah²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com, ibpramono@yahoo.com

ABSTRAK

DAS Solo merupakan salah satu DAS yang sering mengalami banjir. Hampir tiap tahun beberapa daerah mengalami banjir. Daerah yang banjir tidak hanya di wilayah hilir, namun banjir juga terjadi di daerah hulu dan tengah DAS Solo. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi daerah yang potensial rawan banjir di DAS Solo. Metode yang digunakan adalah analisis tipologi DAS yaitu analisis kerentanan lahan, kerentanan pasokan air banjir, dan kerentanan daerah banjir. Kerentanan lahan diperoleh dari interaksi antara bentuk lahan dan penutupan lahan. Kerentanan pasokan air banjir diperoleh dari interaksi antara kerentanan lahan dan data hujan harian maksimum. Kerentanan daerah banjir diperoleh dari bentuk lahan. Skor kerentanan berkisar dari < 1,7 (tidak rentan) sampai 4,3 (sangat rentan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerentanan daerah rawan banjir tertinggi di Sub DAS Solo Hilir (3,12), disusul Sub DAS Solo Hulu (2,63), dan Sub DAS Kali Madiun (2,3). Selain mempunyai skor kerawanan banjir yang tinggi, Sub DAS Solo Hilir ini juga mempunyai prosentase luas daerah banjir yang paling besar (33,81 % dari luas Sub DAS). Hal ini disebabkan oleh luasnya bentuk lahan alluvial di Sub DAS Solo Hilir yang mencapai 31,59 % dari luas Sub DAS. Dari segi pasokan air banjir semua Sub DAS di DAS Solo mempunyai skor sangat rentan dengan nilai 4. Kerentanan pasokan air yang tinggi ini disebabkan selain curah hujan harian maksimum yang tinggi (>130 mm/hari) juga karena skor kerentanan lahan yang cukup besar khususnya Sub DAS Solo Hulu (3,63) dan Kali Madiun (3,67). Daerah yang mempunyai kerentanan pasokan air yang sangat tinggi terjadi di Kabupaten Karanganyar, Magetan, dan Boyolali. Daerah yang mempunyai kerentanan daerah banjir yang sangat tinggi terjadi di Kabupaten Bojonegoro, Tuban, Lamongan, Blora, dan Sragen. Khusus untuk Kabupaten Bojonegoro dan Lamongan selain mempunyai daerah banjir yang cukup luas juga mempunyai daerah pasokan air yang tinggi. Dengan diketahuinya areal potensial banjir maka daerah-daerah tersebut harus mengantisipasi dengan membuat tanggul dan atau peningkatan kapasitas saluran drainase, sedangkan untuk mengurangi pasokan air banjir maka daerah-daerah yang rentan pasokan air banjirnya perlu direhabilitasi dengan melakukan penghijauan, reboisasi, dan penerapan teknik-teknik konservasi tanah yang sesuai dengan kondisi setempat.

Kata Kunci: DAS Solo, Tipologi DAS, rawan banjir

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami. Daya dukung DAS cenderung menurun karena meningkatnya kebutuhan akan pangan, air, dan energy. Agar daya dukung DAS dapat berfungsi optimal maka perlu dilakukan pengelolaan DAS. Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengatur hubungan timbal balik antara sumberdaya alam dengan manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya, agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia secara berkelanjutan (PP 37 tahun 2012).

Kerusakan DAS di Jawa ditunjukkan dengan berkurangnya penutupan vegetasi, fluktuasi debit yang tinggi, dan frekuensi banjir (Mawardi, 2010). Dia juga menambahkan bahwa data kerusakan lahan pertanian di Jawa Timur terus meningkat dari 15.041 ha tahun 2007 menjadi 30.577 ha pada tahun 2009. DAS Solo merupakan salah satu DAS yang terbesar di Pulau Jawa. Luas DAS Solo ini mencapai 1,6 juta hektar. Hampir tiap tahun DAS Solo ini selalu mengalami banjir. Areal yang mengalami banjir tidak hanya di daerah hilir saja seperti Tuban, Bojonegoro, dan Lamongan, namun banjir juga terjadi di hulu dan tengah seperti Kota Solo, Sukoharjo, Sragen, Ngawi dan Madiun.

Potensi air permukaan di Sub DAS Solo Hulu berfluktuasi dari 32,4 % sampai 52,68 % tergantung pada variable penutupan lahan dan kondisi topografi (Anna & Cholil, 2010). Salah satu tujuan pengelolaan DAS Solo adalah mengurangi banjir yang sering terjadi

Dalam kasus banjir harus dilihat dari dua sisi yaitu sisi pasokan air banjir dan sisi daerah yang rawan banjir. Dari sisi pasokan air banjirnya yang perlu diperhatikan adalah hujan harian maksimum dan kondisi penutupan lahannya, sedangkan dari sisi daerah banjirannya yang perlu diperhatikan adalah bentuk lahan dan manajemen penanggulangan banjir (Paimin et.al.2012).

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi daerah-daerah sumber pasokan air banjir dan daerah-daerah yang rawan banjir di DAS Solo.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan mulai Bulan April sampai dengan Bulan Nopember 2012. Lokasi penelitian meliputi seluruh DAS Solo yang meliputi dua propinsi dan 40 Kabupaten.

B. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta-peta yang meliputi Peta Rupa Bumi Indonesia, Peta Penutupan Lahan, Peta Sistem Lahan, Peta DEM (Digital Elevation Model), dan peta Tanah.

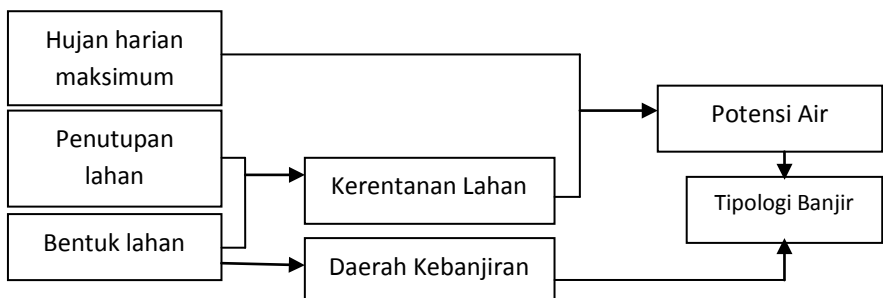
Peralatan Penelitian yang digunakan adalah GPS (Geo Positioning System), Seperangkat Komputer beserta program ARC GIS.

C. Metode Penelitian

1. Parameter yang diamati
 - a. Hujan harian maksimum
 - b. Sistem Lahan
 - c. Penutupan lahan

2. Analisis Data

Masing-masing parameter diberi bobot dan skor kemudian dioverlaykan sehingga diperoleh nilai tertimbang. Data dianalisis dengan Tipologi Banjir seperti Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1 Diagram alir Tipologi Banjir

- Identifikasi kerentanan lahan diperoleh dari interaksi antara penutupan lahan dan system lahan. Skor kerentanan lahan pada masing-masing bentuk lahan dan penutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 1.
- Identifikasi daerah yang berpotensi menyumbang air banjir dengan mengumpulkan data hujan harian maksimum dan kerentanan lahan. Skor pasokan air banjir dapat dilihat pada Tabel 2.
- Identifikasi daerah banjir dilakukan dengan melihat bentuk lahan. Bentuk lahan diperoleh dari Peta Sistem Lahan. Bentuk lahan yang rawan banjir adalah bentuk lahan yang mempunyai kelerengan < 2% dan terletak di dekat sungai utama. Skor daerah rawan banjir dapat dilihat pada Tabel 3.
- Kategori tingkat kerentanan mulai dari tidak rentan sampai sangat rentan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 1. Skala Kerentanan Lahan

Bentuk/Sistem Lahan*	Penutupan Lahan*					
	Air Payau, air Tawar, Gedung (1)	Hutan lindung, Hutan Konserv (1)	Hut Prod/ Perkebunan, (2)	Sawah, Rumput, Semak/ Belukar (3)	Pemukiman (4)	Tegal, Tanah berbatu (5)
Rawa-rawa, Pantai: (1)	1	1	1	1	1	1
Dataran Aluvial, Lembah alluvial: (2)	1	1,5	1,5	2	2	2,5
Dataran: (3)	1	2	2,5	3	3,5	4
Kipas dan Lahar, Teras: (4)	1	2,5	3	3,5	4	4,5
Pegunungan & Perbukitan: (5)	1	3	3,5	4	4,5	5

Sumber: Paimin, Sukresno, dan Purwanto, 2009

Keterangan : *. Angka dalam kurung merupakan nilai/skor dari parameter yang bersangkutan

Tabel 2. Skor kerentanan pasokan air banjir

Hujan Harian Maksimum (mm)	Kerentanan Lahan				
	<1,7 (Sangat Rendah)	1,7 – 2,5 (Rendah)	2,6 – 3,4 (Sedang)	3,5 – 4,3 (Tinggi)	>4,3 (Sangat Tinggi)
< 20 (Sangat Rendah)	<1,7	<1,7	1,7 – 2,5	1,7 – 2,5	2,6 – 3,4
21-40 (Rendah)	1,7 – 2,5	1,7 – 2,5	1,7 – 2,5	2,6 – 3,4	2,6 – 3,4
41-75 (Sedang)	1,7 – 2,5	2,6 – 3,4	2,6 – 3,4	2,6 – 3,4	3,5 – 4,3
76-150 (Tinggi)	2,6 – 3,4	2,6 – 3,4	3,5 – 4,3	3,5 – 4,3	3,5 – 4,3
>150 (Sangat Tinggi)	2,6 – 3,4	3,5 – 4,3	3,5 – 4,3	>4,7	>4,7

Tabel 3. Skor kerentanan daerah banjir

Bentuk/Sistem Lahan	Skor
Rawa-rawa, Pantai, Jalur kelokan	5
Dataran Aluvial, Lembah alluvial	4
Dataran	3
Kipas dan Lahar, Teras-teras	2
Pegunungan & Perbukitan	1

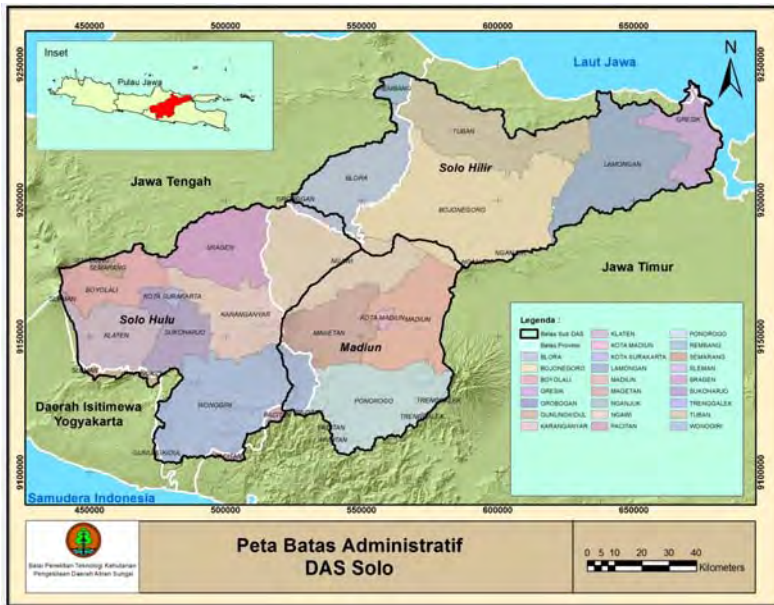
Tabel 4. Kategori Tingkat Kerentanan

Kategori	Nilai	Tingkat Kerentanan/Degradasi
Sangat Tinggi	> 4,3	Sangat Rentan/Sangat terdegradasi
Tinggi	3,5 – 4,3	Rentan/Terdegradasi
Sedang	2,6 – 3,4	Sedang
Rendah	1,7 - 2,5	Agak Rentan/Agak terdegradasi
Sangat Rendah	< 1,7	Tidak Rentan/Tidak terdegradasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembagian Sub DAS di DAS Solo

Secara umum DAS Solo dibagi menjadi 3 Sub DAS besar yaitu Sub DAS Solo Hulu dengan outlet di Ngawi, Sub DAS Kali Madiun dengan outlet di Ngawi, dan Sub DAS Solo Hilir dengan outlet di Gresik. Secara administrasi DAS Solo masuk dalam Propinsi Jawa Tengah dan Propinsi Jawa Timur. Di Propinsi Jawa Tengah masuk Kabupaten Boyolali, Klaten, Sukoharjo, Wonogiri, Karanganyar, Blora, dan Rembang. DAS Solo yang masuk Propinsi Jawa Timur meliputi Kabupaten Ngawi, Magetan, Madiun, Ponorogo, Tuban, Bojonegoro, Lamongan, Gresik, dan Kota Madiun. Penyebaran Sub DAS dan wilayah administrasi dapat dilihat pada Gambar 2.

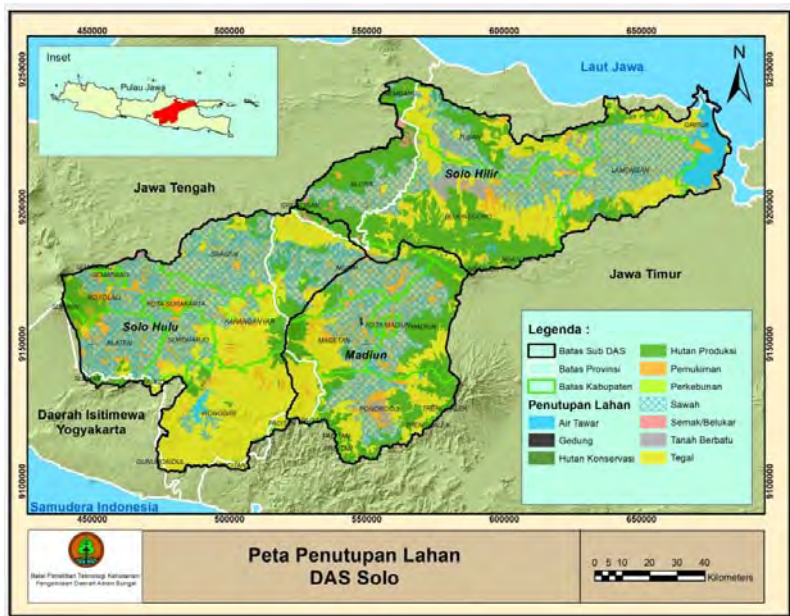


Gambar 2. Peta Batas Administrasi DAS Solo

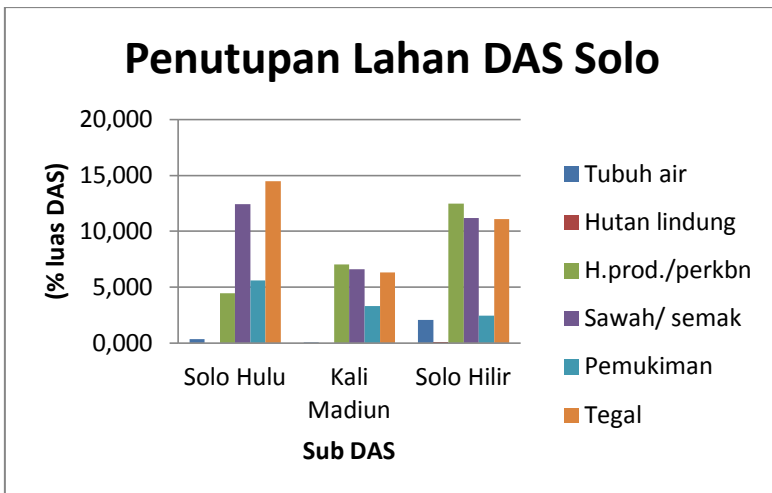
B. Kerentanan Lahan

1. Penutupan Lahan

Penutupan lahan di DAS Solo secara keseluruhan didominasi oleh tegal dan sawah. Di Sub DAS Solo Hulu juga didominasi oleh tegal dan sawah. Penutupan lahan tegal di Sub DAS Solo Hulu dapat meningkatkan potensi air banjir karena air hujan yang jatuh sebagian besar akan menjadi aliran permukaan. Sedangkan di Sub DAS Kali Madiun dan Sub DAS Solo Hilir hampir seimbang luas sawah, tegal, dan kebun (hutan produksi). Penyebaran penutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 3 sedangkan perbandingan penutupan lahan pada masing-masing sub DAS dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Peta Penutupan Lahan DAS Solo



Gambar 4. Perbandingan penutupan lahan pada masing-masing Sub DAS

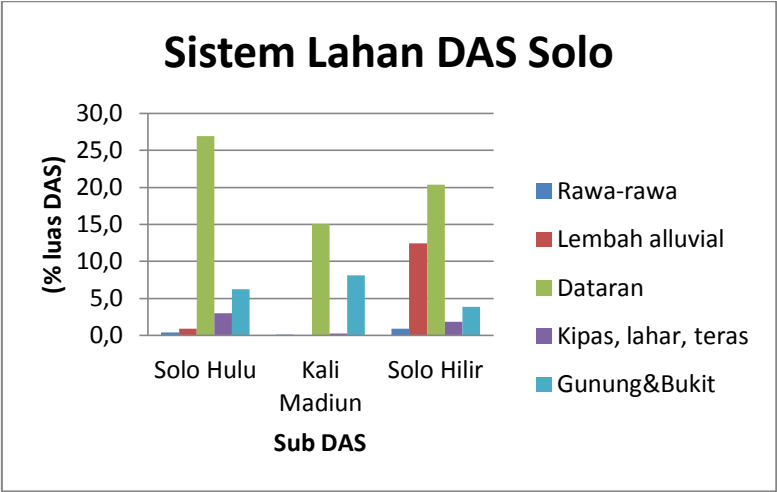
2. Sistem Lahan

Sistem lahan di DAS Solo (Solo Hulu, Kali Madiun, dan Solo Hilir) didominasi oleh dataran. Sistem lahan terluas kedua adalah

dataran/lembah alluvial untuk Sub DAS Solo Hilir, sedangkan Sub DAS Solo Hulu dan Kali Madiun didominasi oleh perbukitan. Penyebarannya dapat dilihat pada Gambar 5 sedangkan perbandingannya dapat dilihat pada Gambar 6.



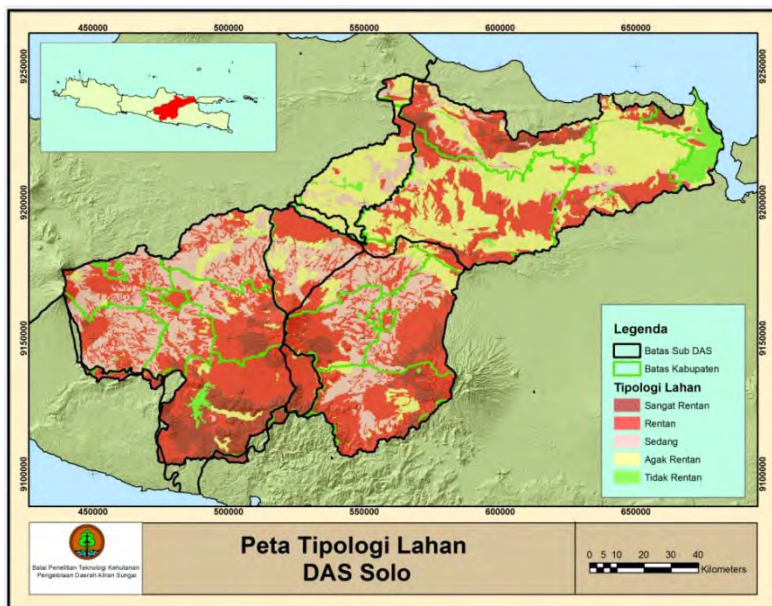
Gambar 5. Peta Sistem Lahan DAS Solo



Gambar 6. Perbandingan luas sistem lahan masing-masing Sub DAS

Dari Gambar 6 terlihat bahwa bentuk lahan dataran paling luas terdapat di Sub DAS Solo Hulu yang mencapai 26,9 % dari luas DAS Solo. Dari data tersebut Sub DAS Solo Hulu selain sebagai pemasok air banjir juga merupakan daerah yang rentan banjir. Namun yang sangat rentan terhadap banjir tetap Sub DAS Solo Hilir karena mempunyai bentuk lahan lembah dan dataran mencapai 32.7 % dari luas DAS, sedangkan di Sub DAS Solo Hulu hanya mencapai 27.8% dari luas DAS.

Kerentanan lahan didekati dengan tipologi lahan. Tipologi lahan diperoleh dari interaksi antara sistem lahan dan penutupan lahan. Berdasarkan analisis tipologi lahan diperoleh hasil kerentanan lahan dari yang tidak rentan sampai sangat rentan. Penyebaran kerentanan lahan dapat dilihat pada Gambar 7. Sedangkan skor dan tingkat kerentanannya dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 7. Peta Kerentanan Lahan DAS Solo

Tabel 5. Skor dan Luas Tingkat Kerentanan Lahan Setiap Sub DAS di DAS Solo

No	Sub DAS	Kerentanan Lahan					Jumlah	Skor
		1	2	3	4	5		
1	Solo Hulu	8284	45734	192653	259784	88830	2160993	3,63
2	Kali Madiun	1352	34222	99899	188663	48113	1364709	3,67
3	Solo Hilir	40440	328245	53045	164528	39393	1711137	2,73
	DAS Solo	50075	408200	345597	612974	176335	5236839	3,29

Kerentanan lahan di DAS Solo menyebar di seluruh DAS. Namun di dominasi di Sub DAS Solo Hulu dan Kali Madiun. Sub DAS Solo Hulu yang paling rentan dan rentan lahan ada di Kabupaten Wonogiri dan Karanganyar, masing-masing menempati porsi 78 % dan 79 % dari luas kabupaten. Sub DAS Kali Madiun yang paling rentan dan rentan lahan terletak di Kabupaten Ponorogo dan Magetan, masing-masing menempati porsi 72 % dan 61 % dari luas kabupaten. Sedangkan di DAS Solo Hilir yang rentan lahan terletak di Kabupaten Tuban dan Gresik, masing masing dengan porsi 50 % dan 18 % dari luas kabupaten yang masuk ke DAS Solo. Tingkat kerentanan lahan di kabupaten-kabupaten lain termasuk sedang dan rendah.

Skor kerentanan lahan Sub DAS Solo Hulu dan Kali Madiun adalah 3,63 dan 3,67, skor ini termasuk kategori tinggi. Sedangkan skor kerentanan lahan di Solo Hilir adalah 2,73 termasuk kategori sedang.

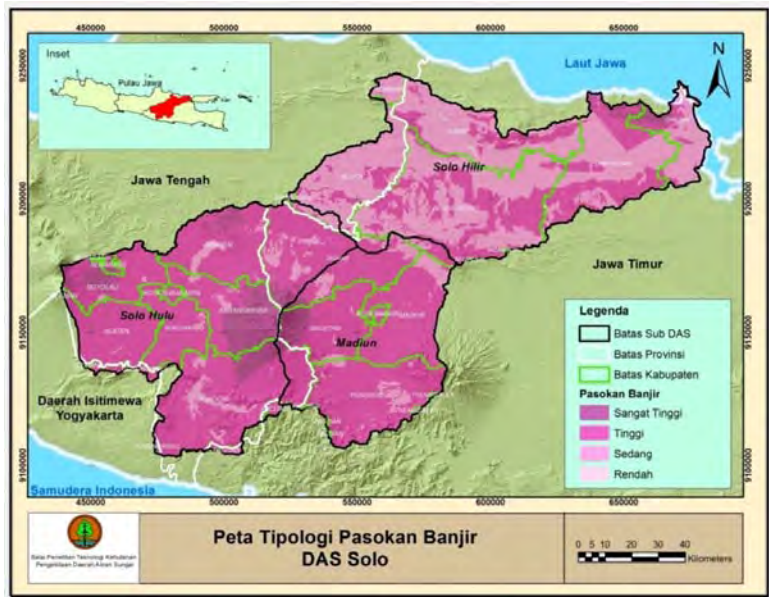
C. Kerentanan Banjir

1. Pasokan Air Banjir

Pada umumnya curah hujan maksimum harian di DAS Solo berkisar dari 71 mm/hari (sedang) sampai 185 mm/hari (sangat tinggi), sehingga potensi pasokan air banjir di DAS Solo termasuk sedang sampai sangat rentan.. Perincian selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 6. Sedangkan penyebaran pasokan air dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 6. Tingkat Kerentanan Pasokan Air Banjir di DAS Solo

No	Sub DAS	Skor Kerentanan Lahan	Hujan Maximum (mm/hari)	Skor Pasokan Air
1	Solo Hulu	3,63	132	4
2	Kali madiun	3,67	131	4
3	Solo Hilir	2,73	106	4
DAS Solo				



Gambar 8. Peta Kerentanan Pasokan Air DAS Solo

Kerentanan pasokan air sangat tinggi dan tinggi terjadi di Sub DAS Solo Hulu dan Kali Madiun. Kondisi ini menyebabkan Sub DAS Bengawan Solo Hilir menjadi rawan banjir, apalagi di dukung oleh bentuk lahan yang relatif datar. Pasokan air yang sangat tinggi terjadi di Kabupaten Karanganyar dan Magetan yang terletak di lereng Gunung Lawu. Pasokan air dari tempat tersebut sangat tinggi karena hujan maksimumnya 185 mm dengan topografi pegunungan. Hampir semua kabupaten di Sub DAS Solo Hulu dan Sub DAS Kali Madiun mempunyai tinggi kerentanan pasokan air banjir yang tinggi (skor 4). Mengingat kerentanan pasokan air banjir ini ditentukan oleh hujan harian maksimum yang memang sudah diberikan oleh alam sehingga tidak bisa dihindari maka untuk mengatasi dampak banjir di daerah

bawahnya, daerah-daerah dengan kondisi yang sangat rawan pasokan air banjir perlu dicegah dengan pembuatan konservasi air yang memadai baik vegetatif maupun sipil tehnis.

2. Daerah Kebanjiran

Daerah rawan banjir di DAS Solo terutama tersebar di DAS Solo Hilir, dimana daerah-daerah tersebut mempunyai kelerengan < 2% dan terletak di sekitar sungai utama dan percabangan antara anak-anak sungai Bengawan Solo . Perincian luas daerah yang rawan banjir pada masing-masing Sub DAS dapat dilihat pada Tabel 7. Sedangkan Peta Daerah Rawan Banjir dapat dilihat pada Gambar 8

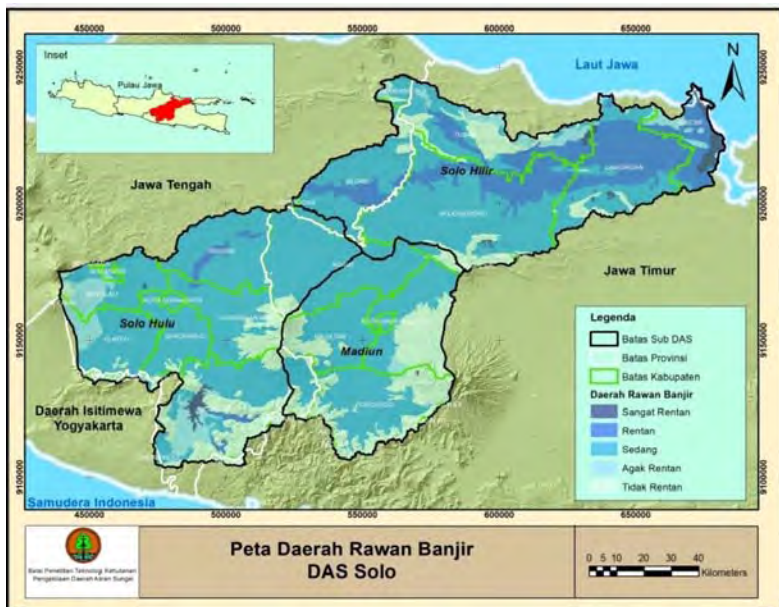
Tabel 7. Tingkat kerentanan banjir di DAS Solo

No	Sub DAS	Kerentanan Banjir (ha)					Jumlah	Skor
		1	2	3	4	5		
1	Solo Hulu	99448	47599	428606	13725	5906	595284	2,63
2	Kali Madiun	129135	3986	238969		159	372249	2,30
3	Solo Hilir	61406	28623	324110	197651	13860	625649	3,12
	DAS Solo	289988	80208	991685	211377	19924	1593182	2,74

Jika dipilih nilai yang rawan dan sangat rawan kebanjiran di DAS Solo maka, luas yang rawan banjir di DAS Solo adalah 3,3 %, 0,04 %, dan 33,81 % masing-masing untuk Sub DAS Solo Hulu, Sub DAS Kali Madiun, dan Sub DAS Solo Hilir. Seperti yang terlihat pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Proporsi Daerah Kebanjiran masing-masing Sub DAS

No	Sub DAS	Luas Daerah Kerentanan Banjir (ha)		Luas Daerah Kebanjiran (ha)	Luas Sub DAS/DAS (ha)	% luas daerah kebanjiran
		Rawan	Sangat Rawan			
1	Solo Hulu	13725	5906	19631	595284	3,30
2	Kali Madiun	0	159	159	372249	0,04
3	Solo Hilir	197651	13860	211511	625649	33,81
	DAS Solo	211376	19925	231301	1593182	14,52



Gambar 8. Peta Daerah Rawan Banjir DAS Solo

Daerah rawan banjir di DAS Solo menyebar di Kabupaten Gresik, Lamongan, Tuban Bojonegoro, Blora, dan Sragen masing-masing sebesar 71 %, 53 %, 28 %, 19 %, dan 9 % dari luas kabupaten yang masuk ke DAS Solo. Kabupaten-kabupaten lainnya mempunyai tingkat kerentanan banjir sedang sampai rendah. Sub DAS Solo Hilir mempunyai skor yang paling tinggi untuk daerah banjir (3,12), sedangkan Sub DAS Kali Madiun mempunyai skor yang paling rendah yaitu 2,30. Sub DAS Solo Hulu mempunyai skor daerah banjir yang agak tinggi 2,63 karena di Sub DAS ini ada waduk Gajahmungkur yang diasumsikan termasuk daerah yang rawan banjir. Volume banjir, dari data hidrograf, di Bojonegoro mempunyai volume banjir yang lebih kecil dari pada volume banjir di Ngawi (Kejalen). Hal ini disebabkan oleh sering terjadinya genangan di daerah Bojonegoro. Aziz dan Purwantoro (2012) dalam penelitiannya di Kabupaten Bojonegoro menemukan bahwa kerentanan banjir di Kabupaten Bojonegoro berturut-turut adalah 23 %, 36 %, 37 %, dan 4 % masing-masing untuk kategori sangat rentan, rentan, kurang rentan, dan tidak rentan.

Untuk mencegah daerah potensial rawan banjir di Sub DAS Solo Hilir perlu dilakukan perbaikan saluran drainase yang memadai serta pembuatan tanggul-tanggul di kiri kanan sungai.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Sub DAS Solo Hilir mempunyai skor kerentanan banjir paling tinggi yaitu sebesar 3,12, sedangkan untuk Sub DAS Kali Madiun dan Solo Hulu masing-masing dengan skor 2,3 dan 2,63.
2. Sub DAS Solo Hilir mempunyai skor banjir yang paling tinggi dan luas daerah kebanjiran yang paling besar disebabkan oleh luasnya bentuk lahan alluvial. Bentuk lahan alluvial di Sub DAS Solo Hilir mencapai 31,59 % dari luas Sub DAS. Sedangkan bentuk lahan alluvial di Sub DAS Kali Madiun dan Solo Hulu masing-masing sebesar 0,04 % dan 2,3 %.
3. Dari segi pasokan air banjir semua Sub DAS di DAS Solo mempunyai skor sangat rentan dengan nilai 4. Kerentanan pasokan air yang tinggi ini disebabkan selain curah hujan harian maksimum yang tinggi (>130 mm/hari) juga karena skor kerentanan lahan yang cukup besar khususnya Sub DAS Solo Hulu (3,63) dan Kali Madiun (3,67).
4. Perbaikan saluran drainase dan pembuatan tanggul-tanggul di kiri kanan sungai perlu dilakukan di Sub DAS Solo Hilir yang mempunyai daerah rawan banjir yang cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna, A.N. dan M.Cholil. 2010. Analisis fluktuasi air permukaan akibat perubahan variable fisik penutupan lahan untuk pencegah banjir di Surakarta dan Sukoharjo, Jawa Tengah. Pertemuan Imiah Tahunan IGI. Surabaya, 11-12 Desember 2010.
- Aziz, M.L. dan S.Purwantantoro. 2012. Pemetaan tingkat kerentanan dan tingkat bahaya banjir DAS Bengawan Solo bagian tengah di Kabupaten Bojonegoro. Geo Educatia. Vol II tahun 2012. Universitas Negeri Yogyakarta..
- Mawardi I. 2010. Kerusakan DAS dan Penurunan daya dukung sumber daya air di Pulau Jawa serta upaya penanggulangannya.J.Hidrosfir Indonesia Vol 5 (2): 1-11

- Paimin I.B.Pramono, Purwanto, dan D.R.Indrawati. 2012. Sistem Perencanaan Pengelolaan DAS. Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi. Badan Litbang Kehutanan.
- Petchprayoon, P., P.D. Blanker, C. Ekkawatparit, and K. Hussein.2010. Hydrological impact of landuse/landcover change in a large river in Central-Northern Thailand. *Int. J. of Climatology* 30: 1919-1930.
- Sobriyah. 2004. Persoalan proses kalibrasi model perkiraan banjir DAS besar: Studi kasus DAS Bengawan Solo. *Media Komunikasi Teknik Sipil* Vol 12 (2), edisi xxxix

**PELUANG DAN TANTANGAN PEMBENTUKAN
BADAN OTORITA PENGELOLAAN DAS:
STUDI KASUS DAS CILIWUNG – CISADANE DAN SEKITARNYA¹**

Oleh:

Endang Savitri² dan Tigor Butarbutar³

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com; endangsavitri@gmail.com

³Peneliti Puslitbang Perubahan Iklim dan Kebijakan

ABSTRAK

Kejadian banjir yang terjadi di awal tahun 2014 di Jabodetabek dan sekitarnya bukanlah merupakan kejadian yang pertama. Kejadian ini telah lama terjadi sejak tahun delapan puluhan, berulang setiap tahun dan dengan intensitas makin besar setiap tahunnya. Hal ini disebabkan oleh terganggunya fungsi-fungsi teknis serapan air di daerah hulu, tengah dan hilir. Terganggunya fungsi serapan air dari bentang lahan yang ada juga disebabkan oleh terganggunya fungsi sosial ekonomi suatu DAS, seperti semakin menurunnya kawasan yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian, perikanan, peternakan dan kegiatan ekonomi lainnya yang tergantung pada lahan. Kemudian faktor lain yang merupakan kunci dari permasalahan diatas adalah wewenang untuk melaksanakan peraturan perundangan antara lain benturan kewenangan dan kepentingan lintas batas administrasi. Benturan kewenangan ini disebabkan oleh prioritas program pembangunan yang berbeda dari setiap wilayah administrasi yang terdapat dalam suatu DAS.

Untuk merespon berbagai kondisi tersebut diatas telah diterbitkan Keputusan Presiden No 12 Tahun 2012. Keputusan Presiden tersebut menetapkan bahwa Wilayah Sungai Ciliwung - Cisadane merupakan Wilayah Sungai Lintas Provinsi yang pengelolaannya ditangani oleh Pemerintah Pusat yang memutuskan untuk menata pengelolaan sumber daya air (SDA) yang utuh dari hulu sampai ke hilir di wilayah sungai Ciliwung- Cisadane dalam satu Pola Pengelolaan Sumber Daya Air tanpa dipengaruhi oleh batatabas wilayah administrasi yang dilaluinya yaitu: 7 Kabupaten/Kota. Kajian yang dibahas dalam makalah ini bertujuan untuk mengetahui peluang dan tantangan kelembagaan badan otorita dalam melaksanakan semua kebijakan secara terintegrasi.

Peluang pembentukan badan otorita terletak pada pengalaman di lokasi lain (Otorita ASAHAN, Otorita Jatiluhur dan lain-lain), adanya perundangan-perundangan yang mendukung, adanya SDM yang mencukupi dan dana yang tersedia. Sedangkan tantangan yang dihadapi antara lain adalah kebijakan otonomi daerah yang tidak didasarkan pada batas – batas kesatuan suatu daerah aliran sungai, perubahan sosial ekonomi seperti perubahan mata pencaharian dari berbasis agraris menjadi berbasis

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

industri yang membutuhkan perubahan kawasan penutupan vegetasi/hutan dan perubahan iklim.

Peraturan perundangan dapat diimplementasikan jika aktor yang melaksanakannya mempunyai kewenangan dalam mengelola DAS secara utuh, terlepas dari batas-batas administrasi yang terdapat dalam suatu DAS.

Kata kunci: Daerah Aliran Sungai, hidrologi, peraturan perundangan, kewenangan dan otorita.

I. LATAR BELAKANG

Pengetahuan tentang teknis penanganan banjir perlu selalu diingatkan dengan mengkaitkannya dengan sistim hidrologi suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Daerah Aliran sungai adalah suatu daerah tangkapan air yang dibatasi oleh batas geografi (punggung bukit) dimana air berkumpul dalam suatu aliran dan berakhir dalam suatu outlet (luaran). Setiap DAS mempunyai karakteristik hidrologi atau neraca air. Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik hidrologi atau neraca air suatu daerah aliran sungai terdiri dari faktor biofisik, sosial ekonomi, budaya dan kebijakan. Faktor biofisik terdiri dari tipe iklim, vegetasi, topografi dan tanah/batuan, sedangkan faktor sosial terdiri dari karakteristik demografi (jumlah penduduk, tingkat pendidikan, tingkat pendapatan/mata pencaharian dan budaya). Faktor kebijakan terdiri dari aturan perundangan yang berlaku untuk mempertahankan fungsi atau karakteristik suatu DAS, sehingga tidak menimbulkan kondisi ekstrim seperti banjir pada musim hujan dan kekurangan air di musim kemarau. Peraturan perundangan dapat diimplementasikan jika aktor yang melaksanakannya mempunyai kewenangan dalam mengelola DAS secara utuh, terlepas dari batas-batas administrasi yang terdapat dalam suatu DAS.

Kejadian banjir yang terjadi di awal tahun 2014 di Jabodetabek dan sekitarnya bukanlah merupakan kejadian yang pertama. Kejadian ini telah lama terjadi sejak tahun delapan puluhan, berulang setiap tahun dan dengan intensitas makin besar setiap tahunnya. Hal ini disebabkan oleh terganggunya fungsi-fungsi teknis serapan air di daerah hulu, tengah dan hilir. Terganggunya fungsi serapan air dari bentang lahan yang ada juga disebabkan oleh terganggunya fungsi sosial ekonomi suatu DAS, seperti semakin menurunnya kawasan yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian, perikanan, peternakan dan

kegiatan ekonomi lainnya yang tergantung pada lahan. Kemudian faktor lain yang merupakan kunci dari permasalahan di atas adalah wewenang untuk melaksanakan peraturan perundangan antara lain benturan kewenangan dan kepentingan lintas batas administrasi. Benturan kewenangan ini disebabkan oleh prioritas program pembangunan yang berbeda dari setiap wilayah administrasi yang terdapat dalam suatu DAS. Karyana (2010) mengemukakan institusi-institusi yang mengelola DAS tidak mencapai tujuannya karena lemahnya koordinasi. Karena koordinasi pada dasarnya merupakan suatu proses sehingga dalam jangka panjang koordinasi tergantung dari kapasitas lembaga/pihak terkait dalam pengelolaan DAS.

Mengingat bahwa batas DAS yang alami, jarang sekali berhimpitan dengan batas wilayah administrasi (Paimin *et al.*, 2012) maka perlu adanya koordinasi dalam melakukan pengelolaan DAS. Di dalam PP 37 tahun 2012 pasal 22 telah diatur bahwa perencanaan pengelolaan DAS dilakukan secara berjenjang oleh Menteri sampai Bupati sesuai dengan posisi DAS tersebut di dalam batas administratif. Untuk merespon berbagai kondisi tersebut diatas telah diterbitkan Keputusan Presiden No 12 Tahun 2012. Keputusan Presiden tersebut menetapkan bahwa Wilayah Sungai Ciliwung – Cisadane merupakan Wilayah Sungai Lintas Provinsi yang pengelolaannya ditangani oleh Pemerintah Pusat yang memutuskan untuk menata pengelolaan sumber daya air (SDA) yang utuh dari hulu sampai ke hilir di wilayah sungai Ciliwung – Cisadane dalam satu Pola Pengelolaan Sumber Daya Air tanpa dipengaruhi oleh batas-batas wilayah administrasi yang dilaluinya yaitu: 7 Kabupaten/Kota.

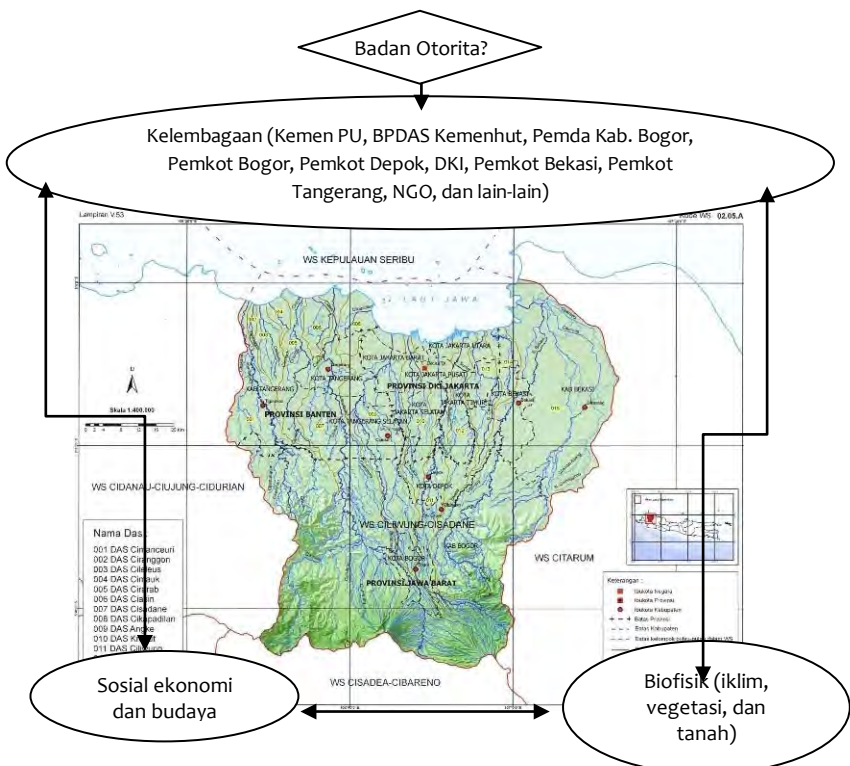
Kajian yang dibahas dalam makalah ini bertujuan untuk mengetahui peluang dan tantangan kelembagaan badan otorita dalam melaksanakan semua kebijakan secara terintegrasi.

II. METODOLOGI

A. Kerangka Pikir

Kerangka pikir yang digunakan dalam kajian ini disampaikan pada Gambar 1 berikut. Interaksi atau pengaruh dari faktor sosial ekonomi, faktor biofisik dan kelembagaan yang ada sangat mempengaruhi

neraca air seluruh wilayah DAS Ciliwung – Cisadane. Tekanan faktor ekonomi dan sosial yang terlihat pada kepentingan pemanfaatan ruang atau lahan, akan mengganggu keberadaan faktor biofisik (tanah, lanskap dan vegetasi) sehingga keseimbangan unsur-unsur dari neraca air DAS tersebut menjadi terganggu. Pemanfaatan sumberdaya lahan untuk memenuhi kebutuhan ekonomi, sosial dan budaya masyarakat sekitar dapat dikendalikan melalui pembuatan dan pelaksanaan kebijakan/peraturan yang sudah ada.

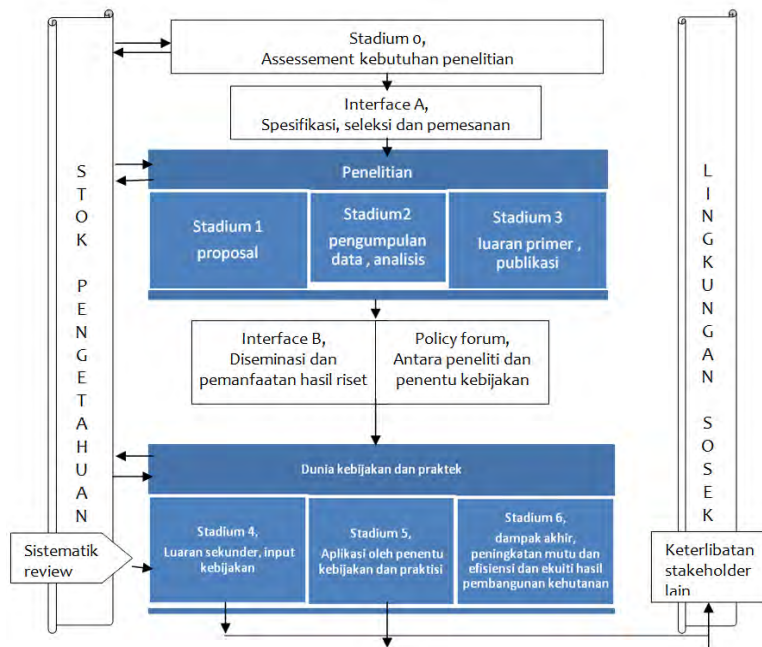


Gambar 1. Kerangka Pikir Keterkaitan Faktor sosial ekonomi, biofisik dan kelembagaan dalam wilayah DAS Ciliwung – Cisadane, dengan kemungkinan pembentukan Badan Otorita (Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum RI)

B. Metode Kajian

Berdasarkan kerangka pikir di atas, faktor kelembagaan merupakan kunci dari keberhasilan dalam implementasi pengelolaan DAS tersebut. Upaya untuk menyatukan seluruh kelembagaan dan

stakeholder terkait merupakan kebutuhan yang sulit tetapi sangat mendesak. Tipe kelembagaan tersebut harus dapat mengintegrasikan pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane secara keseluruhan sehingga pengendalian banjir melalui peningkatan kapasitas infiltrasi tanah dapat tercapai. Metode yang dilakukan dalam kajian ini adalah Sistematis Review seperti terlihat dalam kerangka sistem pemanfaatan hasil penelitian dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Posisi sistematis review dalam kerangka pemanfaatan hasil-penelitian untuk kebijakan (Siswanto, 2010; modifikasi)

Berdasarkan Gambar 2 tersebut, terlihat bahwa sintesis hasil penelitian merupakan tahapan atau bagian dari suatu sistim penelitian yang diawali dari assesment kebutuhan penelitian sampai pemanfaatannya dengan memperhitungkan dinamika ilmu pengetahuan dan kondisi sosial ekonomi yang ada. Kajian ini termasuk dalam tahap 4 yaitu untuk menghasilkan luaran sekunder dan input kebijakan. Luaran sekunder dan input kebijakan berupa usul pembentukan atau kajian pembentukan Badan Otorita Pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane.

Kajian ini dilakukan dengan prosedur sesuai dengan urutan sebagai berikut:

1. Stadium 0, Interface A, Stadium 1, Stadium 2 dan Stadium 3
2. *Policy forum*: wawancara dan *Focus Group Discussion* dari stakeholder se Jabodetabek yang terkait, pada bulan Desember 2013 yang bertujuan untuk mengkaji efektifitas implementasi berbagai kebijakan peraturan perundangan terkait dengan pengelolaan Daerah Aliran Sungai di DAS Ciliwung – Cisadane dan sekitarnya. Stakeholders yang mengikuti antara lain: tim peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Solo; b), tim peneliti Puspijak Bogor; c) tim program dan anggaran Puspijak Bogor; d) perwakilan pemerintahan Propinsi DKI; e) perwakilan kota Depok; f) perwakilan kabupaten Bogor; g) perwakilan Kementerian Lingkungan Hidup dan h) Balai Pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane
3. Identifikasi tantangan dan peluang pembentukan otorita tunggal dalam penanganan DAS Ciliwung – Cisadane dan sekitarnya.
4. Selanjutnya dilakukan interview kepada *key informan*, *semi-structure interview*, *open-ended interview*.

III. HASIL KAJIAN

A. Dasar Hukum Pengelolaan Suatu DAS

Kebijakan pemerintah pusat dan daerah yang mengatur pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane, sampai saat ini belum menunjukkan hasil yang memuaskan. Kebijakan-kebijakan dalam bentuk peraturan perundangan yang bersifat operasional, kewenangan dan otoritas dapat dilihat pada uraian berikut.

Beberapa kebijakan dalam bentuk peraturan perundangan yang terkait dengan konservasi tanah dan air dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Berbagai peraturan perundangan yang mengatur tentang substansi (teknis), kewenangan, koordinasi, pembiayaan dan otoritas pelaksanaan terkait Konservasi Tanah dan Air.

Jenis	Instansi	Pasal-pasal yang terkait teknis *	Pasal-pasal yang terkait kelembagaan /wewenang dan tanggungjawab*	Pasal-pasal yang terkait dengan koordinasi*	Pasal-pasal yang terkait dengan Pembiayaan*	Pasal-pasal yang terkait dengan Otoritas Pelaksanaan*
PP 37 Tahun 2012 tentang pengelolaan DAS	Kementerian Kehutanan (69 pasal)	Pasal 40 (b) dan (c) Pasal 41 (b) dan (d) Pasal 42 (a); (b) dan (c)	Pasal 42 (a); (b) dan (c)	Pasal 54	Pasal 67	-
UU No.7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air	Sekneg (100 pasal)	Pasal 1 Pasal 21 ayat 2 (f, g,h dan i) Pasal 21 ayat 4 Pasal 22 ayat 1 dan 2 Pasal 25 Pasal 27	Pasal 13, 14, 15, 16, 17, 18 dan 19 (pemerintah pusat, propinsi, kabupaten-kota sampai desa) ada Dewan Sumberdaya Air Nasional	Pasal 86 Pasal 87	Pasal 77 Pasal 78	-
Permen Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2009	Kementerian Lingkungan Hidup (6 pasal)	Pasal 1 ayat 1, 2, 3 dan 4 Pasal 2				-
Undang-Undang No 26 Tahun 2007 tentang Tata ruang	Kementerian Pekerjaan Umum (80 pasal)	Pasal 17 ayat 5	Pasal 29 ayat 1,2 dan 3	Pasal 47		-

Keterangan : * = isi singkat pasal-pasal terlampir

Berdasarkan Tabel 1 tersebut belum terlihat adanya pasal-pasal yang menunjukkan instansi tunggal yang berwenang untuk melaksanakan peraturan perundangan yang ada, pasal-pasal yang ada baru menyebutkan kewenangan-kewenangan untuk kerjasama atau koordinasi. Beberapa usaha untuk melakukan koordinasi dilapangan sudah banyak dilakukan tetapi masih terbentur berbagai kendala-kendala seperti batas-batas administrasi. Seperti DAS Ciliwung – Cisadane termasuk dalam 3 Propinsi (Banten, DKI Jakarta dan Propinsi Jawa Barat). Propinsi Banten mencakup 3 kabupaten/kota (Kab.

Tangerang, Kota Tangerang, Kota Tangerang Selatan); Propinsi DKI Jakarta terdiri dari 5 kota (Jakarta Utara, Jakarta Timur, Jakarta Pusat, Jakarta Barat dan Jakarta Selatan) dan Propinsi Jawa Barat terdiri dari 5 kabupaten/kota (Kab.Bekasi, Kota Bekasi, Kab. Bogor, Kota Bogor, Kota Depok).

B. Kondisi Pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane

Suganda, *et al.* (2009) menyebutkan kebijakan yang berbeda-beda antar wilayah dapat mengakibatkan penanganan DAS di satu wilayah tidak sejalan dengan penanganan di wilayah lainnya. Permasalahan yang timbul adalah bahwa sungai secara alamiah merupakan sebuah kesatuan. Namun pada kenyataannya, pengelolaannya terkotak-kotak ke dalam wilayah administratif. Pengkotakan ini menimbulkan kecenderungan perencanaan, pelaksanaan, pemanfaatan serta pengendalian tidak dilakukan secara terpadu. Berdasarkan hasil *Focus Group Discussion* atas kondisi pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim pada bulan Desember 2013 di Bogor didapatkan berbagai hal berikut: 1) Point-point diskusi yang didapatkan di Bogor adalah: a) penyusunan tataruang belum sepenuhnya mengikuti daya dukung kondisi biofisik dan peraturan perundangan yang berlaku; b) adanya perbedaan prioritas dalam penganggaran pengelolaan DAS (Daerah Aliran Sungai) antar kabupaten/kota pada suatu DAS; c) adanya perbedaan persepsi antara masyarakat dengan pemerintah, terutama tentang aspek konservasi (sebagai contoh bantuan dari pemerintah untuk mengurangi tekanan ke hutan ternyata tidak sesuai dengan keinginan masyarakat), (Alfiya, *dkk.*, 2013) ; d) hasil litbang tentang kajian tingkat serapan air di DAS Ciliwung dan sekitarnya, belum dapat diakomodir oleh Balai Pengelolaan DAS Ciliwung sebagai dasar atau masukan dalam perencanaan pengendalian dan pencegahan banjir (dari hasil kajian didapatkan bahwa tingkat resapan air oleh tanah di daerah hulu yang paling tinggi (Pramono *et al.*, 2013); e) Pengendalian hutan lindung di kawasan Puncak sulit dilaksanakan, sehingga Pemda DKI dan Pemda Bogor harus lebih sering berkoordinasi; f) Pembangunan sumur resapan di DKI (daerah hilir Sungai Ciliwung) tidak efektif (karena tingkat resapannya rendah (Pramono *et al.*, 2013); g) Dari hasil pemetaan yang dilakukan oleh Pramono , *et al.*, (2013)

pemukiman di DAS Ciliwung menempati 51,53% dari seluruh wilayah DAS. Hal ini memperlihatkan bahwa masyarakat di DAS Ciliwung tersebut merupakan asset yang dapat mempengaruhi keberhasilan pengelolaan DAS tersebut; h) diperlukan Perpres untuk penanganan satu sungai oleh satu lembaga (agar tidak ada benturan kepentingan dalam penanganan sungai, terutama sungai-sungai yang melintasi beberapa kabupaten); i) adanya usulan untuk mengkaitkan pembangunan sumur resapan dengan penerbitan IMB; j) perlu penanganan pengelolaan DAS yang berbasis masyarakat; k) perlu peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya kepedulian terhadap lingkungan; l) terjadi benturan kewenangan tentang RTRW dengan kehutanan (termasuk di dalamnya berupa penataan kawasan lindung, dengan membongkar vila-vila di daerah Puncak); dan m) Pengaturan hutan lindung yang belum jelas (perbedaan definisi kawasan lindung dengan hutan lindung harus ditetapkan dengan aturan perundangan yang jelas); 2) Ketidakjelasan Otoritas Pelaksana. Berdasarkan Tabel 1 dan FGD di atas tersebut belum terlihat pasal-pasal yang menunjukkan adanya instansi tunggal yang berwenang untuk melaksanakan peraturan perundangan yang ada, pasal-pasal yang ada baru menyebutkan kewenangan-kewenangan untuk kerjasama dan koordinasi. Implementasi hasil koordinasi tergantung pada komitmen dari masing-masing pihak/instansi lintas sektoral yang terkait. Beberapa usaha untuk melakukan koordinasi di lapangan sudah banyak dilakukan tetapi masih terbentur berbagai kendala. Hal ini disebabkan karena masing-masing pihak/instansi kurang merasa bahwa kegiatan pengelolaan kawasan tersebut bukan tanggung jawab mereka dan kurangnya perhatian terhadap kelembagaan yang akan mengeksekusi seluruh kegiatan-kegiatan yang telah diusulkan.

C. Ciri Kelembagaan Otorita

Berdasarkan hasil diskusi mengenai pencegahan banjir yang dilakukan di Padang, Sumatera Barat dan Bogor oleh Tim Puspajak, didapatkan berbagai kendala dalam koordinasi penanganan banjir antar unit di dalam maupun lintas kabupaten/kota. Instansi teknis yang terkait dengan penanganan banjir paling tidak adalah: Kehutanan, Pertanian, Pekerjaan Umum dan Lingkungan Hidup. Dalam kelima peraturan perundangan yang dicantumkan pada Tabel 1, sudah banyak diatur

tentang berbagai teknis pengurangan aliran permukaan dan juga berbagai dasar hukum yang untuk melakukan koordinasi, tetapi belum ada pasal yang menjelaskan mengenai siapa instansi pelaksana.

Dari diskusi di atas tampak bahwa perlu diusulkan suatu lembaga yang dapat menangani pengelolaan DAS atau banjir terutama yang secara administratif lintas kabupaten atau bahkan lintas propinsi. Beberapa contoh Badan Otorita yang pernah dibentuk dan terkait dengan pengelolaan suatu Daerah Aliran Sungai dapat dilihat pada Lampiran 1.

Kemendhut membentuk FORUM DAS untuk koordinasi, sementara itu Forum Multipihak DAS Ciliwung – Cisadane (*Save our Jakarta*) juga dibentuk dengan tujuan untuk menyelenggarakan pengkajian, konsultasi, koordinasi dan komunikasi untuk keterpaduan penyelenggaraan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, monitoring dan evaluasi sebagai masukan bagi para eksekutif dan legislatif di pusat maupun daerah (Anonim, 2008). Walaupun Forum ini terdiri dari berbagai pihak, tetapi pada kenyataannya belum dapat menyelesaikan persoalan yang terdapat pada DAS Ciliwung – Cisadane tersebut, karena Kedua Forum ini hanya memberi masukan kepada eksekutif dan legislatif, dan bukan sebagai pelaksana pengelolaan DAS.

Berbeda dengan beberapa contoh Badan Otorita pada Lampiran 1, Forum DAS hanya bertujuan memberi masukan untuk pelaksanaan pengelolaan DAS, sedangkan Badan Otorita mempunyai wewenang untuk melaksanakan kegiatan pengelolaan DAS. Dengan demikian pembentukan Badan Otorita DAS Ciliwung – Cisadane diharapkan dapat menjawab tantangan dalam penyelesaian masalah banjir di DAS Ciliwung – Cisadane.

D. Lesson Learned (Badan Otorita Asahan, Otorita Jatiluhur, BBS Ciliwung-Cisadane dan BPDAS Citarum-Cisadane).

1. Badan Otorita Asahan

Badan Otorita Asahan yang dibentuk sesuai Keppres No. 5/1976 bertujuan untuk mengawasi kelancaran pembangunan dan pengembangan Proyek Asahan. Proyek ini memanfaatkan air

Danau Toba untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Siguragura dan Tangga (Otorita Asahan Republik Indonesia, 2008). Tenaga listrik yang dihasilkan PLTA tersebut digunakan untuk peleburan aluminium oleh PT. Indonesia Asahan Aluminium (Inalum). Badan Otorita Asahan mempunyai masa operasional selama 30 tahun (1983 – 2013) dan bertanggungjawab langsung kepada Presiden.

Sejak akhir tahun 2013, seluruh saham PT Inalum menjadi milik Indonesia. Tugas dan fungsi Badan Otorita diambil alih oleh PT Jasa Tirta dengan Kepres 02 Tahun 2014 tanggal 22 Januari 2014. Tugas-tugas Badan Otorita saat ini hanya mengelola kawasan yang menjadi perkantoran dan fasilitas pendukung PLTA, lahan sepanjang tower mulai dari lokasi PLTA sampai lokasi peleburan aluminium (*smelter*). Sedangkan wewenang untuk mengelola kawasan DTA Toba dilimpahkan ke Perum Tirta I Malang (Komunikasi Langsung, 2014⁹). Untuk itu perlu dipikirkan mengenai keberlanjutan karyawan Badan Otorita Asahan yang telah bekerja selama 30 tahun tersebut.

2. Badan Otorita Jatiluhur

Bentuk pengelolaan waduk, PLTA dan jaringan pengairan Jatiluhur sejak dibentuk tahun 1957 sampai dengan sekarang adalah:

1) Proyek Serbaguna Jatiluhur (1957-1967)

Pembangunan Proyek Nasional Serbaguna Jatiluhur yang meliputi Bendungan Utama dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) serta sarana sistem pengairannya dinyatakan selesai pada tahun 1967. Proyek Serbaguna Jatiluhur merupakan Tahap I dari Pengembangan Sumberdaya Air di Wilayah Sungai Citarum dengan tujuan utama meningkatkan produksi bahan pangan Nasional yaitu beras.

2) Perusahaan Negara/PN Jatiluhur (1967-1970)

Agar potensi yang timbul dengan selesainya proyek PLTA Jatiluhur dapat diusahakan secara maksimal maka dibentuk Badan Usaha Negara dengan nama Perusahaan Negara (PN) Jatiluhur berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun

1967, tanggal 24 Juli 1967. Sebagai Badan Usaha, pada waktu itu PN Jatiluhur dalam usahanya dituntut untuk memperoleh keuntungan. Penyediaan air untuk pertanian yang bersifat sosial diusahakan secara komersial, sehingga pengelolaan sumber daya air menjadi tidak harmonis dan tujuan utama proyek menjadi tidak tercapai.

3) Perum Otorita Jatiluhur (1970-1988)

Untuk dapat mewujudkan pemanfaatan hasil-hasil yang dicapai secara maksimal, efektif dan efisien maka dibentuklah Perusahaan Umum Otorita Jatiluhur pada tanggal 23 Mei 1970 yang disertai tugas untuk menyelenggarakan usaha-usaha pengelolaan waduk, bendungan utama, pembangkit listrik tenaga air dan sarana irigasinya, serta pengembangan potensi wilayah lebih lanjut. Dengan dasar tersebut maka Pemerintah membentuk Perusahaan Umum dengan nama "Otorita Jatiluhur". Dengan dibentuknya Perusahaan Otorita Jatiluhur (POJ), maka Badan-Badan/Proyek-proyek dan Dinas-Dinas yang berada di wilayah pengembangannya dan yang tugas serta kewajibannya menyangkut tujuan, tugas dan lapangan usaha POJ, dilebur kedalam POJ. Badan-badan tersebut adalah Proyek Irigasi Jatiluhur (Dep. PU), Proyek Pengairan Tersier Jatiluhur (Dep. Dagri), PN. Jatiluhur (Dep. Industri) serta Dinas PU Jawa Barat-Wilayah Purwakarta (Provinsi Jawa Barat). Daerah kerja Otorita Jatiluhur ± 11.000 km², merupakan daerah kesatuan hidrologis yang mencakup daerah pengairan 21 sungai yang mengalir sepanjang daerah utara Jawa Barat, dari batas timur Daerah Khusus Ibukota Jakarta sampai dengan sungai Cilelanang dengan jumlah pengairan rata-rata tahun sebesar 12 miliar m³. Daerah pengairan 21 sungai tersebut telah dihubungkan secara buatan oleh saluran induk Tarum Barat, Tarum Utara dan Tarum Timur menjadi satu kesatuan wilayah sungai dengan satu kesatuan sistem pengelolaan air secara terpadu. Daerah kerja Perum Otorita Jatiluhur mencakup 10 kabupaten Bekasi, Purwakarta, Karawang, Subang, Bandung dan sebagian kabupaten Bogor, Cianjur, Garut, Sumedang dan Indramayu (Perusahaan Umum Otorita Jatiluhur, 2014).

4) Perum Jasatirta II (1998-sekarang)

Perum Otorita Jatiluhur dibentuk dengan Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1970, kemudian disesuaikan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1980 dan pada tahun 1990 disesuaikan lagi dengan Peraturan Pemerintah Nomor 42. Dengan terbitnya Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 1998 tentang Perusahaan Umum, maka POJ diubah dan disesuaikan dengan nama Perum Jasa Tirta II (PJT II) berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 94 Tahun 1999. Sifat usaha PJT II adalah menyediakan pelayanan bagi kemanfaatan umum dan sekaligus memupuk keuntungan berdasarkan prinsip pengelolaan perusahaan.

3. Balai Pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane

Daerah Jatiluhur yang merupakan bagian tengah dari DAS Citarum secara umum mempunyai beberapa permasalahan antara lain; 1) Beralihnya daerah kawasan lindung (hutan dan non hutan) menjadi kawasan permukiman, pertanian, peternakan, dan industri dan 2) Bertambahnya jumlah luasan lahan kritis dan lahan gundul akibat perencanaan dan pengawasan yang kurang baik (Imansyah, 2012). Sementara itu, kegiatan-kegiatan pengelolaan DAS yang terkait dengan rehabilitasi hutan dan lahan di DAS Citarum – Ciliwung yang dilaksanakan oleh Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Citarum – Ciliwung mulai dari hulu sampai hilir adalah: gerakan rehabilitasi hutan konservasi, rehabilitasi hutan mangrove, pembangunan hutan kota, reboisasi kawasan hutan dan lain-lain (BPDAS Citarum – Ciliwung, 2013).

4. Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung

Sedangkan sesuai dengan tugas pokok dan fungsinya, Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung – Cisadane melaksanakan tugas-tugas teknis seperti normalisasi kali Ciliwung, pemeliharaan saluran dan pintu air dan rehabilitasi situ. Kegiatan-kegiatan tersebut merupakan salah satu usaha untuk mengendalikan daya rusak air dan mengurangi masalah banjir. Tugas lainnya adalah membantu wadah koordinasi pengelolaan sumberdaya air pada wilayah sungai lintas propinsi dalam penyusunan rancangan pola pengelolaan sumberdaya air (Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung

– Cisadane, 2014). Dengan demikian BPDAS Citarum – Ciliwung serta Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung – Cisadane telah memiliki tugas dan tanggungjawab masing-masing yang membutuhkan koordinasi masing-masing pihak.

E. Peluang dan Tantangan Pembentukan Badan Otorita Ciliwung – Cisadane

Banjir yang selalu melanda ibukota Jakarta sejak zaman pemerintahan Belanda mengilhami terbentuknya suatu badan atau lembaga khusus (untuk mengatasi masalah banjir). Pada tahun 1965 dibentuklah Komando Proyek Banjir, kemudian berubah menjadi Proyek Pengendalian Banjir Jakarta Raya pada tahun 1984. Sejalan dengan perubahan dan kebutuhan program, pada tahun 1994, Proyek Pengendali Jakarta Raya berubah menjadi Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Ciliwung – Cisadane (PIPWSCC) (Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung – Cisadane, 2014). PIPWSCC mempunyai program pengelolaan sumberdaya air dan pengendalian banjir serta program pengembangan dan konservasi sumber air. Untuk meningkatkan kinerja dalam mengatasi banjir, pada Januari 2007 berdiri Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane dengan tugas pokok yang lebih luas, yaitu pengelolaan sumberdaya air dalam rangka konservasi sumberdaya air, pendayagunaan sumberdaya air dan pengendalian daya rusak air (Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung – Cisadane, 2014). Dalam perjalanan sampai tahun 2014, masalah banjir belum dapat diatasi secara maksimal, disebabkan oleh kekurangharmonisan berbagai kewenangan terutama kewenangan pemerintah Pusat dengan pemerintah Daerah (Komunikasi Langsung, 2014^b).

Dari *lesson learned* yang diperoleh dari Badan Otorita Asahan dan Perum Otorita Jatiluhur, BBWS Ciliwung-Cisadane dan BPDAS Citarum-Cisadane, dua hal yang perlu dipertimbangkan saat pembentukan Badan Otorita Ciliwung – Cisadane; yaitu yang berhubungan dengan keberlanjutan dari SDM yang ada serta posisi kelembagaan dari Badan Otorita tersebut dari aspek politis, ekonomi dan sosial budaya.

Berbagai peluang dan tantangan untuk pembentukan Badan Otorita Pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane dari aspek politik, ekonomi, sosial dan budaya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Peluang dan Tantangan Pembentukan Badan Otorita Pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane

Bidang	Peluang	Tantangan
Politik/Kelembagaan	Pengalaman/Lesson Learned dari : 1. Contoh kemauan Politik dari beberapa kepala daerah (Aceh, Kalteng, Papua dan Bali) 2. Kerjasama lintas yurisdiksi di Brantas 3. Otoritas Pengelolaan Teluk Balikpapan 4. Badan Kerjasama Jabodektabekjur (untuk sampah) 5. Program Daerah Aliran Sungai Ciliwung – Cisadane 6. Roadmap Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu Wilayah Sungai Citarum: perlunya restrukturasi organisasi, pengembangan kapasitas, pengembangan kebijakan dan pelaksanaan kerangka peraturan* 7. Balai Besar Wilayah Sungai Citarum** (Normalisasi DAS Citarum jadi prioritas 2013-2018) 8. Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung- Cisadane dengan salah satu tupoksi pengendalian daya rusak air pada wilayah sungai Ciliwung Cisadane.*** 9. Tim Koordinasi Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai (TKPSDA WS) Ciliwung – Cisadane**** 10. Balai Pengelolaan DAS Citarum-Ciliwung (rehabilitasi kawasan hutan dan lahan) 11. Otorita Jatiluhur 12. Otorita Asahan	Otonomi Daerah
Ekonomi	Pertumbuhan ekonomi yang meningkat	Pertumbuhan berbagai sektor yang memerlukan ruang
Sosial	Pertumbuhan penduduk	Tekanan kebutuhan lahan untuk memenuhi kebutuhan hidup
Budaya	Kearifan lokal	Pola konsumtif

Sumber: * = BAPPENAS (2010); ** = Balai Besar Wilayah Sungai
Citarum ; *** = Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung – Cisadane dan
**** = Dewan Sumberdaya Air Nasional

Berdasarkan uraian di atas kehadiran Badan Otorita diperlukan pada saat-saat suatu program menjadi strategis, mendesak dan prioritas serta memerlukan integrasi berbagai sektor untuk merealisasikannya. Selanjutnya setelah program terlaksana untuk keberlanjutannya peran otorita dapat dikurangi. Tetapi khusus untuk pengelolaan Daerah Aliran Sungai Ciliwung – Cisadane mengingat faktor sosial, ekonomi dan politik khususnya dimasa otonomi daerah saat ini yang semakin dinamis, kehadiran Badan Otorita untuk mengelola Daerah Aliran Sungai perlu dipertimbangkan.

F. Visi dan Misi

Untuk mewujudkan pembentukan lembaga otorita yang ideal, kerangka kebijakan kebijakan Otorita Pengelolaan DAS Ciliwung-Cisadane yang dapat diusulkan adalah sebagai berikut.

- | | | |
|-------------|---|---|
| Visi | : | DAS Ciliwung – Cisadane Lestari menjadikan masyarakat Jabodetabek nyaman dan sejahtera. |
| Misi | : | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengelola sumberdaya hutan di hulu secara lestari 2. Mengelola sumberdaya air secara adil 3. Mengurangi daya rusak air |
| Nilai-nilai | : | Peduli, Berbudaya dan Inovatif |
| Kebijakan | : | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pemanfaatan kawasan hutan /lahan dan air yang berlandaskan hukum. 2. Pemanfaatan hutan yang yang berorientasi ekonomis dan sosial 3. Pemanfaatan yang sesuai potensi dan inovatif |
| Program | : | <ol style="list-style-type: none"> 1a. Integrasi perangkat hukum b. Harmonisasi tataruang di tingkat lapangan 2a. Pemanfaatan hutan yang berlandaskan kebutuhan jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang 2b. Peningkatan keterlibatan masyarakat secara proaktif dalam mengelola kawasan hutan |

	3a.	Pemanfaatan teknologi konservasi tanah dan air
	3b.	Pemanfaatan hutan yang rasional dan kreatif yang berbasis iptek
Tugas-tugas	:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merencanakan, melaksanakan, monitoring dan evaluasi program-program di atas 2. Memfasilitasi, menjamin, memelihara dan mengkoordinasikan semua instansi terkait yang terdapat dalam wilayah kerjanya 3. Memastikan seluruh kegiatan yang sudah ditetapkan dengan peraturan perundangan yang ada
Wewenang	:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengadakan hubungan dengan semua instansi pemerintah baik di tingkat pusat maupun daerah serta pihak lainnya yang berhubungan dengan pencegahan banjir dan pemanfaatan sumberdaya hutan dan lahan. 2. Mengkoordinasikan kegiatan-kegiatan pejabat dari instansi pemerintah yang ditugaskan untuk pengelolaan sumberdaya air dan hutan/lahan, pihak swasta, BUMN/BUMD dan Lembaga-lembaga masyarakat.
Anggaran	:	APBN dan sumber dana lainnya yang resmi
Wilayah kerja	:	<p>3 Propinsi (DKI, Banten dan Jawa Barat); 13 kabupaten/kota (Kabupaten Tangerang, Kota Tangerang, Kota Tangerang Selatan, Kabupaten Bekasi, Kabupaten Bogor, Kota Bekasi, Kota Bogor, Kota Depok, Kota Jakarta Barat, Kota Jakarta Utara, Kota Jakarta Pusat, Kota Jakarta Timur, Kota Jakarta Selatan).</p> <p>15 DAS (DAS Cimanceuri, DAS Ciranggon, DAS Cileleus, DAS Cimauk, DAS Cirarab, DAS Ciasin, DAS Cisadane, DAS Cikapadlan, DAS Angke, DAS Krukut, DAS Ciliwung, DAS Sunter, DAS Cakung, DAS Blencong, DAS Bekasi) dengan jumlah luas wilayah sungai 5.293,01 km²</p>

IV. KESIMPULAN

Peluang pembentukan Badan Otorita terletak pada pengalaman di lokasi lain (Otorita Asahan dan Otorita Jatiluhur dan lain-lain), adanya peraturan perundangan yang mendukung, adanya SDM yang mencukupi dan dana yang tersedia. Tantangan yang dihadapi antara lain adalah kebijakan otonomi daerah yang tidak didasarkan pada batas-batas kesatuan suatu Daerah Aliran Sungai, perubahan sosial ekonomi seperti perubahan mata pencaharian dari berbasis agraris menjadi berbasis industri yang membutuhkan perubahan kawasan penutupan vegetasi/hutan dan perubahan iklim. Penetapan visi, misi, tugas-tugas, tanggungjawab, wewenang dan pembiayaan merupakan satu kesatuan yang perlu mendapat perhatian dalam pembentukan Badan Otorita untuk pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane dan sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alviya, I., R. Maryani, E.Y. Suryandari. 2013. Analisis Persepsi Multipihak Terhadap Lanskap Hutan. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Litbang Perubahan Iklim dan Kebijakan. Bogor (tidak diterbitkan)
- Bappenas. 2010. Roadmap Untuk Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu Wilayah Sungai Citarum. Direktorat Pengairan dan Irigasi BAPPENAS.
- Anonim. 2008. Forum Multipihak DAS Ciliwung – Cisadane (Save Our Jakarta).
<http://saveourjakarta.blogspot.com/2008/07/forum-multipihak-das-ciliwung-cisadane.html>. Diakses tanggal 18 Agustus 2014
- Balai Pengelolaan DAS Citarum – Ciliwung. 2013. Statistik BPDAS Citarum – Ciliwung 2013.
- Dewan Sumberdaya Air Nasional. 2013. Pengelolaan Air Perlu Koordinasi Agar Keberadaannya Tetap Lestari, TKPSDA WS Ciliwung – Cisadane Dikukuhkan.
http://www.dsda.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=517:tkpsda-ws-ciliwung-cisadane-

- [dikukuhkan&catid=38:berita-dewan&Itemid=29](#) Diakses tanggal 27 Agustus 2014.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2014. Balai Besar Wilayah Sungai Citarum. Ditjen Sumberdaya Air. Jakarta. <http://bbwscitarum.com/author/admincitarum/page/3/>. Diakses tanggal 27 Agustus 2014
- Imansyah, M.F. 2012. Studi Umum Permasalahan dan Solusi DAS Citarum Serta Analisis Kebijakan Pemerintah. Jurnal Sosial Teknologi Edisi 25, Tahun 11. Hal 17-31 http://journal.fsrđ.itb.ac.id/jurnal-desain/pdf_dir/issue_3_11_25_3.pdf. Diakses tanggal 27 Agustus 2014.
- Knudson, Tom, and Nancy Vogel. 2005 . "The Gathering Storm Part II, Bad Land-Use Policies invite a catastrophe. How Urbanization Affects the Water Cycle "The Sacramento Bee 24 Nov 1997. 21 Jul 2005 www.sacbee.com/static/archive/news/projects/gathering_storm/floodplains.html. dalam Emily Ruby 2000.
- Karyana, A. 2013. Kunci Utama Dalam Pengelolaan DAS. Bunga Rampai III Konservasi Tanah dan Air. Pengurus Pusat Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia. Hal; 49-59
- Keputusan Presiden Nomor 12 Tahun 2012 tentang Penetapan Wilayah Sungai.
- Kementerian Kehutanan. 2008. Kerangka Kerja Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Amanah Instruksi Presiden No. 5 tahun 2008 tentang Fokus Program Ekonomi 2008-2009. <http://www.scbfwm.org/> Diakses tanggal 19 Agustus 2014
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2008. Profil Balai Besar Wilayah Sungai Citarum. Ditjen Sumberdaya Air. Jakarta. <http://www.pu.go.id/uploads/services/2011-11-30-11-26-55.pdf>. Diakses tanggal 27 Agustus 2014.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. Profil Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane. Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Sumberdaya Air. Jakarta
- Komunikasi Langsung. 2014 (29 Agustus 2014^a). Tugas Pokok dan Fungsi Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung – Cisadane. Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Sumberdaya Air. Jakarta.

- Komunikasi Langsung. 2014 (29 Agustus 2014^b). Tugas Pokok dan Fungsi Otorita Asahan. Badan Kerjasama Penanaman Modal/Kementerian Perdagangan. Jakarta.
- Otorita Asahan Republik Indonesia. 2008. <http://www.otorita-asahan.go.id/> Diakses tanggal 19 Agustus 2014
- Portal Nasional Republik Indonesia. 2014. Perum Jasa Tirta II. <http://www.indonesia.go.id/in/bumn/perum-jasa-tirta-ii/428.html>. Diakses tanggal 28 Agustus 2014.
- Paimin, Pramono, I.B., Purwanto dan Indrawati, D.R. 2012. Sistem Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Puslitbang Konservasi dan Rehabilitasi. 100 hal.
- Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan DAS
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 tentang pemanfaatan air hujan
- Pramono, I.B. 2014. Sebaran Tingkat Peresapan Air di DAS Ciliwung. Draft Journal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Puslitbang Konservasi dan Rehabilitasi. Badan Litbang Kehutanan. Bogor
- Suganda, S; Y.A.Yatmo dan A. Atmodiwirjo. 2009. Pengelolaan Lingkungan dan Kondisi Masyarakat Pada Wilayah Hilir Sungai. Makara, Sosial Humaniora, Vol.13 Nomor 2 tahun 2009. hal: 143-153. Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
<http://journal.ui.ac.id/index.php/humanities/article/viewFile/255/251> Diakses tanggal 25 Agustus 2014.
- Siswanto, 2010. Sistematis Review Sebagai Metode Penelitian Untuk Mensistensis hasil-Hasil Penelitian (Sebuah Pengantar). Buletin Penelitian Sistem Kesehatan Vol.13 No.4. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sistem dan Kebijakan Kesehatan. Badan Litbang Kesehatan, Kementerian Kesehatan. Surabaya. Hal: 326-333
- State of Alabama. 2013. Choctawhatchee, Pea and Yellow Rivers Watershed Management Authority
http://www.cpyrwma.alabama.gov/pages/history_page.asp
- Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air
Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Tata Ruang

Lampiran 1. Beberapa Ciri-ciri bentuk Badan kelembagaan Otorita yang mengelola Daerah Aliran Sungai dan sejenisnya.

Nama Lembaga/Legalitas	Tahun berdiri	Wilayah Kerja	Visi/Misi/Tujuan	Tupoksi	Wewenang
Badan Otorita Pengembangan serta Badan Pembina Pusat Listrik Tenaga Air dan Peleburan Aluminium Asahan	Kepres Nomor 5 tahun 1976	Propinsi Sumatera Utara (Kabupaten Tapanuli Utara, Tobasa, Humbang, Karo, Simalungun, Dairi, Pakpak, Batubara ,Kota Tanjung Balai dan Asahan (10 kabupaten/ kota) Dalam wilayah DTA Toba dan DAS Asahan.	Tujuan : Menjamin dan memastikan kelancaran pembangunan Proyek Asahan serta pengembangannya sesuai dengan kesepakatan yang ada dalam Perjanjian Induk	Menjamin pembangunan dan pengembangan jangka panjang semua kegiatan (Pembangunan PLTA, Pabrik Peleburan Aluminium) supaya berjalan lancar dan tertib.	a. Badan Pembina, mengkoordinasikan kebijakan terkait sektor lain dan memberikan bimbingan dan petunjuk kepada Badan otorita. b. Badan otorita berwenang untuk mengadakan hubungan dengan semua instansi pemerintah baik pusat, daerah maupun pihak ketiga yang berhubungan dengan pembangunan dan pengembangan proyek Asahan
Otorita Pengembangan Industri Pulau Batam	1. Kepres No. 41 tahun 1973 2. UU Nomor 44 tahun 2007 menetapkan Batam, Bintan dan Karimun sebagai	Batam, Bintan dan Karimun (3 pulau)	Visi: Menjadi Pengelola Kawasan Tujuan Investasi Terbaik di Asia Pasifik. Misi: (1) menyediakan Jasa Kepelabuhan Kelas Dunia; (2) menjadikan Kawasan Investasi yang Berdaya Saing Internasional	Pertumbuhan Ekonomi	P.Batam dan sekitarnya

Nama Lembaga/Legalitas	Tahun berdiri	Wilayah Kerja	Visi/Misi/Tujuan	Tupoksi	Wewenang
	kawasan perdagangan bebas dan pelabuhan bebas (Free Trade Zone) 3.Peraturan Pemerintah Nomor 46 tahun 2007 Badan Pengusahaan Batam.		dan (3) menyediakan Sumber Daya Organisasi yang Profesional		
Perum Otorita Jatiluhur/Perum Jasa Tirta II	1970-1998/1998- skrg	Wilayah Kerja Perum Jasa Tirta II mencakup 74 sungai dan anak-anak sungainya yang menjadi satu kesatuan hidrologis di Jawa Barat bagian Utara. Daerah kerja Perum Jasa Tirta II berada di Wilayah Sungai Citarum dan sebagian Wilayah Sungai Ciliwung – Cisadane meliputi daerah seluas ±12.000 km ² .	Visi : Terwujudnya perusahaan yang terkemuka dan berkualitas dalam Pengelolaan Air dan Sumber Daya Air untuk memberikan pelayanan terbesar dalam penyediaan air untuk berbagai kebutuhan dan sumbangan terhadap ketahanan pangan Nasional. Misi: a.Penyediaan air baku untuk air minum, listrik, pertanian, industri,pelabuhan,	Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang ditugasi untuk menyelenggarakan pemanfaatan umum atas air dan sumber-sumber air yang bermutu dan memadai bagi pemenuhan hajat hidup orang banyak, serta melaksanakan tugas-tugas tertentu yang diberikan	Wilayah pelayanan Perum Jasa Tirta II pada 2 (dua) Provinsi, yaitu : Provinsi Jawa Barat dan DKI Jakarta yang mencakup sebagian Kota Jakarta Timur, Kotamadya Bekasi, Kabupaten Bekasi, Kabupaten Karawang, Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Subang, sebagian Kabupaten Indramayu, sebagian

Nama Lembaga/Legalitas	Tahun berdiri	Wilayah Kerja	Visi/Misi/Tujuan	Tupoksi	Wewenang
			<p>penggelontoran, dan kebutuhan lainnya b.Pembangkitan dan penyaluran listrik tenaga air c.Pengembangan Kepariwisata dan Pemanfaatan Lahan d.Mempertahankan ketahanan pangan melalui penyediaan air pertanian dan pengendalian bahaya banjir dengan upaya pelestarian perlindungan lingkungan melalui pemberian informasi, rekomendasi dan penyuluhan e.Memaksimalkan laba dan memupuk keuntungan berdasarkan prinsip bisnis untuk terjaminnya kelestarian asset negara dan kesinambungan pelayanan kepada masyarakat</p>	Pemerintah dalam pengelolaan daerah aliran sungai (DAS).	Kabupaten Sumedang, Kota Bandung dan Kabupaten Bandung, Kota Cimahi, sebagian Kabupaten Cianjur dan sebagian Kabupaten Bogor
Otorita the Choctawhatchee-Pea Rivers Watershed Management	legislative State Alabama meloloskan undang-undang/Aturan	Luas 2.380.000 are; terdapt dalam 10 lintas adminstrasi kota (county) Barbour, Bullock, Coffee, Covnton, Crenshaw, Dale, Geneva, Henry, Houston and Pike	Membangun,melaksanakan rencana dan program yang berhubungan dengan manajemen sumber air untuk warganegara dalam kawasan DAS	Konservasi dan penggunaan air, mengontrol banjir, erosi, polusi air, perlindungan kehidupan liar,	

Nama Lembaga/Legalitas	Tahun berdiri	Wilayah Kerja	Visi/Misi/Tujuan	Tupoksi	Wewenang
Authority di Alabama,USA	(Act No.91-602) tahun 1991		Choctawhatchee, Pea and Yellow Rivers untuk menjamin penggunaan sumber air secara bijak, tepat sasaran dan menjamin kebutuhan untuk generasi mendatang.	perlindungan pertanian dan hutan tanaman.	

PENGARUH BESARNYA ENERGI KINETIK TERHADAP EROSIVITAS PADA SUB DAS KOMERING HULU¹

Oleh :

Dinar Dwi Anugerah Putranto^a, Sarino^a, Agus Lestari Yuono^a, Satria
Jaya Priatna^b

^{a)}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UNSRI, dwianugerah@yahoo.co.id,
Jl. Raya Inderalaya, Km. 32, Inderalaya

^{b)}Fakultas Pertanian, UNSRI, Jl. Raya Inderalaya Km.32, Inderalaya

ABSTRAK

Parameter yang berkaitan dengan curah hujan dan kehilangan tanah adalah erosivitas, kaitannya adalah dalam kemampuan hujan untuk mengelupas partikel tanah. Erosivitas selalu dihitung dalam bentuk energi curah hujan yang jatuh ke atas permukaan bumi, yaitu setengah waktu masa partikel persatuan luas kecepatan partikel hujan. Formula USLE dan RUSLE yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1958) menggunakan EI_{30} , yang mengkombinasikan Intensitas hujan selama 30 menit, dan akan menghasilkan energi untuk dapat melepaskan partikel tanah persatuan luas.

Untuk memperoleh energi maksimum pada penelitian ini, dikembangkan hubungan antara Intensitas curah hujan dengan Energi kinetik (EK dan I) berdasarkan kondisi wilayah DAS. Penggunaan persamaan kombinasi yang berbeda, dipengaruhi oleh kondisi regional dan estimasi hasil perhitungan curah hujan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan hubungan antara Energi Kinetik dengan Intensitas curah hujan ($EK - I$) dan antara Momentum dengan Intensitas Curah Hujan ($M-I$) pengaruhnya terhadap besarnya erosivitas pada DAS Komering bagian hulu.

¹ Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

Metode yang digunakan adalah dengan mengintegrasikan energi kinetik dan mometum dalam momen distribusi ukuran curah hujan yang jatuh ke atas permukaan bumi (Waldvogel, 1974; Testud et al., 2000; Tokay et al., 2001; Fox, 2004; Chapon et al., 2008; Uijlenhoet and Stricker, 1999).

Energi Kinetik maksimum diperoleh sebesar $7,79 \times 10^{-3}$ MJ mm/ha/jam/tahun. Dengan Intensitas hujan 85,41 mm/jam. Keterhubungan terbaik antara Energi Kinetik dengan curah hujan diperoleh $E_k = 5,94 I^{1,37}$ dengan $R^2 = 0,96$. Korelasi antara $M - I$ adalah 0,93. Pada kasus sub DAS Musi bagian hulu, Energi kinetik dan momentum, saling mempengaruhi yang mengindikasikan terjadinya erosi.

Kata Kunci : Energi Kinetik, Intensitas curah hujan, Momentum, erosivitas

1. Latar Belakang

Erosivitas adalah proses yang dipengaruhi oleh curah hujan untuk mengelupas partikel tanah, yang berkaitan dengan *run-off* dan kehilangan tanah dan merupakan faktor penting untuk menghitung proses erosi (Ferro et al., 1991; Mannaerts dan Gabriels, 2000; Salles dan Poesen, 2000). Erosivitas dapat diekspresikan sebagai bentuk Momentum M (Kecepatan massa Partikel) atau bentuk energi kinetik (E_k , setengah waktu masa partikel dari kecepatan). Salles dan Poesen (2000) menyatakan bahwa momentum adalah variable terbaik untuk mendeskripsikan kejadian erosi. Dalam pendapat berbeda, Hudson (1971) menunjukkan bahwa momentum dan Energi Kinetik mempunyai keterhubungan yang sama dengan intensitas hujan. Brodie dan Rosewell (2007) menunjukkan bahwa energi kinetik dan momentum secara praktis saling bergantian dalam estimasi penghanyutan partikel tanah dan Morgan (2005) menyatakan bahwa energi kinetik lebih sesuai untuk mengekspresikan erosivitas yang disebabkan oleh curah hujan. Dalam kata lain, beberapa model erosi, seperti RUSLE (Renard

et al, 1997), SLEMSA (Elwell, 1978), EUROSEM (Morgan et al, 1988) atau LISEM (De Roo et al, 1996), menggunakan energy kinetic sebagai parameter untuk mengekspresikan erosivitas. Untuk mengukur energy kinetic secara langsung diperlukan hubungan dengan Intensitas hujan (I , Fornis et al, 2005).

Energi Kinetik dari curah hujan dapat diekspresikan dengan dua cara (Kinnel, 1981), yaitu energy kinetic yang bersumber dari curah hujan dalam waktu tertentu ($EK_{time}, J\ m^{-2}\ h^{-1}$) dan besarnya energy kinetic curah hujan per unit curah hujan dengan volume tertentu ($EK\ mm\ J\ m^{-2}\ mm^{-1}$). Korelasi antara EK dan I ditunjukkan oleh Salles et al (2002) dengan mengukur jatuhnya curah hujan dalam periode waktu yang pendek tanpa memperhatikan pengamatan secara *real time*.

Penggunaan berbagai studi tentang besarnya pengaruh intensitas hujan terhadap besarnya energi yang ditimbulkan untuk memprediksi terjadinya erosi dan arah pengendapan yang mungkin terjadi, coba diterapkan untuk menganalisis kondisi erosivitas di sub DAS Komerling bagian hulu. Persamaan energi yang digunakan mengadopsi persamaan USLE dan RUSLE (Wischmeir dan Smith, 1958) dengan menggunakan kekuatan energy (E) dalam jangka waktu maksimum Intensitas hujan 30 menit (I_{30}) untuk periode ulang 2 Tahun. Untuk memperoleh kuat energy E , diaplikasikan keterhubungan antara Intensitas hujan dengan Energi kinetic $EK - I$.

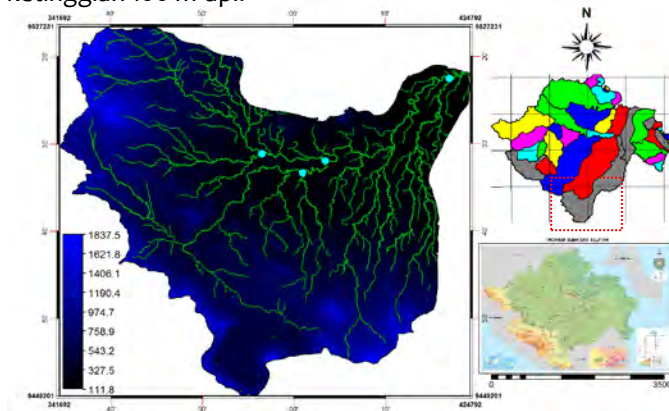
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan hubungan $EK - I$ dan $M - I$ pada sub DAS Komerling bagian hulu dan untuk memperoleh parameter momentum, atau energy kinetic yang terbaik untuk memprediksi erosivitas di sub DAS Komerling Bagian hulu.

2. Metodologi

2.1. Wilayah studi

Wilayah studi adalah Sub DAS Komerling, bagian hulu, yang merupakan bagian dari empat belas sub DAS Musi bagian hulu dan tengah wilayah DAS Musi. Secara geografis sub DAS Musi bagian hulu terletak pada

koordinat $103^{\circ} 34' 26''$ – $104^{\circ} 19' 15''$ Bujur Timur dan diantara $4^{\circ} 16' 22''$ – $4^{\circ} 58' 51''$ Lintang Selatan (Gambar 1). Luas sub DAS Komering bagian hulu adalah 3.904 Km² yang membentang dari hulu sub DAS, yaitu Danau Ranau hingga bagian hilir di desa Martapura (Kecamatan Martapura) Oku Timur, dengan panjang sungai utama kurang lebih 112 Km. Ketinggian rata-rata sub DAS Komering bagian hulu, daerah tertinggi adalah 1.875 m dpl dan yang paling rendah berada pada ketinggian 100 m dpl.



Gambar 1. Ketinggian wilayah sub DAS Komering Bagian Hulu

2.2. Data

Data curah hujan diperoleh dari stasiun pengamatan Banding Agung (Oku Selatan) pada ketinggian 700 m dpl dan stasiun Belintang (OKU Timur) dengan ketinggian 100 m dpl untuk periode waktu pengamatan selama 12 Tahun (2001 – 2013). Sementara untuk kemiringan lereng diperoleh dari analisis DEM dengan menggunakan data ketinggian (kontur) yang diperoleh dari Shuttle Radar Topography Mission digital Elevation Model (SRTM) dengan resolusi 25 m, dari Balai DAS Musi, Provinsi Sumatera Selatan (2013). Kemiringan lereng diperoleh dengan menganalisis pembentukan Digital Terrain Model (DTM) dengan ukuran pixel 25 m. Data penggunaan lahan, jenis tanah dan data lainnya dalam skala 1 : 50.000 diinterpretasi dari citra ETM + 8 (2013) dengan resolusi 30 m yang diperoleh dari Balai DAS Musi, Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Selatan.

2.3. Metode

2.3.1. Intensitas hujan

Untuk menentukan intensitas hujan berdasarkan hujan jangka pendek, maka dibuat kurva *IDF* (*Intensity-Duration-Frequency Curve*) untuk masing masing metode yaitu : Talbot, Sherman dan Ishiguro yang kemudian dilakukan uji kesesuaian untuk dipilih yang paling mendekati dari kondisi dilapangan (Yuono, 2014).

Untuk menghitung intensitas hujan menggunakan persamaan Talbot, persamaannya adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t + b}$$

(pers. 1)

$$a = \frac{[I.t][I^2] - [I^2.t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

(pers. 2)

$$b = \frac{[I][I.t] - N[I^2.t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

(pers. 3)

dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a dan b = konstanta

$[]$ = jumlah angka-angka dalam tiap suku

N = banyaknya data

Untuk menghitung intensitas hujan menggunakan persamaan Sherman, persamaannya adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (\text{pers. 4})$$

$$\log a = \frac{[\log I][(\log t)^2] - [\log t \cdot \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]} \quad (\text{pers. 5})$$

$$n = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \cdot \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]} \quad (\text{pers. 6})$$

dimana :

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- t = lamanya hujan (jam)
- n = konstanta
- $[]$ = jumlah angka-angka dalam tiap suku
- N = banyaknya data

Untuk menghitung intensitas hujan menggunakan persamaan Ishiguro, persamaannya adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$

$$a = \frac{[I \cdot \sqrt{t}][I^2] - [I^2 \cdot \sqrt{t}][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[I][I \cdot \sqrt{t}] - N[I^2 \cdot \sqrt{t}]}{N[I^2] - [I][I]}$$

dimana :

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- t = lamanya hujan (jam)
- a dan b = konstanta
- $[]$ = jumlah angka-angka dalam tiap suku
- N = banyaknya data

2.3.2. Distribusi Curah Hujan

Distribusi curah hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah distribusi

Gumbel dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = b + \frac{1}{a} K_{tr}$$

$$a = \frac{S_n}{S}$$

$$b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n}$$

$$C_s = G \approx 1.4 ; C_k = 5.4$$

dengan :

X_t = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

K_{tr} = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variat

S = deviasi standar

a, b = konstanta

S_n = *Reduced standart deviation*

Y_n = *Reduced mean*

2.4. Energi Kinetik

Hubungan antara EK dan I , ditunjukkan dengan persamaan (Wischmeir dan Smith, 1978)

$$EK_{time} = c I EK \text{ mm}$$

(pers. 13)

$$E = R \cdot (11,9 + 8,7 \cdot \log(I))$$

(pers. 14)

dimana I adalah intensitas hujan dan c adalah bilangan konstan

Energi kinetik dari intensitas hujan diekspresikan dalam bentuk volume atau waktu, momentum curah hujan. Untuk memprediksi erosi diekspresikan dalam bentuk area MA ($kg\ m\ s^{-1}\ m^{-2}$), waktu Mt ($Kg\ m\ s^{-1}\ s^{-1}$), atau sebagai fluktuasi momentum MtA , yang mana adalah besarnya momentum per unit area dan waktu ($kg\ m\ s^{-1}\ m^{-2}\ s^{-1}$ atau $N\ m^{-2}$).

$$M_t = d\ I^f$$

(pers. 15)

$$M_A = g\ I$$

(pers. 15)

dimana d , g , f adalah koefisien empiric (Brodie dan Roswell, 2007; Nanko et al, 2008)

2.4.1. Estimasi besarnya tanah yang terkelupas

Terkelupasnya tanah adalah fungsi dari indeks kehilangan tanah yang didefinisikan sebagai bobot kehilangan tanah dari masa tanah per unit energi curah hujan (Testud et al, 2000; Tokay et al, 2001; Fox, 2004; Chapon, 2008)

$$F = K (E^{**} e^{(-0,05 \cdot A)}) 1,0 \cdot 10^{-3}$$

(pers. 16)

dimana F adalah rata-rata kehilangan tanah Kg/m^2 . K adalah indexs kehilangan tanah dan A adalah prosentase curah hujan yang berkontribusi terhadap intensitas hujan tersebut.

2.4.2. Overland Flow

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan peta yang mengindikasikan volume *overland flow*. Overland flow (Q) dipengaruhi oleh moisture storage capacity (MS) dari permukaan tanah yang dapat diturunkan dari kemampuan lahan. Dipengaruhi juga oleh *Bulk Density* tanah (BD) dan kedalaman perakaran (RD) dari variasi penggunaan

lahan yang ada, serta rasio evapotranspirasi aktual (ET/Eto), .Rata-rata curah hujan Tahunan (R) dan banyaknya hujan harian (Rn).

$$Q = R \exp(-R_c/R_o) \quad (\text{pers. 17})$$

dimana,

$$R_c = 1000 * MS * BD * RD * (Et/Eo)^{0.5} \quad (\text{pers. 18})$$

$$R_o = R/R_n \quad (\text{pers. 19})$$

2.4.3. Estimasi Transport Capacity

Kapasitas *transport Overland flow* (G), dipengaruhi oleh volume *overland flow* (Q) manajemen pengelolaan lahan (c) dan faktor kemiringan lereng (S).

$$G = C * Q^{2.0} * \sin(S * 10^{-3}) \quad (\text{pers. 20})$$

2.5. Estimasi Erosi Tanah

Estimasi kehilangan tanah dihitung dari *transport capacity overland flow* (G) dan Estimasi terkelupasnya tanah (F). Jika *transport capacity* lebih tinggi dari harga terkelupasnya tanah, nilai terkelupasnya tanah akan dianggap sebagai kehilangan tanah. Dengan cara yang sama, apabila nilai terkelupasnya tanah lebih tinggi dari *transport capacity* dari *overland flow*, nilai *transport capacity* akan disamakan dengan kehilangan tanah.

3. Hasil dan Pembahasan

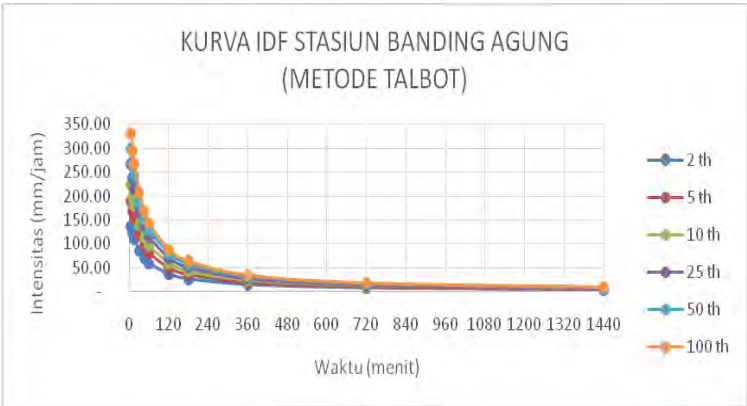
3.1. Intensitas hujan wilayah studi

Dari hasil perhitungan dan uji kesesuaian intensitas hujan berdasarkan curah hujan jangka pendek, maka persamaan Talbot merupakan persamaan yang paling mendekati kondisi dilapangan. Hasil hitungan intensitas selengkapnya adalah sebagai berikut :

- a. Sub DAS Komerling

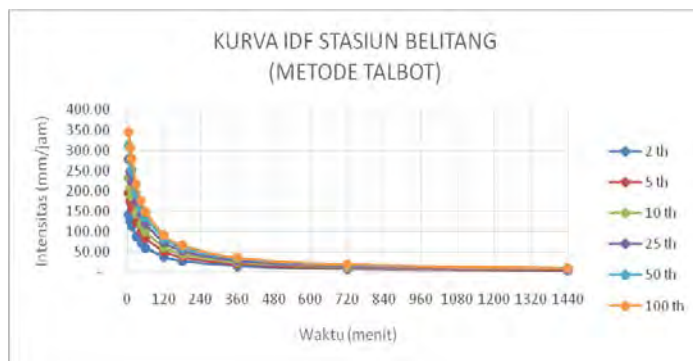
(1) Stasiun Banding Agung

No	t (menit)	I-2	I-5	I-10	I-25	I-50	I-100
1	5	136.72	188.77	223.23	266.77	299.07	331.14
2	10	122.06	168.52	199.29	238.16	267.00	295.62
3	15	110.23	152.20	179.98	215.09	241.13	266.99
4	30	85.41	117.93	139.46	166.66	186.84	206.87
5	45	69.72	96.25	113.83	136.03	152.50	168.85
6	60	58.89	81.31	96.16	114.91	128.82	142.63
7	120	36.33	50.16	59.32	70.89	79.47	87.99
8	180	26.27	36.27	42.89	51.25	57.46	63.62
9	360	14.35	19.81	23.42	27.99	31.38	34.75
10	720	7.52	10.38	12.28	14.67	16.45	18.21
11	1440	3.85	5.32	6.29	7.52	8.43	9.33



(2) Stasiun Belintang

No	t (menit)	I-2	I-5	I-10	I-25	I-50	I-100
1	5	140.66	195.42	231.67	277.48	311.46	345.19
2	10	125.57	174.46	206.82	247.72	278.05	308.17
3	15	113.41	157.56	186.79	223.72	251.12	278.32
4	30	87.87	122.08	144.73	173.35	194.57	215.65
5	45	71.72	99.64	118.13	141.49	158.81	176.02
6	60	60.59	84.17	99.79	119.52	134.16	148.69
7	120	37.38	51.93	61.56	73.73	82.76	91.73
8	180	27.02	37.54	44.51	53.31	59.84	66.32
9	360	14.76	20.50	24.31	29.12	32.68	36.22
10	720	7.74	10.75	12.74	15.26	17.13	18.99
11	1440	3.96	5.51	6.53	7.82	8.78	9.73



3.2. Keterhubungan EK-I dan M-I

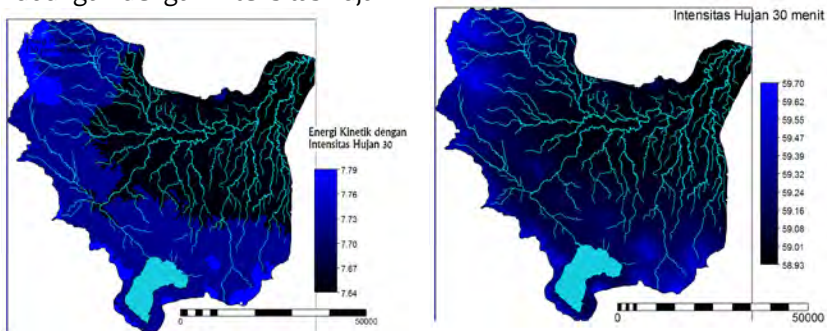
Pada wilayah sub DAS Komering bagian hulu, curah hujan harian yang diperoleh dari dua stasiun pengamatan menunjukkan intensitas yang tidak merata, namun intensitas yang tinggi mempunyai potensi untuk memproduksi erosi. Untuk kejadian hujan hari yang sama, tidak akan berpengaruh apabila waktu terjadinya tidak lebih dari 30 menit. Dari hasil perhitungan, intensitas hujan yang sesuai untuk saat ini adalah

intensitas hujan 30 menit untuk periode ulang dua tahun ($I_{30} K_2$). Hubungan terbaik antara Momentum (M_{tA}) dan Intensitas hujan ($M-I$) di wilayah sub DAS Komering bagian hulu adalah dengan coefisin corelasi :

$$M_{tA} = 0,93 I^{1,18}$$

$$R^2 = 0,98$$

Fluktuasi Momentum (M_{tA}) dan energi kinetik dikorelasikan menghasilkan R^2 rendah, 0,29. Sementara korelasi antara EK_{time} dan M_{tA} dihasilkan dalam $R^2 = 0,99$ dimana keduanya mempunyai hubungan dengan Intensitas hujan.

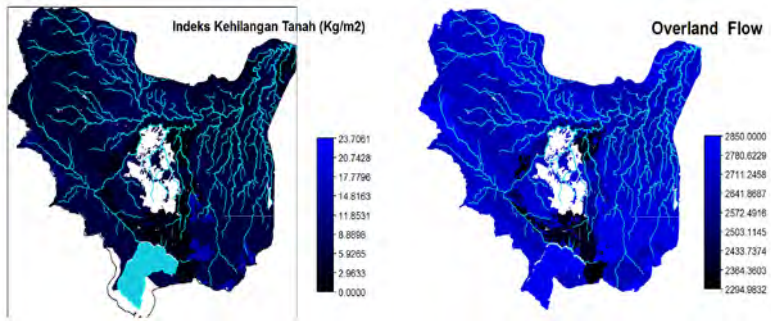


Gambar 2. Intensitas hujan (I_{30}) wilayah sub DAS Komering bagian hulu untuk periode ulang 2 tahun dan Energi Kinetik yang ditimbulkan.

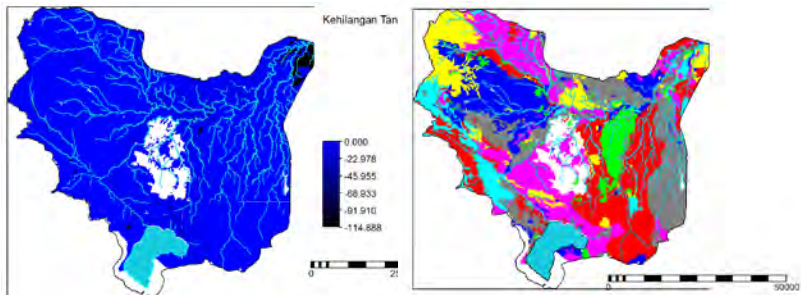
3.3. Erosivitas curah hujan

Erosi menyebabkan kehilangan tanah, bahaya bagi pertanian, infrastruktur dan polutan air. Perubahan dalam pola curah hujan akan mempengaruhi terjadinya erosi. Parameter utama yang berkaitan dengan kehilangan tanah untuk erosi curah hujan adalah erosivitas. Memetakan erosivitas penting untuk mendeteksi area yang mungkin akan terjadi erosi untuk tujuan manajemen dan konservasi lahan.

Erosivitas bulanan tertinggi untuk periode 12 tahun adalah bulan Desember dengan Curah hujan mencapai 306 mm. Sementara erosivitas terendah terjadi pada bulan Agustus, dengan curah hujan 177 mm.



Gambar 3. Estimasi kehilangan tanah dan overland flow sub DAS Komerung hulu



Gambar 4. Estimasi Kehilangan tanah per Land use dan estimasi kehilangan tanah per unit tanah

4. Kesimpulan

- Keterhubungan antara Energi kinetik dan Intensitas curah hujan yang terbaik adalah $EK_t = 5,94 I^{1,37}$ dengan $R^2 = 0,96$. Sementara korelasi antara $M - I$ adalah 0,93.
- Energi Kinetik maksimum diperoleh sebesar $7,79 \times 10^{-3} \text{ MJ mm/hajam/tahun}$. dengan Intensitas hujan 85,41 mm/jam
- Erosivitas bulanan tertinggi untuk periode 12 tahun adalah bulan Desember dengan Curah hujan mencapai 306 mm. Sementara erosivitas terendah terjadi pada bulan Agustus, dengan curah hujan 177 mm.
- Curah hujan di sub DAS Komerung Hulu dipengaruhi oleh faktor ketinggian, dimana nilai erosivitas yang tinggi

terjadi pada elevasi 750 m dengan kemiringan lereng antara 28° - 33° dan jenis tanah berbutir pasir menyebabkan area tersebut mudah terjadi erosi

DAFTAR PUSTAKA

- Atlas, D., Ulbrich, C.W., 1977. Pathandareaintegrated rainfall measurement by microwave attenuation in the 13 cm band. *Journal of Applied Meteorology* 16, 1322–1331
- Brodie, I., Rosewell, C., 2007. Theoretical relationships between rainfall intensity and kinetic energy variants associated with stormwater particle washoff. *Journal of Hydrology* 340, 40–47.
- Chapon, B., Delrieu, G., Gosset, M., Boudevillain, B., 2008. Variability of rain drop size distribution and its effect on the ZR relationship: A case study for intense Mediterranean rainfall. *Atmospheric Research* 87, 52–65.
- De Roo, A.P.J., Wesseling, C.G., Ritsema, C.J., 1996. LISEM: A singleevent physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins. I: Theory, input and output. *Hydrological Processes* 10, 1107– 1117.
- Elwell, H., 1978. Modelling soil losses in Southern Africa. *Journal of Agricultural Engineering Research* 23, 117 – 127.
- Fornis, R.L., Vermeulen, H.R., Nieuwenhuis, J.D., 2005. Kinetic energyrainfall intensity relationship for Central Cebu, Philippines for soil erosion studies. *Journal of Hydrology* 300, 20–32.
- Fox, N.I., 2004. Technical note: The representation of rainfall dropsize distribution and kinetic energy. *Hydrology and Earth System Sciences* 8, 1001–1007.
- Ferro, V., Porto, P., Yu, B., 1999. A comparative study of rainfall erosivity estimation for southern Italy and southeastern Australia. *Hydrological Sciences Journal* 44, 3–24.
- Hudson, N., 1971. Soil conservation. B.T. Batsford, London. Second edition.
- Kinnell, P., 1981. Rainfall intensitykinetic energy relationships for soil loss prediction. *Soil Science Society of America Proceedings* 45, 153–155.

- Morgan, R., 2005. Soil erosion and conservation. Blackwell, Malden. Third edition.
- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., Smith, R.E., Govers, G., Poesen, J.W.A., Auerwald, K., Chisci, G., Torri, D., Styczen, M.E., 1998. The European Soil Erosion Model EUROSEM: a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. *Earth Surface Processes and Landforms* 23, 527–544.
- Mannaerts, C.M., Gabriels, D., 2000a. A probabilistic approach for predicting rainfall soil erosion losses in semiarid areas. *CATENA* 40, 403–420.
- Mannaerts, C.M., Gabriels, D., 2000b. Rainfall erosivity in Cape Verde. *Soil and Tillage Research* 55, 207–212.
- Nzeukou, A., Sauvageot, H., Ochou, A.D., Kebe, C.M.F., 2004. Raindrop size distribution and radar parameters at cape verde. *Journal of Applied Meteorology* 43, 90–105.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D., Yode, D., 1997. Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D., Yode, D., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation RUSLE. USDA Handbook 703, United States Department of Agriculture (USDA), Washington, D.C.
- Salles, C., Poesen, J., 2000. Rain properties controlling soil splash detachment. *Hydrological Processes* 14, 271–282.
- Tokay, A., Kruger, A., Krajewski, W.F., 2001. Comparison of drop size distribution measurements by impact and optical disdrometers. *Journal of Applied Meteorology* 40, 2083–2097.
- Testud, J., Oury, S., Amayenc, P., 2000. The concept of "normalized" distribution to describe raindrop spectra: A tool for hydrometeor remote sensing. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 25, 897–902.
- Uijlenhoet, R., Stricker, J.N.M., 1999. A consistent rainfall parameterization based on the exponential raindrop size distribution. *Journal of Hydrology* 218, 101–127.
- Waldvogel, A., 1974. The No jump of raindrop spectra. *Journal of the Atmospheric Sciences* 31, 1067–1078.

PENGARUH PERBEDAAN TOPOGRAFI TERHADAP VARIASI INTENSITAS CURAH HUJAN PADA PREDIKSI KEHILANGAN TANAH¹

Oleh :

Agus Lestari Yuono^{a)}, Dinar DA Putranto^{a)}, Sarino^{a)}

^{a)} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UNSRI, yuono_al@yahoo.co.id,

Jl Raya Palembang-Prabumulih Km. 32, Inderalaya.

ABSTRAK

Manajemen Daerah Aliran Sungai, perencanaan pertanian, studi erosi, dan aplikasi Teknik data spasial, membutuhkan karakteristik data curah hujan untuk menyajikan atau menggambarkan proses hidrologi secara benar. Pada daerah pegunungan atau berbukit dengan variasi perbedaan topografi akan mempengaruhi besarnya curah hujan yang berbeda pada masing-masing perbedaan elevasi tersebut. Pada wilayah dengan bentuk topografi yang sangat bervariasi ketinggiannya, modifikasi sebaran curah hujan akibat pengaruh ketinggian perlu diperhatikan. Saat ini, penggunaan teknik interpolasi yang didasarkan pada kondisi Topografi dan penambahan parameter kedalam interpolasi curah hujan menjadi pertimbangan sekaligus untuk meredusir ketersediaan sebaran stasiun pengamatan curah hujan yang tidak merata.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik curah hujan dan parameter curah hujan pada wilayah Topografi bervariasi pada sub DAS Kikim. Penentuan intensitas hujan dengan menggunakan persamaan Mononobe tidak bisa diperoleh intensitas hujan jangka waktu 30 menit seperti kebutuhan untuk aplikasi perhitungan erosi lahan menggunakan persamaan USLE/RUSLE dan persamaan-persamaan yang lain. Untuk itu digunakan hujan jangka pendek, sehingga perlu dilakukan konversi. Untuk menentukan intensitas hujan berdasarkan hujan jangka pendek, maka dibuat kurva *IDF (Intensity-Duration-Frequency Curve)* untuk masing-masing metode yaitu : Talbot, Sherman dan Ishiguro yang kemudian dilakukan uji kesesuaian untuk

¹ Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

dipilih yang paling mendekati dengan kondisi dilapangan. Hasil dari perhitungan dan pembacaan dalam kurve IDF, selanjutnya digambarkan sebarannya dengan menggunakan metode regresi berdasarkan ketinggian kontur yang ada.

Metode sebaran curah hujan yang digunakan dengan menggunakan metode ketinggian kontur berdasarkan parameter perbedaan antara curah hujan dengan Intensitas hujan 30 menit pada periode ulang 2 tahunan dan ketinggian (r) diperoleh persamaan distribusi kelas Intensitas curah hujan untuk 30 menit adalah = $77,06 + (0,003 \times \text{Elevasi})$

Kata kunci : *Variasi Topografi, Coefisien Variasi, IDF*

I. LATAR BELAKANG

Manajemen Daerah Aliran Sungai, perencanaan pertanian, studi erosi, dan aplikasi Teknik data spasial membutuhkan karakteristik data curah hujan untuk menyajikan atau menggambarkan proses hidrologi secara benar. Pada daerah pegunungan atau berbukit dengan variasi perbedaan topografi akan mempengaruhi besarnya curah hujan yang berbeda pada masing-masing perbedaan elevasi tersebut.

Beberapa penelitian yang menganalisis hubungan antara besarnya curah hujan dengan ketinggian pada beberapa wilayah telah banyak dilakukan (Liasat dan Puigcerver, 1992; Weisse dan Bois, 2001), dimana antara curah hujan dengan ketinggian saling mempengaruhi (Daely et al, 1994). Namun demikian, faktor-faktor yang mempengaruhi pola curah hujan, seperti jarak ke sumber kelembaban atau pola sirkulasi hujan yang mempengaruhi wilayah tersebut, akan sangat diperlukan..

Di daerah dataran tinggi, dimana curah hujan alami, utamanya sebarannya, pola curah hujan sangat kompleks, dan tidak mudah dipahami (Prudhomme dan Red, 1998). Pengaruh topografi akan mengekspresikan perubahan intensitas curah hujan dan banyaknya hari hujan atau kombinasi ke dua faktor (Duckstein et al, 1978). Untuk memahami lebih jelas dan karakteristik yang mempengaruhi, akan lebih baik apabila dilakukan prediksi dengan menggunakan pendekatan yang sesuai. Dari hasil penelitian, 30 % dari variasi curah

hujan akan berkombinasi dengan ketinggian, kemiringan lereng, dan lokasi pengukuran, sebesar 80 %. Basit et al (1994) menemukan kemiringan lereng, orientasi, ketinggian dan lokasi pengamatan, sebagai prediksi terbaik untuk rata-rata curah hujan tahunan pada sepuluh daerah pegunungan di dunia yang diamati. Sebagai variabel penting yang mempengaruhi distribusi spasial pada hujan di wilayah pegunungan adalah pengaruh arah angin di daerah tersebut. Kuatnya angin akan mempengaruhi redistribusi pengaruh curah hujan di daerah pegunungan dan memperkecil pada daerah kelerengan. Posisi stasiun pengamatan hujan dapat digunakan untuk mendeskripsikan arah angin dan pemahaman lebih baik kondisi awan pada daerah sekitarnya.

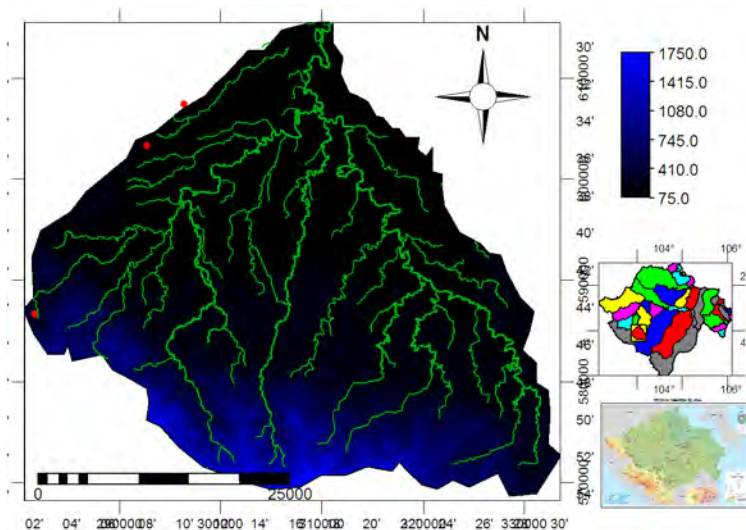
Sub DAS Kikim adalah salah satu sub DAS yang ada pada wilayah DAS Musi, terletak pada empat propinsi yang berbatasan, yaitu Provinsi Sumatera Selatan, Provinsi Bengkulu, Provinsi Jambi dan Provinsi Lampung. DAS Kikim yang terletak pada bagian Hulu –Tengah sub DAS Musi, kondisinya mulai memerlukan perhatian, terutama perubahan pemanfaatan lahan yang sangat sporadis, karena pembukaan lahan-lahan pertanian baru, terutama pada daerah dengan kemiringan lebih dari 35 %. Kondisi tersebut akan mempengaruhi besarnya erosi lahan yang disebabkan oleh karena pola bercocok tanam yang tidak sesuai dan tingginya curah hujan yang terjadi pada daerah tersebut. Untuk memprediksi besarnya erosi dan tindakan rehabilitasi yang diperlukan pada daerah sub DAS Kikim diperlukan prediksi curah hujan yang sesuai untuk menggambarkan, sebaran sesuai dengan kondisi topografi yang ada di daerah tersebut. Masalahnya adalah bagaimana prediksi sebaran curah hujan yang sesuai untuk wilayah pegunungan seperti kondisi topografi pada sub DAS Kikim.

II. METODOLOGI

2.1. Wilayah Studi

Sub DAS Kikim adalah salah satu dari 14 bagian sub DAS Musi bagian Hulu dan Tengah (Hulu-Tengah) dari wilayah DAS Musi. Secara Geografis Sub DAS Kikim terletak pada koordinat $103^{\circ} 1' 25,32''$ – $103^{\circ} 30' 1,08''$ BT dan $3^{\circ} 28' 23,52''$ – $3^{\circ} 53' 42''$ LS dan terletak di Kabupaten

Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Ketinggian wilayah DAS Kikim, bervariasi, dari wilayah tertinggi pada ketinggian 1.700 m di atas rata-rata permukaan air laut (dpl) dan yang terendah adalah pada ketinggian 75 m dpl, dengan luas seluruh wilayah DAS Kikim kurang lebih 1.519,78 Km² (Gambar 1). Iklim di daerah Sub DAS Kikim adalah tropis, dengan temperatur rata-rata 24° C saat musim hujan dan sekitar 29° C saat musim Kemarau (Station Tebing Tinggi, Empat Lawang dan Pagar Alam Utara, 2012). Sungai utama dari Sub DAS Kikim adalah sungai Agung, dengan hulu sungai terletak di Desa Sukajadi dengan ketinggian sekitar 1.300 m dpl, dan dua sungai utama lainnya yaitu sungai Aur yang berhulu di Desa Sungai Aur dan sungai Beringin yang ketiganya bertemu di muara di Desa Sukarami dengan ketinggian sekitar 75 m dpl.



Gambar 1. Wilayah Penelitian :Kondisi Topografi Sub DAS Kikim dan lokasi Stasiun Pengamatan Curah Hujan, Pagar Alam Utara dan Tebing Tinggi, Kabupaten Empat Lawang.

2.2. Data

Data Pengamatan Curah hujan, diperoleh dari Stasiun Meterologi Kenten Kota Palembang, hasil pengamatan station Pagar Alam Utara yang terletak pada ketinggian 425 m dpl dan station Tebing Tinggi, Kabupaten Empat Lawang dengan ketinggian lokasi 125 m dpl. Data ketinggian (kontur) diperoleh dari *Shuttle Radar Topography Mission*

digital.Elevation Model (SRTM) dengan resolusi 25 m, yang diperoleh dari Balai DAS Musi, Provinsi Sumatera Selatan (2013). Kemiringan lereng dimana letak lokasi stasiun pengamatan curah hujan, diperoleh dengan menganalisis dari pembentukan *Digital Terrain Model* (DTM) dengan ukuran pixel 25 m.

Rata-rata besarnya curah hujan untuk stasiun Tebing Tinggi (Empat Lawang) adalah 2.751,08 mm/tahun dengan rata-rata kejadian hujan adalah 148,25 hari. Sementara rata-rata besarnya curah hujan untuk stasiun pengamatan Pagar Alam Utara adalah sebesar 2.777 mm/tahun dengan rata-rata kejadian hujan adalah 210 hari.



Gambar 2. Rata-rata curah hujan stasiun pengamatan di sekitar DAS Kikim (Stasiun Tebing Tinggi, Empat Lawang dan Station Pagar Alam Utara)

2.3. Metode

2.3.1. Intensitas Curah Hujan

Untuk menentukan intensitas hujan berdasarkan hujan jangka pendek, maka dibuat kurva *IDF* (*Intensity-Duration-Frequency Curve*) untuk masing masing metode yaitu : Talbot (1881), Sherman (1905) dan Ishiguro (1953) dalam Suripin 2004, yang kemudian dilakukan uji kesesuaian untuk dipilih yang paling mendekati dari kondisi lapangan.

Untuk menghitung intensitas hujan menggunakan persamaan Talbot, persamaannya adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t + b} \dots\dots\dots(\text{pers. 1})$$

$$a = \frac{[I.t][I^2] - [I^2.t][I]}{N[I^2] - [I][I]} \dots\dots\dots(\text{pers. 2})$$

$$b = \frac{[I][I.t] - N[I^2.t]}{N[I^2] - [I][I]} \dots\dots\dots(\text{pers. 3})$$

dimana :

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- t = lamanya hujan (jam)
- a dan b = konstanta
- $[]$ = jumlah angka-angka dalam tiap suku
- N = banyaknya data

Untuk menghitung intensitas hujan menggunakan persamaan Sherman, persamaannya adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots(\text{pers. 4})$$

$$\log a = \frac{[\log I][(\log t)^2] - [\log t.\log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]} \dots\dots(\text{pers. 5})$$

$$n = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t.\log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]} \dots\dots\dots(\text{pers. 6})$$

dimana :

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- t = lamanya hujan (jam)
- n = konstanta

[] = jumlah angka-angka dalam tiap suku
 N = banyaknya data

Untuk menghitung intensitas hujan menggunakan persamaan Ishiguro, persamaannya adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \dots\dots\dots(\text{pers. 7})$$

$$a = \frac{[I.\sqrt{t}][I^2] - [I^2.\sqrt{t}][I]}{N[I^2] - [I][I]} \dots\dots\dots(\text{pers. 8})$$

$$b = \frac{[I][I.\sqrt{t}] - N[I^2.\sqrt{t}]}{N[I^2] - [I][I]} \dots\dots\dots(\text{pers. 9})$$

dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)
 t = lamanya hujan (jam)
 a dan b = konstanta
 [] = jumlah angka-angka dalam tiap suku
 N = banyaknya data

2.3.2. Distribusi Curah Hujan

Distribusi curah hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah distribusi Gumbel dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = b + \frac{1}{a} K_T \dots\dots\dots(\text{pers. 10})$$

$$a = \frac{S_n}{S} \dots\dots\dots(\text{pers. 11})$$

$$b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n} \dots\dots\dots(\text{pers. 12})$$

dengan :

Xt = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

Ktr = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variat

S = deviasi standar

a, b = konstanta

Sn = *Reduced standart deviation*

Yn = *Reduced mean*

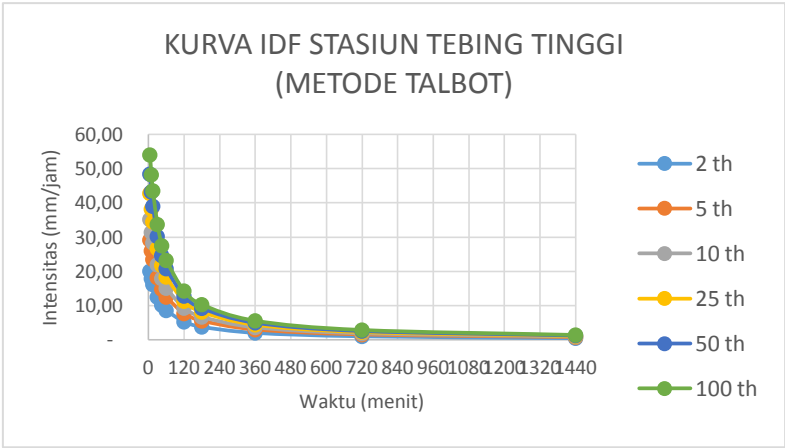
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Intensitas hujan wilayah studi

Dari hasil perhitungan dan uji kesesuaian intensitas hujan berdasarkan curah hujan jangka pendek, maka persamaan Talbot merupakan persamaan yang paling mendekati kondisi dilapangan. Hasil hitungan intensitas selengkapnya adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Intensitas hujan Stasiun Tebing Tinggi

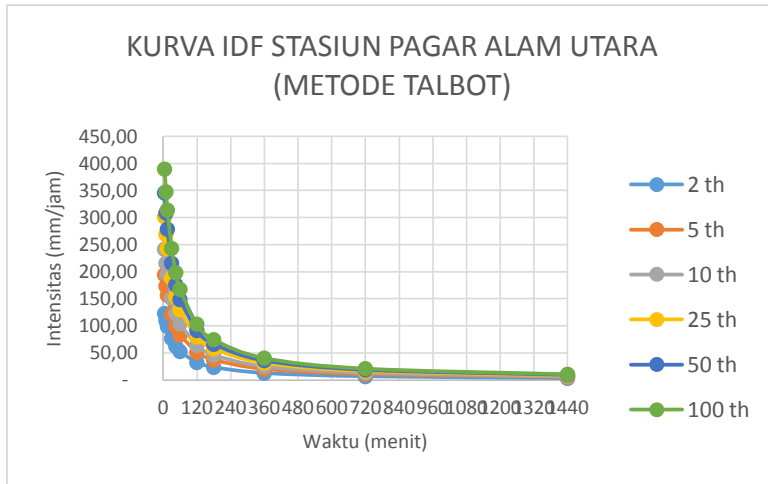
No	t (menit)	I-2	I-5	I-10	I-25	I-50	I-100
1	5	132.82	177.24	206.65	243.81	271.38	298.75
2	10	118.57	158.23	184.49	217.66	242.28	266.71
3	15	107.08	142.90	166.62	196.58	218.81	240.87
4	30	82.97	110.72	129.10	152.32	169.54	186.64
5	45	67.72	90.37	105.37	124.32	138.38	152.33
6	60	57.21	76.34	89.01	105.02	116.90	128.68
7	120	35.29	47.10	54.91	64.79	72.11	79.38
8	180	25.52	34.05	39.70	46.84	52.14	57.40
9	360	13.94	18.60	21.68	25.58	28.48	31.35
10	720	7.31	9.75	11.37	13.41	14.93	16.43
11	1440	3.74	5.00	5.82	6.87	7.65	8.42



Gambar 3. Kurva IDF Stasiun Tebing Tinggi

Tabel 2. Intensitas hujan Stasiun Pagaralam Utara

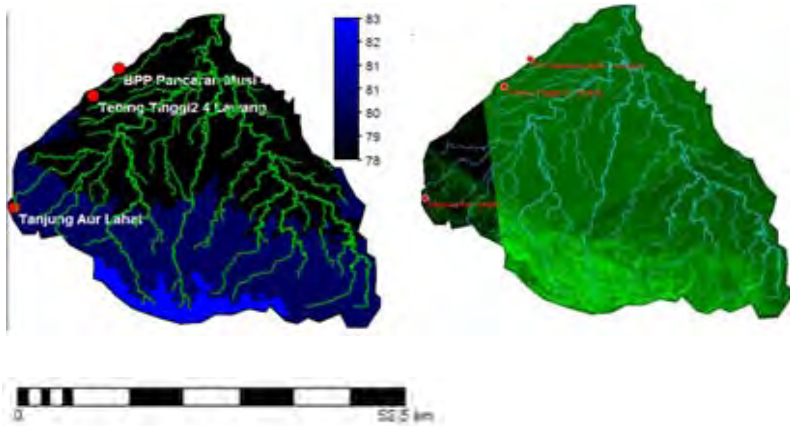
No	t (menit)	I-2	I-5	I-10	I-25	I-50	I-100
1	5	123.34	194.72	241.98	301.69	345.99	389.97
2	10	110.12	173.84	216.03	269.34	308.88	348.14
3	15	99.45	157.00	195.10	243.25	278.96	314.42
4	30	77.06	121.65	151.17	188.47	216.15	243.62
5	45	62.89	99.29	123.39	153.83	176.42	198.84
6	60	53.13	83.87	104.23	129.95	149.03	167.97
7	120	32.78	51.74	64.30	80.17	91.94	103.62
8	180	23.70	37.41	46.49	57.96	66.47	74.92
9	360	12.94	20.43	25.39	31.66	36.30	40.92
10	720	6.78	10.71	13.31	16.59	19.03	21.45
11	1440	3.48	5.49	6.82	8.50	9.75	10.99



Gambar 4. Kurva IDF Stasiun Pagar Alam Utara

3.2. Distribusi Intensitas Hujan (I₃₀) sub DAS Kikim

Korelasi antara rata-rata curah hujan, topografi dan letak wilayah, diperoleh koefisien parameter sebesar 0,003 dengan parameter utama perbedaan elevasi ketinggian sebesar 77,06. Curah hujan yang terjadi disekitar wilayah sub DAS Kikim, dipengaruhi oleh kondisi perubahan arah angin yang ada disekitar Gunung Dempo, Pagar Alam. Gambar 5, menggambarkan distribusi Intensitas curah hujan (I₃₀).Sebaran distribusi curah hujan yang di distribusikan terhadap wilayah DAS Kikim dengan menggunakan Polygon Thisen, diperoleh 3 wilayah sebaran, dengan masing-masing luasan wilayah adalah 740,23 Km² untuk Intensitas 82,97 mm/jam, luas wilayah 629,11 Km² untuk Intensitas 77,06mm/jamdan luasan wilayah 50,43 Km² untuk Intensitas 82,97 mm/jam, sehingga intensitas hujan rata-ratanya 80,35 mm/jam



Gambar 5. Distribusi Curah hujan berdasarkan ketinggian dan Poligon Tiesen pada sub DAS Kikim

IV. KESIMPULAN

Variabel curah hujan dengan menggunakan data hasil pengamatan dihitung dengan menggunakan metode Tolbot, untuk menghasilkan rentang Intensitas Curah Hujan selama 30 menit (I_{30}) dengan nilai maks 82.97mm/jam untuk periode ulang 2 tahun. Sementara sebaran distribusi curah hujan yang di distribusikan terhadap wilayah DAS Kikim dengan menggunakan Polygon Thisen, diperoleh 3 wilayah sebaran, dengan masing-masing luasan wilayah adalah 740,23 Km² untuk Intensitas 82.97 mm/jam, luas wilayah 629,11 Km² untuk Intensitas 77,06 mm/jam dan luasan wilayah 50,43 Km² untuk Intensitas 82,97 mm/jam, sehingga intensitas hujan rata-ratanya 80,35 mm/jam. Sementara distribusi berdasarkan ketinggian diperoleh persamaan distribusi kelas Intensitas curah hujan (I_{30}) adalah = $77,06 + (0,003 \times \text{Elevasi})$

DAFTAR PUSTAKA

Basist,A.,Bell,G.D.,Meentemeyer,V.,1994.Statistical relationships between topography and precipitation patterns .Journal of Climate 7,1305–1315.

- Daly, C., Neilson, R. P., Phillips, D. L., 1994. A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology* 33, 140–158.
- Duckstein, L., Fogel, M. M., Thames, J. L., 1973. Elevation effects on rainfall: A stochastic model. *Journal of Hydrology* 18, 21–35.
- Llasat, M. C., Puigcerver, M., 1992. Pluies extremes en Catalogne: influence orographique et caractéristiques synoptiques. *Hydrologie Continentale* VII:2, 99–115.
- Prudhomme, C., Reed, D. W., 1998. Relationships between extreme daily precipitation and topography in a mountainous region: a case study in Scotland. *International Journal of Climatology* 18, 1439–1453.
- Suripin, 2004, Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan, ANDI offset, Yogyakarta
- Weisse, A. K., Bois, P., 2001. Topographic effects on statistical characteristic soft heavy rainfall landmapping in the French Alps. *Journal of Applied Meteorology* 40, 720–740.

PENGEMBANGAN SISTEM USAHATANI KONSERVASI UNTUK MENCEGAH DEGRADASI LAHAN DAN PENINGKATAN PRODUKTIVITAS LAHAN DI SUB-DAS PROGO HULU¹

Oleh :
Jaka Suyana

Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Alamat : Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta Kode Pos : 57126
E-mail: jokosuyonouns@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian pengembangan Sistem Usahatani Konservasi (SUK) merupakan salah satu dasar bagi perencanaan sistem usahatani yang mengintegrasikan tindakan konservasi tanah dan air (KTA) ke dalam sistem usahatani yang telah ada dengan tujuan untuk mencegah degradasi lahan dan meningkatkan produktivitas lahan. Pengembangan SUK dilakukan secara komprehensif berdasarkan analisis kajian kelas kemampuan lahan, tingkat degradasi lahan, prediksi erosi dan nilai erosi yang dapat ditoleransikan (ETol). Penelitian dilakukan menggunakan metode survei dan analisis laboratorium, data karakteristik lahan dan sifat-sifat tanah pada setiap satuan lahan (*land unit*) selanjutnya dianalisis secara deskriptif. Rekomendasi agroteknologi diformulasikan melalui teknik simulasi dengan program Powersim Versi 2.5d. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lahan pada usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu (8.240,75 ha) pada umumnya (58,4%) masih sesuai dengan kelas kemampuan lahan dan sisanya 41,6% tidak sesuai kelas kemampuan lahan. Degradasi lahan yang terjadi dapat dikelompokkan mejadi tingkat berat (21,2%), sedang (69,2%), dan ringan (9,6%). Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat 77,2% luas lahan memiliki nilai prediksi erosi lebih besar dari nilai ETol dan perlu penyempurnaan tindakan KTA. Pengembangan SUK dapat diwujudkan dengan penyempurnaan teknologi KTA yang meliputi : (a) pada tingkat degradasi ringan teknologi konservasi pola petani; (b) pada tingkat degradasi sedang perlakuan rorak, atau perlakuan rumput setaria sebagai penguat teras miring + mulsa batang tembakau 14 ton/ha; dan (c) pada tingkat degradasi berat perlakuan rumput setaria sebagai penguat teras miring + mulsa batang tembakau 14 ton/ha + rorak.

Kata kunci: degradasi lahan, erosi, SUK, rorak, Sub-DAS Progo Hulu

¹ Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Degradasi lahan atau kerusakan sumberdaya lahan akibat erosi di daerah hulu DAS di Indonesia terus meningkat (Sinukaban, 2003). Hal tersebut juga terjadi pada kawasan usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu. Akibat dari teknik budidaya yang tidak mengindahkan kaidah konservasi tanah dan air (KTA), pada kemiringan yang curam dan curah hujan yang tinggi di wilayah usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu telah menyebabkan terjadinya erosi yang parah dan degradasi lahan (*Good Governance in Water Resource Managemet-European Union*, 2004).

Di wilayah Sub-DAS Progo Hulu, sistem usahatani lahan kering berbasis tembakau memiliki nilai keunggulan komparatif dan telah memberikan kesejahteraan bagi masyarakat sejak masa lalu secara turun temurun. Adanya pertambahan kepadatan penduduk telah mengakibatkan tekanan terhadap lahan. Tekanan penduduk terhadap lahan mengakibatkan perlakuan *over intensif* terhadap lahan dan kurang memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air (KTA). Pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan fungsi dan kemampuannya terutama di lereng Gunung Sumbing dan Gunung Sindoro yang memiliki kemiringan lereng di atas 30%. Akibat hal tersebut telah menyebabkan terjadinya erosi yang parah dan degradasi lahan (Djajadi, 2000; GGWRM-EU, 2004). Menurut Dent (1993) dan Puslittanak (2002), degradasi lahan merupakan proses kemunduran kualitas lahan atau produktivitas lahan menjadi lebih rendah, baik bersifat sementara maupun permanen, sehingga akhirnya lahan tersebut berada pada tingkat kekritisian tertentu.

Degradasi lahan pada sistem usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu telah menyebabkan penurunan kesuburan tanah, penurunan produktivitas lahan, serta kerusakan lahan. Penurunan kesuburan tanah ditandai dengan kebutuhan pupuk kandang dari tahun ke tahun yang semakin meningkat. Menurut Rachman *et al.* (1988) dosis pupuk kandang untuk tanaman tembakau semula cukup sekitar 22,5 ton/ha, dan pada tahun 2000 telah mencapai sekitar 30 ton/ha (Djajadi, 2000). Penurunan produktivitas lahan ditunjukkan oleh tingkat produksi tembakau rajangan yang relatif rendah yaitu berkisar 0,28–0,52 ton/ha

(Isdijoso & Mukani, 2000), lebih rendah dibandingkan tembakau rajangan Madura yang mempunyai produksi berkisar 0,40–0,66 ton/ha (Hartono et al., 1991). Selain itu kerusakan lahan ditandai dengan hilangnya lapisan atas (*top soil*) serta kenampakan adanya erosi alur, erosi parit, bahan induk tanah, serta terjadinya lahan kritis seluas 3.523 ha (GGWRM-EU, 2004).

Apabila dibiarkan atau tidak segera diperbaiki agroteknologinya, lahan yang telah mengalami proses degradasi tersebut akan menjadi tambah rusak, dan akhirnya menjadi lahan kritis serta mengancam keberlanjutan sistem usahatani tersebut. Perencanaan sistem usahatani konservasi (SUK) yang komprehensif sangat diperlukan untuk mewujudkan sistem usahatani lahan kering yang berkelanjutan di Sub-DAS Progo Hulu. Oleh karena itu telah dilakukan penelitian dengan tujuan: (1) mengkaji kondisi saat ini (eksisting) kelas kemampuan lahan, tingkat degradasi lahan, prediksi erosi dan nilai erosi yang dapat ditoleransikan (ETol) pada usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo hulu; dan (2) merumuskan perencanaan sistem usahatani konservasi (SUK) untuk mewujudkan sistem usahatani lahan kering berkelanjutan di Sub-DAS Progo Hulu.

II. METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Sub-DAS Progo Hulu, secara administrasi berada di Kabupaten Temanggung Propinsi Jawa Tengah, dan secara geografis terletak pada 7°11'42" – 7°22'46" LS dan 109°59'44" – 110°12'31" BT. Penelitian dilaksanakan mulai bulan September 2013 s/d Agustus 2014.

Bahan-bahan yang diperlukan antara lain: peta geologi, peta tanah, peta topografi, peta rupa bumi, peta penggunaan lahan, data curah hujan, data demografi (kependudukan), serta bahan-bahan kimia untuk analisis di laboratorium. Alat-alat yang digunakan antara lain: peralatan survei, peralatan untuk analisa sifat-sifat tanah di lapang dan di laboratorium, peralatan tulis, serta unit komputer lengkap dengan *Software MS Office 2003*, *ArcInfo-Ver. 7.21*, *ArcView-Ver.3.2*, *Powersim Constructor Versi 2.5d*, *scanner*, *digitizer*, dan *printer*.

Penelitian diawali dengan pembuatan peta satuan lahan (*land unit*). Satuan lahan digunakan sebagai unit dasar analisis kelas kemampuan lahan, tingkat degradasi lahan, prediksi erosi, dan nilai ETol. Pengumpulan data biofisik (sifat-sifat tanah, karakteristik lahan, dan iklim) untuk analisis kelas kemampuan lahan, tingkat degradasi lahan, prediksi erosi dan nilai ETol dilakukan melalui metode survei, dan analisis di laboratorium. Metode klasifikasi kelas kemampuan lahan menggunakan Sistem Klasifikasi USDA (Klingebiel & Montgomery, 1973; Arsyad, 2006), metode analisis tingkat degradasi lahan menggunakan metode Pustintanah (2002), prediksi erosi berdasarkan USLE (Wischmeier & Smith, 1978), dan nilai ETol berdasarkan metode Wood & Dent (1983). Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk prediksi erosi ($A = RKLSCP$), yaitu : nilai R (erosivitas hujan) digunakan rumus Bols (1978). Nilai K (erodibilitas tanah) dihitung dengan persamaan :

$$K = \frac{2,7132 M^{1,14} (12 - a) 10^{-4} + 3,25 (b - 2) + 2,5 (c - 3)}{100}$$

dimana M : (persen pasir sangat halus dan debu) x (100 – persen liat),
A : persen bahan organik tanah, b : kode struktur tanah, dan
c : kelas permeabilitas tanah. Nilai LS (kemiringan dan panjang lereng), dihitung dengan persamaan :

$$LS = (X (0,0138 + 0,00965 S + 0,00138 S^2))^{0,5}$$

dimana X : panjang lereng (m), dan S : kecuraman lereng (%). Nilai C dan P, atau nilai CP berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dikumpulkan oleh Pusat Penelitian Tanah Bogor (Abdurachnan *et al.*, 1984; Hammer, 1991; Arsyad, 2006).

Data kelas kemampuan lahan, tingkat degradasi lahan, prediksi erosi, dan nilai ETol dianalisis secara deskriptif. Perencanaan sistem usahatani konservasi (SUK) disusun berdasarkan nilai prediksi erosi \leq nilai ETol. Rekomendasi teknologi KTA yang sesuai dan memadai disimulasikan dengan program Powersim Versi 2.5d. Simulasi rekomendasi agroteknologi menggunakan sub-model erosi yang meliputi laju erosi dengan persamaan USLE (sebagai penipisan tanah) dan laju pembentukan tanah (sebagai penambahan tanah) hubungannya dengan nilai ketebalan tanah selama umur guna 250 tahun.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kelas Kemampuan Lahan dan Tingkat Degradasi Lahan

Usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu yang tersebar dan terkonsentrasi di lereng Gunung Sumbing dan Gunung Sindoro (Lampiran I), mempunyai luas 8.240,75 ha, berupa lahan tegalan 7.398,54 ha dan pemukiman 842,21 ha, serta berada pada ketinggian tempat dari 720–1.940 m dpl. Luas lahan garapan keluarga petani berkisar 0,17-2,50 ha dengan rata-rata 0,66 ha, dan jumlah anggota keluarga rata-rata 5 orang. Dengan jenis pola tanam didominasi oleh pola tanam jagung-tembakau (51,0%), diikuti cabe-tembakau (29,2%), serta sisanya 19,8% terdiri atas bawang daun-tembakau, bawang putih-tembakau, kubis-tembakau, bawang merah-tembakau, dan tomat-tembakau. Berdasarkan hasil tumpang susun (*overlay*) peta geologi, peta tanah, dan peta kemiringan lereng, kawasan usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu terbagi kedalam 27 satuan lahan (*land unit*).

Hasil analisis kelas kemampuan lahan dan tingkat degradasi lahan (Tabel 1), memperlihatkan bahwa di wilayah usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo didominasi oleh lahan dengan kelas kemampuan IV (49,0%), diikuti kelas VI (33,6%), kelas III (9,4%), kelas V (6,1%), dan kelas VII (1,8%). Menurut sistem klasifikasi USDA (Arsyad, 2006) termasuk lahan pertanian dengan intensitas garapan sedang dan terbatas (kelas III dan IV) seluas 4.322,92 ha (58,4%) masih sesuai untuk usahatani lahan kering, dan sisanya lahan kelas V, VI, dan VII seluas 3.075,61 ha (41,6%) tidak sesuai untuk usahatani lahan kering. Akibat hal tersebut telah menyebabkan terjadinya degradasi lahan dengan tingkat berat seluas 1.570,68 ha (21,2%), tingkat sedang seluas 5.119,15 ha (69,2%), dan tingkat ringan seluas 708,71 ha (9,6%). Hal ini dikarenakan semakin tinggi kelas kemampuan lahan, semakin memiliki faktor pembatas atau ancaman kerusakan semakin tinggi, sehingga memerlukan tindakan KTA yang semakin baik atau semakin berat. Adapun peta kelas kemampuan lahan dan peta tingkat degradasi lahan pada usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu disajikan pada Lampiran 2.

Tabel 1. Luas kelas kemampuan lahan berdasarkan tingkat degradasi lahan

No.	Tingkat Degradasi Lahan	Kelas/Sub-Kelas Kemampuan Lahan	Luas	
			(ha)	(%)
1.	Ringan	III (III-I ₂ , III-I ₂ .e ₂)	697,98	9,43
		V (V-p ₁)	10,73	0,14
	Sub-Total		708,71	9,57
2.	Sedang	IV (IV-I ₃ .e ₃ , IV-e ₃ .b ₂ , IV-e ₃)	3.624,93	49,00
		V (V-p ₁)	440,00	5,95
		VI (VI-I ₄ .e ₄)	1.053,45	14,25
	Sub-Total		5.119,15	69,20
3.	Berat	VI (VI-e ₄ , VI-I ₄ .e ₄)	1.434,62	19,39
		VII (VII-I ₅)	136,06	1,84
	Sub-Total		1.570,68	21,23
Total			7.398,53	100,00

Keterangan :

Angka romawi menunjukkan kelas kemampuan lahan (III; IV; V; VI; VII)

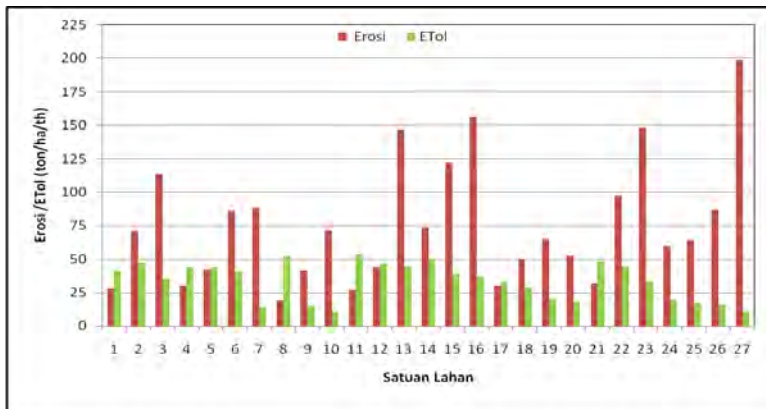
Huruf latin menunjukkan faktor penghambat (I= kemiringan lereng; e= erosi; b= kerikil; p= permeabilitas)

Angka latin menunjukkan level faktor penghambat (1, 2, 3, 4, 5)

B. Evaluasi Erosi (Prediksi Erosi dan Nilai ETol)

Evaluasi erosi didasarkan pada nilai prediksi erosi dan nilai erosi yang dapat ditoleransikan (ETol). Berdasarkan hasil prediksi erosi dan nilai ETol (Gambar 1), ditunjukkan bahwa nilai prediksi erosi pada usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu terendah 19,29 ton/ha/tahun (SL 8) sampai tertinggi 198,87 ton/ha/ tahun (SL 27), hal ini terutama disebabkan oleh faktor kemiringan lereng yang bervariasi dari terendah 6% sampai tertinggi 62%. Secara keseluruhan besarnya prediksi erosi yang terjadi pada kawasan usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu yaitu 519.488,07 ton/tahun atau rata-rata 70,21

ton/ha/tahun atau 5,80 mm/tahun (BV tanah 1,21 g/cm³). Besarnya nilai ETol juga bervariasi, yaitu terendah 10,32 ton/ha/tahun (SL 27) sampai tertinggi 53,11 ton/ha/tahun (SL 11), dengan rata-rata 33,40 ton/ha/tahun.



Gambar 1. Histogram prediksi erosi dan ETol pada lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu

Degradasi lahan atau kerusakan lahan akibat erosi dapat diindikasikan apabila nilai prediksi erosi lebih besar dari nilai ETol. Hasil prediksi erosi pada usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu menunjukkan bahwa tidak semua satuan lahan mempunyai nilai prediksi erosi melebihi laju erosi yang masih dapat ditoleransikan (Gambar 1), yaitu ada 8 satuan lahan (SL 1, 4, 5, 8, 11, 12, 17, 21) dengan luas 1.690,89 ha (22,9%) mempunyai nilai prediksi erosi < nilai ETol, dan 19 satuan lahan (SL 2, 3, 6, 7, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27) dengan luas 5.707,65 ha (77,1%) mempunyai nilai prediksi erosi > nilai ETol. Nilai prediksi erosi < nilai ETol, disebabkan pada satuan lahan tersebut mempunyai kemiringan lereng 6-18% dan telah dibuat teras bangku tradisional dan teras bangku kondisi baik. Berdasarkan hasil analisis nilai prediksi erosi dan ETol tersebut menunjukkan bahwa sekitar 77,1% lahan pada usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu tidak memenuhi indikator pertanian berkelanjutan, sehingga diperlukan penyempurnaan teknologi konservasi tanah dan air (KTA) yang sesuai dan memadai agar sistem usahatani dapat berkelanjutan.

C. Perencanaan Sistem Usahatani Konservasi (SUK)

Berdasarkan hasil prediksi erosi dan nilai ETol (Gambar 1), menunjukkan bahwa sebagian besar lahan pada usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu memiliki laju erosi > nilai ETol, terjadi proses kerusakan lahan dan menyebabkan sistem usahatani tidak berkelanjutan, sehingga diperlukan penyempurnaan tindakan KTA yang sesuai dan memadai (nilai prediksi erosi \leq ETol) agar sistem usahatani dapat berkelanjutan.

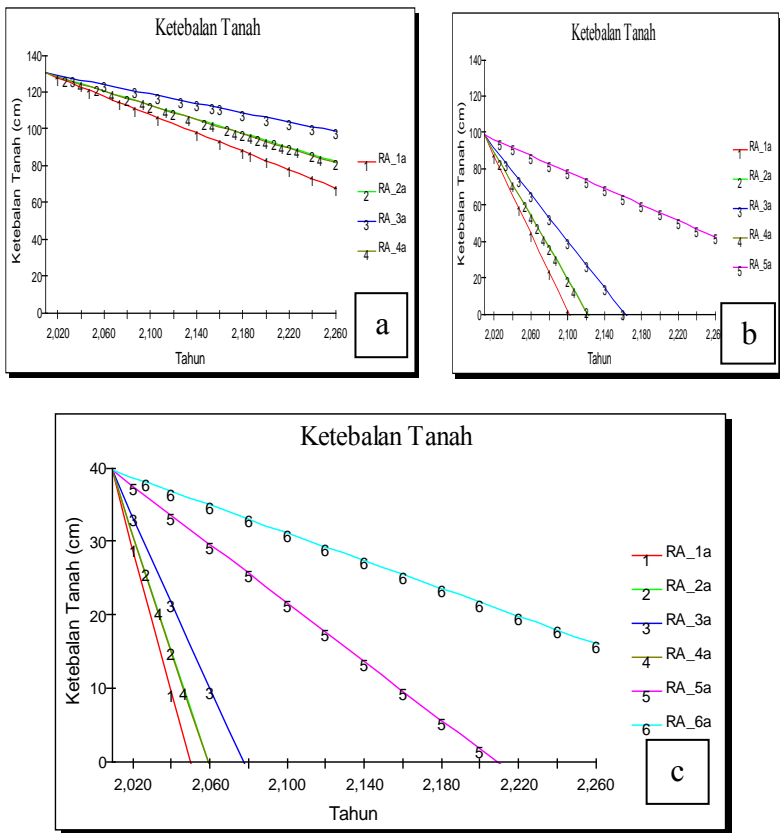
Tabel 2. Nilai prediksi erosi dan nilai ETol berdasarkan tingkat degradasi lahan

No	Tingkat Degradasi Lahan/ luas	Satuan Lahan	Rata-rata Ketebalan Tanah (cm)	Rata-rata Prediksi Erosi (ton/ha/th)	Rata-rata Nilai ETol (ton/ha/th)
1	Ringan/ 708,71 ha	1, 4, 8, 11, 21	131	27,29	47,72
2	Sedang/ 5.119,15 ha	2,3,5,6,9,12,13,14,15,16,17,18,22,24	99	106,72	37,44
3	Berat/ 5.119,15 ha	7, 10, 19, 20, 23, 25, 26, 27	40	96,83	17,38
Nilai Rata-rata				70,21	33,40

Tabel 2, menunjukkan bahwa pada tingkat degradasi ringan memiliki laju erosi (27,29 ton/ha/th) \leq nilai ETol (47,72 ton/ha/th), tingkat degradasi sedang laju erosi (106,72) > nilai ETol (37,44), dan tingkat degradasi berat laju erosi (96,83 ton/ha/th) > nilai ETol (17,38 ton/ha/th).

Berkaitan dengan hal tersebut, maka untuk perencanaan SUK diperlukan penyempurnaan teknologi KTA yang sesuai dan memadai agar mampu menurunkan nilai prediksi erosi \leq nilai ETol, serta teknologi dapat diterima (*acceptable*) dan dapat dikembangkan (*replicable*) oleh petani. Berdasarkan berbagai alternatif rekomendasi teknologi KTA tersebut, diperoleh hasil simulasi dampak alternatif

rekomendasi teknologi KTA terhadap nilai ketebalan tanah pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil simulasi agroteknologi terhadap nilai ketebalan tanah untuk tingkat : (a) degradasi ringan, (b) degradasi sedang dan (c) degradasi berat

Keterangan :

RA-1a	: Teknologi konservasi pola petani
RA-2a	: Teknologi konservasi pola petani + rumput setaria + mulsa batang tembakau 7 ton/ha
RA-3a	: Teknologi konservasi pola petani + rumput setaria + mulsa batang tembakau 14 ton/ha
RA-4a	: Teknologi konservasi pola petani dengan tumpangsari koro merah tembakau + mulsa batang tembakau 7 ton/ha
RA-5a	: Teknologi konservasi pola petani + rorak

RA-6a	: Teknologi konservasi pola petani + rumput setaria + mulsa batang tembakau 14 ton/ha + rorak
-------	---

Pada Gambar 2, memperlihatkan bahwa pada tingkat degradasi ringan (Gambar 2a) dengan rekomendasi agroteknologi RA-1a (teknologi konservasi pola petani), masih menunjukkan sistem usahatani lahan kering berkelanjutan, setelah 250 tahun (tahun 2260) ketebalan tanah masih sekitar 68 cm. Pada tingkat degradasi sedang (Gambar 2b), menunjukkan bahwa hanya dengan rekomendasi agroteknologi RA-5a (teknologi konservasi teras miring + rorak) yang masih menunjukkan sistem usahatani lahan kering berkelanjutan, yaitu setelah umur guna 250 tahun (tahun 2260) masih memiliki ketebalan tanah 42 cm lebih besar dari ketebalan tanah minimum untuk tanaman tembakau (24 cm). Pada tingkat degradasi berat (Gambar 2c), menunjukkan bahwa hanya rekomendasi agroteknologi RA-6a (teknologi konservasi teras miring + rumput *Setaria spaelata* sebagai penguat teras + mulsa batang tembakau 14 ton/ha + rorak) yang masih menunjukkan sistem usahatani lahan kering berkelanjutan, yaitu setelah umur guna 250 tahun (tahun 2260) masih memiliki ketebalan tanah 25 cm lebih besar dari ketebalan tanah minimum (24 cm).

Berdasarkan hasil simulasi (Gambar 2), dapat direkomendasikan tindakan penyempurnaan teknologi KTA sebagaimana disajikan pada peta arahan penerapan agroteknologi (Gambar 3). Teknologi KTA yang direkomendasikan pada peta arahan penerapan agroteknologi, yaitu meliputi: (a) pada tingkat degradasi ringan dengan teknologi konservasi pola petani (teras bangku tradisional); (b) pada tingkat degradasi sedang dengan perlakuan rorak, atau perlakuan rumput setaria sebagai penguat teras miring + mulsa batang tembakau 14 ton/ha; dan (c) pada tingkat degradasi berat perlakuan rumput setaria sebagai penguat teras miring + mulsa batang tembakau 14 ton/ha + rorak.

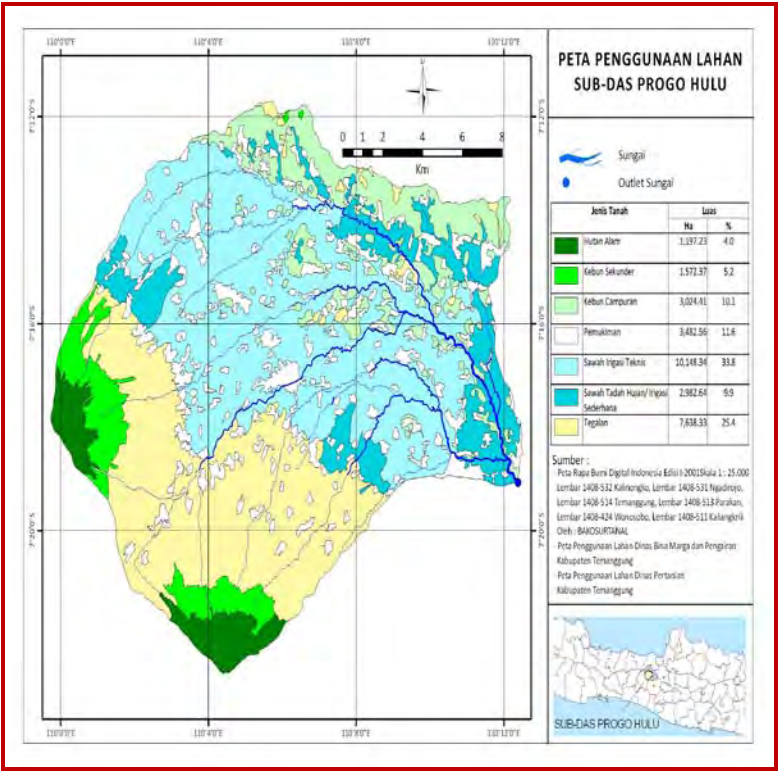
pada tingkat degradasi berat perlakuan rumput setaria sebagai penguat teras miring + mulsa batang tembakau 14 ton/ha + rorak.

DAFTAR PUSTAKA

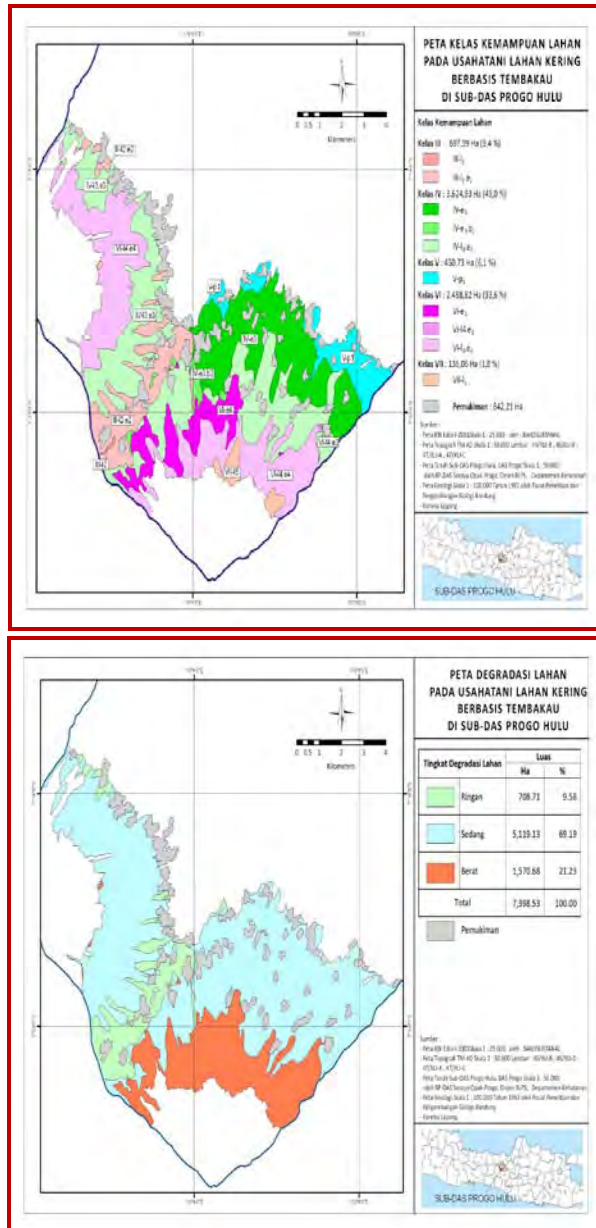
- Abdurrachman, A., S.Abuyamin, dan U. Kurnia. 1984. Pengelolaan Tanah dan Tanaman Untuk Usaha Konservasi. *Pemberitaan Tanah dan Pupuk*. Bogor : Pusat Penelitian Tanah.
- Arsyad, S. 2006. *Konservasi tanah dan air*. Edisi Kedua. Bogor. Serial Pustaka IPB Press.
- Bols, P.L. 1978. The Iso-Irodent Map of Java and Madura. Report Belgian Technical Assistance Project (ATA 105). Bogor : Soil Research institute.
- Dent, FJ. 1993. Towards a Standard Methodology for the Collection and Analysis of Land Degradation Data: Proposal for Discussion. Expert Consultation of the Asian Network on Problems Soils. 25–29 October 1993. FAO Regional Office for Asia.
- Djajadi. 2000. Erosi dan usaha konservasi lahan tembakau di Temanggung. dalam *Tembakau Temanggung. Monograf Balittas* (5):40–46.
- [GGWRM-EU] Good Governance in Water Resource Managemet-European Union. 2004. *Arahan rehabilitasi lahan dan konservasi tanah (RLKT) Kabupaten Temanggung* Temanggung. Pemkab. Temanggung Bekerjasama dengan GGWRM-EU.
- Hammer, W.I. 1981. *Second Soil Conservation Consultant Report*. AGOVINS/78/006.-Tech. Note No. 10. Centre for Soil Research, Bogor, Indonesia.
- Hartono, J, Hastono, AD & Murdiyati, AS. 1991. Pengaruh jumlah daun yang dipanen terhadap hasil dan mutu tembakau madura di daerah tinggi. *Jurnal Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 6(1):103–109.

- Isdijoso, SH & Mukani. 2000. Usahatani, kelembagaan, dan pemasaran tembakau temanggung dalam *Tembakau Temanggung. Monograf Balittas* (5):97–108.
- Klingebiel, AA & Montgomery, PM 1973. *Land capability classification*. Agric. Handb. No. 210, USDA-SCS, 21 p.
- Mukani & Isdijoso, SH. 2000. Sejarah dan peranan tembakau Temanggung dalam *Tembakau Temanggung. Monograf Balittas* (5):92–96.
- Puslittanak. 2002. Standarisasi dan penanggulangan lahan terdegradasi dalam *Laporan Tahunan Penelitian Tanah dan Agroklimat TA 2001*. Bogor. Puslittanak, Balitbangtan, Deptan.
- Rachman, A, Djajadi & Sastrosupadi, A. 1988. Pengaruh pupuk kandang dan pupuk nitrogen terhadap produksi dan mutu tembakau temanggung. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 3(1):15–21.
- Sinukaban, N. 2003. Strategi, kebijakan, dan kelembagaan pengelolaan lahan kritis. *Paper dalam Studi Strategi, Kebijakan dan Kelembagaan Pengelolaan Lahan Kritis di Departemen Kehutanan* (Tidak Dipublikasikan).
- Wischmeier, WH & Smith, DD. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A *Guide Conservation Planning*. USDA Agriculture Handbook No. 537.
- Wood SR & Dent, FJ. 1983. A *land evaluation computer system methodology*. AGOF/INS/ 78/006. Manual 5 Versi 1. Ministry of Agriculture Govern of Indonesia in corporation with UNDP and FAO.

Lampiran 1 : Peta jenis penggunaan lahan di Sub-DAS Progo Hulu



Lampiran 2 : Peta kelas kemampuan lahan (atas) dan peta tingkat degradasi lahan (bawah) pada usahatani lahan kering di Sub-DAS Progo Hulu



HUBUNGAN ANTARA FAKTOR LITOLOGI DENGAN TIPE DAN POLA LONGSORAN DI SUB DAS SALO LEBBO, DAS BUDONG-BUDONG, KABUPATEN MAMUJU TENGAH, PROVINSI SULAWESI BARAT¹

Oleh :

Asmita Ahmad^a, Muchtar S. Solle^b, Paharuddin^c

^aJurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, email: asmitaahmad@yahoo.com, Jl. Perintis Kemerdekaan km. 10 kampus Unhas Tamalanrea, kode pos; 90245.

^bJurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, email: muchtarsolle@gmail.com, Jl. Perintis Kemerdekaan km. 10 kampus Unhas Tamalanrea, kode pos: 90245

^cJurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, email: fardin@unhas.ac.id, Jl. Perintis Kemerdekaan km. 10 kampus Unhas Tamalanrea, kode pos 90245

ABSTRAK

Longsor merupakan hasil aktivitas geologi dan geomorfologi yang bersifat alami serta berhubungan dengan proses eksogen aktif pada sebuah kawasan daerah aliran sungai (DAS). Sebuah proses alami yang dapat dipercepat kejadiannya oleh aktivitas manusia dan menimbulkan bencana terhadap manusia itu sendiri, karena kurangnya pengetahuan manusia dalam mengenal dan memahami pengelolaannya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari salah satu faktor pemicu longsor, yaitu faktor litologi, terhadap tipe dan pola longsor yang dihasilkan di Sub DAS Salo Lebbo. Penelitian dilaksanakan di Sub DAS Salo Lebbo, DAS Budong-budong, Kabupaten Mamuju Tengah. Metode penelitian yang dilakukan adalah pemetaan geomorfologi, meliputi; analisis lereng dan pengamatan bentuk-bentuk morfologi; stadia sungai, stadia lembah dan stadia wilayah yang bermanfaat dalam menganalisis model-model pergerakan massa tanah dan batuan. Pemetaan geologi meliputi; pengamatan sifat fisik litologi (tekstur, struktur dan kandungan mineral batuan) secara makroskopis, analisis struktur geologi, meliputi: pengamatan *strike/dip* batuan, kekar (*shear joint*, *tension joint* dan *columner joint*). Hasil penelitian menunjukkan proses aktif geomorfologi banyak dipengaruhi oleh proses struktur geologi dan sebagian oleh proses denudasi yang dihasilkan dari aktivitas iklim yang banyak memberikan pengaruh terhadap hasil akhir bentuk morfologi. Stadia daerah berada dalam tahap muda menjelang dewasa. Struktur geologi yang terjadi di daerah penelitian adalah sesar mendatar (*strike slip fault*) yang berpasangan berarah NE-SW dan NW-SE dengan arah tegasan utama adalah N-S. Sebagian besar litologi telah

¹ Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

mengalami pengkekar, dan satuan tufa adalah litologi yang paling kuat mengalami penurunan *shear strength*. Longsor yang terjadi di lapangan umumnya terjadi dan dipicu oleh pergerakan satuan tufa pada lereng >40%. Tipe pergerakan longsor yang dominan adalah tipe longsoran (*sliding*), dengan tipe material adalah *rock slide* pada satuan tufa dan *debris slide* pada percampuran material tanah dan tufa. Kerentanan tipe batuan terhadap pergerakan massa dapat dihindari pergerakannya dengan penerapan metode vegetatif pada daerah tebing lereng untuk mengurangi dampak yang terjadi.

Kata kunci: Longsoran, tufa; *rock slide*; *debris slide*; metode vegetatif

I. LATAR BELAKANG

Setiap tahun jumlah penduduk selalu bertambah. Hal ini berimbas pada meningkatnya kebutuhan pangan. Tingginya permintaan pangan akan mempengaruhi ketersediaan lahan untuk produksi pertanian (Republika, 2014). Lahan-lahan marginal yang selama ini tidak terganggu oleh aktivitas manusia, mulai dirambah untuk mencukupi kebutuhan pangan. Hal ini akan mengganggu keseimbangan ekosistem akibat alih fungsi lahan, terutama ekosistem pada daerah aliran sungai (ekosistem DAS).

Salah satu akibat negatif dari alih fungsi lahan adalah timbulnya bencana, seperti banjir, tanah longsor dan gabungan banjir dan tanah longsor yang dikenal dengan nama banjir bandang. Bencana banjir dipicu oleh aktivitas iklim dimana aliran permukaan menjadi lebih besar dibanding proses infiltrasi akibat banyaknya lahan-lahan terbuka, sedangkan bencana longsor dipicu oleh perpaduan faktor geologi dan faktor geomorfologi (termasuk faktor iklim).

Interaksi faktor geologi dan geomorfologi mengakibatkan intensitas proses eksogen menjadi meningkat (Blair, 2003; Dubis et al., 2006). Proses eksogen adalah sebuah proses alami yang merubah bentuk bentang alam dan terjadi secara terus menerus selama umur bumi dari masa terbentuknya bumi hingga saat ini. Proses eksogen aktif akibat *climate change* dan aktivitas manusia telah memicu banyaknya bencana yang ditimbulkan, seperti; banjir bandang di Wasior (4 Oktober 2010), banjir bandang dan longsor di Cianjur (3 Desember 2013), banjir bandang di desa Salolebbo Kabupaten Mamuju Tengah (18 November 2013), dan banjir bandang di Manado (15 Januari 2014).

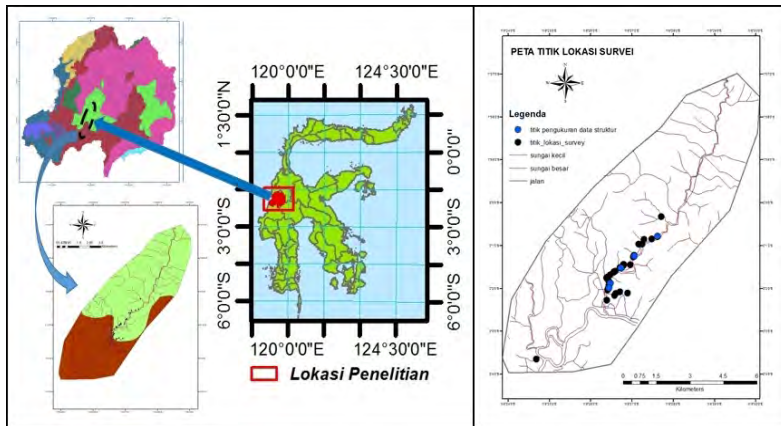
Proses eksogen tidak dapat dicegah tetapi aktivitas eksogen dapat diminimalisir kejadiannya melalui perencanaan dan tindakan mitigasi.

Tindakan perencanaan dan mitigasi dapat dilakukan dengan baik, jika faktor pemicu kejadian bencana telah dipahami dan diteliti. Faktor geologi yang banyak memicu kejadian bencana adalah kondisi litologi yang labil akibat pengaruh aktivitas struktur geologi seperti patahan, perlipatan dan pengkekar (Lee *et al.*, 2002; Safaei *et al.*, 2012), struktur geologi akan mempengaruhi kondisi litologi dalam menjaga keseimbangan alami batuan. Faktor geomorfologi yang banyak mempengaruhi kejadian bencana adalah iklim dan topografi wilayah (Kanungo, *et.al.*, 2009). Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk mempelajari hubungan litologi dengan tipe dan pola longsor di Sub DAS Salo Lebbo DAS Budong-Budong, Kabupaten Mamuju Tengah, Provinsi Sulawesi Barat.

II. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Sub DAS Salo Lebbo, DAS Budong-budong, Kabupaten Mamuju Tengah (Gambar 1). Perangkat analisis meliputi; peta rupa bumi lembar Budong-Budong (RBI 1:50.000), peta geologi lembar Mamuju (1:250.000), data curah hujan, *software stereonet* 8 dan *software arcgis* 10.1. Penelitian dilaksanakan Mei-Juli 2014.

Analisis geomorfologi, meliputi; analisis lereng dan pengamatan bentuk-bentuk morfologi; stadia sungai, stadia lembah dan stadia wilayah yang bermanfaat dalam menganalisis model-model pergerakan massa tanah dan batuan. Analisis stadia sungai, meliputi; lebar penampang sungai, tipe erosi, arah aliran, kerapatan dan pola aliran sungai, analisis stadia lembah, meliputi; bentuk lembah, tipe erosi dan analisis stadia wilayah, meliputi; bentuk morfologi (gunung, bukit, lembah), bentuk lembah dan bentuk DAS.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan peta titik lokasi survei detail.

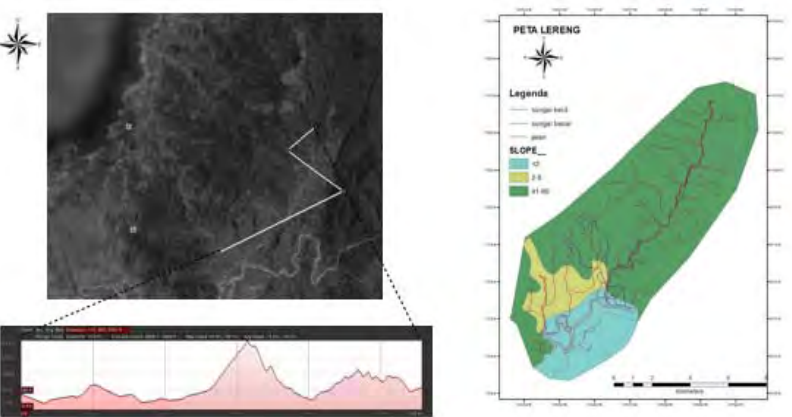
Analisis geologi, meliputi; pengamatan sifat fisik batuan/litologi (tekstur, struktur dan kandungan mineral batuan) secara makroskopis, analisis struktur geologi, meliputi: pengamatan *strike/dip* batuan, perlipatan (bentuk-bentuk perlipatan; sejajar atau miring), kekar (*shear joint*, *tension joint* dan *columner joint*), patahan (gawir atau cermin sesar). Pengukuran *strike/dip* batuan bertujuan untuk mengetahui arah pelampiran batuan secara horisontal dan vertikal. Perubahan arah *strike/dip* batuan dapat menunjukkan adanya perubahan kedudukan batuan akibat proses perlipatan. Pengukuran kekar bertujuan untuk mengetahui arah retakan batuan akibat tekanan/gaya tektonik yang bekerja di lokasi penelitian. Pengukuran kekar terbagi dua, yaitu *shear joint* (kekar tekanan) yang berpasangan dan *tension joint* (kekar tarik) yang tidak berpasangan. Banyak sedikitnya tipe kedua kekar tersebut dapat menyimpulkan jenis tekanan yang mengakibatkan deformasi batuan. Pengukuran arah gaya tekanan tektonik dari pengukuran bidang kekar dilakukan dengan menggunakan *software stereonet 8*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

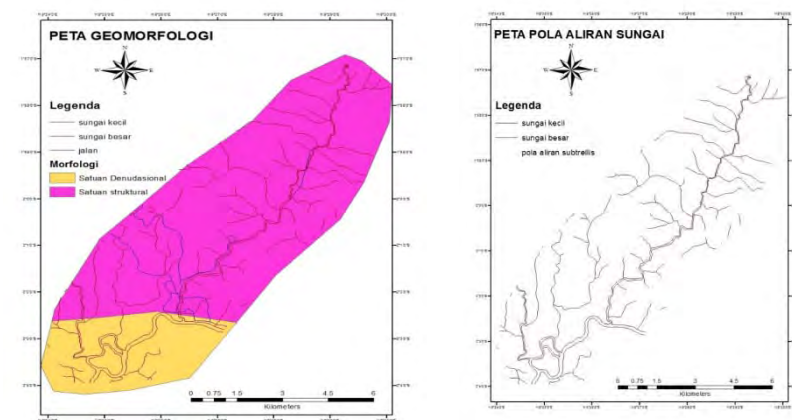
A. Geomorfologi

Bentuk wilayah tergolong proses geomorfologi muda menjelang dewasa dengan bentuk puncak V-V tumpul, dengan dominasi besar lereng >40% (Gambar 2). Proses aktif geomorfologi banyak

dipengaruhi oleh proses struktur geologi dan sebagian oleh proses denudasi (dominan pelapukan) dengan aktivitas iklim yang banyak memberikan pengaruh terhadap hasil akhir bentuk morfologi (Gambar 3). Aktivitas struktur geologi juga memberikan pengaruh terhadap pola aliran sungai yang terbentuk (Gambar 4), struktur membentuk pola *subtrellis* di lokasi penelitian, dimana anak sungai dan sungai utama hampir membentuk pola tegak lurus (Ritter, 1986), meskipun sebagian litologinya adalah batuan bertekstur halus.



Gambar 2. Bentuk penampang daerah penelitian, bentuk puncak V-V tumpul dan bentuk lembah V-V tumpul dengan dominasi lereng >40%, sebagai penciri stadia muda menjelang dewasa.



Gambar 3. Dominasi proses struktural dalam membentuk morfologi daerah

Gambar 4. Pola aliran subtrellis sebagai bentukan proses struktural

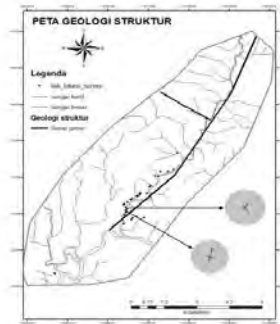
Proses morfologi yang tergolong muda menjelang dewasa juga terlihat dari bentuk Sub DAS yang lonjong dengan tingkat kerapatan aliran yang cukup rapat (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa hasil aktivitas masa lalu (proses endogen/struktur geologi) masih memberikan pengaruh yang cukup kuat terhadap morfologi yang ada saat ini, terutama di Sub DAS Hulu sedangkan di Sub DAS hilir aktivitas eksogen lebih banyak memberikan perubahan morfologi (Gambar 3). Bentuk Sub DAS lonjong dengan kerapatan aliran yang cukup rapat dapat mengakibatkan terjadinya luapan limpasan aliran permukaan pada saat terjadi debit puncak aliran, di musim penghujan. Curah hujan tahunan rata-rata sebesar 2900 mm/tahun dengan maximum rata-rata 4386 mm/tahun dan minimum sebesar 1710 mm/thn. Hari hujan rata-rata tahunan sebesar 119 hari dengan jumlah maximum hari hujan rata-rata sebesar 151 hari dan minimum sebesar 79 hari.

B. Struktur Geologi

Struktur geologi yang terjadi di daerah penelitian adalah sesar mendatar (*strike slip fault*) yang berpasangan dengan arah NE-SW dan NW-SE (Gambar 6). Periode pensesaran terjadi pada kala Plio-Plistosen (Calvert dan Hall, 2007). Hasil pengukuran *strike/dip* kekar pada satuan tufa menunjukkan arah utama tegasan/tekanan yang menyebabkan terjadinya sesar mendatar adalah N-S. Arah tegasan utama N-S searah dengan arah tegasan utama dari sesar Sulawesi aktif, yaitu sesar Palu Koro (Walpersdorf dan Vigny, 1998). Aktivitas sesar Palu Koro aktifkan mempengaruhi stabilitas batuan yang telah tersesarkan di daerah penelitian. Sesar mengakibatkan penurunan *shear strength* batuan dan meningkatkan *shear stress*, sehingga batuan oleh aktivitas iklim dan getaran oleh aktivitas sesar aktif dapat mengakibatkan pergerakan massa, berupa longsoran.



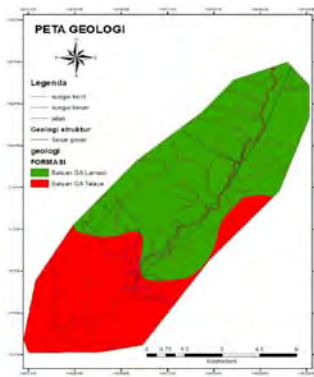
Gambar 5. Bentuk Sub DAS lonjong



Gambar 6. Pola struktur yang berkembang berupa sesar mendatar.

C. Litologi dan Tanah

Formasi batuan yang menyusun daerah penelitian adalah Formasi Talaya (Tmtv) yang berumur Miosen Tengah – Pliosen dan Formasi Lamasi (Toml) yang berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal (Hadiwijoyo *et al.* 1993; Ratman dan Atmawinata 1993). Formasi Talaya tersusun atas litologi; breksi gunungapi, lava andesitik-basaltik dengan sisipan batupasir, napal dan setempat batubara. Sedangkan Formasi Lamasi terdiri dari litologi; tufa, lava, breksi gunungapi bersusunan andesit-dasit, setempat bersisipan batupasir gampingan dan serpih. Sebagian besar daerah hulu disusun oleh litologi dari Formasi Lamasi, sedangkan bagian hilir oleh Formasi Talaya (Gambar 7). Litologi yang dijumpai di lapangan adalah satuan tufa, satuan breksi vulkanik, satuan lava andesitik-basaltik dan serpih. Hampir semua litologi telah mengalami pengkekarandan satuan tufa adalah litologi yang paling kuat mengalami penurunan *shear strength* (Gambar 8). Hal ini disebabkan karena tufa yang terbentuk dari hasil aktivitas vulknik secara eksplosif, tersusun oleh partikel berukuran fraksi liat dan debu, bertekstur halus, porositas tinggi, dan sejumlah besar mineral liat sebagai matriks (Le Maitre *et al.*, 2004; Wedekind, *et al.*, 2013). Tanah yang menyusun lokasi penelitian adalah orde tanah Ultisol (Peta Landsystem Sulawesi Selatan). Ultisol adalah tanah yang mengandung mineral kaolinit dan oksida besi (Soil Survey Staff, 1975). Jenis tanah ini mudah mengalami penjuhan akibat proses infiltrasi air permukaan, sehingga dapat menambah beban pada litologi tufa.



Gambar 7. Batuan hasil aktivitas vulkanik mendominasi daerah penelitian



Gambar 8. Litologi tufa yang telah mengalami penurunan kestabilan.

D. Hubungan faktor litologi dengan tipe dan pola longsoran

Longsoran yang terjadi di lapangan umumnya terjadi dan dipicu oleh pergerakan satuan tufa. Hal ini disebabkan karena satuan tufa telah mengalami penurunan *shear strength* yang cukup besar. Banyaknya rekahan (*joint*) pada satuan tufa menambah penurunan kestabilan batuan. Kestabilan batuan menjadi sangat rendah akibat proses pelapukan batuan berjalan intensif dari permukaan batuan dan dari internal batuan akibat rekahan. Tekstur halus material satuan tufa juga mempercepat penurunan kestabilan batuan (Comegna, et al., 2013; Regmi et al., 2013). Tekstur halus, terutama yang berukuran liat, memiliki permukaan kristal mineral yang luas sehingga reaksi kimia dan fisika akibat interaksi dengan air tanah mengakibatkan meningkatnya *shear stress*.

Longsor yang terjadi menghasilkan dua bentuk bidang lurur, yaitu bidang datar-cembung dan bidang cekung. Longsoran bidang lurur cekung cenderung dihasilkan dari pergerakan litologi yang sejenis, atau litologi dengan tingkat kerapuhan yang sama. Litologi yang sejenis dengan tingkat *shear strength* yang berbeda, akan menimbulkan daya tarik lemah pada saat terjadi pergerakan akibat meningkatnya *shear stress*, sehingga bidang lurur yang dihasilkan cenderung membentuk

bidang cekung, seperti pada satuan tufa di daerah penelitian (Gambar 9). Bidang datar-cembung dihasilkan dari litologi yang berbeda, yaitu satuan tufa dan satuan breksi vulkanik. Massa yang berbeda tidak memiliki daya ikat satu sama lain, sehingga pergerakan salah satu massa/litologi tidak banyak mempengaruhi massa/litologi yang lainnya (satuan tufa berada di atas satuan breksi vulkanik), apalagi bila litologi yang ada di bawahnya lebih massif, sehingga bidang yang dihasilkan cenderung membentuk bidang datar-cembung (Gambar 10). Energi massa longsoran pada bidang datar-cembung lebih besar dibanding bidang cekung, sehingga daya rusak yang dihasilkan akan lebih besar (Chatwin, et al., 1994;). Tipe pergerakan longsor yang dominan adalah tipe longsoran (*sliding*), dengan tipe material adalah *rock slide* pada satuan tufa dan *debris slide* pada percampuran material tanah dan tufa.



Gambar 9. Pergerakan massa pada litologi yang sama menimbulkan bidang lurcur berbentuk cekung. A dan C pada litologi tufa, dan B pada litologi breksi vulkanik.



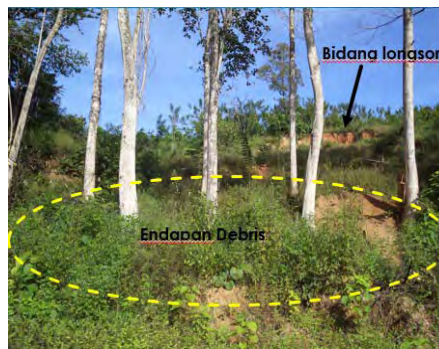
Gambar 10. Pergerakan massa pada dua litologi tufa dan breksi vulkanik) yang berbeda menghasilkan bidang luncuran berbentuk cembung.

Bentuk lembah V-V tumpul mengakibatkan material longsoran dengan cepat masuk ke dalam tubuh sungai dan membentuk bendungan alami. Bertambahnya volume air sungai pada saat musim penghujan dapat menghancurkan bendungan alami dari material longsoran (debris deposit), sehingga terbentuklah pola pergerakan massa debris dengan percampuran luapan air sungai membentuk banjir bandang dengan daya rusak yang luar biasa. Daya rusak akan bertambah jika model Sub DAS berbentuk lonjong dengan tingkat kerapatan aliran yang tinggi (Paimin dkk, 2009). Hal ini disebabkan karena energi aliran debris akan terus bertambah pada celah yang sempit dan panjang, sehingga luapan terbesar akan berdampak pada daerah dibagian hilir, yang merupakan outlet saluran.

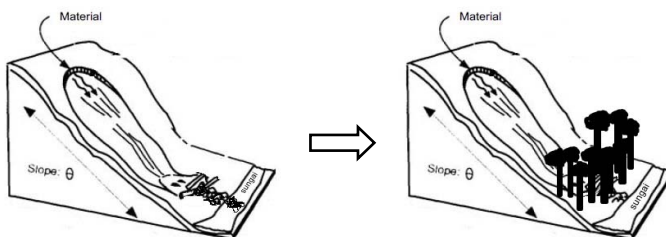
E. Model tindakan mitigasi

Longsoran telah menimbulkan korban jiwa di Dusun Salo Lebbo, dimana pada saat terjadi banjir bandang terdapat 4 orang meninggal dunia, 1 orang hilang, 339 kepala keluarga kehilangan tempat tinggal dan rusaknya berbagai fasilitas umum. Perencanaan dan tindakan mitigasi yang tepat diharapkan dapat mencegah dan mengurangi dampak bencana yang mungkin terjadi dikemudian hari.

Tindakan mitigasi yang terbaik untuk menanggulangi bencana longsor adalah dengan memanfaatkan fasilitas yang terdapat di alam. Hal ini akan mengurangi biaya besar yang ditimbulkan dengan aplikasi metode mekanik. Pengamatan lapangan telah memberikan bukti bahwa penerapan metode vegetatif (aplikasi tanaman pepohonan berdiameter > 50cm) di daerah tekuk lereng telah membantu menahan material longsor (Gambar 11). Tanaman pohon dengan diameter >50cm dapat dijadikan *barrier* pada daerah tekuk lereng (Gambar 12). Massa longsor yang besar dapat tertahan dan mengalami pelemahan daya/energi kinetik, hingga akhirnya terendapkan. Hal ini juga dapat mencegah/mengurangi masuknya material debris ke tubuh saluran, sehingga sungai tidak mengalami pembendungan alami dan akumulasi air dalam jumlah yang berlebih tidak terjadi.



Gambar 11. Konservasi alami secara vegetatif dalam memecah energi longsor dan mencegah material masuk ke tubuh sungai.



Sumber: hasil modifikasi

Gambar 12. Model teknik konservasi vegetatif yang dapat dikembangkan untuk mengurangi energi longsor.

IV. KESIMPULAN

1. Litologi yang paling besar mengalami penurunan *shear strenght* di lokasi penelitian adalah satuan tufa dan menjadi pemicu pergerakan massa dengan tipe pergerakan *rock slide* dan *debris slide*. Pergerakan massa membentuk bidang cekung pada litologi yang sejenis yang telah mengalami perbedaan kestabilan. Sedangkan pergerakan massa membentuk bidang cembung pada litologi yang berbeda jenis dengan tingkat kestabilan litologi lebih massif pada bagian bawah.
2. Kerentanan tipe batuan terhadap pergerakan massa dapat dihindari pergerakannya dengan penerapan metode vegetatif pada daerah tekuk lereng untuk mengurangi dampak yang terjadi.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi (Dikti) dan LP2M Unhas atas bantuan dana yang diberikan, sehingga penelitian dapat berjalan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Blair, Jr. R. B. 2003. *Geomorphology: Boundaries Between media*. I. S. Evans, R. Dikau, E. Tokunaga, H. Ohmori and M. Hirano (Eds). In *Concepts and Modelling in Geomorphology: International Perspectives*. Terrapub. Tokyo. Pp: 33-42.
- Bobos, I., J. Duplay, J. Rocha, C., Gomes. 2001. Kaolinite to halloysite-7Å transformation in the kaolin deposit of Sao Vicente De Pereira, Portugal. *Clay and Clay Minerals Journal*. Vol. 49. No. 6. 596-607.
- Brindley, G.W., J. Goodyear. 1948. X-ray Studies of Halloysite and Metahalloysite, Part II: the transition of halloysite to metahalloysite in relation to relative humidity. University of Leeds.
- Chatwin, S.C., D.E. Howes, J.W. Schwab, D.N. Swanston. 1994. *A Guide for Management of Landslide-Prone Terrain in the Pacific Northwest*. Second Edition. Research Program Ministry of Forests. United States. Pp. 229.

- Comegna, L., L. Picarelli, E. Bucchignani, P. Mercogliano. 2013. Potential effects of incoming changes on the behavior of slow active landslides in clay. *Journal of the International Consortium on Landslides*. Springer. Vol.10. No.4.
- Dubis, L., I. Kovalchuk, A. Mykhnovych. 2006. *Studia Geomorphological Carpatho-Balcanica Landform Evolution in Mountain Areas; Extreme geomorphic processes in the Eastern Carpathians: spectrum, causes, development, activation and intensity*. Vol. XL. Pp:93-106.
- Hadiwijoyo, S., Sukarna, D. & Sutisna, K. 1993. *Geology of the Pasangkayu Quadrangle, Sulawesi*. (Quadrangle 2014) Scale 1:250,000. Geological Research and Development Centre, Bandung, Indonesia.
- Kanungo, D.P., M.K. Arora, S. Sarkar, R.P. Gupta. 2009. Landslides susceptibility zonation (LSZ) mapping-a review. *Journal of South Asia Disaster Studies*. Vol.2. No.1. Pp; 81-105.
- Le Maitre RW, Streckeisen A, Zanettin B (eds) (2004) *Igneous rocks: a classification and glossary terms*. Cambridge University Press, Cambridge
- Lee, S., Chwae, U., Min, K. 2002. Landslide susceptibility mapping by correlation between topography and geological structure: the Janghung area. Korea. *Geomorphology* 46 (3-4). Pp:149-162.
- Paimin, Sukresno, I.B. Pramono. 2009. *Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor*. Penerbit Tropenbos International Inonesia Programme.
- Ratman, N. & Atmawinata, S. 1993. *Geology of the Mamuju Quadrangle, Sulawesi*. Scale 1:250,000. Geological Research and Development Centre, Bandung, Indonesia.
- Regmi, A.D., K. Yoshida, M.R. Dhital, K. Devkota. 2013. Effect of rock weathering, clay mineralogy, and geological structures in the

formation of large landslides, a case study from Dumre Besei landslides, Lesser Himalaya Nepal. *Landslides Journal*. Springer-Verlag.

Republika. 2014. Tiap Tahun Jumlah Penduduk Indonesia Bertambah Empat Juta.

<http://www.republika.co.id/berita/nasional/jabodetabek-nasional/14/05/01/n4uwpk-tiap-tahun-jumlah-penduduk-indonesia-bertambah-empat-juta>. 1 mei 2014. Diakses 8 Agustus 2014.

Ritter, D.F. 1986. *Process Geomorphology*. W.C. Publisher. United States of America. Pp:578.

Safaei, M., H. Omar, B.K. Huat, Z.B.M. Yousof. 2012. Relationship between lithology factor and landslide occurrence based on information value (IV) and frequency ratio (FR) approaches-case study in North of Iran. *EJGE*. Vol. 17. Pp: 79-90.

Soil Survei Staff. 1975. *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Agriculture Handbook No.436. United States. Pp:754.

Walpersdorf, C. P. Manurung. 1998. Monitoring of the Palu Koro Fault (Sulawesi) by GPS. *Geophysical Research Letters*. Vol. 25. No. 13. Pp. 2313-2316.

Wedekind, W., R. Lopez-Doncel, R. Dohrmann, M. Kocher, S. Siegesmund. 2013. Weathering of volcanic tuff rocks caused by moisture expansion. *Environ Earth Sci*. 69:1203-1224.

KESESUAIAN KARAKTERISTIK AGROFORESTRI UNTUK PENGELOLAAN DAS TERPADU DI DAS RENGUNG, PULAU LOMBOK¹

Oleh :

Markum^{a)}, Alfian Pujian Hadi^{b)}, Suyono^{c)}, dan Muktar^{d)}

a) Dosen Program Studi Kehutanan Universitas Mataram, Jl. Majapahit 62 Mataram

²⁾ Dosen FKIP Universitas Muhammadiyah, Jl. KH A. Dahlan Mataram

³⁾ Direktur Lembaga Transform, Jl. Raden Panji A4, Mataram

⁴⁾ Staf Senior Lembaga Transform, Jl. Raden Panji A4, Mataram

ABSTRAK

Sebagian besar kawasan DAS Rengung meliputi area pertanian yang dikelola menggunakan sistem agroforestri. Keragaman penerapan sistem agroforestri di DAS Rengung tidak terlepas adanya pengaruh perubahan penggunaan lahan maupun dinamika sosial setempat. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik agroforestri di wilayah hulu, tengah, dan hilir di DAS Rengung dari aspek lingkungan (keanekaragaman tumbuhan dan cadangan karbon) dan aspek ekonomi (penghasilan petani). Metode pengumpulan data yang digunakan untuk mengetahui keanekaragaman tumbuhan dan cadangan karbon melalui pengukuran pada tingkat plot dan wawancara dengan petani untuk aspek ekonomi. Alat analisis yang digunakan untuk pengukuran cadangan karbon menggunakan metode RaCSA (*Rapid Carbon Stock Appraisal*); untuk mengetahui indeks keanekaragaman tumbuhan menggunakan indeks Simpson, dan penghasilan petani menggunakan analisis biaya pendapatan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Agroforestri di wilayah hulu rata-rata cadangan C pada berbagai pola agroforestri sebesar 140Mg ha⁻¹, lebih besar dibandingkan dengan di wilayah tengah dan hilir masing-masing 63Mg ha⁻¹ dan 50Mg ha⁻¹. Demikian pula dalam hal keanekaragaman tumbuhan, berdasarkan indeks Simpson, wilayah hulu memiliki rata-rata nilai indeks 0,55 sedangkan tengah 0,43 dan hilir 0,43. Namun hal sebaliknya terjadi pada aspek ekonomi, wilayah hulu justru menempati nilai terkecil yaitu rata-rata 10,7 juta ha⁻¹ tahun⁻¹ dibandingkan dengan wilayah tengah 21,1 juta ha⁻¹ tahun⁻¹ dan hilir 16,7 juta ha⁻¹ tahun⁻¹. Salah satu penyebabnya adalah, pemanfaatan agroforestri di wilayah hulu hanya bersumber dari hasil bukan kayu (buah-buahan, cokelat dan kopi). Dalam konteks pengelolaan DAS terpadu di DAS Rengung, penerapan sistem agroforestri menjadi hal yang penting, karena telah terjadi perubahan penggunaan lahan yang cepat di kawasan ini. Pola agroforestri seperti DMB, DMR, AGC, merupakan pilihan yang baik untuk diterapkan di wilayah tengah dan hilir. Sedangkan di wilayah hulu pola DMS teruji baik dalam perannya cadangan karbon dan mempertahankan keanekaragaman hayati, namun penerapannya masih perlu langkah-langkah optimalisasi untuk manajemen lahan di kawasan hutan.

Kata Kunci: Karakteristik, Agroforestri, DAS Rengung

¹ Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

DAS Renggung adalah salah satu DAS yang ada di Pulau Lombok, mencakup beberapa wilayah kecamatan yang ada di Kabupaten Lombok Tengah. Sebagian besar kawasan DAS ini meliputi area pertanian, dimana di wilayah hulu, lahan pertanian dikelola menggunakan sistem agroforestri, dengandominasi tanaman kayu dan MPTS (*Multi Purpose Trees Species*). Sedangkan untuk di wilayah tengah dan hilir sistem agroforestri menerapkan kombinasi beberapa beberapa jenis tanaman, antara lain dominan tanaman mahoni, jati, turi, dan buah-buahan.

Salah satu fungsi strategis DAS Renggung adalah, di wilayah tengah dan hilir merupakan sentra pengembangan tambakau virginia yang menjadi tumpuan hidup sebagian besar masyarakat di kabupaten Lombok Tengah. Namun demikian, saat ini ada beberapa permasalahan utama, yang jika tidak ditangani dengan serius akan berpotensi menjadi permasalahan krusial dalam waktu jangka panjang, diantaranya adalah : 1) Semakin terbatasnya sumber daya air, 2) Semakin menurunnya produksi pertanian dan3) adanya fenomena perubahan iklim yang tidak bisa diduga yang sewaktu-waktu dapat mengancam gagal panen (Dinas Perkebunan NTB, 2012). Tantangannya adalah bagaimana mengelola sumberdaya lahan yang ada dengan mengoptimalkan produksi yang memadai, namun juga mendukung perbaikan kualitas lingkungan, memperkaya keanekaragaman hayati yang adaptif terhadap perubahan iklim.

Sistem agroforestri di DAS Renggung dinilai berperan penting sebagai salah satu sistem penyangga lingkungan, khususnya untuk mempertahankan fungsi hidrologi dan keanekaragaman hayati. Sebagaimana menurut (Hairiah *et al.*, 2002; Suprayogo, 2004) menyatakan bahwa dalam beberapa contoh, praktik sistem agroforestri telah mampu memulihkan fungsi layanan ekosistem dengan baik . Sumber lain (Dewenter *et al.*, 2007; Thomson *et al.*, 2011) menegaskan bahwa agroforestri memiliki potensi sebagai solusi *trade-offs*, untuk memadukan praktik konservasi lingkungan dan sekaligus meningkatkan ekonomi dalam pengelolaan sumber daya alam. Tujuan penelitian yaitu 1) mengidentifikasi keragaman sistem agroforestri di

wilayah hulu, tengah dan hilir 2) mengetahui karakteristik sistem agroforestri terhadap keanekaragaman spesies tanaman, cadangan karbon dan penghasilan petani.

II. METODOLOGI

Lokasi penelitian dilaksanakan di wilayah hulu, tengah dan hilir DAS Renggung Kabupaten Lombok Tengah, pada koordinat 116°,28'-116°,40' BT dan 8°,50'-8°,89' LS. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei-Juli Tahun 2012. Ada tiga variabel yang dianalisis dalam penelitian yaitu: keanekaragaman spesies tumbuhan, cadangan karbon dan pendapatan petani. Teknik pengukuran keanekaragaman spesies tumbuhan dan cadangan karbon pada sistem agroforestri dilakukan pada level plot, yaitu plot besar berukuran 20 m × 50 m, plot sedang berukuran 4 m × 25 m, dan plot kecil berukuran 1 m × 1 m. Jumlah plot keseluruhan adalah 14 plot, masing-masing untuk wilayah hulu 4 plot, wilayah tengah 5 plot dan wilayah hilir 5 Plot. Analisis tingkat keanekaragaman spesies tumbuhan digunakan indeks :

$$D' = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

Dimana: D'= indeks diversitas (0-1), ni = proporsi spesies ke-i, n = Jumlah total individu spesies. Cadangan karbon yang dihitung pada penelitian ini adalah cadangan C pada biomasa pohon, tanaman bawah tegakan, nekromasa, seresah dan tanah. Perhitungan biomasa cadangan karbon pada pohon menggunakan persamaan allometrik (Tabel 1). Cadangan karbon tanaman bawah tegakan, nekromasa dan seresah dihitung berdasarkan berat kering biomasa dikalikan dengan konsentrasi karbon dalam bahan organik sebesar 46% (Hairiah dan Subekti, 2011). Untuk mengetahui pendapatan petani dari praktik agroforestri, digunakan analisis biaya dan pendapatan.

Tabel 1. Persamaan allometrik untuk pengukuran cadangan karbon pada pohon (Hairiah, 2011)

Jenis Pohon	Allometric equation	Sumber
Pohon bercabang	$B = 0.0509\rho D^2H$	Chave et al., 2005
Pohon bercabang	$B = \rho \cdot \exp(-1.499 + 2.148 \ln(D) + 0.207(\ln(D))^2)$	Chave et al., 2005 (jika hanya ada data diameter pohon)
Pohon tidak bercabang	$B = (\pi/40) \rho H D^2$	Hairiah., 2002
Nekromasa (pohon mati)	$B = (\pi/40) \rho H D^2$	Hairiah., 2002
Kopi	$B = 0.281D^{2.05}$	Arifin, 2001, van Noordwijk, 2002
Kakao	$B = 0.1208D^{1.98}$	Yuliasmara et al., 2009
Pisang	$B = 0.030D^{2.13}$	Arifin, 2001, van Noordwijk, 2002

Keterangan : B = Berat Kering (Kg pohon-1), H = Tinggi tanaman (cm), ρ = Kerapatan atau berat Jenis kayu (mgm^{-3} , kgdm^{-3} atau gcm^{-3}), D = Diameter (cm) setinggi dada (1.3 m), BA = Basal area (cm^2)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Agroforestri

Beberapa pola yang telah dikembangkan masyarakat di wilayahhulu DAS Renggungdiantaranya agroforestricampuran dominan kopi di lahanHKm, agroforestri kebun campurandan sistem tumpang sari (*alley cropping*) di lahan milik.Keragaman jenis tanaman di wilayah hulu cukup tinggi dan berimplikasi pada semakin bervariasinya hasil produk. Sistem agroforestri yang dikembangkan oleh masyarakat di wilayah tengah dan hilir DAS Renggung, merupakan kombinasi tanaman kayu dan MPTS, dengan dominan areal untuk tanaman pangan (*farm based agroforest*). Dari sebanyak 14 plot pengamatan keragaman agroforestri, masing-masing wilayah dicirikan oleh kombinasi tanam dan jenis tanaman dominan yang khas (Tabel 2).

Tabel 2. Karakteristik agroforestri yang diteliti pada setiap wilayah di DAS Renggung

Wilayah	Pola Agroforestri	Tanaman Dominan	Keterangan
Hulu	Agroforestri dominan tanaman kopi (DMK)	Kopi	Hak kelola (dalam kawasan hutan)
	Agroforestri campuran dominan MPTS di Lahan HKm (DMS-1)	Buah-buahan (Cokelat, Durian, Alpukat)	Hak kelola
	Agroforestri campuran dominan MPTS di lahan milik (DMS-2)	Buah-buahan (Cokelat, Durian, Alpukat)	Hak Milik
	Agroforestri sederhana di lahan pertanian (sawah) (AGS)	Tanaman pangan	Hak milik
	Agroforestri campuran dominan buah-buahan (DMB)	Buah-buahan (Mangga)	Hak milik
Tengah	Agroforestri dominan Jati (DMJ)	Jati	Hak milik
	Agroforestri dominan mahoni (DMM)	Mahoni	Hak milik
	Agroforestri dominan turi (DMR)	Turi	Hak milik
Hilir	Agroforestri dominan buah-buahan (DMB)	Buah-buahan	Hak milik
	Agroforestri dominan Jati (DMJ)	Jati	Hak milik
	Agroforestri dominan mahoni (DMM)	Mahoni	Hak milik
	Agroforestri dominan turi (DMR)	Turi	Hak milik

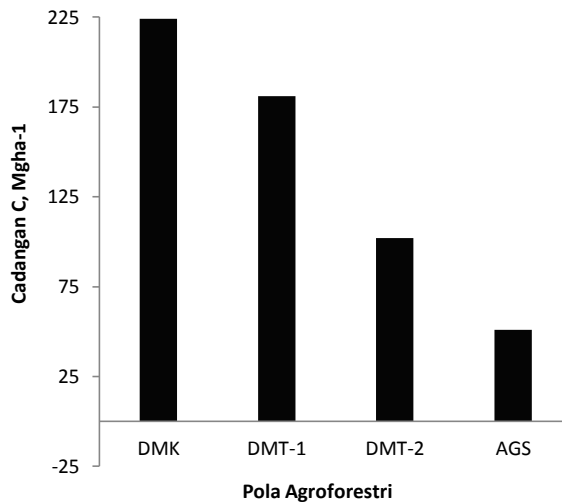
Sumber: Data primer, 2012.

Agroforestri di kawasan hulu terdapat di kawasan hutan dan di luar kawasan hutan. Lahan di kawasan hutan merupakan sistem hak kelola melalui skema Hutan Kemasyarakatan (HKM). Pola agroforestri di dalam kawasan hutan dicirikan oleh dominan tanaman kopi dan campuran dengan dominan tanaman buah-buahan. Tipologi tersebut juga mirip yang diidentifikasi di lahan milik di wilayah hulu, namun perbedaannya, untuk lahan milik sebagian lahan digunakan untuk budidaya tanaman semusim secara intensif.

Agroforestri di wilayah tengah dicirikan oleh kebun campuran dengan dominasi tanaman kayu dan buah-buahan. Tanaman kayu yang banyak dibudidayakan adalah mahoni, jati dan sengon, sedangkan tanaman buah-buahan di dominasi oleh mangga. Tanaman turi banyak ditanam oleh petani sebagai tanaman sela di areal persawahan. Agroforestri di wilayah hilir memiliki kesamaan dengan di wilayah tengah, perbedaannya adalah di wilayah hilir penggunaan air tergantung pada tadah hujan.

Cadangan Karbon

Berdasarkan hasil analisis, jumlah cadangan karbon pada sistem agroforestri di wilayah hulu, jumlah cadangan C tertinggi terdapat pada agroforestri dominan kopi (224Mg ha^{-1}), dan cadangan karbon terendah terdapat pada agroforestri sederhana dengan sistem *alley cropping* (51Mg ha^{-1}) (Gambar 1).

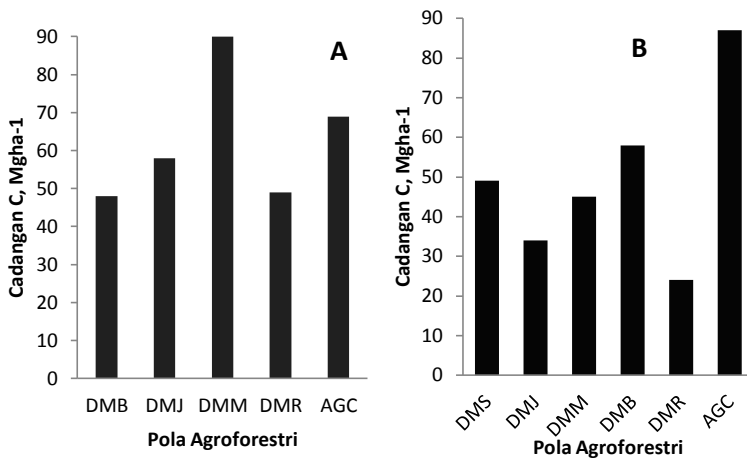


Gambar 1. Jumlah cadangan C pola agroforestri di wilayah hulu
 Keterangan: DMK:Agroforestri dominan kopi; DMT-1: Agroforestri campuran di kawasan HKm, DMT-2: Agroforestri campuran di lahan milik, AGS: Agroforestri sederhana

Salah satu faktor yang menyebabkan cadangan C di wilayah hulu relatif lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah tengah dan hilir adalah C pada tanah. Hasil perhitungan C organik tanah menunjukkan kandungan tertinggi terdapat di kebun campuran di lahan HKm sebesar 3,27 % sedangkan kandungan C organik tanah terendah terdapat pada agroforestri sederhana (1,76 %). Perubahan penggunaan lahan dari sistem agroforestri kebun campuran ke sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di wilayah hulu telah menurunkan jumlah C organik tanah sebesar 1,5 %.

Di wilayah tengah jumlah cadangan C pada semua pola agroforestri lebih rendah dibandingkan dengan di wilayah hulu, berkisar 48–92 Mg ha⁻¹, tertinggi terdapat pada agroforestri dominan Mahoni, dan terendah terdapat pada agroforestri dominan Mangga. Hasil analisis cadangan C pada wilayah hilir berkisar antara 24 Mg ha⁻¹– 87 Mg ha⁻¹, tidak berbeda jauh dengan di wilayah tengah. Namun perbedaan yang

cukup mencolok adalah di wilayah hilir, nilai tertinggi terdapat pada agroforestri campuran (Gambar 2.)



Gambar 2. Cadangan Karbon di Wilayah Tengah (A) dan Hilir (B)

Keterangan: DMB: Agroforestri dominan mangga, DMJ : Agroforestri dominan Jati, DMM : Agroforestri dominan mahoni, DMR : Agroforestri dominan turi, AGC : Agroforestri campuran, DMS : Agroforestri dominan sengon,

Faktor kecilnya kandungan C organik tanah merupakan penyebab rendahnya cadangan C pada agroforestri di kedua wilayah tersebut. Kisaran kandungan C organik tanah di wilayah tengah adalah 0,59-1,25%. C organik tertinggi terdapat pada sistem agroforestri dominan sengon dengan nilai sebesar 1,25 % sedangkan C organik tanah terendah terdapat pada agroforestri turi sebesar 0,59 %. Perbedaan jumlah C organik tanah pada setiap lahan disebabkan oleh adanya perbedaan perlakuan petani dalam pengelolaan lahan. Semakin intensif tanah dikelola, cenderung jumlah C organik tanah menjadi berkurang. Kandungan C organik tanah di wilayah hilir berkisar 0,59-1,02%. Kandungan C organik tanah tertinggi terdapat pada sistem agroforestri jati dengan nilai sebesar 1,02 %, sedangkan C organik tanah terendah terdapat pada agroforestri turi sebesar 0,59 %.

Keanekaragaman Spesies Tanaman

Hasil perhitungan indeks keanekaragaman menunjukkan keanekaragaman tertinggi pada tingkat pohon di Wilayah Hulu terdapat pada sistem agroforestri campuran di HKm dengan nilai sebesar 0,75. Nilai ini tidak berbeda dengan hasil penelitian (Prayitno *et al.* 2001; Markum *et al.* 2013). Sedangkan nilai indeks terendah terdapat pada sistem agroforestri sederhana sebesar 0,31. Di Wilayah Tengah, keanekaragaman tertinggi terdapat pada sistem agroforestri mahoni dengan nilai 0,61. Keanekaragaman terendah terdapat pada agroforestri turi sebesar 0,12. Di Wilayah Tengah, Turi merupakan tanaman dominan yang dikembangkan masyarakat. Rendahnya nilai indeks biodiversitas karena pada agroforestri Turi hanya terdapat beberapa tanaman seperti turi dan mahoni dengan dominasi tanaman turi hampir 95 %. Sedangkan di wilayah hilir, indeks keanekaragaman tertinggi terdapat pada sistem agroforestri Jati dengan nilai 0,60. Hasil analisis pada beberapa lokasi penelitian yang menerapkan pola agroforestri Jati di Wilayah Hilir, selain Jati sebagai tanaman dominan, terdapat juga jenis lain seperti kelapa, pisang, mahoni dan tanaman lainnya yang ditanam secara berselang pada lahan (Tabel 3).

Pendapatan petani

Besarnya indeks keanekaragaman spesies tanaman, tidak berkorelasi dengan nilai pendapatan. Pada pola agroforestri yang memiliki indeks keanekaragaman tinggi seperti DMS-1, DMM dan DMJ, ternyata menghasilkan pendapatan yang relatif kecil dibandingkan dengan pola agroforestri yang lain. Pola agroforestri yang ada di tengah dan di hilir menghasilkan pendapatan bagi petani lebih tinggi dibandingkan dengan di hulu (Tabel 3).

Tabel 3. Indeks keanekaragaman spesies tanaman pada wilayah hulu, tengah dan hilir di DAS Renggung

Wilayah	Pola Agroforestri	Indeks Keanekaragaman ()	Pendapatan Petani Rp ha ⁻¹ th ⁻¹
Hulu	DMK	0,45	4.806.041
	DMS-1	0,75	5.447.205
	DMS-2	0,70	20.123.284
	AGS	0,31	12.590.428
	Rata-rata	0,55	10.741.740
Tengah	DMB	0,48	21.946.022
	DMJ	0,43	38.537.192
	DMM	0,61	14.496.458
	AGC	0,52	14.228.698
	DMR	0,12	16.447.721
	Rata-rata	0,43	21.131.218
Hilir	DMB	0,52	17.319.429
	DMJ	0,60	13.978.158
	DMM	0,32	20.956.846
	DMS	0,34	14.969.750
	DMR	0,21	26.557.832
	AGC	0,58	6.374.565
	Rata-rata	0,43	16.692.763

Sumber: Data primer, 2012.

DMK:Agroforestri dominan kopi; DMT-1: Agroforestricampuran di kawasan HKm, DMT-2: Agroforestri campuran di lahan milik, AGS : Agroforestrisederhana DMB : Agroforestri dominan mangga, DMJ:Agroforestri dominan Jati, DMM: Agroforestri dominan mahoni,

Tabel 3 di atas menegaskan bahwa agroforestri di kawasan hutan dengan skema HKm untuk kasus DAS Renggung, memiliki hasil terendah dibandingkan dengan pola agroforestri yang lain. Penyebabnya selain karena produktivitas hasil-hasil hutan non kayu yang masih belum optimal, juga status fungsi kawasan hutan adalah hutan lindung, sehingga petani dilarang memanfaatkan hasil kayunya.

Mengingat posisi kawasan hutan di wilayah hulu berperan strategis bagi penyangga lingkungan di wilayah tengah dan hilir, maka pemikiran pemberian insentif jasa lingkungan untuk perlindungan kawasan di wilayah hulu menjadi relevan (Pagiola *et al.*, 2005; Aerts *et al.*, 2011).

Berdasarkan hasil analisis cadangan karbon, indeks keanekaragaman spesies dan pendapatan petani, menunjukkan, bahwa setiap wilayah di kawasan DAS memiliki pola agroforestri yang khas. Agroforestri dengan dominan kayu (jati, mahoni, dan sengon) menjadi kecenderungan pilihan petani saat ini, khususnya di wilayah tengah dan hilir. Faktor penerimaan yang tinggi menjadi alasan petani untuk menetapkan pilihan pola tersebut. Namun pola agroforestri dengan dominan kayu, jika dicermati nilai indeks keanekaragaman spesies tanaman lebih rendah dibandingkan dengan pola agroforestri campuran.

Pilihan kedua yang diminati oleh petani saat ini adalah kombinasi tanaman semusim (tembakau dan padi) dengan tanaman turi (DMR). Tanaman turi di Lombok dibutuhkan sebagai bahan energi pengovenan tembakau virginia. Sejak dicabutnya subsidi minyak tanah, bahan bakar pengomprongan tembakau beralih dari minyak tanah ke kayu bakar. Diperkirakan kebutuhan kayu untuk pengovenan tembakau mencapai 640.000 m³ setiap tahun (Dinas Kehutanan Provinsi NTB, 2014). Kondisi ini tentu menjadi ancaman serius bagi perlindungan kawasan hutan dan lingkungan secara umum. Oleh karena itu, pola agroforestri yang mengkombinasikan tanaman turi, adalah salah satu pilihan yang baik dalam kontribusinya terhadap pendapatan petani dan pelestarian lingkungan.

Dalam konteks pengelolaan DAS terpadu di DAS Renggang, penerapan sistem agroforestri menjadi hal yang penting, ketika secara gradual telah terjadi perubahan penggunaan lahan yang cukup cepat di kawasan ini. Pembangunan BIL (Bandara Internasional Lombok) dengan segala ikutan infrastrukturnya, termasuk pembangunan perumahan di sekitarnya, merupakan salah satu penyebab perubahan penggunaan lahan yang masif di kawasan DAS ini. Pola agroforestri seperti DMB, DMR, AGC, merupakan pilihan yang baik untuk

diterapkan di wilayah tengah dan hilir. Sedangkan di wilayah hulu pola DMS teruji baik dalam perannya cadangan karbon dan mempertahankan keanekaragaman hayati, namun masih perlu langkah-langkah optimalisasi untuk manajemen lahan di kawasan hutan.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian adalah, bahwasan masing-masing wilayah (hulu, tengah dan hilir) di DAS Renggunng memiliki karakteristik pola agroforestri yang khas yang berimplikasi pada perbedaan dalam jumlah cadangan C, indeks keanekaragaman spesies tanaman, dan pendapatan petani. Agroforestri di wilayah hulu rata-rata cadangan C pada berbagai pola agroforestri sebesar 140 Mg ha⁻¹, lebih besar dibandingkan dengan di wilayah tengah dan hilir masing-masing 63 Mg ha⁻¹ dan 50 Mg ha⁻¹. Demikian pula dalam hal keanekaragaman tumbuhan, berdasarkan indeks, wilayah hulu memiliki rata-rata nilai indeks Simpson 0,55 sedangkan tengah 0,43 dan hilir 0,43. Namun hal sebaliknya terjadi pada aspek ekonomi, wilayah hulu menempati nilai terkecil rata-rata 10,7 juta ha⁻¹ tahun⁻¹ dibandingkan dengan wilayah tengah 21,1 juta ha⁻¹ tahun⁻¹ dan hilir 16,7 juta ha⁻¹ tahun⁻¹. Salah satu penyebabnya adalah, pemanfaatan agroforestri di wilayah hulu yang berada di kawasan hutan hanya bersumber dari hasil bukan kayu (buah-buahan, coklat dan kopi). Dalam konteks pengelolaan DAS terpadu di DAS Renggunng, penerapan sistem agroforestri menjadi hal yang penting, karena telah terjadi perubahan penggunaan lahan yang cepat di kawasan ini. Pola agroforestri seperti DMB, DMR, AGC, merupakan pilihan yang baik untuk diterapkan di wilayah tengah dan hilir. Sedangkan di wilayah hulu pola DMS teruji baik dalam perannya cadangan karbon dan mempertahankan keanekaragaman hayati, namun penerapannya masih perlu langkah-langkah optimalisasi untuk manajemen lahan di kawasan hutan.

DAFTAR PUSTAKA

Aerts, R. and O. Honnay, 2011. Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. *BMC ecology*.11(29):1-10

- Dewenter, I.S., M. Kessler, J. Barkmann, M.M., Bos, D.Buchori, S.Erasmi, H.Faust, G.Gerold, K.Glenk, S.R.Gradstein, E.Guhardja, M.Hartveld, D.Hertel, P.Hohn, M.Kappas, S.Kohler, C.Leuschner, M.Maertens, R.Marggraf, S.M.Kleian, J.Mogea, R.Pitopang, M.Schaefer, S.Schwarze, S.G.Sporn, A.Steingrebe, S.S.Tjitrosoedirdjo, S.Tjitrosoemito, A.Twele, R.Weber, L.Woltmann, M.Zeller and T.Tscharntke, 2007. Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification. PNAS 104(12):4973-4978
- Dinas Kehutanan NTB, 2014. Rencana Strategis Kehutanan di Provinsi NTB. 77p
- Dinas Perkebunan NTB, 2012. Tembakau Lombok potret sosial ekonomi. 106p
- Hairiah, K., Widiyanto, S.R., and B. Lusiana, 2002. WaNuLCAS Model simulasi untuk sistem agroforestry. International centre for research in agroforestry (ICRAF). Bogor. Indonesia.
- Hairiah, K., S. Rahayu, 2011. Pengukuran karbon stok dari penggunaan lahan ke bentang alam. Word Agro-forestry Centre. 63p
- Markum, E.Arisoesilaningsih, D.Suprayogo, K.Hairiah, 2013. Contribution of agroforestry system in maintaining carbon stocks and reducing emissions rate at Jangkok watershed, Lombok Island. Agrivita 35(1):54-63
- Markum, E.Arisoesilaningsih, D.Suprayogo, K.Hairiah, 2013. Plant species diversity in relation to carbon stocks at Jangkok Watershed, Lombok Island. Agrivita 35(3):207-2017
- Pagiola, S., P.Agustini, J. Gobbi, C. de Haan, 2005. Paying for biodiversity conservation services. Experience in Colombia, Costa Rica and Nicaragua. Mountain Research and Development. 25 (3): 206-211
- Prayitno, W. dan Wasmal, 2001. Flora dan fauna kawasan Rinjani. WWF Nusa Tenggara dan Taman Nasional Gunung Rinjani. Laporan Hasil Penelitian. 119p

Saran dan masukan dari proses seminar:

Perlu ada bentuk insentif lain untuk masyarakat yang ada di bagian hulu terkait dengan permasalahan kondisi lingkungan di bagian hulu mengingat kondisi cadangan karbon dan biodiversitas di bagian hulu lebih tinggi tetapi manfaat ekonomi yang didapatkan oleh masyarakat masih tergolong dalam kategori yang rendah dibandingkan kawasan tengah maupun hilir.

EFISIENSI DAN EFEKTIVITAS FORMULASI BAHAN HYDROSEEDING TERHADAP PERKECAMBAHAN BENIH TANAMAN HUTAN¹

Oleh :

Heru Dwi Riyanto dan Uchu Waluya Heri Pahlana

Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani – Pabelan, PO. BOX 295 Surakarta ;

Telp. (0271) 716709 ; Fax (0271) 716959

Email : btp.kpdas@gmail.com; rherudwi_61@yahoo.com; pahlana_78@yahoo.co.id

ABSTRAK

Teknik *hydroseeding* merupakan salah satu alternatif teknik yang dapat diterapkan untuk rehabilitasi lahan. *Hydroseeding* terutama digunakan pada fase awal rehabilitasi lahan dengan biji rumput-rumputan dan legume sebagai tanaman pionir. Teknik *hydroseeding* untuk jenis tanaman hutan belum banyak dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji seberapa besar materi atau formula *hydroseeding* berpengaruh terhadap perkecambahan benih/biji jenis tanaman kehutanan guna menghasilkan rekomendasi yang dapat digunakan untuk implementasi rehabilitasi hutan dan lahan di lapangan. Penelitian ini dilaksanakan di dua lokasi yaitu di Kabupaten Karanganyar dan Pati. Jenis yang diujicobakan pada lokasi Karanganyar adalah sengon (*Falcataria moluccana*) dan di Kabupaten Pati adalah trembesi (*Samanea saman*). Hasil penelitian menunjukkan formula terbaik dalam mengecambahkan benih sengon sampai umur satu bulan adalah sebagai berikut : (1) Kompos dan mulsa; (2) Perekat, kompos, pupuk; (3) Perekat, kompos, mulsa, pupuk. Sedangkan formula terbaik dalam perkecambahan trembesi sampai pada umur satu bulan adalah 1). Perekat kompos, mulsa, NPK cair ; 2). Perekat, kompos, mulsa dan ; 3). Perekat, kompos. Berdasarkan formula terbaik secara berurutan adalah sebagai berikut : jenis sengon : (1) 22.600 anakan/hektar; (2) 18.266 anakan/hektar dan (3) 13.933 anakan/hektar. Sedangkan untuk jenis trembesi : (1) 5.936 anakan/hektar; (2) 5.770 anakan/hektar dan (3) 5.369 anakan/hektar. Biaya untuk aplikasi *hydroseeding* per hektarnya berdasarkan tiga formula terbaik dari hasil penelitian ini, maka biaya bahan (biaya variabel tidak tetap): untuk sengon yang dibutuhkan adalah sebagai berikut : (1. Kompos + mulsa), Rp. 12.000.000,-; (2. Perekat + kompos + pupuk), Rp. 11.870.000,- ; (3. Perekat + Kompos + mulsa + pupuk) Rp 17.870.000,-. Untuk benih tembesi (1. Perekat + kompos + mulsa + pupuk) Rp. 17.870.000,- ; (2. Perekat + kompos + mulsa) Rp.16.170.000,- ; (3. Perekat + kompos) Rp. 10.170.000,-.

Kata Kunci : *Hydroseeding*, biji/benih, perkecambahan, formula

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Penanaman pohon hutan umumnya dilakukan dengan terlebih dahulu membuat bibit di persemaian, yang diawali dengan proses perkecambahan di bedeng tabur, yang selanjutnya dilakukan penyapihan ke dalam *polybag*, *pot tray*, dan lain-lain dan diletakkan di bedeng semai. Setelah beberapa bulan atau setelah bibit siap tanam, bibit ditanam di lapangan penanaman. Proses kegiatan tersebut umumnya dinamakan penanaman tidak langsung (*indirect seeding*). *Indirect seeding* ini dalam implementasinya membutuhkan tenaga kerja dan bahan-bahan atau dengan kata lain biaya serta waktu sampai bibit siap tanam. Selain penanaman tidak langsung (*indirect seeding*) adalah penanaman langsung (*direct seeding*), secara tradisional *direct seeding* dilakukan dengan cara tugal, cara yang lebih modern *direct seeding* dilakukan dengan *Hydroseeding*.

Hydroseeding adalah proses penanaman dengan menggunakan adonan antara biji dan mulsa, dll. Adonan tersebut dimasukkan ke dalam tanki, diangkut dengan truk atau trailer dan disemprotkan di atas lahan yang telah dipersiapkan dalam tapak yang seragam. *Hydroseeding* adalah alternatif dari proses tradisional penyebaran *dry seed* yang mendukung percepatan berkecambah benih/biji dan dapat mengurangi erosi. Mulsa dalam campuran *hydroseed* membantu menjaga tingkat kelembaban benih/bibit. Adonan *hydroseeding* sering memiliki tambahan bahan termasuk pupuk, agen perekat (*tackifier agents*), pewarna dan materi tambahan lainnya. (Wikipedia, 2008).

Teknik *hydroseeding* dilakukan dengan cara menyemprotkan campuran *hydroseeder* yang terdiri dari beberapa komponen, yaitu biji (terutama biji rumput tetapi dapat juga berupa tumbuhan berbunga, semak belukar maupun pohon-pohonan), sintetis dan/atau conditioner tanah alami (*polyacrylamide polymers* atau ekstrak tumbuh-tumbuhan), *soil amendments* (mineral gypsum, kapur, Kalsium karbonat, atau bahan organik seperti residu tanaman maupun hewan), mulsa (serat alami seperti jerami, kayu, kapas, serabut kelapa, serat sintetis seperti kertas dan plastik) serta mikoriza. Komponen-komponen ini kemudian dicampur dan atau dilarutkan dalam air dan

akhirnya disemprotkan ke seluruh area (www.freepatentsonline.com, 2007).

Basuki (2000), mengemukakan bahwa dari beberapa bahan penyerta (sekam padi, jerami, serbuk gergaji dan tanah liat) yang digunakan dalam menguji keberhasilan penanaman benih rumput dan pertumbuhannya pada lahan miring dengan metode *hydroseeding*, yang paling berpengaruh nyata terhadap pertambahan kecambah adalah sekam padi. Gonzalez-Alday (2009), menggunakan teknik *hydroseeding* dalam upaya reklamasi lahan bekas tambang batubara di Spanyol. Sedangkan Garcia-Palacios, et. al. (2010), *hydroseeding* digunakan sebagai salah satu teknik dalam restorasi lahan sekitar jalan bebas hambatan, dengan menggunakan benih *fast growing species* yang bertujuan untuk meningkatkan keanekaragaman hayati dan stabilitas ekosistem. Martinez-Ruez (2007), menggunakan teknik *hydroseeding* dalam revegetasi lahan pembuangan limbah tambang uranium di Spanyol.

Masih terbatasnya informasi mengenai penanaman secara *hydroseeding* beserta materi/formula *hydroseeder* untuk jenis tanaman hutan, maka perlu dilakukan penelitian mengenai hal tersebut sebelum teknik ini dikembangkan atau diaplikasikan secara luas.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji seberapa besar materi atau formula *hydroseeding* berpengaruh terhadap perkecambahan dan pertumbuhan benih/biji jenis tanaman kehutanan guna menghasilkan rekomendasi yang dapat digunakan untuk implementasi rehabilitasi hutan dan lahan di lapangan.

II. BAHAN DAN METODE

a. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di areal Stasiun Penelitian BPK Solo Kecamatan Jumantono, Kabupaten Karanganyar dengan kondisi umum adalah slope berkisar antara 0-8% (datar), jenis tanah entisol, tutupan lahan oleh tumbuhan bawah yang didominasi oleh krinyuh,

putri malu dan alang-alang, dengan ketinggian 200 m dpl serta curah hujan rata-rata adalah ± 1900 mm/tahun dan di kompleks Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Kabupaten Pati, dengan kondisi umum lokasi : slope 4-15%, jenis tanah inceptisol, tumbuhan bawah krinyuh, alang-alang dan rumput-rumputan, dengan ketinggian 150 m dpl, dengan curah hujan berkisar 2000mm – 2500 mm/tahun . Pelaksanaan di Kabupaten Karanganyar dilakukan pada bulan Nopember 2009, dengan luas pengamatan sebesar $\pm 4000\text{m}^2$ yang terbagi dalam 24 petak pengamatan. Sedangkan untuk Kabupaten Pati pada bulan Oktober 2010, dengan areal seluas $\pm 2.400\text{m}^2$ yang terbagi dalam 16 plot. Luas masing-masing plot di kedua kabupaten tersebut adalah $\pm 150\text{m}^2$.

b. Bahan dan Alat

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - a. Perekat DuratakTM 465(Tackifier) 1/4 kg per plot/petak pengamatan
 - b. Pupuk NPK cair 1 liter per plot/petak pengamatan
 - c. Kompos 60 kg per plot/petak pengamatan
 - d. Mulsa arang sekam 60 kg per plot/petak pengamatan
 - e. 600 liter air per plot/petak pengamatan
 - f. Insektisida
 - g. Benih sengan dan tembesi, 200 gram per plot atau ± 40 benih per meter persegi untuk sengan dan ± 15 benih per meter persegi untuk trembesi.
2. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - a. Drum dengan kapasitas 200 liter
 - b. Selang air ukuran 2,5 Dim
 - c. Pompa air dengan Kapasitas 2 PK
 - d. Tali raffia
 - e. Mobil tanki air.

c. Cara Kerja

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif melalui pengamatan benih yang berkecambah pada masing-masing plot perlakuan. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental

lapangan dengan menggunakan plot contoh sementara (*temporary plot sample*) berukuran 10 m x 15 m, yang di ulang sebanyak 3 kali, dengan menggunakan 8 kombinasi perlakuan. Peletakan plot dilakukan secara acak. Kombinasi perlakuan formula untuk masing-masing plot dan lokasi adalah sebagaimana dalam Tabel 1. berikut :

Tabel (Table)1. Perlakuan Formula Hydroseeding di Kabupaten Karanganyar dan Pati (*Formula Treatment of Hydroseeding in Kabupaten Karanganyar and Pati*)

Lokasi Kabupaten Karanganyar	Lokasi Kabupaten Pati
A = Perekat, Kompos, Mulsa, NPK Cair	A = Perekat, Kompos, Mulsa, NPK Cair
B = Perekat, Mulsa, NPK Cair	B = Perekat, Kompos, Mulsa
C = Perekat, Kompos, NPK Cair	C = Perekat, Kompos
D = Perekat, Kompos, Mulsa	D = Perekat
E = Kompos, Mulsa, NPK Cair	E = Kompos, Mulsa, NPK Cair
F = Mulsa, NPK Cair	F = Mulsa, NPK Cair
G = Kompos, NPK Cair	G = NPK Cair
H = Kompos, Mulsa	H = Kontrol (tanpa materi hydroseeding)

d. Parameter dan Pengamatan

Pengamatan dilakukan setelah H + 1 bulan, pada saat itu diharapkan perkecambahan sudah stabil, tidak terjadi lagi perkecambahan. Parameter yang diamati adalah Jumlah benih berkecambah.

e. Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif statistik dengan mencari rerata dari tiap perlakuan selanjutnya ditabulasikan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Perkecambahan

Pengamatan perkecambahan diakhiri satu bulan setelah penyemprotan. Kecambah trembesi dan sengon disajikan pada Gambar 7.



Gambar (Figure) 1. Kecambah Trembesi dan Kecambah sengon H+1 bulan (Tembesi and Sengon germinate H+1 month)



Gambar (Figure) 2. Benih Trembesi diserang oleh hama (Tembesi's seed attacked by insect)

Adapun hasil pengamatan kecambah pada masing-masing lokasi disajikan sebagai berikut.

a. Lokasi Kabupaten Karanganyar

Tabel (Table) 4. Hasil pengamatan perkecambahan Sengon (*Paraserianthes falcataria*) H + 1 bulan. (Observation Result of Sengon (*Paraserianthes falcataria*) germination on H + 1 Month)

No	Plot perlakuan (Treatment plot)	Jumlah kecambah per plot (Sum of seed germinate per plot) (H+1 Month)	Jumlah kecambah per hektar (Sum of seed germinate per hectare)
1.	A	209	13.933
2.	B	126	8.400
3.	C	274	18.266
4.	D	168	11.200
5.	E	187	12.466
6.	F	197	13.133
7.	G	129	8.600
8.	H	339	22.600
	Rata-rata	204	13575

Sebelum pengaplikasian hydroseeding, benih sengon terlebih dahulu di uji daya kecambahnya, dari hasil pengujian benih Sengon mempunyai daya kecambah sebesar $\pm 90 \%$

Dari Tabel 4. terlihat bahwa sampai pada H + 1 bulan tiga formula terbaik yang menumbuhkan perkecambahan sengon terbanyak secara berurutan adalah : (H) Kompos dan mulsa (22.600 kecambah/hektar); (C) Perekat, kompos dan pupuk (18.266 kecambah/hektar) ; (A) Perekat, kompos, mulsa dan pupuk (13.933 kecambah/hektar).

b. Lokasi Kabupaten Pati

Perkecambahan hasil *hydroseeding* jenis trembesi di lokasi kabupaten Pati disajikan pada Tabel 5.

Tabel (Table) 5. Hasil Pengamatan Perkecambahan Trembesi (*Samanea saman*) H + 1 Bulan ((*Observation Result of Trembesi (Samanea saman) Germination on H + 1 Month*))

No	Plot perlakuan	Jumlah kecambah per plot	Jumlah Kecambah per hektar
1.	A	89	5.936
2.	B	87	5.770
3.	C	81	5.369
4.	D	51	3.402
5.	E	48	3.202
6.	F	46	3.035
7.	G	52	2.768
8.	H	55	3.635
	Rata-rata	64	4140

Demikian juga untuk benih Tembesi, sebelum diaplikasikan terlebih dahulu dilakukan pengujian daya kecambahnya, dari hasil pengujian benih Tembesi mempunyai daya kecambah $\pm 75\%$

Dari Tabel 5. terlihat bahwa secara umum formula terbaik dalam mengecambahkan trembesi sampai pada umur H + 1 bulan secara berurutan adalah : (A) Perekat, kompos, mulsa dan NPK cair (5.936 kecambah/hektar) ; (B) Perekat, kompos dan mulsa (5.770 kecambah/hektar) ; (C) Perekat dan kompos (5.369 kecambah/hektar).

2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam *hydroseeding* seperti terlihat dalam Gambar 3. Alat tersebut berupa tangki khusus, dengan pompa semprot yang menyatu serta di dalam tangki terdapat kipas (*mixer*) yang berfungsi mengaduk materi *hydroseeding* yang terdiri dari air, biji, kompos, mulsa, pupuk cair dan materi tambahan (*additional material*) lainnya. Dikarenakan Institusi/perusahaan selaku pelaksana kegiatan ini masih terbilang langka/jarang dan biaya penyewaannya relatif mahal, maka pelaksanaan kegiatan di Kabupaten Karanganyar dan Pati menggunakan *hydroseeder* sederhana seperti pada Gambar 5



Gambar (Figure) 3. Tangki hydroseeder (Hydroseeder tank) dan Mobilisasi Tangki Hydroseeder (Mobilization of hydroseeder tank) dan Penyemprotan dari tangki hydroseeder (Spraying from the hydroseeder tank)



Gambar (Figure) 4. Alat hydroseeder sederhana (Simple Hydroseeder Equipment),Pengadukan formula secara manual (Manually Formula mixing) dan Penyemprotan dengan menggunakan alat hydroseeder sederhana (Spraying by the simple hydroseeder equipment)

Dengan menggunakan peralatan hydroseeder sederhana ini dibutuhkan peralatan berupa : drum, pompa air dan selang spiral, yang apabila dikalkulasikan dalam biaya diperlukan biaya sebagaimana Tabel 2.

Tabel (Table) 2. Biaya Pengadaaan Alat Hydroseeder Sederhana (Cost of The Simple of Hydroseeder Equipment)

No.	Alat (Instruments)	Volume (Volume)	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	Drum (200 lt)	3 bh	200.000	600.000
2.	Pompa Air (2 PK)	1 bh	1.900.000	1.900.000
3.	Selang spiral (2,5 DIM)	15 m	25.000	375.000
	Jumlah			2.875.000

Biaya peralatan ini merupakan biaya tetap (Fix cost), selain peralatan biaya tetap dalam kegiatan ini adalah upah buruh, yaitu empat orang

buruh, dengan rincian pekerjaan adalah dua orang mengisi air, mencampur formula serta mengaduk, satu orang menjalankan mesin air dan satu orang lagi sebagai tenaga penyemprot. Prestasi kerja alat ini per hektarnya membutuhkan waktu delapan hari, dengan delapan jam kerja per harinya, sehingga kebutuhan buruh 32 hari orang kerja (HOK) atau setara dengan Rp. 1.600.000,- .

3. Formulasi

Formula *hydroseeding* seperti yang telah disebutkan di atas, dikelompokkan ke dalam biaya variabel (*Variable cost*). Biaya variabel terbagi ke dalam biaya variabel tetap dan variabel tidak tetap, sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel (Table) 3. Satuan Biaya Formula/Bahan *Hydroseeding* (Per Unit Cost of *Hydroseeding* Formula/Material)

No.	Formula/ Bahan (Materials)	Volume Per Plot (Volume per plot) (150 m ²)	Harga Satuan (Cost per unit) (Rp)	Jumlah Biaya (Total cost)	
				Plot (plot) (Rp)	Hektar (Hectare) (Rp)
1.	Kompos	60 (Kg)	1.500	90.000	6.000.000
2.	Mulsa (Arang Sekam)	60 (Kg)	1.500	90.000	6.000.000
3.	Perekat	0,25 (Kg)	250.000	62.500	4.170.000
4.	NPK Cair	1 (Liter)	25.000	25.000	1.700.000
Kebutuhan Variabel Tidak Tetap					17.870.000
1.	Benih/Biji	0,2 (Kg)	40.000	8.000	550.000
2.	Insektisida	0,06 (Liter)	75.000	4.500	300.000
3.	Bahan Bakar (Bensin)	0,3 (Liter)	4.500	1.500	100.000
4.	Air	600 (Liter)	-	-	-
Biaya Variabel tetap					950.000
Total Biaya Variabel					18.820.000

Keterangan : Kebutuhan air dapat dipenuhi dari lingkungan setempat sehingga tidak dimasukkan kedalam komponen biaya.

B. Pembahasan

a. Efisiensi Material Formulasi Hydroseeding

Pengamatan perkecambahan secara *hydroseeding* ini dilakukan selama satu bulan, hal ini dimaksudkan agar hasil perkecambahan sudah mencapai tahap maksimal, di mana tidak terjadi lagi perkecambahan, benih yang tertinggal sudah mati tidak dapat berkecambah lagi.

Dari hasil pengamatan baik di lokasi Kabupaten Karanganyar maupun Pati, baik jenis sengan maupun trembesi terlihat bahwa komponen kompos dalam formula *hydroseeding* adalah komponen penting. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkecambahan benih antara lain : faktor dalam yang terdiri dari tingkat kemasakan benih, ukuran benih, dormansi dan penghambat perkecambahan serta faktor luar yang terdiri dari air, suhu, oksigen, cahaya dan medium (www.irwantoshut.co.cc). Menurut Handayani (2009), kompos dapat meningkatkan kemampuan menahan air, dengan kemampuan kompos ini biji/benih akan tetap dalam kondisi lembab, selain itu masih menurut Handayani (2009) kompos juga dapat menyediakan hormon dan vitamin, fungsi hormon tersebut dapat untuk meningkatkan viabilitas biji/benih. Medium yang baik untuk perkecambahan harus memiliki sifat fisik yang baik, gembur dan mempunyai kemampuan untuk menyerap air serta bebas dari organisme penyebab penyakit (Sutopo, 2002 dalam www.irwantoshut.co.cc). Selain kompos, perekat juga memberikan peran yang penting dalam teknik *hydroseeding* ini, peran perekat dalam hal ini adalah selain merekatkan benih ke tanah juga menjaga kelembaban benih. Materi lain yaitu mulsa dalam campuran *hydroseed* juga merupakan komponen penting yang berperan sebagaimana kompos yaitu membantu menjaga tingkat kelembaban benih/bibit.

Tetapi apabila aspek efisiensi adalah aspek yang juga harus dipedomani dalam pengaplikasian di lapangan, maka dalam hal ini apabila materi yang dipergunakan untuk formula *hydroseeding* adalah sebagaimana dalam Tabel 3, biaya bahan (variabel tidak tetap dan variabel tetap) mencapai Rp 18.820.000,-/ hektar, sedang apabila dibandingkan dengan standard biaya pembangunan hutan tanaman

industry sebesar: Biaya terendah Rp 5.320.400,- /hektar dan biaya tertinggi Rp 7.315.551,-/ hektar (Permenhut Nomor P. 26, 2009). Apabila tiga formula terbaik dari hasil penelitian yang dipergunakan, maka biaya bahan (tidak tetap): untuk sengan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut : (1. Kompos + mulsa), Rp. 12.000.000,-/hektar; (2. Perekat + kompos + pupuk), Rp. 11.870.000,-/hektar ; (3. Perekat + Kompos + mulsa + pupuk) Rp 17.870.000,-/hektar. Untuk benih tembesi (1. Perekat + kompos + mulsa + pupuk) Rp. 17.870.000,-/hektar; (2. Perekat + kompos + mulsa) Rp.16.170.000,-/hektar; (3. Perekat + kompos) Rp. 10.170.000,-/hektar.

Dilihat dari apa yang telah diuraikan di atas maka dapat dikatakan bahwa penggunaan teknik hydroseeding berikut formulasi bahan-bahannya tidak efisien, di mana kebutuhan biaya per hektarnya jauh di atas standard Permenhut dalam pembangunan hutan tanaman industri, kebutuhan biaya tersebut akan bertambah besar apabila ditambahkan satuan biaya buruh (HOK) dan nilai dari air yang sebenarnya merupakan komponen/bahan terpenting dalam pelaksanaan kegiatan penanaman *direct seeding* (*hydroseeding*)

b. Efektivitas Hydroseeding

Efektivitas penanaman secara langsung (*direct seeding*) dengan *hydroseeding* ini dapat ditinjau dari : 1) persen perkecambahan, 2) peralatan dan 3) penyediaan air.

- a. Apabila permeter persegi 40 benih/biji maka untuk per plot dengan satuan luas 150 meter persegi diperlukan ± 6000 benih/biji untuk sengan, dan dengan viabilitas 90% maka seharusnya ada benih yang berkecambah sebanyak 5400 benih/biji. Dari Tabel 4 terlihat bahwa rata-rata persen kecambah di lapangan adalah 204 kecambah atau 3,8%. Sedang untuk trembesi apabila permeter persegi 15 benih/biji maka untuk per plot dengan satuan luas 150 meter persegi diperlukan ± 2250 benih/biji, dan dengan viabilitas 75% maka seharusnya ada benih yang berkecambah sebanyak 1680 benih/biji. Dari Tabel 5 terlihat bahwa rata-rata persen kecambah di lapangan adalah 64 kecambah atau 3,8%. Rendahnya persen kecambah ini disebabkan oleh kerusakan benih/biji pada saat

proses pengadukan, penyedotan (dalam selang isap), dalam mesin/pompa dan pada waktu penyemprotan (dalam selang semprot), semua hal tersebut dapat membuat benih/biji rusak atau hancur. Selain itu gangguan hama juga menyebabkan kerusakan benih/biji (Gambar 2)

- b. Kendala atau permasalahan dalam pengaplikasian *hydroseeding* yang berkaitan dengan peralatan adalah dalam hal sering macetnya mesin pompa, terutama apabila formula yang digunakan mengandung kompos. Penggunaan kompos membuat formula menjadi kental dan memperberat kerja mesin pompa dalam menghisap dan menyemprotkannya.
- c. Komponen utama yang paling penting dalam *hydroseeding* ini sebenarnya adalah air, tanpa adanya kecukupan air maka mustahil formula tersebut dapat disemprotkan, kebutuhan air untuk teknik ini agar formula tidak terlalu encer dan tidak terlalu kental ternyata cukup besar, apabila per petak 150 m² adalah sebesar ± 600 liter, maka per hektarnya dibutuhkan air sebanyak ± 40.000 lt atau 40 meter kubik air. Penggunaan air 600 liter per plot ukuran 150 m² adalah berdasar pada apa yang pernah dilakukan oleh PT. Green Planet Indonesia bekerjasama dengan Pusat Peningkatan Produktivitas Hutan, dalam pelaksanaan kegiatan *hydroseeding* di Taman Hutan Raya Ngargoyoso, yaitu dengan kapasitas tangki *hydroseeder* 4000 liter untuk 0,1 hektar. Kebutuhan air yang sangat besar tersebut akan merupakan kendala atau permasalahan dalam pengaplikasian *hydroseeding* pada daerah-daerah yang sulit akan air.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- 1. Tiga materi/bahan utama yang memberikan peran penting dalam teknik *hydroseeding* yaitu perekat, kompos dan mulsa
- 2. Dengan menggunakan alat sederhana *hydroseeding* masih dapat dilakukan
- 3. Air adalah komponen utama dalam aplikasi *hydroseeding* ini, tanpa adanya air maka kegiatan ini tidak dapat dilaksanakan.

B. Saran

Dari hasil formula tiga terbaik, perlu diteliti lebih lanjut untuk mencari dosis formula optimalnya, dan perlu dicobakan untuk benih/biji tanaman hutan yang kecil/halus.

C. Rekomendasi

Ditinjau dari besarnya biaya dan lamanya waktu pelaksanaan per hektar serta beberapa faktor kesulitan dan kendala yang dihadapi dalam aplikasi *hydroseeding* ini, dibandingkan dengan penanaman *indirect seeding* maka dapat disimpulkan bahwa aplikasi *direct seeding* (*hydroseeding*) dalam upaya rehabilitasi lahan dengan menggunakan benih/biji tanaman hutan belum layak digunakan, terutama untuk benih/biji tanaman hutan yang relatif besar

DAFTAR PUSTAKA

- _____. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perkecambahan Benih. http://www.irwantoshut.co.cc/seed_viability_factor.html. (diakses tanggal 29 Mei 2011)
- Alday-Gonzalez, J., Marrs, R.H., Martinez-Ruiz, C. 2009. *Soil Seed Bank Formation During Early Revegetation After Hydroseeding in Reclaimed Coal Wastes*. *Ecological engineering* 35. PP. 1062-1069
- Basuki, AK. 2000. Pengaruh Berbagai Bahan Penyerta dalam Penanaman Bibit rumput di Tanah Miring dengan Menggunakan Metode Hydroseeding. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Garcia-Palacios, P., Soliveres, S Maestre., Fernando,T., Escudero Adrian, Castillo-Monroy, A.P., Valladares, F. 2010. *Dominant plant species modulate responses to hydroseeding, irrigation and fertilization during the restoration of semiarid motorway slopes*. *Ecological Engineering* 36. PP. 1290-1298

- Handayani, M. 2009. Pengaruh Dosis Pupuk NPK dan Kompos Terhadap Pertumbuhan Bibit Salam. Skripsi. [IPB Repository](#) (diunduh 13 Juni 2010)
- Kay, B.L, Raymonds A. Evans, James A. Young. 1977. *Soaking Procedure and Hydroseeder Damage to Common Bermudagrass*. <http://agron.sci-journals.org/cgi/content/abstract/69/4/555>
- Martinez-Ruiz, C., Fernandez-Santos, B., Putwai, P.D., Fernandez-Gomez, m.J. 2007. Natural and man-induced revegetation on mining wastes: Changes in the floristic composition during early succession. *Ecological engineering* 30. PP 286-294
- Merlin, G. Di-Gioia, L, Goddon, C. 1998. *Comparative study of Germination and of Adhesion of Various Hydrocolloids Used for Revegetalization by Hydroseeding*.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P. 26/Menhut-II/2009. Tentang Perubahan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P. 48/Menhut-II/2007. Tentang Standard Biaya Pembangunan Hutan Tanaman Industri dan Hutan Tanaman Rakyat
- wikipedia, 2008. *Hydroseeding*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroseeding>. (Diunduh tanggal 13 Juni 2010)
- www.freepatentsonline.com. 2007. *Hydroseeding Mixture*. <http://www.freepatentsonline.com/7504445.html> (diunduh tanggal 7 Juli 2010)
- Young, J.A Burges L. Kay and Raymonds A. Evans. 2008. *Accelerating the Germination of Common Bermudagrass for Hydroseeding*, <http://agron.sci-journals.org/cgi/content/69/1/115>. (diunduh tanggal 7 Juli 2010)

KLASIFIKASI DAERAH ALIRAN SUNGAI BERDASARKAN KEKRITISAN LAHAN DAN INDEKS PENGGUNAAN LAHAN (STUDI KASUS DAS BRANTAS)¹

Oleh:

Agus Wuryanta²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com; agus_july1065@yahoo.com

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai yang selanjutnya disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (PP.No.37.2012). Oleh karena, itu DAS perlu dilindungi dan diurus dengan sebaik-baiknya serta wajib dikembangkan dan didayagunakan secara optimal dan berkelanjutan melalui upaya pengelolaan DAS untuk sebesar-besarnya bagi kesejahteraan masyarakat. Inventarisasi DAS yang meliputi penetapan batas DAS dan penyusunan klasifikasi DAS merupakan suatu langkah awal didalam kegiatan perencanaan pengelolaan DAS. Parameter yang digunakan untuk menyusun klasifikasi DAS adalah kondisi lahan, kualitas, kuantitas dan kontinuitas air, sosial ekonomi, investasi bangunan air, dan pemanfaatan ruang wilayah. Penelitian dilaksanakan di DAS Brantas Provinsi Jawa Timur. Luas total DAS Brantas sebesar 1.189.796 ha. Tujuan penelitian adalah melakukan klasifikasi DAS Brantas berdasarkan kondisi lahan (aspek lahan kritis dan penutupan vegetasi permanen). Bahan yang digunakan adalah peta digital lahan kritis tahun 2009 skala 1:250.000 yang diperoleh dari Balai Pengelolaan DAS Brantas. Berdasarkan peta tersebut, lahan kritis diklasifikasi menjadi lima kelas yaitu tidak kritis, agak kritis, potensial kritis, kritis dan sangat kritis. Penutupan vegetasi permanen diperoleh dari peta penggunaan lahan skala 1:25.000. Penutupan vegetasi permanen diperoleh dari kelas penutupan/penggunaan lahan hutan dan kebun. Fungsi kawasan diperoleh dari peta digital fungsi kawasan skala 1:25.000 yang diperoleh dari Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BPKH IX) Yogyakarta. Fungsi kawasan hutan di DAS Brantas terdiri dari Hutan Lindung, Hutan Produksi, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru dan Tahura Raden Soerjo, sedangkan di luar fungsi kawasan hutan adalah kawasan budidaya. Masing – masing peta tersebut selanjutnya di-overlay dengan menggunakan perangkat Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil penelitian menunjukkan, fungsi kawasan hutan di DAS Brantas menempati areal seluas 298.290 ha atau 25,07 % dari total luas DAS, keseluruhan luas lahan kritis di DAS Brantas sebesar 91.304 ha atau 7,67 % (dalam kategori rendah) dari total luas DAS. Lahan kritis yang berada di dalam fungsi kawasan hutan sebesar 16.714 ha sedangkan sisanya berada di luar fungsi kawasan hutan (kawasan budi daya). Luas total vegetasi permanen yang berasal dari jenis

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

penutupan/penggunaan lahan hutan dan kebun di DAS Brantas adalah 325.152 ha atau 27,23 % (dalam kategori buruk) dari luas DAS.

Kata kunci : *Klasifikasi DAS, lahan kritis, Indeks Penggunaan Lahan dan Sistem Informasi Geografis (SIG).*

I. LATAR BELAKANG

Daerah Aliran Sungai yang selanjutnya disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (PP.No.37.2012). Oleh karena itu, DAS perlu dilindungi dan diurus dengan sebaik-baiknya serta wajib dikembangkan dan didayagunakan secara optimal dan berkelanjutan melalui upaya pengelolaan DAS secara terpadu untuk sebesar-besarnya bagi kesejahteraan masyarakat. Pengelolaan DAS secara terpadu (*integrated watershed management*) adalah suatu proses formulasi dan implementasi suatu kegiatan yang menyangkut pengelolaan sumber daya alam (SDA) dan manusia dalam suatu DAS dengan mempertimbangkan aspek sosial, politik, ekonomi dan institusi di dalam DAS dan di sekitar DAS untuk mencapai tujuan sosial tertentu (Easter et al. 1986).

Negara Indonesia memiliki ± 5.950 DAS, untuk dapat melakukan prioritas pengelolaan DAS perlu disusun klasifikasi DAS. Penyusunan klasifikasi DAS dilakukan untuk menentukan DAS yang akan dipulihkan dan dipertahankan daya dukungnya. Kriteria untuk menyusun klasifikasi DAS adalah kondisi lahan, hidrologi (kualitas, kuantitas dan kontinuitas air), sosial ekonomi, investasi bangunan air dan pemanfaatan ruang wilayah (PP.No.37.2012). Parameter yang digunakan untuk menentukan kondisi lahan adalah persentase lahan kritis pada DAS, persentase penutupan vegetasi (IPL) dan indeks erosi. Lahan kritis adalah lahan yang telah mengalami kerusakan, sehingga kehilangan atau berkurang fungsinya sampai pada batas yang ditentukan atau yang diharapkan (Dirjen RHL- Dephut, 1998). DAS Brantas terletak di Provinsi Jawa Timur yang secara ekonomi merupakan wilayah yang berkembang. Permasalahan sumberdaya air

di DAS Brantas akhir – akhir ini disebabkan oleh perkembangan industri, pengembangan pertanian, pertumbuhan penduduk. Permasalahan sumberdaya air tersebut meliputi pencemaran air, banjir, sedimentasi (di sungai dan waduk) dan kelangkaan air (Kemper et al., 2007).

Tujuan penelitian adalah melakukan klasifikasi DAS Brantas berdasarkan kondisi lahan (aspek lahan kritis dan penutupan vegetasi permanen).

II. METODOLOGI

2.1. Lokasi

Penelitian dilakukan di DAS Brantas yang secara administratif terletak di Provinsi Jawa Timur yang meliputi 16 kabupaten dan 5 kota yaitu Kabupaten Blitar, Bojonegoro, Gresik, Jombang, Kediri, Lamongan, Lumajang, Madiun, Malang, Mojokerto, Nganjuk, Pasuruan, Ponorogo, Sidoharjo, Trenggalek, dan Tulung Agung, serta Kota Blitar, Kediri, Malang, Mojokerto dan Surabaya (Gambar 1). DAS Brantas secara geografis terletak pada koordinat 7,19° LS – 8,25° LS dan 111,30° BT – 113,00° BT.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk kegiatan penelitian adalah:

- Peta-peta dasar (dalam format digital) berupaPeta RBI skala 1 : 25.000
- Peta tematik berupa peta batas DAS, peta penutupan/penggunaan lahan, peta fungsi kawasan dan peta lahan kritis

Perangkat lunak (*soft ware*) untuk analisis spasial menggunakan ArcGIS 10, sedangkan untuk tabulasi data dilakukan dengan menggunakan Microsoft Office Excel.

2.3. Metode

- a. Pemotongan (*clip*) peta tematik lokasi penelitian
- b. Menghitung persentase lahan kritis (PLK) dengan rumus:

$$PLK = \frac{Luas Lahan Kritis}{Luas DAS} \times 100\%$$

Klasifikasi	Kategori
PLK ≤ 5	Sangat rendah
5 < PLK ≤ 10	Rendah
10 < PLK ≤ 15	Sedang
15 < PLK ≤ 20	Tinggi
PLK >20	Sangat tinggi

- c. Menghitung Indeks Penggunaan lahan (IPL) dengan rumus

$$IPL = \frac{Luas Lahan bervegetasi permanen (LVP)}{Luas DAS} \times 100\%$$

Indeks Penggunaan Lahan (IPL)	Kategori
IPL > 75 %	Baik
30 % < IPL < 75%	Sedang
IPL < 30 %	Buruk

2.4. Analisis



Peta penutupan/penggunaan lahan ditumpang susunkan (*overlay*) dengan peta fungsi kawasan hutan sehingga diperoleh luasan

penutupan/penggunaan lahan pada setiap fungsi kawasan hutan dan distribusi spasialnya. Untuk menghitung nilai IPL diperlukan data luas lahan bervegetasi permanen (LVP) yang diperoleh dari peta jenis penutupan/penggunaan lahan. Luas lahan kritis dan distribusi spasialnya diperoleh dari hasil analisis peta lahan kritis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Lahan Kritis di DAS Brantas

Lahan kritis adalah lahan yang telah mengalami kerusakan, sehingga kehilangan atau berkurang fungsinya sampai pada batas yang ditentukan atau yang diharapkan (Dirjen RHL- Dephut, 1998). Kerusakan lahan dapat disebabkan karena bencana alam maupun sebagai akibat dari tindakan manusia memanfaatkan lahan dalam rangka pemenuhan kebutuhan hidup. Pengertian lahan kritis dapat juga disetarakan dengan pengertian lahan yang telah mengalami degradasi hingga menimbulkan lahan marginal. Lahan marginal didefinisikan sebagai lahan yang tidak sesuai secara ekonomis atau tidak produktif untuk berbagai penggunaan dan memerlukan perbaikan satu atau lebih pembatas biofisik sehingga dapat digunakan kembali untuk kegiatan produksi (FAO.1998).

Lahan kritis di DAS Brantas dikelaskan menjadi 5 (lima) yaitu tidak kritis, agak kritis, potensial kritis, kritis dan sangat kritis. Lahan kritis tersebut berada baik diluar kawasan hutan (kawasan budidaya) maupun di dalam kawasan hutan (kawasan hutan lindung, kawasan hutan produksi, Taman Hutan Raya Raden Soerjo dan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru). Luas kawasan hutan lindung di DAS Brantas sebesar 51.928,27 ha yang sebagian besar tidak dalam kategori kritis. Luas lahan kritis (agak kritis, potensial kritis, kritis dan sangat kritis) di dalam kawasan hutan lindung yaitu sebesar 1.244 ha atau sekitar 0,023 % dari total luas kawasan hutan lindung. Lahan kritis di dalam kawasan hutan produksi menempati areal seluas 11.518 ha. Kawasan budidaya di DAS Brantas menempati areal seluas 891.506 ha atau sekitar 74,92 % dari luas total DAS dan sebagian besar tidak dalam kategori kritis. Luas total lahan kritis di DAS Brantas yaitu sebesar 91.304 ha atau 7,67 % dari total luas DAS Brantas. Persentase luas lahan kritis tersebut dapat dikategorikan rendah, namun demikian diperlukan upaya

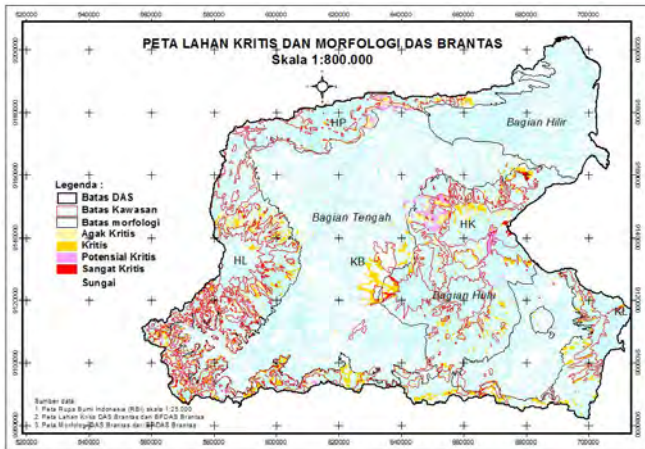
rehabilitasi lahan kritis baik secara mekanik, vegetative dan kimia (pemupukan). Hal tersebut dilakukan agar tidak menimbulkan kerusakan pada lingkungan DAS. Luas lahan kritis pada masing – masing fungsi kawasan disajikan pada Tabel 1, sedangkan sebarannya disajikan pada Gambar 2.

Tabel 1. Luas lahan kritis pada masing – masing fungsi kawasan

No	Kawasan	Tingkat kekritisian					Total
		tidak kritis	Agak Kritis	Potensial kritis	Kritis	sangat kritis	
1	Hutan Lindung	50.683,79	135,90	22,86	1.072,75	12,97	51.928,27
2	Hutan Produksi	192.359,86	2.985,74	768,77	7.400,38	363,64	203.878,38
3	Kawasan Budidaya	816.915,23	21.064,48	16.325,77	33.371,62	3.828,68	891.505,77
4	Tahura Raden Soerjo	23.206,83	891,73	253,64	2.212,63	377,64	26.942,48
5	TN Bromo Tengger Semeru	15.325,64	0,00	0,00	215,17	0,00	15.540,81
Total		1.098.491	25.077	17.371	44.272	4.582	1.189.795

3.2. Indeks Penggunaan Lahan (IPL)

Informasi penutupan atau penggunaan lahan merupakan salah satu unsur utama dalam kegiatan perencanaan pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Penutupan atau penggunaan lahan merupakan salah satu informasi penting dalam perencanaan wilayah untuk mengatasi berbagai permasalahan seperti bahaya dari pembangunan yang tidak terkontrol, penurunan kualitas lingkungan, menciutnya atau hilangnya lahan pertanian, kerusakan lahan, dan hilangnya habitat ikan dan binatang liar (Anderson et al., 1976). Penutupan atau penggunaan lahan merupakan objek dinamis yang mengalami perubahan dari waktu ke waktu, karena kebutuhan akan lahan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk.

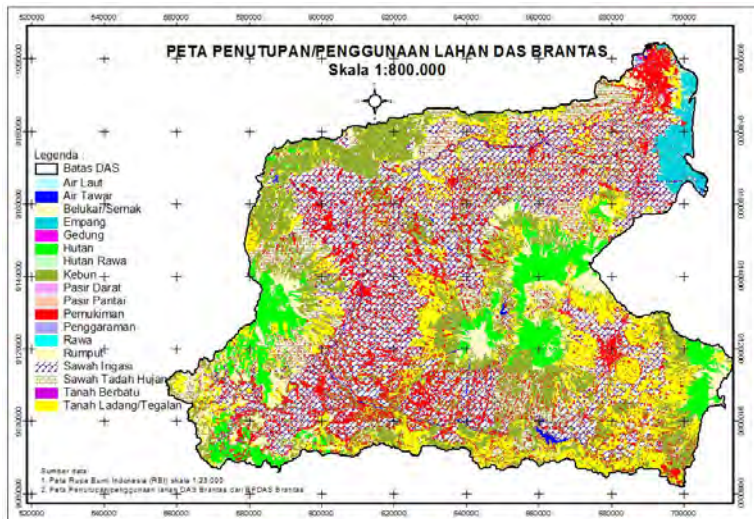


Gambar 2. Distribusi spasial lahan kritis DAS Brantas

Data yang diperlukan untuk menghitung Indeks Penggunaan Lahan adalah luas Lahan Vegetasi Permanen (LVP). Vegetasi permanen yang dimaksudkan adalah tanaman tahunan seperti vegetasi hutan dan atau kebun yang dapat berfungsi lindung dan atau konservasi, dimana keberadaan vegetasi tersebut di DAS tidak dipanen dan atau ditebang (Lampiran Peraturan Ditjen RLPS no. P.04/V-SET/2009 tanggal 5 Maret 2009). Luas penutupan/penggunaan lahan masing – masing fungsi kawasan disajikan pada Tabel 2, sedangkan sebarannya disajikan pada Gambar 3.

Tabel 2. Penutupan/penggunaan lahan DAS

No	Penutupan/penggunaan lahan	Kawasan						Total
		TN Bromo Tengger Semeru	Hutan Lindung	Hutan Produksi	Kawasan Budidaya	Tahura Raden Soerjo	Non Kawasan	
1	Air Tawar	0,56	161,75	603,45	8.685,47	0,00	0,00	9.451,23
2	Belukar/Semak	4.996,99	14.217,00	31.037,86	9.790,58	3.924,92	51,52	64.018,87
3	Hutan	9.365,52	30.019,91	27.141,02	5.510,72	16.542,62	47,65	88.627,44
4	Kebun	672,93	4.177,73	102.793,74	126.679,99	2.043,83	155,96	236.524,19
5	Pemukiman	1,01	64,99	2.798,45	196.716,51	0,00	24,10	199.605,06
6	Rumput	10,01	1.372,68	2.675,75	10.713,28	1.422,63	9,17	16.203,52
7	Tanah Berbatu	27,46	61,08	37,46	285,35	0,00	11,74	423,10
8	Tanah Ladang/Tegalan	466,31	1711,25	29.762,08	151.725,07	121,72	75,72	183.862,15
9	Air Laut	0,00	0,02	2,46	210,75	0,00	9,65	222,88
10	Gedung	0,00	0,10	25,84	1.705,13	0,03	8,72	1.739,82
11	Sawah Irigasi	0,00	41,00	2.017,24	291.732,63	0,00	9,48	293.800,35
12	Sawah Tadah Hujan	0,00	100,76	4.963,93	68.181,79	11,59	27,42	73.285,49
13	Hutan Rawa	0,00	0,00	0,53	1.558,66	0,00	17,28	1.576,48
14	Pasir darat	0,00	0,00	17,72	70,81	0,00	0,00	88,54
15	Rawa	0,00	0,00	0,98	192,32	0,00	1,11	194,41
16	Empang	0,00	0,00	0,00	19.886,75	0,00	6,62	19.893,37
17	Pasir pantai	0,00	0,00	0,00	27,66	0,00	0,00	27,66
18	Penggaraman	0,00	0,00	0,00	251,16	0,00	0,00	251,16
Total		15.540	51.928	203.878	893.924	24.067	456	1.189.795



Gambar 3. Penutupan/penggunaan lahan DAS Brantas

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Luas lahan kritis (agak kritis, potensial kritis, kritis dan sangat kritis) di dalam kawasan hutan lindung yaitu sebesar 1.244,48 ha atau sekitar 0,023 % dari total luas kawasan hutan lindung.
2. Lahan kritis di dalam kawasan hutan produksi menempati areal seluas 11.518,52 ha. Kawasan budidaya di DAS Brantas menempati areal seluas 891.505,77 ha atau sekitar 74,92 % dari luas total DAS dan sebagian besar tidak dalam kategori kritis.
3. Persentase luas lahan kritis di DAS Brantas sebesar 7,67 % yang dikategorikan rendah.
4. Total luas lahan yang bervegetasi permanen yang terdiri dari hutan, kebun dan hutan rawa adalah 326.728,11 ha, yang berarti nilai IPL sebesar 27,46 % (buruk).

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. R., E. E. Hardy, J. T. Roach and R. E. Witmer, 1976. *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data*, Geological Survey Professional Paper 964, Washington, United States Government Printing Office.
- Dirjen RHL- Dephut, 1998. *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai*. Dep.Kehutanan RI, Jakarta.
- Easter K.W., Dixon.J.A. 1986. *Integrated Watershed Management : An Approach to Resource Management*. pp. 3-15. In. K.W. Easter. J.A. Dixon. and M.M. Hufschmidt. Eds. *Watershed Resources Management. An Integrated Framework with Studies from Asia and the Pasific*. Studies in Water Policy and Management. No. 10. Westview Press and London. Honolulu.
- FAO, 1998. *Terminology for Integrated Resources Planning and Management*. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome, Italy.
- Kemper E Karin., William Blomquist. and Ariel Dinar. 2007. *Integrated River Basin Management Through Decentralization*. Springer-Verlag Berlin. Germany
- Peraturan Pemerintah (PP) No. 37 tahun 2012. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.
- Peraturan DitJen RLPS no. P.04/V-SET/2009. Tahun 2009. *Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai*. Departemen Kehutanan RI. Jakarta.

DAMPAK TEKNIK REHABILITASI LAHAN TERDEGRADASI TERHADAP LIMPASAN PERMUKAAN DAN EROSI¹

Oleh :

Gunardjo Tjakrawarsa^a, Heru Dwi Riyanto^b

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian penanaman sengon dan jabon ditujukan untuk memperoleh teknik rehabilitasi lahan terdegradasi yang mampu menurunkan limpasan permukaan dan tingkat erosi. Lingkup: penanaman sengon (*Paraserianthes falcata* (L.)) dan jabon (*Anthocephalus cadamba* Miq), pemupukan dasar dan lanjutan, pembuatan plot erosi, pengamatan sifat fisik dan kimia tanah, pengumpulan data hujan, pengukuran limpasan permukaan dan erosi. Hasil: Curah hujan tahun 2012 (Tahun I) bulan Oktober, November dan Desember adalah sebesar 424,9 mm. Limpasan permukaan tertinggi pada periode tersebut terdapat pada Kontrol (Samadi) 67,42 mm dan terendah pada Model A (Suparjo) sebesar 6,94 mm. Tingkat erosi tertinggi juga pada Kontrol (Samadi) 106,7 ton/ha dan terendah pada Model A sebesar 0,508 ton/ha. Hasil uji *Paired-Sample t-Test* tahun 2012 menunjukkan bahwa limpasan permukaan dan tingkat erosi ketiga perlakuan Model A, B dan C tidak berbeda nyata dengan Kontrol. Curah hujan yang turun selama tahun 2013 (Tahun II) adalah sebesar 3.798,9 mm. Hari hujan bulanan berkisar antara 2 sampai 26 hari, curah hujan maksimum berkisar antara 33,0 mm (29 November) sampai 112,0 mm (31 Desember) sedangkan curah hujan minimum berkisar antara 0,4 mm (9 Februari) sampai 6,5 mm (24 Juli). Limpasan permukaan tertinggi selama periode Januari sampai dengan Desember 2013 terdapat pada Kontrol (Samadi) sebesar 232,121 mm dan terendah pada Model A (Suparjo) sebesar 12,204 mm. Tingkat erosi tertinggi juga pada Kontrol (Samadi) sebesar 18,033 ton/ha/th dan terendah pada Model A sebesar 0,172 ton/ha/th. Dibandingkan dengan Kontrol Model A mampu menurunkan limpasan permukaan sebesar 94,74% (219,92 mm/th) dan erosi sebesar 99,05% (17,86 ton/ha/th). Hasil Uji *Paired-Sample t-Test* pada limpasan permukaan antar Model menunjukkan perbedaan pada tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji *Paired sample T-test* pada erosi antara Model A dan C, antara Model B dan C, antara Model B dan Kontrol dan antara Model C dan Kontrol menunjukkan perbedaan tidak nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Sedangkan hasil uji *Paired-Sample t-Test* pada erosi antara Model A dan B dan antara Model A dan Kontrol menunjukkan perbedaan nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Rendahnya limpasan permukaan dan erosi pada Model A disebabkan oleh tutupan lahan A: Sengon+Manggis+Petai+Manglid+Randu+lajur Lamtoro (awal), 2 lapis teras+2 lapis tanaman penguat teras lamtoro, rumput setaria dan glirisidia dan mahoni, mindi, dadap, manggis dan kenanga dengan prosen penutupan lahan sekitar 60%. Sedangkan tutupan lahan Kontrol: singkong (awal), pisang dan singkong dengan penutupan lahan sekitar 35%. Model perlakuan teknik rehabilitasi lahan terbaik adalah Model A karena mampu menurunkan limpasan permukaan sebesar 219,92 mm/th (94,74%) dan tingkat erosi sebesar 17,86 ton/ha/th (99,04%).

Kata kunci: rehabilitasi lahan; lahan terdegradasi; limpasan permukaan; erosi

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Keterbatasan lahan, penambahan penduduk dan konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian maupun peruntukan lain memicu penyusutan luas kawasan hutan. Disisi lain praktek pengolahan lahan yang tidak memperhatikan aspek-aspek konservasi tanah menyebabkan degradasi lahan yang berimplikasi pada bertambahnya lahan kritis.

Lahan terdegradasi adalah lahan yang telah mengalami penurunan atau kehilangan seluruh kapasitas alami untuk menghasilkan tanaman yang sehat dan bergisi, kapasitas produktivitasnya atau potensi pengelolaan lingkungannya (Scherr dan Yadav, 1996) sebagai akibat erosi, pembentukan lapisan padas (*hardpan*) dan akumulasi bahan kimia beracun (*toxic*), disamping penurunan fungsi sebagai media tata air (Paimin, Sukresno dan Purwanto, 2010). Di Indonesia lahan terdegradasi disebabkan oleh erosi. Rehabilitasi lahan merupakan solusi tepat dalam mengatasi masalah degradasi lahan. Rehabilitasi lahan dimaksudkan untuk memulihkan, mempertahankan, dan meningkatkan fungsi lahan sehingga daya dukung, produktivitas, dan peranannya dalam mendukung sistem penyangga kehidupan tetap terjaga.

Berdasarkan data Departemen Kehutanan RI, luas lahan sangat kritis dan lahan kritis pada akhir Pelita VI (awal tahun 1999/2000) adalah 23.242.881 ha terdiri dari 35 % dalam kawasan hutan dan 65 % luar kawasan hutan. Laju deforestasi Indonesia tahun 1985 – 1997 adalah sebesar 1,8 juta ha/th (FWI/GFW, 2001). Laju deforestasi Indonesia tahun 1997 – 2000 adalah sebesar 2,84 juta ha/th (Departemen Kehutanan Republik Indonesia, 2005). Laju deforestasi Indonesia tahun 2000-2009 adalah 1,51 juta ha/th (Forest Watch Indonesia, 2011). Luas lahan kritis di Indonesia tahun 2012 adalah 27.294.842 ha (Statistik Kehutanan Indonesia 2012).

Kawasan Gunung Muria menjadi sumber mata air sejumlah aliran sungai dan diharapkan mampu memainkan fungsi hidro-orologis, pengendali banjir, pencegah kekeringan, pencegah erosi dan pertahankan kesuburan tanah yang menjadi andalan sumber kebutuhan air bersih warga Kabupaten Kudus. Debit air kecil, warna

air keruh, dan di sana-sini terjadi pendangkalan aliran sungai yang disebabkan oleh kerusakan hutan di lereng Gunung Muria (Sugita, 2010).

Salah satu upaya untuk mengatasi degradasi lahan tersebut adalah kegiatan rehabilitasi lahan dalam bentuk penanaman jenis-jenis lokal yang diminati masyarakat, sesuai dengan tempat tumbuhnya, dan sesuai kaidah teknik konservasi tanah dan air. Dari kegiatan rehabilitasi lahan secara vegetatif tersebut diharapkan fungsi lahan sebagai media tumbuh dan tata air serta keseimbangan antara produktivitas, kelestarian, dan kesejahteraan masyarakat dapat diwujudkan.

II. METODOLOGI

a) Aspek penelitian: limpasan permukaan dan erosi; b) Lokasi penelitian: Blok Duren Bayi, Desa Gunungsari, Kecamatan Tlogowungu, Kabupaten Pati seluas 6 hektar yang melibatkan 13 petani pemilik dan penggarap lahan. Lokasi penelitian termasuk kedalam Sub-sub DAS Gang Wadi, Sub DAS Juwana; c) Waktu: November 2011 s/d Desember 2013. Model teknik rehabilitasi lahan yang diuji dampaknya terhadap limpasan permukaan dan erosi adalah: Model A = Sengon dengan tanaman campuran agroforestri (manggis, petai, manglid, randu dan lajur lamtoro), Model B = Jabon dengan tanaman campuran agroforestri (duku, petai, manglid, randu, dan lajur glerisidia), Model C = Sengon dan Jabon dengan tanaman agroforestri (manggis, duku, petai, manglid, randu, lajur lamtoro dan lajur glerisidia) dan Kontrol = singkong. Tanaman campuran agroforestri di dalam model-model merupakan pilihan petani atau memang sudah tumbuh di plot penelitian, tersebar acak dan tidak berpola. Setiap model diulang sebanyak tiga kali (A1, A2 dan A3, B1, B2 dan B3, C1, C2, dan C3). Limpasan permukaan dan erosi diukur dalam Plot erosi berukuran 4 m x 22 m dengan batas plot berupa plat seng dengan ketinggian 15-20 cm. Pada bagian bawah plot dipasang kolektor untuk menampung limpasan permukaan dan erosi yang terjadi. Dampak teknik rehabilitasi lahan terhadap limpasan permukaan dan erosi dianalisis menggunakan *paired-t test*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Limpasan permukaan tertinggi selama periode Januari sampai dengan Desember 2013 terdapat pada Kontrol (Samadi) sebesar 232,121 mm dan terendah pada Model A (Suparjo/12,204 mm). Tingkat erosi tertinggi juga pada Kontrol (Samadi) sebesar 18,033 ton/ha/th dan terendah pada Model A sebesar 0,172 ton/ha/th. Semua nilai erosi (perlakuan A, B, C dan K) lebih rendah dibanding dengan nilai erosi yang diperkenankan yang dihitung dengan metode Thomson (1957) dalam Arsyad (1989). Nilai erosi ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai erosi tegakan campuran di Kulon Progo sebesar 24,32 ton/ha/th (Kusmana, Istomo, Dahlan dan Onrizal, 2004). Limpasan permukaan dan erosi selengkapnya terdapat pada Tabel 1. Laju erosi pada berbagai kondisi penutupan lahan di Indonesia terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Limpasan permukaan dan Erosi

Model	Curah hujan	Limpasan (mm)	Erosi (ton/ha/th)	Dari control ke model		Erosi yg diperkenankan* (ton/ha/th)
				Penurunan limpasan (mm/th)	Penurunan erosi (ton/ha/th)	
A	3.798,9	12,204	0,172	219,92	17,86	1,12
B		105,028	7,024	127,09	11,01	13,45
C		72,492	17,206	159,63	0,83	11,21
K		232,121	18,033			13,45

Keterangan* : Thomson 1957 dalam Arsyad 1989

Model A adalah model terbaik karena mampu menurunkan limpasan permukaan dan tingkat erosi tertinggi sebesar 219,92 mm/th (94,74%) dan 17,86 ton/ha/th (99,04%) dibanding Kontrol. Hasil limpasan permukaan dan erosi tahun 2013 menunjukkan kecenderungan yang sama dengan hasil tahun 2012 dimana limpasan permukaan dan tingkat erosi model perlakuan A menunjukkan nilai terendah dibandingkan dengan kontrol.

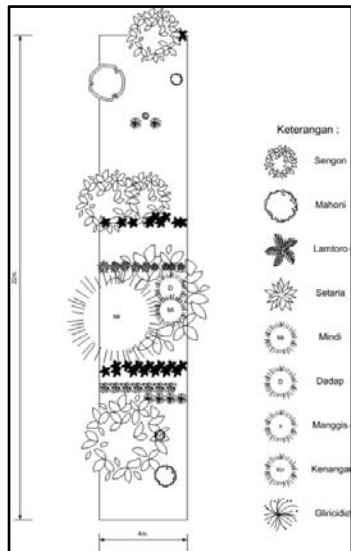
Tabel 2. Laju erosi pada berbagai kondisi penutupan lahan di Indonesia

No.	Penutupan Lahan	Laju Erosi (ton/ha/th)	Lokasi
1.	Hutan lebat	0,02	-
2.	Tanah berumput	0,54	-
3.	Tanah gundul	514	-
4.	Semak	2,09	Singaparna, Tasikmalaya
5.	Hutan tanaman		
	a. Pinus (umur 29 tahun)	5,46	Singaparna, Tasikmalaya
	b. Tegakan Campuran	24,32	Kulon Progo
	c. Pinus (umur 13 tahun)	24,50	Singaparna, Tasikmalaya
	d. Mahoni	26,89	Kulon Progo
	e. Kayu Putih	30,68	Kulon Progo
	f. Agathis	240,4	Gunung Walat
	g. Pusa	690,4	Gunung Walat

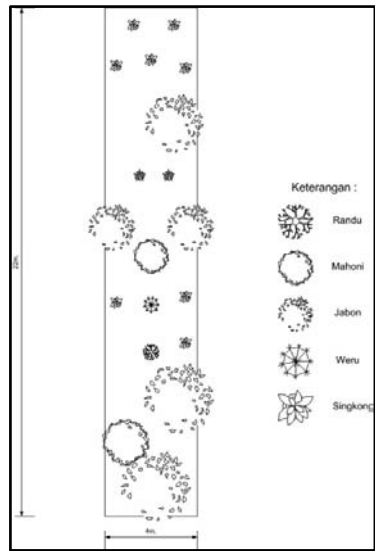
Sumber: Kusmana, Istomo, Dahlan dan Onrizal (2004).

Pada suatu bentang lahan yang sama (pada kemiringan lahan yang hampir sama (40-45%)), maka tingkat erosi ditentukan oleh vegetasi penutup tanah dan besarnya serasah yang dihasilkan oleh tutupan lahannya. Tutupan lahan yang digambarkan oleh proyeksi tutupan akan menentukan besarnya limpasan permukaan dan erosi yang terjadi (Gambar 1, 2, 3 dan 4). Semakin baik tutupan lahan maka tingkat erosi yang terjadi akan semakin rendah. Tutupan lahan Model A adalah: Sengon+Manggis+Petai+Manglid +Randu+lajur Lamtoro (awal), 2 lapis teras+2 lapis tanaman penguat teras lamtoro, rumput setaria dan glirisidia dan mahoni, mindi, dadap, manggis dan kenanga dengan prosen penutupan lahan sekitar 60%. Tutupan lahan Model C: Sengon+JabonManggis+Duku+ Petai+Manglid+ Randu+lajur Lamtoro+lajur Glerisida (awal), - 2 lapis lamtoro, 2/3 lapis rumput setaria, randu, sengon, jabon, weru, dan singkong dengan proses penutupan lahan sekitar 50%. Sedangkan tutupan lahan Kontrol: singkong (awal), pisang dan singkong dengan penutupan lahan sekitar 35%. Persentasi tutupan lahan yang tinggi menyebabkan energi curah hujan yang terjadi akan dipecah/dikurangi oleh beberapa lapisan tajuk sehingga ketika butir hujan mencapai permukaan tanah tidak merusak lagi. Selain itu serasah yang dihasilkan oleh tutupan vegetasi dengan persentasi yang lebih tinggi juga akan memberikan pengaruh pada pembentukan agregat tanah yang lebih baik dalam meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan erosi. Kusmana, Istomo, Dahlan dan Onrizal (2004) menyatakan bahwa tebal serasah di dalam lantai hutan sangat baik dalam mengurani erosi. Rehabilitasi lahan vegetatif

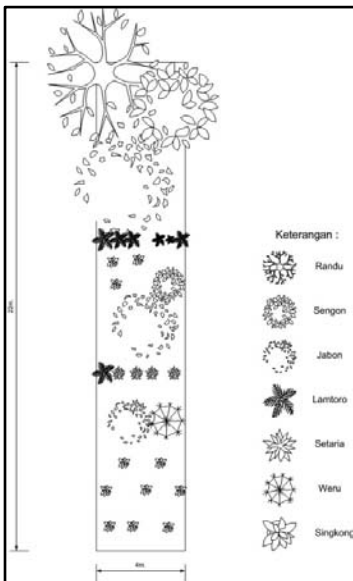
dalam konservasi tanah ditujukan: 1) mencegah kerusakan tanah oleh erosi, 2) memperbaiki tanah yang rusak, dan 3) memelihara serta meningkatkan produktivitas tanah agar dapat digunakan secara lestari (Arsyad, 2000).



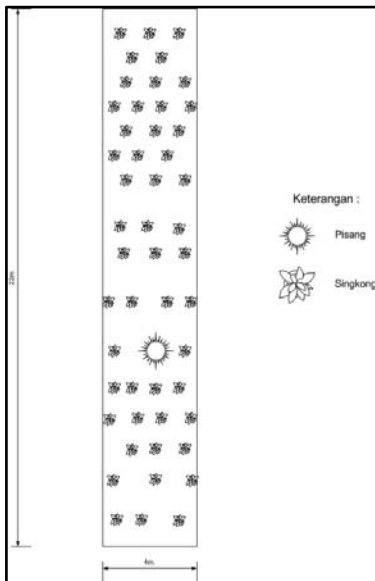
Gambar 1. Plot A Pak Parjo



Gambar 2. Plot B Pak Solekhan



Gambar 3. Plot C Pak Pomo



Gambar 4. Plot D Kontrol

Gambar 1,2, 3 dan 4 Model penutupan lahan Plot A, B, C, dan D

Uji statistik prosedur *Paired-Sample t-Test* pada limpasan permukaan antara perlakuan A (Suparjo) dan B (Solekhan), A dengan C (Supomo) dan A dengan K (Samadi) **menunjukkan perbedaan nyata pada tingkat kepercayaan 95%**. Sedangkan perlakuan B dan C, B dan K serta C dan K **tidak menunjukkan perbedaan nyata pada tingkat nyata 95%** (Tabel 3). Hasil uji statistik ini menunjukkan bahwa perlakuan A dengan nilai limpasan permukaan 12,204 mm adalah terbaik/terendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya B 105,028 mm, C 72,492 mm dan D kontrol 232,121 mm.

Tabel 3. Hasil *Paired-Sample t-Test* pada limpasan permukaan

Limpasan		Paired Differences					T	Df	Sig, (2-tailed)
		Mean	Std, Deviation	Std, Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	A – B	-1,25E+01	22,51738	2,20801	-16,8773	-8,1192	-5,66	103	0
Pair 1	A – C	-1,15E+01	20,90307	2,04971	-15,5399	-7,40968	-5,598	103	0
Pair 1	A – K	-1,67E+01	28,33228	2,77821	-22,2144	-11,1946	-6,013	103	0
Pair 1	B – C	1,02346	12,41706	1,21759	-1,39135	3,43827	0,841	103	0,403
Pair 1	B – K	-4,20625	30,30284	2,97144	-10,0994	1,6869	-1,416	103	0,16
Pair 1	C – K	-5,22971	29,54613	2,89724	-10,9757	0,51627	-1,805	103	0,074

Sedangkan uji *Paired sample T-test* pada erosi perlakuan antara A (Suparjo) dan C (Pomo), antara perlakuan B (Solekhan) dan C (Pomo), antara perlakuan B (solekhan) dan K (Samadi) dan antara perlakuan C (Pomo) dan kontrol (Samadi) **menunjukkan perbedaan tidak nyata pada tingkat kepercayaan 95% (Tabel 4)**. Uji statistik prosedur *Paired-Sample t-Test* pada erosi menunjukkan bahwa tingkat erosi seluruh perlakuan menunjukkan bahwa tingkat erosi antara perlakuan A (Suparjo) dan B (Solekhan) dan antara perlakuan A (Suparjo) dan K (Kontrol/Samadi) **menunjukkan perbedaan yang nyata pada tingkat kepercayaan 95% (Tabel 4)**. Uji statistik tahun 2013 ini menunjukkan perbedaan bila dibandingkan dengan uji *Paired-Sample t-Test* tahun 2012 yang menunjukkan bahwa limpasan permukaan dan tingkat erosi ketiga perlakuan A, B dan C tidak berbeda nyata dengan D kontrol. Hasil *paired sample t-test* erosi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil *Paired-Sample t-Test* pada erosi

Erosi		Paired Differences					T	Df	Sig, (2-tailed)
		Mean	Std, Deviation	Std, Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	A - B	-6,31E+01	242,1139	23,74122	-110,2	-16,0299	-2,658	103	0,009
Pair 1	A - C	-1,64E+02	1148,15	112,5854	-387,301	59,27235	-1,457	103	<u>0,148</u>
Pair 1	A - K	-1,73E+02	878,6731	86,16099	-343,688	-1,92779	-2,006	103	0,048
Pair 1	B - C	-1,01E+02	923,5713	90,56361	-280,511	78,71244	-1,114	103	<u>0,268</u>
Pair 1	B - K	-1,10E+02	658,2678	64,54846	-237,709	18,32387	-1,699	103	<u>0,092</u>
Pair 1	C - K	-8,79365	393,0239	38,53916	-85,227	67,63968	-0,228	103	<u>0,82</u>

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Model perlakuan teknik rehabilitasi lahan terbaik adalah Model A karena mampu menurunkan limpasan permukaan sebesar 219,92 mm/th (94,74%) dan tingkat erosi sebesar 17,86 ton/ha/th (99,04%).

Teknik rehabilitasi lahan Model A dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengendalian banjir, pencegahan erosi dalam kawasan Gunung Muria.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2000. Pengawetan tanah dan Air. Departemen Ilmu-ilmu Tanah Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Departemen Kehutanan Republik Indonesia, 2005. Rekalkulasi Penutupan Lahan Indonesia tahun 2005. Departemen Kehutanan Republik Indonesia. Jakarta.
- Forest Watch Indonesia/Global Forest Watch, 2001. Potret Keadaan Hutan Indonesia. Forest Watch Indonesia dan Washington DC: Global Forest Watch. Bogor.
- Forest Watch Indonesia, 2005. Potret Keadaan Hutan Indonesia Periode 2000-2009. Edisi Pertama. Forest Watch Indonesia. Bogor.
- Kementerian Kehutanann 2013. Statistik Kehutanan Indonesia 2012. Kementerian Kehutanan. Jakarta.

- Kusmana, C, Istono, S. Wilarso, E.N. Dahlan dan Onrisal. 2004. Upaya Rehabilitasi Hutan dan Lahan Dalam Pemulihan Kualitas Lingkungan. Seminar Nasional Lingkungan Hidup dan Kemanusiaan, Jum'at 4 Juni 2004 di Klub Rasuna. Ahmad Bakri Hall. Jakarta.
<https://onrizal.files.wordpress.com/2008/10/upaya-rehabilitasi-hutan-dan-lahan.pdf>
- Paimin, Sukresno dan Purwanto, 2010. Sidik Cepat Degradasi Sub Daerah Aliran Sungai. Pusat penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi. Bogor.
- Scherr, S.J. and S. Yadav. 1996. Land Degradation in the Developing World: Implications for Food, Agriculture, and the Environment to 2020. International Food Policy Research Institute. 1200 Seventeenth Street, N.W. Washington, D.C. 20036-3006 U.S.A. May 1996. *Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 14*
- Sugita. B. 2010. Ikon Baru Kota Kudus. Suara Merdeka.

Saran dan masukan dari proses seminar:

1. Perlu perhitungan biaya untuk implementasi pada model A, agar masyarakat dapat memperoleh informasi dan dapat menerapkan model ini.
2. Biaya reklamasi juga perlu untuk mendapatkan gambaran serupa pada poin pertama.

**PENGARUH ASAL KLON DAN JARAK TANAM TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN JATI
DAN PERANNYA DALAM MENJAGA KUALITAS LAHAN¹**

Oleh :

Hamdan Adma Adinugraha, Mashudi dan Mahfudz

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan

Email: hamdan_adma@yahoo.co.id

ABSTRAK

Jati (*Tectona grandis*) merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak dipilih dan dikembangkan oleh masyarakat dalam bentuk hutan rakyat. Keinginan masyarakat yang besar dalam menanam jati ini tidak terlepas dari adanya permintaan kayu jati yang tinggi. Dewasa ini produksi kayu Jati baik yang berasal dari Perhutani maupun hutan rakyat masih belum dapat mencukupi kebutuhan kayu untuk industri kayu di Jawa apalagi untuk memenuhi keperluan kayu secara nasional. Adanya kesenjangan tersebut antara lain disebabkan karena produktivitas dan kualitas tegakan masih relatif rendah sebagai akibat rendahnya kualitas sumber benih yang digunakan. Kualitas tegakan jati secara umum yang akan dihasilkan sangat dipengaruhi oleh tiga hal yang saling terkait yaitu penggunaan materi tanaman yang berkualitas, upaya manipulasi lingkungan yang tepat dan teknik pengendalian hama/penyakit secara terpadu.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh asal materi tanaman (klon), jarak tanam dan pola tanam terhadap pertumbuhan tanaman di lapangan serta identifikasi peran pertanaman jati terhadap pengendalian erosi lahan. Oleh karena itu dilakukan pengamatan pertumbuhan tanaman di plot pertanaman jati di Gunung Kidul dan Wonogiri yang ditanam dengan jarak tanam 2 x 3 m, 3 x 3 m dan 2 x 6 m, yang materinya berasal dari beberapa populasi pertanaman jati di Jawa (Madiun, Cepu, Rembang, Wonogiri) dan di Luar Jawa (Kendari, Muna, Nusa Tenggara Timur). Pertanaman dilakukan dengan pola tanam tumpangsari dengan tanaman pangan berupa kacang tanah, kacang kedelai, jagung dan ketela. Pengamatan pertumbuhan dilakukan secara periodik setiap tahun pada sifat tinggi, diameter pengamatan kondisi fisik dan kimi tanaman di bawah tegakan jati.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa secara umum asal klon dan jarak tanam berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan tanaman jati. Jarak tanam semakin lebar memberikan pertumbuhan tanaman lebih baik dari pada jarak tanam yang lebih pendek. Pada umur tanaman 5 tahun secara keseluruhan diketahui tinggi tanaman rata-rata 8,91 m, dbh 9,27 cm dan taksiran volume pohon 0,046 m³. Lokasi pertanaman juga berpengaruh terhadap tingkat pertumbuhan tanaman. Pada jarak tanam 2 x 6 m di Wonogiri diperoleh rerata tinggi 9,97 m, dbh 13,14 cm sedangkan di Gunung Kidul tingginya hanya 9,55 m dan dbh 9,27 m. Adapun rerata pertumbuhan tanaman pada jarak tanam 2 x 3 m diperoleh rata-rata tinggi 9,08 m dan dbh 9,29 cm, sedangkan pada jarak tanam 3 x 3 m di peroleh rerata 8,81 m dan dbh 8,24 cm. Pola tanam dan kondisi lahan juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman maupun terhadap pengendalian erosi dan kualitas lahan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pertanaman jati umur 5 tahun, mampu mengendalikan erosi 36% dikarenakan adanya penutupan seresah jati dan tanaman gulma dan kondisi kelerengan lahannya.

Kata Kunci : Asal klon, Jarak tanam, Jati, Kualitas lahan, Pertumbuhan tanaman

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan kayu pertukangan baik untuk keperluan domestik maupun ekspor terus mengalami peningkatan, sementara itu di isisi lain ketersediaan pasokan kayu dari hutan alam terus menurun untuk memenuhi kebutuhan kayu dunia. Oleh karenanya upaya pembangunan hutan tanaman baik pada hutan Negara maupun hutan rakyat terus digalakan dan diupayakan. Dewasa ini umumnya pembangunan hutan tanaman industri (HTI) dikembangkan secara luas untuk menghasilkan serat bahan baku pulp dan kertas yang didominasi jenis *Acacia* dan *Eucalyptus*. Sebagian kecil perusahaan yang mengembangkan kayu pertukangan. Pengusahaan hutan tanaman jati telah lama dilakukan terutama di Jawa oleh Perhutani, namun produksinya pun belum mencukupi kebutuhan kayu nasional, sehingga banyak industri kayu yang memanfaatkan bahan baku kayu dari hutan rakyat.

Jati adalah salah satu jenis primadona untuk penghasil kayu pertukangan. Kayu jati banyak dimanfaatkan untuk pertukangan yaitu kusen, daun pintu, meubel, ukiran, konstruksi berat dan ringan, perkapalan dan bisa dipakai sebagai bantalan rel kereta api. Termasuk jenis kayu yang paling digemari di pasar kayu domestik maupun internasional. Harganya relatif tinggi, pada tahun 2013 dilaporkan bahwa kisaran harga untuk kayu jati A1 (diameter 16-19 cm) Rp 2,5-2,8 juta/m³, A2 (diameter 22-28 cm) Rp 3,4-3,6 juta/m³, A3 (diameter 30-39 cm) Rp 5,5-5,8 juta/m³ dan A4 (> 40 cm) sekitar Rp 7-7,5 juta/m³. Adapun di pasar internasional dilaporkan harga kayu jati gergajian mencapai US\$ 1400-3000/m³. Sementara jumlah produksi kayu jati nasional masih jauh belum mencukupi permintaan pasar sehingga prospek pengembangan jati masih sangat terbuka lebar.

Permasalahan yang dihadapi adalah produksi kayu jati setiap tahun belum dapat mencukupi kebutuhan pasar yang disebabkan karena produktivitas hutan tanaman jati secara umum masih relatif rendah, yaitu hanya mencapai 2-5 m³/ha/tahun (Enters, 2000). D dilaporkan bahwa riap tegakan jati yang menggunakan benih dari APB yang hanya mencapai 1,6 m³/ha/tahun (Wibowo et al, 2007). Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan upaya dan minat masyarakat untuk menanam jati dengan produktivitas yang lebih tinggi. Hal tersebut mendorong dengan semakin meningkatnya kesadaran masyarakat mengenai pentingnya penggunaan benih/bibit berkualitas pun untuk membangun hutan tanaman.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam rangka melakukan seleksi klon jati yang menunjukkan kinerja pertumbuhan yang baik dan jarak tanam optimum yang bisa dikembangkan sehingga dapat memacu pertumbuhan tanaman jati dan disisi lain kualitas lahan tetap dapat terjaga baik secara fisik maupun kimiawi.

II. BAHAN DAN METODE

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Pertanaman klon jati dilakukan di KHDTK Watusipat yang terletak di Petak 22A, RPH Banaran, BKPH Bunder, Gunung Kidul. Plot ini ditanam pada awal tahun 2003 sehingga pada saat pengamatan dilakukan tanaman telah berumur sekitar 7 tahun. Pengamatan pertumbuhan tanaman periodik dilakukan setiap tahun sekali.

B. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah tanaman jati hasil perbanyakan vegetatif dengan teknik okulasi (*budding*) yang telah berumur 7 tahun di Gunung Kidul. Terdapat 12 klon jati yang merupakan hasil perbanyakan beberapa pohon induk yang diseleksi di 2 populasi yaitu Cepu sebanyak pohon induk dan di Madiun sebanyak 7 pohon induk. Pertanaman dibangun sebagai plot uji klon untuk membandingkan kinerja pertumbuhan masing-masing klon. Evaluasi dan pengukuran tanaman dilakukan secara periodik setiap tahun. Pengukuran tinggi pohon dilakukan dengan menggunakan galah ukur (15 m), sedangkan diameter batang diukur dengan menggunakan pita diameter pada ketinggian setinggi dada (1,3 m). Data hasil pengamatan yang meliputi data tinggi dan diameter di catat pada *tally sheet* yang telah dibuat berdasarkan rancangan penanaman yang ditetapkan.

C. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan pengamatan pertumbuhan dan pengukuran periodik pada beberapa plot penelitian jati di Gunung Kidul dan Wonogiri, Jawa Tengah, sebagai berikut:

1. Plot uji klon jati di Gunung Kidul yang di Gunung Kidul dengan jumlah klon yang diuji 31 klon yang dikoleksi dari populasi jati di Jawa dan Sulawesi Tenggara. Setiap klon masing-masing terdiri atas 5 ramet dan diulang dalam 5 blok atau replikasi serta

menggunakan jarak tanam 2 x 3 m. Sehingga jumlah unit pengamatan terdapat 755 tanaman.

2. Plot uji jarak tanam yang terdiri atas 12 klon, 5 ramet dan diulang dalam 5 blok. Klon 1 s/d 5 berasal dari Cepu dan klon 6 s/d 12 berasal dari Madiun. Jarak tanam yang diterapkan adalah 3 x 3 m dan 2 x 6 m. Dengan demikian jumlah unit pengamatan seluruhnya sebanyak 600 tanaman.
3. Plot uji klon jati di Wonogiri yang menggunakan 20 klon, masing-masing terdiri atas 5 ramet dan diulang dalam 5 blok dengan jarak tanam 2 x 6 m sehingga jumlah unit pengamatan sebanyak 500 tanaman.
4. Pengamatan tingkat erosi tanah di bawah tegakan jati dilakukan dengan membuat beberapa petak ukur pengamatan di RPH Ngawenan dan RPH Blimbing, KPH Cepu yang terdapat di Kabupaten Blora, Jawa Tengah.

Kegiatan pengukuran dilakukan secara periodik setiap tahun terhadap parameter pertumbuhan yaitu tinggi dan diameter batang (dbh). Dari data tinggi dan diameter (dbh) dijadikan bahan untuk mengestimasi volume pohon dengan menggunakan rumus: $V = \frac{1}{4}\pi(D/100)^2Hf$; di mana V = volume pohon (m^3); D = dbh (cm); H = tinggi pohon (m); dan f = angka bentuk untuk tanaman jati sebesar 0,64 (Arsa, 2008).

D. Analisis Data

Data hasil pengamatan disusun dalam tabel kemudian dianalisis secara statistik dengan menggunakan *anova*. Apabila terdapat pengaruh perlakuan yang berbeda nyata maka pengujian dilanjutkan dengan uji jarak Duncan/*Duncan Multiple Range Test* (Gasversz, 1991).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Variasi Pertumbuhan Antar Klon

Hasil pengamatan di 3 plot uji klon jati di Gunung Kidul dan Wonogiri menunjukkan bahwa pada umur 5-6 tahun klon berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan tanaman (tinggi, dbh dan volume

pohon) seperti disajikan pada Tabel 1-3. Pertumbuhan tinggi, dbh bervariasi antar klon sehingga taksiran volume pohon pun bervariasi. Rerata pertumbuhan tanaman pada umur 5 tahun di Wonogiri yaitu tinggi 9,97 m, dbh 13,14 cm dan taksiran volume pohon 0,103 m³. Pertumbuhan tanaman uji klon jati di Gunung Kidul pada umur 6 tahun diperoleh rerata tinggi 9,08 m, dbh 9,29 cm dan taksiran volume pohon 0,047 m³. Adapun pertumbuhan tanaman pada plot uji jarak tanam di Gunung Kidul pada umur 5 tahun diperoleh rerata tinggi 8,91 m, dbh 9,28 cm dan taksiran volume pohon 0,045 m³. Demikian pula dilaporkan bahwa pertumbuhan tanaman uji klon jati di Palembang menunjukkan variasi yang nyata antar klon pada umur 3 tahun (Sofyan et al., 2011). Hal ini menunjukkan pentingnya pemilihan klon-klon unggul dalam pengembangan hutan tanaman jati untuk meningkatkan produktivitasnya.

Tabel 1. Hasil sidik ragam pertumbuhan uji klon jati di Wonogiri umur 5 tahun

Sumber variasi	Derajat Bebas	Kuadrat Tengan		
		Tinggi	Dbh	Volume pohon
Replikasi	4	87,169	118,139	0,0553
Klon	19	9,769 **	29,191 **	0,0099 **
Replikasi x Klon	57	7,479 **	19,142 **	0,0061 **
Galat	211	3,898	11,422	0,0037
Total	291			

Tabel 2. Hasil analisis sidik ragam pertumbuhan uji klon jati di Gunung Kidul umur 6 tahun

Sumber variasi	Derajat Bebas	Kuadrat Tengan		
		Tinggi	Dbh	Volume pohon
Replikasi	4	274,237	209,588	0,30905
Populasi	6	28,375 **	22,768 **	0,00419**
Klon (Populasi)	25	14,351 **	21,643 **	0,00334**
Replikasi x Klon	112	8,136 **	9,245 **	0,00133**
(populasi)	533	2,780	3,600	0,0005
Galat				
Total	680			

Tabel 3. Hasil analisis sidik ragam uji jarak tanam jati umur 5 tahun di Gunung Kidul

Sumber variasi	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah		
		Tinggi	Dbh	Volume pohon
Replikasi	4	31,584	29,213	0,00394
Jarak tanam	1	245,968 **	108,147 **	0,03436 **
Klon	10	17,289 **	22,512 **	0,00389 **
Populasi	1	5,380 ns	9,651 ns	0,0000001 ns
Klon (Pop.) x	11	12,248 **	7,118 **	0,00236 **
Jarak tanam	501	3,980	5,713	0,00074
Galat				
Total	528			

Hal tersebut pula banyak mendorong banyak pihak untuk memproduksi bibit jati dari klon-klon tertentu yang didatangkan dari luar negeri maupun dari dalam negeri dan diklaim sebagai “jati unggul” untuk dipasarkan kepada masyarakat. Beberapa nama yang beredar di masyarakat antara lain Jati Plus Perhutani (JPP), jati unggul, jati super, jati emas, Jati Unggul Nusantara (JUN), jati Solomon, jati hibrida dan lain-lain. Sebagian klon yang dipasarkan telah memenuhi persyaratan yaitu telah melalui kegiatan uji klon, namun sebagian besar belum memenuhi kaidah tersebut. Padahal kinerja pertumbuhan klon atau tanaman hasil perbanyakan vegetatif sangat reaktif terhadap kondisi lingkungan, sehingga sering menunjukkan interaksi yang sangat kuat dengan faktor lingkungannya (Matheson dan Raymond, 1984). Hasil uji penanaman klon jati yang sama di beberapa lokasi berbeda menunjukkan adanya perbedaan tingkat pertumbuhannya pada umur yang sama (Siswamartana dan Wibawa, 2005; Goh et al., 2010). Penggunaan klon terpilih untuk operasional penanaman dapat meningkatkan produktivitasnya (Goh dan Monteuis, 2005). Hasil penelitian di Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan menunjukkan dengan seleksi klon terbaik potensi produktivitas hutan jati dapat mencapai 24,38 m³/ha/tahun (Adinugraha et al., 2013).

B. Pengaruh Jarak Tanam

Pada awal penanaman jati di Jawa (Perhutani) biasanya digunakan jarak tanam awal 3 x 1 m sehingga terdapat 3.300 batang per hektar dan terus dikurangi melalui kegiatan penjarangan sehingga pada akhir daur 60 tahun tinggal 100-200 tanaman saja (Tanaka *et al.*, 1998). Namun, dalam operasional sering digunakan jarak tanam 3 x 3 m, 2,5 x 2,5 m dan 2 x 3 m, sehingga jumlah tanaman awal per hektar bervariasi dari 1.100 s/d 1.660 batang (Pramono *et al.*, 2010). Daur tanaman yang ditetapkan pun lebih pendek yaitu 30-40 tahun (Kaosa-ard, 1999). Bahkan umumnya untuk hutan jati rakyat daurnya sekitar 15-20 tahun saja. Hal tersebut disebabkan karena penebangan pohon jati sering dikaitkan dengan kebutuhan biaya bagi petani pemiliknya atau dikenal dengan “sistem tebang butuh”.

Pengaturan jarak tanam penting dilakukan untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman jati yang optimal. Evans (1992) menjelaskan bahwa jarak tanam awal berpengaruh langsung terhadap volume produksi total, dimana jarak tanam yang lebih lebar cenderung meningkatkan rata-rata diameter batang. Hasil pengamatan plot uji jarak tanam di Gunung Kidul membuktikan bahwa jarak tanam berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman jati (Tabel 3). Hasil serupa juga dilaporkan Marjenah (2003) bahwa jarak tanam sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman jati. Pertumbuhan tanaman pada umur 5 tahun yang ditanam dengan jarak tanam 3 x 3 m diperoleh rerata tinggi 8,24 m dan dbh 8,81 cm sedangkan pada jarak tanam 2 x 6 m diperoleh rerata yang lebih baik yaitu tinggi 9,55 m dan dbh 9,73 cm. Pengamatan pada plot uji klon jati umur 5 tahun di Gunung Kidul yang ditanam dengan jarak tanam 2 x 3 m menunjukkan rerata pertumbuhan yang lebih rendah yaitu tinggi 7,59 m dan dbh 8,14 cm sementara di Wonogiri yang ditanam dengan jarak tanam 2 x 6 m hasilnya lebih baik yaitu tingginya 9,97 dan dbh 13,14 cm (Adinugraha dan Leksono, 2013). Adanya variasi pertumbuhan tersebut sangat erat hubungannya dengan adanya jarak antar tanaman yang lebih lebar sehingga memberikan ruang tumbuh yang lebih besar baik dalam persaingan mendapatkan sinar matahari maupun ketersediaan unsur hara dalam tanah.

C. Pengaruh Pola Tanam

Penanaman jati bisa dilakukan dengan menerapkan beberapa pola tanam yaitu monokultur, campuran (polikultur) dan tumpangsari (agroforestri), dengan memperhatikan kondisi lahannya. Pada lahan-lahan yang subur, pengembangan hutan jati dilakukan dengan pola tumpangsari karena dapat memaksimalkan keuntungan dari pemanfaatan lahan. Pada lahan berbatu, tidak subur dilakukan dengan pola monokultur atau campuran. Pola tanam monokultur memiliki kelebihan antara lain dalam luasan yang sama akan diperoleh keuntungan lebih besar dari hasil penjualan kayu (volume lebih banyak). Selain pengelolaannya lebih mudah karena jenis tanamannya seragam. Namun demikian ada kelemahan dari praktek monokultur ini yaitu rentan terhadap serangan hama/penyakit serta persaingan antar individu pohon dalam memperoleh unsur hara lebih besar.

Praktek penanaman secara monokultur telah lama dilakukan oleh perhutani dalam skala yang luas dan diawali dengan tumpangsari pada 2 tahun pertama. Adapun pada hutan jati rakyat yang paling banyak dilakukan masyarakat adalah tipe hutan campur atau agroforestri dengan pola tanam yang sederhana yaitu penggunaan bibit seadanya, tidak seumur, tidak pengaturan jarak tanam, tidak dipelihara secara intensif (Jariyah dan Wahyuningrum, 2008; Pramono *et al.*, 2010). Kelebihan pola ini adalah lebih tahan terhadap gangguan hama/penyakit, penggunaan ruang tumbuh dan sistem perakarannya lebih baik (optimal), variasi lahan dapat dimanfaatkan secara maksimal, lebih tahan terhadap terpaan angin. Jenis-jenis yang umum ditanam bersama jati yaitu mahoni, sonokeling, sengon, gmelina, mindi, suren, lamtoro, klirside, tanaman buah-buahan (nangka, alpukat, sawo dan lain-lain). Akan tetapi pada saat ini sejalan dengan berkembangnya teknologi pembibitan jati dengan stek pucuk dan kultur jaringan, di pasaran banyak beredar bibit jati yang diklaim sebagai "jati unggul". Demikian pula kesadaran masyarakat tentang pentingnya materi tanaman yang berkualitas meningkat, maka banyak hutan jati rakyat yang ditanam dengan secara monokultur.

Pengembangan teknik budidaya jati di hutan rakyat hendaklah diawali dari kegiatan pemilihan dan persiapan lahan yang meliputi

pembersihan dan pengolahan lahan yang baik. pengaturan jarak tanam, penanaman dan pemeliharaan tanaman. Secara umum tanaman jati memerlukan tempat tumbuh yang cocok untuk tumbuh optimal, yaitu; ketinggian tempat 30-900 m dpl dan optimum pada ketinggian < 700 m dpl, kandungan kalsiumnya (Ca) tinggi, pH tanah berkisar 5-6, curah hujan 1.250-3.730 mm/tahun, suhu rata-rata 32-42°C serta terdapat 3-5 bulan kering, dimana pohon jati menggugurkan daunnya (Hardjodarsono, 1984; Pramono et al., 2010; Sanjaya, 2011). Penanaman sebaiknya dilakukan dengan membuat lubang tanam yang cukup lebar seperti 40 x 40 x 40 cm (Mahfudz et.al, t.t.) dengan jarak tanam 2,3 x 2,5 m, 3 x 1 m, 3 x 2 m, 3 x 3 m dan 3 x 6 m (Fauzi dan Mahfudz, 2008; Pramono et al., 2010) apabila ditanam dengan pola monokultur. Selanjutnya tanaman dipelihara secara periodik untuk mendapatkan pertumbuhan yang optimal.

Pemeliharaan tanaman yang harus dilakukan antara lain pemupukan, perlakuan penunggalan (*singling*), pemangkasan cabang (*pruning*) dan penjarangan (*thinning*). Kegiatan pemupukan diawali dengan pemberian pupuk dasar sebelum dilakukan penanaman dengan pupuk kandang 10 kg + 10 gram pupuk TSP pada setiap lubang tanam (Wibowo et al., 2002). Pemupukan lanjutan dapat dilakukan dengan pemberian pupuk NPK. Menurut Mile (2007) peningkatan input hara pada hutan rakyat dapat dilakukan dengan cara menggiatkan penanaman tanaman pupuk hijau pengikat nitrogen diantara baris tanaman, mengaktifkan penggunaan mulsa sisa tanaman sebagai kompos organik dengan teknik yang lebih praktis seperti teknologi mulsa vertikal, dan memperkaya kandungan hara pupuk organik yang dihasilkan, sehingga dapat menggantikan peranan pupuk anorganik (pupuk buatan).

Kegiatan yang diperlukan adalah penunggalan yang dilakukan terutama pada batang jati yang berasal dari trubusan sisa tebangan. Kegiatan ini dilakukan secara rutin dengan memangkas batang yang tidak bagus pertumbuhannya sehingga tersisa satu trubusan yang terbaik yang diharapkan dapat menjadi satu batang pohon jati yang lurus, batang bebas cabang tinggi dan memiliki diameter lebih besar. Kegiatan lain adalah pemangkasan cabang atau *pruning* juga diperlukan untuk meningkatkan tinggi batang bebas cabang dan

mengurangi mata kayu dari batang utama. Kegiatan penjarangan/*thinning* dilakukan dalam rangka memperlebar jarak tanam atau mengurangi jumlah pohon agar pertumbuhan dalam satu area lebih merata dan kualitas kayu yang dihasilkan meningkat. Penjarangan pada tanaman yang telah berumur 15 tahun dapat dilakukan setiap 5-10 tahun. Adanya penjarangan menambah jarak antar tanaman dan berperan dalam menambah ukuran diameter batang (Kanninen et al., 2004 dalam Yahya et al., 2011).

D. Peran Tegakan Jati Dalam Memelihara Kualitas Lahan

Adanya tegakan jati berperan dalam menjaga kualitas lahan. Penutupan tajuk tanaman jati dapat meningkatkan daya infiltrasi tanah, yang kapasitasnya cenderung meningkat sejalan dengan bertambahnya umur tanaman. Akan tetapi selanjutnya terjadi penurunan kapasitasnya dengan adanya penjarangan dan penerasan sebelum penebangan tanaman (Supangat dan Putera, 2010). Kemampuan tumbuh tanaman jati di daerah-daerah yang beriklim panas, pada lahan-lahan kritis, tandus, berbatu kapur, terjal dengan solum yang relatif dangkal menjadikan jenis jati sebagai andalan bagi masyarakat untuk menanami lahannya (Gambar 1.). Adanya tanaman jati yang menggugurkan daun pada saat kemarau menghasilkan seresah yang akan terdekomposisi pada saat musim hujan mampu memberikan tambahan bahan organik tanah. Selain itu dengan adanya penutupan tajuk pohon jati, seresah dan pola pengolahan lahan dengan teras-teras dapat mengurangi terpaan air hujan yang dapat menyebabkan erosi tanah. Dengan demikian tingkat erosi tanah berkurang dan degradasi lahan dapat dicegah atau dikurangi.

Proses erosi tanah merupakan faktor penyebab degradasi lahan terpenting yang merupakan suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas (*top soil*) baik disebabkan oleh pergerakan air atau angin. Limpasan permukaan sebagai faktor pemicu utama erosi pada akhirnya menyebabkan terjadinya penurunan kualitas lahan (degradasi lahan). Hasil pengamatan limpasan air hujan di bawah tegakan jati (Tabel 4) menunjukkan bahwa semakin tinggi kelas umur cenderung mengurangi limpasan yang dihasilkan. Adanya penanaman pada tegakan umur 9 tahun disebabkan karena terjadi

kebakaran lahan yang menyebabkan terbukanya lantai hutan. Pengendalian limpasan ini diperankan oleh adanya penutupan tajuk dan seresah yang tebalnya mencapai 4-5 cm yang mampu menahan dan menghambat aliran permukaan tanah. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Supangat dan Putra (2010) bahwa kapasitas infiltrasi tanah di kawasan hutan jati cenderung semakin meningkat dengan bertambahnya umur, sebagai akibat meningkatnya kandungan bahan organik tanah di bawah tegakan. Adanya penjarangan dapat mengurangi kapasitas infiltrasi sehingga harus diatasi dengan mempertahankan keberadaan komunitas tanaman bawah serta pencegahan dari kebakaran hutan.



Gambar. 1. Tanaman jati rakyat di lahan miring

Tabel 4. Hasil pengamatan hujan, air lolos dan aliran batang tanaman jati umur 5 dan 9 tahun

Umur tanaman	Hujan (mm)	Air lolos (mm)	Aliran batang (mm)	Limpasan (mm)	Intersepsi (mm)
9 tahun	271	137,41	55,12	53,90	78,47 (0,2895)
5 tahun	271	149,42	38,90	38,20	82,68 (0,3051)
2 tahun	273	-	-	41,10	-

Sumber : Mashudi et al., (2001).

Hasil penelitian Widjajani (2010) juga membuktikan hal yang sama bahwa semakin tua umur tanaman jati tingkat erosi tanahnya menurun sedangkan kemampuan intersepsinya terus meningkat. Keberadaan kawasan hutan jati lebih baik dalam mengendalikan tingkat erosi dan laju sedimentasi sehingga sangat berperan dalam pengendalian tata air (Supangat dan Paimin, 2011). Keberadaan tegakan jati pada lahan-lahan perbukitan yang kritis di Gunung Kidul dan Wonogiri menjadi sangat penting dalam membantu menyediakan air pada saat musim kemarau panjang. Kemampuan tanaman jati dalam menangkap air hujan, erat hubungannya dengan perkembangan tajuk. Pada waktu muda tajuknya sangat sedikit sedangkan semakin tua umurnya, tajuknya semakin berkembang. Suryanto et al.,(2006) melaporkan bahwa penutupan maksimum tajuk jati bervariasi menurut asal materi tanamannya. Jati stek pucuk pada umur 8,5 tahun, tanaman dari biji pada umur 12 tahun dan tanaman dari kultur jaringan pada umur 15,2 tahun.

Adanya pengaturan jarak tanam yang lebih lebar hendaknya dipertimbangkan dalam hubungannya dengan pola tanam tumpangsari. Adanya rumbuh yang lebih lebar dijadikan lahan tumpangsari berupa tanaman kacang kedelai, jagung, ketela, empon-empon dan lain-lain. Tumpangsari biasanya hanya dilakukan 2-3 tahun pertama, karena tajuk tanaman jati, umumnya sudah cukup lebar dan menutupi lahan garapan. Adanya input bahan organik dari pupuk dan seresah memberikan tambahan unsur hara selain bagi tanaman pertanian juga bagi tanaman pokoknya. Adanya aplikasi pupuk hayati selama kegiatan tumpangsari juga berpengaruh baik dengan meningkatkan aktifitas fosfatase pada tanah melalui peningkatan jumlah mikroba pelarut posfat. Juga dengan adanya tanaman legume seperti kacang kedelai juga dapat meningkatkan kandungan nitrogen tanah melalui penambatan N_2 oleh bakteri yang bersimbiosis dalam bintil akar tanaman legum (Fitriatin et al., 2008).

IV. PENUTUP

Pertumbuhan tanaman jati dipengaruhi oleh faktor-faktor genetik, manipulasi lingkungan dan pengendalian hama/penyakit. Pemilihan materi tanaman yang berkualitas tidak akan tumbuh secara optimal

apabila menerapkan teknik silvikultur yang tepat dengan diawali pemilihan lokasi, pengolahan lahan yang baik dan pemeliharaan tanaman yang tepat. Adanya tegakan jati yang baik selain akan menghasilkan kualitas kayu yang diharapkan, juga berperan dalam memelihara kualitas tanah dan lahan. Adanya penutupan tajuk, seresah dan tanaman bawah baik berupa tanaman tumpangsari maupun vegetasi penutup lantai hutan lainnya sangat berperan dalam mengurangi limpasan air di permukaan tanah sehingga dapat mengurangi laju erosi tanah dan degradasi lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugraha, H.A., Pudjiono, S., Fauzi, M.A., Hasnah, T.M., Setyobudi, Suwandi, dan Aziz, A. 2013. Populasi Pemuliaan untuk Kayu Pertukangan Daur Panjang. Laporan Hasil Penelitian Tahun Anggaran 2013. Tidak dipublikasikan.
- Adinugraha, H.A. dan Leksono, B. 2013. Kinerja Jati Asal Muna Pada Plot Uji Klon Jati di Empat Lokasi. Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea Vol 2 No. 2: 138-153.
- Enters, T. 2000. Site, Technology and Productivity of Teak Plantation in Southeast Asia. *Unasylva* 201, vol. 51, 2000.
- Evans, J. 1992. Plantation Forestry in the Tropics. Tree Planting for Industrial, Social, Environmental and Agroforestry Purposes. Second edition. Clarendon Press. Oxford.
- Fitriatin, B.N., Hindersah, R., dan Suryatmana, P. 2008. Aktivitas Enzim Fosfatase dan Ketersediaan Fosfat Tanah pada Sistem Tumpangsari Tanaman Pangan dan Jati (*Tectona grandis* L.f.) setelah Aplikasi Pupuk Hayati. Jurnal Agrikultura Vol. 19 No. 3 : 161-166.
- Gasversz, V. 1991. Metode Perancangan Percobaan untuk Ilmu-ilmu Biologi, Pertanian. Armico. Bandung.
- Goh, D.K.S., Chang, F., Jilimin, M. dan Japarudin, Y. 2010. Tissue Culture Propagation and Dispatch of Quality Teak Clones. *Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology* Vol 18(1): 147-149.
- Goh, D.K.S. dan Monteuiis, O. 2005. Rationale for Developing Intensive Teak Clonal Plantations, with Special Reference to Sabah. *Bois et Forests Des Tropiques*, 2005, No. 285 (3). Silviculture Clonal Plantations.
- Hardjodarsono. 1984. Jati (*Tectona gradis* L.f.). Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan UGM. Cetakan ke-4. Yogyakarta.
- Jariyan, N.A. dan Wahyuningrum, N. 2008. Karakteristik Hutan Rakyat di Jawa. Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan. Vol 5 No. 1, Maret 2008, halaman 43-56.

- Kasosa-ard, A. 1999. Teak (*Tectona grandis* L.f.) Domestication and Breeding. Teaknet Asia Pacific Region. Yangon Myanmar.
- Marjenah. 2003. Hubungan Antara Jarak Tanam dengan Tinggi dan Diameter Tanaman Jati (*Tectona grandis* Linn.f.) di Kalimantan Timur. Rimba Kalimantan Fakultas Kehutanan Unmul. Vol. 11. No. 1, halaman 21-26.
- Mashudi, Sukresno, W. Novia dan Retnowati, S. 2001. Kajian Peran Komunitas Vegetasi Hutan Tanaman Terhadap Pengendalian Erosi. Laporan Hasil Penelitian Balai Teknologi Pengelolaan DAS Surakarta. Tidak dipublikasikan.
- Mile, M.Y. 2007. Prinsip-prinsip Dasar dalam Pemilihan Jenis, Pola Tanam dan Teknik Produksi Agribisnis Hutan Rakyat. Info Teknis Vol. 5 No. 1, September 2007. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Yogyakarta.
- Pramono, A.A., Fauzi, M.A., Widyani, N., Heriansyah, I., dan Roshetko, J.M. 2010. Pengelolaan Hutan Jati Rakyat. Panduan Lapang untuk Petani. Cifor. Bogor.
- Siswamartana, S. dan Wibawa, A. 2005. Early Performance Clonal Test of Teak in Perum Perhutani. International Forest Review Vol 7(5) 2005.
- Sofyan, A., Naiem, M. dan Indrioko, S. 2011. Perolehan Genetik pada Uji Klon Jati (*Tectona grandis* L.f.) Umur 3 Tahun di KHDTK Kemampo, Sumatera Selatan. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman Vol. 8 No. 3 : 179-186.
- Supangat, A.B. dan Putera, P.B. 2010. Kajian Infiltrasi Tanah Pada Berbagai Tegakan Jati (*Tectona grandis* L.) di Cepu, Jawa Tengah. Jurnal Penelitian Hutan dan KOnservasi Alam, Vol. VII No. 2: 149-159.
- Tanaka, N., Hamazaki, T. dan Vacharangkura, T. 1998. Distribution, Growth and Site Requirements of Teak. JARQ 32, 65-77.
- Wibawa, A., Purwanta, S., dan Gunawan, I. 2002. Pengaruh Berbagai jarak tanam, bahan tanaman dan dosis pupuk terhadap pertumbuhan jati (*Tectona grandis* L.f.) umur 2,5 tahun di KPH Ngawi. Buletin Penelitian Pusbanghut, Vol. IV No. 01, Januari 2002. Pusat Pengembangan SDH. Cepu.
- Wibawa, A., Sutijasno dan Rodiana. 2007. Variasi Genetik dan Korelasi Pertumbuhan Uji Keturunan Half-sib Jati di KPH Cepu. Buletin Puslitbang Perhutani X(1):577-583.
- Widjajani, B.W. 2010. Tipologi Tanaman Penahan Erosi (Studi kasus di hutan jati). Agrovigor Volume 3 No. 1, Maret 2014, halaman 56-64.
- Yahya, A.Z., Saaifudin, A.A. dan Hashim, M.N. 2011. Growth Response and Yield Plantation Growth Teak (*Tectona grandis*) After Low Thinning Treatments at Pagoh Penisular Malaysia. Journal of Tropical Forest Science 23(4): 453-459.

PROGRAM PEMULIAAN MAHONI DAN POTENSINYA DALAM PENGENDALIAN LIMPASAN DAN EROSI¹

Oleh :

Mashudi, Mudji Susanto dan Liliana Baskorowati

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan

ABSTRAK

Produksi kayu dari hutan alam di luar Jawa cenderung menurun dari tahun ke tahun, sementara kebutuhan kayu untuk bahan baku industri terjadi sebaliknya. Dengan semakin menurunnya kemampuan produksi hutan alam secara lestari untuk menyediakan bahan baku industri, pembangunan hutan tanaman dengan produktivitas tinggi merupakan salah satu alternatif pilihan yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu jenis yang potensial untuk pengembangan hutan tanaman adalah Mahoni (*Swietenia macrophylla* King.). Jenis ini secara luas telah dikembangkan oleh Perum Perhutani. Untuk meningkatkan produktivitas hutan tanaman Mahoni, sentuhan kegiatan pemuliaan perlu dilakukan pada jenis ini. Bertolak dari hal tersebut pada tahun 2015 Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan (BBPBPTH) akan menginisiasi pembangunan uji keturunan Mahoni. Melalui kegiatan pemuliaan, seleksi secara bertahap dilakukan sehingga produktivitas hutan tanaman Mahoni dapat ditingkatkan. Disamping produktivitas tanaman, faktor lingkungan juga harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Untuk mendekati permasalahan tersebut maka penelitian dilaksanakan pada hutan tanaman Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun dengan tujuan untuk mengetahui kondisi komunitas vegetasi tegakan Mahoni pada beberapa fase umur dan potensinya dalam pengendalian limpasan dan erosi.

Penelitian dilaksanakan pada hutan tanaman Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun yang berlokasi di RPH Getas, BKP Monggot, KPH Gundih, Jawa Tengah. Masing-masing umur tanaman dibangun 2 petak ukur pengamatan limpasan dan erosi dan sebagai kontrol dibangun 2 plot pada lahan terbuka (tanpa tanaman) dengan ukuran 22,1 m x 4 m per petak ukur. Pengamatan tanaman pokok Mahoni juga dilakukan di dalam petak ukur pengamatan erosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun berturut-turut sebesar 2,131 m; 5,65 m dan 10,24 m; rata-rata diameter batang tanaman mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun berturut-turut sebesar 2,75 cm; 5,50 cm dan 11,00 cm; rata-rata luas tajuk per petak ukur tanaman mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun berturut-turut sebesar 7,31 m²; 35,17 m² dan 75,19 m². Tingkat erosi dalam dua bulan pengamatan pada tegakan mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun masing-masing menurun menjadi 49,4%, 15,3% dan 8,7% terhadap kontrol yang besarnya 82,11 kg/plot ($\pm 9,3$ ton/ha). Besar limpasan air permukaan pada tegakan mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun yang dicerminkan oleh nilai koefisien erosi masing-masing sebesar 0,24 (4 % terhadap kontrol), 0,19 (24 % terhadap kontrol) dan 0,14 (44 % terhadap kontrol).

Kata kunci : pemuliaan, mahoni, limpasan, erosi

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

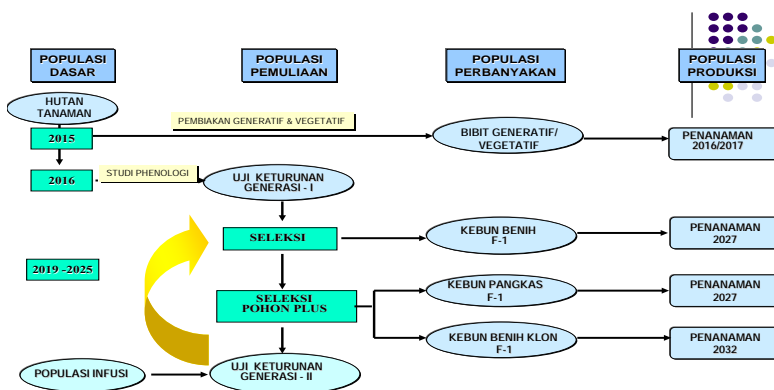
Produksi kayu dari hutan alam di luar Jawa cenderung menurun dari tahun ke tahun, sementara kebutuhan kayu untuk bahan baku industri terjadi sebaliknya. Dengan semakin menurunnya kemampuan produksi hutan alam secara lestari untuk menyediakan bahan baku industri, pembangunan hutan tanaman dengan produktivitas tinggi merupakan salah satu alternatif pilihan yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu jenis yang potensial untuk pengembangan hutan tanaman adalah Mahoni (*Swietenia macrophylla* King.). Menurut Mayhew dan Newton (1998) dalam Krisnawati et al., (2011) jenis ini telah ditanam di Indonesia sejak tahun 1870-an. Disampaikan lebih lanjut bahwa menurut data Perum Perhutani, total hutan tanaman Mahoni di Indonesia pada pertengahan tahun 1990 mencapai 54.000 ha. Hasil penelitian Suharlan (1975) dalam Krisnawati et al. (2011) menunjukkan bahwa *mean annual increament* (MAI) volume tanaman Mahoni umur 30 tahun pada tapak dengan kesuburan sedang sebesar 14,6 m³/ha/tahun. Kemudian hasil penelitian Krisnawati et al. (2010) dalam Krisnawati et al. (2011) menunjukkan bahwa MAI volume tanaman Mahoni umur 15 – 30 tahun pada tapak dengan kesuburan sedang berkisar antara 7,7 – 19,3 m³/ha/tahun. Menurut Tabel Wulfing (1949) MAI volume tanaman mahoni umur 30 tahun pada tapak dengan kesuburan sedang adalah sebesar 19,4 m³/ha/tahun. Mengacu pada hasil tersebut maka produktivitas tanaman mahoni yang ada belum optimum.

Untuk meningkatkan produktivitas hutan tanaman Mahoni, kegiatan pemuliaan perlu dilakukan pada jenis ini. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Siregar et al. (2007) yang menunjukkan bahwa walaupun Mahoni di Jawa termasuk jenis eksotis tetapi keragaman genetiknya tinggi sehingga program pemuliaan masih menjanjikan untuk dilaksanakan. Bertolak dari hal tersebut pada tahun 2015 Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan (BBPBPTH) akan menginisiasi pembangunan uji keturunan Mahoni. Melalui kegiatan pemuliaan, seleksi secara bertahap dilakukan sehingga produktivitas hutan tanaman Mahoni dapat ditingkatkan. Disamping

produktivitas tanaman, faktor lingkungan juga harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan pengelolaan Daerah Aliran Sungai terutama aspek limpasan permukaan dan erosi. Untuk mengetahui potensi tegakan Mahoni dalam mengendalikan limpasan dan erosi maka didekati dengan melakukan penelitian pada tegakan Mahoni umur muda (< 10 tahun) yang belum termuliakan. Penelitian dilakukan pada tegakan Mahoni umur muda sebab kondisi hutan tanaman yang paling peka terhadap erosi pada umumnya adalah pada fase pertumbuhan awal. Ke depan dengan penanaman Mahoni dari materi yang telah termuliakan maka produktivitas biomasa yang dihasilkan lebih tinggi sehingga potensi pengendaliannya diharapkan juga lebih tinggi. Untuk mendekati permasalahan tersebut maka penelitian dilaksanakan pada tanaman Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun dengan tujuan untuk mengetahui kondisi komunitas vegetasi tegakan Mahoni pada beberapa fase umur dan potensinya dalam pengendalian limpasan dan erosi.

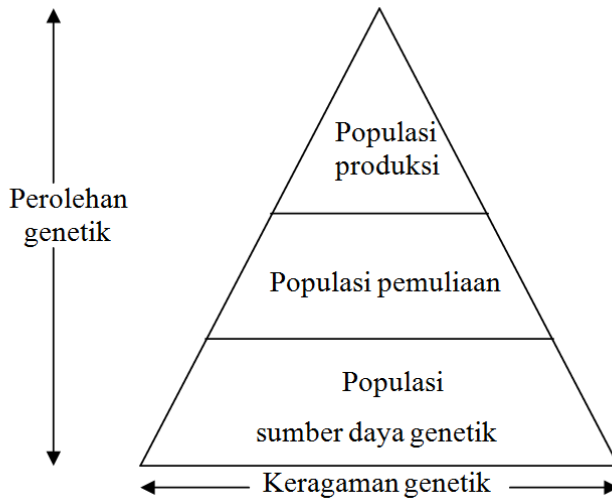
B. Pemuliaan Mahoni (*Swietenia macrophylla* King.)

Berdasarkan hasil penelitian Siregar et al. (2007) menunjukkan bahwa keragaman genetik tanaman Mahoni relatif tinggi, sehingga dengan kegiatan pemuliaan maka produktivitas hutan tanaman Mahoni dapat ditingkatkan. Strategi pemuliaan yang akan dilakukan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Strategi pemuliaan tanaman Mahoni

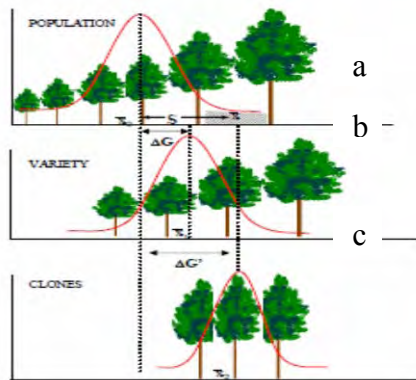
Keragaman genetik sangat penting bagi kegiatan pemuliaan pohon dalam meningkatkan perolehan genetik, sebab dengan keragaman genetik maka kegiatan seleksi dapat dijalankan. Secara konseptual, hubungan antara keragaman genetik dan perolehan genetik dilukiskan pada Gambar 2 (Johnson et al., 2001).



Gambar 2 menunjukkan bahwa populasi awal sumber daya genetik mempunyai keragaman genetik yang luas dan dengan dilakukannya seleksi maka keragaman genetik semakin sempit (semakin ke atas). Di lain pihak perolehan genetik yang didapat terjadi sebaliknya dimana semakin ke atas perolehan genetiknya semakin tinggi.

Keragaman genetik yang tinggi menunjukkan bahwa variasi genetik dari individu-individu penyusun populasi cukup tinggi sehingga variasi pertumbuhan antar individu signifikan perbedaannya. Adanya variasi antar individu yang tinggi tersebut memberi peluang untuk dilakukannya seleksi, yaitu dengan tujuan untuk memilih individu-individu terbaik sebagai materi untuk membangun populasi pemuliaan. Dengan individu-individu terbaik maka benih yang dihasilkan dari populasi pemuliaan adalah bibit-bibit berkualitas. Bibit berkualitas yang dihasilkan tersebut sangat mendukung program pembangunan hutan tanaman dengan produktivitas tinggi.

Kemudian pada level pemuliaan yang lebih lanjut teknik klonal akan memberikan produktivitas yang lebih tinggi lagi, sebab dari materi klonal seluruh potensi genetik pohon induk akan diwariskan kepada keturunannya (Libby dan Ahuja, 1993 dalam Mashudi, 2013). Wick (1985) dalam Adinugraha (2009) menyampaikan bahwa perolehan genetik dengan materi klonal dari individu-individu terseleksi dari suatu populasi akan lebih baik dibanding perolehan genetik dengan materi generatif terseleksi dari populasi tersebut. Hal tersebut dapat diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Efek genetik dari metode perbanyakan yang berbeda: (a) populasi; (b) perbanyakan dengan materi generatif dan (c) perbanyakan dengan klon (Wick, 1985 dalam Adinugraha, 2009)

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada suatu populasi hutan apabila diterapkan metode perbanyakan yang berbeda akan dihasilkan produktivitas yang berbeda. Aplikasi perbanyakan secara klonal menghasilkan produktivitas lebih tinggi dibanding dengan cara generatif.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada hutan tanaman Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun yang berlokasi di RPH Getas, BKPH Monggot, KPH Gundih. Secara administrasi pemerintahan lokasi penelitian berada dalam wilayah Desa Getas, Kecamatan Geyer, Kabupaten Purwodadi.

Topografi lahan bervariasi dari datar sampai terjal dengan panjang lereng relatif pendek. Jenis tanah di lokasi penelitian termasuk ordo Entisol dengan tebal lapisan atas sekitar 10-15 cm dan kedalaman regolit mencapai lebih dari 50 cm. Bahan induk berupa batuan sedimen lanau (*shale*) tercampur kapur yang mudah terfragmentasi oleh panas dan hujan. Curah hujan tahunan rata-rata sebesar 2.500 mm dengan variasi tahunan yang cukup besar. Menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson, iklim termasuk dalam tipe C dengan 8 bulan basah dan 3 bulan kering ($Q = 37,5\%$).

B. Rancangan Penelitian

1. Vegetasi

Untuk mendapatkan data pertumbuhan tanaman Mahoni dibuat petak ukur (PU) yang sekaligus sebagai petak ukur pengamatan erosi dan limpasan dengan ukuran 22,1 m x 4 m. Pada setiap umur tanaman dibuat 2 buah petak ukur, sehingga jumlah petak ukur vegetasi yang dibuat sebanyak 6 buah. Di dalam setiap petak ukur vegetasi dibuat petak ukur pengamatan tumbuhan bawah dengan luas 10 m². Di dalam petak ukur pengamatan tumbuhan bawah dibuat transek-transek dengan ukuran 1 m x 1 m yang diletakkan secara purposive.

2. Erosi

Untuk pengamatan erosi, masing-masing petak ukur vegetasi berfungsi sebagai petak ukur pengamatan erosi. Disamping itu sebagai kontrol juga dibuat 2 buah petak ukur erosi dengan ukuran yang sama pada lahan terbuka (tanpa tanaman Mahoni). Dengan demikian jumlah petak ukur erosi yang dibangun sebanyak 8 buah.

Kondisi kemiringan lahan dari 8 petak ukur erosi yang telah dibangun berkisar antara 10% sampai dengan 16%. Karena kemiringan lahan masing-masing petak ukur tidak seragam maka dilakukan koreksi dengan nilai LS (panjang dan kemiringan lahan) dalam persamaan Universal Soil Loss Equation (USLE) untuk kelerengan sebesar 9 % (Wischmeier dan Smith, 1978), seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kemiringan lahan rata-rata per petak ukur dan koreksi nilai lereng (LS)

No.	Perlakuan	Kemiringan Lahan (%)		LS	
		Petak Ukur 1	Petak Ukur 2	Petak Ukur 1	Petak Ukur 2
1	Mahoni umur 2 tahun	12,13	9,90	1,57	1,15
2	Mahoni umur 5 tahun	12,89	16,51	1,73	2,58
3	Mahoni umur 9 tahun	9,68	16,70	1,11	2,63
4	Kontrol (tanpa tanaman)	14,40	14,40	2,06	2,06

3. Pengumpulan Data

- **Vegetasi**

Terdapat dua kategori vegetasi yang diamati, yaitu vegetasi tanaman pokok (Mahoni) dan vegetasi lainnya (tumbuhan bawah). Pada aspek vegetasi tanaman pokok parameter yang diukur meliputi : tinggi total, tinggi bebas cabang, diameter batang dan penutupan tajuk. Kemudian untuk vegetasi lainnya parameter yang diukur meliputi : jenis, jumlah individu tiap jenis dan luas penutupan.

- **Tanah**

Sampel tanah lapisan atas (0 – 20 cm) pada masing-masing petak ukur diambil, dan selanjutnya dianalisis untuk mengetahui kandungan bahan organik, tekstur, permeabilitas dan struktur tanah kemudian digunakan dalam penetapan nilai faktor erodibilitas tanah (K) dalam USLE.

- **Curah hujan**

Data curah hujan primer dikumpulkan dengan alat penakar hujan manual (*ombrometer*) yang diamati setiap pukul 07.00 pagi.

- **Limpasan dan erosi**

Limpasan air permukaan (*runoff*) dan erosi (sampel suspensi) pada masing-masing petak pengamatan diukur secara harian pada pagi hari setelah hujan dengan mencatat volume air limpasan yang

tertampung pada kolektor di petak pengamatan erosi. Karena setiap petak ukur pengamatan memiliki keragaman derajat kemiringan lahan (LS) dan erodibilitas tanah (K), maka untuk memperoleh kesetaraan nilai banding antar perlakuannya, nilai hasil pengukuran erosi harus dikoreksi terlebih dahulu dengan nilai faktor LS dan K persamaan USLE (Wischmeier dan Smith, 1978). Limpasan air permukaan hasil pengukuran dikonversi menjadi nilai koefisien limpasan (C), yaitu nilai nisbah antara limpasan air permukaan dengan hujan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Vegetasi

Berdasarkan hasil pengamatan sistem tanam yang digunakan adalah tumpangsari dengan melibatkan pesanggem. Sistem tumpangsari ini dijalankan sampai tanaman pokok berumur 2 tahun. Jenis tanaman tumpangsari yang ditanam adalah kacang tanah, jagung dan singkong. Rata-rata tinggi pohon, tinggi bebas cabang, diameter batang dan penutupan tajuk tanaman Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun secara rinci disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata tinggi pohon, tinggi bebas cabang, diameter batang dan penutupan tajuk tanaman Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun

No.	Umur tanaman	Tinggi (m)		Diameter batang (cm)	Penutupan tajuk per (m ²)	
		Pohon	Bebas Cabang		Pohon	Petak ukur Erosi
1	2 tahun PU 1	2,36	0,78	2,8	0,36	6,09
2	2 tahun PU 2	2,25	1,04	2,7	0,36	8,53
3	5 tahun PU 1	5,49	2,02	6,0	1,84	34,87
4	5 tahun PU2	5,80	2,17	5,0	1,54	35,46
5	9 tahun PU 1	10,05	4,20	11,0	3,06	73,43
6	9 tahun PU 2	10,22	4,07	11,0	2,57	76,95

Pada aspek tumbuhan bawah berdasarkan hasil pengamatan jumlah tumbuhan bawah yang ditemukan pada tanaman Mahoni umur 2, 5

dan 9 tahun sebanyak 51 jenis. Pada tanaman Mahoni umur 2 tahun ditemukan tumbuhan bawah sebanyak 18 jenis dengan kerapatan 40 individu/m², tanaman Mahoni umur 5 tahun ditemukan tumbuhan bawah sebanyak 24 jenis dengan kerapatan 92 individu/m² dan tanaman Mahoni umur 9 tahun ditemukan tumbuhan bawah sebanyak 26 jenis dengan kerapatan 13 individu/m². Kemudian untuk parameter dominasi dan keanekaragaman jenis, hasil perhitungan indeks dominasi dan indeks keanekaragaman jenis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Indeks dominasi jenis (C) dan indeks keanekaragaman jenis (H) tumbuhan bawah pada tegakan Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun

No.	Jenis dan umur tanaman pokok	Indeks dominasi jenis	Indeks keanekaragaman jenis
1	Mahoni umur 2 tahun	0,170	0,804
2	Mahoni umur 5 tahun	0,152	0,897
3	Mahoni umur 9 tahun	0,131	1,100

Berdasarkan hasil pengamatan jenis tumbuhan bawah yang mendominasi pada tanaman Mahoni umur 2 tahun adalah jagung (*Zea mays* L.) dan sintru (*Clitoria ternatea* L.), pada tanaman Mahoni umur 5 tahun yang mendominasi adalah rumput grinting (*Muehlenbergia huegelii* Trin.), dan pada tanaman Mahoni umur 9 tahun yang mendominasi uwi (*Dioscorea alata* L.) dan alang-alang (*Imperata cylindrica* Beauv.).

2. Erosi dan Limpasan

Pengukuran erosi dan limpasan permukaan dilakukan selama 2 bulan, yaitu Nopember sampai Desember. Karena setiap petak ukur memiliki kemiringan lahan (S) dan erodibilitas tanah (K) yang berbeda maka hasil pengamatan erosi perlu dikoreksi. Koreksi lereng dilakukan dengan mengkonversi nilai faktor LS ke nilai LS`standar (Tabel 1.), sedangkan koreksi erodibilitas tanah dilakukan dengan nilai koreksi

terhadap nilai K rata-rata petak ukur kontrol, dan hasilnya disajikan pada Tabel 4.

No.	Jenis dan umur tanaman pokok	Hasil analisis erodibilitas tanah (K)	Hasil koreksi nilai erodibilitas tanah (K)
1	Mahoni 2 tahun PU 1	0,207	1,458
2	Mahoni 2 tahun PU 2	0,116	0,817
3	Mahoni 5 tahun PU 1	0,133	0,937
4	Mahoni 5 tahun PU 2	0,146	1,028
5	Mahoni 9 tahun PU 1	0,233	1,641
6	Mahoni 9 tahun PU 2	0,224	1,577
7	Kontrol PU 1	0,141	1
8	Kontrol PU 2	0,143	1

Tabel 4. Nilai erodibilitas tanah (K) hasil analisis dan setelah dikoreksi

Berdasarkan hasil koreksi nilai lereng (Tabel 1) dan erodibilitas tanah (Tabel 4) maka hasil pengukuran erosi untuk masing-masing petak ukur digunakan untuk menghitung nilai erosi terkoreksi, yang hasilnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran erosi dan nilai erosi terkoreksi pada tanaman Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun serta kontrol

No	Jenis dan umur tanaman pokok	Nilai koreksi			Erosi (kg/PU)		Nilai terhadap Kontrol
		LS	K	LSxK	Pengukuran	Koreksi	
1	Mahoni 2 tahun PU 1	1,57	1,458	2,289	72,40	31,63	0,494
2	Mahoni 2 tahun PU 2	1,15	0,817	0,940	46,30	49,26	
	Rerata				59,35	40,57	
3	Mahoni 5 tahun PU 1	1,73	0,937	1,621	22,22	13,71	0,153
4	Mahoni 5 tahun PU 2	2,58	1,028	2,625	30,36	11,45	
	Rerata				26,29	12,58	
5	Mahoni 9 tahun PU 1	1,11	1,641	1,822	17,74	9,74	0,087
6	Mahoni 9 tahun PU 2	2,63	1,577	4,148	19,10	4,60	
	Rerata				18,42	7,17	
7	Kontrol PU 1	2,06	1	2,06	146,44	71,09	0,087
8	Kontrol PU 2	2,06	1	2,06	191,82	93,12	
	Rerata				169,13	82,11	

Air hujan yang mencapai permukaan tanah akan mengalir sebagai limpasan air permukaan. Besarnya limpasan air permukaan dan koefisien limpasan pada masing-masing petak ukur pengamatan disajikan pada Tebl 6.

Tabel 6. Hasil pengukuran limpasan permukaan dan koefisien limpasan pada tanaman Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun dan kontrol

No.	Jenis dan umur tanaman pokok	Hujan (mm)	Limpasan (mm)			Koefisien Limpasan
			PU 1	PU 2	Rerata	
1	Mahoni 2 tahun	384	114,31	73,59	93,95	0,24
2	Mahoni 5 tahun	384	73,82	75,31	74,57	0,19
3	Mahoni 9 tahun	384	53,69	51,62	52,66	0,14
4	Kontrol	384	83,08	106,95	95,02	0,25

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan (Tabel 5) tingkat erosi pada tegakan Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun masing-masing menurun menjadi sebesar 49,4%, 15,3% dan 8,7% terhadap kontrol (lahan tanpa tanaman) yang besarnya 82,11 kg/petak ukur ($\pm 9,3$ ton/ha). Dari angka-angka tersebut menunjukkan bahwa semakin tua umur tanaman Mahoni semakin tinggi nilai erosi yang dapat dikendalikan. Di lain pihak dengan bertambahnya umur tanaman rata-rata tinggi tinggi tanaman, tinggi bebas cabang dan penutupan tajuk semakin besar sehingga akan memiliki nilai erosivitas melalui lolos air (*throughfall*) lebih tinggi dibanding dengan erosivitas hujan secara alami (Wiersum, 1983). Melihat fenomena tersebut maka pengendalian erosi pada tanaman Mahoni umur 9 tahun tidak dikendalikan oleh tanaman pokok tetapi lebih dikendalikan oleh kondisi seresah dan keberadaan tumbuhan bawah. Berdasarkan hasil pengamatan kondisi seresah di bawah tegakan Mahoni umur 9 tahun cukup tebal yaitu mencapai ± 5 cm dan menutup seluruh permukaan tanah.

Pada tanaman Mahoni umur 5 tahun kondisi tanaman pokok relatif sudah agak besar (rata-rata tinggi berkisar 5,49 – 5,80 dengan penutupan tajuk 34,87 – 35,46 m² per pertak ukur). Kondisi tanaman pokok tersebut telah bisa memproduksi seresah di bawah tegakan sehingga keberadaan seresah sangat berperan dalam pengendalian erosi. Sedang pada tanaman Mahoni umur 2 tahun, aktivitas tumpangsari masih dilakukan sehingga pengolahan tanah masih terjadi secara intensif, sehingga tingkat erosi masih cukup tinggi. Kemudian pada umur ini tanaman pokok masih relatif kecil (rata-rata tinggi berkisar 2,25 – 2,36 m dengan penutupan tajuk 6,09 – 8,53 m² per pertak ukur), sehingga produksi seresah masih sangat sedikit. Pada umur ini pengendalian erosi lebih dikendalikan oleh peran tanaman lorong (lamtoro) dan mulsa sisa hasil pertanian yang sengaja ditinggalkan oleh pesanggem. Disamping itu pengendalian erosi pada umur ini banyak diperankan oleh tanaman pertanian, utamanya jagung yang ditanam cukup rapat yang mampu menutup permukaan tanah sampai 75 %.

Disamping itu berdasarkan pengamatan peran tumbuhan bawah cukup penting dalam proses pengendalian erosi. Tumbuhan bawah dapat mempertahankan seresah yang ada di bawah tegakan sehingga tidak hanyut terbawa oleh aliran air waktu hujan. Berdasarkan hasil perhitungan, tumbuhan bawah pada tegakan Mahoni umur 9 tahun memiliki indeks dominasi jenis (C) yang lebih rendah (0,131) dibanding tanaman Mahoni umur 2 tahun (0,170) dan 5 tahun (0,152). Menurut Krebs (1978), nilai indeks dominasi yang rendah berarti dominasi jenis merupakan asosiasi berbagai jenis, sedang indeks dominasi yang tinggi berarti dominasi jenis dipusatkan pada sedikit jenis. Hal ini dapat dipahami karena pada tegakan Mahoni umur 2 tahun tumbuhan bawah didominasi oleh tanaman pertanian dengan jenis yang tidak banyak. Menurut Soerianegara dan Indrawan (1980) jenis-jenis yang dominan mempunyai jumlah biomasa yang terbesar. Kemudian untuk keanekaragaman jenis, semakin bertambah umur tanaman Mahoni semakin tinggi nilai indeks keanekaragaman tumbuhan bawahnya, dengan demikian semakin bertambah umur tanaman Mahoni semakin banyak jenis tumbuhan bawah yang hidup. Menurut Soemarwoto (1978), nilai keanekaragaman yang tinggi akan semakin meningkatkan kestabilan lingkungan.

Berdasarkan data di atas menunjukkan bahwa peran yang sangat penting dalam pengendalian erosi hutan tanaman Mahoni adalah keberadaan seresah yang secara mantap menutup lantai hutan sehingga laju erosi tanah dapat ditekan. Bertolak dari kenyataan tersebut maka kegiatan pemuliaan tanaman Mahoni dalam kaitannya dengan pengendalian erosi dapat diaplikasikan. Kegiatan pemuliaan bertujuan untuk peningkatan produktivitas (biomasa) sehingga produksi daun yang nantinya akan menjadi seresah juga meningkat, sebab peningkatan tinggi tanaman, diameter batang dan luas penutupan tajuk berkorelasi positif dengan produksi biomasa daun.

Pada aspek limpasan permukaan, semakin tua tanaman Mahoni maka koefisien limpasan semakin kecil (Tabel 6), yang berarti semakin tua tanaman Mahoni pengendalian aliran permukaan semakin tinggi. Koefisien limpasan pada tanaman Mahoni umur 2 tahun (0,24) sedikit di bawah dari kondisi lahan kontrol (0,25). Hal ini terjadi karena pada tanaman Mahoni umur 2 tahun, kegiatan tumpangsari masih berjalan sehingga lahan masih dikelola dengan intensif akibatnya aliran permukaan dari air hujan masih relatif tinggi. Pada tanaman Mahoni umur 5 tahun, koefisien limpasan (0,19) lebih rendah dibandingkan dengan tanaman Mahoni umur 2 tahun dan kontrol. Hal ini terjadi karena pada tanaman Mahoni umur 5 tahun seresah tanaman sudah mulai terakumulasi yang didukung oleh keberadaan tumbuhan bawah utamanya rumput grinting (*Muehlenbergia huegelii* Trin.). Koefisien limpasan pada tanaman Mahoni umur 9 tahun lebih rendah dibandingkan dengan tanaman Mahoni umur 2 tahun, 5 tahun serta kontrol. Hal ini terjadi karena kondisi seresah di bawah tegakan Mahoni umur 9 tahun cukup tebal, yaitu mencapai 5 cm dan didukung oleh keberadaan tumbuhan bawah yang dapat menahan seresah sehingga tidak hanyut terbawa oleh aliran air.

IV. KESIMPULAN

1. Rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun berturut-turut sebesar 2,131 m; 5,65 m dan 10,24 m; rata-rata diameter batang tanaman mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun berturut-turut sebesar 2,75 cm; 5,50 cm dan 11,00 cm; rata-rata luas tajuk per

plot tanaman mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun berturut-turut sebesar 7,31 m²; 35,17 m² dan 75,19 m². Jenis tumbuhan bawah yang mendominasi pada tanaman Mahoni umur 2 tahun adalah jagung (*Zea mays* L.) dan sintru (*Clitoria ternatea* L.), pada tanaman Mahoni umur 5 tahun yang mendominasi adalah rumput grinting (*Muehlenbergia huegelii* Trin.), dan pada tanaman Mahoni umur 9 tahun yang mendominasi uwi (*Dioscorea alata* L.) dan alang-alang (*Imperata cylindrica* Beauv.).

2. Pengendalian erosi dan limpasan permukaan tegakan Mahoni lebih banyak dikendalikan oleh peran keberadaan seresah dan tumbuhan bawah. Pada tegakan Mahoni umur 2 tahun laju erosi dan limpasan permukaan masih cukup tinggi karena pada umur ini kegiatan tumpangsari masih berjalan sehingga praktek pengolahan tanah berjalan dengan intensif. Pada tegakan Mahoni yang lebih tua peran seresah dan tumbuhan bawah sangat vital dalam pengendalian erosi dan limpasan permukaan.
3. Kegiatan pemuliaan dengan melakukan seleksi terhadap individu-individu terbaik akan dihasilkan benih unggul Mahoni. Produktivitas tegakan Mahoni yang tinggi dapat digunakan sebagai piranti untuk menurunkan laju erosi dan limpasan permukaan, sebab dengan tegakan berproduktivitas tinggi maka biomasa seresah yang dihasilkan diharapkan tinggi.
4. Tingkat erosi yang terjadi pada tegakan Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun, masing-masing menurun menjadi sebesar 49,4 %, 15,3 % dan 8,7 % terhadap lahan tanpa tanaman (kontrol) yang besarnya 82,11 kg/petak ukur pengamatan (± 9,3 ton/ha).
5. Besar limpasan air permukaan pada tegakan Mahoni umur 2, 5 dan 9 tahun yang dicerminkan oleh nilai koefisien limpasannya, masing-masing sebesar 0,24 (4 % terhadap kontrol), 0,19 (24 % terhadap kontrol) dan 0,14 (44 % terhadap kontrol).

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugraha, H.A. 2009. Peran Pembibitan Tanaman Secara Vegetatif dalam Pembangunan Hutan Lestari. Wana Benih 10(1): 1 – 8.
- Johnson R., B. S. Clair and S. Lipow. 2001. Genetic conservation in applied tree breeding programs. In : Thielges, B. A., S. D. Sastrapraja and A. Rimbawanto (Eds). Proc. Of International Conference on In-situ and Ex-situ Conservation of Commercial Tropical Trees. Yogyakarta.
- Krebs, C.J. 1978. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. 2nd ed. Happer and Row Publisher. New York.
- Krisnawati, H., M. Kallio dan M. Kanninen. 2011. *Swietenia macrophylla* King. Ecology, silviculture and productivity. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Mashudi. 2013. Pengaruh provenan dan komposisi media Ttrhadap keberhasilan teknik penunasan pada stek pucuk pulai darat. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman. 1(1): 25 – 32.
- Siregar, U.J., I.Z. Siregar dan I. Novita. 2007. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian yang Dibiayai oleh Hibah Kompetitif. Bogor, 1-2 Agustus 2007.
- Soemarwoto. 1978. Permasalahan lingkungan lidup. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta. 20 hal.
- Soerianegara, I. dan A. Indrawan. 1980. Ekologi hutan Indonesia. Institut Pertanian Bogor. 165 hal.
- Wiersum, K.F. 1983. Effects of various vegetation layers in an *Acacia auriculiformis* forest plantation on surface erosion in Java, Indonesia. In S.A. El-Swaify et al. Soil Erosion and Conservation. SCSA, IOWA.
- Wischmeier, W.H. dan D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A Guide to Consevation Planning Agr. Handbk No. 537. USDA, Washington, D.C.
- Wulfing, H.H.W.V. 1949. Preliminary yield table of *Swietenia mahagony/macrophylla*. Pengumuman No. 7. Lembaga Penelitian Kehutanan, Bogor.

KAJIAN DAMPAK PENANAMAN JENIS PENGHASIL KAYU TERHADAP TATA AIR¹

Oleh :

Susy Andriani^{a)}, Purwanto Budi Santosa^{b)}, Rahardyan Nugroho Adi^{b)}

^{a)}Peneliti pada Balai Penelitian Kehutanan Banjarbaru (d_vetho@yahoo.com)

^{b)}Peneliti pada Balai Penelitian Kehutanan Banjarbaru
(purwantobudisantosa@foreibanjarbaru.or.id)

^{c)}Peneliti pada Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
(BPTKP DAS) Solo (dd11lb@yahoo.com)

ABSTRAK

Hutan tanaman berupa jenis-jenis tanaman penghasil kayu yang ditanam dalam skala luas memiliki dampak terhadap lingkungan khususnya tata air. Metode penelitian erosi dilakukan dengan plot erosi berukuran 22 x 4 meter dan penelitian tata air (intersepsi dengan pendekatan air lolos dan aliran batang; limpasan permukaan dan hasil air dengan menggunakan stasiun pengamat arus sungai (SPAS)) pada mikro DAS dengan luasan ± 10 Ha yang dilakukan pada jenis meranti. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi tata air (limpasan permukaan, intersepsi, hasil air dan kualitas air) dan erosi tanah di bawah jenis tanaman meranti.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata erosi lahan pada plot 1 (vegetasi tanaman bawah, seresah tebal) = $40,83 \text{ kg ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$ sedangkan pada plot 2 (vegetasi tanaman bawah alang-alang, tidak ada seresah) = $46,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$. Rata-rata limpasan permukaan pada plot 1 = $66,41 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$ sedangkan pada plot 2 limpasan permukaannya = $22,45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$. Pohon A (meranti, t: 24 m, Ø: 31,2 cm, tbc: 5 m, tebal tajuk: 5 m, lebar tajuk: 8 m, batang lurus, warna kulit kecoklatan, beralur dalam ± 4 mm, tebal kulit ± 1 cm, berbanir, tinggi akar banir ± 50 cm) memiliki rata-rata aliran batang sebesar $0,02 \text{ mm bulan}^{-1}$ dan rata-rata besarnya air lolos sebesar $28,82 \text{ mm bulan}^{-1}$. Pohon B (meranti, t: 29 m, Ø: 46,4 cm, tbc: 24 m, tebal tajuk: 5 m, lebar tajuk: 10 m, batang lurus, warna kulit putih kecoklatan, beralur kecil ± 1 mm, tebal kulit ± 1 cm, berbanir) memiliki rata-rata aliran batang $0,02 \text{ mm bulan}^{-1}$ dan rata-rata air lolos sebesar $41,89 \text{ mm/bulan}$. Pohon C (meranti, t: 24 m, Ø: 16,8 cm, tbc: 20 m, tebal tajuk: 4 m, lebar tajuk: 8 m, batang lurus, warna kulit kecoklatan, tidak beralur tidak berbanir) memiliki rata-rata aliran batang sebesar $0,04 \text{ mm bulan}^{-1}$ dengan rata-rata air lolos sebesar $36,87 \text{ mm bulan}^{-1}$. Curah Hujan di lokasi penelitian = $287,18 \text{ mm bulan}^{-1}$. Debit aliran sungai Jupoi = $28040,08 \text{ ltr detik}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$.

Kata kunci : tata air; erosi tanah;; tanaman peghasil kayu

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Keberadaan vegetasi pada suatu wilayah akan memberikan dampak positif bagi keseimbangan ekosistem dalam skala yang lebih luas antara lain dengan pengaturan keseimbangan karbon dioksida dan oksigen dalam udara, perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologis tanah, pengaturan tata air kawasan, pengendalian erosi, dan sebagainya. Berkaitan dengan fungsi pengaturan tata air dan pengendalian erosi, setiap tipe vegetasi menunjukkan pengaruh yang berbeda karena struktur dan komposisinya bervariasi. Pada umumnya peran tanaman dinilai positif terhadap kelestarian sumber daya air kawasan baik kualitas maupun kuantitasnya. Seyhan (1990) mengemukakan bahwa penggunaan vegetasi penutup hutan akan dapat memperbaiki fluktuasi aliran air.

Informasi ilmiah yang berkaitan dengan pengaruh beberapa jenis tanaman kayu-kayuan terhadap tata air suatu kawasan belum merupakan faktor pendukung dalam penentuan jenis tanaman hutan yang akan ditanam di kawasan yang akan direboisasi. Lebih detail lagi, informasi tentang nilaiintersepsi, erosi, limpasan permukaan, evapotranspirasi dan hasil air dari berbagai jenis tanaman kayu-kayuan yang merupakan jenis tanaman prioritas belum semuanya tersaji, baik pada tingkat tapak (*site*) maupun lingkungan ekologiannya. Sehingga kegiatan reboisasi yang dilakukan pemerintah belum optimal. Oleh karena itu penelitian yang berkaitan dengan hal tersebut harus dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi tata air (limpasan permukaan, aliran batang, intersepsi, hasil air dan kualitas air) dan erosi tanah di bawah jenis tanaman penghasil kayu jenis meranti. Hasil dari kajian ini diharapkan akan menjadi informasi penting bagi penentu kebijakan, khususnya di bidang kehutanan, yaitu dalam rangka menunjang program pengelolaan sumber daya hutan yang berkelanjutan (*sustainable forest management*) serta terutama penyediaan kebutuhan air.

II. METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada tahun 2013 berlokasi di areal PT. Austral Byna, yang termasuk wilayah administrasi desa Jupoi kabupaten Barito Utara,

Kalimantan Tengah dengan koordinat $0^{\circ}46'04,5''$ LS— $115^{\circ}15'35,1''$ BT. Penelitian dilakukan dengan pendekatan mikro DAS dengan luasan ± 10 ha dengan jenis tanaman yang relatif seragam.

Bahan-bahan serta peralatan yang diperlukan antara lain: peta dasar berupa citra lansat TM, GPS, Suunto Clinometer, altimeter, termometer, *sling hygrometer*, gelas ukur dan tabung reaksi berbagai ukuran, selang plastik, terpal plastik, seng plat, drum, ember, tali plastik, dan peralatan penunjang lainnya. Jenis tanaman yang diamati adalah meranti merah.

Prosedur Kerja

Pengamatan dan pencatatan untuk setiap plot pengamatan (plot erosi, curah hujan, *stemflow*, *troughfall*, tinggi muka air spas dan lysimeter) dilakukan setiap hari pada jam 07.00 pagi.

a. Curah Hujan

Pengamatan hujan di lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan penakar hujan manual yang di pasang tidak jauh dari lokasi pengamatan erosi dan limpasan permukaan maupun lokasi pengamatan aliran batang dan air lolos.

b. Erosi

Pengamatan erosi dan limpasan permukaan dilakukan dengan menggunakan plot erosi ukuran standar (22 x 4 meter) yang dilengkapi dengan bak penampung dibawahnya. Pembuatan plot erosi dilakukan pada jalur tanaman meranti yang ditanam dengan metode SILIN dengan kondisi fisik yang berbeda, yang ditanam bulan Juni 2008. Plot erosi dibuat 2 buah yaitu pada jalur tanam 26 dan 27. Perbedaan kedua plot erosi adalah pada kemiringan lereng dan kondisi tanaman bawah yang berbeda sedangkan umur tanaman merantinya sama. Pada Plot 1 kemiringan lerengnya 24° dengan kondisi tanaman bawahnya tidak ada namun permukaan tanah tertutup seresah daun, sedangkan pada Plot 2 kemiringan lerengnya sebesar 19° dengan kondisi tanaman bawahnya alang-alang yang rapat. Data yang dicatat adalah ketinggian air pada setiap drum penampung dan pengambilan sampel air pada setiap drum penampung. Pada pengambilan sampel air, terlebih dahulu dilakukan pengadukan sampai endapan di dasar drum penampung bercampur

semuanya dengan air yang ada di dalam drum tersebut. Sampel air diambil sebanyak 100 ml.

c. Debit Aliran Sungai Jupoi

Pengamatan hasil air dari tegakan penghasil kayu dilakukan dengan menggunakan stasiun pengamat aliran sungai (SPAS) yang dilengkapi dengan AWLR (*Automatic Water Level Recorder*). Sedangkan pengamatan sedimen terlarut aliran sungai maupun limpasan permukaan dilakukan dengan pengambilan contoh air pada SPAS dan plot erosi untuk selanjutnya dianalisis di laboratorium endapan tanah yang terkandung di dalamnya.

d. Intersepsi

Pengamatan intersepsi dilakukan dengan menggunakan pendekatan *throughfall* dan *stemflow* pada jenis tanaman meranti. Pengamatan air lolos dilakukan dengan menakar air yang ada dalam paralon penampung air lolos sedangkan untuk pengamatan aliran batang dilakukan dengan menakar air yang ada dalam jerigen penampung aliran batang dan dicatat volumenya. Pengukuran aliran batang dan air lolos dilakukan pada tiga buah tanaman meranti dengan diameter batang dan luasan penutupan kanopi daun yang berbeda. Deskripsi masing-masing sampel pohon adalah sebagai berikut:

- Plot A adalah tanaman meranti dengan luasan penutupan tajuk 502,40 cm²; tinggi: 24 m; diameter: 31,2 cm; tinggi bebas cabang 22 m; tebal tajuk 5 m; lebar tajuk 8 m; batang lurus, warna kecoklatan, beralur dalam ± 4 mm, tebal kulit ± 1 cm, berbanir; tinggi akar banir ± 50 cm
- Plot B adalah tanaman meranti dengan luasan penutupan tajuk 785,00 cm²; tinggi: 29 m; diameter: 46,4 cm; tinggi bebas cabang 24 m; tebal tajuk 5 m; lebar tajuk 10 m; batang lurus, warna kulit putih kecoklatan, beralur kecil ± 1 mm, tebal kulit ± 1 cm, akar berbanir
- Plot C adalah tanaman meranti dengan luasan penutupan tajuk 502,40 cm²; tinggi: 24 m; diameter: 16,8 cm; tinggi bebas cabang 20 m; tebal tajuk 4 m; lebar tajuk 8 m; batang lurus, warna kulit kecoklatan, tidak beralur, tidak berbanir.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan pada plot tanaman meranti yang ditanam dengan metode tanam SILIN. Lebar jalur tanaman adalah 3 meter dengan jarak tanam dalam jalur 2,5 meter dan jarak antar tanaman diantara jalur 20 meter. Jenis tanaman yaitu *Shorea leprosula*. Berdasarkan pengukuran tanaman meranti di sekitar lokasi pengamatan, tinggi tanaman rata-rata adalah 2,6 meter, diameter 2,2 cm dan lebar tajuk 162 cm. Berdasarkan pertumbuhannya, diketahui tanaman *Shorea leprosula* di lokasi penelitian mempunyai riap tinggi 87,7 cm th⁻¹ dan riap diameter 0,71 cm th⁻¹.

Hasil pengukuran curah hujan, limpasan permukaan dan besarnya erosi dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil pengukuran Curah hujan, debit air sungai, limpasan permukaan dan erosi tanah di lokasi penelitian.

No.	Bulan	Hujan (mm)	Debit sungai (l det ⁻¹)	Limpasan permukaan (m ³ ha ⁻¹)		Erosi tanah (kg ha ⁻¹)	
				Plot 1	Plot 2	Plot 1	Plot 2
1	Jan	287	54,7	70,72	36,23	32,17	29,13
2	Feb	369	184,3	83,18	54,78	36,52	34,35
3	Mar	337	209,7	114,19	61,44	60,43	56,09
4	Apr	410	183,2	154,77	88,11	150,87	218,26
5	Mei	258	305.246,2	71,88	42,89	41,74	50,00
6	Jun	160	231,5	61,73	34,78	16,52	10,43
7	Jul	419	524,3	98,83	57,97	34,78	38,26
8	Agu	125	85,6	12,17	11,30	13,48	7,39
9	Sep	94	148,7	8,12	8,12	10,00	1,30
10	Okt	168	143,1	9,56	14,49	10,87	13,48
11	Nop	532	1.429,6	43,18	57,97	41,74	47,83
12	Des	---	---	---	---	---	---
Rata-rata		287,18	28040,08	66,21	42,55	40,83	46,05

A. Curah Hujan

Curah hujan (intersepsi) merupakan masukan (*inflow*) dalam siklus hidrologi. Besarnya curah hujan akan mempengaruhi besarnya parameter hidrologis yang lain. Curah hujan berkorelasi positif dengan erosi. Hal ini terlihat dari besarnya angka korelasi antara curah hujan dan erosi tanah di lokasi penelitian, yaitu sebesar 0,99, artinya semakin besar curah hujan, erosi yang dapat terjadi juga semakin besar.

B. Erosi dan Limpasan Permukaan

Dari Tabel 1 tersebut nampak bahwa jumlah total berat tanah yang terlarut pada plot 1 sebesar $40,83 \text{ kg ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$ atau $5,39 \text{ ton ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$. Berat tanah terlarut yang tertinggi selama pengamatan berlangsung adalah pada bulan April ($150,87 \text{ kg ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$) dan terendah terjadi pada bulan September ($10,00 \text{ kg ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$). Sedangkan untuk plot 2 jumlah total berat tanah yang terlarut adalah atau sebesar $46,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$ atau $6,08 \text{ ton ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$. Untuk plot 2 berat tanah terlarut tertinggi terjadi juga pada bulan April ($218,26 \text{ kg ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$), sedangkan terendah pada bulan September ($1,30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$) yang memiliki curah hujan terendah. Jika dibandingkan antara plot 1 dan plot 2, nampak bahwa erosi tanah yang terjadi pada plot 1 lebih kecil dari pada plot 2. Hal ini disebabkan antara lain karena perbedaan penutupan lahan. Pada plot 1 permukaan tanah di bawah tanaman meranti yang awalnya terbuka, kini telah tertutup tumbuhan bawah dan serasah, sedangkan pada plot 2 permukaan tanah tertutup oleh alang-alang dan tumbuhan bawah saja, tidak ada serasah.

Berdasarkan perhitungan korelasi antara erosi dan kelerengan lahan, ternyata memiliki korelasi negatif. Hal ini dimungkinkan terjadi karena besarnya erosi tanah yang terjadi bukan semata-mata dipengaruhi oleh kelerengan lahan.

Besarnya erosi pada Plot 1 maupun Plot 2 masih jauh lebih kecil dari besarnya erosi yang terjadi pada hutan gundul maupun hutan tanaman jenis mahoni, agathis, puspa, kayu putih, campuran dan pinus umur 13 tahun (Kusmana *et al.*, 2004).

Sementara itu untuk limpasan permukaan, berdasarkan Tabel 1 nampak bahwa besarnya limpasan permukaan yang pada plot 1 (kemiringan lahan 24°) adalah $8,12\text{—}154,77 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$. Limpasan permukaan terbesar terjadi pada bulan April dan terendah terjadi pada bulan September. Kemudian pada plot 2 (kemiringan lahan 19°) besarnya limpasan permukaan adalah $8,12\text{—}88,11 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$. Limpasan permukaan terbesar terjadi pada bulan April dan terkecil terjadi pada bulan September. Terlihat bahwa kemiringan lahan berbanding lurus dengan besarnya limpasan permukaan yang terjadi. Sedangkan jika dicermati

lebih jauh, maka nampak besarnya limpasan permukaan pada plot 1 lebih besar dari plot 2. Hal ini bertentangan dengan teori bahwa nilai erosi lahan berbanding lurus dengan nilai limpasan permukaan, semakin besar erosi lahan maka semakin besar pula limpasan permukaannya. Analisis korelasi yang dilakukan terhadap erosi dan limpasan permukaan juga menyatakan hal yang serupa, dimana nilai korelasi yang terjadi bernilai negatif.

Proses pengangkutan butir-butir tanah pada plot 1 terhambat oleh adanya tumbuhan bawah dan serasah, sehingga endapan tanah yang masuk ke drum erosi menjadi sedikit. Sementara pada plot 2, tumbukan air hujan terhadap permukaan tanah yang ditumbuhi tumbuhan bawah dan alang-alang tidak terhalang oleh serasah, sehingga butiran tanah akibat erosi percik terbawa oleh limpasan air.

C. Debit Aliran Sungai Jupoi

Debit air terendah terjadi pada bulan Januari sedangkan tertinggi pada bulan Mei. Fluktuasi debit sungai Jupoi tidak terlalu jauh sehingga keberadaan hutan diduga berperan dalam menjaga stabilitas ketersediaan air. Disamping pengamatan tinggi muka air, juga dilakukan pengamatan sedimen terlarut aliran sungai Jupoi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa konsentrasi sedimen terlarut pada aliran sungai Jupoi sangat kecil dan dapat dikatakan 0 karena berdasarkan hasil analisis sampel air ternyata kandungan sedimen terlarutnya 0. Penutupan lahan di DAS Jupoi masih sangat rapat sehingga air hujan yang jatuh pada DAS Jupoi tidak berpotensi menimbulkan erosi lahan.

D. Aliran Batang (*Stemflow*) dan Air Lolos (*Throughfall*)

Pengukuran aliran batang dan air lolos dilakukan pada tiga batang tanaman meranti dengan diameter batang dan luasan penutupan kanopi daun yang berbeda. Faktor yang berpengaruh terhadap besarnya aliran batang antara lain adalah luasan penutupan tajuk (kanopi) daun serta kekasaran permukaan batang pohon. Semakin besar luasan penutupan tajuk maka semakin besar pula nilai aliran batangnya. Kemudian semakin halus permukaan batang pohon maka akan semakin besar pula nilai aliran

batangnya. Selanjutnya untuk nilai air lolos (*throughfall*), dipengaruhi oleh luasan permukaan kanopi tanaman dan juga strata daun tanamannya. Semakin luas kanopi pohonnya dan semakin rapat strata daun tanamannya maka nilai air lolosnya akan semakin kecil. Jika dibandingkan antara nilai aliran batang dan air lolos pada suatu tanaman, maka nilainya akan berbanding terbalik. Semakin besar aliran batang maka akan semakin kecil air lolosnya, begitu juga sebaliknya.

Hasil perhitungan nilai aliran batang dan air lolos untuk masing-masing plot disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil perhitungan aliran batang dan air lolos pada Plot A, B, dan C

No.	Bulan	Aliran Batang (Stem Flow)			Air Lolos (Throughfall)		
		A	B	C	A	B	C
		(mm)			(mm)		
1	Jan	0,04	0,02	0,04	27,77	40,03	36,82
2	Feb	0,02	0,03	0,04	33,00	54,75	52,45
3	Mar	0,02	0,03	0,04	32,05	46,43	43,66
4	Apr	0,03	0,04	0,06	33,40	62,05	48,42
5	Mei	0,02	0,02	0,02	27,98	34,71	32,79
6	Jun	0,01	0,01	0,02	17,43	25,36	20,25
7	Jul	0,04	0,04	0,05	41,07	61,49	53,90
8	Agu	0,01	0,01	0,01	15,13	15,12	15,94
9	Sep	0,01	0,01	0,01	8,55	13,59	10,51
10	Okt	0,01	0,01	0,01	18,45	24,18	20,93
11	Nop	0,04	0,03	0,09	62,22	83,11	69,84
12	Des	---	---	---	---	---	---
Rata-rata		0,002	0,002	0,004	28,82	41,89	36,87

Dari Tabel 2 di atas nampak bahwa besarnya nilai aliran batang secara berturut-turut dari yang terbesar adalah C (0,01—0,06 mm); B (0,01—0,04); serta A (0,01—0,04 mm). Dengan nilai aliran batang yang demikian berarti bahwa curah hujan yang turun di atas tegakan yang diamati akan lebih banyak yang tertahan di tajuk tanaman dari pada yang sampai pada permukaan tanah. Dengan kondisi yang demikian maka kemungkinan terjadinya limpasan permukaan di bawah tegakan yang diamati adalah sangat kecil.

Pada Tabel 2 juga terlihat bahwa nilai air lolos terbesar terjadi pada plot B kemudian secara berturut-turut adalah plot C dan plot A. Dengan kondisi

hasil pengukuran air lolos yang demikian (hasilnya kecil) maka kemungkinan terjadinya erosi tanah di bawah tegakan yang diamati juga kecil karena air hujan yang lolos melewati tajuk tanaman dan jatuh ke permukaan tanah kecil sehingga pukulan energi kinetik hujan yang sampai pada permukaan tanah juga kecil. Kondisi pohon yang diukur mempengaruhi besarnya nilai *throughfall* yang terjadi. Hasil analisis menyatakan korelasi positif antara tinggi pohon dan lebar tajuk dengan besarnya curahan tajuk yang terjadi.

IV. KESIMPULAN

- Rata-rata erosi lahan pada plot 1 (vegetasi tanaman bawah, seresah tebal) = $40,83 \text{ kg ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$ atau $5,39 \text{ ton ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$ sedangkan pada plot 2 (vegetasi tanaman bawah alang-alang, tidak ada seresah) = $46,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$ atau $6,08 \text{ ton ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$, besarnya erosi yang terjadi jauh lebih kecil dari lahan gundul, sehingga keberadaan tanaman terbukti mengurangi erosi yang terjadi.
- Rata-rata limpasan permukaan pada plot 1 (kemiringan lahan 24° , vegetasi tanaman bawah, seresah tebal) = $66,41 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$ atau sedangkan pada plot 2 limpasan permukaannya (kemiringan lahan 19° , vegetasi tanaman bawah alang-alang, tidak ada seresah) = $22,45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ bulan}^{-1}$. Besarnya limpasan permukaan dipengaruhi oleh kemiringan lahan dan kondisi penutupant tanah (vegetasi dan serasah).
- Debit aliran sungai Jupoi = $28040,08 \text{ ltr/detik/bulan}$. Sementara itu konsentrasi sedimen terlarut pada aliran sungai Jupoi 0. Dengan demikian penutupan lahan di DAS Jupoi masih sangat rapat sehingga air hujan yang jatuh pada DAS Jupoi tidak berpotensi menimbulkan erosi lahan.
- Rata-rata aliran batang pada Pohon A (meranti, t: 24 m, \varnothing : 31,2 cm, tbc: 5 m, tebal tajuk: 5 m, lebar tajuk: 8 m, batang lurus, warna kulit kecoklatan, beralur dalam $\pm 4 \text{ mm}$, tebal kulit $\pm 1 \text{ cm}$, berbanir, tinggi akar banir $\pm 50 \text{ cm}$) = $0,02 \text{ mm/bulan}$. Sedangkan rata-rata besarnya air lolos = $28,82 \text{ mm bulan}^{-1}$; Pohon B (meranti, t: 29 m, \varnothing : 46,4 cm, tbc: 24 m, tebal tajuk: 5 m, lebar tajuk: 10 m, batang lurus, warna kulit putih kecoklatan, beralur kecil $\pm 1 \text{ mm}$, tebal kulit $\pm 1 \text{ cm}$, berbanir) memiliki aliran batang rata-rata $0,02 \text{ mm bulan}^{-1}$ dan rata-rata besarnya air lolosnya sebesar $41,89 \text{ mm bulan}^{-1}$; dan Pohon C

(meranti, t: 24 m, Ø: 16,8 cm, tbc: 20 m, tebal tajuk: 4 m, lebar tajuk: 8 m, batang lurus, warna kulit kecoklatan, tidak beralur tidak berbanir) memiliki rata-rata aliran batang 0,04 mm bulan⁻¹ dan rata-rata air lolos sebesar 36,87 mm bulan⁻¹. Besarnya aliran batang relatif kecil sehingga tidak berpengaruh terhadap erosi maupun limpasan permukaan. Sementara itu besarnya air lolos relatif kecil sehingga tidak berpengaruh terhadap erosi maupun limpasan permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kusmana, C., Istomo, Wilarso, S., Dahlan, E.N, dan Onrizal, 2004. Upaya Rehabilitasi Hutan dan Lahan Dalam Pemulihan Kualitas Lingkungan. Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Hidup dan Kemanusiaan.
- Seyhan, E., 1990. Dasar-Dasar Hidrologi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

CEMARA LAUT (*Casuarina equisetifolia* LINN) DAN EROSI ANGIN DI PANTAI PETANAHAN, KEBUMEN¹

Oleh:

Susi Abdiyani²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkurangnya lahan pertanian, maka lahan-lahan yang tadinya dianggap tidak produktifpun mulai dikembangkan, termasuk lahan pantai berpasir. Namun demikian, upaya tersebut seringkali terhambat oleh karakteristik lahan yang kurang subur dan cuaca ekstrim seperti erosi angin. Untuk mengurangi dampak negatif dari kondisi tersebut, telah dilakukan penanaman Cemara Laut (*Casuarina equisetifolia* LINN). Dari penanaman oleh BPTKPDAS seluas ± 15 ha di Pantai Selatan, beberapa penulis melaporkan bahwa penanaman tersebut berperan dalam mendukung budidaya tanaman hortikultura dan memperbaiki iklim. Namun demikian, besarnya erosi pada lokasi penanaman Cemara Laut belum pernah dikupas. Penelitian ini bertujuan mengungkap nilai erosi pada lokasi sekitar penanaman Cemara Laut.

Penelitian dilakukan di Pantai Petanahan, Kebumen pada cemara tahun tanam 2006 dan data yang tersedia adalah erosi angin tahun 2010 dan 2012. Pengamatan erosi dilakukan dengan menggunakan stik setinggi 130 cm yang terpasang secara berturut-turut dari belakang Cemara Laut (D), gumuk pasir (G) dan jauh di belakang Cemara Laut (J). Masing-masing lokasi dibagi lagi menjadi barat (B), tengah/pusat (P) dan timur (T); dan masing-masing kombinasi dilakukan pengulangan tiga kali, sehingga total stik adalah 27. Jarak antar stik B, P dan T adalah ± 80 m dengan jarak ulangan adalah 1 m. Pengukuran erosi dilakukan setiap minggu dengan mencatat tinggi stik dari permukaan pasir/tanah dari arah timur, selatan, barat, dan utara. Nilai erosi dihitung dengan menjumlahkan semua data hasil pengamatan yang kemudian dirata-rata tiap bulannya.

Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan erosi yaitu dari 0,81 cm/bulan pada tahun 2010 menjadi 0,49 cm/bulan pada tahun 2012, yaitu . Pada tahun 2010 secara berturut-turut dari D, G dan J , 1,16 cm/bulan, 0,8 cm/bulan, dan 0,48 cm/bulan, kemudian tahun 2012, nilai untuk G dan J turun menjadi 0,38 cm/bulan dan deposit 0,12 cm/bulan; kecuali lokasi D yang sedikit meningkat erosinya menjadi 1,21 cm/bulan. Peningkatan ini sangat dipengaruhi oleh erosi yang sangat besar di sebelah timur (DT), yaitu 3,62 cm/bulan. Dari tahun 2010 sampai tahun 2012, tanaman sudah mulai berperan dalam pengurangan erosi angin.

Kata kunci: erosi angin; *Casuarina equisetifolia*; umur tanaman; pantai berpasir

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Pantai berpasir mendominasi pantai selatan di provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah, dan sebagian Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Jawa Tengah memiliki panjang pantai selatan $\pm 153,07$ km (no date-b), sedangkan DIY ± 113 km (PPEJ, no date-a). Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkurangnya lahan pertanian, maka lahan-lahan yang tadinya dianggap tidak produktifpun mulai dikembangkan, salah satunya adalah lahan pantai berpasir di kedua provinsi tersebut. Namun demikian, upaya tersebut seringkali terhambat dengan adanya kondisi iklim pantai yang kurang mendukung, khususnya angin berkecepatan tinggi yang membawa material ikutan seperti pasir dan salinitas (erosi angin).

Untuk mengurangi dampak negatif dari erosi angin terhadap budidaya lahan pantai, telah dilakukan berbagai upaya perlindungan salah satunya adalah penanaman Cemara Laut (*Casuarina equisetifolia* LINN). Kegiatan ini dilakukan baik oleh pemerintah, akademisi, maupun masyarakat sekitar, salah satunya adalah penanaman yang dilakukan oleh BPTKPDAS. Tahun 1997-2000, penanaman uji coba dilakukan di Samas seluas ± 2 ha yang kemudian dikembangkan di lokasi yang sama sampai tahun 2005 seluas $\pm 1-2$ ha. Setelah itu, kegiatan penanaman cemara dilanjutkan dipantai Petanahan, Kebumen dan sudah mencakup kawasan seluas ± 11 ha.

Dari hasil pengembangan tanaman cemara di kedua lokasi tersebut, beberapa penulis melaporkan bahwa penanaman Cemara Laut memberikan manfaat baik aspek kualitas lahan maupun produktivitasnya. Sukresno et al. (2000), yang memulai kajian pengembangan di pantai Samas, Yogyakarta, melaporkan bahwa tanaman cemara laut berperan dalam meningkatkan produktivitas tanaman hortikultura seperti semangka, cabe, terong, kacang panjang, dan kacang tanah. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian lanjutan yang dilakukan oleh Hartono et al. (2003). Begitu juga setelah program ini diperluas dan dikembangkan di lahan Pantai Petanahan, Kebumen, hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman

cemara laut juga berperan dalam meningkatkan kadar air tanah, nitrogen dan pospor; menetralkan pH (Harjadi and Miardini, 2010); memperbaiki kesuburan tanah, meningkatkan produksi tanaman pertanian, meningkatkan kelembaban udara, dan menurunkan suhu udara (Harjadi, 2012).

Seiring dengan bertambahnya umur Cemara Laut, maka diharapkan kemampuannya dalam mengurangi erosi juga semakin bertambah. Namun demikian, pengaruh umur Cemara Laut terhadap pengurangan erosi angin di kawasan penanaman belum dikupas. Maka dari itu, makalah ini bertujuan untuk mengetahui nilai erosi pada lokasi penanaman Cemara Laut.

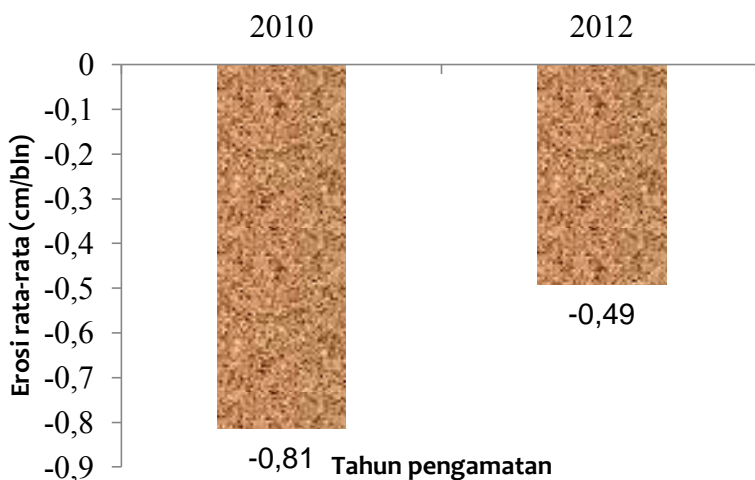
II. METODOLOGI

Pengembangan tanaman Cemara Laut dilakukan di pantai Petanahan, Desa Karanggadung, Kecamatan Petanahan, Kabupaten Kebumen mulai tahun 2005. Penanaman cemara laut mengikuti rekomendasi dari Sukresno (2000), yaitu dilakukan sebanyak 3 jalur mengikuti garis pantai, dengan jarak tanam 5 m x 5 m pada areal seluas $\pm 0,75$ ha. Pengamatan erosi dilakukan pada tahun 2010, dan 2012 dengan menggunakan stik erosi setinggi 130 cm (40 cm dibenamkan) yang terpasang secara berturut-turut dari arah pantai ke darat, mulai dari di belakang Cemara Laut (D), gumuk pasir (G) dan jauh di belakang Cemara Laut (J). Masing-masing lokasi diwakili oleh tiga posisi yaitu barat (B), tengah/pusat (P) dan timur (T); dan masing-masing kombinasi dilakukan pengulangan tiga kali, sehingga total stik adalah 27. Jarak antar stik B, P dan T adalah ± 30 m dengan jarak ulangan adalah ± 1 m. Pengukuran erosi dilakukan setiap minggu dengan mencatat tinggi stik dari permukaan pasir/tanah dari empat arah mata angin yaitu timur, selatan, barat, dan utara. Pengaruh umur tanaman terhadap erosi dianalisis menggunakan regresi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Nilai erosi

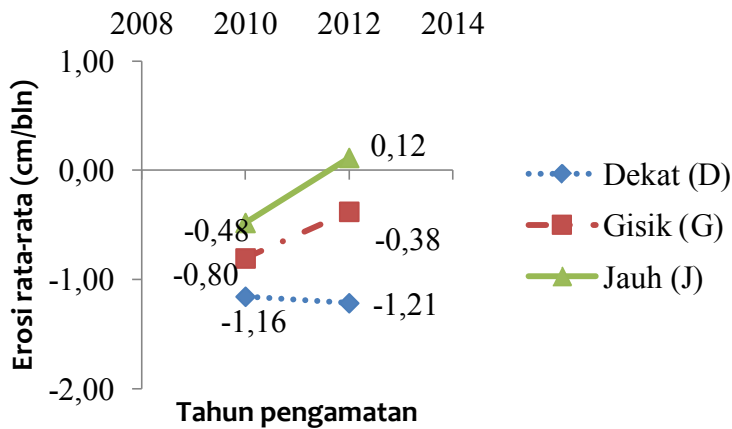
Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan jumlah erosi dari tahun 2010 ke 2012. Pada tahun 2010 nilai erosi rata-rata sebesar 0,81 cm/bulan, nilainya menurun hampir 40% dalam waktu 2 tahun berikutnya (2012), yaitu menjadi 0,49 cm/bulan (Gambar 1). Pada tahun 2010, nilai erosi secara berturut-turut dari D, G sampai J juga mengalami penurunan, kecuali untuk lokasi D yang terjadi sedikit peningkatan (Gambar 2).



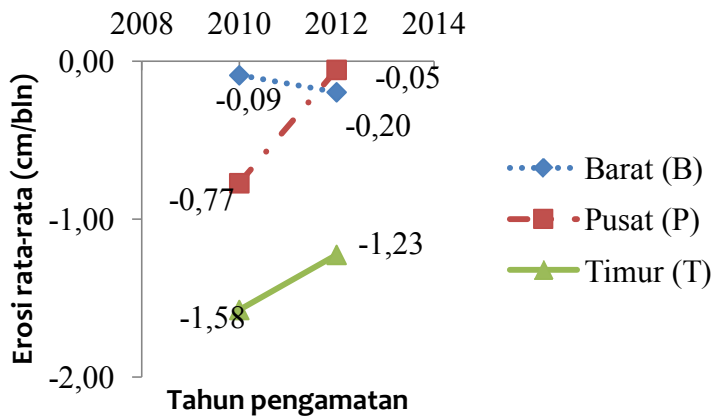
Gambar 1. Erosi tahun 2010 dan 2012

(keterangan: (-) menunjukkan erosi; (+) menunjukkan deposit)

Dari tahun 2010 dan 2012, lokasi J, yang jauh di belakang tanaman mempunyai nilai erosi paling kecil yaitu sebesar 0,48 cm/bulan dan deposit 0,12 cm/bulan (Gambar 2). Meski nilai erosi gumuk pasir (G) (0,8 cm/bulan, 0,38 cm/bulan) pada kurun waktu dua tahun sedikit lebih besar dari J, kedua lokasi memiliki pola erosi yang sama, yaitu menurun pada tahun 2012 (Gambar 2). Di sisi lain, D, yang terletak dekat di belakang tegakan cemara laut memiliki erosi yang paling besar dan nilainya juga sedikit meningkat selama kurun waktu dua tahun yaitu dari 1,16 cm/bulan pada tahun 2010 menjadi 1,21 cm/bulan pada tahun 2012 (Gambar 2).



Gambar 2. Erosi di belakang tegakan cemara laut mulai dari lokasi D sampai J (keterangan: (-) menunjukkan erosi; (+) menunjukkan deposit)
 Dalam hal nilai erosi berdasarkan arah barat timur yang dibagi menjadi tiga zona pengamatan (barat, tengah/pusat, dan timur), gambar 3 mengilustrasikan bahwa erosi paling besar terjadi di sebelah timur, sedangkan lokasi yang terletak di sebelah barat memiliki nilai erosi yang paling kecil. Pada tahun 2010, ketiga lokasi mengalami erosi sebesar 0,09 cm/bulan (B), 0,77 cm/bulan (P), dan 1,58 cm/bulan (T) (Gambar 3). Tren yang agak berbeda terjadi pada tahun 2012 (Gambar 3). Sementara pusat dan timur mengalami penurunan jumlah erosi yang signifikan, yaitu 0,05 cm/bulan dan 1,23 cm/bulan; titik barat mengalami peningkatan menjadi 0,2 cm/bulan (Gambar 3).



Gambar 3. Nilai erosi berdasarkan posisi memanjang dari barat ke timur/searah penanaman/garis pantai (keterangan:(-) menunjukkan erosi; (+) menunjukkan deposit)

3.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi erosi angin

Erosi angin dipengaruhi oleh iklim (curah hujan, kecepatan dan arah angin), tanah (tekstur, struktur, kondisi permukaan, dan kelembaban), dan vegetasi (Roose, 1996). Dari faktor-faktor yang mempengaruhi erosi angin, peran faktor vegetasi dalam penelitian ini lebih menjadi perhatian dibanding faktor iklim dan tanah, karena penelitian-penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa penanaman pohon pelindung seperti Cemara Laut di sepanjang garis pantai telah memperbaiki kondisi tanah dan iklim mikro.

Pengaruh tutupan cemara laut ini dapat dilihat dari adanya perbedaan pola erosi yang terjadi antara barat, pusat dan timur. Erosi paling tinggi di sebelah timur kemungkinan dikarenakan kurangnya tutupan vegetasi, sedangkan di sebelah barat terdapat tegakan Cemara Laut yang ditanam oleh UGM tahun 2007, demikian juga di tengah yang sudah ada tanaman tanggul angin. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa erosi angin pada suatu unit lahan sangat dipengaruhi oleh kondisi unit lahan di sekitarnya dan juga pola vegetasi di dalam unit lahan tersebut dan di unit lahan sekitarnya (Youssef et al., 2012). Adapun pengaruh dari unit lahan di sekitarnya

yaitu adanya pengaruh naungan dan pengaturan material yang lewat dari unit lahan satu ke unit lahan lain di sekitarnya (Youssef et al., 2012).

Arah dan kecepatan angin di plot penelitian menunjukkan bahwa angin dari timur laut, timur, dan tenggara yang berkecepatan paling tinggi, yaitu mencapai 8,1 meter/detik, sedangkan kecepatan angin rata-rata dari tahun ke tahun relatif sama (Harjadi et al., 2011). Hal ini kemungkinan juga memperbesar jumlah erosi di sebelah timur, sebagaimana yang dikatakan oleh Roose (1996) bahwa kecepatan angin melebihi 6 meter/detik yang berpotensi menyebabkan erosi. Penelitian Sukresno (2000) menunjukkan hal sebaliknya, dimana erosi terbesar terjadi di sebelah barat plot. Namun, baik informasi mengenai tutupan vegetasi di sekitarnya maupun kecepatan dan arah angin tidak tersedia dalam laporan penelitian.

Erosi di lokasi penelitian menurun pada tahun 2012 (tanaman berumur 6 tahun), kemungkinan dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman yang sudah mencapai tinggi rata-rata 13,7 m. Hal ini sesuai dengan apa yang dikatakan Roose (1996) bahwa tanaman tanggul angin mampu mengurangi kecepatan angin sebesar 20% dalam radius 12 dan 10 kali tinggi tanaman di belakang dan di depan tanggul angin.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai erosi di lokasi penanaman Cemara Laut menurun dari tahun 2010 sampai tahun 2012, yaitu dari 0,81 cm/bulan menjadi 0,49 cm/bulan. Dari sisi jarak pengamatan ke lokasi penanaman, erosi paling besar terjadi di lokasi yang paling dekat di belakang tanaman Cemara Laut (D), yaitu 1,16 cm/bulan pada tahun 2010 dan 1,21 cm/bulan pada tahun 2012. Meskipun tanaman cemara yang ditanam sebagai tanggul angin berperan dalam menurunkan erosi angin dalam jangka waktu dua tahun, letak penanaman sebaiknya mengikuti pola arah dan kecepatan angin sehingga jumlah erosi yang bisa dikurangi semakin banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Harjadi, B., 2012. Penanganan lahan pantai berpasir dengan tanaman tanggul angin Cemara Laut. In: Pratiwi, Murniati, Dharmawan, I.W.S., Heriansyah, I. (Eds.), Seminar Nasional Penelitian dan Pengembangan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Surakarta, Indonesia, pp. 221-238.
- Harjadi, B., Miardini, A., 2010. Penanaman Cemara Laut (*Casuarina equisetifolia* LINN) sebagai upaya pencegahan abrasi di pantai berpasir. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* VII, 517-523.
- Harjadi, B., Purwanto, Miardini, A., Gunawan, 2011. Pemeliharaan plot-plot penelitian. Laporan pelaksanaan kegiatan. Balai Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPTKPDAS), Surakarta.
- Hartono, S., Sukresno, Cahyono, S.A., Gunarti, Priyanto, E., 2003. Laporan pengembangan teknik rehabilitasi lahan pantai berpasir. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai-Wilayah Indonesia Bagian Barat (BP2TPDAS-IBB), Surakarta, Indonesia.
- PPEJ, no date-a. Ekoregion Provinsi D.I. Yogyakarta. Pusat Pengelolaan Ekoregion Jawa (PPEJ)-Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), Yogyakarta, Indonesia.
- PPEJ, no date-b. Ekoregion Provinsi Jawa Tengah. Pusat Pengelolaan Ekoregion Jawa (PPEJ)-Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), Yogyakarta, Indonesia.
- Roose, E., 1996. Land husbandry: Components and strategy. *FAO Soil Bulletin*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Montpellier, France.
- Sukresno, 2000. Pedoman teknis pemanfaatan lahan pantai berpasir. Info DAS, Surakarta, p. 19.
- Sukresno, Mashudi, Sunaryo, Subaktini, D., Supangat, A.B., 2000. Laporan kajian pengembangan pemanfaatan lahan pantai berpasir dalam rangka peningkatan produksi tanaman pangan di pantai selatan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai-Wilayah Indonesia Bagian Barat (BP2TPDAS-IBB), Surakarta, Indonesia.
- Youssef, F., Visser, S., Karssenber, D., Erpul, G., Cornelis, W., Gabriels, D., Poortinga, A., 2012. The effect of vegetation patterns on wind-blown mass transport at the regional scale: A wind tunnel experiment. *Geomorphology*, 178-188.

PENILAIAN TINGKAT EROSI PADA LAHAN HUTAN TANAMAN BEBERAPA JENIS CEPAT TUMBUH (FAST GROWING SPECIES)¹

Oleh:

Ugro H. Murtiono² dan Agung B. Supangat²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com; ugro_56@yahoo.com; maz_goenk@yahoo.com

ABSTRAK

Pembangunan hutan tanaman di Indonesia ditujukan sebagai alternatif penghasil bahan baku kayu selain dari hutan alam yang terus menurun. Namun, pembangunan dalam skala luas akan mempengaruhi perubahan karakteristik hidrologi yang terjadi, yang disinyalir akibat penggunaan jenis pohon cepat tumbuh (*fast growing species*) yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Informasi respon hidrologi seperti tingkat erosi yang terjadi diperlukan sebagai data dasar guna mendukung pengembangan jenis dalam skala luas. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui tingkat erosi yang terjadi pada beberapa jenis hutan tanaman, melalui pendekatan model dan pengukuran langsung.

Penelitian dilakukan pada tahun 2013. Lokasi kajian berada pada beberapa lahan hutan tanaman, yaitu sengon (*Paraserianthes falcata*) di Wonosobo, mahoni (*Swietenia mahagoni*) di Ngawi, akasia (*Acacia mangium*) di Wonogiri serta ekaliptus (*Eucalyptus pellita*) di Riau. Pengamatan erosi secara langsung dilakukan dengan peralatan plot erosi, sedangkan prediksi erosi dilakukan dengan pendekatan formula USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Analisis dilakukan dengan membandingkan tingkat erosi hasil prediksi model dengan hasil pengukuran langsung. Interpretasi hasil dilakukan dengan menjelaskan fenomena erosi yang terjadi dengan kondisi karakteristik tutupan lahan pada masing-masing lokasi hutan tanaman, serta kondisi karakteristik hidrologi tanah (infiltrasi).

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan antara hasil prediksi model USLE dengan hasil pengukuran langsung. Pada lokasi hutan tanaman sengon di Wonosobo terjadi deviasi 21,29 % (*over estimate*); hutan tanaman akasia di Wonogiri terjadi deviasi 36,31 % (*over estimate*); hutan tanaman mahoni di Ngawi terjadi deviasi 17,72 % (*over estimate*); dan hutan tanaman ekaliptus di Riau terjadi deviasi 26,21 % (*over estimate*). Erosi terbesar terjadi pada lokasi hutan tanaman mahoni di Ngawi, diikuti sengon di Wonosobo, akasia di Wonogiri, dan paling kecil di lokasi hutan tanaman ekaliptus di Riau. Hasil tersebut sejalan dengan hasil pengukuran kapasitas infiltrasi akibat kondisi karakteristik tutupan hutan tanaman yang berbeda-beda. Rata-rata kapasitas infiltrasi yang besar/cepat terdapat pada lokasi-lokasi dengan vegetasi pohon yang cukup besar dan rapat dengan serasah di atas tanah, seperti pada lokasi Riau, Wonosobo dan Wonogiri. Kapasitas infiltrasi yang lebih lambat terdapat pada lokasi dengan tanaman yang jarang-jarang (mahoni di Ngawi), dengan kondisi tanah yang lebih terbuka (dengan adanya tanaman semusim pada sebagian mikro DAS) sehingga menyebabkan tingkat erosi juga tinggi.

Kata kunci: Hutan tanaman; Model erosi; Infiltrasi, Sengon, Mahoni, Akasia, Ekaliptus.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Di era kompetisi global saat ini menghendaki bahan baku kayu untuk industri perindustrian dengan kualitas tinggi dan dalam jumlah yang memadai dari tegakan hutan dengan luasan lahan yang efisien, tingkat biaya yang rendah, serta ramah lingkungan. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku kayu industri dari kayu hutan alam jumlahnya sudah semakin menurun, sehingga Kementerian Kehutanan menargetkan pembangunan hutan tanaman seluas 5 juta hektar hingga tahun 2010. Kondisi ini menuntut perlu dikuasai input-input teknologi penunjang yang mampu memberikan solusi dalam menjawab berbagai tantangan pada pembangunan hutan tanaman (Wibowo, 2006).

Dalam pembangunan hutan tanaman dengan jenis-jenis pohon cepat tumbuh dengan produktivitas tinggi, baik tanaman asing (*exotic species*) maupun asli (*indigenous species*), dalam penerapannya ditemui beberapa kendala. Hutan tanaman adalah hutan atau pohon-pohonan yang ditanam dengan campur tangan manusia baik dalam kawasan hutan atau diluar kawasan hutan (Iskandar dkk, 2003). Adapun jenis pohon yang dikembangkan pada kegiatan hutan tanaman yaitu: (1) kelompok kayu untuk pertukangan seperti *Shorea* spp., *Tectona grandis*, *Swietenia mahagoni* (mahoni), *Paraserianthes falcataria* (sengon), *Khaya anthoteca*, *Araucaria cunninghamii*, *Alstonia* spp., *A. Auriculiformis*, dan *A. mangium* (akasia); (2) kelompok kayu untuk pulp/serat seperti *A. mangium*, *Eucalyptus* spp.; dan (3) kelompok kayu untuk energi seperti *A. auriculiformis*, *Leucaena leucocephala*, *Leucaena glauca* dan *Gliricidia* spp. (Wibowo, 2006). Meskipun hutan tanaman dapat menghasilkan kayu sebagai bahan baku industri perindustrian sangat dibutuhkan, namun akhir-akhir ini banyak muncul *issue* dan perdebatan dari masyarakat yang menyatakan bahwa pemilihan jenis pohon cepat tumbuh pada program hutan tanaman tersebut bisa berpengaruh negatif terhadap lingkungan, di antaranya erosi di daerah aliran sungai (DAS).

Program hutan tanaman yang mempunyai pengaruh negatif terhadap erosi tersebut perlu kajian mengenai “Penilaian Tingkat Erosi pada

Lahan Hutan Tanaman Beberapa Jenis Cepat Tumbuh (*Fast Growing Species*)“terutama pada tanamansengon, mahoni, akasia, dan *eucalyptus*.

TUJUAN

Tujuan mengenai kajian ini untuk mendapatkan Pemodelan Erosi. Adapun jenis pohon yang dikaji pada kegiatan hutan tanaman yaitu: (1) Kayu untuk pertukangan *Swietenia mahagoni* (mahoni), *Paraserianthes falcataria* (sengon) di Wonosobo dan *A. mangium* (akasia) dan (2) kelompok kayu untuk pulp/serat Ekaliptus (*Eucalyptus pellita*).

II. METODOLOGI PENELITIAN

LOKASI

Penelitian dilakukan pada areal hutan tanaman : (1) Perum Perhutani Provinsi Jawa Tengah di Wonosobo dan Wonogiri (2) Perum Perhutani Provinsi Jawa Timur di Ngawi dan (3). Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Lokasi secara detail disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Lokasi Kegiatan Penelitian

No.	Lokasi	Petak	Fungsi Tanaman	Tanaman
<u>Perum Perhutani Provinsi Jawa Tengah</u>				
1.	RPH Sapuran, BKPH Ngadisono, KPH Kedu Selatan. (Desa Karang Sari, Kec. Sapuran, Kab. Wonosobo, Jawa Tengah)	33a dan 33 c	Kayu pertukangan	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)
2.	RPH Pulosari/Alas Kethu, BKPH Wonogiri, KPH Surakarta. (Desa Pulosari, Kec. Wonogiri, Kab. Wonogiri, Jawa Tengah)	30a	Kayu Pertukangan	Akasia (<i>Acasia mangium</i>)
<u>Perum Perhutani Provinsi Jawa Timur</u>				
3.	RPH Gendingan, BKPH Walikukun, KPH Ngawi. (Desa Sidolayu, Kec. Walikukun, Kab. Ngawi, Jawa Timur).	72n dan 72 m	Kayu Pertukangan	Mahoni (<i>Swietenia mahagony</i>)
<u>Kabupaten Siak, Provinsi Riau</u>				
4.	Desa Rasau Kuning, Kec. Perawang, Kab. Siak, Riau.	175-b	Penghasil kertas	Ekaliptus (<i>Eucalyptus pellita</i>),

BAHAN DAN ALAT

Bahan dan alat yang diperlukan untuk kegiatan penelitian ini yaitu : ATK (kertas HVS, tonner printer, ordner, flashdisk, stopmap), bahan perlengkapan lapangan (blocknote, pensil, ballpoint, jas hujan, sepatu lapangan, spidol), Plot erosi standar (petak ukuran lebar 4 m x panjang 22 m dengan bak kolektor air limpasan), Timbangan, meteran, caliper, hagameter, abneylevel, Peralatan survey tanah (bor, cangkul, skop, pisau, plastik, ring sampel, dan penetrometer)

III. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian terapan/ujicoba lapangan dengan jenis-jenis hutan tanaman yaitu: (1).Tanaman kayu pertukangan yaitu Sengon (*Paraserianthes falcataria*), Akasia(*Acacia Mangium*); dan Mahoni (*Swietenia mahagoni*); dan (2). Eucalyptus. Semua tanaman tersebut dilihat dampaknya terhadap erosi (A).Masing-masing tanaman tersebut diamati melalui: plot erosiPerhitungan model neraca air dilakukan untuk memperoleh nilai erosi aktual (A),

PELAKSANAAN PENELITIAN

Pengamatan kondisi biofisik lahan (vegetasi dan tanah) di areal hutan tanaman Sengon,Akasia, Mahoni, dan Ekaliptus.

Pengamatan dan pengumpulan data hujan pada SPH.

Pengamatan dan pengumpulan data erosi aktual harian pada plot erosi standar (4 x 22 m) dilakukan secara harian, tiap jam 07.00 pagi

Pengolahan data biofisik, erosi aktual, ET, Q, dan Qs.

Analisis data biofisik, erosi aktual, ET, Q, dan Qs.

Metode Pengumpulan Data:

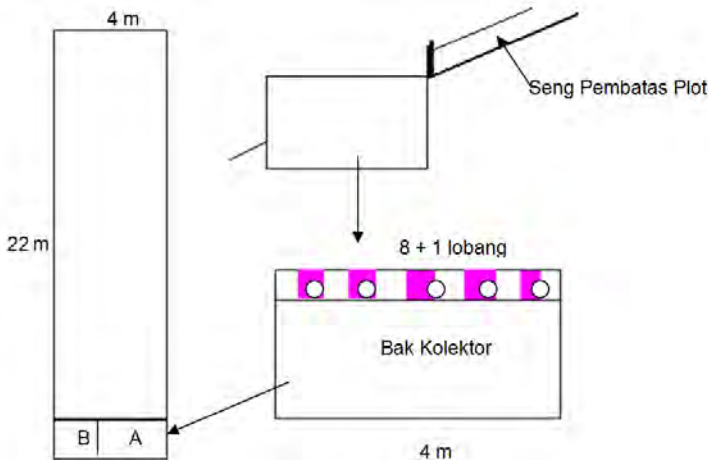
Hujan

Pengamatan terhadap data hujan dilakukan dengan alat penakar hujan tipe ombrometer (manual harian) untuk dicatat secara manual.

Erosi

Pengumpulan data nilai erosi aktual pada lahan hutan tanaman dilakukan dengan membuat plot erosi standar ukuran lebar 4 m dan panjang 22 m yang pada bagian hilir (bawah) nya dipasang bak kolektor air limpasan dan hasil erosi (Gambar 1). Plot erosi dibuat sebanyak 3 unit per lokasi penelitian. Setiap plot erosi tersebut merupakan penerapan terhadap 3 jenis perlakuan seperti telah diuraikan.

Pengamatan limpasan permukaan (*runoff*) dan hasil erosi tanah aktual (A) dilakukan pada bak kolektor A (ukuran panjang (P_A) 3 m x lebar (L) 0,75 m x tinggi (T) 0,6 m) dengan 8 lobang outlet keluar dan 1 lobang outlet masuk ke bak kolektor B, sedang bak kolektor B (ukuran $P_B = 1$ m x L = 0,75 m x T = 0,6 m) merupakan bak kolektor penampung yang volumenya setara dengan (8 + 1) kali runoff yang melimpas keluar dari bak A. Pengamatan dilakukan setiap hari dengan menggunakan mistar untuk mencatat tinggi muka air (TMA) atau (H, m) dan botol sampel untuk mengetahui kadar suspensi (C_s , kg/m³) dan bedload (C_b , kg/m³) dari hasil erosi tanahnya baik yang ada di bak A dan bak B. Limpasan permukaan (*runoff*) dan hasil erosi tanah aktual (A) yang tertampung pada bak kolektor B dilakukan jika runoff pada bak A telah melimpah, yang sebagiannya (1/9 bagian) tertampung di bak B.



Gambar 1. Plot Erosi Standar Ukuran 4 m x 22 m dengan Bak Kolektor di bawahnya.

Perhitungan volume limpasan permukaan (*runoff*, Q) dan erosi tanah (A) harian:

Jika hanya bak A yang terisi:

$$Q_{\text{harian_a}} = H_A \times P_A \times L = H_A \times 2,25 \text{ dalam } m^3$$

$$A_{\text{harian_a}} = (C_{s_a} \times Q_{\text{harian_a}}) + (C_{b_a} \times H_{Ab} \times P_A \times L) \text{ dalam kg/hari}$$

Jika bak B juga terisi:

$$Q_{\text{harian_b}} = H_B \times P_B \times L = H_B \times 0,75 \text{ dalam } m^3$$

$$A_{\text{harian_b}} = (C_{s_b} \times Q_{\text{harian_b}}) + (C_{b_b} \times H_{Bb} \times P_B \times L) \text{ dalam kg/hari}$$

Sehingga nilai limpasan permukaan harian dan erosi tanah harian untuk bak A dan bak B adalah:

$$Q_{\text{harian}} = Q_{\text{harian_a}} + (9 \times Q_{\text{harian_b}}) \text{ dalam } m^3$$

$$A_{\text{harian}} = A_{\text{harian_a}} + (9 \times A_{\text{harian_b}}) \text{ dalam kg/hari}$$

IV. PEMODELAN EROSI

Model Erosi (Estimasi perhitungan erosi tanah dengan metode USLE)

Metode USLE sebagai suatu persamaan hanya dapat menduga besar erosi tanah tahunan yang berasal erosi permukaan yang terjadi pada bagian profil bentang lahan (*landscape*) dan tidak dapat menghitung deposisi yang terjadi. USLE juga tidak diperuntukkan untuk menghitung hasil sedimen yang berada pada hilirnya maupun bentuk erosi *gully*.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

A: banyaknya tanah yang tererosi (ton/ha/tahun)

R: faktor erosivitas hujan (ton/ha)

K: faktor erodibilitas lereng

L: faktor panjang lereng

S: faktor kemiringan lereng

C: faktor pengelolaan tanaman/vegetasi penutup

P: faktor pengelolaan tanaman konservasi tanah

Indeks erosivitas hujan dihitung dengan

$$EL_{30} = 6,119 R^{1,21} D^{-0,47} M^{0,53}$$

atau dengan rumus lenvein (dalam Bols, 1978)

$$EL_{30} = 2,21 R^{1,36}$$

EL_{30} : erodivitas hujan bulanan rata-rata (ton/ha)

R : curah hujan bulanan rata-rata

D : jumlah hari hujan bulanan rata-rata (hari)

M : curah hujan harian maksimum rata-rata bulanan (cm)

K : erodibilitas tanah yang dihitung dengan nomograph *USLE*, dari Wischmeier dan Smith , dimana parameter-parameternya adalah fraksi pasir sangat halus + debu (%), fraksi pasir (%), bahan organik (%) dengan 5 (lima) kelas, struktur tanah 4 (empat) kelas dan permeabilitas tanah 6 (enam kelas). Nilai K ini juga dapat dihitung dengan persamaan :

$$100 K_{EU} = 2,1 M^{1,14} (10^{-4}) (12 - a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c - 3)$$

dimana untuk memperoleh nilai satuan metrik, maka nilai K adalah :

$$K = 1,292 \times \text{nilai } K_{EU}$$

LS = faktor panjang dan kemiringan lereng yang dihitung dengan persamaan

$$L = (l/22,1)^{1/2}$$

$$S = 65,41 \sin^2 \alpha + 4,56 \alpha + 0,065$$

C dan P : berupa faktor penutupan tanah oleh tanaman (C) dan praktek konservasi tanah (P) yang dihitung berdasarkan nilai-nilai yang telah diadopsi untuk kondisi Indonesia.

Model Infiltrasi Tanah

Model infiltrasi tanah yang akan dicobakan adalah metode Horton (1940), dengan formula sebagai berikut:

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-kt}$$

dimana:

f_t = kapasitas infiltrasi tanah

f_0 = laju infiltrasi awal

f_c = laju infiltrasi konstan

e = bilangan epsilon (=2,718)

- k = koefisien infiltrasi tanah
t = waktu mencapai infiltrasi konstan

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hujan, Erosi, dan Infiltrasi

Karakteristik hujan, evapotranspirasi, erosi, dan hasil air pada masing-masing lokasi disajikan pada Tabel 2. berikut :

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan hujan, evapotranspirasi, erosi, dan hasil air di Wonosobo, Wonogiri, Ngawi, dan Riau.

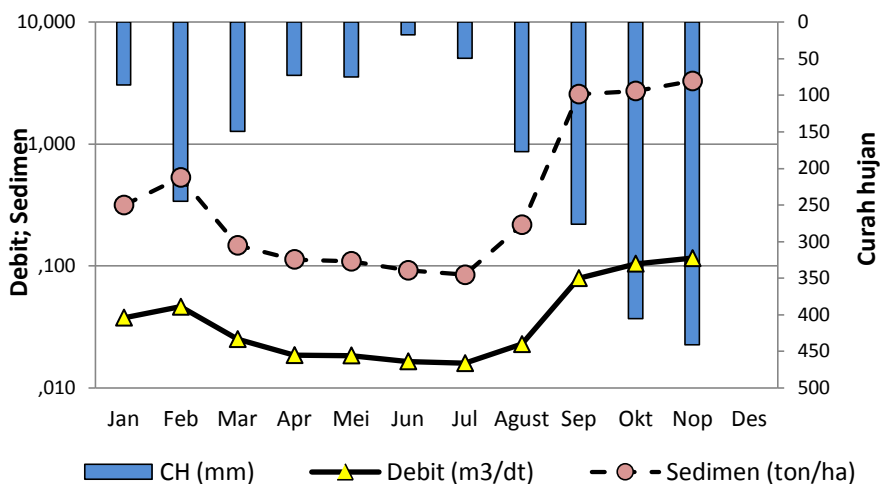
Tabel 2.1 Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>) Wonosobo, Jateng								
No.	Parameter	Tahun					Jumlah	Rata ²
		2008	2009	2011	2012	2013		
1.	Curah hujan (mm)	1254	3292	3474	2487	1340	11847	237
2.	Erosi (ton/ha)	18,64	28,64	37,96	26,79	155,25	267,28	53,46
Tabel 2.2 Akasia (<i>Acacia mangium</i>) Wonogiri, Jateng								
1.	Curah hujan (mm)	1994	1455	1663	2045	2784	9941	1988
2.	Erosi (ton/ha)	20,05	12,56	13,204	21,07	48,49	115,37	23,07
Tabel 2.3 Mahoni (<i>Swietenia mahagony</i>) Ngawi, Jatim								
1.	Curah hujan (mm)	1218	2051	2142	1665	1805	8881	1776
2.	Erosi (ton/ha)	21,56	24,12	26,47	29,57	26,73	128,45	25,69
Tabel 2.4 Ekalyptus (<i>Eucalyptus pellita</i>) Riau								
No.	Parameter	2008	2009	2010	2011	2012	Jumlah	Rata ²
1.	Umur Tanaman (Th)	2	3	4	5	-	-	-
2.	Curah Hujan (mm)	2813	2679	2783	1663	2219	12517	2431
3.	Hasil sedimen (ton/ha)	5,06	3,49	2,59	1,42	14,66	27,22	5,44

Sedimentasi

Hasil perhitungan tingkat sedimentasi dilakukan berdasarkan hasil pengukuran sampel air (sedimen) yang dianalisis kandungan suspensinya, kemudian dikonversi dengan besaran debit pada masing-masing ketinggian muka air sungai. Persamaan hubungan besarnya curah hujan, tinggi muka air serta konsentrasi sedimen yang diperoleh digunakan sebagai pendekatan dalam menghitung besarnya tingkat sedimentasi tahunan. Hasil perhitungan tingkat sedimentasi harian pada lokasi penelitian *E. pellita* di Riau disajikan pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Tingkat Sedimentasi di Lokasi Penelitian *E. Pellita*

Parameter Hidrologi	Bulan											Jml
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nov	
CH (mm)	85,8	244,6	149	73	75	17	49	177	276	405	441	1992,4
Debit (m ³ /dt)	0,038	0,046	0,025	0,019	0,018	0,016	0,016	0,023	0,079	0,104	0,116	0,501
Sedimen (ton/ha)	0,32	0,53	0,15	0,11	0,11	0,09	0,08	0,22	2,57	2,73	3,29	10,20



Gambar 2. Grafik Bulanan Hasil Sedimen Lokasi *E. pellita*, Riau Tahun 2013

Berdasarkan Tabel 3. dan Gambar 2 di atas, diketahui hasil sedimen (s/d Bulan November) sebesar 10,2 ton/ha, mengalami penurunan dibandingkan tahun sebelumnya (2012) sebesar 14,7 ton/ha pada saat tanaman *E. pellita* ditebang. Hasil penelitian pada tahun 2013 juga memperlihatkan pengaruh perkembangan hutan tanaman terhadap hasil sedimen. Penebangan (tebang habis) yang dilakukan pada Bulan Maret 2012 telah menyebabkan hasil sedimen tahunan (pada setengah tahun pertama setelah penanaman) cukup tinggi, yaitu 14,7 ton/ha (atau rata-rata bulanan sebesar 1,57 ton/ha/bln). Setelah tanaman memasuki tahun kedua (2013), hasil sedimen sudah mulai bisa ditekan (rata-rata menjadi 0,93 ton/ha/bln). Hal tersebut menunjukkan adanya peran komunitas hutan (tanaman) dalam mengendalikan laju erosi dan sedimentasi yang terjadi, seiring pertumbuhan tanaman pokok serta perkembangan penutupan semak dan serasah di lantai hutan.

VI. PEMODELAN EROSI

Pemodelan untuk memprediksi erosi di lahan mikro DAS dilakukan dengan metode USLE. Hasil perhitungan masing-masing parameter dalam USLE disajikan dalam uraian di bawah ini.

- Erosivitas Hujan (R)

Nilai erosivitas hujan dihitung dengan formula Bols (1978), dengan hasil pada masing masing lokasi penelitian disajikan pada Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Nilai erosivitas hujan di masing-masing lokasi penelitian

Lokasi / Parameter	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	
Wonosobo													
RAIN	143	291	83	130	57	24	-	-	-	-	172	440	1340,0
DAYS	8	17	10	11	5	3	-	-	-	-	8	29	91
MAXP	42	110	12	18	14	10	-	-	-	-	32	64	110
R	78,6	91,9	36,4	43,2	54,8	58,3	-	-	-	-	68,1	53,7	484,9
Wonogiri													
RAIN	667	549	149	289	316	310	-	-	-	-	205	300	2784,5
DAYS	25	19	11	10	11	11	-	-	-	-	8	14	109
MAXP	105	100	33	88	66	66	-	-	-	-	48	90	105
R		283,	203,	357,	293,	293,					286,	308,	
	255,3	0	3	6	6	6	-	-	-	-	4	9	2281,6
Ngawi													
RAIN	244	334	158	256	106	94	-	-	-	70	297	246	1805,0
DAYS	12	8	7	8	4	3	-	-	-	2	9	7	80
MAXP	45	80	73	58	43	69	-	-	-	40	78	68	80
R		176,	179,	149,	176,	259,				235,	165,	172,	
	107,7	8	4	1	3	3	-	-	-	0	1	8	1621,4
Riau													
RAIN		244,											
	85,8	6	149	73	75	17	49	177	276	405	441	248	2240,4
DAYS	12	12	8	5	6	3	3	5	7	11	16	10	98
MAXP	28	77	62	23	24	10	31	95	118	99	78	69	118
R		147,	158,	117,	110,		174,	248,	238,	175,	129,		
	85,9	1	9	2	0	95,8	5	5	0	3	6	151,4	1832,2

Ket: R (Erosivitas hujan); RAIN (Curah hujan bulanan); DAYS (Jumlah hari hujan bulanan); MAXP (Jumlah hujan maksimum selama 24 jam dalam bulan yang bersangkutan)(-) berarti data kosong, tidak ada pengamatan

Erodibilitas Tanah (K)

Nilai erodibilitas tanah dihitung dengan persamaan Wischmeier (1971) dalam Arsyad (1989), dengan hasil perhitungan pada masing masing lokasi penelitian disajikan pada Tabel 5. berikut:

Tabel 5. Nilai erodibilitas tanah di masing-masing lokasi penelitian

Lokasi	M	a	b	c	K
Wonosobo	4000	3,16	3	4	0,29
Wonogiri	2830	2,76	3	5	0,25
Ngawi	2830	1,43	4	6	0,33
Riau	4005	3,67	3	1	0,21

Ket: K (Erodibilitas tanah); m (%debu+%pasir halus(100-%liat)); a (Kandungan bahan organic; %); b (Kelas struktur tanah); dan c (Kelas permeabilitas tanah)

Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Nilai parameter panjang lereng (P) dihitung dengan persamaan Laflen dan Moldenhauer (2003), sedangkan kemiringan lereng (S) dihitung dengan persamaan Arsyad (1989), dengan hasil perhitungan pada masing masing lokasi penelitian disajikan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Nilai erodibilitas tanah di masing-masing lokasi penelitian

Lokasi	λ	m	θ	L	S	LS
Wonosobo	135	0,5	35,0	11,62	2,04	23,73
Wonogiri	150	0,5	20,0	12,25	0,76	9,29
Ngawi	250	0,5	15,0	15,81	0,47	7,42
Riau	283	0,5	20,0	16,82	0,76	12,76

Ket:LS (Faktor panjang dan kemiringan lereng); λ (Panjang lereng; m); m eksponensial dari panjang lereng; θ (Kemiringan lereng; %)

Faktor Penutupan Tanah oleh Tanaman dan Praktek Konservasi Tanah (CP)

Nilai faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman (C) dan faktor praktek khusus konservasi tanah (P) dicari berdasarkan kondisi lapangan yang sesuai dengan Tabel Puslitan (1973-1981) dalam Abdurachman (1984) dalam Asdak (2002), serta Wischmeier dan Smith

(1978). Hasil perhitungan nilai CP pada masing-masing lokasi penelitian disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Nilai parameter CP di masing-masing lokasi penelitian

Lokasi	C	P	CP
Wonosobo	0,150	0,500	0,075
Wonogiri	0,050	0,400	0,020
Ngawi	0,200	0,500	0,100
Riau	0,012	0,300	0,004

Prediksi Erosi

Rekapitulasi hasil perhitungan prediksi erosi pada masing-masing lokasi penelitian disajikan pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Nilai prediksi erosi di masing-masing lokasi penelitian

Lokasi	R	K	L	S	C	P	A (Erosi)	Kategori *)
Wonosobo	484,9	0,29	11,62	2,04	0,150	0,500	254,24	Berat
Wonogiri	2281,6	0,25	12,25	0,76	0,050	0,400	105,84	Sedang
Ngawi	1621,4	0,33	15,81	0,47	0,200	0,500	398,18	Berat
Riau	1832,2	0,21	16,82	0,76	0,012	0,300	17,40	Ringan

Ket: *) Kriteria berdasarkan kriteria dalam Dephut (1998) dalam Suripin (2001)

Tingkat erosi hasil prediksi paling besar terjadi pada lokasi Ngawi (398,3 ton/ha, termasuk kategori sedang), di mana merupakan hutan mahoni dengan kondisi tanaman jarang-jarang akibat kebakaran dan penebangan liar. Tekstur tanah Vertisols yang ada lempung debu (dengan fraksi debu yang lebih tinggi dibandingkan tanah yang sama pada lokasi Ponorogo). Lokasi lain yang menunjukkan tingkat erosi sedang yakni Wonosobo (hutan campuran sengon+kopi+pinus) sebesar 254,24 ton/ha. Besarnya erosi di lokasi Wonosobo juga disebabkan kondisi lahan yang memiliki kemiringan lereng rata-rata 35%.

Tingkat erosi yang tergolong sedang terdapat pada lokasi Wonogiri (hutan *A. mangium*) yaitu sebesar 105,84 ton/ha, sedangkan lokasi Riau (HTI *E. pellita*) termasuk kategori ringan, yaitu 17,40 ton/ha. Pada kedua lokasi ini, terdapat komunitas vegetasi pohon yang telah tua dengan jarak tanam teratur, serta terdapat akumulasi serasah di

bawah tegakan. Lebih khusus, di lokasi Riau menunjukkan komunitas tumbuhan bawah yang mulai rapat ketika tanaman pokok memasuki umur 2 tahun, menyebabkan erosi yang paling kecil.

Perbandingan perhitungan plot erosi dengan besarnya erosi berdasarkan prediksi USLE disajikan pada Tabel 9. berikut :

Tabel 9. Perbandingan perhitungan melalui plot erosi dengan besarnya erosi berdasarkan prediksi USLE

No.	Lokasi	Pengukuran Erosi dengan plot (ton/ha/th)	Prediksi Erosi dengan USLE (ton/ha/th)	Deviasi (%)	Keterangan
1.	Wonosobo	200,10	254,24	21,29	Over estimate
2.	Wonogiri	67,41	105,84	36,31	Over estimate
3.	Ngawi	327,62	398,18	17,72	Over estimate
4.	Riau	12,84	17,40 *)	26,21	Over estimate

*) perhitungan dengan sedimen delivery ratio (SDR)

Model Infiltrasi Tanah

Hasil pengukuran laju infiltrasi tanah dengan menggunakan peralatan *double ring infiltrometer* dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan model Horton (1940). Data rekapitulasi rata-rata kapasitas infiltrasi tanah dengan menggunakan formula Horton (1940), serta permeabilitas tanah disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Kapasitas Infiltrasi Tanah dan Permeabilitas Tanah di Lokasi Penelitian

Lokasi	Kapasitas infiltrasi cm/jam	Kriteria *)	Persamaan
<u>Wonosobo</u>			
Titik 1	3,86	sedang	$y = 8,8791x^{-0,666}$ $R^2 = 0,6773$
Titik 2	2,70	sedang	$y = 4,9973x^{-0,58}$ $R^2 = 0,7387$
Rata-rata	3,28	sedang	
<u>Wonogiri</u>			
Wonogiri	1,26	agak lambat	$y = 2,2129x^{-0,383}$ $R^2 = 0,6018$

Lokasi	Kapasitas infiltrasi cm/jam	Kriteria *)	Persamaan
Ngawi			
Ngawi	0,37	lambat	$y = 0,8387x^{-0,379}$ $R^2 = 0,6559$
Riau			
Tanaman 1 th	1,85	Agak lambat	$y = 1,3344x^{-0,31}$ $R^2 = 0,7159$ $y = 1,9246x^{-0,425}$ $R^2 = 0,831$
Tanaman 3 th	10,06	Agak cepat	$y = 10,939x^{-0,542}$ $R^2 = 0,7636$ $y = 12,055x^{-0,629}$ $R^2 = 0,7746$
Tanaman 5 th	14,17	Cepat	$y = 19,55x^{-0,616}$ $R^2 = 0,8475$ $y = 11,634x^{-0,68}$ $R^2 = 0,8097$
Rata-rata	8,69	Agak cepat	

Ket: *) Kriteria berdasarkan kriteria dalam Kohnke (1968)
x (waktu; menit); y (laju infiltrasi; cm/menit)

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, rata-rata kapasitas infiltrasi yang besar terdapat pada lokasi-lokasi dengan vegetasi pohon yang cukup besar dan rapat dengan serasah di atas tanah. Kapasitas infiltrasi sedang sampai agak cepat terdapat pada lokasi Riau, Wonosoo dan Wonogiri. Lokasi Riau di HTI *E. pellita*, lokasi Wonosobo dengan hutan campuran sengon dan kopi serta pinus juga terdapat serasah di bawahnya, serta lokasi Wonogiri dengan tegakan *A. mangium* juga terjadi akumulasi serasah di bawah tegakan. Kapasitas infiltrasi yang lambat terdapat pada lokas dengan tanaman yang jarang-jarang (mahoni di Ngawi).

Kapasitas infiltrasi tanah rata-rata di lahan hutan tanaman *E. pellita* di Riau menunjukan angka yang paling besar, yaitu 8,69 cm/jam yang termasuk kategori agak cepat. Secara berturut-turut diikuti lokasi Wonosobo, yaitu rata-rata 3,28 cm/jam (kategori sedang), Wonogiri sebesar 1,26 dan Ponorogo sebesar 0,89 cm/jam (keduanya kategori agak lambat), serta Ngawi sebesar 0,37 cm/jam dan Karanganyar sebesar 0,14 cm/jam (keduanya kategori lambat).

Di lokasi Riau, di bawah tegakan *E. pellita* menunjukkan tekstur tanah podsolik yang geluh pasir (*sandy loam*), dengan fraksi pasir yang cukup tinggi (di atas 50%) serta angka permeabilitas tanah rata-rata

23,97 cm/jam (sangat cepat). Semakin tua umur tanaman *E. pellita* menyebabkan peningkatan laju dan kapasitas infiltrasi tanah. Namun demikian, jika dibandingkan dengan hutan alam kondisi hidrologi tanah masih bagus di hutan alam. Suryoatmojo et al., (2009) menyebutkan bahwa kapasitas infiltrasi tanah di hutan alam (*virgin forest*) di Kalimantan Tengah, dengan jenis tanah yang sama (Ultisols) sebesar 22,0 cm/jam. Taylor et al., (2009) juga menyatakan bahwa tanah-tanah podsolik di Selandia Baru (DAS Waikato Hulu) memiliki kapasitas infiltrasi tanah berkisar antara 12,0 - 120,0 cm/jam (pada lahan berhutan) dan antara 0,3 - 9,9 cm/jam (pada lahan pertanian), dengan tekstur tanah pasir (*sand*), geluh pasir (*sandy loam*) sampai geluh debu (*silty loam*). Permeabilitas tanah di lokasi penelitian (*sandy loam*) tergolong cepat (rata-rata 23,97 cm/jam), namun juga masih lebih cepat di hutan alam (29,84 - 32,44 cm/jam).

Di lokasi Wonosobo, dengan tekstur tanah lempung pada tanah Inceptisols menunjukkan kapasitas infiltrasi yang sedang (3,86 cm/jam), dengan laju permeabilitas tanah yang tergolong agak cepat (14,5 cm/jam). Di lokasi Wonogiri, di bawah tegakan akasia mangium juga bertekstur lempung (tanah Inceptisols), dengan permeabilitas tanah yang tergolong cepat (18,2 cm/jam). Kecilnya kapasitas infiltrasi tanah (1,26 cm/jam; agak lambat) disebabkan kondisi tanah yang sudah cukup lembab pada saat pengukuran.

VII. KESIMPULAN

1. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan antara hasil prediksi model USLE dengan hasil pengukuran langsung, sehingga untuk menerapkan metode perlu adanya kalibrasi sesuai dengan deviasi pada masing masing jenis tanaman yaitu : pada lokasi hutan tanaman sengon di Wonosobo terjadi deviasi 21,29 % (*over estimate*); hutan tanaman akasia di Wonogiri terjadi deviasi 36,31 % (*over estimate*); hutan tanaman mahoni di Ngawi terjadi deviasi 17,72 % (*over estimate*); dan hutan tanaman ekaliptus di Riau terjadi deviasi 26,21 % (*over estimate*).
2. Tingkat erosi hasil prediksi paling besar terjadi pada lokasi : (1). Ngawi (398,3 ton/ha, termasuk kategori sedang), merupakan hutan mahoni dengan kondisi tanaman jarang-jarang akibat

kebakaran dan penebangan liar. Tekstur tanah Vertisols yang ada lempung debu (dengan fraksi debu yang tinggi) dibandingkan tanah yang sama pada lokasi yang lain); (2). Wonosobo (hutan campuran sengon+kopi+pinus) sebesar 254,24 ton/ha. Besarnya erosi juga disebabkan kondisi lahan yang memiliki kemiringan lereng rata-rata 35%; dan (3). Wonogiri (hutan *A. mangium*) yaitu sebesar 105,84 ton/ha

3. Tingkat erosi ringan terdapat pada lokasi Riau (HTI *E. pellita*), yaitu 17,40 ton/ha. Pada lokasi ini, terdapat komunitas vegetasi pohon yang telah tua dengan jarak tanam teratur, serta terdapat akumulasi serasah di bawah tegakan. Lebih khusus lagi pada lokasi ini menunjukkan komunitas tumbuhan bawah yang mulai rapat ketika tanaman pokok memasuki umur 2 tahun, menyebabkan erosi yang paling kecil.
4. Hasil tersebut sejalan dengan hasil pengukuran kapasitas infiltrasi akibat kondisi karakteristik tutupan hutan tanaman yang berbeda-beda.
5. Rata-rata kapasitas infiltrasi yang besar/cepat terdapat pada lokasi-lokasi dengan vegetasi pohon yang cukup besar dan rapat dengan serasah di atas tanah, seperti pada lokasi Riau, Wonosobo dan Wonogiri.
6. Kapasitas infiltrasi yang lebih lambat terdapat pada lokasi dengan tanaman yang jarang-jarang (mahoni di Ngawi), dengan kondisi tanah yang lebih terbuka (dengan adanya tanaman semusim pada sebagian mikro DAS) sehingga menyebabkan tingkat erosi juga tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. GadjahMadaUniversity Press, Yogyakarta.
- Brooks, K.N., Ffolliott P., Gregersen H., Thames J., 1991. *Hydrology and The Management of Watershed*. IOWA State University Press, IOWA (U S A).
- Bruijnzeel, L.A. 1990. *Hydrology of Moist Tropical Forests and Effect of Conversion : A State of Knowledge Review*. Faculty of Earth Science, Free University, Amsterdam, The Netherlands
- Bustomi, S., T. Rositawati, B. Sudradjat, B. Leksono, A. S. Kosasih, I. Anggraeni, D. Syamsuwida, Y. Lisnawati, Y. Mile, D. Djaenudin,

- Mahfudz, dan E. Rachman. 2008. *Nyamplung (Calophyllum inophyllum) Sumber Energy Biofuel yang Potensial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Coster, CH. 1938. *Bovengrondsche Afstrooming En Erosie Op Java*. Tectona, D1. XXXI: 613-728.
- Iskandar, U. Ngadiono dan A. Nugraha. 2003. *Hutan Tanaman Industri di Persimpangan Jalan*. Arivco Press, Jakarta.
- Kartha, S. 2006. *Bioenergi and Agriculture: Promises and Challenges, Environmental Effect of Bioenergy*. International Food Policy Institute, Washington D.C.
- Klocked, N.L. et. al., 1996. *Evapotranspiration (ET) or Crop Water Use*. University of Nebraska – Lincoln cooperation with Institute of Agriculture and Natural Resources – USA. USA
- Lee, R. 1990. *Hidrologi Hutan*. GadjahMadaUniversity Press, Yogyakarta
- Pujiharta. 1995. *Cara Perhitungan dan Manfaat Data Evapotranspirasi*. Informasi Teknis No. 55/1995. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Bogor
- Scharlemann, P.W. dan W.F. Laurance. 2008. *How Green Are Biofuels?*. Science vol 319: 43-44.
- Searchinger, T., R. Heimlich, R.A. Houghton, F. Dong, A. Elobeid, J. Fabiosa, S. Tokgoz, D. Heyes, dan TH. Yu. 2008. *Use of U.S.Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change*. Science vol 319: 1238-1240.
- Sukresno, A.B. Supangat, C.N.S. Priyono, I.B. Pramono dan U. H. Murtiono. 2002. *Fungsi Hidrologi Hutan Tanaman Jati: Studi Kasus Pengaruh Pengelolaan Hutan Jati Terhadap Erosi Dan Tata Air di BKPH Pasar Sore KPH Cepu*. Workshop Aplikasi Hasil-Hasil Penelitian Bidang Hidrologi untuk Penyempurnaan Pengelolaan Hutan Berbasis Ekosistem, Yogyakarta.
- Varghese, S. 2007. *Biofuels and Global Water Challenges*. Institute for Agriculture and Trade Policy. Minneapolis, Minnesota.
- Von Braun, J. 2007. *When Food Makes Fuel: The Promises and Challenges Of Biofuels*. The Crawford Fund Annual Conference, Australia.
- Wibowo, A. 2006. *Usulan Kegiatan Penelitian (UKP) Tahun Anggaran 2006-2007: Pengelolaan Lingkungan Hutan Tanaman*. Puslitbang Hutan Tanaman, Badan Litbang Kehutanan, Dep. Kehutanan, Bogor.
- Von Braun, J. 2007. *When Food Makes Fuel: The Promises and Challenges Of Biofuels*. The Crawford Fund Annual Conference, Australia.
- Wibowo, A. 2006. *Usulan Kegiatan Penelitian (UKP) Tahun Anggaran 2006-2007: Pengelolaan Lingkungan Hutan Tanaman*. Puslitbang Hutan Tanaman, Badan Litbang Kehutanan, Dep. Kehutanan, Bogor.

KAJIAN PRAKTIK KONSERVASI TANAH DAN AIR DI HUTAN TANAMAN KAYU PUTIH UNTUK MENGURANGI LAJU ALIRAN PERMUKAANDAN EROSI TANAH¹

Oleh:

Muhadi¹, Purwanto², Yuliatno Budi S³, Zacheus Y², Corryanti²

¹ Direksi Perum Perhutani, Gdg Manggala Wanabakti Jl. Gatot Subroto-Senayan, Jakarta

² Pusat Penelitian dan Pengembangan Perhutani, Jl. Wonosari-Batokan Cepu Tromol Pos
6. Telp. (0296)421233, email : purnovi@yahoo.co.id

³ Mahasiswa IPB Bogor, Jl. Raya Darmaga, Bogor.

ABSTRAK

Kayu putih (*Melaleuca leucadendron*) merupakan komoditas yang dikembangkan di Perum Perhutani yang dikelola secara tumpangsari dengan tanaman pertanian yang dibudidayakan masyarakat. Permasalahan dalam pengelolaan hutan kayu putih adalah produktivitas daun kayu putih yang rendah, diduga karena terjadi degradasi lahan. Kajian praktik konservasi lahan di hutan tanaman kayu putih bertujuan untuk mengetahui teknik konservasi tanah yang tepat. Penelitian dilakukan di Wilayah BKPH Sukun, KPH Madiun, Divre Perhutani Jawa Timur. Jenis perlakuan penelitian adalah plot 1 (teras gulud + tumpangsari jagung), plot 2 (tanaman sela + tumpangsari jagung), dan plot 3 (tumpangsari kacang tanah + kedelai). Pengamatan erosi dengan laju aliran permukaan dan erosi tanah dengan metode petak ukur erosi ukuran 22 x 8 m.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa praktik konservasi tanah yang terbaik pada hutan kayu putih adalah teras gulud dan tumpangsari jagung dengan aliran permukaan 6.353,02 m³/ha/thn dan erosi tanah 5,87 ton/ha/thn. Aliran permukaan pada konservasi tanah dengan tanaman sela dan tumpangsari jagung 1.2850,16 m³/ha/thn dan erosi tanah sebesar 8,34 ton/ha/thn. Aliran permukaan tanpa konservasi tanah dan tumpangsari kacang tanah dan kedelai (kontrol) sebesar 1.3637,85 m³/ha/thn dan erosi tanah 28,62 ton/ha/thn.

Konservasi tanah dengan teras gulud dan tumpangsari jagung dapat menurunkan laju aliran permukaan dan erosi tanah sebesar 53,42% dan 79,50% dibandingkan kontrol (tanpa teras). Tingkat bahaya erosi untuk teras gulud dan konservasi tanah dengan tanaman sela pada tumpangsari jagung termasuk ringan, tetapi hutan kayu putih tanpa konservasi tanah dan tumpangsari kacang tanah dan kedelai termasuk sedang.

Kata kunci : Hutan kayu putih; tumpangsari; konservasi tanah dan air; aliran permukaan; erosi tanah

¹ Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Kayu putih (*Melaleuca leucadendron* L.) merupakan komoditi kehutanan yang semula digunakan dalam reboisasi lahan-lahan tidak produktif terutama di Pulau Jawa. Kegiatan ini telah dilaksanakan di wilayah Perum Perhutani sejak tahun 1964. Permasalahan dalam pengelolaan hutan kayu putih saat ini adalah produktivitas daun kayu putih yang masih rendah dan cenderung menurun. Produktivitas daun kayu putih di BKPH Sukun, KPH Madiun masih rendah (1,83 ton/ha/tahun) dan derajat kesempurnaan tegakan (Dkn) antara 0,21-0,81. Pada kondisi normal, produksi biomassa kayu putih rata-rata 5,2 ton/ha, tetapi saat ini dibawah 2 ton/ha (kasus di KPH Gundih). Penyebab menurunnya produksi tersebut diduga karena terdegradasinya lahan akibat erosi tanah.

Erosi tanah berubah menjadi bahaya jika prosesnya berlangsung lebih cepat dari laju pembentukan tanah. Erosi yang mengalami percepatan secara berangsur akan menipiskan tanah, bahkan menyingkap bahan induk tanah ke permukaan tanah. Erosi semacam ini akan merusak lahan daerah hulu yang terkena erosi langsung dan berbahaya bagi daerah hilir. Penerapan konservasi tanah dan air diharapkan dapat menanggulangi erosi, menyediakan air dan meningkatkan kandungan hara dalam tanah.

B. PERUMUSAN MASALAH

Produktivitas lahan menurun dapat disebabkan karena degradasi tanah. Degradasi lahan dapat disebabkan oleh erosi tanah dan pengurasan hara melalui pemanenan tegakan tanpa pengembalian hara yang memadai. Erosi dapat mempercepat tanah menjadi kritis, sehingga erosi merupakan permasalahan yang harus diperhatikan pengelolaan sumber daya hutan. Tingginya tingkat erosi dapat disebabkan oleh pengolahan lahan yang tidak memperhatikan kaidah konservasi tanah. Upaya untuk memperbaiki produktivitas lahan dengan penerapan konservasi tanah & air dan pemupukan.

C. TUJUAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui praktik konservasi tanah yang tepat pada hutan tanaman kayu putih.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian adalah petak 34 RPH Sukun, BKPH Sukun, KPH Madiun, Perum Perhutani Unit II Jawa Timur. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari – April 2011.

B. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan diantaranya adalah peta kerja, meteran, ombrometer, petak erosi 22 m x 8 m, kolektor, cangkul, dan alat tulis.

C. Metode

Perlakuan dalam penelitian ini adalah tanpa perlakuan tanpa teras (kontrol), konservasi dengan tanaman sela, dan konservasi dengan teras.

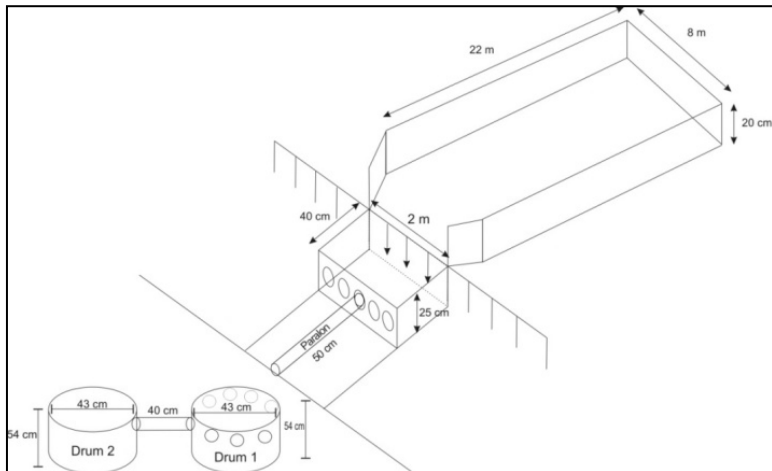
Penempatan petak erosi dengan ukuran 22 x 8 m yang dihubungkan dengan kolektor dan pemasangan ombrometer untuk menghitung curah hujan.

Jumlah aliran permukaan dan erosi dari plot erosi diukur dengan cara : Mengukur tinggi air di bak A dan 2 (dua) drum (Bak B dan C) menggunakan penggaris untuk mengetahui volume aliran permukaan; Mengaduk air dan tanah yang berada di dalam ke-3 bak penampung (Bak A, B, dan C) secara merata, dan mengambil contoh larutan masing-masing ± 600 ml.

Mengendapkan contoh larutan selama 24 jam. Endapan sedimen dipisahkan dari air dengan kertas saring. Kertas saring ditimbang

untuk mengetahui berat awal. Endapan sedimen yang di kertas saring dioven selama 24 jam pada suhu 105°C.

Setelah dioven-kering, kemudian ditimbang berat sedimennya.



Gambar 1. Skema plot dan bak ukur erosi dan aliran permukaan

Besarnya Aliran Permukaan dan Tingkat Erosi menggunakan Metode Bak Erosi (ton/ha) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

1. Aliran Permukaan

$$V_{plot-i} = \frac{VA_i + n(VB_i) + n(VC_i)}{1000 A}$$

dimana :

$$VA_i = P \times L \times T \qquad VC_i = \frac{1}{4} \pi \times r^2 \times t$$

Keterangan :

V_{plot-i} = Volume aliran permukaan (m^3/ha) dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

VA_i = Volume Bak A dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

VB_i = Volume Bak B dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

VC_i = Volume Bak C dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

A = Luas Plot Pengamatan Erosi

n = Jumlah lubang pembuangan air dari bak B dan drum penampung 1

i = Perlakuan

2. Perhitungan Erosi

Besarnya erosi tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$E_{plot-i} = \frac{(VA_i \times CA_i) + (n(VB_i \times CB_i)) + (n(VC_i \times CC_i))}{1000000 A}$$

dimana : $CA_i = \frac{G \text{ (gram)}}{V \text{ (m}^3\text{)}}$ $CB_i = \frac{G \text{ (gram)}}{V \text{ (m}^3\text{)}}$ $CC_i = \frac{G \text{ (gram)}}{V \text{ (m}^3\text{)}}$

Keterangan :

E_{plot-i} = Volume aliran permukaan (m^3/ha) dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

CA_i = Konsentrasi sedimen Bak A dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

CB_i = Konsentrasi sedimen Bak B dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

CC_i = Konsentrasi sedimen Bak C dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

VA_i = Volume Bak A dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

VB_i = Volume Bak B dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

VC_i = Volume Bak C dari jenis tindakan konservasi tanah ke-i

n = Jumlah lubang pembuangan air dari bak B dan drum penampung 1

A = Luas Plot Pengamatan Erosi;

i = Perlakuan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Aliran permukaan dan erosi hasil pengukuran

Limpasan permukaan adalah bagian curah hujan yang tidak terinfiltrasi dan hilang serta mengalir di atas permukaan tanah. Curah hujan bulan Nopember – Februari 2011 di lokasi penelitian antara 0.5–71.69 mm/hari. Curah hujan di lokasi pengamatan tidak berbeda dengan curah hujan di Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, maka untuk mendapatkan hujan satu tahun diduga dengan menggunakan data curah hujan di Kecamatan Pulung. Curah hujan bulan Maret 2010 s/d

Februari 2011 adalah 3,584.2 mm/tahun. Hasil pengamatan aliran permukaan selama 44 hari kejadian hujan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Aliran permukaan pada beberapa perlakuan konservasi tanah dan air

Plot	Aliran Permukaan (m ³ /ha)				
	Min	Max	Rata-rata	Sd	Jumlah
1	0.077	353.994	41.941	77.623	1384.071
2	0.077	409.887	82.341	129.142	2799.582
3	0.077	453.361	87.388	139.926	2971.221

Ket.: Plot 1 : hutan tanaman kayu putih dengan menggunakan teras gulud dan tumpangsari jagung.

Plot 2 : hutan tanaman kayu putih dengan menggunakan tanaman sela dan tumpangsari jagung.

Plot 3: hutan tanaman kayu putih tanpa teras/sela, tumpangsari kacang tanah dan kedelai.

Aliran permukaan merupakan hasil dari hujan yang tidak terinfiltrasi ke dalam tanah. Aliran permukaan pada plot3> plot 2 > plot 1. Pada plot 1 dengan konservasi tanah dengan teras gulud dan tumpangsari jagung. Hal ini juga terlihat pada erosi yang dihasilkan pada plot 1 menghasilkan nilai erosi yang paling kecil.

Tabel 2. Erosi tanah pada beberapa perlakuan konservasi tanah dan air

Plot	Erosi (ton/ha)				
	Min	Max	Rata-rata	Sd	Jumlah
1	0.0001	0.5354	0.0389	0.0170	1.2843
2	0.0003	0.4526	0.0534	0.1038	1.8167
3	0.0001	1.6236	0.1834	0.3859	6.2352

Aliran permukaan dan erosi tanah pada plot 3 berbeda dengan plot 1 dan plot 2. Perubahan variasi hujan menjadi aliran permukaan dari ketiga perlakuan tidak berbeda nyata, namun dari segi jumlah berbeda. Penggunaan lahan untuk tanaman kayu putih dengan tumpangsari kacang dan kedelai (plot 3) memiliki nilai laju aliran

permukaan dan erosi yang terbesar. Kacang tanah dan kedelai kurang mampu mengendalikan kecepatan/energi kinetik hujan, sehingga meningkatkan laju aliran permukaan.

Hutan kayu putih menggunakan teras gulud dan tumpangsari jagung (plot 1) memiliki aliran permukaan dan erosi tanah paling kecil. Tanaman jagung yang rapat dan tinggi mengurangi energi kinetik air hujan yang jatuh ke tanah, sehingga mengurangi juga erosi tanah. Teras gulud dapat memperlambat aliran permukaan dan meningkatkan proses infiltrasi serta pengendapan muatan suspensi yang terbawa oleh aliran permukaan. Penanaman tanaman selapada tanaman kayu putih dan tumpangsari jagung (plot 2) juga dapat menurunkan laju aliran permukaan dan erosi. Namun karena tanaman sela yang masih kecil, sehingga belum efektif dalam menurunkan laju aliran permukaan.



Gambar 3. Plot perlakuan tanaman sela dengan tanaman tumpangsari jagung serta plot perlakuan teras gulud dengan tanaman tumpangsari jagung.

Perbandingan aliran permukaan di plot 1, plot 2, plot 3 adalah 0.47 : 0.94 : 1 dan erosi permukaan adalah 0.21 : 0.29 : 1. Erosi yang terjadi di suatu lahan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah aliran permukaan yang disebabkan oleh kapasitas infiltrasi yang sudah tidak memadai untuk menyimpan air. Selanjutnya aliran air tersebut berubah menjadi aliran permukaan. Peningkatan volume dan kecepatan aliran permukaan akan berpengaruh terhadap kapasitas

transportasi aliran permukaan untuk membawa bahan-bahan tanah yang pada akhirnya akan meningkatkan erosi permukaan.



Gambar 2. Plot perlakuan control (tanpa teras & tumpangsari kacang tanah dan kedelai)

B. Hubungan curah hujan dengan aliran permukaan dan erosi

Untuk mengetahui aliran permukaan dan erosi yang terjadi sepanjang tahun maka dibuat persamaan hubungan antara curah hujan dengan aliran permukaan dan erosi tanah.

Tabel 3. Persamaan regresi untuk pendugaan aliran permukaan &erosi berdasarkan curah hujan.

Plot	Model persamaan	R ²	F Hit	F tabel
1	Ap = -11.845 + 0.7355H + 0.0608H ²	95.8	346.82	3.30
	Ep = 0.0315 – 0.0043H + (1E-4) H ²	84.9	84.66	
2	Ap = 82.369 + 9.4688 H – 0.0322 H ²	84.1	81.84	3.30
	Ep = - 0.0127 + 0.0001 H + (8E-5) H ²	82.1	71.24	
3	Ap = - 81.864 + 9.2309 H - 0.0175 H ²	85.0	87.81	3.30
	Ep = - 0.0381 + 0.0032 H + (3E-4) H ²	67.5	32.22	

Keterangan : Ap = Aliran Permukaan, Ep = Erosi Permukaan

Koefisien determinasi pada setiap persamaan relatif besar, sehingga terdapat hubungan antara curah hujan dengan aliran permukaan dan erosi. Secara umum lebih dari 67% aliran permukaan dan erosi dipengaruhi oleh curah hujan. Perbedaan nilai koefisien determinasi setiap model persamaan karena kejadian hujan bersifat acak terhadap kondisi parameter lain yang mempengaruhi laju aliran permukaan. Jumlah hujan bukan satu-satunya parameter yang menyebabkan aliran permukaan dan erosi. Parameter tersebut diantaranya adalah, permeabilitas tanah, pertumbuhan tanaman, dan pengolahan tanah.

C. Pendugaan aliran permukaan dan erosi selama setahun

Hasil pendugaan aliran permukaan dan erosi dalam setahun dapat didekati dengan 2 metode yaitu pendekatan jumlah hari hujan dan regresi.

Tabel 4. Pendugaan limpasan permukaan dan erosi tanah

Plot	Pendugaan dengan rasio jumlah hari hujan		Pendugaan dengan persamaan regresi	
	Ap (m ³ /ha/th)	Ep (ton/ha/th)	Ap (m ³ /ha/th)	Ep (ton/ha/th)
1	6353.02	5.87	8269.77	7.43
2	12850.16	8.34	16291.23	10.59
3	13637.85	28.62	17370.97	36.03

Keterangan : Ap = Aliran Permukaan, Ep = Erosi Permukaan

Pendugaan dengan rasio jumlah hari hujan menghasilkan nilai aliran permukaan dan erosi yang lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan persamaan regresi. Hasil pendugaan dengan persamaan regresi memiliki ketepatan yang lebih baik. Hal ini dikarenakan penggunaan curah hujan selama satu tahun. Pendugaan dengan rasio jumlah hari hujan tersebut cenderung *underestimate*.

D. Tingkat bahaya erosi

Besarnya nilai erosi yang terjadi selama setahun berdasarkan kriteria tingkat bahaya erosi Departemen Kehutanan (1986) dan pengukuran solum tanah, yaitu 90 cm maka tingkat bahaya erosi pada plot 1 dan 2 termasuk ringan, sedangkan pada plot 3 termasuk sedang. Kedalaman

solum tanah sangat berperan dalam penentuan tingkat bahaya erosi. Semakin dangkal tebal solum tanah, maka areal tersebut lebih rentan terhadap erosi.

Tabel 5. Tingkat bahaya erosi berdasarkan tebal solum tanah dan laju erosi.

Tebal solum (cm)	Erosi Maksimum (ton/ha/th)				
	< 15	15 - 60	60 - 180	180 - 480	> 480
> 90	SR	R	S	B	SB
60 – 90	R	S	B	SB	SB
30 – 60	S	B	SB	SB	SB
< 30	B	SB	SB	SB	SB

Keterangan : SR = Sangat Ringan, R = Ringan, S = Sedang, B = Berat, SB = Sangat Berat

IV. KESIMPULAN

1. Hutan kayu putih dengan teras gulud & tumpangsari jagung (plot 1) dan penanaman tanaman sela/kemlandingan & tumpangsari jagung (plot 2) lebih baik dibandingkan tanpa konservasi dan tumpangsari kacang tanah & kedelai (plot 3).
2. Pembuatan teras gulud dan tumpangsari jagung pada hutan kayu putih dapat menurunkan laju aliran permukaan sebesar 53,42% dan erosi tanah sebesar 79,50 % dibanding tanpa konservasi tanah (kontrol).
3. Tingkat bahaya erosi pada hutan tanaman kayu putih tanpa perlakuan konservasi tanah dan tumpangsari kedelai (plot 3) termasuk kategori sedang, pada lahan dengankonservasi tanah dengan teras gulud& tumpangsari jagung (plot 1) dan hutan kayu putih dengan tanaman sela &tumpangsari jagung (plot 2) termasuk ringan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimous, 1996. Pengaruh Hutan Pinus terhadap Tata Air dan Tanah. Kerjasama Perum Perhutani dengan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada

- Anonimous, 2000. Infiltrasi dan Erosi pada Lahan Tumpangsari *Pinus merkusii* Jungh et de vriese umur 1-2 tahun di KPH Banyumas Timur. Universitas Gadjah Mada
- Anonimous, 2000. Studi Pengaruh Hutan Jati terhadap Erosi dan Tata Air. Kerjasama Perum Perhutani dengan BTPDAS Surakarta.
- Baver, L.D. , W.H. Gardner and W.R. Gardner. 1972. *Soil Physics*. John Willey and Sons. Inc, New York. 489 p.
- BP2TPDAS IBB, 2002. Pedomon Praktik Konservasi Tanah dan Air. Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengembangan Daerah Aliran Sungai Indonesia Bagian Barat. Surakarta
- Foth, H.D., 1995. *Dasar-dasar Ilmu Tanah. (Fundamentals of Soil Science)*. GadjahMada Univesity Press. Yogyakarta.
- Harsono, 1995. *Hand Out Erosi dan Sedimentasi*. Program Pasca SarjanaUGM. Yogyakarta.
- Hamilton, L.S. dan P.N.King, 1997. *Daerah Aliran Sungai Hutan Tropika (TropicalForestedWatersheds)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Lal, R. and D. J. Greenland.1979. *Soil Phisical Properties and Crop Production in The Tropics*. 551 p.
- Priyono, C.N.S, 1997. *Petunjuk Teknis Pengukuran Erosi di Lahan Pertanian*. BTPDAS. Surakarta.
- Soedjoko, S.A. dan Suryatmojo, H. 2005. *Pengaruh Hutan*. Fakuktas Kehutanan Universitas Gadjah MadaYogyakarta.

**EROSI TANAH DI BAWAH TEGAKAN JENIS MELALEUCA CAJUPUTI DAN
ACACIA AURICULIFORMIS
DI DAS OPAK OYO DAN IMPLIKASI PEMULIAAN DI MASA DATANG¹**

Oleh :

Mudji Susanto, Mashudi dan Liliana Baskorowati

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan-Yogyakarta

ABSTRAK

Jenis *Melaleuca cajuputi* dan *Acacia auriculiformis* tumbuh mendominasi di Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Opak Oyo. Jenis tersebut ditanam untuk penghijauan atau rehabilitasi lahan kritis di DAS tersebut. Untuk mengetahui seberapa besar potensi kedua jenis tersebut dalam mengurangi laju erosi, maka dilakukan penelitian besarnya erosi dan aliran permukaan di bawah kedua tegakan tersebut.

Metode yang diterapkan dalam mengukur besarnya erosi dan aliran permukaan menggunakan plot pengamatan di bawah kedua tegakan tersebut. Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan, dengan mengukur jumlah hujan, lolosan tajuk, aliran batang, intensitas hujan maksimum 30 menit, aliran permukaan dan erosi tanah. Data hasil pengamatan di analisa statistik dengan analisa varian.

Berdasarkan analisa statistik maka terdapat perbedaan yang signifikan besarnya erosi tanah dan aliran permukaan di bawah kedua tegakan tersebut. Erosi tanah setiap hektar dengan jumlah hujan yang sama, di bawah tegakan *M. cajuputi* adalah 1,44 kg/ha dan di bawah tegakan *A. auriculiformis* adalah 1,33 kg/ha. Aliran permukaan setiap hektar dengan jumlah hujan yang sama, di bawah tegakan *M. cajuputi* adalah 944,10 liter/ha dan di bawah tegakan *A. auriculiformis* adalah 310,66 liter/ha.

Perbedaan erosi tanah dan aliran permukaan yang terjadi di bawah kedua tegakan tersebut disebabkan oleh adanya karakter pohon-pohon kedua jenis tersebut, sehingga mempunyai lolosan tajuk maupun aliran batang yang berbeda-beda. Keadaan seperti tersebut, maka program pemuliaan jenis *M. cajuputi* dan *A. auriculiformis* di masa datang dapat dikaitkan dengan pengelolaan DAS terpadu agar dapat mengendalikan erosi dan banjir.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Program pemuliaan pohon di Indonesia diawali pada tahun 1980-an yang dimotori oleh Universitas Gadjah Mada. Rangkaian kegiatan pemuliaan pohon antara lain : seleksi jenis yang cocok dikembangkan di suatu lokasi tertentu; studi variasi genetik suatu jenis; seleksi pohon di dalam jenis; pengembangan hasil pemuliaan dan lain sebagainya.

Pada awal tahun 1990-an Balai Besar Penelitian Bioteknologi Pemuliaan Tanaman Hutan (B2PBPTH) bekerjasama dengan Japan International Cooperation Agency (JICA) dan CSIRO-Australia memulai menjalankan program pemuliaan pohon suatu jenis cepat tumbuh, antara lain: *Melaleuca cajuputi*; *Acacia auriculiformis*; *Falcataria moluccana*. Pemuliaan *M. cajuputi* ditujukan untuk meningkatkan produksi minyak kayu putih dengan memuliakan biomassa daun dan rendemen minyak. Pemuliaan *A. uriculiformis* maupun *F. moluccana* ditujukan untuk meningkatkan produksi kayu dengan meningkatkan riap volume kayu.

Sementara jenis-jenis tersebut tumbuh dan berkembang di Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta terutama di Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Opak Oyo. Permasalahan secara umum di DAS di Indonesia adalah banjir, produktivitas tanah berkurang, saluran irigasi, penggunaan tanah yang tidak tepat, dan pengendapan lumpur akibat erosi. Erosi tanah sangat penting diamati terutama yang berkaitan dengan jenis tanaman. Besarnya erosi tanah yang diakibatkan oleh aliran permukaan mempunyai hubungan dengan jenis vegetasi atau tanaman di lokasi tersebut. Erosi tanah dibawah tegakan yang berbeda perlu diadakan penelitian untuk menentukan jenis tanaman yang cocok untuk dikembangkan di suatu DAS tertentu beserta implikasi pemuliaan terhadap berbagai jenis tanaman.

II. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan dua desa yaitu desa Girirejo, Kecamatan Imogiri dan Desa Mangunan, Kecamatan Dlingo, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta. Secara geografis terletak antara 7°25'11" LS sampai 7°56'05" LS dan 110°24'07" BT sampai 110°25'11" BT. Penelitian ini mempunyai luas total 158,96 hektar. Ketinggian tempat penelitian antara 70 sampai dengan 290 meter di atas permukaan laut.

Kelerengan antara 30% sampai dengan 80%. Jenis tanah berupa latosol merah dan coklat dengan kedalaman antara 30 cm sampai dengan 90 cm. Curah hujan rata-rata kurang lebih 2.000 mm setiap tahun.

Plot penelitian dipilih pada tegakan *M. cajuputi* dan *A. auriculiformis*. Kedua tegakan tersebut letaknya berjarak kurang lebih 500 meter.

Plot Tegakan *M. cajuputi*

Tegakan *M. cajuputi* mempunyai luas kurang lebih 2 hektar dengan umur 9 tahun. Jarak tanam tegakan *M. cajuputi* adalah 2 X 3 m. Tinggi pohon rata-rata 6 m, diameter batang rata-rata 15 cm, dan diameter tajuk rata-rata 2 m. Plot pengukuran erosi tanah dan aliran permukaan adalah 22,1 x 4 m.

Plot tegakan *A. auriculiformis*

Tegakan *A. auriculiformis* mempunyai luas kurang lebih 2 hektar dengan umur 20 tahun. Jarak tanam tegakan kayu putih 6 X 6 m. Tinggi pohon rata-rata 8 m, diameter batang rata-rata 30 cm, dan diameter tajuk rata-rata 5 m. Plot pengukuran erosi tanah dan aliran permukaan adalah 22,1 x 4 m.

Pengukuran

Di bawah kedua tegakan tersebut dilakukan pengukuran setiap hari selama 3 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan Maret. Pengukuran di bawah kedua tegakan tersebut meliputi: lama hujan, jumlah hujan, intensitas hujan maksimum 30 menit, lolosan tajuk (*throughfall*), aliran batang (*stemflow*), aliran permukaan (*runoff*), dan erosi tanah.

Analisis statistik

Analisa Varian

Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap lolosan tajuk, aliran batang, aliran permukaan dan erosi tanah maka dilakukan analisa varian, dengan model sebagai berikut:

$$Y_{ijkl} = \mu + J_i + H_j + L_k + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} : pengukuran (lolosan tajuk, aliran batang, aliran permukaan dan erosi tanah) ke l , lama hujan ke k , jumlah hujan ke j , jenis tegakan ke i

μ : rerata umum

J_i : pengaruh jenis tegakan ke i

H_j : pengaruh jumlah hujan ke j
 L_k : pengaruh pengaruh lama hujan ke k
 e_{ijkl} : sisa (error)

Korelasi antar sifat

Untuk mengetahui hubungan antar sifat maka dilakukan analisa korelasi antar sifat dengan formula sebagai berikut:

$$r = \frac{\text{cov}(xy)}{[\sigma^2(x) \cdot \sigma^2(y)]^{1/2}}$$

Keterangan :

r = koefisien korelasi antar sifat x dan y
 $\text{cov}(xy)$ = komponen kovarians dua sifat (x dan y)
 $\sigma^2(x)$ = komponen varians untuk sifat (x)
 $\sigma^2(y)$ = komponen varians untuk sifat (y)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Erosi tanah di bawah tegakan *M. cajuputi* dan *A. auriculiformis*

Hasil pengukuran selama tiga bulan di bawah tegakan *M. cajuputi* dan *A. auriculiformis* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata hasil pengukuran di bawah tegakan *M. cajuputi* dan *A. auriculiformis*

Rerata	<i>M. cajuputi</i>	<i>A. auriculiformis</i>
Lama hujan (menit)	162,98	162,98
Jumlah hujan (mm)	19,32	19,32
Lolosan tajuk (mm)	14,7	15,66
Aliran batang (mm)	4,79	2,42
Aliran permukaan (liter/ha)	944,10	310,66
Erosi tanah (kg/ha)	1,44	1,33
Kadaar erosi tanah per liter air (gr/liter)	1,53	4,28

Berdasarkan hasil pengukuran dengan rerata lama hujan dan jumlah hujan yang sama, terlihat adanya perbedaan untuk lolosan tajuk, aliran

batang, aliran permukaan per hektar, erosi tanah perhektar dan erosi tanah per liter air. *A. auriculiformis* mempunyai lolosan tajuk yang lebih besar dibandingkan dengan *M. cajuputi*, hal tersebut disebabkan oleh daun yang berbeda di kedua jenis tersebut. Daun *A. auriculiformis* lebih lebar dan lebih tebal, sehingga daun tersebut akan lebih banyak mengumpulkan tetesan air yang jatuh.

Besarnya aliran batang di kedua jenis tanaman tersebut juga menunjukkan perbedaan. Aliran batang di pohon *M. cajuputi* lebih besar dibandingkan dengan aliran batang di pohon *A. auriculiformis*. Perbedaan aliran batang tersebut disebabkan oleh bentuk tajuk dan batang kedua jenis tersebut berbeda. *M. cajuputi* mempunyai tajuk berbentuk kerucut dengan batang lurus, menyebabkan air hujan yang jatuh di pohon tersebut akan terkumpul dan dialirkan melalui ranting-ranting/cabang-cabang kearah batang, sedangkan *A. auriculiformis* mempunyai bentuk tajuk yang bulat dengan batang berbengkok-bengkok, sehingga air yang terkumpul lebih sedikit dialirkan ke batang.

Aliran permukaan tanah pada saat terjadi hujan di kedua tegakan tersebut menunjukkan angka yang berbeda. Aliran permukaan di bawah tegakan *M. cajuputi* lebih besar jika dibandingkan dengan aliran permukaan di bawah tegakan *A. auriculiformis*. Kedua jenis tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap terjadinya aliran permukaan.

Besarnya erosi tanah yang terjadi di bawah kedua tegakan tersebut sangat ditentukan oleh masing-masing jenis tanaman tersebut. Kadar erosi tanah di bawah tegakan *M. cajuputi* lebih rendah dibandingkan dengan kadar erosi tanah di bawah tegakan *A. auriculiformis*.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka program reboisasi menggunakan kedua jenis tersebut di Sub Das Opak Oyo mempunyai dampak terhadap pengurangan aliran permukaan atau limpasan air dan erosi tanah. Hal tersebut seperti yang telah disampaikan oleh Pusposutardjo (1984) bahwa program reboisasi merupakan contoh metode vegetatif untuk mengendalikan daur air dengan mengurangi

air di dalam tanah melalui proses evapotranspirasi dan pemakaian air konsumtif.

Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa aliran permukaan dan erosi tanah tergolong kecil, sehingga jenis tanaman *M. cajuputi* dan *A. auriculiformis* dapat sebagai penghalang untuk sampainya air ke tanah lewat proses intersepsi. Jenis tersebut juga sebagai pendorong ke arah perbaikan kemampun watak fisik tanah untuk memasukkan air lewat sistem perakaran, penambahan organik, ataupun kenaikan proses biologis di dalam tanah.

Hasil analisis varian faktor-faktor penyebab erosi disajikan pada Tabel 2 dan korelasi antar sifat yang diukur disajikan di pada Tabel 3.

Tabel 2. Analisis varian faktor-faktor penyebab erosi

Sumber variasi	db	Rerata kuadrat (Mean of Square)
Lolosan Tajuk		
Jenis tanaman	1	25,38 (**
Lama hujan	28	384,93(**
Jumlah hujan	14	655,99(**
Error	42	2,75
Aliran batang		
Jenis tanaman	1	120,00(**
Lama hujan	28	25,459**
Jumlah hujan	14	7,56
Error	42	7,45
Aliran permukaan		
Jenis tanaman	1	4183135064,60(*
Lama hujan	28	4361258687,00(**
Jumlah hujan	14	4351016363,20(**
Error	42	7884,9550,40
Kadar erosi tanah		
Jenis tanaman	1	26,82(*
Lama hujan	28	14,31(**
Jumlah hujan	14	26,34(**
Error	42	5,49

Keterangan:

(* : signifikan pada level $\leq 5\%$

(** : signifikan pada level $\leq 1\%$

Berdasarkan hasil analisis varian pada Tabel 2 tersebut, maka perbedaan jenis tanaman, lama hujan, dan jumlah hujan signifikan terhadap besarnya variasi lolosan tajuk, aliran batang, aliran permukaan dan kadar erosi tanah pada aliran permukaan tanah. Namun perbedaan jumlah hujan tidak signifikan terhadap variasi aliran batang di kedua jenis tersebut. Perbedaan erosi tanah yang disebabkan oleh perbedaan jenis tanaman di penelitian tersebut sesuai dengan hasil kajian maupun penelitian yang telah dilaksanakan oleh beberapa peneliti. Rahim (2003) melaporkan adanya perbedaan nilai faktor tanaman penutup tanah yang berpengaruh terhadap erosi tanah pada jenis-jenis tanaman. Arsyad (2006) jenis tanaman sangat berpengaruh terhadap erosi dan aliran permukaan tanah karena jenis tanah berpengaruh terhadap penutupan tanah dan produksi bahan organik. Sucandra (2009) telah melakukan kajian tingkat bahaya erosi di sub DAS Lau Biang, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara dengan kesimpulan bahwa salah satu prediksi erosi dipengaruhi faktor tanaman.

Tabel 3. Korelasi antar sifat di tegakan *M. cajuputi* (di atas diagonal) dan *A. auriculiformis* (di bawah diagonal)

	TF	SF	RO	ER
TF		0,33	0,89	0,90
SF	0,68		0,25	0,16
RO	0,68	0,61		0,98
ER	0,65	0,44	0,73	

Keterangan :

TF = lolosan tajuk
 SF = aliran batang
 RO = aliran permukaan
 ER = erosi tanah

Hasil analisis korelasi pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa lolosan tajuk pada tegakan *M. cajuputi* mempunyai korelasi yang positif dan kuat terhadap besarnya aliran permukaan dan besarnya erosi tanah, sehingga semakin besar lolosan tajuk maka aliran permukaan dan erosi tanah akan semakin besar. Sedangkan aliran batang pada pohon *M. cajuputi* tidak mempunyai korelasi terhadap aliran permukaan maupun erosi tanah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa aliran batang pada

tanaman *M. cajuputi* tidak mempengaruhi besar kecilnya erosi tanah maupun aliran batang.

Lolosan tajuk dan aliran batang pada *A. auriculiformis* memperlihatkan korelasi positif yang agak kuat terhadap aliran permukaan dan erosi tanah, sehingga dengan semakin besarnya lolosan tajuk dan aliran batang pada *A. auriculiformis*, maka akan meningkatkan aliran permukaan dan erosi tanah.

Pengaruh lolosan tajuk terhadap erosi dan aliran permukaan pada kedua jenis tersebut, mempunyai efek terhadap terjadinya percikan tanah di lantai kedua tegakan tersebut. Percikan tanah menyebabkan lepasnya tanah-tanah dilantai hutan, sehingga meningkatkan erosi tanah. Lolosan tajuk tersebut tidak banyak diserap oleh tanah, sehingga akan meningkatkan aliran permukaan. Erosi tanahdibarengi dengan aliran permukaan menyebabkan terjadinya pencampuran antara air dengan tanah, sehingga kadar erosi dalam air permukaan dapat diukur. Kadar erosi tanah pada kedua jenis terbut terlihat berbeda, kadar erosi tanah di bawah tegakan *A. auriculiformis* hamper 3 kali kadar erosi tanah di bawah tegakan *M. cajuputi*. Namun besarnya aliran permukaan di bawah *M. cajuputi* 3 kali besarnya aliran permukaan di bawah *A. auriculiformis*.

Aliran permukaan di bawah kedua tegakan tersebut mempunyai korelasi positif, sehingga dengan semakin besarnya aliran permukaan, maka erosi yang terjadi akan semakin besar. Hal tersebut karena air aliran permukaan mengandung kadar erosi tertentu, sehingga jumlah erosi di kedua tegakan tersebut tergantung dari jumlah aliran permukaan yang terjadi.

Implikasi Pemuliaan terhadap Erosi Tanah dan Aliran permukaan

Perbedaan besarnya liran permukaan dan erosi tanah yang disebabkan oleh jenis *M. cajuputi* dan *A. auriculiformis* di Sub DAS Opak Oyo tersebut mempunyai implikasi terhadap pemuliaan pada jenis-jenis tanaman di masa datang.

- **Uji jenis penutupan lahan**

Antar jenis tanaman (vegetasi) mempunyai karakteristik yang berbeda-beda yang disebabkan oleh genetik yang berbeda-beda. Pada pemuliaan tanaman, uji jenis merupakan tahap awal untuk memilih jenis yang cocok untuk suatu daerah tertentu. Jika dihadapkan dengan pengelolaan DAS untuk mengurangi aliran permukaan atau banjir dan erosi tanah, maka pemilihan jenis yang cocok di tanam pada suatu DAS tertentu, harus jenis yang mampu mengurangi aliran permukaan maupun erosi tanah. Jenis tanaman yang mempunyai kemampuan mengurangi aliran permukaan dan erosi tanah, tidak akan dipilih satu jenis tanaman, karena antar jenis tanaman mempunyai hubungan yang saling menguntungkan maupun merugikan. Jenis tanaman pokok yang akan dikembangkan untuk meningkatkan produktifitas kayu maupun buah tentunya dalam pola tanamnya akan menggunakan sistem tumpangsari. Sistem tumpangsari harus dipilih tanaman bawah yang mempunyai kemampuan mengurangi aliran permukaan maupun erosi tanah.

- **Uji genetik yang terpadu dengan pengelolaan DAS**

Uji genetik yang dilakukan pada program pemuliaan pohon hutan selama ini masih sebatas mendapatkan bibit unggul untuk produktivitas hutan tanaman melalui peningkatan riap volume pohon. Program pemuliaan pohon di dunia ini belum menyentuh program pengelolaan DAS, sehingga belum menuju ke arah perbaikan lingkungan.

Jika dikaitkan dengan hasil penelitian di bawah tegakan *M. cajuputi* dan *A. auriculiformis* yang menunjukkan adanya perbedaan besarnya erosi dan aliran permukaan yang berhubungan dengan lolosan tajuk dan aliran batang, maka program pemuliaan pengurangan aliran permukaan dan erosi tanah pada jenis-jenis tersebut maupun jenis-jenis lainnya dapat dilakukan. Dasar pemuliaan pohon pada jenis-jenis tanaman untuk mengurangi aliran permukaan dan erosi adalah adanya keragaman antar individu pohon atau tanaman di dalam satu jenis tanaman yang mempunyai kemampuan mengurangi erosi tanah dan aliran permukaan. Di dalam tegakan jenis *M. cajuputi* maupun *A.*

auriculiformis yang terdiri dari banyak pohon, dapat dipastikan antar individu pohon tersebut mempunyai keragaman kemampuan mengurangi erosi tanah dan aliran permukaan dengan ditunjukkan adanya lolosan tajuk dan aliran batang yang berbeda-beda antar individu pohon. Hal tersebut sesuai dengan Zobel dan Talbert (1991) yang telah banyak membahas mengenai adanya keragaman genetik antar individu pohon dalam satu jenis yang menjadi dasar untuk melakukan pemuliaan pohon.

Program pemuliaan pohon yang mengaitkan peningkatan kemampuan mengurangi erosi dan aliran permukaan, maka hasil program pemuliaan tersebut dapat membantu dalam pengelolaan DAS untuk menanggulangi bahaya banjir dan erosi tanah.

- **Rancangan (desain) uji tanaman**

Rancangan uji tanaman, baik uji jenis maupun uji genetik disesuaikan dengan lingkungan ataupun topografi DAS. Topografi DAS penuh dengan topografi dengan kemiringan bervariasi mulai dari curam sampai landai. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam penyusunan rancangan uji tanaman di DAS antara lain:

- Jenis pohon
- Vegetasi penutupan lahan
- Seresah di lahan DAS
- Topografi
- Selokan atau parit sebagai sarana aliran air
- Sumber air
- Jenis tanah maupun sifat fisik tanah.
- Pola tanam pertanian

Rancangan uji genetik maupun uji keturunan/uji jenis dari berbagai kondisi lingkungan telah dibahas secara lengkap dan rinci oleh Williams *et. al.* (2002).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Ibu Ir. Sri Astuti Soedjoko , Dosen Universitas Gadjah Mada yang mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2006. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press.
- Pusposutardjo, S. 1984. Peranan Hutan Sebagai pengendali Daur Air. Seminar Ilmiah Program Pendidikan Pasca Sardjana, Fakultas Kehutanaan, UGM, Yogyakarta.
- Rahim, s.E. 2003. Pengendalian Erosi Tanah dalam Rangka pelestariaan Lingkungan Hidup. Bumi Aksara, Jakarta.
- Sucandra. 2009. Kajian Tingkat Bahaya erosi (TBE) pada Penggunaan Lahan Tanaman Pangan (Jagung) di SUB DAS LAU BIAN (Kawasan Hulu dan Wampu). Skripsi Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Williams, E.R., Matheson, A.C.and Harwood, C.E., 2002, Experimental Design and Analysis for Tree Improvement. CSIRO, Australia.
- Zobel, B. and Talber, J. 1991. Applied Forest Tree Improvement. North Carolina State University. John Wiley & Sons Inc.

**KERAGAMAN MAKROFAUNA TANAH PADA POLA AGROFORESTRI
BERBASIS MAHONI DI KABUPATEN TANAH LAUT KALIMANTAN
SELATAN (STUDI KASUS DI DESA RANGGANG KECAMATAN
TAKISUNG)¹**

Oleh :

Wawan Halwany^a, Adnan Ardhana^a, Ahmad Ali Musthofa^a, dan
Manaon AMS^a

^aBalai Penelitian Kehutanan Banjarbaru, wawanh73@gmail.com,
Jl. A. Yani km 28,7 Guntung Payung-Landasan Ulin Banjarbaru Kalimantan Selatan

ABSTRAK

Agroforestri diyakini banyak pihak mampu memperbaiki kondisi biofisik lahan serta memberi manfaat ekonomi bagi pelakunya melalui pengelolaan lahan dengan kombinasi berbagi jenis tanaman. Agroforestri sebagai suatu sistem pengelolaan lahan dengan berasaskan kelestarian, yang meningkatkan hasil lahan secara keseluruhan, mengkombinasikan produksi tanaman pertanian dan tanaman hutan dan/atau hewan secara bersamaan atau berurutan pada unit lahan yang sama, dan menerapkan cara-cara pengelolaan yang sesuai dengan kebudayaan penduduk setempat dengan memperhatikan kearifan lokal, dapat menjadi salah satu alternatif dalam pengelolaan lingkungan. Asas kelestarian yang terkandung dalam agroforestri menunjukkan pentingnya menjaga keseimbangan antara manusia dengan lingkungannya sehingga perlu dilakukan upaya pengelolaan lingkungan yang baik untuk mendukung kehidupan manusia.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kondisi kelimpahan dan keragaman makrofauna tanah pada pola tanam Agroforestri berbasis mahoni. Lingkup kegiatan ini adalah pengamatan pada pola tanam mahoni berupa tegakan mahoni murni, tegakan mahoni campuran dengan durian, kemiri dan pada tegakan mahoni dengan rumput gajah. Pada tegakan tersebut diamati kelimpahan fauna tanah, dimensi pohon tegakan, kondisi iklim mikro dan kelimpahan fauna tanah. Pada ketiga model pola tanam tersebut dibuat plot dengan ukuran 25x25 m. Pada masing-masing plot dibuat titik pengamatan secara sistematis sebanyak tiga titik pengambilan tanah dengan ukuran 25x25x20 cm. Pada pengambilan tanah diamati keberadaan fauna tanah yang ditemukan.

Hasil penelitian menunjukkan makrofauna tanah pada pola tanam mahoni murni keanekaragaman makrofauna tanah 1,96; mahoni rumput indeks keanekaragamannya 1,82; mahoni durian dan kemiri indeks keanekaragamannya 1,59; dan pada lahan kosong indeks keragamannya 2,05. Jenis fauna tanah yang banyak ditemukan diantaranya adalah kutu kayu (isopoda), kelabang (chilapoda), dan rayap (isoptera). Dari data tersebut terlihat indeks keanekaragaman fauna tanah tertinggi pada lahan kosong dan terendah pada pola tanam mahoni+durian dan kemiri. Kesimpulannya pada pola tanam mahoni memiliki indeks keanekaragaman yang berbeda.

Kata kunci: agroforestri, mahoni, makrofauna tanah

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Berbagai upaya terus dilakukan baik itu dari segi kebijakan ataupun rekomendasi teknis demi menjaga hutan tetap lestari. Salah satu sistem yang kini tengah dikembangkan adalah sistem Agroforestri. Agroforestri adalah sistem usaha tani yang memadukan tanaman kehutanan dengan petanian pada sebidang lahan yang sama. Sebagian ahli juga mendefinisikan Agroforestri sebagai kombinasi tanaman kehutanan dengan pertanian/perkebunan dan peternakan pada satu lansekap. Meskipun sistem ini telah lama dipraktikkan, tetapi konsepnya tergolong baru dipopulerkan

Agroforestri diyakini banyak pihak mampu memperbaiki kondisi biofisik lahan serta memberi manfaat ekonomi bagi pelakunya melalui pengelolaan lahan dengan kombinasi berbagai jenis tanaman. Agroforestri sebagai suatu sistem pengelolaan lahan dengan berasaskan kelestarian, yang meningkatkan hasil lahan secara keseluruhan, mengkombinasikan produksi tanaman pertanian dan tanaman hutan dan/atau hewan secara bersamaan atau berurutan pada unit lahan yang sama, dan menerapkan cara-cara pengelolaan yang sesuai dengan kebudayaan penduduk setempat dengan memperhatikan kearifan lokal, dapat menjadi salah satu alternatif dalam pengelolaan lingkungan. Asas kelestarian yang terkandung dalam agroforestri menunjukkan pentingnya menjaga keseimbangan antara manusia dengan lingkungannya sehingga perlu dilakukan upaya pengelolaan lingkungan yang baik untuk mendukung kehidupan manusia.

Fauna tanah adalah fauna yang hidup di tanah, baik yang hidup di permukaan tanah maupun yang terdapat di dalam tanah (Suin,1997). Proses dekomposisi dalam tanah tidak akan mampu berjalan cepat bila tidak ditunjang oleh kegiatan makrofauna tanah. Keberadaan mesofauna tanah dalam tanah sangat tergantung pada ketersediaan energi dan sumber makanan untuk melangsungkan hidupnya, seperti bahan organik dan biomassa hidup yang semuanya berkaitan dengan aliran siklus karbon dalam tanah. Dengan ketersediaan energi dan hara bagi mesofauna tanah tersebut, maka perkembangan dan aktivitas

mesofauna tanah akan berlangsung baik dan timbal baliknya akan memberikan dampak positif bagi kesuburan tanah. Dalam sistem tanah, interaksi biota tanah tampaknya sulit dihindarkan karena biota tanah banyak terlibat dalam suatu jaring-jaring makanan dalam tanah (Arief, 2001).

Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah untuk mengetahui keragaman makrofauna tanah pada beberapa pola tanam agroforestri berbasis mahoni .

II. METODOLOGI

A. Bahan dan alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah meteran 30 m, pH meter, *hygrometer*, *lux meter*, *loupe*, *dinolite*, kamera, termometer, *talley sheet*, botol plastik (spesimen), kantung plastik, kertas label, dan alat tulis kantor. Bahan yang digunakan adalah penelitian ini adalah bahan pengawet meliputi cairan pengawet makrofauna tanah berupa alkohol, label, kantung plastik.

B. Prosedur Kerja

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data primer dan sekunder penunjang kegiatan penelitian. Data primer yang dikumpulkan dengan cara pengambilan sampel makrofauna tanah, pengambilan data dimensi tanaman pokok, pengukuran kondisi lingkungan. Pengambilan sampel tersebut pada petak dengan ukuran 25 x 25 m.

Untuk pengambilan makrofauna tanah dilakukan dengan cara Pengambilan contoh tanah (PCT) (Suhardjono *et al.*, 2012) masing-masing sebanyak lima sampel. Pengambilan contoh tanah dilakukan pada ukuran 25 x 25 x 20 cm. Selanjutnya dilakukan pemilahan makrofauna tanah. Makrofauna tanah yang ditemukan dimasukkan ke dalam botol sampel yang diberi alkohol 95%. Selanjutnya dilakukan identifikasi di laboratorium.

Pengambilan data dimensi tanaman pokok yang diamati adalah tinggi total, tinggi bebas cabang dan diameter. Pengukuran dimensi pohon dilakukan pada pohon dalam petak terpilih. Pengukuran diameter pohon diukur setinggi dada atau sekitar 1,3 m.

Pada saat pengumpulan hasil tangkapan, dilakukan pengukuran intensitas cahaya (%), suhu udara, suhu tanah, kelembaban udara, kelembaban tanah. Pengukuran suhu udara dilakukan dengan menggunakan termometer pada permukaan tanah, sedangkan untuk mengukur suhu tanah, dimasukkan termometer ke dalam tanah dengan cara membuat lubang dan termometer dimasukkan ke dalam lubang. Pengukuran dilakukan pada selang jam tertentu (misalkan jam 10.00-12.00).

C. Analisis data:

Keanekaragaman fauna tanah

Keanekaragaman fauna tanah dihitung dengan menggunakan indeks keragaman Shannon (1949) dalam Ludwig dan Reynolds (1988) dengan persamaan sebagai berikut:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left[\left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right]$$

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman Shannon Weaver (Ludwig dan Reynolds (1988)

n_i = jumlah individu dari suatu jenis i

N = Jumlah total individu seluruh jenis

Besarnya Indeks Keanekaragaman jenis menurut Shannon-Wiener didefinisikan sebagai berikut (Fachrul, 2007)

- Nilai $H' > 3$ menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies melimpah tinggi
- Nilai $1 \leq H' < 3$ menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies sedang melimpah

- c. Nilai $H' < 1$ menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies adalah sedikit atau rendah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Desa Ranggung

Desa Ranggung merupakan salah satu dari 12 desa/kelurahan di Kecamatan Takisung. Lokasi desa mudah diakses dari ibukota kabupaten dan memiliki infrastruktur jalan yang cukup baik. Jarak desa dari ibu kota kabupaten Pelaihari adalah sekitar 18 km dan dapat ditempuh selama kurang lebih 15-30 menit. Luas wilayah desa mencakup sekitar 11.5 km² dengan wilayah pemukiman yang kompak, terpusat di sekitar jalan utama desa. Relatif semua rumah penduduk mempunyai akses jalan yang mudah.

Berdasarkan catatan Profil Desa Ranggung Tahun 2010, jumlah penduduk di desa ini adalah 3.283 jiwa, terdiri dari 1749 jiwa laki-laki dan 1,544 jiwa perempuan di dalam 812 KK. yang tersebar di dalam 10 Rukun Tetangga (RT). Kelompok etnis yang menghuni Desa Ranggung sebagian besar berasal dari etnis Banjar (85%) dan sisanya berasal dari transmigran asal Jawa yang mulai menghuni desa sejak tahun 1970an

Penanaman mahoni secara intensif dimulai sekitar tahun 2003 yang dipicu oleh program rehabilitasi hutan dan penghijauan dari pemerintah (Dinas Kehutanan Provinsi, Dinas Kehutanan Kabupaten dan Balai Pengelolaan DAS Kementerian Kehutanan). Potensi areal penanaman mahoni yang tersedia di desa ini adalah sekitar 400 ha, dan diperkirakan sebanyak 370 ha telah tertanami. Kegiatan budidaya tanaman mahoni secara aktif terutama dilakukan oleh dua dari delapan kelompok tani yang ada di desa, yaitu Kelompok Tani Sido Maju di RT 6 dan Sinar Karya di RT 7, dimana penduduk di kedua RT tersebut didominasi oleh etnis Jawa. Pada umumnya lahan yang digunakan untuk penanaman mahoni di Desa Ranggung adalah lahan produktif yang biasa digunakan untuk penanaman padi dan palawija.

Pola tanam mahoni yang ada di Desa Ranggung terdiri dari atas beberapa pola tanam yaitu mahoni murni, mahoni ditaman dicampur dengan tanaman yang sudah ada seperti durian, kemiri, dan tanaman mahoni yang dikombinasikan dengan tanaman rumput gajah. Kondisi tanaman mahoni pada beberapa pola tanam dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Rata-rata tinggi dan diameter tanaman mahoni

Tipe	diameter (cm)	Riap diameter (cm/thn)	tinggi total (m)	Tinggi bebas cabang (m)
Mahoni campuran	10,7	1,5	10,8	6,2
Mahoni murni	19,6	1,8	12,5	4,0
Mahoni rumput	12,6	1,8	6,2	2,7

Sumber : data primer

Pada tabel di atas terlihat pertumbuhan riap diameter tanaman mahoni berkisar antara 1,5 sampai 1,8 cm/thn. Pada tanaman mahoni yang dikombinasikan dengan rumput kondisi tanaman mahoni tingginya sudah dipangkas. Alasan pemangkasan ini dikarenakan untuk memberi ruang pada penanaman rumput gajah.

Kondisi lingkungan

Berdasarkan pengukuran iklim mikro pada plot yang dibuat didapatkan kondisi iklim mikro pada tabel di bawah ini.

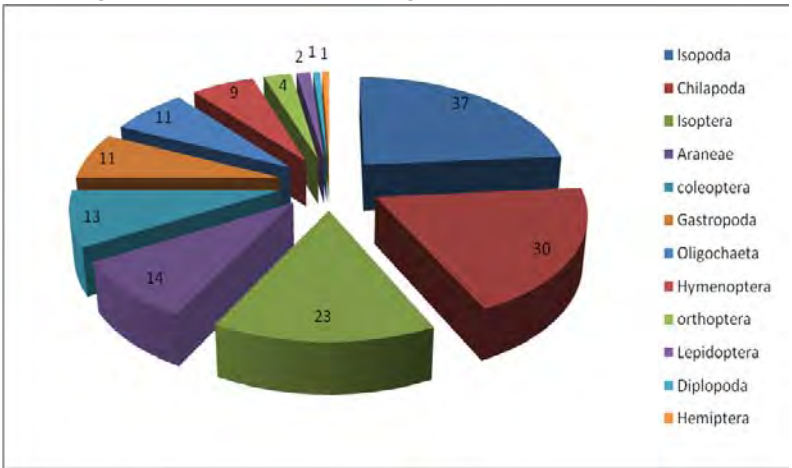
Tabel 2. Kondisi lingkungan pada plot pengamatan

Kondisi	intensitas cahaya (Lux)	Suhu tanah (°C)	Kelembaban Tanah (%)	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	pH
lahan_kosong	465600	33	48	41,32	49,4	6,56
mahoni_campuran	138684	30,8	53,4	36,42	56,2	6,42
mahoni_murni	184632	27,9	41,8	34,5	53,4	6,54
mahoni_rumput	242400	31,6	60,6	35,3	57,8	6,64

Pada lahan kosong dan mahoni rumput kondisi iklim mikronya lebih panas dibanding pada dua kondisi lahan lainnya.

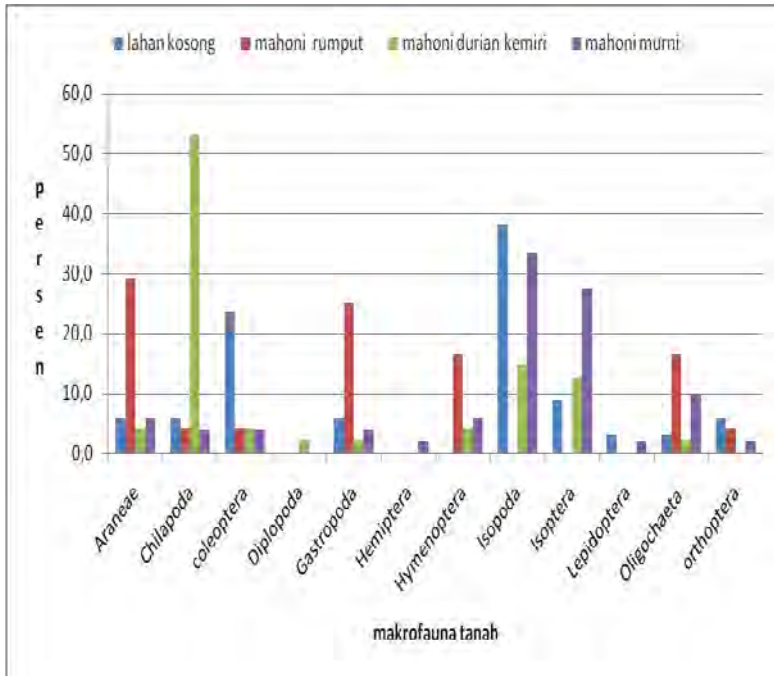
Kelimpahan makrofauna tanah

Jumlah individu makrofauna tanah yang ditemukan pada lokasi pengamatan (plot pola tanam dan lahan kosong) sebanyak 156 individu. Lima ordo terbanyak terdiri dari Isopoda (23,7%), Chilapoda (19,2%), Isoptera (14,7%), Araneae (9%) dan Coleoptera (8,3%). Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 1. Jumlah individu makrofauna tanah yang ditemukan

Penyebaran kelimpahan makrofauna tanah pada tegakan mahoni dengan berbagai pola tanam agroforestri dengan dibandingkan pada tanaman murni dan lahan kosong dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Grafik 2. Kondisi makrofauna tanah pada beberapa pola tanam mahoni

Isopoda ditemukan pada tiga lokasi yaitu mahoni murni, mahoni campuran dan pada lahan kosong. Sedangkan pada mahoni rumput tidak ditemukan. Chilapoda ditemukan terbanyak pada lokasi mahoni campuran (durian, kemiri). Chilapoda (sentipida/kelabang) dijumpai pada habitat yang lembab biasanya dapat ditemukan di bawah batuan dan kayu atau dalam celah tanah. Kelabang umumnya dijumpai pada tanah hutan dan merupakan salah satu predator (Handayanto dan Hairiah, 2007).

Rayap (Isoptera) ditemukan pada tiga lokasi kecuali pada lahan mahoni rumput. Rayap mempengaruhi ketersediaan unsur hara melalui pemindahan bahan organik. Rayap berkontribusi pada siklus karbon dan nitrogen (Lee dan Wood, 1971 dalam Handayanto dan Hairiah, 2007).

Keragaman makrofauna tanah

Keragaman makrofauna pada beberapa pola tanam mahoni dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Keragaman makrofauna tanah pada beberapa pola tanam

	mahoni murni	mahoni durian Kemiri	mahoni rumput	lahan kosong
Jumlah individu	51	47	24	34
Jumlah jenis	13	10	8	12
Indeks keragaman	1,96	1,59	1,82	2,05

Pada tabel tersebut keragaman makrofauna tanah pada beberapa pola tanam masih tergolong kategori sedang. Keragaman tertinggi pada lahan kosong yaitu sebesar 2,05 dan terendah pada pola tanam mahoni campuran. Pada lahan kosong keragamannya tertinggi karena jumlah individu dan jenisnya cukup seimbang sedangkan pada lokasi lainnya terdapat dominansi salah satu makrofauna tanah (grafik 2.). Peningkatan intensitas lahan akan menurunkan indeks keragaman. Hal ini terlihat pada lahan kosong yang nilai indeks keragamannya lebih tinggi dibanding lahan lain.

IV. KESIMPULAN

1. Pola tanam mahoni murni keanekaragaman makrofauna tanah 1,96; mahoni rumput indeks keanekaragaman 1,82; mahoni durian dan kemiri indeks keanekaragamannya 1,59; dan pada lahan kosong indeks keragamannya 2,05.
2. Jenis fauna tanah yang banyak ditemukan diantaranya adalah kutu kayu (isopoda), kelabang (chilapoda), dan rayap (isoptera)

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, A. , 2001. Hutan dan kehutanan. Penerbit Kanisius .Yogyakarta.
- Fachrul. 2007. Metode Sampling Bioekologi. Bumi Aksara Prees. Jakarta.
- Handayanto, E. Dan Hairiah, K. 2007. Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat. Pustaka Adipura. Malang
- Ludwig, John. A., 1988. Statistical Ecology : a primer on methode and computing. A Wiley-Interscience puublication. John wiley & Sons, Inc. Canada
- Suhardjono, Y.R., Deharveng, L. Bedos, A. 2012. Collembola (ekor pegas) Biologi Ekologi Klasifikasi. Vegamedia. Bogor.
- Suin, N. M. 1997. Ekologi hewan Tanah.Cetakan pertama. Penerbit Bum aksara . Jakarta

**PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DALAM PENGELOLAAN
SUMBERDAYA HUTAN (STUDI PADA KAWASAN DAERAH ALIRAN
SUNGAI (DAS) RIAM KANAN, KALIMANTAN SELATAN)¹**

Oleh :

Hamdani Fauzi^a

^aProgram Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat
Jl.A.Yani KM 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714
Surel:danie_bastari@yahoo.co.id

ABSTRAK

Sebagian besar wilayah DAS Riam Kanan Propinsi Kalimantan Selatan merupakan kawasan hutan lindung. Walaupun demikian, pada kawasan hutan tersebut terdapat 13 desa definitif yang menjadi pemukiman masyarakat dengan berbagai aktivitas sosial ekonominya. Di sisi lain DAS Riam Kanan memiliki nilai strategis sebagai pembangkit tenaga listrik tenaga air, irigasi yang dimanfaatkan untuk pengairan sawah, budidaya ikan air tawar, dan sumber bahan baku air bagi masyarakat di kabupaten Banjar, Banjarbaru dan Banjarmasin. Keberadaan masyarakat yang terdapat di wilayah DAS Riam Kanan memiliki peran strategis dalam mendukung kelestarian sumberdaya hutan dalam kerangka pengelolaan DAS secara terpadu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menggambarkan kondisi masyarakat yang berada di DAS Riam Kanan ditinjau dari aspek pengetahuan, sikap, dan keterampilan sehingga dapat dirumuskan model pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan sumberdaya hutan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa masyarakat telah memiliki pengetahuan dan keterampilan yang cukup baik dalam pengelolaan hutan, namun dari aspek sikap (afektif) masih tergolong rendah. Untuk mengoptimalkan peran masyarakat maka model pemberdayaan harus mengarah kepada pembentukan perilaku positif masyarakat untuk mengelola sumberdaya hutan. Model ini dilakukan dengan memperkuat modal sumberdaya di satu sisi dan pelaku pemberdayaan di sisi lain. Keduanya harus dimediasi oleh proses pemberdayaan hingga dapat meningkatkan keberdayaan masyarakat. Model ini disebut dengan Model Pemberdayaan Perhutanan Sosial Berbasis Pembelajaran.

Kata kunci: Pemberdayaan Masyarakat;Pengelolaan Hutan; Daerah Aliran Sungai

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Berdasarkan keputusan bersama Menteri Dalam Negeri, Menteri Kehutanan dan Menteri Pekerjaan Umum, masing-masing No. 19 tahun 1984, No. 059/Kpts-II/1984 dan No. 124/Kpts/1984 DAS Riam Kanan ditetapkan sebagai DAS Super Prioritas. Ditinjau dari segi fungsinya, DAS tersebut mempunyai peranan yang sangat penting bagi daerah Kalimantan Selatan. Hal ini disebabkan oleh karena adanya bangunan Waduk PLTA Ir. Pangeran Muhammad Noor sejak tahun 1972. Waduk tersebut sangat vital artinya bagi kesejahteraan penduduk Kalimantan Selatan, yaitu untuk sumber pembangkit tenaga listrik, selain itu juga dimanfaatkan untuk penyediaan air minum, pengendali banjir, pertanian (irigasi teknis), perikanan, perkebunan, pengembangan wisata dan transportasi.

DAS Riam Kanan Propinsi Kalimantan Selatan merupakan kawasan hutan lindung yang unik. Keunikan tersebut karena di dalam DAS Riam Kanan terdapat pemukiman sebanyak 13 desa definitif yang termasuk ke dalam Kecamatan Aranio. Pada satu sisi DAS Riam Kanan memiliki nilai strategis, yaitu adanya pembangkit tenaga listrik yang memasok listrik wilayah Propinsi Kalimantan Selatan. Di samping itu, adanya irigasi yang dimanfaatkan untuk pengairan sawah dan pengembangan perikanan merupakan hal penting di wilayah ini. Keberlanjutan nilai strategis DAS Riam Kanan sangat tergantung pada pasokan air ke dalam waduk Riam Kanan. Pasokan air akan dapat berlangsung secara berkesinambungan ke dalam waduk Riam Kanan apabila aspek konservasi tanah dan air dapat dilaksanakan dengan baik. Artinya kegiatan yang terkait dengan pemanfaatan lahan harus benar-benar mengacu pada kaidah konservasi tanah dan air, apabila tidak tentunya akan muncul dampak negatif disebabkan antara lain penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuannya, serta tidak disertai dengan usaha-usaha konservasi tanah dan air.

Sebagai suatu kesatuan tata air, DAS dipengaruhi kondisi bagian hulu khususnya kondisi biofisik daerah tangkapan dan daerah resapan air yang di banyak tempat rawan terhadap ancaman gangguan manusia. Hal ini mencerminkan bahwa kelestarian DAS ditentukan oleh pola perilaku, keadaan sosial-ekonomi dan tingkat pengelolaan yang sangat

erat kaitannya dengan pengaturan kelembagaan (*institutional arrangement*). Oleh karena itu, dalam rangka memperbaiki kinerja pembangunan dalam DAS maka perlu dilakukan pengelolaan DAS secara terpadu.

DAS merupakan suatu wilayah kesatuan ekosistem dimana manusia termasuk didalamnya mempunyai fungsi ganda, yaitu sebagai bagian dari komponen ekosistem DAS dan fungsi dalam pemanfaatan sumberdaya alam. Kerusakan DAS dapat disebabkan oleh aktivitas manusia dan atau oleh bencana alam. Oleh karena itu dalam pengelolaan DAS perlu melibatkan peran serta aktif manusia, sehingga tercapai manfaat yang maksimal dan berkesinambungan (Sudaryono, 2002). Oleh karena itu dalam pengelolaan DAS Riam Kanan sangat penting memberdayakan masyarakat yang berada di dalam kawasan hutan di DAS Riam Kanan agar berperan aktif dalam pelestarian sumberdaya hutan. Awang (2007) menyebutkan bahwa masyarakat sekitar hutan harus diperhatikan karena masyarakat sekitar hutan adalah bagian dari ekosistem hutan yang saling berinteraksi, kondisi social ekonomi banyak yang berada di bawah garis kemiskinan, dan berpotensi dapat menjadi sumber gangguan keamanan hutan.

Tujuan umum penelitian ini adalah menggambarkan pemberdayaan masyarakat di kawasan hutan DAS Riam Kanan dalam rangka mendukung pengelolaan DAS secara terpadu. Sedangkan tujuan khusus penelitian ini adalah (a) mengkaji kemampuan pengetahuan, sikap, dan keterampilan masyarakat dalam pengelolaan sumberdaya hutan di wilayah DAS Riam Kanan, dan (b) merumuskan model pemberdayaan masyarakat di wilayah DAS Riam Kanan dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mewujudkan kelestarian hutan.

II. METODOLOGI

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kombinasi antara paradigma *post-positivistik* (penelitian kuantitatif) dan paradigma *naturalistik* (penelitian kualitatif).

Penelitian ini dilaksanakan di desa-desa yang berada dalam DAS Riam Kanan. DAS Riam Kanan dibagi menjadi 4 (empat) Satuan Wilayah Pengelolaan (SWP), yaitu SWP Hajawa, SWP Tabatan, SWP Kalaan dan SWP sekitar Waduk Ir. P.M. Noor serta SWP Riam Kanan bagian hilir, sehingga pengumpulan data dilakukan di setiap satuan wilayah pengelolaan. Dalam setiap SWP diambil masing-masing 1 desa dengan pertimbangan keterwakilan, aksesibilitas, dan pengalaman pemberdayaan masyarakat. Berdasarkan hal tersebut maka dapat ditetapkan desa terpilih yaitu Desa Kalaan, Tiwingan Lama, Benua Riam, dan Rantau Bujur. Secara administratif, keempat desa tersebut berada dalam Kecamatan Aranio, Kabupaten Banjar.

Populasi penelitian ini adalah Kepala Keluarga di desa terpilih yang pernah terlibat dalam program pemberdayaan masyarakat. Penetapan intensitas sampel sesuai yang dirumuskan oleh Slovin pada taraf kepercayaan 95% (Brown, 2006), sehingga didapatkan responden sebanyak 230 KK. Penetapan responden penyuluh kehutanan dilakukan secara sensus, yaitu sesuai jumlah penyuluh kehutanan yang ada di Kabupaten Banjar saat penelitian ini dilaksanakan sebanyak 14 orang.

Dalam rangka penelitian dengan pendekatan kualitatif dilakukan wawancara dengan informan. Penentuan informan didasarkan pengetahuan, pengalaman, dan jabatannya berkaitan dengan pengelolaan DAS, perhutanan sosial, dan pemberdayaan masyarakat. Informan berasal dari Fakultas Kehutanan Unlam, Bappeluh, Aparat desa, dan pengurus KTH.

Untuk mengetahui kemampuan masyarakat dalam pengelolaan hutan menggunakan analisis kuantitatif dengan menilai kemampuan masyarakat yang diberdayakan diitinjau dari aspek perilaku. Aspek perilaku dianalisis dengan pendekatan Taksonomi Bloom. Berdasarkan pendekatan Taksonomi Bloom perilaku dianalisis berdasarkan 3 ranah yaitu ranah kognitif (pengetahuan), ranah afektif (sikap), dan ranah psikomotorik (keterampilan) terkait dengan pengelolaan sumberdaya hutan.

Pengukuran pengetahuan, sikap, dan keterampilan dilakukan dalam bentuk non-test dengan menggunakan skala likert. Untuk mengetahui pada tingkatan manakah domain dan katagore masing-masing sikap, pengetahuan, keterampilan seorang responden berada maka dapat dihitung dengan rumus:

$$Ki = \frac{Xi}{S} \times 100\% \quad \text{---}$$

$$Ai = \frac{Xi}{S} \times 100\% \quad \text{---}$$

$$Pi = \frac{Xi}{S} \times 100\% \quad \text{---}$$

Dimana

\overline{Xi} = skor rata-rata untuk responden ke-1

\overline{Ki} = skor rata-rata pengetahuan responden ke-i

\overline{Ai} = skor rata-rata sikap responden ke-i

\overline{Pi} = skor rata-rata keterampilan responden ke-i

Klasifikasi kategori berdasarkan prosentase pencapaian skor maksimum sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Tingkatan Perilaku berdasarkan persentase pencapaian Skor Maksimum

No.	Pencapaian Maksimum	Skor Katagore Penilaian
1.	≥ 33,33-55,55	Rendah
2.	> 55,55-77,77	Sedang
3.	> 77,77-100	Tinggi

Model pemberdayaan masyarakat dianalisis menggunakan SEM (*structural equation modelling*) program AMOS (Byrne, 2009) dengan aplikasi program komputer Amos versi 20

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberdayaan Masyarakat

Mardikanto (2012:19), menjelaskan bahwa pemberdayaan diharapkan dapat merangsang terjadinya proses perubahan perilaku yang dilakukan melalui kegiatan proses belajar mengajar.

Kemampuan Kognitif Masyarakat yang diberdayakan

Penilaian terhadap tingkat keberdayaan masyarakat dalam ranah kognitif disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penilaian terhadap Tingkat Keberdayaan Masyarakat

No	Indikator	Skor	Kriteria Penilaian
1	Kemampuan Memahami	83.23	tinggi
2	Kemampuan Menerapkan	85.00	Sangat tinggi
3	Kemampuan Menganalisis	75.81	tinggi
4	Kemampuan Mengevaluasi	69.19	tinggi
5	Kemampuan Menciptakan	61.94	sedang
Rata-rata		75.03	tinggi

Tabel 2 menunjukkan bahwa tingkat keberdayaan masyarakat dari aspek kognitif di lokasi penelitian tergolong tinggi (skor 75,03). Tingginya pengetahuan masyarakat di lokasi penelitian disebabkan oleh tingginya kemampuan pemahaman masyarakat dalam pengelolaan hutan (83,23), dan menerapkan (85.00). Ini menunjukkan bahwa kegiatan pemberdayaan selama ini telah mampu merubah domain kognitif kelompok sasaran.

Kemampuan pemahaman ini dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan yang jauh lebih kompleks (Gunawan & Palupi, 2013:26). Masyarakat telah memahami pengelolaan hutan berbasis masyarakat, budidaya lahan pertanian seperti ladang, sawah, kebun dan hutan. Masyarakat mempunyai dasar pengetahuan lokal dalam kaitannya dengan pengelolaan hutan. Menurut Awang (2003:8), pengetahuan lokal suatu masyarakat petani yang hidup di lingkungan wilayah yang spesifik biasanya diperoleh berdasarkan pengalaman yang diwariskan secara turun-temurun.

Meskipun demikian ada juga masyarakat yang memiliki kemampuan analisis sebagaimana dilihat dari kemampuan (a) membuat kesimpulan dari hasil pemahaman yang diperoleh, (b) mencari sumber-sumber pengetahuan lainnya, (c) membedakan jenis tanaman hutan yang toleran atau intoleran, pupuk organik dan anorganik, bibit berkualitas atau tidak (d) cara mengukur jarak tanam, cara menghitung potensi hutan.

Kemampuan Afektif Masyarakat yang diberdayakan

Penilaian kemampuan afektif masyarakat dapat dilihat pada Tabel 3.
 Tabel 3. Kemampuan Afektif Masyarakat

No	Indikator	Skor	Kriteria Penilaian
1	Menerima (<i>receiving/attending</i>)	53.49	sedang
2	Kemampuan Menanggapi	47.69	rendah
3	Kemampuan Menilai	48.23	rendah
4	Kemampuan Mengelola	52.78	sedang
5	Kemampuan Menghayati	47.74	rendah
	Rata-rata	49.99	rendah

Berdasarkan Tabel 3, kemampuan masyarakat dalam aspek afektif termasuk katagore rendah (49,99). Pada tingkatan *receiving (attending)*, direflesikan dalam bentuk kemauan menghadiri, mendengarkan dan meminati program pemberdayaan masyarakat dalam rangka pengelolaan hutan.

Tingkat kemauan masyarakat untuk hadir dalam kegiatan pertemuan-pertemuan dan pelatihan dalam rangka pengelolaan hutan tergolong sedang dengan skor 55,48. Sebanyak 27.42% responden menyatakan kadang-kadang datang menghadiri setiap undangan pertemuan yang dilaksanakan dalam kegiatan program pemberdayaan masyarakat, 29,84% responden jarang datang, 14.52% responden tidak pernah datang, 20,16% responden sering datang dan 8,06% responden pasti datang.

Minat masyarakat untuk terlibat dalam rangka pengelolaan hutan tergolong sedang dengan nilai 56,61. Sebanyak 13,71% responden menyatakan berminat untuk terlibat dalam pengelolaan hutan, 7,26% responden menyatakan sangat berminat, 45,16% responden menyatakan tidak berminat dan 13,71% menyatakan sangat tidak berminat. Menurut Thomlinson (1997), minat yang sesuai merupakan faktor penting yang menentukan individu dapat berprestasi. Dengan adanya minat maka individu memusatkan seluruh perhatiannya terhadap objek tertentu, sehingga dengan senang hati melakukan aktivitas yang berhubungan dengan objek (Fisher, 1930:34).

Pada tingkatan menanggapi (*responding*) direfleksikan dalam bentuk penyampaian pendapat/opini atas materi yang disampaikan penyuluh, dan dukungan terhadap program kehutanan yang melibatkan masyarakat. Hal ini sesuai dengan pendapat Rahman (2010:3), *responding* merupakan partisipasi aktif sebagai bagian dari perilakunya. Pada tingkat ini masyarakat tidak saja memperhatikan fenomena khusus tetapi ia juga bereaksi. Berkaitan dengan dukungan masyarakat terhadap program pemberdayaan masyarakat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sikap Dukungan Masyarakat terhadap Kegiatan Program Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan Hutan

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa 30,65% responden mendukung dan sangat mendukung terhadap kegiatan pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan hutan. Berikut kutipan wawancara dengan responden yang menerima dengan baik:

Dulu warga Belimbing Lama dan Belimbing Baru meramu Gaharu dari hutan namun hasilnya terus berkurang dan sulit didapat, padahal itu mata pencaharian utama kami selain berladang. Sejak pihak kehutanan memberikan penyuluhan tentang budidaya dan Inokulasi Gubal Gaharu, saya mengikuti dan mematuhi apa yang diarahkan penyuluh dengan menanam di lahan pekarangan sebanyak 300 batang. Saat ini pohon Gaharu sebagian sudah disuntik dengan bantuan penyuluh dan siap panen (wawancara dengan Bapak H. Jahirmadi tanggal 8 Mei 2012)

Temuan penelitian menunjukkan bahwa pilihan masyarakat untuk ikut dalam kegiatan pemberdayaan masyarakat berkaitan dengan manfaat atau keuntungan yang akan diperoleh manakala mereka terlibat dalam program pemberdayaan. Pada saat mereka ikut program gerhan, mereka diberi kesempatan untuk mengelola lahan mereka dengan mendapat bantuan fisik (bibit, pupuk, dll) dan pendanaan dari pemerintah, bahkan mendapat pelatihan dan pendampingan. Apabila lahan yang ditanami memasuki masa panen, maka hasilnya 100% menjadi hak mereka, dan untuk hasil hutan kayu diatur dalam tata usaha kayu rakyat sesuai dengan Permenhut No.33/2007.

Sementara itu berdasarkan Gambar 1, sebanyak 63,71% tidak mendukung program kehutanan di daerahnya. Ada berbagai alasan yang menyebabkan penolakan tersebut sebagaimana ditegaskan oleh informan berdasarkan pengalaman historis mereka:

Banyak proyek kehutanan yang pernah dikembangkan di sini gagal, misalnya dulu pernah proyek reboisasi dengan tanaman Akasia. Akibat banyaknya tanaman Akasia, tanaman lain tidak bisa berkembang dengan baik, malah sering terjadi kebakaran. Pernah juga tanam Sengon tahun 2000, ternyata ketika di panen harganya murah sekali. Belum lagi harus mengeluarkan biaya ekstra karena terkena kebijakan peredaran kayu hutan. Kadangkala teknologi yang ditawarkan sulit diterapkan petani dan bahkan belum tentu lebih baik dari yang sudah ada (wawancara dengan Bapak Saladeri tanggal 8 Mei 2012)

Keberdayaan Masyarakat berdasarkan Kemampuan Psikomotorik

Penilaian kemampuan psikomotorik masyarakat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kemampuan Psikomotorik Masyarakat

No	Indikator	Skor	Kriteria Penilaian
1	Peniruan (<i>imitation</i>)	79.84	tinggi
2	Manipulasi (<i>manipulation</i>)	77.90	tinggi
3	Presesi (<i>Precesion</i>)	74.68	sedang
4	Artikulasi (<i>Articulation</i>)	63.87	sedang
5	Naturalisasi (<i>Naturalization</i>)	64.52	sedang
Rata-rata		72.16	sedang

Untuk katagore peniruan, petani termasuk mempunyai keterampilan yang sedang dengan skor 74,78. Pada tahun 2003, berdasarkan sosialisasi, promosi dan penyuluhan yang dilakukan, masyarakat banyak yang tertarik untuk menanam Jati. Kala itu berbagai jenis Jati di tawarkan seperti Jati super, Jati Plus, Jati Supra, dan Jati Emas. Berhubung keterbatasan anggaran pemerintah, maka hanya bisa dibangun 2 unit seluas 50 ha di Desa Pakutik dan Desa Kupang Rejo. Menurut data hasil penilaian tanaman, pertumbuhan pada tahun pertama ($t+1$), persentase hidupnya berkisar antara 95,83%-98,50% dengan kondisi tanaman sehat rata-rata 97,50%. Ini berarti pada umur 1 tahun tanam dikatagorekan berhasil mengacu Pedoman Direktorat Bina Program Ditjen RRL Departemen Kehutanan. Pada tahun 2004, masyarakat beramai-ramai meniru menanam Jati, baik melalui dana swadaya maupun kerjasama dengan pemodal dengan sistem bagi hasil.

Hal yang sama juga terjadi pada saat gencar-gencarnya disosialisasikan penanaman Gaharu dengan kemungkinan keuntungan yang sangat fantastis di tahun 2005, masyarakat pun ikut meniru menanam Gaharu di lahan garapannya. Menurut informan Bapak Surosa menyampaikan proses peniruan masyarakat dalam menanam Gaharu sebagai berikut:

Saya mengikuti pelatihan budidaya Gaharu tahun 2004 di Martapura yang diadakan oleh BPDAS Barito yang ditindaklanjuti dengan pengajuan proposal. Pada tahun 2005,

proposals kami diterima dan disetujui mendapat pendanaan sebanyak 3 unit seluas 75 ha. Namun hanya 1 unit yang bisa kami laksanakan, karena 2 kelompok tani lainnya mengurungkan niatnya melaksanakan karena khawatir gagal dan menjadi pekerjaan sia-sia seperti proyek sebelumnya. Saya bersama anggota kelompok tani yang saya pimpin tetap berkomitmen menanam Gaharu, dan Alhamdulillah pada saat dilakukan evaluasi oleh penilai independen, tanaman Gaharu kami dinyatakan berhasil dengan persentase hidup 100%. Melihat keberhasilan yang kami lakukan, banyak warga masyarakat Desa Pakutik dan desa tetangga lainnya yang tertarik dan meniru menanam Gaharu bahkan dengan dana sendiri (wawancara tanggal 7 Mei 2012).

Sebenarnya kategori peniruan yang paling nyata adalah pembangunan Karet Rakyat, karena dilakukan tanpa melalui proses penyuluhan dan dengan biaya sendiri. Masyarakat meniru dengan melihat keberhasilan petani lainnya dalam menanam karet. Fakta di lapangan, semakin luas kebun karet maka semakin tinggi kesejahteraan hidupnya. Sehingga menimbulkan keinginan warga lainnya untuk ikut-ikutan menanam Karet.

Berdasarkan paparan informan tersebut, dapat diyakini bahwa proses peniruan ini termasuk kemampuan psikomotorik kategori imitasi atau peniruan yang menurut (Dave, 1970:82) menunjukkan perilaku yang meniru tindakan dari yang ditunjukkan orang lain, mengamati kemudian mereplikasi. Hal ini sejalan dengan teori difusi inovasi penyuluhan sebagai suatu perembesan atau penyebaran adopsi inovasi dari satu individu yang telah mengadopsi ke individu lain dalam system sosial masyarakat sasaran penyuluhan yang sama (Rogers, 1971). Sebagian besar masyarakat yang meniru atau mengadopsi merupakan golongan yang melihat dulu keberhasilan atau kegagalan suatu kegiatan yang dilakukan oleh golongan yang disebut Rogers (1971) sebagai perintis atau *innovator* yang dalam hal ini adalah Bapak Suroso dan anggota kelompok taninya sebagai golongan penerap dini atau pelopor (*early adopter*). Golongan yang ikut mengadopsi ini oleh Rogers (1971) dianggap sebagai penganut dini atau *early majority* dan golongan penganut lambat (*late majority*).

Hal tersebut sejalan dengan teori yang dikemukakan Bandura (2001:17) tentang teori belajar social yang mengatakan bahwa proses peniruan tersebut sebagai proses *modelling*, dimana kebanyakan perilaku manusia dipelajari sebagai hasil pengamatan. Dari berbagai proses pengamatan membentuk sebuah perilaku yang akan digunakan sebagai patokan dalam bertindak. Lebih lanjut Sugiyono (2011:66-67) menyebutkan proses *modelling* ditentukan oleh beberapa komponen tahapan-tahapan berupa adanya *attensi* (perhatian) artinya apabila ingin mempelajari sesuatu harus memerhatikannya dengan seksama, penuh konsentrasi dan kesungguhan. Selanjutnya *retensi* (ingatan) artinya agar *modelling* berhasil maka harus ada usaha dan kemampuan mengingat dan mempertahankan kegiatan atas apa yang telah diamati. Adanya motivasi berupa dorongan dan alasan-alasan tertentu yang mendorong seseorang melakukan peniruan.

Aspek psikomotorik berikutnya berkaitan dengan *manipulation* (Dave, 1970) sebagai reaksi yang diarahkan (*Guided Response*). Dalam hubungannya dengan kemampuan masyarakat, hal ini berkaitan dengan keterampilan mereka dalam membangun demplot Agroforestri berbasis Jati, demplot Agroforestri berbasis Gaharu, atau demplot Agroforestri berbasis Karet berdasarkan arahan, petunjuk, atau manual. Pada tahap ini biasanya pada awalnya penyuluh menyampaikan informasi tentang program kehutanan yang sedang diluncurkan, misalnya Hutan Kemasyarakatan, Hutan Desa, Kebun Bibit Rakyat, atau Hutan Tanaman Rakyat. Dengan arahan penyuluh atau fasilitator, masyarakat mulai menyusun proposal sesuai skema pendanaan masing-masing. Biasanya penyuluh membuat “*master file*” yang berisi contoh dokumen surat permohonan, daftar nama kelompok, deskripsi wilayah yang diambil dari data profile desa, dan proposal. Kelompok tani tinggal menyesuaikan dengan kondisi masing-masing dengan bimbingan penyuluh.

Pada kegiatan fisik, masyarakat sudah trampil melakukan pekerjaan sesuai instruksi tertulis atau verbal. Sebagai contoh, masyarakat bisa membuat bibit tanaman proyek KBR sesuai standar perbenihan tanaman hutan. Misalnya untuk jenis Karet dipersyaratkan bibit Karet Satu - Dua Payung berbatang tunggal siap tanam, batang atas (*entrys*)

berasal dari kebun entres yang sudah dimurnikan oleh instansi berwenang dengan klon anjuran PB 260, PB 330 atau PB 340, bibit karet batang bawah (*rootstock*) yang diokulasi sudah berumur minimal 9 bulan, umur bibit minimal 2,5 bulan (dalam polybag) berwarna hitam, ukuran minimal 25 x 13 cm, tebal minimal 0,06 mm diberi lubang, tinggi bibit minimal 50 cm, keadaan bibit bebas dari hama dan penyakit. Begitu pula bibit Gaharu harus bibit generatif berasal dari sumber benih, tinggi bibit minimal 50 cm, diameter pangkal batang bibit minimal 5 mm, media tumbuh kompak, dan kondisi bibit normal, yaitu bibit yang sehat, berbatang tunggal dan leher akar berkayu. Untuk mencapai persyaratan tersebut, petani mendapat arahan dari penyuluh langsung baik secara teori maupun praktek di persemaian.

Hal lainnya berupa keterampilan menggunakan alat ukur GPS untuk membuat peta, melakukan pemberantasan gulma menggunakan herbisida (pembakaran minimal), menanam bibit pohon yang baik dan benar, menggunakan phi band untuk mengukur diameter pohon, menghitung potensi kayu, membuat pupuk kompos bokashi, memelihara tanaman hutan, mencegah dan memadamkan kebakaran hutan, membuat terasering, dan membuat biogas. Pada awalnya mendapat arahan dan pendampingan dari penyuluh atau membaca manual aturan penggunaan, yang kemudian meningkat pada keterampilan tahap *precision*, dimana kelompok tani sudah trampil melakukan tanpa arahan atau instruksi langsung. Untuk keterampilan menggunakan GPS sudah 35% anggota kelompok yang mahir mengoperasikannya, trampil melakukan penyemprotan gulma tanpa membakar 87%, trampil menanam bibit 93,5%, trampil menggunakan phiband 86,5%, menghitung potensi kayu 18,5%, membuat pupuk organik 22,3%, memelihara tanaman hutan 32,5%, mencegah dan memadamkan kebakaran hutan 28,7%, membuat biogas 18,2%, membuat terasering 21,5%, dan trampil membuat dokumen tata usaha kayu 1 orang.

Kemampuan psikomotorik berikutnya adalah artikulasi, dimana dideskripsikan sebagai kemampuan mengintegrasikan keahlian, mengkoordinasikan serangkaian tindakan, mencapai harmonisasi, dan konsistensi internal. Pada tahap ini salah satu contohnya direfleksikan dalam bentuk kemampuan kelompok tani di Desa Pakutik membangun

sistem pertanian terpadu *biocyclofarming* (BCF) pola agrosilvopasture secara sederhana. *Bio Cyclo Farming* (BCF) adalah suatu proses keterpaduan antar sektoral pada bidang pertanian yang saling memanfaatkan sisa dari proses pengelolaan dari suatu sektor, yang kemudian dimanfaatkan kembali pada sektor lainnya untuk menghasilkan suatu manfaat lain yang berguna. BCF akan dapat memberikan dampak positif bagi lingkungan, yakni dengan mereduksi keberadaan limbah pada lingkungan. Sehingga dengan demikian dapat mengurangi pencemaran lingkungan, dan dapat menjaga kelestarian lingkungan disekitarnya (Utomo, 1989). Dalam hal ini petani mengintegrasikan keterampilan pengelolaan lahan dengan mengkombinasikan budidaya tanaman pangan, tanaman hutan, beternak, dan membuat pupuk dalam satu siklus yang saling berkaitan. Menurut Aryadi & Fauzi (2012:553), limbah dari kegiatan pertanian, kehutanan dan peternakan kemudian dibuat kompos dan biogas untuk meningkatkan hasil pertanian dan pemenuhan kebutuhan energi. Teknologi pertanian terpadu ini dirancang sebagai suatu proses *multiple cropping* yang dapat menghasilkan produksi sepanjang tahun yang terdiri dari: Panen harian yang diperoleh dari telur unggas dan karet; Panen bulanan berupa hasil tanaman sayuran; Panen musiman yang diperoleh dari budidaya tanaman pangan seperti padi, jagung dan kedelai; Panen tahunan dari budidaya sapi; Panen winduan dari hasil budidaya jati dan sengon.

Keterampilan artikulasi lainnya yaitu dalam hal pembukaan lahan. Kalau dulunya dengan sistem pembakaran tidak terkontrol, maka sekarang petani sudah menggunakan prinsip-prinsip pembakaran terkontrol, dimana semak belukar yang sudah ditebas dikumpulkan dalam satu tempat kemudian dibakar dan dijaga agar jangan sampai membakar lahan lain. Mereka juga menerapkan system pembakaran “bakar balas” yaitu membakar areal terluar sedemikian rupa sehingga api menuju bagian dalam areal. Keterampilan ini terintegrasi dengan keterampilan penyemprotan lahan menggunakan herbisida, sehingga pembakaran lahan bisa diminimalkan. Kalau pun harus membakar biasanya batang, cabang dan ranting pohon yang tidak bisa disemprot.

Sayangnya, pada katagore artikulasi ini hanya dilakukan oleh 34,7% responden, sedangkan selebihnya belum memiliki keterampilan

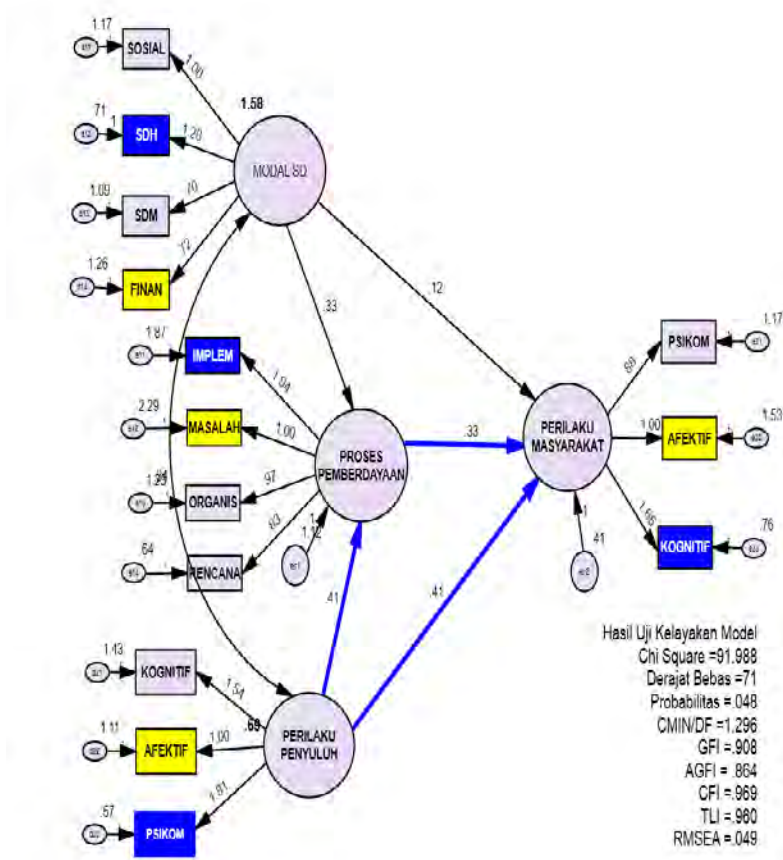
tersebut. Pada umumnya keterampilan artikulasi dilakukan oleh mereka yang memang sudah dari awal termasuk katagore innovator dan penerap dini sebagaimana dijelaskan pada bagian keterampilan *imitation* (peniruan).

Kategori paling tinggi dari keterampilan psikomotorik adalah *naturalization*, dimana menurut Dave (1970), dideskripsikan sebagai performa tingkat tinggi, menjadi natural tanpa memerlukan banyak berpikir tentang hal tersebut. Ketika menghadapi suatu persoalan atau pekerjaan maka secara alamiah sudah mahir untuk mengatasinya, mampu merancang, menspesifikasi dan mengelola dengan baik. Kelompok masyarakat pada katagore ini memiliki kreativitas yang tinggi, tanpa tergantung dengan penyuluh atau fasilitator.

Model Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan Hutan

Pemberdayaan masyarakat adalah suatu proses untuk memperoleh atau memberikan daya, kekuatan atau kemampuan kepada individu dan masyarakat yang lemah agar mereka dapat mengidentifikasi, menganalisis, menetapkan kebutuhan dan potensi serta masalah yang dihadapi dan sekaligus mencari solusi alternatif pemecahannya dengan mengoptimalkan sumberdaya dan potensi yang dimiliki secara mandiri.

Berdasarkan kondisi modal sumberdaya dan hasil evaluasi terhadap perilaku penyuluh kehutanan sebagai pelaku pemberdayaan, proses pemberdayaan, dan perilaku masyarakat yang diberdayakan maka dapat disusun model pemberdayaan masyarakat yang dapat mengembangkan perilaku masyarakat dalam pengelolaan sumberdaya hutan sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.



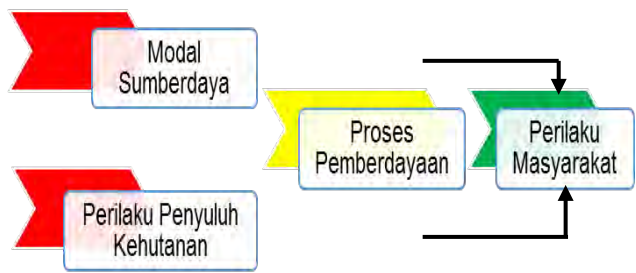
Gambar 2. Model Pemberdayaan Masyarakat dalam rangka meningkatkan Kemampuan Masyarakat yang diberdayakan Melalui Proses Pembelajaran

Keberdayaan masyarakat ditinjau dari aspek perilaku masyarakat yang diberdayakan, menunjukkan bahwa ranah kognitif termasuk katagore sedang (71,22), afektif termasuk rendah (52,42), dan psikomotorik (70,75), sehingga secara keseluruhan digolongkan mempunyai keberdayaan sedang (64,79). Walaupun kedua ranah termasuk tinggi, namun ranah afektif masih rendah, sehingga ini berdampak terhadap pembangunan hutan yang dilaksanakan, bahkan dominan warga bersikap tidak mendukung (lagi) pembangunan hutan di wilayah desa mereka. Menurut Soemarwoto (2004:87), konservasi sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya akan sia-sia bila hal tersebut tidak

disertai dengan adanya dukungan masyarakat. Kegiatan pemberdayaan ini dapat meliputi peningkatan kesadaran dan kemampuan masyarakat dalam mengelola sumberdaya alam hayati tersebut.

Sebagaimana disampaikan pada bagian terdahulu, bahwa pemberdayaan merupakan proses pembelajaran untuk membentuk perilaku positif masyarakat terhadap hutan. Pemberdayaan harus didesain sebagai proses belajar, atau dengan kata lain, dalam setiap upaya pemberdayaan harus terkandung upaya-upaya pembelajaran. Dalam kaitan ini, keberhasilan pemberdayaan tidak diukur dari seberapa banyak ajaran yang disampaikan, tetapi seberapa jauh terjadi *proses belajar bersama yang dialogis*, yang mampu menumbuhkan kesadaran (sikap), pengetahuan, dan ketrampilan “baru” yang mampu mengubah perilaku kelompok sasaran ke arah kegiatan dan kehidupan yang lebih menyejahterakan setiap individu, keluarga, dan masyarakatnya. Jadi, pendidikan dalam pemberdayaan adalah proses belajar bersama. Dengan proses belajar bersama, maka menurut teori belajar Sosial yang dikemukakan Bandura (2001:11) diharapkan akan terjadi proses mengamati dan meniru perilaku dalam proses belajar, membentuk sikap, serta memengaruhi reaksi orang lain dalam proses belajar.

Secara sederhana, maka pola pemberdayaan yang dapat dilakukan adalah dengan memperkuat modal sumberdaya di satu sisi dan pelaku pemberdayaan di sisi lain. Keduanya harus dimediasi oleh proses pemberdayaan hingga dapat meningkatkan keberdayaan masyarakat. Pola pemberdayaan sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan Hutan

Temuan ini memberikan solusi bahwa peran kemampuan pelaku pemberdayaan akan efektif jika dimediasi dengan proses yang mengiringi pemberdayaan masyarakat. Proses pemberdayaan di lokasi penelitian berpengaruh secara signifikan terhadap keberdayaan masyarakat. Proses pemberdayaan ini ditandai adanya kemampuan masyarakat dalam membuat analisis masalah, perencanaan, pelaksanaan dan evaluasi suatu program pemberdayaan. Peran pelaku perlu diperbaiki dalam pengetahuan, sikap dan ketrampilannya agar dapat memberi dukungan dalam memperlancar keberhasilan pemberdayaan, sehingga dapat meningkatkan kemandirian masyarakat yang berkelanjutan.

Agar model pemberdayaan dapat meningkatkan keberdayaan warga masyarakat, maka perlu dikembangkan strategi sebagai berikut:

- a) Pengembangan modal manusia, karena peran modal manusia menjadi landasan mengembangkan pemberdayaan dan menjadi mediasi peningkatkan keberdayaan masyarakat. Oleh karena itu, *sharing* pengetahuan merupakan syarat untuk dapat meningkatkan kreativitas dan inovasi.
- b) Menyempurnakan proses pemberdayaan dengan meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam tahapan proses pemberdayaan
- c) Melakukan mobilisasi dan peningkatan swadaya yang bertumpu kepada kekuatan masyarakat sendiri/keompok sasaran (*self-reliant development*). Kenyataan banyak sekali bentuk kemampuan yang bisa diswadayakan oleh masyarakat misalnya: tenaga, ide dan pemikiran, uang, dan kepemilikan (tanah dan harta lainnya).
- d) Mengembangkan metode pembinaan yang konstruktif dan berkesinambungan. Program pembinaan dikonstruksi bersama oleh semua pihak sehingga dapat dipastikan bahwa antara satu bentuk pembinaan dengan bentuk yang lainnya akan saling mendukung dan berkesinambungan.
- e) Pelaksanaan kegiatan berlangsung secara gradual/bertahap. Tahapan kegiatan sebaiknya dibuat bersama masyarakat. Fasilitator dapat menggabungkan antara waktu yang tersedia bagi program dan yang tersedia pada masyarakat.
- f) Seluruh unsur *stakeholders* harus konsisten terhadap pola kerja pemberdayaan. Pola ini harus dibedakan dengan pola kerja pada

pembangunan fisik. Pemberdayaan adalah untuk kepentingan manusia seutuhnya. Oleh karena itu pola dan cara kerja harus mampu menyentuh kepada seluruh kepentingan masyarakat (SDM, ekonomi dan material serta manajerial).

IV. KESIMPULAN

Hasil penilaian terhadap kemampuan masyarakat yang diberdayakan dalam pengelolaan hutan menunjukkan bahwa dilihat dari aspek kognitif dan psikomotorik tergolong sedang, sedangkan kemampuan afektif masih rendah.

Model Pemberdayaan masyarakat yang direkomendasikan disebut dengan **Model Pemberdayaan Perhutanan Sosial Berbasis Pembelajaran**. Model yang mengarah kepada pembentukan perilaku positif masyarakat untuk mengelola sumberdaya hutan. Model ini dilakukan dengan memperkuat modal sumberdaya di satu sisi dan pelaku pemberdayaan di sisi lain. Keduanya harus dimediasi oleh proses pemberdayaan hingga dapat meningkatkan keberdayaan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. Buku Pintar Penyuluhan Kehutanan. Pusat Penyuluhan Kehutanan Departemen Kehutanan dan Perkebunan. Jakarta
- Aryadi, M., & Fauzi, H. 2012. Penerapan Sistem Pertanian Terpadu Biocyclofarming Pola Agrosilvopasture dalam rangka Mendukung Ketahanan Pangan di Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Agroforestri III*, 552–558. Retrieved from <http://bptaciamis.dephut.go.id/publikasi/file/MahrusAryadi.pdf>
- Awang, S. 2003. Politik Kehutanan Masyarakat. Kreasi Wacana, Yogyakarta.
- _____. 2007. Dekonstruksi Sosial Forestri: Reposisi Masyarakat dan Keadilan Lingkungan, BIGRAF Publishing. Yogyakarta. 193 hlm.
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 1–26. Retrieved from

<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.psych.52.1.1>

- Brown, T. A. (2006). *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research*. (D. A. Kenny, Ed.) *Methodology in the Social Sciences* (p. 483). New York: The Guilford Press.
- Byrne, B.M. 2009. *Structural Equation Modeling With AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming* (2nd ed., p. 418). New York: Routledge Taylor & Francis Group.
doi:10.4324/9781410600219
- Dave R. (1970) Psychomotor levels. In *Developing and Writing Behavioral Objectives*. Armstrong RJ, ed. Tucson, AZ :Educational Innovators Press.
- Fauzi, H. 2009. Profil Aktivitas Sosial Ekonomi Masyarakat Di Dalam dan Sekitar Kawasan Hutan di Kabupaten Banjar. *Jurnal Hutan Tropis Borneo* 7.(28): 63 – 82
- Fauzi, H. (2010). *Kehutanan masyarakat* (1st ed., p. 274). Banjarmasin: Penerbit Pustaka Banua.
- Fisher, I. (1930). *The theory of interest* (1st ed., p. 432). New York: Macmillan New York.
- Gunawan, I., & Palupi, A. R. (2013). Taksonomi Bloom-Revisi Ranah Kognitif: Kerangka Landasan untuk Pembelajaran, Pengajaran, dan Penilaian. Program Studi PGSD FIP IKIP PGRI Madiun. Retrieved from <http://www.ikipgprimadiun.ac.id/ejourn>
- Krathwohl, D.R., 2002. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, 41(4), pp.212–218. Available at: http://www.tandfonline.com/abs/doi:10.1207/s15430421tip4104_2.
- Mardikanto, T. 2012. *Pemberdayaan Masyarakat dalam Perspektif Kebijakan Publik*. Alfabeta. Bandung
- Rahman, A. (2010). *Pengembangan Perangkat Penilaian Hasil Belajar* (3rd ed.,). Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta. p. 432
- Rogers, E.m. and F.F. Shoemaker. 1971. *Diffusion of Innovation*. Free Press. New York
- Simon, H. 2006. *Perencanaan Pembangunan Sumberdaya Hutan (Diktat S-2)*. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta

- Soemarwoto, Otto. 2004. *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Sugiyono, 2009, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Penerbit CV.Afabeta Bandung
- Sudaryono. (2002). Pengelolaan daerah aliran sungai (das) terpadu, konsep pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(2), 153–158. Retrieved from <http://ejurnal.ppt.go.id>
- Tomlinson, S., 1997. Edward Lee Thorndike and John Dewey on the science of education. *Oxford Review of Education*, 23(3), pp.365–383. Available at: <http://links.jstor.org/sici?sici=0305-4985%28199709%2923%3A3%3C365%3AELTAJD%3E2.o.CO%3B2-8>

MEMBANGUN DESA PRODUKTIF DI HULU DAS JANGKOK DI PULAU LOMBOK DENGAN HASIL HUTAN BUKAN KAYU (HHBK) SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN DAN PENANGGULANGAN BANJIR¹

Oleh :

Indriyatno

Universitas Mataram

Jl. Majapahit 62 Mataram NTB

Email : indrilamuk@yahoo.com

ABSTRAK

Tingkat kerusakan hutan dan lahan di Nusa Tenggara Barat (NTB) masih cukup tinggi, yakni mencapai 507 ribu hektar. Kerusakan itu meliputi 230 ribu ha di kawasan hutan dan 277 ribu ha di luar kawasan hutan. Kerusakan itu 50 % dari luas kawasan hutan di NTB yang totalnya mencapai 1,07 juta hektar. Salah satu penyebab kerusakan hutan adalah kemiskinan 894,7 ribu orang atau 19,73 % dari total penduduk, sebagian besar berada di dalam dan di sekitar kawasan hutan. Dampaknya terjadi banjir di daerah hilir pada tahun 2010. Dalam rangka mengurangi kemiskinan dan pengangguran di perdesaan akibat penurunan kualitas ekosistem dan fungsi Daerah Aliran Sungai sebagai system penyangga kehidupan dilakukan pemberdayaan pengembangan hasil hutan bukan kayu dalam kerangka pengembangan pengelolaan hutan bersama masyarakat di Kawasan DAS Jangkok. Tujuan dari penelitian ini adalah (1). mengurangi tingkat kemiskinan dan pengangguran melalui penumbuhan dan pengembangan hasil hutan non kayu di Desa Pakuan dan Lebah Sempage, (2) memperdayakan kelompok masyarakat dalam pengelolaan hasil hutan non kayu, (3) menjadikan hasil hutan non kayu menjadi salah satu komoditi yang memiliki daya ungkit bagi pertumbuhan ekonomi daerah hulu DAS Jangkok dan (4) mengetahui struktur dan komposisi penyusun hutan di hulu DAS Jangkok sebagai upaya perbaikan konservasi tanah dan air. Metode yang digunakan adalah *action research* dengan melakukan survey, inventarisasi dan pembuatan demoplot. Data yang dikumpulkan melalui analisis dokumen, observasi dan wawancara. Inventarisasi dengan membuat plot untuk mengetahui struktur dan komposisi penyusun vegetasi di dalam dan di luar kawasan hutan di wilayah hulu DAS Jangkok. Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan masyarakat mampu mendomestikasi dan budidaya lebah madu (*Apis cerana* dan *Trigona* sp) sejumlah 100 stup dengan pedapatan rata-rata Rp. 840.000 dari dalam waktu 8 bulan/kepala, mampu mengembangkan inovasi kopi sambung seluas 3 ha, mengembangkan tanaman porang (*Amorphophalus* sp) seluas 10 ha. Tercipta 3 strata tajak pada kawasan HKM di kawasan Hulu DAS Jangkok.

Kata kunci : Desa Produktif, DAS Jangkok, Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) dan Pencegahan Dan Penanggulangan Banjir

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tingkat kerusakan hutan dan lahan di Nusa Tenggara Barat (NTB) masih cukup tinggi, yakni mencapai 507 ribu hektar. Kerusakan itu meliputi 230 ribu hektar di dalam kawasan hutan dan 277 ribu hektar di luar kawasan hutan. Kerusakan itu pun mencapai 50 persen dari luas kawasan hutan di NTB yang totalnya mencapai 1,07 juta hektar. Salah satu penyebab kerusakan hutan adalah kemiskinan di 894,7 ribu orang atau 19,73 % dari total penduduk, yang sebagian besar berada di dalam dan di sekitar kawasan hutan dimana lokasi tersebut berada di daerah aliran sungai, salah satunya adalah DAS Jangkok.

DAS Jangkok dengan luas sekitar 176,06 km² dengan panjang sungai utama sekitar 47,22 km melintasi batas administratif yakni Kabupaten Lombok Barat, Kabupaten Lombok Tengah, dan Kota Mataram. DAS Jangkok memiliki fungsi yang penting karena sebagai sumber air bagi masyarakat di Kabupaten Lombok Barat dan Kota Mataram, seperti untuk pengairan sawah, perikanan, perkebunan dan sumber air minum (PDAM).

DAS Jangkok memiliki peranan yang sangat strategis baik dari sisi cakupan wilayah, jumlah masyarakat pengguna maupun ragam kepentingan. Tantangan ekologi di bagian hulu adalah ketergantungan masyarakat terhadap hutan cukup tinggi, akibatnya pada musim hujan di bagian hilir terancam terkena banjir kiriman (bajir pernah terjadi di Kecamatan Ampenan Kota Mataram pada tahun 2010). Hal ini pula yang mendasari untuk membangun desa produktif di daerah hulu, salah satunya di Desa Pakuan dan Desa Lebah Sempage Kabupaten Lombok Barat. Desa produktif merupakan program yang dirancang untuk mendorong kemajuan dan kesejahteraan masyarakat desa melalui pemberdayaan pengembangan hasil hutan bukan kayu dalam kerangka pengembangan pengelolaan hutan bersama masyarakat di Kawasan DAS Jangkok sehingga tercipta perluasan lapangan kerja di perdesaan.

Tujuan dari penelitian ini adalah

(1). mengurangi tingkat kemiskinan dan pengangguran melalui penumbuhan dan pengembangan hasil hutan non kayu di Desa Pakuan dan Lebah Sempage, (2) memperdayakan kelompok masyarakat dalam pengelolaan hasil hutan non kayu, (3) menjadikan hasil hutan non kayu menjadi salah satu komoditi yang memiliki daya ungkit bagi pertumbuhan ekonomi daerah hulu DAS Jangkok dan (4) mengetahui struktur dan komposisi penyusun hutan di hulu DAS Jangkok sebagai upaya perbaikan konservasi tanah dan air.

II. METODE

Waktu dan lokasi Penelitian

Waktu yang dibutuhkan dalam penelitian ini selama 24 bulan, mulai Januari 2013 – Desember 2014. Penelitian dilakukan di Desa Pakuan dan Lebah Sempage di kawasan hulu DAS Jangkok Jangkok.

Teknik Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan metode *action research* (O'Brien, 1998), dengan melakukan survei, inventarisasi dan pembuatan demoplot. Data yang dikumpulkan melalui analisis dokumen, observasi dan wawancara. Inventarisasi dengan membuat plot untuk mengetahui struktur dan komposisi penyusun vegetasi di dalam dan di luar kawasan hutan di wilayah hulu DAS Jangkok. Membuat demo plot seluas 5 ha tanaman kopi, lombos dan pohon hutan.

Teknik analisa data

Analisa data menggunakan menggunakan analisa swot untuk mengetahui (1) potensi penumbuhan dan pengembangan hasil hutan non kayu di Desa Pakuan dan Lebah Sempage, (2) memperdayakan kelompok masyarakat dalam pengelolaan hasil hutan non kayu. Selanjutnya dilakukan pembuatan petak ukur empat persegi panjang

dengan yang berukuran 61 m x 7,6 m (Richard, 1977) untuk mengetahui struktur dan komposisi hutan pada saat ini.

Dari hasil analisis SWOT dilakukan pembuatan demoplot pengembangan agroforestry berbasis hasil hutan non kayu. Selanjutnya dilakukan analisis secara diskritif gambaran rintisan menjadi desa produktif.

III. HASIL KEGIATAN DAN PEMBAHASAN

a. Kekuatan

- Aksesibilitas dari ibu kota propinsi cukup dekat
- Praktek agroforestry sudah dilakukan oleh masyarakat di hulu DAS Jangkok
- Merupakan salah satu daerah tujuan wisata.
- Tiap desa telah memiliki kelompok tani
- Sebagian petani memiliki skill di bidang pertanian
- Mata air banyak tersebar di dalam dan di luar kawasan hutan
- Sebagian masyarakat menempuh pendidikan ke jenjang pendidikan tinggi (perguruan tinggi)

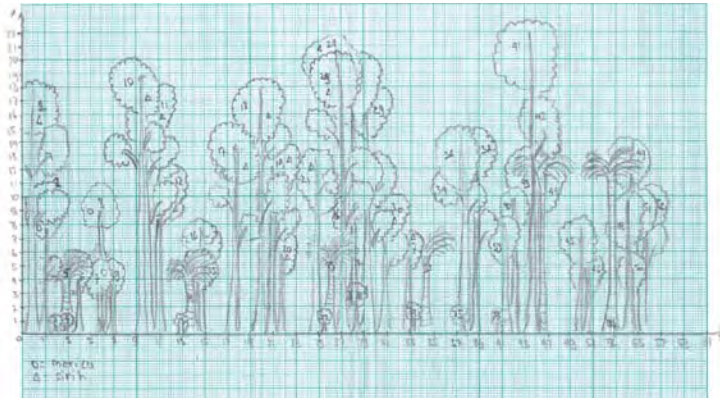
b. Kelemahan

1. Teknis budidaya jenis tanaman masih bersifat tradisional,
2. Praktek budidaya kopi tidak pernah dilakukan pengaturan tajuk, tanaman kakao di birakan meninggi,
3. Pola tanam praktek agroforestry antara tanaman kehutanan dengan tanaman pertanian tidak beraturan.
4. Kotoran ternak sapi sebagai bahan pupuk tidak diolah sebagai sumber pupuk untuk tanaman,
5. Komoditas unggulan seperti kopi, pisang dan kakao berasal dari benih tidak teridentifikasi/mutu rendah, jenis tanaman tidak produktif,
6. Pasar hanya sampai ke pasar tradisional di Pasar Desa Keru, Kecamatan Narmada Kabupaten Lombok Barat.
7. Kalender kegiatan masyarakat tidak dibuat.
8. Sumber daya manusia tingkat pendidikan rendah
9. Masyarakat cenderung menggunakan pestisida dan herbisida kimia sehingga merusak lingkungan.

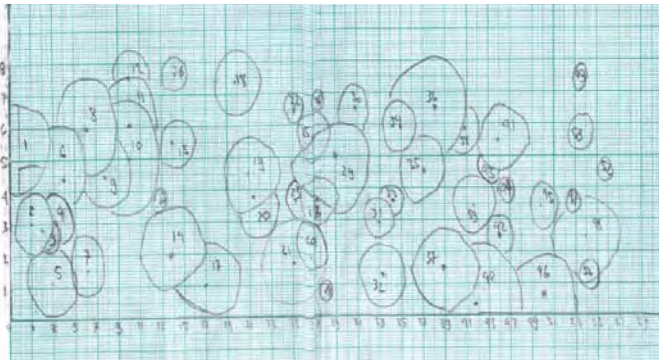
10. Terbatasnya akses ke lokasi pertanian
 11. Sarana dan prasarana terbatas
 12. Kurangnya promosi
 13. Manajemen kelembagaan belum berjalan optimal
 14. Permodalan kurang
 15. Tenaga kerja tidak bisa mencapai sesuai dengan target.
- c. Peluang
1. Memiliki destinasi wisata alam yang menarik
 2. Hotel dan penginapan relatif murah
 3. Memiliki tanah yang subur.
 4. Produk hasil hutan non kayu belum diolah menjadi barang jadi.
 5. Partisipasi sebagai masyarakat mengelola hutan ada.
 6. Terdapat kandang kumpul sebanyak 90 ekor sapi, pada saat ini kotorannya belum dimanfaatkan dan menimbulkan pencemaran bahan organik di DAS Jangkok Propinsi Nusa Tenggara barat. Menurut Prihandini dan Purwanto (2007) setiap satu ekor sapi akan menghasilkan 23,6 kg feses dan 9,1 kg urine. Jadi terdapat $23,6 \text{ kg} \times 30 \text{ ekor} \times 30 \text{ hari} = 21.240 \text{ kg}$ atau 21,24 ton per bulan.
 7. Terdapat mesin pencacah yang belum bisa dimanfaatkan
 8. Lebah sebagai produk hasil hutan non kayu di kawasan hutan kemasyarakatan (HkM) belum dimanfaatkan.
- d. Ancaman
1. Terdapat alih fungsi lahan menjadi perumahan
 2. Masih terdapat illegal logging dan perambahan hutan
 3. Terjadi perubahan iklim yang mengancam ledakan hama dan gagal panen produksi pertanian dalam arti luas.

Dari hasil analisis SWOT, dipadukan dengan hasil pengukuran struktur dan komposisi di lapangan, struktur yang diterapkan di desa rata-rata terdapat 1-3 strata (Gambar 1), tanaman yang dominan adalah sengon, randu, kopi, kakao. Pembentukan sistem agroforestry sistem penanamannya menggunakan selang waktu dalam penanaman tanaman kehutanan dengan tanaman pertanian, praktek ini memungkinkan panen secara terus menerus dari berbagai komoditi

sehingga akan membantu kelangsungan hidup masyarakat karena hasil yang didapatkan tidak diperoleh dari satu kali waktu melainkan secara bertahap. Sedangkan komposisi tanaman yang diterapkan yaitu rata - rata tanaman semusim ditanam celah-celah tanaman kehutanan. Tanaman kehutanan yang ditanam yaitu segon, gaharu, randu sedangkan dari tanaman pertanian yaitu pisang, merica, kopi, siri, cabe, nanas dan talas. Jarak waktu tanam juga berbeda sehingga pemilik yang mengelola lahan dapat memanfaatkan hasilnya untuk dikonsumsi dan dijual.



Gambar 1. Tampak samping struktur dan komposisi penyusun hutan rakyat di desa Pakuan



Gambar 2. Tampak atas struktur dan komposisi penyusun hutan rakyat di desa Pakuan

Dari hasil analisis SWOT dan pengukuran struktur dan komposisi jenis di atas untuk menciptakan desa produktif bersama kelompok masyarakat selanjutnya dilakukan pertemuan kelompok menyusun

kesepakatan untuk menentukan produk unggulan dan melakukan inovasi agroforestry dengan perbaikan genetika tanaman, perbaikan teknik budidaya, serta pengembangan lebah madu sebagai agen penyerbuk tanaman. Menurut Suwarno, dkk (2007) penentuan produk unggulan masyarakat tidak hanya didasarkan atas dominannya sebuah sumber potensi tetapi juga didasarkan pertimbangan lainnya seperti (1) nilai jual sumber potensi masih rendah dan membutuhkan peningkatan nilai jual, (2) sumber potensi belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat, (3) masih terbuka peluang pasar sehingga menjadi sebuah kebutuhan bagi konsumen apabila sumber potensi diolah, (4) jaminan ketersediaan potensi dalam jangka waktu cukup panjang, (5) terdapat sumber ketrampilan di masyarakat dalam mengelola sumber potensi unggulan menjadi produk olahan, (6) sesuai dengan budaya dan karakteristik masyarakat selaku sasaran pasar dari produk unggulan yang akan dikembangkan dan lain sebagainya.

Penetapan produk unggulan diawali dengan kegiatan inventarisasi sumber-sumber potensi yang ada di desa tersebut (Tabel 1).

Tabel 1. Produk Usaha Tani Masyarakat Desa Pakuan dan Lebah Sempage

No	Jenis/species	Kalender panen	Sumber pendapatan
A Kelompok Resin			
1	Gaharu (<i>Gyrinops Versteegii</i>)		Tahunan
B Kelompok minyak Lemak, pati dan buah-buahan			
3	Kemiri (<i>Aleurites moluccana</i>)	Agustus-Oktober	Tahunan
4	Nangka (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)	Sepanjang tahun	Tahunan
5	Aren (<i>Arenga pinata</i>)	Sepanjang tahun	Harian
6	Kakao (<i>Theobroma cacao</i>)	Sepanjang tahun	Tahunan
7	Pisang (<i>Musa bradacarpa</i>)	Sepanjang tahun	Bulanan
8	Kopi (<i>Coffe robusta</i>)	Agustus-Oktober	Tahunan
C Kelompok palm dan bambu			
9	Pinang (<i>Arenga catechu</i>)	Agustus-November	Bulanan
10	Bambu (<i>Bambusa</i> sp)	Sepanjang tahun	Tahunan
11	Rebung bambu	Desember-Februari	Tahunan
D Kelompok tumbuhan obat			
13	Kunyit	Agustus-November	Tahunan
14	Sirih (<i>Piper betle</i>)	Sepanjang tahun	Harian

Sumber : Data Primer diolah

Proses fasilitasi berupa studi banding dan pelatihan, studi banding berjumlah 40 orang dari Desa Pakuan ke Desa Genggeling untuk melihat praktek agroforestry tanaman kehutanan, budidaya lebah madu dan budidaya kambing peranakan etawa. Sedangkan pelatihan berupa teknik pengembangan lebah madu serta penyediaan entres kopi.

Dari hasil studi banding diimplementasi berupa :

1. Budidaya lebah madu *Apis cerena* dan *Trigona* sp sebanyak 100 koloni
2. Pengembangan demoplot agroforestry tanaman ketak, lombos, di kawasan Hkm, Tahura dan hutan rakyat seluas 5 ha.

Dalam pembangunan demoplot juga dilakukan :

- o Pendekatan ekstensif. Mencakup fasilitas proses berikut : 1) Mengenali kebutuhan dan rencana kerja kelompok, 2) Merespon permintaan kelompok tentang informasi dan pengetahuan teknis. Pengetahuan teknis yang diberikan adalah memberikan pemahaman ciri-ciri bibit siap tanam, pupuk siap diaplikasikan, cara pengolahan tanah, pembuatan terasiring serta pembautan lubang tanam.
- o Pendekatan responsif. Fasilitas proses dengan fokus pada 1) membantu kelompok tani agar terorganisir dan 2) Merespon permintaan kelompok tentang informasi dan bantuan teknis. Pertemuan tidak formal dengan mendengarkan masalah di tingkat petani memberikan dampak psikologis yang cepat dalam mengembangka sistem agroforestry di masyarakat.
- o Analisis Pasar untuk Produksi Agroforestry, seperti kegiatan ini dilakukan dengan cara melakukan diskusi jalur komersial untuk hasil kebun masyarakat (Agroforestry). Kegiatan ini dilakukan dengan cara mencari pasar baru, dengan memasarkan produk ke pengrajin ke Kabupaten Lombok Tengah jika nantinya tanaman ketak (*Lygodium circinatum*) panen.

Dari kegiatan di atas setelah 1 tahun masyarakat mulai mengarah ke kegiatan desa produktif. Menurut Anonim (20012) desa produktif adalah suatu desa yang masyarakatnya memiliki kemauan dan kemampuan memanfaatkan secara kreatif, inofatif seluruh potensi

sumber daya yang dimiliki untuk menciptakan nilai tambah dan meningkatkan produktivitas perdesaan. Kegiatan di daerah hulu DAS Jangkok yang mengarah ke desa produktif indikatornya :

1. Tersedianya lapangan kerja yang menyerap usia produktif untuk bekerja di lahan agroforestry sebagai penyangkopi, pekerja sampai pada pengolahan produk.
2. Meningkatnya kualitas sumber daya manusia masyarakat desa, bagi petani mereka mulai belajar menyangkopi tanaman kopi, sedangkan untuk generasi muda diarahkan untuk kuliah di bidang pertanian, peternakan dan kehutanan ke depan diharapkan ikut membantu mengelola sumber daya alam yang terdapat di desa.
3. Meningkatnya pendapatan masyarakat desa dengan dari hasil budidaya lebah madu 100 stup mulai panen Rp. 840.000, kopi ke depan produksinya mencapai 1-1,5 ton atau setara dengan Rp. 20.000.000 sampai 30.000.000 per tahun.
4. Digunakannya sumber daya alam dan sumber daya manusia dari desa sendiri.
5. Adanya kelembagaan kelompok di desa yang partisipatif, transparan dan akuntabel.

Dari demo plot tersebut kecuali memberikan dampak nilai ekonomi juga memberikan dampak ekologi, stratifikasi tajuk mencapai 3 strata di hutan musim akan meminimalkan erosi karena energi permukaan air hujan sudah terpecah pada strata tajuk sehingga energi potensial dan kinetiknya semakin kecil. Hal ini senada dengan pendapat Arsyad (2010) menyatakan bahwa butiran-butiran hujan memiliki energi kinetik yang mampu menghancurkan partikel-partikel tanah.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengabdian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Masyarakat mampu mendomestikasi dan budidaya lebah madu (*Apis cerana* dan *Trigona* sp) sejumlah 100 stup dengan pendapatan rata-rata Rp. 840.000 dari dalam waktu 8 bulan.

2. Mampu mengembangkan inovasi kopi sambung seluas 3 ha, mengembangkan tanaman porang (*Amorphoplaus* sp) seluas 10 ha.
3. Tercipta 3 strata tajuk pada kawasan HKm di kawasan Hulu DAS Jangkok ke depan produksinya mencapai 1-1,5 ton atau setara dengan Rp. 20.000.000 sampai 30.000.000 per ha per tahun.

Saran

Dilakukan pengembangan inovasi agroforestri lebih banyak di masyarakat supaya produk yang dihasilkan dapat dikelola dalam skala industri.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad S., 2010. Konservasi Tanah dan Air. Penerbit IPB Press.

O'Brien, R., An Overview of The Methodological Approach of Action Research. Faculty of Information Studies, University Of Toronto. <http://web.net/robrien/papers/arfinal.html> diakses pada tanggal 25 Oktober 2014.

Rahayu S., R.H. Widodo, M.v. Noorwijk, I. Suryadi dan B. Verbist, 2009. Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai. World Agroforestry Centre.

DISEMINASI TEKNOLOGI KONSERVASI TANAH DAN AIR: TANTANGAN BAGI PROGRAM PENGELOLAAN DAS¹

Oleh:

Nana Haryanti

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com, nana_haryanti@yahoo.com

ABSTRAK

Pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) adalah upaya mencari cara terbaik dalam memanfaatkan air, tanah dan tumbuhan dalam berbagai keterbatasan agroklimat dan kondisi topografi untuk meningkatkan kualitas sumber daya alam baik itu tanah maupun penutupan lahannya. Salah satu yang menjadi fokus utama kegiatan pengelolaan DAS adalah kegiatan diseminasi inovasi dan transfer teknologi konservasi air dan tanah agar partisipasi masyarakat bisa berjalan, sehingga kegiatan peningkatan kualitas DAS dapat dilakukan. Makalah ini bertujuan memaparkan faktor yang menyebabkan proses diseminasi inovasi dan transfer teknologi konservasi air dan tanah mengalami kendala. Metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian kualitatif. Penelitian dilakukan di dua lokasi yaitu di Desa Delingan, Kabupaten Karanganyar, dan Desa Wonosari, Kabupaten Temanggung. Pemilihan lokasi dilakukan dengan pertimbangan bahwa petani kedua lokasi penelitian merupakan subyek kegiatan *action research* konservasi tanah dan air. Pengambilan data dilakukan melalui dua tahapan, pertama adalah pengamatan terhadap proses partisipasi petani pada praktek konservasi air dan tanah, kedua adalah wawancara. Data yang terkumpul kemudian dianalisa secara kualitatif yang didukung oleh studi pustaka untuk mendapatkan gambaran menyeluruh tentang fenomena yang berkembang. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga faktor yang menjadi kendala proses diseminasi dan transfer teknologi konservasi air dan tanah. Faktor pertama berkaitan dengan karakteristik atau sifat dari teknologi yang diperkenalkan. Teknologi yang diperkenalkan dianggap mahal dan membutuhkan banyak waktu dalam penerapannya. Kedua berkaitan dengan karakteristik dari diseminasi yang digunakan, seperti cara penyampaian materi, pemberi pesan maupun sifat pesan yang disampaikan. Ketiga berkaitan dengan karakteristik kelompok tani. Kelompok tani pada kedua lokasi penelitian bersifat apatis, tidak memiliki kemampuan untuk melakukan mobilisasi sosial, secara organisasi lemah, sehingga tidak mampu memediasi kepentingan ekonomi jangka pendek petani demi kepentingan sosial jangka panjang yaitu pengawetan lingkungan.

Kata kunci: diseminasi; teknologi konservasi; pengelolaan DAS

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) adalah upaya untuk mengharmonisasikan penggunaan tanah, air dan tumbuh-tumbuhan di DAS yang ditujukan untuk meningkatkan produktivitas pertanian serta untuk mengawetkan sumber daya alam yang ada didalamnya (Bank Dunia, 2005). Pengelolaan DAS merupakan upaya pengelolaan berbasis pada lahan yang fokus pada kegiatan penyediaan air. Tujuan pengelolaan DAS adalah melakukan konservasi untuk menjaga kelembaban *in situ* serta melindungi ketersediaan air irigasi bagi pengembangan kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat desa. Pengelolaan DAS memberikan perhatian terutama pada distribusi biaya dan manfaat dari proses pengelolaan lahan dan air yang dilakukan secara adil (Joshi, 2004). Oleh sebab itu, partisipasi menjadi kunci keberhasilan pengelolaan DAS. Achouri (2006) menyatakan bahwa kegagalan pengelolaan DAS terutama disebabkan program pengelolaan DAS hanya fokus pada kegiatan konservasi sumber daya alam. Program-program tersebut hanya memberikan sedikit perhatian pada manusia dan prioritas kebutuhan yang berkembang dalam masyarakat.

Begitu pentingnya peran aktif masyarakat dalam kegiatan pengelolaan DAS, tren pengelolaan DAS saat ini sangat mempertimbangkan faktor manusia sebagai faktor yang sangat menentukan keberhasilan pengelolaan DAS. Perhatian terhadap manusia diberikan karena manusia mendominasi dan mengontrol hampir semua ekosistem dalam lanskap DAS. Manusia menyebabkan berbagai perubahan antropogenik yang sangat signifikan pada ekosistem-ekosistem yang dikuasainya (Peterson, 2000) baik perubahan positif maupun negatif. Sebaliknya, perubahan ekosistem yang dinamis juga akan mempengaruhi perubahan perilaku manusia (Dove, 1992). Kondisi ekosistem dan sumber daya yang ada menentukan alternatif hidup yang tersedia bagi manusia, hal ini selanjutnya akan mempengaruhi strategi pengelolaan ekosistem yang dipilih manusia.

Salah satu strategi pengelolaan ekosistem adalah konservasi air dan tanah. Pada pengelolaan DAS, konservasi air dan tanah ditujukan

untuk melindungi tanah agar tidak hilang serta dapat menjadi wahana penyimpanan air. Salah satu faktor penting yang menjadi kunci keberhasilan kegiatan konservasi air dan tanah adalah manusia terutama pengelola lahan. Oleh sebab itu upaya meningkatkan partisipasi pengelola lahan, sebagai contoh petani menjadi prioritas pada banyak lembaga-lembaga baik pemerintah maupun non-pemerintah.

Upaya awal dari proses penerapan konservasi tanah dan air adalah diseminasi teknologi konservasi tanah dan air. Diseminasi teknologi konservasi merupakan proses transfer teknologi dan pengetahuan yang dikembangkan dalam kegiatan penelitian kemudian ditransfer atau dialihkan kepada pengguna melalui penyuluh. Proses ini sering kali dipandang sederhana sebagai proses yang linier dari peneliti kepada penyuluh kemudian kepada pengelola lahan atau petani, padahal pada kegiatan konservasi tanah dan air permasalahan yang berkembang sampai tahapan penerapan merupakan proses yang sangat kompleks. Menurut Erenstein (2003) memberikan perhatian hanya kepada permasalahan biofisik pada kegiatan konservasi tanah dan air tidak akan berhasil menyediakan solusi bagi permasalahan penyuluhan dan adopsi. Hal ini karena praktek konservasi tanah dan air seringkali berkaitan dengan permasalahan-permasalahan yang lebih luas seperti faktor ekonomi, sosiologi, ketidakseimbangan pasar, kelembagaan, *property rights* dan sebagainya.

Mempertimbangkan permasalahan yang berkembang pada kegiatan diseminasi teknologi konservasi tanah dan air, penelitian ini dilakukan. Maksud dari kajian ini adalah untuk memaparkan faktor yang menyebabkan proses diseminasi inovasi dan transfer teknologi konservasi air dan tanah pada lokasi penelitian mengalami kendala yaitu rendahnya difusi inovasi dan adopsi teknologi konservasi tanah dan air.

II. METODOLOGI

Penelitian dilakukan menggunakan metode kualitatif menggunakan pendekatan studi kasus yang dilakukan di Desa Delingan, Kabupaten Karanganyar dan di Desa Wonosari, Kabupaten Temanggung. Penelitian kualitatif digunakan karena dipertimbangkan mampu memberikan penjelasan secara lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang tidak secara terbuka terlihat selama proses penelitian berlangsung. Studi kasus diambil karena adanya kasus yang muncul secara khusus pada lokasi kegiatan *action research*. Studi kasus mampu menjawab dan menjelaskan secara detail munculnya suatu perilaku atau peristiwa (Rowley, 2002). Lebih lanjut Rowley menjelaskan studi kasus sangat tepat digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian *why*.

Pengambilan data dilakukan melalui dua tahapan, pertama adalah pengamatan terhadap proses partisipasi petani pada kegiatan *action research* praktek konservasi tanah dan air, kedua adalah wawancara terhadap para petani peserta kegiatan *action research*. Data yang terkumpul kemudian dianalisa secara kualitatif dengan proses yang disebut *explanation building* yang didukung oleh studi pustaka untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai fenomena yang berkembang. *Explanation building* adalah proses pengembangan penjelasan mengenai penyebab suatu fenomena dengan cara membandingkannya antara teori dan data (Phondej *et.al.*, 2011).

Data yang diperoleh kemudian diolah melalui tahapan sebagai berikut:

1. Mentranskrip interview, hasil interview yang terekam maupun yang tercatat kemudian disusun secara manual. Melalui metode ini peneliti sekaligus menyisihkan data yang tidak sesuai dengan tema (reduksi data).
2. Coding, data yang ada kemudian diberi kode berdasarkan tema yang telah ditentukan. Tema-tema yang dikembangkan antara lain berkaitan dengan karakteristik dari teknologi yang diperkenalkan, diseminasi yang digunakan, serta karakteristik kelompok penerima pesan.

3. Memoing, beberapa data diberi catatan agar mempermudah peneliti pada tahapan penginterpretasian.
4. Pengorganisasian data, data yang telah terkumpul kemudian disusun sesuai kategori-kategori yang telah ditentukan.
5. Identifikasi pola hubungan dalam satu kategori dan antar kategori.
6. Interpretasi dan penyajian data, data yang telah terkumpul kemudian diinterpretasikan untuk kemudian ditarik suatu kesimpulan berdasarkan gambaran umum yang ada.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diseminasi merupakan suatu bagian dari proses komunikasi yaitu upaya menyebar luaskan atau mendistribusikan suatu informasi kepada masyarakat luas (Schillinger, 2010). Pada saat ini pendekatan lama diseminasi atau komunikasi inovasi yang bersifat linier masih diterapkan di banyak tempat di masyarakat meskipun beberapa kelompok masyarakat sudah mampu mengembangkannya dengan mengintegrasikan inovasi yang tidak selalu dikembangkan dan diberikan oleh peneliti dan penyuluh, namun bekerja bersama agen sosial yang lain.

Proses diseminasi suatu teknologi atau inovasi sering kali menghadapi kendala karena hanya dipandang dari dimensi teknologi saja. Oleh sebab itu disarankan untuk melihat beberapa aspek yang mungkin memiliki dampak pada keputusan adopsi atau penolakan suatu inovasi (Leeuwis, 2010). Kendala adopsi inovasi yang muncul dalam wawancara dengan responden antara lain berkaitan dengan:

3.1. Karakteristik Teknologi

Teknologi konservasi tanah dan air (KTA) yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi pembuatan teras, penanaman tanaman kayu serta tanaman penguat teras seperti rumput. Teknologi ini dimaksudkan untuk mengurangi terjadinya erosi karena lahan garapan petani secara umum tidak dilakukan penerasan. Tanaman kayu dan

rumpun juga tidak dikembangkan dilahan garapan, oleh sebab itu ketiga teknik tersebut diterapkan pada lahan garapan petani.

Namun demikian pada perkembangannya beberapa petani merasa keberatan dengan penerapan teknik konservasi air dan tanah itu. Beberapa alasan dikemukakan petani antara lain:

a. *Labour intensive* dan mahal

Pembuatan teras memerlukan biaya yang mahal. Fenomena saat ini kegiatan pertanian hanya dilakukan oleh orang-orang yang usianya sudah lanjut. Petani lanjut usia memang seringkali masih melakukan pertanian intensif namun tidak lagi mampu memelihara lahan secara lestari. Pengelolaan lahan hanya dibantu oleh segelintir anggota keluarga seperti istri. Akibatnya lahan dibiarkan diolah tanpa mengindahkan kaidah konservasi yang benar.

Pembuatan teras seperti saran peneliti maupun penyuluh mensyaratkan petani mencurahkan tenaga yang lebih banyak untuk kegiatan pengolahan lahannya. Petani juga terpaksa harus menyewa tenaga upah agar teras segera terbentuk untuk siap ditanami. Tenaga upah yang mahal, menghambat keinginan petani untuk dapat membuat bangunan konservasi teras. Teras bangku yang diperkenalkan juga dianggap mempersempit bidang oleh. Petani meyakini hal tersebut akan menurunkan produktivitas pertaniannya.

b. Tidak tersedianya material yang cukup

Saran pembuatan teras dengan batu juga menurunkan minat para petani untuk mengadopsinya. Lokasi lahan yang pada umumnya sulit dijangkau mempersulit pengangkutan dan akan menambah biaya yang harus dikeluarkan petani apalagi jika batu tidak tersedia. Petani juga enggan menanam rumput pada bibir teras karena akan mengganggu produksi tanaman pertaniannya.

Mahalnya harga bibit tanaman kayu juga menghambat keinginan mereka untuk mengembangkan tanaman kayu-kayuan. Selain itu akan tanaman kayu dan daunnya juga akan menghambat pertumbuhan tanaman semusimnya.

- c. Tidak memiliki cukup pengetahuan untuk membuatnya
Teknik pembuatan teras memerlukan pengetahuan khusus akar teras yang dibuatnya benar-benar terbangun searah kontur. Meskipun terlihat sederhana dengan menggunakan peralatan sederhana seperti ajir dan ondol-ondol, ternyata tidak memotivasi petani untuk bersedia mengadopsi secara suka rela. Mereka menganggap teknik tersebut menyita banyak waktu dan tenaga.
- d. Teknik KTA mengurangi luas bidang olah dan produksi tanaman pertaniannya
Salah satu yang menyebabkan teknik KTA tidak atraktif dimata petani adalah secara nyata akan mengurangi luas bidang olah. Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran bahwa produksi pertaniannya akan menurun.
- e. Keuntungan ekonomi tidak secara pasti akan diterima dalam waktu dekat
Pertanyaan yang sering muncul adalah kapan keuntungan ekonomi dapat secara pasti bisa diterima oleh petani. Selama ini belum ada penelitian yang mampu menyajikan bahwa penerapan teknik KTA akan mendatangkan keuntungan ekonomi pada tahun tertentu. Hal ini akan meningkatkan resiko petani yang nenerapkannya. Petani pada lokasi penelitian umumnya adalah petani kecil, sehingga mereka tidak memiliki kemampuan untuk menghadapi munculnya berbagai resiko akibat penerapan konservasi tanah dan air.

3.2. Karakteristik Diseminasi yang digunakan

Berdasarkan pengamatan dilapangan mode yang digunakan dalam sosialisasi teknik KTA masih memiliki beberapa kelemahan. Kelemahan tersebut berkaitan dengan hal-hal sebagai berikut:

- 1. Pemberi pesan (Penyuluh)
Penyuluh sering kali adalah orang yang berasal dari luar daerah. Kondisi ini mengakibatkan penyuluh tidak memahami secara detail warga masyarakat yang menjadi binaannya. Masing-masing individu petani dalam masyarakat memiliki keterbatasan-keterbatasan yang tidak sama. Oleh sebab itu suatu teknologi tidak mungkin diterapkan sama pada masing-masing keluarga petani.

Penyuluh juga sering kali tidak memahami tingkat pengetahuan petani, ada beberapa petani yang secara mandiri mampu menyerap ilmu dan bersedia mempraktekannya. Namun demikian, banyak yang tidak serta merta dapat menyerap dan memahami pengetahuan yang diberikan. Petani-petani seperti ini memerlukan pendampingan yang intensif secara individual agar tumbuh kesadarannya dan berkembang pengetahuannya. Permasalahan yang muncul adalah penyuluh tidak dapat melakukan pendampingan secara intensif karena ketidaktersediaan dana.

Permasalahan sebagai orang luar adalah penyuluh tidak mengerti kondisi social ekonomi suatu keluarga petani secara utuh. Padahal alasan-alasan keterbatasan ekonomi merupakan salah satu penyebab seorang petani enggan mengadopsi suatu inovasi. Masalah-masalah seperti ini dipandang tidak menjadi bagian yang harus diselesaikan oleh penyuluh.

Keterbatasan pengetahuan dari penyuluh pada masalah-masalah sosial yang lebih besar seperti pasar, kredit, produk pertanian-kehutanan unggulan menjadi kendala bagi penyelesaian masalah petani. Kondisi ini mempersempit peluang petani dapat memperoleh kompensasi dari input konservasi yang tinggi misalnya dengan menjual produk kehutanannya secara mudah.

2. Cara penyampaian pesan

Pada umumnya kegiatan-kegiatan penyuluhan dilakukan mdengan cara yang sama yaitu pertemuan formal atau semi formal dari petani kepada penyuluh. Metode pembelajaran satu arah memberikan sedikit peluang petani dapat saling bertukar pikiran dan menyampaikan keberatan-keberatannya. Pengamatan pada kedua lokasi penelitian memperlihatkan bahwa petani-petani cenderung hanya duduk dan mendengarkan penjelasan para penyuluh. Jika tidak dimotivasi untuk mengemukakan pendapatnya mereka terlihat segan berpendapat meskipun merasa keberatan dengan apa yang disaranka para penyuluh.

Penyuluh juga hanya menyampaikan pesan tanpa peralatan audio visual atau gambar yang bisa memberikan kejelasan kepada audiennya. Metode ini seringkali tidak mampu memberikan gambaran yang jelas terutama kejelasan mengenai manfaat yang bisa diperoleh dengan penerapan teknik KTA. Oleh sebab itu

banyak perbaikan harus dilakukan pada metode penyuluhan agar petani termotivasi untuk mengadopsi inovasi yang diperkenalkan.

3. Sifat pesan

Sifat inovasi konservasi sangat berbeda dengan inovasi-inovasi lain seperti pengenalan jenis pupuk, pestisida, maupun varietas baru. Konservasi cenderung meminta petani untuk mengubah banyak dari pola pertanian yang telah bertahun-tahun dilakukan, yang mungkin bagi petani lebih mudah. Konservasi juga mereformasi bangunan fisik yang mungkin secara turun temurun memberikan kenyamanan kepada rumah tangganya dalam bentuk keuntungan ekonomi.

Konservasi merupakan solusi bagi permasalahan yang mungkin bagi petani dianggap bukan suatu masalah. Konservasi tidak memberikan keuntungan jangka pendek bagi petani seperti halnya pupuk, pestisida maupun varietas unggulan yang baru.

Hal paling signifikan yang membuat petani tidak termotivasi untuk mengangkat isu bahwa konservasi harus segera dilakukan adalah erosi tidak secara tiba-tiba dan signifikan mengakibatkan kerugian bagi petani. Hal ini berbeda jika petani mendapat serangan hama atau kelangkaan pupuk dan pestisida.

3.3. Karakteristik Kelompok

Kelompok merupakan faktor yang sangat menentukan diadopsinya suatu inovasi. Pada saat ini kelompok dapat dimanfaatkan sebagai modal social bagi upaya pemberdayaan masyarakat. Pengamatan pada dinamika kelompok dari responden penelitian memperlihatkan bahwa kelompok pada lokasi penelitian memiliki karakteristik:

1. Apatis

Kelompok tani yang ada bukan kelompok progresif yang memiliki respon cepat untuk memaknai isu-isu yang berkembang seperti erosi tanah. Kelompok tani pada lokasi penelitian tidak banyak dimanfaatkan oleh anggota menjadi kelompok yang berdaya. Permasalahan yang berkembang diselesaikan secara individual atau berkonsultasi dengan beberapa rekan petani. Selama ini kelompok belum dibangun dan dimanfaatkan untuk bersama-sama menyelesaikan masalah kelembagaan petani.

2. Tidak mampu memobilisasi masa

Perkumpulan yang ada tidak mampu mengembangkan kegiatan bersama (*collective action*) dan memobilisasi modal sosial yang dimiliki masyarakat. Kondisi ini terjadi karena kelompok tidak biasa digunakan sebagai media berdiskusi dan menyelesaikan masalah bersama.

3. Organisasi kelompok lemah

Organisasi kelompok petani pada lokasi penelitian merupakan bentukan pada program penghijauan yang digagas pada masa orde baru. Pada saat ini masyarakat masih mengakuinya namun tidak ada aktivitas dari organisasi ini, kondisi ini dipengaruhi oleh kenyataan bahwa komunitas petani adalah mereka yang telah berusia lanjut. Petani lanjut usia tersebut juga hanya memiliki pendidikan rendah setara sekolah dasar. Dengan demikian pemahaman dan pengetahuannya juga sangat terbatas.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Program perluasan kegiatan konservasi tidak bisa dipandang sebagai suatu proses linier karena melibatkan banyak hal. Karakteristik teknologi, diseminasi serta sifat kelompok penerima harus menjadi pertimbangan ketika mengenalkan suatu inovasi baru. Pada studi pengenalan teknik KTA di Desa Delingan dan Wonosari ketiga hal tersebut ternyata menjadi kendala tidak diadopsinya teknik KTA yang disarankan. Kendala muncul karena teknologi yang diperkenalkan mahal, tidak tersedia material, pengetahuan rendah, mengurangi luas bidang olah dan menyebabkan penurunan produktivitas. Faktor lain yang menyebabkan difusi inovasi rendah disebabkan oleh faktor penyuluh, cara penyampaian pesan yang tidak tepat yang tidak disesuaikan dengan sifat pesan yang disampaikan. Kelompok tani sebagai penerima pesan yang bersifat apatis dengan organisasi yang masih lemah.

Oleh sebab itu beberapa saran dikembangkan agar tingkat adopsi meningkat antara lain:

1. Kharakteristik KTA
Konservasi pada prinsipnya bersifat sukarela (*voluntary*) oleh sebab itu insentif kepada petani agar bersedia menerapkan konservasi diperlukan. Hal ini juga dimaksudkan untuk mengurangi input yang dikeluarkan dan memberikan kompensasi atas berbagai resiko yang dirasakan petani setelah penerapan konservasi.
2. Kharakteristik Diseminasi
Cara penyampaian penyuluhan harus direformasi agar informasi mengenai konservasi menarik minat petani. Para penyuluh juga dibekali dengan ketrampilan yang luas agar bisa bersama-sama memikirkan bagaimana praktek konservasi dilaksanakan pada masing-masing lahan. Hal ini perlu dilakukan karena keterbatasan terjadi secara individual, oleh sebab itu solusinya tidak dapat disamakan untuk tiap-tiap petani.
3. Kharakteristik Kelompok
Perlu disadari bahwa sebagian besar petani adalah mereka yang telah berusia lanjut. Sedangkan masalah pertanian yang akan dihadapi oleh masyarakat Indonesia semakin berat. Oleh sebab itu pemerintah perlu memikirkan berbagai kebijakan yang mendukung munculnya petani-petani muda yang progresif, berpengetahuan luas baik tentang pasar maupun cara pengelolaan lahan yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Achouri, M. 2006. Preparing the next generation of watershed management programmes: Proceedings of the International Conference Preparing For The Next Generation Of Watershed Management Programmes And Projects, Water Resources For The Future. International Conference organized in collaboration with the Italian Ministry for the Environment and Territory. Porto Cervo, Sassari, Sardinia, Italy 22-24 October 2003

- Erenstein O. 2003. Smallholder conservation farming in the tropics and subtropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops. *Agriculture Ecosystem and Environment* 100, 17-37.
- Dove, Dove, M.R., 1992. The dialectical history of 'jungle' in Pakistan: an examination of the relationship between nature and culture. *J. Anthropol. Res.* 48, 231-253.
- Joshi, PK., Pangare, V., Shiferaw, B., Wani, SP, Bouma, J and Scott, C. 2004. Socioeconomic and policy research on watershed management in India: Synthesis of past experiences and needs for future research. Global Theme on Agroecosystems Report no. 7. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 88 pp.
- Leeuwis, C. 2010. Changing views of agricultural innovation: Implications for communicative intervention and science. www.researchintouse.com/resources/ext/irriogrceagri-innov-leeuwis.pdf . Diakses: Agustus 2014.
- Peterson, G. 2000. Political ecology and ecological resilience: An integration of human and ecological dynamics. *Ecological Economics* 35, 323-336.
- Phondej, W, Kittisarn, A, and Neck, P.A. 2011. The Seven Steps of Case Study Development: A Strategic Qualitative Research Methodology in Female Leadership Field. *Review of International Comparative Management* 12(1): 123-134.
- Rowley, J. 2002. Using case studies in research. *Management Research News* 25(1), 16-27.
- Schillinger, D. (2010). An Introduction to Effectiveness, Dissemination and Implementation Research. P. Fleisher and E. Goldstein, eds. From the Series: UCSF Clinical and Translational Science Institute (CTSI) Resource Manuals and Guides to Community-Engaged Research, P. Fleisher, ed. Published by Clinical Translational Science Institute Community Engagement Program, University of California San Francisco. http://ctsi.ucsf.edu/files/CE/edi_introguide.pdf

World Bank. 2005. Agriculture investment sourcebook. Agriculture and Rural Development. The World Bank. Washington DC.

Saran dan masukan dari proses seminar:

- Partisipasi berbasis gotong royong, merupakan budaya yang penting dalam kegiatan diseminasi yang perlu untuk tetap dilestarikan keberadaannya. Penelitian tentang kegiatan-kegiatan terkait dengan hal tersebut perlu terus ditekankan, sehingga proses penyuluhan dan pembelajaran semua stakeholder dapat semakin berkembang dan mencapai tujuannya.
- Perlu dilakukan penelitian yang terkait dengan prediksi keuntungan konservasi untuk menstimulasi petani atau pelaku konservasi lainnya untuk lebih giat mempraktekkan sistem pertanian dengan basis konservasi tanah dan air.

**ANALISIS SEKTOR EKONOMI UNGGULAN KABUPATEN DI DAS
BENGAWAN SOLO DAN PROSPEK PENGEMBANGANNYA:
ANALISIS LOCATION QUOTIENT STATIS DAN DINAMIS¹**

Oleh:

S. Andy Cahyono² dan Wahyu Wisnu Wijaya²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com, sandychahyono@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis (1) sektor ekonomi unggulan kabupaten di DAS Bengawan Solo, dan (2) Prospek pengembangan sektor ekonomi unggulan kedepannya. Penelitian dilakukan di 19 kabupaten di Jawa Tengah dan Jawa Timur yang termasuk dalam DAS Bengawan Solo. Data yang dipergunakan merupakan data sekunder untuk tahun 2008 sampai dengan 2012. Tujuan penelitian pertama dianalisis dengan menggunakan Location Quotient Statis (SLQ) untuk mendapatkan sektor ekonomi unggulan kabupaten dan tujuan kedua menggunakan Location Quotien Dinamis (DLQ). Hasil analisis SLQ menunjukkan bahwa sektor pertanian menjadi unggulan di 15 kabupaten, pertambangan, listrik, dan konstruksi di 5 kabupaten, industri pengolahan di 7 kabupaten, keuangan di 8 kabupaten, jasa di 11 kabupaten dan perdagangan di 3 kabupaten. Berdasarkan temuan ini maka pengelolaan DAS harus memperhatikan potensi ekonomi dan sumberdaya yang tersedia agar pembangunan dapat efisien dalam pemanfaatan sumberdaya sehingga tidak merusak lingkungan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa sektor ekonomi unggulan berbeda tiap kabupaten (LQ lebih dari 1 paling tinggi). Hasil analisis DLQ menunjukkan bahwa sektor pertanian dan keuangan kedepan dapat dikembangkan di 11 kabupaten, industri dan jasa masing-masing di 12 kabupaten, konstruksi dan perdagangan di 10 kabupaten, pengangkutan di 7 kabupaten, listrik di 6 kabupaten dan pertambangan di 4 kabupaten. Sektor ekonomi unggulan kabupaten yang prospektif dikembangkan dimasa depan tiap daerah juga berbeda yaitu Wonogiri (jasa), Sukoharjo (jasa), Klaten (jasa), Karanganyar (pertanian), Surakarta (pengangkutan), Boyolali (jasa), Sragen (pertanian), Ngawi (listrik, gas dan air bersih), Ponorogo (pengangkutan), Magetan (pengangkutan), Madiun (perdagangan), Kota Madiun (pengangkutan), Pacitan (konstruksi), Blora (konstruksi), Bojonegoro (industri pengolahan), Lamongan (industri pengolahan), Tuban (konstruksi), Gresik (pertambangan), Surabaya (keuangan). Berdasarkan pada pengembangan potensi ekonomi pada sektor unggulan maka pembangunan ekonomi kabupaten di DAS Bengawan Solo sebaiknya mempertimbangkan pengembangan infrastruktur, kebijakan, insentif dan sebagainya yang mendorong pengembangan sektor ekonomi unggulan dan yang memiliki prospek di masa depan. Oleh karena itu, dalam perencanaan pengelolaan DAS seyogyanya mempertimbangkan pengembangan sektor unggulan yang memiliki prospek mendorong pengembangan sektor lainnya dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan.

Kata kunci: sektor ekonomi unggulan, DAS Bengawan Solo, Location Quotient

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATARBELAKANG

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) terpadu membutuhkan pembangunan ekonomi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Suatu daerah akan mengalami percepatan pembangunan apabila memiliki sektor ekonomi unggulan yang mampu mengakselerasi pembangunan dan sektor lainnya. Proses pembangunan di daerah dalam suatu DAS seyogyanya disesuaikan dengan potensi, kondisi dan kemampuan daerah. Potensi, kondisi dan kemampuan ekonomi untuk perencanaan pengelolaan DAS dapat dipetakan dan diproyeksikan di masa mendatang.

Penentuan sektor unggulan merupakan langkah awal dalam perencanaan pembangunan yang efisien. Setiap daerah mempunyai potensi dan keunggulan yang menjadi sumber pertumbuhan ekonominya. Kemampuan memacu pertumbuhan ekonomi daerah tergantung pada keunggulan dan daya saing sektor ekonomi (Rustiadi *et al*, 2009). Kabupaten dalam DAS dapat berkembang dengan berkembangnya sektor unggulan yang mendorong sektor ekonomi lainnya (Ishanders, 1995 *dalam* Santoso *et al*, 2012; Wicaksono, 2011). Untuk itu pengembangan ekonomi di kabupaten diprioritaskan pada sektor unggulan dengan mempertimbangkan proporsi sektor lain sesuai potensi daerah (Kuncoro, 2004). Bokemann (1999 *dalam* Santoso, 2012), secara empiris menunjukkan bahwa pertumbuhan wilayah dikaitkan dengan proses spesialisasi, interaksi, sentralitas, *rank-size-rule*, dan dinamika pola pemukiman. Sehingga pertumbuhan wilayah merupakan akibat keterkaitan antar wilayah antara pusat yang didukung wilayah lainnya sebagai hinterland.

Untuk itu penentuan sektor ekonomi unggulan kabupaten di suatu DAS menjadi penting dan dibutuhkan sebagai upaya pengalokasian sumberdaya yang tersedia dengan tepat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis (1) sektor ekonomi unggulan kabupaten di DAS Bengawan Solo, (2) Prospek pengembangan sektor ekonomi unggulan kedepannya.

II. METODOLOGI

Penelitian dilakukan di 19 kabupaten di Jawa Tengah dan Jawa Timur yang termasuk dalam BPDAS Bengawan Solo. Data yang dipergunakan merupakan data sekunder tahun 2008 sampai dengan 2012. Tujuan penelitian pertama dianalisis dengan menggunakan Location Quotient Statis (SLQ) untuk mendapatkan sektor ekonomi unggulan kabupaten dan tujuan kedua menggunakan Location Quotient Dinamis (DLQ). Untuk mengetahui sektor ekonomi unggulan dilihat dengan sektor yang mempunyai kemampuan ekspor atau sektor basis. Metode Location Quotient (LQ) merupakan metode sederhana yang menunjukkan kemampuan ekspor sektor tertentu di suatu daerah terhadap daerah yang lebih luas (Tabrani, 2008; Daryanto dan Hafizrianda, 2010; Setiono, 2011). Metode location quotient (LQ) dibedakan menjadi *static locatient quotient* (SQL) dan *dynamic location quotient*. SQL dirumuskan sebagai berikut:

$$SLQ = \frac{qi/qr}{Qi/Qn}$$

Dimana:

SLQ = Koefesien static location quotient

Qi = Keluaran sektor i DAS

qi = keluaran sektor i kabupaten

Qn = keluaran total DAS

qr = keluaran total kabupaten

berdasar rumus tersebut, maka apabila $LQ > 1$ maka sektor tersebut mengekspor produksinya keluar kabupaten. Sedangkan bila nilai $LQ < 1$ berarti sektor tersebut mengimpor dari kabupaten lainnya.

Metode SLQ mempunyai keterbatasan bersifat statis dan untuk mengestimasi pada tahun tertentu. Untuk mengatasi keterbatasan ini, maka digunakan metode DLQ yang dapat mengakomodasi perubahan struktur ekonomi dalam suatu periode waktu tertentu. Saharuddin (2006) menyatakan DLQ memiliki kesamaan dengan SQL, namun DLQ memasukkan laju pertumbuhan rata-rata tiap sektoral dan totalnya untuk kurun waktu t tahun yang dirumuskan sebagai berikut:

$$DLQ = \left[\frac{(1+g_{ij})/(1+g_j)}{(1+G_i)/(1+G)} \right]^t$$

Dimana:

DLQ = indeks potensi sektor i di kabupaten

g_{ij} = laju pertumbuhan sektor i di kabupaten

g_j = rata-rata laju pertumbuhan sektor di kabupaten

G_i = laju pertumbuhan sektor i di DAS

G = rata-rata laju pertumbuhan sektor di DAS

t = selisih tahun akhir dan tahun awal

Nilai DLQ yang dihasilkan dapat diartikan sebagai berikut: apabila $DLQ > 1$, maka potensi perkembangan sektor i di suatu kabupaten lebih cepat dibandingkan sektor yang sama di DAS. Namun, apabila $DLQ < 1$ maka potensi perkembangan sektor i di suatu kabupaten lebih rendah dibandingkan dengan DAS (Ma'aruf, 2009). Gabungan nilai SLQ dan DLQ dapat dijadikan kriteria dalam menentukan apakah sektor ekonomi termasuk unggulan, prospektif, andalan, dan kurang prospektif. Klasifikasi sektor ekonomi berdasarkan kriteria SLQ dan DLQ sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi sektor berdasarkan nilai SLQ dan DLQ

Kriteria	SLQ > 1	SLQ < 1
DLQ > 1	Sektor unggulan	Sektor andalan
DLQ < 1	Sektor prospektif	Sektor tertinggal

Berdasar Tabel 1, maka sektor unggulan merupakan sektor yang saat ini unggul dan tetap berpotensi unggul beberapa tahun kedepan. Sektor andalan merupakan sektor yang saat ini belum unggul tetapi dimasa depan akan unggul. Sektor prospektif merupakan sektor unggulan saat ini tetapi tidak berpotensi unggul pada beberapa waktu kedepan. Adapun sektor tertinggal merupakan sektor yang saat ini dan beberapa waktu kedepan juga tidak berpotensi unggul.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontribusi sektor ekonomi terhadap pembentukan PDRB merupakan indikasi peran sektor ekonomi dalam pembangunan. Semakin besar kontribusi sektor ekonomi menunjukkan semakin berperan dan pentingnya sektor tersebut dalam perekonomian daerah. Tabel 2 menyajikan kontribusi sektoral per kabupaten yang ada di DAS Bengawan Solo.

Tabel 2. Rerata kontribusi PDRB sektoral per kabupaten di DAS Bengawan Solo, harga konstan tahun 2000 (%), 2008--2012

Kabupaten\sektor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wonogiri	49.72	0.84	4.74	0.59	4.44	13.13	9.20	4.33	13.01
Sukoharjo	19.65	0.73	29.86	1.08	4.32	27.98	4.46	3.53	8.40
Klaten	19.44	1.35	20.21	0.77	7.79	28.88	2.99	3.91	14.66
Karanganyar	20.43	0.79	51.40	1.35	2.37	10.26	2.78	2.11	8.51
kota Surakarta	0.06	0.04	24.88	2.34	13.12	26.94	10.09	10.28	12.25
Boyolali	32.17	1.03	16.35	1.34	2.94	24.85	2.81	6.43	12.07
Sragen	33.22	0.29	22.53	1.21	4.48	18.97	3.36	4.11	11.82
Ngawi	36.39	0.56	6.30	0.62	4.39	29.79	2.62	6.11	13.24
Ponorogo	34.69	2.21	4.55	1.68	2.17	28.12	5.35	7.24	14.00
Magetan	33.50	0.52	8.63	0.89	5.79	26.71	2.11	4.54	17.32
Madiun	36.28	0.50	3.22	0.94	3.30	32.68	3.30	3.12	16.66
Kota Madiun	1.94	0.02	17.00	1.08	4.18	43.98	8.63	7.96	15.21
Pacitan	39.33	4.20	3.52	0.96	8.67	12.04	5.19	9.20	16.90
Blora	53.44	3.44	6.25	0.52	3.48	14.84	3.00	7.35	7.68
Bojonegoro	26.37	27.27	7.40	0.67	3.41	16.73	3.80	4.89	9.46
Lamongan	50.02	0.15	5.32	1.13	2.65	26.56	1.77	3.75	8.65
Tuban	28.21	18.16	22.89	2.96	0.48	15.59	1.97	4.98	4.76
Gresik	8.47	4.22	50.67	2.00	1.25	21.51	3.36	3.64	4.88
Kota Surabaya	0.09	0.01	21.95	2.28	6.74	42.34	11.45	6.52	8.62

Keterangan:

1 = Pertanian, peternakan, kehutanan, perikanan, 2 = Pertambangan galian, 3 = Industri pengolahan, 4 = Listrik, gas dan air bersih, 5 = Konstruksi, 6 = Perdagangan, hotel, restoran, 7 = Pengangkutan dan komunikasi, 8 = Keuangan, real estate dan jasa perusahaan, 9 = Jasa-jasa

Tabel 2 mengindikasikan bahwa sebagian besar kabupaten di DAS Bengawan Solo perekonomiannya masih bersumber pada sektor pertanian kecuali kota Surakarta, Kota Madiun, dan Kota Surabaya. Hal

ini mengimplikasikan bahwa pengelolaan lahan yang baik harus menjadi pertimbangan untuk menjaga kelestarian DAS. Sedangkan sektor perdagangan, hotel, dan restoran menjadi tumpuan utama bagi perekonomian di Klaten, Kota Surakarta, Kota Madiun dan Kota Surabaya.

Untuk mengetahui sektor unggulan tiap kabupaten dalam DAS Baengawan Solo dilakukan analisis SLQ yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai SLQ yang lebih dari satu menunjukkan bahwa sektor tersebut unggul di kabupaten tertentu. Adapun sektor ekonomi yang memiliki nilai di bawah satu merupakan sektor ekonomi non basis di kabupaten yang bersangkutan dan kurang berperan dalam perekonomian daerah.

Tabel 3. Hasil analisis SLQ per kabupaten di DAS Bengawan Solo

Kabupaten\sektor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wonogiri	3.198	0.340	0.216	0.352	0.880	0.425	1.329	0.782	1.304
Sukoharjo	1.264	0.294	1.360	0.647	0.858	0.906	0.643	0.638	0.842
Klaten	1.250	0.546	0.920	0.462	1.546	0.935	0.431	0.708	1.469
Karanganyar	1.314	0.320	2.341	0.810	0.470	0.332	0.401	0.382	0.853
kota Surakarta	0.004	0.014	1.133	1.406	2.603	0.872	1.457	1.859	1.228
Boyolali	2.070	0.414	0.745	0.803	0.584	0.805	0.406	1.163	1.210
Sragen	2.137	0.118	1.026	0.730	0.888	0.615	0.485	0.743	1.184
Ngawi	2.341	0.225	0.287	0.370	0.870	0.965	0.378	1.105	1.327
Ponorogo	2.231	0.892	0.207	1.008	0.430	0.911	0.773	1.309	1.403
Magetan	2.155	0.209	0.393	0.537	1.148	0.865	0.305	0.820	1.736
Madiun	2.334	0.203	0.146	0.565	0.654	1.058	0.477	0.564	1.670
Kota Madiun	0.125	0.006	0.774	0.651	0.829	1.425	1.246	1.439	1.524
Pacitan	2.530	1.696	0.160	0.575	1.719	0.390	0.749	1.663	1.694
Blora	3.437	1.389	0.285	0.312	0.690	0.481	0.433	1.329	0.770
Bojonegoro	1.696	11.003	0.337	0.402	0.676	0.542	0.549	0.883	0.948
Lamongan	3.217	0.061	0.242	0.676	0.526	0.860	0.255	0.678	0.867
Tuban	1.815	7.328	1.042	1.777	0.096	0.505	0.284	0.901	0.477
Gresik	0.545	1.703	2.307	1.200	0.247	0.697	0.485	0.659	0.490
Kota Surabaya	0.006	0.003	1.000	1.371	1.336	1.371	1.654	1.178	0.864

Keterangan:

1 = Pertanian, peternakan, kehutanan, perikanan, 2 = Pertambangan galian, 3 = Industri pengolahan, 4 = Listrik, gas dan air bersih, 5 = Konstruksi, 6 = Perdagangan, hotel, restoran, 7 = Pengangkutan dan komunikasi, 8 = Keuangan, real estate dan jasa perusahaan, 9 = Jasa-jasa

Hasil analisis SLQ menunjukkan bahwa sektor pertanian menjadi unggulan di 15 kabupaten, pertambangan, listrik, dan konstruksi di 5 kabupaten, industri pengolahan di 7 kabupaten, keuangan di 8

kabupaten, jasa di 11 kabupaten dan perdagangan di 3 kabupaten. Berdasarkan temuan ini maka pengelolaan DAS harus memperhatikan potensi ekonomi dan sumberdaya yang tersedia agar pembangunan dapat efisien dalam pemanfaatan sumberdaya sehingga tidak merusak lingkungan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa sektor ekonomi unggulan berbeda tiap kabupaten (LQ lebih dari 1 paling tinggi), yaitu Wonogiri (pertanian), Sukoharjo (industri pengolahan), Klaten (konstruksi), Karanganyar (industri pengolahan), Surakarta (konstruksi), Boyolali (pertanian), Sragen (pertanian), Ngawi (pertanian), Ponorogo (pertanian), Magetan (pertanian), Madiun (pertanian), Kota Madiun (jasa), Pacitan (pertanian), Blora (pertanian), Bojonegoro (pertambangan), Lamongan (pertanian), Tuban (pertambangan), Gresik (Industri pengolahan), Surabaya (pengangkutan).

Untuk mengetahui prospek pengembangan sektor ekonomi kedepannya maka dapat diketahui dari nilai DLQ. Hasil analisis DLQ disajikan Tabel 4. Hasil analisis DLQ menunjukkan bahwa sektor pertanian dan keuangan kedepan dapat dikembangkan di 11 kabupaten, industri dan jasa masing-masing di 12 kabupaten, konstruksi dan perdagangan di 10 kabupaten, pengangkutan di 7 kabupaten, listrik di 6 kabupaten dan pertambangan di 4 kabupaten. Sektor ekonomi unggulan kabupaten yang prospektif dikembangkan dimasa depan tiap daerah juga berbeda yaitu Wonogiri (jasa), Sukoharjo (jasa), Klaten (jasa), Karanganyar (pertanian), Surakarta (pengangkutan), Boyolali (jasa), Sragen (pertanian), Ngawi (listrik, gas dan air bersih), Ponorogo (pengangkutan), Magetan (pengangkutan), Madiun (perdagangan), Kota Madiun (pengangkutan), Pacitan (konstruksi), Blora (konstruksi), Bojonegoro (industri pengolahan), Lamongan (industri pengolahan), Tuban (konstruksi), Gresik (pertambangan), Surabaya (keuangan).

Tabel 4. Hasil Analisis DLQ per Kabupaten di DAS Bengawan Solo

Kabupaten\sektor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wonogiri	1.009	0.999	1.009	0.995	1.011	0.984	0.984	0.997	1.013
Sukoharjo	1.008	0.974	1.006	1.013	1.004	0.990	0.997	1.000	1.009
Klaten	0.971	0.991	1.014	1.029	0.951	0.998	1.012	1.012	1.021
Karanganyar	1.021	0.992	1.002	0.993	0.991	0.999	0.996	1.000	1.007
kota Surakarta	0.985	0.979	1.001	0.990	1.000	1.010	1.024	1.007	1.003
Boyolali	0.989	1.022	0.997	0.992	1.004	0.983	0.998	0.985	1.029
Sragen	1.009	0.993	1.010	0.996	0.990	1.000	0.999	1.000	1.004
Ngawi	1.012	0.979	1.009	1.021	0.999	1.006	1.002	0.988	0.983
Ponorogo	1.000	0.982	1.003	0.989	1.004	1.007	1.021	1.005	0.991
Magetan	1.010	0.974	1.010	0.998	0.996	1.010	1.012	1.003	0.987
Madiun	1.008	0.962	1.000	1.009	0.995	1.013	1.023	0.989	1.001
Kota Madiun	0.999	0.995	0.991	0.990	0.995	1.004	1.018	1.007	1.001
Pacitan	0.998	0.993	0.989	0.998	1.027	1.020	0.992	1.000	0.983
Blora	1.012	0.990	0.995	0.998	1.013	0.994	0.989	0.999	1.011
Bojonegoro	1.000	1.066	1.013	0.980	1.008	0.993	0.981	0.986	0.973
Lamongan	1.001	0.983	1.015	0.987	0.988	1.014	0.989	1.018	1.005
Tuban	0.989	1.015	0.993	1.008	1.019	0.999	0.996	0.997	0.983
Gresik	0.963	1.217	0.969	0.986	0.978	0.988	0.969	0.960	0.969
Kota Surabaya	0.988	0.951	0.992	1.016	1.010	1.003	1.007	1.018	1.014

Keterangan:

1 = Pertanian, peternakan, kehutanan, perikanan, 2 = Pertambangan galian, 3 = Industri pengolahan, 4 = Listrik, gas dan air bersih, 5 = Konstruksi, 6 = Perdagangan, hotel, restoran, 7 = Pengangkutan dan komunikasi, 8 = Keuangan, real estate dan jasa perusahaan, 9 = Jasa-jasa

Berdasarkan Tabel 4, perencanaan pengelolaan DAS kaitannya dengan pembangunan ekonomi kabupaten di DAS Bengawan Solo sebaiknya mempertimbangkan pengembangan infrastruktur, kebijakan, insentif dan sebagainya yang mendorong pengembangan sektor ekonomi unggulan dan yang memiliki prospek di masa depan.

Pengabungan hasil analisis SLQ dan DLQ dapat menghasilkan pengelompokan sektor ekonomi per kabupaten di DAS Bengawan Solo ke dalam empat kategori yaitu sektor unggulan, andalan, prospektif dan tertinggal (Tabel 5). Sektor pertanian merupakan sektor unggulan di daerah yang memiliki ketersediaan lahan mencukupi.

Tabel 5. Klasifikasi Sektor Ekonomi berdasarkan SLQ dan DLQ per Kabupaten di DAS Bengawan Solo

Kabupaten\Sektor ekonomi	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Wonogiri	1	4	2	4	2	4	3	4	1
Sukoharjo	1	4	1	2	2	4	4	2	2
Klaten	3	4	2	2	3	4	2	2	1
Karanganyar	1	4	1	4	4	4	4	2	2
kota Surakarta	4	4	1	3	1	2	1	1	1
Boyolali	3	2	4	4	3	4	4	3	1
Sragen	1	4	1	4	4	2	4	2	1
Ngawi	1	4	2	2	4	2	2	3	3
Ponorogo	1	4	2	3	2	2	2	1	3
Magetan	1	4	2	4	3	2	2	2	3
Madiun	1	4	2	2	4	1	4	4	1
Kota Madiun	4	4	4	4	4	1	1	1	1
Pacitan	3	3	4	4	1	2	4	1	3
Blora	1	3	4	4	2	4	4	3	2
Bojonegoro	1	1	2	4	2	4	4	4	4
Lamongan	1	4	2	4	4	2	4	2	2
Tuban	3	1	3	1	2	4	4	4	4
Gresik	4	1	3	3	4	4	4	4	4
Kota Surabaya	4	4	3	1	1	1	1	1	2

Keterangan:

Untuk klasifikasi sektor dimana 1 = Sektor unggulan; 2 = sektor andalan; 3 = sektor prospektif, 4 = sektor tertinggal. Untuk keterangan sektor dimana A = Pertanian, peternakan, kehutanan, perikanan, B = Pertambangan galian, C = Industri pengolahan, D = Listrik, gas dan air bersih, E = Konstruksi, F = Perdagangan, hotel, restoran, G = Pengangkutan dan komunikasi, H = Keuangan, real estate dan jasa perusahaan, I = Jasa-jasa

Berdasarkan Tabel 5, sektor pertanian, peternakan, kehutanan dan perikanan menjadi unggulan di Kabupaten Wonogiri, Sukoharjo, Karanganyar, Sragen, Ngawi, Ponorogo, Magetan, Madiun, Blora, Bojonegoro, Lamongan. Untuk pertambangan galian menjadi

unggulan di Bojonegoro, Tuban dan Gresik. Sektor Industri di DAS Bengawan Solo dapat menjadi unggulan di Sukoharjo, Karanganyar, Surakarta, dan Sragen. Sektor listrik, gas dan air bersih masih unggul di Kabupaten Tuban dan kota Surabaya. Untuk konstruksi dapat menjadi unggulan bagi Surakarta, Pacitan, dan Kota Surabaya. Sektor perdagangan, hotel restoran dikembangkan di Madiun, Kota Madiun dan Kota Surabaya. Untuk sektor pengangkutan dan komunikasi akan menjadi unggulan di Kota Surakarta, Kota Madiun dan Kota Surabaya. Sektor keuangan berpusat di Surakarta, Ponorogo, Kota Madiun, Pacitan, dan Kota Surabaya. Sedangkan sektor jasa akan menjadi unggulan bagi Wonogiri, Klaten, Surakarta, Boyolali, Klaten, Sragen, Madiun, dan Kota Madiun.

Tabel 5 juga menunjukkan sektor andalan yaitu sektor yang memiliki prospek unggul dimasa mendatang. Sedangkan sektor prospektif merupakan sektor yang mengalami penurunan peran dimana saat ini unggul tetapi dimasa depan tidak unggul lagi. Sedangkan sektor tertinggal merupakan sektor yang tidak berkembang dan tidak memiliki potensi unggul karena sumberdaya dan daya saingnya yang rendah.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Setiap kabupaten di DAS Bengawan Solo memiliki sektor ekonomi unggulan yang berbeda-beda dan sektor yang potensial untuk unggul di masa depan yang berbeda-beda sesuai dengan potensi sumberdaya, faktor endowment dan sebagainya. Pengembangan sektor ekonomi unggulan dapat mendorong sektor lainnya, penggunaan sumberdaya lebih efisien dan kelestarian sumberdaya dalam DAS.

Untuk itu dalam perencanaan pengelolaan DAS seyogyanya mempertimbangkan pengembangan sektor unggulan yang memiliki prospek mendorong pengembangan sektor lainnya dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan. Pengembangan pertama diarahkan pada sektor ekonomi yang unggul di kabupaten, menjaga sektor ekonomi yang menjadi andalan serta mengembangkan sektor ekonomi yang prospektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto, A dan Hafizrianda, Y. 2010. *Model-Model Kuantitatif untuk Perencanaan Pembangunan Ekonomi Daerah*. IPB Press. Bogor.
- Kuncoro, M. 2004. *Otonomi dan Pembangunan Daerah; Reformasi, Perencanaan, Strategi dan Peluang*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Ma'aruf, A. 2009. Anatomi makro ekonomi regional: studi kasus Provinsi DIY. *Jejak*, 2 (2): 114—125.
- Rustiadi, E., Saefulhakim, S., dan Panuju, D.R. 2009. *Perencanaan dan Pengembangan Wilayah*. Crestpent Press dan Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Saharuddin, S. 2006. Analisis Ekonomi Regional Sulawesi Selatan. *Jurnal Analisis*, 3 (1): 11-24.
- Santoso, E.B., Aulia, B.U., Rahmawati, D dan Feryansyah, D. 2012. Analisis Keterkaitan Wilayah Secara Sektoral Ditinjau dari Sektor Unggulan Kawasan GKS Plus terhadap Jawa Timur: Implikasinya terhadap Pengembangan Perkotaan. *Seminar Nasional CITIES* 2012.
- Setiono, D.N.S. 2011. *Ekonomi Pengembangan Wilayah: Teori dan Analisis*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Tabrani, A. 2008. Analisis Sektor Unggulan Perekonomian Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 10 (1): 1-6.
- Wicaksono, I. A. 2011. Analisis Location Quotient Sektor dan Subsektor Pertanian pada Kecamatan di Kabupaten Purworejo. *Mediagro*, 7 (2): 11-18.

ANALISIS TINGKAT PARTISIPASI AGROFORESTRI KONSERVASI TANAH

Studi Kasus di Desa Gunungsari, Kecamatan Tlogowungu, Kabupaten Pati, Jawa Tengah¹

Oleh:

C. Yudi Lastiantoro

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.
Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959
Email: bpt.kpdas@gmail.com, lastiantoro@yahoo.co.id

ABSTRAK

“Agroforestri konservasi tanah” yang dibangun oleh BPTKPDAS sejak tahun 2011 sampai 2013 untuk mendukung ketahanan tanah terhadap bahaya erosi dan longsor, dalam rangka merehabilitasi lahan terdegradasi. Ruang lingkup penelitian ini meliputi masyarakat yang memiliki lahan terdegradasi di sekitar kawasan hutan dan telah menerapkan pola “agroforestri konservasi tanah”. Penelitian dilaksanakan di Desa Gunungsari Kecamatan Tlogowungu Kabupaten Pati, masuk wilayah hulu Sub DAS Gandu Suwaduk, DAS Segrek. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat partisipasi masyarakat dalam mengembangkan pola agroforestri konservasi tanah. Penelitian ini merupakan studi kasus yang memberi akses dan peluang dilakukan penelaahan mendalam, intensif dan menyeluruh (Bungin, 2006). Wawancara mendalam dilakukan kepada informan tentang fakta suatu peristiwa disamping opininya. Pemilihan informan kunci dilakukan dengan sengaja (purposive sampling). Informan kunci (responden) berjumlah 30 orang, bersifat tetap sejak tahun 2011 sampai 2013. Pengumpulan data menggunakan teknik survey dan observasi lapang. Hasil penelitian menunjukkan: (1) Faktor internal: umur, lama tinggal di desa, jenis pekerjaan, pendapatan, tingkat pendidikan maupun tingkat pengetahuannya; tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat partisipasi. (2) Variabel eksternal: (a).Keaktifan dalam kegiatan usahatani berbasis konservasi tanah memberikan pengaruh terhadap aspek pelaksanaan dalam partisipasi. (b).Kehadiran dalam pertemuan kelompok tani memberikan pengaruh terhadap aspek monitoring dan evaluasi dalam partisipasi. (3) Peran aktor institusi pemerintah maupun tokoh masyarakat dalam mendorong partisipasi, dinilai oleh masyarakat berkategori bagus. (4) Pengaruh aktor eksternal institusional terhadap faktor eksternal responden dalam berpartisipasi adalah semua aktor institusioanl berpengaruh, kecuali peran tokoh masyarakat tidak mempengaruhi kehadiran dalam pertemuan kelompok. (5) Tingkat partisipasi masyarakat pada program “agroforestri konservasi tanah” telah mengalami peningkatan, pada tahun 2011 tingkat partisipasi rendah – sedang. pada tahun 2013 telah menjadi tinggi. (6) Bentuk sumbangan masyarakat yang dominan dalam berpartisipasi membangun agroforestri konservasi tanah adalah tenaga dan material yang berupa bibit tanaman dan pupuk kandang.

Kata kunci: partisipasi, agroforestri, konservasi tanah, degradasi, bentuk sumbangan.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di Indonesia para petani lahan kering sebenarnya sudah sejak lama menerapkan pola agroforestri. Nama lain dari agroforestri adalah *wanatani* di Jawa Tengah atau *talun* di Jawa Barat, *repong* di Lampung Barat, *parak* di Sumatera Barat, *tembawang* (*tiwmawakng*) di Kalimantan Barat, *simpung* (*simpukng*) di Kalimantan Timur (Wikipedia, 2014). Para petani lahan kering telah mengikuti kearifan lokal dengan melakukan penanaman pohon, penanaman tanaman pangan dan memelihara ternak yang dilakukan secara bersamaan. Pembangunan agroforestri konservasi tanah ditujukan untuk mempercepat implementasi konservasi tanah secara vegetative dan sipil teknis untuk mengurangi erosi sedimentasi, tanah longsor dan kekritisian lahan serta melibatkan masyarakat setempat. Agroforestri konservasi tanah yang dikembangkan oleh BPTKPDAS sejak 2011 sampai 2013 telah melibatkan masyarakat untuk diajak berpartisipasi memahami dan menerapkan agroforestri konservasi tanah dilahannya secara mandiri. Menurut Eugen C. Erickson dalam Surotinojo (2009), partisipasi pada dasarnya mencakup dua bagian yaitu internal dan eksternal. Partisipasi secara internal berarti adanya rasa memiliki terhadap komunitasnya. Sedangkan partisipasi secara eksternal, terkait dengan bagaimana individu melibatkan diri dengan komunitas luar. Maka partisipasi merupakan bentuk tanggung jawab sosial dari individu terhadap komunitasnya sendiri maupun dengan komunitas luar. Dari pengertian tersebut, dapat dikatakan bahwa inti dari partisipasi masyarakat terhadap program agroforestri konservasi tanah adalah sikap sukarela masyarakat untuk ikut membantu keberhasilan program tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Pengembangan Agroforestri konservasi tanah yang dikembangkan oleh BPTKPDAS sangat ditentukan oleh partisipasi masyarakat. Karakteristik sosial ekonomi dan budaya masyarakat setempat dapat mendukung kegiatan ini, sebab mereka telah menerapkan teras pada tanaman kopi dibawah tegakan pinus di kawasan Perum Perhutani. Namun masih ada kekawatiran bahwa setelah program/proyek ini selesai, masyarakat kembali menerapkan pola lama yaitu menanam

ketela pohon secara monokultur. Sehingga partisipasi masyarakat pada program/proyek ini sangat diharapkan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui faktor-faktor internal, eksternal dan aktor institusional yang mempengaruhi partisipasi, serta perubahan tingkat partisipasi masyarakat pada kegiatan Agroforestri konservasi tanah sejak 2011 sampai 2013. Juga untuk mengetahui bentuk sumbangan partisipasi masyarakat yang dominan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam membangun pola agroforestri konservasi tanah di Desa Gunungsari.

1.4. Sasaran Penelitian

Sasaran yang akan dicapai dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat partisipasi masyarakat serta bentuk sumbangan partisipasi dan faktor-faktor yang mempengaruhi partisipasi masyarakat dalam program Agroforestri konservasi tanah.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan sejak 2011 sampai 2013, di Desa Gunungsari, Kecamatan Tlogowungu, Kabupaten Pati, Jawa Tengah, blok Duren Bayi, Sub DAS Gandu Suwaduk, DAS Segrek. Jenis tanah regosol dengan batuan induk vulkan. Luas wilayah Desa Gunungsari seluas 1.712 ha, topografi bergunung dengan ketinggian tempat antara 500 – 750 m dari permukaan laut (BPTKPDAS, 2011). Waktu penelitian bulan September - Desember 2011 dan September – Desember 2013.

2.2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data internal dan eksternal responden, peran aktor intansional dan partisipasi, dilaksanakan secara langsung ke responden dengan teknik wawancara terstruktur berdasarkan daftar pertanyaan kepada 30 responden (tetap) yang telah dipilih secara acak sejak tahun 2011 sampai 2013.

2.3. Metode dan Analisis Data

Metode penelitian ini adalah metode kuantitatif, karena data yang diperoleh berupa angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran data serta menampilkan hasilnya. Pengolahan data faktor-faktor internal dan eksternal responden dilakukan melalui analisis statistik deskriptif yaitu yang meliputi perhitungan frekuensi dan prosentase yang disajikan dalam bentuk tabel. Analisis faktor-faktor internal, eksternal dan peran aktor institusional dalam mempengaruhi tingkat partisipasi menggunakan Chi square. Analisis tingkat partisipasi menggunakan metode besaran, seperti dirumuskan oleh Sugiyono dalam Manule, 2002. dimana besarnya tingkat partisipasi masyarakat dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Tingkat Partisipasi} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Tingkat partisipasi rendah = <50%

Tingkat partisipasi sedang = 50% - 75%

Tingkat partisipasi tinggi = > 75% - 100%

Nilai indikator keterlibatan masyarakat dalam proses perencanaan, pelaksanaan, penerimaan manfaat dan monitoring evaluasi, pada kegiatan agroforestri konservasi tanah; dengan kategori dan nilai :

Rendah = 1-5 kali terlibat dalam kegiatan setiap tahunnya (< 50%)

Sedang = 6 – 9 kali terlibat dalam kegiatan setiap tahunnya (50% - 75%)

Tinggi = lebih 10 kali terlibat dalam kegiatan setiap tahunnya (76% - 100%)

Skor yang diperoleh berdasarkan nilai jawaban dari hasil wawancara dan merupakan hasil perhitungan berdasarkan nilai indikator. Skor maksimal merupakan seluruh nilai maksimal dari daftar pertanyaan (nilai harapan). Tingkat partisipasi berdasarkan skor yang diperoleh dibagi dengan skor maksimal nilai harapan dari kuesioner, dikalikan 100%.

III. HASIL PENELITIAN

3.1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Partisipasi

Faktor-faktor yang mempengaruhi partisipasi terdiri dari faktor dari dalam partisipan (*internal*), faktor dari luar diri partisipan untuk

berpartisipasi (*eksternal*) dan peran aktor institusional. Faktor internal, yaitu berasal dari dalam pelaku atau partisipan, yaitu umur, lamanya tinggal, pendidikan, pekerjaan, pendapatan, dan pengetahuan. Faktor external, yaitu individu melibatkan diri dengan komunitas luar karena mempunyai kepentingan yaitu: bentuk sumbangan partisipasi terhadap program, sumbangan pemikiran, kehadiran dalam pertemuan, keaktifan berdiskusi dan keaktifan dalam kegiatan membangun agroforestri. Peran aktor dari luar individu responden yang mempunyai kepentingan dan pengaruh terhadap tingkat partisipasi (*actor external institusional*) adalah: Pamong Desa, Tokoh Masyarakat dan Instansi Pemerintah. Menurut Slamet (1994) dalam Surotinojo (2009), terdapat hubungan antara ciri-ciri individu dengan tingkat partisipasi, seperti usia, tingkat pendidikan, jenis pekerjaan, lamanya menjadi anggota masyarakat, besarnya pendapatan, keterlibatan dalam kegiatan pembangunan akan sangat berpengaruh pada partisipasi. Faktor internal yang mempengaruhi partisipasi dapat diperiksa pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Internal Responden dalam Berpartisipasi

No	Kategori	Frekuensi	Presentase
1.	Umur	30	100,00
a.	< 24 th	0	0,00
b.	25 – 34 th	4	13,33
c.	35 – 44 th	8	26,66
d.	45 – 54 th	10	33,35
e.	> 55 th	8	26,66
2.	Lamanya tinggal di Desa	30	100,00
A	< 5 th	0	0,00
b	6 – 10 th	0	0,00
C	11 – 15 th	9	30,00
d	16 – 20	3	10,00
E	> 20	18	60,00
3.	Jenis Pekerjaan	30	100,00
A	Buruh Tani	0	0,00
b	Petani Penggarap	19	63,33
C	Wiraswasta	2	6,67
d	Petani Pedagang	9	30,00
E	Lainnya	0	0,00

No	Kategori	Frekuensi	Presentase
4.	Tingkat Pendapatan	30	100,00
a	Rendah = < 5 juta	4	13,33
B	Sedang = 5 – 8 juta	21	70,00
c	Cukup = 8,1 – 11 juta	3	10,00
d	Tinggi = > 11 juta	2	6,67
5	Tingkat Pendidikan	30	100,00
a	Sekolah Dasar	23	76,67
b	SMP	3	10,00
C	SMA	3	10,00
d	D3	1	3,33
E	Sarjana	0	0,00
6	Pengetahuan Agrofores kontan	30	100
a	Tidak Tahu	0	0,00
b	Kurang Tahu	7	23,33
c	Cukup Tahu	5	16,67
D	Sudah Tahu	15	50,00
e	Sangat Tahu	3	10,00

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Karakteristik responden yang merupakan faktor internal dalam berpartisipasi, mempunyai karakteristik yang beragam. Sebagian besar responden berumur 45 – 54 tahun (33,35%), lamanya tinggal di desa lebih dari 20 tahun (60,00%), jenis pekerjaannya petani penggarap (63,33%), tingkat pendapatan sedang: antara Rp 5 – Rp 8 juta/kk/th (70,00%), tingkat pendidikan rata-rata Sekolah Dasar (76,67%) dan pengetahuan tentang agroforestri konservasi tanah mereka sudah tahu (50,00%). Menurut Irawan (2011) variabel umur dan pendidikan berpengaruh positif terhadap kecenderungan petani untuk berpartisipasi, variabel jumlah anggota keluarga dan pengalaman usahatani berpengaruh negatif terhadap kecenderungan petani untuk berpartisipasi. Nilai Pearson Chi Square dari faktor internal terhadap aspek partisipasi dapat diperiksa pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Pearson Chi Square dari Faktor Internal terhadap Aspek Partisipasi

Variabel Terpengaruh	A	B	C	D
Variabel Pengaruh				
Umur	6.174	3.720	3.594	3.594
Lamanya tinggal di desa	8.482	4.000	1.875	1.875
Jenis Pekerjaan	2.706	1.430	1.617	1.617
Pendapatan	2.640	1.286	1.503	0.908
Tingkat Pendidikan	4.084	1.409	1.377	1.377
Tingkat Pengetahuan	9.612	2.434	5.952	5.952


Sumber: Hasil Analisis, 2014

Keterangan: A = Aspek Perencanaan dalam Partisipasi

B = Aspek Pelaksanaan dalam Partisipasi

C = Aspek Penerimaan manfaat dalam Partisipasi

D = Aspek Monitoring Evaluasi dalam Partisipasi

 = Chi Square hitung > Chi Square tabel

Tabel diatas merupakan hasil perhitungan *Pearson Chi Square* dengan menggunakan program SPSS 17. Hasilnya adalah semua variabel internal responden tidak memberikan pengaruh nyata terhadap semua aspek dalam partisipasi. Artinya adalah semua orang tanpa membedakan umur, lama tidaknya tinggal di desa, jenis pekerjaan, kaya-miskin, tingkat pendidikan maupun tingkat pengetahuannya dapat berpartisipasi terhadap pengembangan agroforestri konservasi tanah.

Adapun faktor eksternal responden yang dapat mempengaruhi partisipasi pengembangan agroforestri konservasi tanah, dapat diperiksa pada Tabel 3.

Tabel 3. Faktor Eksternal Responden dalam Berpartisipasi

No.	Kategori	Frekuensi	Prosentase
A	Sumbangan dalam program	30	100,00
1	Tenaga, uang dan material	0	0,00
2	Tenaga dan uang	0	0,00
3	Tenaga dan material	17	56,67
4	Uang dan material	0	0,00

No.	Kategori	Frekuensi	Prosentase
5	Tenaga	13	43,33
B.	Sumbangan pikiran	30	100,00
1	Usulan	5	16,67
2	Saran	4	13,33
3	None	10	33,33
4	Kritik	2	6,67
5	Tidak ada	9	30,00
C.	Kehadiran dalam pertemuan	30	100,00
1	Selalu hadir	5	16,67
2	Sering hadir	8	26,66
3	Cukup hadir	14	46,66
4	Jarang hadir	2	6,67
5	Tidak hadir	1	3,33
D	Keaktifan dalam berdiskusi	30	100,00
1	Sangat tinggi	0	0,00
2	Tinggi	10	33,33
3	Cukup tinggi	10	33,33
4	Rendah	6	20,00
5	Sangat rendah	4	13,34
E	Keaktifan dalam kegiatan	30	100,00
1	Selalu ikut	15	50,00
2	Sering	11	36,66
3	Kadang-kadang	2	6,67
4	Pernah	2	6,67
5	Tidak pernah	0	0,00

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Pada tabel diatas menunjukan bahwa sumbangan dalam program partisipasi agroforestri konservasi tanah berupa tenaga dan material (56,67%), sumbangan pikiran hanya oleh orang tertentu (none=33,33%), tidak semua responden hadir (tingkat kehadiran: cukup,46,66%), keaktifan dalam berdiskusi cukup - tinggi (66,66%), keaktifan dalam kegiatan selalu ikut (50%). Nilai Pearson Chi Square dari faktor internal terhadap empat (4) aspek partisipasi dapat diperiksa pada tabel 4.

Tabel. 4. Nilai Pearson Chi Square dari Faktor External terhadap Aspek Partisipasi

Variabel Terpengaruh	A	B	C	D
Variabel Pengaruh				
Bentuk sumbangan partisipasi	5.129	0.027	0.136	0.136
Sumbangan pikiran dalam pertemuan	14.188	4.440	6.424	2.188
Kehadiran dalam pertemuan	11.797	6.729	6.789	13.817
Keaktifan dalam pertemuan	6.339	7.680	5.938	5.417
Keaktifan dalam kegiatan	10.328	10.975	2.405	3.258


Sumber: Hasil Analisis, 2014

Keterangan: A = Aspek Perencanaan dalam Partisipasi Agroforestri konservasi tanah

B = Aspek Pelaksanaan dalam Partisipasi Agroforestri konservasi tanah

C = Aspek Penerimaan manfaat dalam Partisipasi Agroforestri konservasi tanah

D = Aspek Monitoring Evaluasi dalam Partisipasi Agroforestri konservasi tanah

 = Chi Square hitung > Chi Square tabel

Tabel diatas merupakan hasil perhitungan *Pearson Chi Square* dengan menggunakan program SPSS 17. Hasilnya adalah keaktifan dalam kegiatan usahatani berbasis konservasi tanah memberikan pengaruh terhadap aspek pelaksanaan dalam partisipasi “Agroforestri konservasi tanah”. Kehadiran dalam pertemuan kelompok tani memberikan pengaruh terhadap aspek monitoring dan evaluasi dalam partisipasi. Artinya adalah para petani sudah tahu dan mampu melakukan kegiatan usahatani berbasis konservasi tanah. Para petani di dalam pertemuan kelompok telah memonitor dan mengevaluasi kegiatan agroforestri konservasi tanah.

Hubungan antara faktor eksternal responden terhadap faktor internal responden, dapat diperiksa pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Pearson Chi Square dari Faktor Internal terhadap Faktor Eksternal

Variabel Terpengaruh Variabel Pengaruh	A	B	C	D	E
Umur	3.020	8.050	6.721	16.450	8.734
Lamanya tinggal di desa	2.624	21.833	2.333	8.000	11.939
Jenis Pekerjaan	1.960	7.611	6.437	7.110	5.944
Pendapatan	5.953	29.466	12.855	10.667	5.225
Tingkat Pendidikan	1.552	7.758	8.649	7.101	7.357
Tingkat Pengetahuan	9.677	16.857	14.927	29.562	13.952

Sumber: Hasil Analisis, 2014


Keterangan: A = Bentuk sumbangan partisipasi

B = Sumbangan pikiran dalam pertemuan

C = Kehadiran dalam pertemuan

D = Keaktifan dalam pertemuan

E = Keaktifan dalam kegiatan

 = Chi Square hitung > Chi Square tabel

Tabel diatas merupakan hasil perhitungan *Pearson Chi Square* dengan menggunakan program SPSS 17. Hasilnya adalah tingkat pengetahuan memberikan pengaruh terhadap bentuk sumbangan partisipasi. Faktor lamanya tinggal di desa dan pendapatan memberi pengaruh terhadap sumbangan pikiran dalam pertemuan. Artinya adalah para petani telah mempunyai pengetahuan dalam usahatani konservasi tanah dan air, sehingga partisipasinya diwujudkan dalam bentuk sumbangan tenaga dan material (Tabel 3). Petani yang telah lama tinggal di desa dan mempunyai pendapatan (kaya), akan lebih berani bicara karena pendapatnya lebih didengar dan berpengaruh terhadap anggota kelompoknya. Adapun tingkat peran aktor eksternal yang dapat mempengaruhi partisipasi, dapat diperiksa pada Tabel 6.

Tabel 6. Peran Aktor Institusional

No.	Kategori	Frekuensi	Presentase
1	Peran Insitusi Pemerintah	30	100,00
a	Sangat bagus	7	23,30
b	Bagus	12	40,00
c	Cukup bagus	11	36,70
d	Kurang bagus	0	
e	Tidak bagus	0	

No.	Kategori	Frekuensi	Presentase
2	Peran Pamong Desa	30	100,00
a	Sangat bagus	0	0,00
b	Bagus	15	50,00
c	Cukup bagus	15	50,00
d	Kurang bagus	0	0,00
e	Tidak bagus	0	0,00
3	Peran Tokoh Masyarakat	30	100
a	Sangat bagus	0	0,00
b	Bagus	18	60,00
c	Cukup bagus	12	40,00
d	Kurang bagus	0	0,00
e	Tidak bagus	0	0,00

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Tabel diatas menunjukkan bahwa peran aktor institusi pemerintah maupun tokoh masyarakat berkategori bagus. Artinya adalah masyarakat menilai bagus terhadap peran aktor pemerintah pusat, kabupaten maupun desa (tokoh masyarakat) dalam mendorong masyarakat berpartisipasi terhadap pengembangan agroforestri konservasi tanah. Nilai Pearson Chi Square dari Faktor Tokoh Institusional terhadap Faktor Eksternal dapat diperiksa pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Pearson Chi Square dari Faktor Tokoh Institusional terhadap Faktor Eksternal

Variabel Terpengaruh	A	B	C	D	E
Variabel Pengaruh					
Institusi Pemerintah	7.417	17.849	19.750	26.496	16.202
(BPTKPDAS, Dinas Pertanian – Kehutanan Kabupaten Pati					
Pamong Desa Gunungsari	6.652	11.444	11.071	15.267	16.521
Tokoh Masyarakat	8.167	10.394	7.604	13.403	21.098

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Keterangan: A = Bentuk sumbangan partisipasi

B = Sumbangan pikiran dalam pertemuan

C = Kehadiran dalam pertemuan

D = Keaktifan dalam pertemuan

E = Keaktifan dalam kegiatan

= Chi Square hitung > Chi Square tabel

Tabel diatas merupakan hasil perhitungan menggunakan *Pearson Chi Square* dengan program SPSS 17. Hasilnya adalah semua aktor eksternal institusional memberikan pengaruh terhadap faktor eksternal, kecuali peran tokoh masyarakat tidak mempengaruhi kehadiran dalam pertemuan kelompok. Artinya adalah para aktor institusional dan tokoh masyarakat sangat berperan dalam mendorong masyarakat berpartisipasi dalam pengembangan agroforestri konservasi tanah.

3.2. Tingkat Partisipasi Masyarakat terhadap Agroforestri Konservasi Tanah

Tingkat partisipasi masyarakat Desa Gunungsari dalam melaksanakan kegiatan Agroforestri konservasi tanah telah mengalami perubahan sejak 2011 sampai 2013. Menurut Cohen dan Uphoff (1977) dan Mishra (1984) dalam Manule (2002) partisipasi masyarakat dalam pembangunan terbagi atas 4 tahap, yaitu: (1). Partisipasi di dalam tahap perencanaan program. (2). Partisipasi di dalam tahap pelaksanaan program. (3). Partisipasi di dalam penerimaan manfaat. (4). Partisipasi di dalam monitoring dan evaluasi pelaksanaan program. Untuk lebih jelasnya tingkat partisipasi masyarakat ditampilkan pada Tabel 8 dan 9.

Tabel 8. Tingkat Partisipasi Masyarakat Terhadap Agroforestri Konservasi Tanah di Desa Gunungsari, Tahun 2011.

Aspek Partisipasi	Tingkat Partisipasi			
	Rendah (%)	Sedang (%)	Tinggi (%)	Jumlah (%)
1. Perencanaan				
a. Terlibat dalam memberikan informasi KTA	74,50	17,00	8,50	100,00
b. Terlibat dalam mengajukan usul dalam kelompok	74,50	17,00	8,00	100,00
c. Terlibat dalam merencanakan pola tanam KTA	74,50	16,50	9,00	100,00
d. Terlibat dalam menentukan pemasaran hasil	74,50	17,50	8,00	100,00
e. Terlibat dalam memotivasi usahatani KTA	74,50	17,50	8,00	100,00
Rata – Rata	74,50	17,10	8,40	100,00
2. Pelaksanaan				
a. Sumbangan pikiran dalam menerapkan KTA	00,00	83,00	17,00	100,00
b. Sumbangan tenaga dalam	00,00	74,50	25,50	100,00
	8,50	66,00	25,50	100,00

	menerapkan KTA	00,00	66,00	34,00	100,00
c.	Sumbangan finansial dalam menerapkan KTA	00,00	66,00	34,00	100,00
d.	Keterlibatan pelaksanaan kegiatan KTA				
e.	Melaksanakan usahatani KTA				
	Rata – rata	1,70	71,10	27,20	100,00
3.	Penerimaan manfaat				
a.	Penerimaan hasil kebun yang meningkat	00,00	34,00	66,00	100,00
		00,00	40,50	59,50	100,00
b.	Peningkatan kesejahteraan	00,00	40,50	59,50	100,00
c.	Penerimaan bantuan saprodi	00,00	40,50	59,50	100,00
		00,00	34,00	66,00	100,00
d.	Penambahan lapangan kerja				
e.	Penerimaan hasil tanah tetap subur				
	Rata – rata	00,00	37,90	62,10	100,00
4.	Monev				
a.	Terlibat dalam pemantauan KTA	66,00	8,50	25,50	100,00
		74,50	8,50	17,00	100,00
b.	Terlibat dalam evaluasi KTA	74,50	8,50	17,00	100,00
c.	Terlibat dalam pemasaran hasil KTA	74,50	8,50	17,00	100,00
		66,00	8,50	25,50	100,00
d.	Terlibat dalam penilaian kegiatan KTA				
e.	Terlibat dalam membandingkan KTA & Non KTA				
	Rata – rata	71,10	8,50	20,40	100,00

Sumber : Analisis data primer 2011.

Catatan: KTA= *Konservasi Tanah*

Tingkat partisipasi masyarakat terhadap agroforestri konservasi tanah di Desa Gunungsari pada tahun 2011 adalah rendah. Hal ini didukung dari aspek perencanaan peringkat rendah oleh 74,50% responden, aspek pelaksanaan peringkat sedang (71,10% responden), aspek penerimaan manfaat peringkat tinggi (62,10% responden) dan aspek monitoring dan evaluasi peringkat rendah (71,10% responden). Tingkat partisipasi terhadap agroforestri konservasi tanah pada tahun 2013, dapat diperiksa pada Tabel 9.

Tabel 9. Tingkat Partisipasi Masyarakat Terhadap Agroforestri
Konservasi Tanah di Desa Gunungsari, Tahun 2013.

Aspek Partisipasi		Tingkat Partisipasi			
		Rendah (%)	Sedang (%)	Tinggi (%)	Jumlah (%)
5. Perencanaan					
f.	Terlibat dalam memberikan informasi KTA	14,50	70,00	15,50	100,00
		40,00	50,00	10,00	100,00
g.	Terlibat dalam mengajukan usul dalam kelompok	18,00	57,00	25,00	100,00
		19,50	60,50	20,00	100,00
h.	Terlibat dalam merencanakan pola tanam KTA	9,50	70,50	20,00	100,00
i.	Terlibat dalam menentukan pemasaran hasil				
j.	Terlibat dalam memotivasi usahatani KTA				
Rata – Rata		20,30	61,60	18,10	100,00
6. Pelaksanaan					
f.	Sumbangan pikiran dalam menerapkan KTA	5,00	28,00	67,00	100,00
		5,50	14,50	80,00	100,00
g.	Sumbangan tenaga dalam menerapkan KTA	5,00	10,50	84,50	100,00
		5,00	6,00	89,00	100,00
h.	Sumbangan finansial dalam menerapkan KTA	4,00	6,00	90,00	100,00
i.	Keterlibatan pelaksanaan kegiatan KTA				
j.	Melaksanakan usahatani KTA				
Rata – rata		4,90	13,00	82,10	100,00
7. Penerimaan manfaat					
f.	Penerimaan hasil kebun yang meningkat	00,00	14,00	86,00	100,00
		00,00	10,00	90,00	100,00
g.	Peningkatan kesejahteraan	75,00	00,00	25,00	100,00
h.	Penerimaan bantuan saprodi	00,00	10,00	90,00	100,00
		00,00	10,00	90,00	100,00
i.	Penambahan lapangan kerja				
j.	Penerimaan hasil tanah tetap subur				
Rata – rata		15,00	8,80	76,20	100,00
8. Monev					
f.	Terlibat dalam pemantauan KTA	16,00	5,50	78,50	100,00
		14,50	8,00	77,50	100,00
g.	Terlibat dalam evaluasi KTA	15,50	10,50	74,00	100,00
h.	Terlibat dalam pemasaran hasil KTA	15,00	10,00	75,00	100,00
		5,00	20,50	74,50	100,00
i.	Terlibat dalam penilaian kegiatan KTA				
j.	Terlibat dalam membandingkan KTA & Non KTA				
Rata – rata		13,20	10,90	75,90	100,00

Sumber : Analisis data primer 2013. Catatan: KTA= Konservasi Tanah

Tingkat partisipasi masyarakat terhadap agroforestri konservasi tanah di Desa Gunungsari pada tahun 2013 adalah tinggi. Hal ini didukung oleh aspek perencanaan peringkat sedang (61,60% responden), aspek pelaksanaan peringkat tinggi (82,10% responden), aspek penerimaan manfaat peringkat tinggi (76,20%) dan aspek monitoring dan evaluasi peringkat tinggi (75,90% responden). Berdasarkan perubahan peringkat aspek partisipasi tahun 2011 dan 2013 tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata tingkat partisipasi responden terhadap agroforestri konservasi tanah adalah tinggi (2013). Hal ini disebabkan responden sudah tahu dan mau menerapkan agroforestri konservasi tanah. Khusus bagi para responden (12 orang) yang lahannya digunakan untuk penelitian. Sejak 2011 sampai 2013 telah menerima insentif berupa bibit pohon (kopi dan sengon), bibit rumput pakan ternak, pupuk organik dan anorganik serta obat tanaman dari Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan DAS. Responden lainnya (17 orang) juga telah menerima bantuan bibit pohon yang berasal dari Kebun Bibit Rakyat (KBR) dari Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Pati. Berbagai pola agroforestry yang diterapkan oleh responden yaitu: tanaman sengon + ubikayu; sengon + kopi; jabon + ubikayu; duku + ubikayu; manggis + ubikayu; petai + ubikayu.

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan pada tahun 2013, para petani sudah menerapkan kaidah konservasi tanah di lahannya dengan menanam tanaman keras ditebing jurang, menanam rumput di gulud dan pohon di batas pemilikan dan menanam pohon diantara tanaman ubikayu. Metode teknik sipil yang diterapkan berupa pembuatan saluran pembuangan air dan pembuatan teras serta pembuatan dam kecil penahan sedimen di hulu sungai.

3.3. Bentuk sumbangan partisipasi masyarakat

Bentuk partisipasi yang diberikan masyarakat dalam program agroforestri konservasi tanah berupa bentuk sumbangan uang-tenaga-material, sumbangan pikiran, kehadiran dalam pertemuan, keaktifan dalam pertemuan, keaktifan dalam diskusi maupun keaktifan dalam kegiatan. Bentuk sumbangan berpartisipasi dari anggota masyarakat, sebagian besar berupa tenaga dan material yaitu berupa bibit tanaman pangan dan pohon serta pupuk kandang (56,70% responden) dan berupa tenaga (43,30% responden). Hal ini menunjukkan bahwa

masyarakat di Desa Gunungsari telah berpartisipasi aktif secara mandiri. Hal ini karena dapat dilihat dan dirasakan oleh masyarakat di Desa Gunungsari sebagai hasil pembangunan partisipatif.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN.

4.1. Kesimpulan.

- (1) Variabel internal responden: umur, lama tidaknya tinggal di desa, jenis pekerjaan, pendapatan, tingkat pendidikan dan tingkat pengetahuannya, tidak memberikan pengaruh nyata terhadap empat (4) aspek dalam partisipasi. Artinya adalah semua orang dapat berpartisipasi terhadap pengembangan agroforestri konservasi tanah.
- (2) Variabel eksternal: (a).Keaktifan dalam kegiatan usahatani berbasis konservasi tanah memberikan pengaruh terhadap aspek pelaksanaan dalam partisipasi. (b).Kehadiran dalam pertemuan kelompok tani memberikan pengaruh terhadap aspek monitoring dan evaluasi dalam partisipasi. Artinya adalah para petani sudah tahu dan mampu melakukan kegiatan usahatani berbasis konservasi tanah. Para petani di dalam pertemuan kelompok telah memonitor dan mengevaluasi kegiatan agroforestri konservasi tanah.
- (3) Peran aktor institusi pemerintah maupun tokoh masyarakat dalam mendorong partisipasi, dinilai oleh masyarakat berkategori bagus. Artinya adalah masyarakat percaya terhadap peran aktor pemerintah pusat, kabupaten maupun desa (tokoh masyarakat) dalam mendorong masyarakat berpartisipasi terhadap pengembangan agroforestri konservasi tanah.
- (4) Pengaruh aktor eksternal institusional terhadap faktor eksternal responden dalam berpartisipasi adalah semua aktor institusional berpengaruh, kecuali peran tokoh masyarakat tidak mempengaruhi kehadiran dalam pertemuan kelompok. Artinya adalah para aktor institusional dan tokoh masyarakat sangat berperan dalam mendorong masyarakat untuk berpartisipasi dalam pengembangan agroforestri konservasi tanah.

- (5) Tingkat partisipasi masyarakat pada program “agroforestri konservasi tanah” telah mengalami peningkatan. Pada tahun 2011 tingkat partisipasi dalam perencanaan masih rendah, namun pada tahun 2013 telah menjadi sedang. Pada tahun 2011 tingkat pelaksanaan masih sedang, pada tahun 2013 telah menjadi tinggi. Tingkat penerima manfaat sejak tahun 2011 hingga 2013 tetap pada tingkat tinggi. Pada tahun 2011 tingkat monitoring evaluasi masih rendah dan tahun 2013 telah menjadi tinggi. Tahun 2013 tingkat partisipasi masyarakat terhadap agroforestri konservasi tanah **adalah tinggi**.
- (6) Bentuk sumbangan masyarakat yang dominan dalam berpartisipasi membangun agroforestri konservasi tanah adalah berupa tenaga + material. Tenaga digunakan untuk membuat teras, saluran pembuangan air, menanam pohon. Material berupa bibit tanaman pangan maupun pohon serta pupuk kandang.

4.2. Saran.

Kebijakan yang diperlukan untuk lebih mempercepat pengembangan “agroforestri konservasi tanah”, adalah pendampingan kelompok tani oleh petugas Penyuluh Kehutanan/Pertanian. Peneliti dan aktor/tokoh masyarakat. Kelompok tani mengadakan studi banding ke daerah lain untuk adopsi teknologi pengelolaan daerah aliran sungai (DAS).

Ucapan terimakasih, kepada Tim Peneliti “Rehabilitasi lahan terdegradasi dengan jenis lokal” yang telah memberi dorongan dan Wahyu Wisnu Wijaya, S.Hut yang telah membantu analisis data hingga selesainya tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. 2011. *Rehabilitasi lahan terdegradasi dengan jenis lokal*. Laporan penelitian. Badan Litbang Kehutanan. Tidak dipublikasikan. Surakarta.
- Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. 2013. *Rehabilitasi lahan terdegradasi dengan jenis lokal*. Laporan penelitian. Badan Litbang Kehutanan. Tidak dipublikasikan. Surakarta.
- Bungin B. 2006. Teknik-teknik analisis kualitatif dalam penelitian sosial. Di dalam: Bungin B, editor. Analisis data penelitian kualitatif: pemahaman filosofis dan metodologis ke arah penguasaan model aplikasi. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Irawan, E. 2011. *Analisis Ex Ante Partisipasi Petani dalam Proyek Hutan Rakyat untuk Mitigasi Perubahan Iklim di Kabupaten Wonosobo*. Prosiding Expose Hasil Penelitian dan Pengembangan. Surakarta.
- Manule, R.M. 2002. *Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan DAS Saddang Hilir, di Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan*. Tesis Pascasarjana UNHAS. Makassar.
- Sugiyono. 1997. *Metodologi Penelitian Administrasi*. Alfabeta. Bandung.
- Slamet, Y. 1994. *Pembangunan Masyarakat Berwawasan Partisipasi*. Surakarta: Sebelas Maret University Press.
- Sujarweni, V.W. 2014. *SPSS untuk Penelitian*. Pustaka Baru Press. Yogyakarta.
- Surotinojo, I. 2009. *Partisipasi Masyarakat dalam Program Sanitasi oleh Masyarakat (SANIMAS) di Desa Bajo Kecamatan Tilamuta, Gorontalo*. prints.undip.ac.id/24168/1/Ibrahim_Surotinojo-01.pdf diunduh 25 Agustus 2014.
- Wikipedia. 2014. Nama lain dari agroforestri. <http://id.wikipedia.org/wiki/Wanatani> diunduh 25 Agustus 2014.

KONDISI SOSIAL EKONOMI DAN KELEMBAGAAN UNTUK PERENCANAAN PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI TUNTANG HULU¹

Oleh:

Purwanto²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.
Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959
Email: bpt.kpdas@gmail.com

ABSTRAK

Keberhasilan pengelolaan DAS sangat dipengaruhi perilaku individu baik mewakili institusi maupun rumah tangga dalam mengelola lahan sesuai dengan kaidah konservasi tanah dan air. Untuk itu parameter sosial, ekonomi, dan kelembagaan merupakan informasi penting dalam perencanaan pengelolaan Sub DAS karena merupakan input dalam pengelolaan Sub DAS dan kesejahteraan masyarakat dalam suatu Sub DAS juga merupakan tujuan pengelolaannya. Paimin dkk (2010) telah menyusun Sidik Cepat Degradasi Sub DAS yang di dalamnya memuat parameter biofisik, sosial, ekonomi, dan kelembagaan dalam perencanaan pengelolaan Sub DAS. Dalam tulisan ini hanya disampaikan parameter sosial, ekonomi, dan kelembagaan yang diujikan di Sub DAS Tuntang Hulu yang termasuk wilayah Kota Salatiga, Kabupaten Semarang, dan Boyolali. Penelitian ini menggunakan formulasi Sidik Cepat Degradasi Sub DAS yang dibangun oleh Paimin dkk. (2010). Parameter dalam penelitian ini meliputi: 1). Kependudukan yang terdiri dari: a). Kepadatan penduduk geografis dan b). Kepadatan penduduk agraris; 2). Budaya yang terdiri dari: a). Budaya konservasi tanah, b). hukum adat, dan nilai-nilai tradisional; 3). Ekonomi yang terdiri dari: a). Pendapatan masyarakat, b). Location quotient, dan 4). Kelembagaan. Penduduk di Sub DAS Tuntang Hulu relatif padat baik kepadatan geografisnya maupun agrarisnya. Sebagian besar penduduk di Sub DAS Tuntang Hulu melakukan konservasi ($\pm 69\%$) namun tidak ada budaya hukum adat, tidak ada nilai tradisional tentang pengelolaan lahan. Pendapatan rata-rata masyarakat kecamatan-kecamatan di Sub DAS Tuntang Hulu berada relatif tinggi tetapi Kecamatan Jambu, Beringin, Suruh, dan Pringapus memiliki pendapatan yang relatif rendah. Kelembagaan pengelolaan Sub DAS Tuntang Hulu, secara organisasi terdapat perencanaan dan implementasi tetapi masing-masing sektor masih melakukan sendiri dan belum ada evaluasi dan koordinasi atau kelembagaannya masih lemah.

Kata Kunci: Sub DAS Tuntang, Sosial, ekonomi Pengelolaan Sub DAS

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Di Sub DAS Tutang Hulu terdapat Danau Rawa Pening yang merupakan ekosistem danau yang harus dipertahankan kelestariannya karena memiliki manfaat strategis yakni ekosistem danau yang digunakan untuk sumber air minum, pembangkit listrik, sumber air irigasi, perikanan air tawar, rekreasi, dan sumber pendapatan masyarakat dari pengumpulan enceng gondok untuk bahan baku kerajinan. Untuk mempertahankan kelestarian danau tersebut diperlukan pengelolaan Sub DAS Tutang Hulu yang merupakan daerah tangkapan air danau tersebut.

Sub DAS Tuntang bagian hilir, yakni di wilayah Kabupaten Demak sering terjadi banjir akibat banjir kiriman dari Tutang Hulu. Hal ini karena kondisi alami yakni curah hujan yang tinggi, lahan kritis di bagian hulu yang tidak mampu menahan air hujan atau karena manajemen bendung yang ada yang membuka outlet Danau Rawa Pening. Apabila permukaan danau terlalu tinggi maka outlet akan dibuka untuk keperluan bendung yakni pengaturan debit untuk turbin dan agar sawah di sekeliling Danau Rawa Pening tidak kebanjiran, namun akibatnya dapat menimbulkan banjir di bagian hilir.

Penggunaan lahan di bagian hulu Sub DAS Tutang sangat dipengaruhi oleh kondisi sosial, ekonomi, dan kelembagaan masyarakat yang terkait dengan pengelolaan lahan. Bagian hulu yakni: Getasan, Sumowono, Bandungan sebagian besar lahannya untuk lahan sayur. Ambahrawa, Banyubiru, Bawen, Tuntang, Tingkir, dan Sidorejo sebagian besar merupakan lahan pemukiman, sedangkan bagian bawah yakni Kedungjati, Wonosegoro, Argomulyo, Bringin, Suruh, Pabelan, dan Priangapus didominasi oleh hutan tanaman (Paimin, dkk. 2010).

Baik buruknya penggunaan lahan tersebut sangat dipengaruhi oleh *land tenure*, antara lain hak penguasaan tanah berdasarkan UU No. 60 tentang Agraria, sumber pendapatan petani, kebiasaan pengolahan lahan yang turun temurun, dan kondisi biofisik lahan itu sendiri. Berdasarkan permasalahan tersebut di atas maka kajian sosial,

ekonomi, dan kelembagaan di Sub DAS Tuntang Hulu dilakukan sebagai basis untuk perencanaan pengelolaan Sub DAS tersebut.

Tujuan penelitian ini mengetahui untuk mengetahui seberapa besar kerentanan sosial ekonomi dan kelembagaan sebagai dasar untuk perencanaan pengelolaan DAS.

II. METODE

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Tuntang Hulu yang secara administrasi pemerintahan termasuk dalam Kota Salatiga, Kabupaten Semarang, dan Boyolali serta mencakup 16 Kecamatan. Penelitian dilakukan pada tahun 2012 sehingga data sekunder yang diperoleh dari lembaga terkait merupakan data tahun 2011.

B. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan formulasi Sidik Cepat Degradasi Sub DAS yang dibangun oleh Paimin dkk. (2010). Parameter dalam penelitian ini meliputi: 1). Kependudukan yang terdiri dari: a). Kepadatan penduduk geografis dan b). Kepadatan penduduk agraris; 2). Budaya yang terdiri dari: a). Budaya konsevasi tanah, b). hukum adat, dan nilai-nilai tradisional; 3). Ekonomi yang terdiri dari: a). Pendapatan masyarakat, b). *Location quotient*, dan 4). Kelembagaan.

Untuk mengetahui kepadatan penduduk dan kepadatan agraris diperlukan data jumlah penduduk, jumlah petani, luas Sub DAS dan luas lahan pertanian. Data tersebut diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Salatiga dan kabupaten Semarang. Parameter budaya masyarakat, hukum adat, dan nilai-nilai tradisional dalam konservasi tanah dan air diperoleh dari data sekunder di Dinas Pertanian Kota Salatiga dan Kabupaten Semarang dan diskusi dengan kepala seksi perencanaan dan penyuluh pertanian di kedua daerah tersebut. Parameter pendapatan masyarakat dihasilkan dari data PDRB Kota Salatiga dan Kabupaten Semarang, LQ diperlukan data jumlah penduduk berdasarkan sumber pendapatan utamanya yang

dkumpulkan dari Badan Pusat Statistik di kedua daerah tersebut. Informasi kelembagaan yang dalam hal ini hanya dilakukan analisis *stakeholders* yang dilakukan wawancara dan 1 kali *focus group discussion* dengan lembaga terkait yakni BAPPEDA Propinsi Jawa Tengah, Badan Koordinasi Penyuluh Propinsi Jawa Tengah, BAPPEDA dan SKPD Kota dan Kabupaten di dalam Sub DAS Tuntang yang terkait dengan bidang pertanian, kehutanan, lingkungan hidup dan kependudukan.

C. Analisis Data

Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis dengan menggunakan formula Paimin, dkk. 2010 seperti yang disajikan pada Tabel 1. Besarnya bobot setiap kriteria dan parameter didasarkan pada kesepakatan dalam workshop antara peneliti, widyaiswara dan penyuluh kehutanan di Solo, tahun 2009.

Tabel 1. Kriteria, Parameter, Cara Perhitungan, Besaran, Kategori dan Skor Sosial, Ekonomi, dan Kelembagaan untuk Perencanaan Pengelolaan Sub DAS Tuntang Hulu.

Kriteria	Parameter	Cara Perhitungan	Besaran	Kategori	Skor
SOSIAL (50%)	Kepadatan Penduduk: Geografis (10%)	Jumlah penduduk/luas Sub DAS	< 250 jiwa/Km ² 250-400 jiwa/Km ² > 400 jiwa/Km ²	Rendah Sedang Tinggi	1 3 5
	Kepadatan Penduduk: Agraris (10%)	Jumlah petani/luas lahan pertanian	> 0,05 ha (kepadatan agraris < 20 orang/ha) 0,025 - 0,05 ha < 0,025 ha (kepadatan agraris > 40 orang/ha)	Rendah Sedang Tinggi	1 3 5
	Budaya: Perilaku/Tingkah Laku Konservasi (20%)	Kualitatif	- Konservasi telah melembaga dalam masyarakat (masyarakat tahu manfaat konservasi, tahu tekniknya dan melaksanakan) - Masyarakat tahu konservasi tetapi tidak melakukan	Rendah Sedang	1 3

			- Tidak tahu dan tidak melakukan konservasi	Tinggi	5
	Budaya : Hukum Adat (5%)	Kualitatif	- Adat istiadat (<i>custom</i>) Pelanggar dikucilkan - Kebiasaan (<i>folkways</i>) Pelanggar didenda dengan pesta adat. - Tata kelakuan (<i>Mores</i>). Pelanggar biasanya ditegur ketua adat/orang lain - Cara (<i>usage</i>) pelanggar dicemooh. - Tidak ada hukuman	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
	Nilai Tradisional (5%)	Kualitatif	Ada Tidak ada	Rendah Tinggi	1 5
EKONO MI (40%)	Ketergantungan terhadap lahan (20%)	Pendapatan dari pertanian/seluruh pendapatan atau PDRB sektor pertanian/PDRB	< 50% 50 – 75% > 75%	Rendah Sedang Tinggi	1 3 5
	Tingkat Pendapatan (10%)	PDRB/jumlah penduduk	>1,5 Std. Kemiskinan (SK) 1,26 - 1,5 SK 1,1 - 1,25 SK 0,67 - 1 SK < 0,67 SK	Tinggi Agak Tinggi Sedang Agk Rendah Rendah	1 2 3 4 5
	Kegiatan Dasar Wilayah (10%)	$(X_1/R_1 + X_2/R_2 + \dots + X_n/R_n) / X_n/R_n$	LQ < 1 LQ = 1 LQ > 1	Tinggi Sedang Rendah	1 3 5
	KELEM-BAGAAN (10 %)	Kulaitatif	Ada dan berperan Ada tetapi tidak berperan Tidak berperan	Rendah Sedang Tinggi	1 3 5

	Keberdayaan lembaga formal pada konservasi (5%)	Kualitatif	Sangat berperan Cukup berperan Tidak berperan	Rendah Sedang Tinggi	1 3 5
--	---	------------	---	----------------------------	-------------

Sumber: Paimin, Sukresno dan Purwanto (2010)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sosial

1. Kepadatan Penduduk Geografis

Berdasarkan hasil perhitungan dari data Kabupaten Semarang Dalam Angka 2011 dan Kota Salatiga Dalam Angka 2011, jumlah penduduk di Sub DAS Tuntang Hulu sebesar 422.479 orang dengan kepadatan penduduk rata-rata 1.047 orang/km² dan sebaran setiap kecamatan seperti pada Tabel 2. Menurut FAO (1985) nilai kepadatan penduduk di Sub DAS Tuntang Hulu termasuk kategori ‘padat’ (>250 orang/km²). Penduduk terpadat ditemukan di Kecamatan Tingkir (Kota Salatiga) sebesar 3.977 orang/km² dan kepadatannya paling rendah penduduknya di Kecamatan Kedungjati (Kabupaten Grobogan) sebesar 326 orang/km².

Tabel 2. Kepadatan Penduduk Tiap-tiap Kecamatan di Sub DAS Tuntang Hulu

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk	Luas (km ²)	Kepadatan/km ²	Skor
1.	Sumowono	31.567	51,056	568	5
2.	Bandungan	50.426	45,776	1.040	5
3.	Jambu	36.435	51,627	804	5
4.	Ambarawa	56.446	28,390	1.378	5
5.	Bawen	50.413	46,570	1.278	5
6.	Tuntang	59.144	46,666	1.171	5
7.	Banyubiru	40.273	51,539	740	5
8.	Getasan	48.288	65,799	734	5
9.	Sidorejo	49.487	16,247	3.046	5
10.	Kedungjati	42.529	130,344	326	5
11.	Wonosegoro	54.734	92,998	589	5
12.	Tingkir	41.952	10,549	3.977	5
13.	Argomulyo	41.816	18,526	2.257	5
14.	Bringin	44.372	61,891	717	5
15.	Suruh	64.276	64,015	1.004	5
16.	Pabelan	37.758	47,976	787	5
17.	Pringapus	91.775	70,609	1.299	5
Jumlah/rata-rata		841.691	833.114	1.010	5

Sumber: 1. Salatiga Dalam Angka Tahun 2011.

2. Kabupaten Semarang Dalam Angka 2011

3. Kabupaten Grobogan Dalam Angka 2011

2. Kepadatan Penduduk Agraris

Berdasarkan data dari Kabupaten Semarang Dalam Angka 2011 dan Salatiga Dalam Angka 2011, kepadatan penduduk agraris yang dihitung berdasarkan luas lahan sawah ditambah dengan non sawah dan dibagi dengan jumlah petani maka rata-rata petani di Sub DAS Tuntang Hulu memiliki lahan 0,40 ha (Tabel 3). Berdasarkan Sidik Cepat Degradasi DAS (Paimin, 2010, dll) kondisi ini dikategorikan tingkat kerentanannya rendah sedang atau dengan nilai 1. Namun demikian untuk Sumowono, Jambu, Ambarawa, Bawen, Sidorejo, Kedungjati, Wonosegoro, Tingkir, Bringin, dan Suruh memiliki tingkat kerentanan tinggi.

Tabel 3. Kepadatan Agraris Sub DAS Tuntang Hulu

No.	Kecamatan	Luas (km2)	Luas Lahan (ha)		Jumlah Luas Pertanian	Jumlah Petani	Kepadatan Agraris	Skor
			Sawah (ha)	Non Sawah (ha)				
1,	Sumowono	51,056	26,20	3,876,20	3902,40	13952	0,28	1
2,	Bandungan	45,776	1489,30	1116,70	2606,00	18207	0,14	5
3,	Jambu	51,627	1229,00	3137,80	4366,80	14255	0,31	1
4,	Ambarawa	28,390	529,00	4007,00	4536,00	6178	0,73	1
5,	Bawen	46,570	735,20	3824,20	4559,40	4990	0,91	1
6,	Tuntang	46,666	1069,10	615,30	1684,40	12988	0,13	5
7,	Banyubiru	51,539	1558,40	904,00	2462,40	11941	0,21	5
8,	Getasan	65,799	1247,40	2067,20	3314,60	20987	0,16	5
9,	Sidorejo	16,247	389,53	1178,82	1568,35	3405	0,46	1
10,	Kedungjati	130,344	521,00	12.513,44	13.034,44	23.398	0,56	1
11,	Wonosegoro	92,998	1883,84	7415,95	9.299,79	32.795	0,28	1
12,	Tingkir	10,549	315,21	739,65	1.054,86	1363	0,77	1
13,	Argomulyo	18,526	29,91	1779,05	1.808,96	15673	0,12	5
14,	Bringin	61,891	1947,68	4241,42	6.189,10	9560	0,65	1
15,	Suruh	64,015	2960,77	3.440,75	6.401,52	27.219	0,24	1
16,	Pabelan	47,976	2.450,39	2.347,21	4.797,60	18538	0,26	3
17,	Pringapus	70,609	1.450,39	6.476,92	7.927,31	12648	0,63	5
Jumlah/Rata-rata		900,578	19832,32	55065,76	79513,93	248097	0,40	1

Diolah dari: 1. Salatiga Dalam Angka Tahun 2011

2. Kabupaten Semarang Dalam Angka 2011

3. Kabuapten Grobogan Dalam Angka 2011

3. Budaya

a. Perilaku Konservasi Tanah

Perilaku konservasi tanah didekati dengan pengamatan lapangan dan diskusi dengan penyuluh dimana presentase masyarakat yang melakukan konservasi tanah, Berdasarkan amatan di lapangan perilaku konservasi tanah masyarakat di Sub DAS Tuntang Hulu disajikan pada Tabel 4, Berdasarkan Tabel 4 tersebut nilai perilaku konservasi 69 % sehingga memiliki skor 2. Wilayah Kecamatan Sumowono, Bandungan dan Getasan memiliki konservasi yang kurang baik, Kawasan tersebut digunakan untuk lahan sayur dan lahan kering dengan teknik konesrvasi yang kurang memadai, Wilayah Kecamatan Banyubiru dan Jambu, memiliki konservasi yang baik yaitu berupa hutan rakyat dengan tanaman sengon, mangga, melinjo, durian, nangka, klengkeng, dll, Untuk Kecamatan Tuntang dan Sidorejo merupakan lahan-lahan datar di dekat Rawa Pening yang digunakan untuk sawah dan pekarangan, Permalasahan di lahan tersebut yakni adanya banjir dari Rawa sehingga hanya dapat ditanami padi 1 -2 kali setahun dan waktu sisanya tergantung dari musim.

Tabel 4. Perilaku Konservasi Tanah Masyarakat di Sub DAS Tuntang Hulu

No,	Kecamatan	Jumlah Petani (orang)	Petenai yang Melakukan Konservasi	Prosentase Petani Yang Melakukan Konservasi (%)	Skor
1,	Sumowono	13.952	9.348	67	2
2,	Bandungan	18.207	11.835	65	2
3,	Jambu	14255	10.406	73	2
4,	Ambarawa	6.178	4.448	72	2
5,	Bawen	4.990	3.044	61	2
6,	Tuntang	12.988	8.053	62	2
7,	Banyubiru	11.941	10.030	84	1
8,	Getasan	20.987	9.125	39	3
9,	Sidorejo	3.405	2.418	71	4
10,	Kedungjati	23.398	13.805	59	3
11,	Wonosegoro	32.795	24.924	76	2
12,	Tingkir	1.363	1.009	74	2
13,	Argomulyo	15.673	13.009	83	1
14,	Bringin	9.560	8.030	84	1
15,	Suruh	27.219	22.047	81	1
16,	Pabelan	18.538	13.718	74	2
17,	Pringapus	12.648	7.462	59	3
Jumlah/Rata-rata		248.097	175.338	69	2

Diolah dari Laporan Tahunan 2011 Balai Penyuluhan Pertanian
Kabupaten Semarang, Kota Salatiga dan Kabupaten Grobogan

b. Budaya Hukum Adat

Data ini merupakan hasil wawancara dengan penyuluh pertanian dan penyuluh penghijauan lapangan di masing-masing kecamatan di Sub DAS Tuntang Hulu, Menurut mereka tidak ditemukan budaya hukum adat yang memberi sanksi kepada anggota masyarakat yang tidak melakukan konservasi tanah, Berdasarkan Sidik Cepat degradasi Sub DAS (Paimin, dkk, 2010) maka nilai skornya adalah 5 atau meiliki tingkat kerentanan tinggi. Artinya tidak ada hukum adat atau hukuman adat bagi anggota masyarakat yang melanggar aturan konservasi tanah dan air (Tabel 5).

Tabel 5. Budaya Hukum Adat

No,	Kecamatan	Jumlah Petani	Budaya Hukum Adat	Skor
1,	Sumowono	13952	Tidak ada	5
2,	Bandungan	18207	Tidak ada	5
3,	Jambu	14255	Tidak ada	5
4,	Ambarawa	6178	Tidak ada	5
5,	Bawen	4990	Tidak ada	5
6,	Tuntang	12988	Tidak ada	5
7,	Banyubiru	11941	Tidak ada	5
8,	Getasan	20987	Tidak ada	5
9,	Sidorejo	3405	Tidak ada	5
10,	Kedungjati	23398	Tidak ada	5
11,	Wonosegoro	32795	Tidak ada	5
12,	Tingkir	1363	Tidak ada	5
13,	Argomulyo	15673	Tidak ada	5
14,	Bringin	9560	Tidak ada	5
15,	Suruh	27219	Tidak ada	5
16,	Pabelan	18538	Tidak ada	5
17,	Pringapus	12648	Tidak ada	5
Jumlah		248.097	Tidak ada	5

Diskusi dengan penyuluh di masing-masing kecamatan

c. Nilai Tradisional

Data nilai tradisonal di Sub DAS Tuntang Hulu , merupakan hasil wawancara dengan penyuluh pertanian dan penyuluh penghijauan

lapangan di masing-masing kecamatan di Sub DAS Tuntang Hulu. Menurut mereka tidak ditemukan nilai tradisional yang memberi penghargaan bagi anggota masyarakat yang melakukan konservasi tanah, Berdasarkan Sidik Cepat degradasi Sub DAS (Paimin, dkk, 2010) maka nilai skornya adalah 5 atau memiliki tingkat kerentanan yang Tinggi (Tabel 6). Artinya tidak ada nilai-nilai tradisional yang secara turun-temurun diajarkan, dilaksanakan, dan dilestarikan. Pengelolaan lahan seperti yang sekarang dilakukan sudah turun temurun tetapi dari nenek moyang tidak dilakukan transformasi mengapa teknik pengelolaan lahan tersebut dilakukan.

Tabel 6. Kerentanan Sosial dari Aspek Nilai Tradisional Pengelolaan DAS

No,	Kecamatan	Jumlah Petani	Nilai Tradisional	Skor
1,	Sumowono	13.952	Tidak ada	5
2,	Bandungan	18.207	Tidak ada	5
3,	Jambu	14.255	Tidak ada	5
4,	Ambarawa	6.178	Tidak ada	5
5,	Bawen	4.990	Tidak ada	5
6,	Tuntang	12.988	Tidak ada	5
7,	Banyubiru	11.941	Tidak ada	5
8,	Getasan	20.987	Tidak ada	5
9,	Sidorejo	3.405	Tidak ada	5
10,	Kedungjati	23..398	Tidak ada	5
11,	Wonosegoro	32.795	Tidak ada	5
12,	Tingkir	1.363	Tidak ada	5
13,	Argomulyo	15.673	Tidak ada	5
14,	Bringin	9.560	Tidak ada	5
15,	Suruh	27.219	Tidak ada	5
16,	Pabelan	18.538	Tidak ada	5
17,	Pringapus	12.648	Tidak ada	5
Jumlah		248.097		5

Diskusi dengan penyuluh di masing-masing kecamatan

4. Ekonomi

a. Pendapatan Masyarakat

Besarnya pendapatan rata-rata per kapita merupakan potensi kesejahteraan masyarakat, Dikatakan potensi karena masih juga dipengaruhi oleh pemerataan, Apabila pendapatan rata-ratanya besar dan merata maka kesejahteraan masyarakat secara umum akan lebih

baik, Pendapatan rata-rata masyarakat di Sub DAS Tuntang Hulu dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pendapatan Per Kapita Penduduk Sub DAS Tuntang Hulu Tahun 2011

No	Kecamatan	PDRB Tahun 2011 (1000 Rp)	Jumlah Penduduk (orang)	Rata-rata Pendapatan/kapita tahun (Rp 1.000,- /tahun)	Skor
1.	Sumowono	230.778.856,6	31.567	7.310,76	1
2.	Bandungan	285.248.199,7	50.426	5.656,76	1
3.	Jambu	143.479.939,3	36.435	3.937,97	1
4.	Ambarawa	562.923.385,7	56.446	9.972,77	1
5.	Bawen	1725.849.952,4	50.413	34.234,22	1
6.	Tuntang	298.304.691,9	59.144	5.043,70	1
7.	Banyubiru	246.650.434,9	40.273	6.124,46	1
8.	Getasan	358.435.541,8	48.288	7.422,87	1
9.	Sidorejo	308.336.490,9	49.487	6.230,66	1
10.	Kedungjati	254.556.714,6	42.529	5.985,49	1
11.	Wonosegoro	250.010.630,7	54.734	4.567,74	1
12.	Tingkir	383.892.069,3	41.952	4.567,73	1
13.	Argomulyo	174.132.069,3	41.816	4.150,74	1
14.	Bringin	152.191.786,6	44.372	3.429,91	2
15.	Suruh	239.752.728,3	64.276	3.730,05	1
16.	Pabelan	210.067.063,2	37.758	5.563,51	1
17.	Pringapus	334.753.943,7	91.775	3.647,55	1
J u m l a h/Rata2		5.767.547.175,8	841.691	6.852,33	1

Keterangan;

Pendapatan per kapita: > 1,5 GK = Rp. 3.604.716,- (tingkat kerawanan 1); 1,26 – 1,5 GK = Rp. 3.027.961,- - Rp. 3.604.715,- (tingkat kerawanan 2), 1,10 -1,25 GK = Rp. 3.003.930,- - Rp. 3.027.960,- (tingkat kerawanan 3); 0,67 GK – 1,00 GK = Rp. 2.643.458,- - Rp. 3.003.930,- (tingkat kerawanan 4), dan < 0,67 GK = Rp. 1.610.106,- - Rp. 2.643.458,- (tingkat kerawanan 5).

Sumber: 1. Salatiga Dalam Angka Tahun 2011,

1. Kabupaten Semarang Dalam Angka 2011
2. PDRB 2011 Kabupaten Semarang Menurut Kecamatan
3. PDRB 2011 Kota Salatiga Menurut Kecamatan

Hasil perhitungan pendapatan rata-rata masyarakat di Sub DAS Tuntang Hulu sebesar Rp, 6.852.330,-/tahun, Berdasarkan hasil perhitungan di Tabel 6, masyarakat di Sub DAS Tuntang Hulu sebaiknya mendapatkan perhatian dalam pembangunan ekonomi oleh Pemerintah Kabupaten Semarang, Kota Salatiga, dan Kabupaten Boyolali karena Kecamatan-kecamatan Jambu, Bringin, Suruh, dan Pringapus memiliki pendapatan per kapita relatif kecil. Untuk kegiatan perencanaan pengelolaan Rawa Pening maka kedua kecamatan tersebut diusahakan agar mendapat investasi dan kegiatan usaha agar

kondisi usaha perekonomian ketiga kecamatan tersebut lebih bergairah,

Untuk Kecamatan yang lain, pengelolaan DAS sebaiknya dilakukan dengan mempertimbangkan percepatan pertumbuhan ekonomi melalui investasi yang produktif disamping untuk kegiatan konservasi, Percepatan pertumbuhan ekonomi dapat dilakukan dengan peningkatan investasi, teknologi dan keahlian serta ketrampilan sumberdaya manusianya yang tentunya dengan mempertimbangkan konservasi sumberdaya alam yang ada di dalam Sub DAS Tuntang Hulu,

Kajian hubungan pertumbuhan ekonomi dan investasi dilakukan oleh Harod (1939) dan Domar (1946, 1947), Harold-Domar menyatakan bahwa suatu masyarakat miskin akibat kurangnya modal (*Capital*) untuk itu meningkatkan pendapatan masyarakat perlu dilakukan investasi dari luar, Teori tersebut didasarkan atas teori sebelumnya tentang lingkaran setan kemiskinan, *vicious circle of poverty* (Leibenstein, 1953) yang menyatakan pertumbuhan ekonomi rendah akibat produktivitas masyarakat rendah, Produktivitas rendah menyebabkan pendapatan masyarakat rendah, Akibat pendapatan rendah maka tabungan menjadi rendah, Akibat tabungan rendah maka investasi menjadi rendah, Akibat investasi rendah maka pertumbuhan ekonomi menjadi rendah, Untuk itu, Harold-Domar menyampaikan teorinya untuk mengatasi *investastion gap* maka perlu adanya investasi dari luar wilayah, Investasi akan efektif apabila ditanamkan pada sektor-sektor yang memiliki perbandingan antara output dan kapital yang kecil, Artinya untuk mencapai output tertentu diperlukan kapital yang relatif kecil dibandingkan dengan sektor lainnya, Dengan adanya keterbatasan sektor pemerintah dalam hal modal dan keahlian, penanaman investasi dapat melibatkan sektor swasta, Perencanaan dapat memberikan arah (indikatif), penciptaan iklim, dan perangsang kegiatan terhadap peran kegiatan usaha swasta tersebut,

Banyak industri hilir yang berada di dalam Sub DAS Tuntang seperti pengeolahan kayu di sepanjang Jalan Semarang-Bawen-Ambarawa-Jambu, dan Bawen-Salatiga, Dalam kaitannya dengan pengelolaan DAS, untuk meningkatkan perekonomian masyarakat tidak harus

menginvestasikan langsung ke *on farm* sektor tetapi dapat dilakukan di industri hilir, Sebagai contoh untuk meningkatkan kemajuan pembangunan hutan rakyat dapat dilakukan dengan memberi kredit kepada industriawan sehingga industri perkayuan rakyat maju dan membutuhkan bahan baku yang lebih banyak yang pada akhirnya akan mendorong pembangunan hutan rakyat, Begitu juga sebaliknya, pada kondisi industri perkayuan kekurangan bahan baku maka percepatan produksi kayu melalui penanaman jenis-jenis pohon cepat tumbuh,

4. Location Quotient (LQ)

Kegiatana dasar wilayah yang didekati dengan proporsi tenaga kerja yang berkerja di sektor pertanian dibandingkan dengan seluruh tenaga kerja, Hasil perhitungan nilai LQ disajikan pada Tabel 8, Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa masyarakat di Sub DAS Tuntang Hulu memiliki $LQ > 1$ artinya sebagian besar penduduknya adalah petani, Dengan demikian, maka perlu perhatian karena mereka akan memanfaatkan lahan secara intensif yang dimungkinkan menyebabkan ewrosi dan sedimentasi ke rawa Pening,

Tabel 8, Nilai LQ Tenaga Kerja di Sub DAS Tuntang Hulu

No,	Kecamatan	Total Tenaga Kerja	Tenaga Kerja Sektor Pertanian	LQ	Skor
1,	Sumowono	14.631	13,952	3,27	5
2.	Bandungan	19.232	18.207	3.26	5
3.	Jambu	18.582	14.255	2.26	5
4.	Ambarawa	10.505	6.178	1.57	3
5.	Bawen	16.854	4.990	0.96	2
6.	Tuntang	16.852	12.988	2.25	2
7.	Banyubiru	13.824	11.941	2.87	2
8.	Getasan	21.847	20.987	3.34	5
9.	Sidorejo	38.988	3.405	0.57	1
10.	Kedungjati	40.634	23.398	1,08	3
11.	Wonosegoro	49.656	32.795	1,24	3
12.	Tingkir	31.993	1.363	0,08	1
13.	Argomulyo	29.039	15.673	1,01	3
14.	Bringin	23.876	9.560	0,75	2
15.	Suruh	38.766	27.219	1,32	3
16.	Pabelan	29.916	18.538	1,17	3
17.	Pringapus	25.091	12.648	0,95	1
Jumlah		440.286	234.159	27,96	3,29

Diolah dari : 1. Salatiga Dalam Angka Tahun 2011

2. Kabupaten Semarang Dalam Angka 2011

3. PDRB 2011 Kabupaten Semarang Menurut Kecamatan

4. PDRB 2011 Kota Salatiga Menurut Kecamatan

5. Kelembagaan

Organisasi yang terkait dengan pengelolaan DAS Tuntang Hulu antara lain: BAPPEDA Propinsi Jawa Tengah. Dinas Kehutanan Propinsi Jawa Tengah. Balai Pengelolaan DAS Pemali Jratun. di Semarang. BAPPEDA Kabupaten Semarang dan BAPEEDA Kota Salatiga. Dinas Pertanian. Perkebunan dan Kehutanan Kabupaten Semarang. Dinas Pertanian Kota Salatiga. Badan Pengendalian Lingkungan Daerah Kabupaten Semarang. Universitas di Kota Semarang. Kabupaten Semarang dan Kota Salatiga. LSM Percik. dll.

Dalam aspek Perencanaan. BAPPEDA Kabupaten Semarang telah menyusun *grand disign* pengelolaan Rawa Pening kemudian Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Pemali Jratun sedang menyusun Rencana Pengelolaan DAS Terpadu Tuntang Hulu yang mengikutkan seluruh *stakeholders*. Namun dari segi implementasinya masing-masing sektor masih berdiri sendiri.

B. Analisis dan Sintesis

Berdasarkan perhitungan Parameter sosial (kepadatan penduduk geografis dan agraris), budaya, ekonomi, dan kelembagaan maka dapat disajikan Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Parameter Sosial. ekonomi dan Kelembagaan Sub DAS Tuntang

No.	Parameter/Bobot	Besaran	Kategori Nilai	Skor
Sosial (50%)	Kepadatan penduduk geografis (10%)	1.010 orang/km ²	tinggi	5
	Kepaatan penduduk agraris (10%)	0.40 ha/KK	sedang	3
	Budaya: Perilaku konservasi tanah (20%) Budaya hukum adat (5%)	Tidak ada	tinggi	5
	Nilai tradisional (5%)	Tidak ada	tinggi	5

Ekonomi (40%)	Ketergantungan terhadap lahan(20%) Tingkat pendapatan (10%). Kegiatan dasar wilayah (10%)	LQ = 3.29	tinggi	5
Kelembagaan (10%)	Keberdayaan lembaga formal konservasi (5%)	Kelembagaan perencanaan dilakukan tetapi implementasi dilakukan sendiri-sendiri LSM Percik dan kelompok tani melakukan konservasi tanah tetapi belum menyeluruh di seluruh DAS	Sedang	3
	Keberdayaan lembaga non formal dalam konservasi (5%)		Sedang	3

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Penduduk di Sub DAS Tuntang Hulu relatif padat baik kepadatan geografisnya maupun agrarisnya.
2. Sebagian besar penduduk di Sub DAS tuntang hulu melakukan konservasi ($\pm 69\%$) namun tidak ada budaya hukum adat, tidak ada nilai tradisional tentang pengelolaan lahan.
3. Pendapatan rata-rata masyarakat kecamatan- kecamatan di Sub DAS Tuntang Hulu berada relatif tinggi tetapi Kecamatan Jambu, Beringin, Suruh, dan Pringapus memiliki pendapatan yang relatif rendah.
4. Kelembagaan pengelolaan Sub DAS Tuntang Hulu. secara organisasi terdapat perencana dan implemetator tetapi masing-masing sektor masih melakukan sendiri dan belum ada evaluasi dan koordinasi atau kelembagaannya masih lemah.

B. Saran-saran

Agar sumberdaya Sub DAS Tutang hulu dapat dilestarikan maka pembangunan kependudukan menjadi prioritas agar permasalahan tekanan penduduk terhadap sumberdaya DAS

dapat diturunkan. Budaya pengelolaan lahan yakni penerapan prinsip-prinsip konservasi tanah perlu selalu disuluhkan kepada semua warga di Sub DAS Tuntang Hulu. Kelembagaan pengelolaan DAS Tuntang Hulu perlu dikembangkan untuk mendukung pelestarian sumberdaya Sub DAS Tuntang Hulu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abustam. M.I. 1989. Gerak Penduduk. Pembangunan dan Perubahan Sosial: Kasus Tiga Komunitas Padi Sawah di Sulawesi Selatan. Seri Tesis. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Departemen Kehutanan. 2001. Pedoman Penyelenggaraan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. DitJen. RLPs. Dit. RLKT. Jakarta.
- Department of International Development. 2005. *Water, Sanitation and Health*. DFID KAR Newsletters. p: 3.
- Dephutbun. 1999. Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan No. 284/Kpts-II/1999 tentang Penetapan Urutan Prioritas Daerah Aliran Sungai. Jakarta.
- Dirjen RRL. 1993. Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai. Jakarta.
- Dirjen RRL. 1997. Keputusan Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan No. 128/Kpts-II/1997 tentang Kriteria Penetapan Urutan Prioritas Daerah Aliran Sungai. Jakarta.
- Domar. E.D. 1946. *Capital Expansion. Rate of Growth and Employment*. *Econometrica*. April 1946: 137-147.
- _____ 1947. *The Problem of Capital Accumulation*. *American Economic Review*. March 1947: 35-55.
- Harrod. R.F. 1939. *An Essay in Dynamic Theory*. *Economic Journal*. Vol. 9: 14-33.
- Higgins. B. 1959. *Economic Development*. WW. Norton & Company. New York.
- MOF. UNDP. FAO. 1985. *Assistance to Watershed Management Programmes. Indonesia. Applied Research Needs and Soil Conservation Techniques for Field Trial in the Outer Islands*. Ag: DP/INS/83/034. Field Doc. 2. Solo.
- Myrdal. G. 1957. *National Economic Planning in Under Developed Countries*. London.

- Nurkse. R. 1953. *Problems of Capital Formation in Underdeveloped Countries*. Oxford: Brazil Backwill.
- Paimin, Sukresno, dan Purwanto. 2010. *Sidik Cepat Degradasi Sub DAS*. Edisi Revisi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi Hutan dan Alam. Bogor.
- Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Tambahan Lembaran Negara No. 5292.
- Rostow. W.W. 1971. *The Stages of Economic Growth*. rev. ed.. Cambridge University Press. Cambridge.
- Tjokroamidjojo. 1995. *Perencanaan Pembangunan*. Cetakan Kedelapan belas PT. Toko Gunung Agung. Jakarta.
- United Nation Organization. 1998. *World Urbanization Prospects the 1996 Revision: Estimates and Projections and Urban Agglomerations*. Department of Economic. Social Affairs. and Population Division. New York.

HOT-SPOTS PERUBAHAN KEPADATAN PENDUDUK DI DAERAH ALIRAN SUNGAI PROGO DAN BEBERAPA FAKTOR YANG MEMENGARUHINYA¹

Oleh:

Evi Irawan², Nana Haryanti²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com, evirawan17@gmail.com, nana_haryanti@yahoo.com

ABSTRAK

Makalah ini bertujuan untuk menganalisis sebaran spasial kepadatan penduduk di DAS Progo dengan menggunakan indeks Moran, indeks Geary dan untuk mendeteksi *hot-spots* perubahan kepadatan penduduk dengan menggunakan *Local Indicators of Spatial Association (LISA)* dan *G* statistics* serta menggunakan model regresi spasial untuk mengetahui pengaruh sejumlah faktor terhadap indeks perubahan kepadatan penduduk. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sensus penduduk tahun 2000 dan tahun 2010. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat pengelompokan perubahan kepadatan penduduk di DAS Progo. Ditinjau dari nilai Moran's I sebesar 0,328248 dan nilai Geary's I 0,001275 bertanda positif dan signifikan secara statistik pada level 1%, hal tersebut mengindikasikan bahwa pengelompokan berpola tinggi-tinggi atau rendah-rendah, dimana daerah yang memiliki nilai perubahan kepadatan penduduk tinggi cenderung mengelompok pada satu lokasi. Sementara itu, melalui uji LISA, disimpulkan bahwa terdapat pengelompokan lokasi perubahan kepadatan penduduk tinggi dibagian hulu tengah-utara dan sisi tenggara DAS Progo. Hasil estimasi model regresi spasial menunjukkan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap perubahan kepadatan penduduk adalah elevasi atau ketinggian tempat. Implikasi dari temuan ini adalah bahwa kebijakan pengelolaan DAS pemerintah perlu memperhatikan pola sebaran spasial kependuduk. Adanya kecenderungan perubahan positif kepadatan penduduk di kawasan hulu diperlukan upaya-upaya dalam penyuluhan konservasi tanah dan lingkungan serta pembuatan kebijakan zonasi permukiman pada kawasan-kawasan yang diperuntukan sebagai kawasan dengan fungsi lindung.

Kata kunci: pertumbuhan penduduk; pengelolaan DAS; autokorelasi spasial; LISA.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Keterkaitan antara kepadatan penduduk dan degradasi lingkungan, termasuk daerah aliran sungai (DAS), sudah sejak lama menjadi bahan perdebatan di kalangan ilmuwan sosial dan ekonomi. Thomas Malthus misalnya, melalui bukunya yang bertajuk *'Essay on the Principle of Population'* terbit pertama kali tahun 1798 menunjukkan relasi kausalitas linier antara pertumbuhan penduduk dan degradasi lingkungan yang kemudian berujung pada petaka ekologis (Ananda & Herath, 2003). Di lain pihak, Boserup berpendapat sebaliknya. Pertumbuhan penduduk justru akan mendorong munculnya inovasi dan mengurangi tekanan terhadap sumberdaya alam sedemikian rupa sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya bencana ekologis (Ananda & Herath, 2003; Carr, Lopez, & Bilsborrow, 2009). Terlepas dari perdebatan yang ada, relasi antara penduduk dan lingkungan, terutama dalam konteks pengelolaan DAS, mengandung dimensi spasial yang tidak dapat diabaikan. Dampak kepadatan penduduk terhadap kelestarian DAS kemungkinan besar akan sangat berbeda, antara yang terjadi di kawasan hulu dan hilir, karena keterkaitan hidrologi yang bersifat asimetris antara keduanya. Sebagai contoh, kepadatan penduduk di kawasan hulu yang didominasi oleh usaha produksi pertanian berimplikasi pada intensitas penggunaan lahan yang kemudian berdampak pada sedimentasi, polusi air, banjir dan lain-lain, pada kawasan hilir. Sebaliknya, dampak kepadatan penduduk terhadap lahan pada kawasan hilir sangat kecil kemungkinannya memengaruhi kehidupan masyarakat hulu. Oleh karena itu, informasi spasial mengenai lokasi kepadatan penduduk memiliki arti penting dalam pengelolaan DAS.

Upaya pengintegrasian dimensi spasial kependudukan dalam konteks pengelolaan DAS, sudah mulai dilakukan beberapa tahun terakhir (Kuczenski, Field, Voss, Radeloff, & Hagen, 2000; López, Bocco, Mendoza, Velázquez, & Rogelio Aguirre-Rivera, 2006). Di Indonesia upaya tersebut belum banyak dilakukan kecuali untuk masalah-masalah kemiskinan dan ekonomi regional (Firman, 2003; Islam & Khan, 1986; Suryahadi, Widyanti, Artha, Perwira, & Sumarto, 2005). Untuk mengisi kekurangan tersebut, tujuan penulisan makalah ini adalah untuk mengetahui pola sebaran atau distribusi spasial

kepadatan penduduk pada DAS Progo dan sejumlah faktor yang memengaruhinya.

II. METODE

Lokasi penelitian adalah DAS Progo yang letaknya terbentang dari kabupaten Temanggung di provinsi Jawa Tengah (Jateng) hingga kabupaten Kulon Progo dan Bantul di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Nama Progo diambil dari nama sungai Progo yang merupakan sungai utama yang menjadi atusan anak-anak sungai yang mengalir dari punggung-punggung bukit yang membentang dari kawasan barat laut kabupaten Temanggung dan berderet ke selatan hingga kawasan timur kabupaten Bantul dan kawasan barat kabupaten Kulon Progo. Hulu utama sungai Progo terletak di lereng gunung Sindoro, tepatnya di desa Tegalrejo, kecamatan Ngadirejo, kabupaten Temanggung. Mata air tersebut dikenal dengan nama Umbul Jumprit dan merupakan salah satu mata air suci bagi agama Buddha. Selain itu, di setiap punggung bukit yang menjadi batas DAS Progo juga terdapat sejumlah mata air yang aliran membentuk anak-anak sungai dan kemudian bermuara di sungai Progo.

Panjang sungai Progo menurut Kementerian Pekerjaan Umum, cq. Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak (BBWS SO), adalah ± 138 km. Namun demikian, tidak sedikit yang menyebut ± 140 km. Menurut Kementerian Kehutanan, dalam hal ini Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Serayu, Opak dan Progo (BPDAS SOP), luas DAS Progo adalah 246.056,90 ha dan meliputi sebelas kota/kabupaten di provinsi Jateng dan DIY.

Tabel 1: Data dan Sumber Data

	Data	Keterangan	Sumber
1.	Jumlah penduduk	Data sensus penduduk tahun 2000 dan 2010	Badan Pusat Statistik
2.	Batas administrasi pemerintahan desa, kecamatan, kota/kabupaten dan provinsi	Peta batas administrasi dalam bentuk data vektor (shapefile)	Badan Pusat Statistik
3.	Batas DAS Progo	Peta batas DAS Progo dalam bentuk data vektor (shapefile)	Balai Pengelolaan DAS SOP
4.	Ketinggian lokasi	Data kecamatan dalam angka	Badan Pusat Statistik
5.	Kelerengan lokasi	Data kelerengan lokasi	Balai Pengelolaan DAS SOP

Data yang digunakan dalam makalah ini adalah data sekunder yang diperoleh dari sejumlah sumber (Tabel 1). Variabel yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah kepadatan penduduk (DEN) dan indeks perubahan kepadatan penduduk (PCI) yang direpresentasikan dari rasio jumlah penduduk terhadap luas desa (jiwa/km²) pada tahun 2000 dan 2010. Indeks PCI diformulasikan sebagai berikut:

$$PCI = \frac{P_{2010}}{P_{2000}}$$

P_{2000} adalah kepadatan penduduk pada tahun 2000 dan P_{2010} adalah kepadatan penduduk pada tahun 2010. Nilai $PCI=1$ adalah indikasi tidak adanya perubahan kepadatan penduduk selama kurun waktu tersebut. Nilai PCI kurang dari 1 ($PCI < 1$) menunjukkan adanya penurunan kepadatan penduduk dan nilai PCI lebih dari 1 ($PCI > 1$) merupakan indikasi adanya peningkatan kepadatan penduduk.

Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan sejumlah alat analisis spasial, meliputi:

1. Analisis autokorelasi spasial dengan menggunakan indeks global Moran (Moran's I) (Moran, 1950) dan indeks Geary (Geary's C) (Geary, 1954). Kedua indeks tersebut dapat mendeteksi apakah daerah yang berdekatan memiliki kesamaan atribut atau tidak.

Dalam makalah ini atribut yang menjadi perhatian adalah perubahan kepadatan penduduk (P). Formulasi indeks global Moran adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left(\sum_i \sum_j w_{ij} \right) \sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

N adalah jumlah area atau poligon, w_{ij} adalah bobot spasial, x_i dan x_j masing-masing adalah nilai atribut dari area i dan area j, dan \bar{x} . Untuk kepentingan praktis, Moran's I diinterpretasikan sebagai koefisien korelasi antara variabel x terhadap lag spasialnya, yang secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$x_{i,-1} = \frac{\sum_j w_{ij} x_j}{\sum_j w_{ij}}$$

Oleh karena itu, nilai Moran's I bervariasi antara -1 dan 1. Nilai hitung indeks Moran yang mendekati 1 mengindikasikan bahwa terdapat pengelompokan area atau poligon dengan tingkat kepadatan penduduk yang hampir sama, sedangkan nilai yang mendekati -1 mengindikasikan adanya pengelompokan area atau poligon dengan tingkat kepadatan penduduk bervariasi. Nilai Moran's I yang sangat dekat dengan nol menunjukkan bahwa pola spasial atribut yang dimaksud bersifat acak atau tidak mengandung autokorelasi spasial.

Indeks Geary (Geary's C) atau sering juga dirujuk sebagai Getis-Ord, dihitung dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$C = \frac{(N-1) \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - x_j)^2}{2 \left(\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - x_j) \right) \sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Rentang nilai indeks Geary umumnya berada diantara 0 dan 2. Meskipun demikian nilai 2 bukan merupakan batas atas (Geary, 1954). Nilai C=1 mengindikasikan tidak adanya autokorelasi spasial atau pola spasial acak. Nilai C antara 0 dan 1 adalah indikasi adanya

autokorelasi spasial positif atau terdapat pengelompokan area atau poligon dengan nilai kepadatan penduduk yang hampir sama. Nilai C antara 1 dan 2 merupakan indikasi adanya pengelompokan area atau poligon dengan nilai kepadatan penduduk yang bervariasi.

2. Hasil analisis dengan autokorelasi global kemudian dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan analisis autokorelasi lokal. Alat analisis yang digunakan adalah *Local Indicators of Spatial Autocorrelation* (LISA) seperti yang disarankan (Anselin, 1995) (1995) dan indeks lokal Geary (statistik G_i) (Getis & Ord, 1992). LISA dihitung dengan menggunakan formulasi sebagai berikut

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{s_x^2} \sum_j (w_{ij} (x_j - \bar{x}))$$

$$s_x^2 = \frac{\sum_j (x_j - \bar{x})^2}{n}$$

s_x^2 adalah ragam, sedangkan notasi lainnya sama dengan yang diterangkan pada persamaan (2). Jika nilai I_i positif, maka hal tersebut menunjukkan bahwa suatu desa dengan kepadatan penduduk yang tinggi akan cenderung dikelilingi oleh desa-desa dengan kepadatan yang tinggi pula (tinggi-tinggi) atau desa dengan kepadatan rendah akan cenderung dikelilingi oleh desa-desa dengan kepadatan yang rendah pula (low-low). Hasil perhitungan nilai I_i negatif menunjukkan bahwa desa dengan kepadatan yang rendah dikelilingi oleh desa-desa dengan kepadatan penduduk yang tinggi (rendah-tinggi) atau sebaliknya (tinggi-rendah).

Nilai statistik G_i dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$G_i^* = \frac{\sum_j (w_{ij} x_j)}{\sum_j x_j}$$

Jika nilai G tinggi, maka mengindikasikan bahwa desa dengan nilai kepadatan penduduk tinggi cenderung berdekatan. Sebaliknya, jika nilai G rendah mengindikasikan bahwa desa dengan tingkat

kepadatan penduduk yang rendah cenderung mengelompok pada lokasi yang berdekatan.

3. Untuk mengetahui lebih lanjut pengaruh sejumlah faktor terduga terhadap pengelompokan penelitian ini menggunakan analisis regresi spasial. Namun demikian, penggunaan regresi spasial tersebut sangat tergantung dari hasil analisis autokorelasi spasial variabel PCI. Jika hasil analisis menunjukkan pengelompokan, maka digunakan analisis regresi spasial. Jika hasil analisis menunjukkan sebaliknya, maka akan tetap digunakan alat analisis regresi biasa atau *ordinary least square*. Data yang digunakan dalam model regresi disajikan pada Tabel 2.

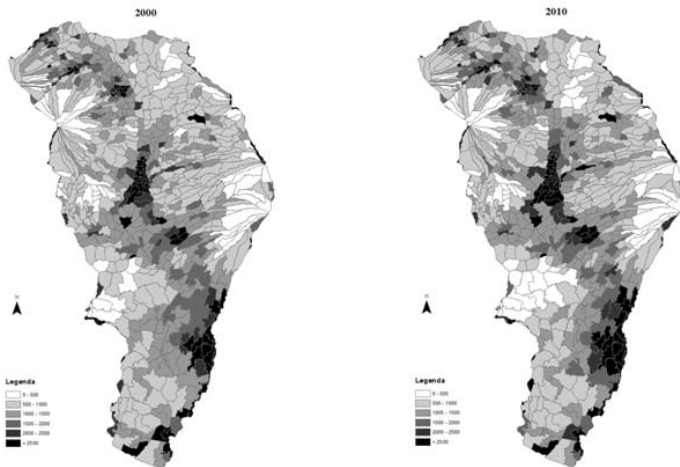
Tabel 2: Variabel pada Model Regresi

Variabel	Definisi Operasional
<i>Variabel tak bebas</i>	
1. Indeks perubahan kepadatan penduduk (PCI)	Rasio kepadatan penduduk tahun 2010 terhadap kepadatan penduduk tahun 2000
<i>Variable bebas</i>	
2. Klasifikasi desa (VCL)	=1 jika desa masuk dalam kawasan perkotaan, = 0 jika tidak
3. Ketinggian desa (ELV)	Ketinggian rerata desa diukur dari permukaan laut (meter)
4. Jarak desa ke jalan kolektor atau jalan arteri (DRD)	Jarak titik centroid desa ke jalan kolektor atau arteri (miles)
5. Jarak desa ke sungai Progo (DRV)	Jarak titik centroid desa ke sungai Progo (miles)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan Kepadatan Penduduk di DAS Progo

Sebaran kepadatan penduduk merupakan gambaran awal dari aktivitas ekonomi yang terjadi pada suatu kawasan. Kawasan perkotaan umumnya dicirikan oleh kepadatan penduduk yang tinggi, sedangkan kawasan perdesaan bercirikan sebaliknya. Kepadatan penduduk di DAS Progo pada umumnya tinggi, dengan rerata kepadatan mencapai lebih dari 140 ribu jiwa/km² pada tahun 2000 dan lebih dari 138 ribu jiwa/km². Sebaran kepadatan penduduk dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Perubahan Kepadatan Penduduk di DAS Progo tahun 2000 dan 2010 (jiwa/km²)

Tingkat kepadatan penduduk yang tinggi pada DAS Progo umumnya terjadi pada di desa-desa yang masuk dalam wilayah perkotaan kota Magelang dan sebagian wilayah Sleman dan Bantul yang berbatasan dengan kota Yogyakarta. Pola sebaran tersebut secara sekilas mengindikasi adanya daya tarik ekonomi perkotaan yang mendorong sebagian besar penduduk untuk berdiam di kawasan perkotaan dan sekitarnya (Fujita, Krugman, & Venables, 1998; Song et al., 2007).



Gambar 2: Indeks Perubahan Kepadatan Penduduk

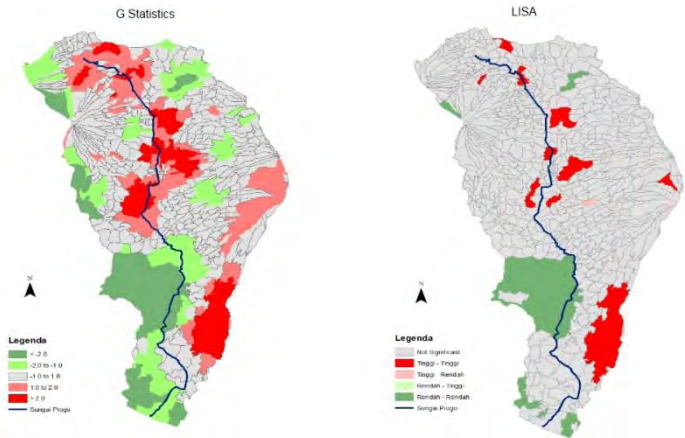
Namun demikian, hanya melihat kepadatan pada satu atau dua titik waktu belum dapat menjawab pertanyaan terkait dengan perubahan kepadatan penduduk pada suatu daerah dalam kurun waktu tertentu. Dengan menggunakan indeks PCI, perubahan kepadatan penduduk di DAS Progo dapat dilihat lebih jauh. Selama kurun waktu 10 tahun, sejumlah daerah, khususnya yang terletak di bagian barat dan selatan kabupaten Kulon Progo dan Bantul serta bagian utara kabupaten Temanggung umumnya mengalami penurunan kepadatan penduduk, sedangkan daerah lainnya mengalami pertumbuhan kepadatan yang positif (lihat Gambar 2). Hasil perhitungan indeks autorelasi global dengan menggunakan indeks global Moran (Moran's I) dan indeks global Geary (Geary's C) menunjukkan bahwa pola sebaran spasial perubahan kepadatan penduduk selama kurun waktu 10 tahun (2000-2010) memiliki karakteristik mengelompok. Hasil uji statistik menunjukkan nilai skor Z pada kedua indeks autokorelasi global tersebut signifikan secara statistik pada tingkat kepercayaan mencapai kurang dari 1% (lihat Tabel 3).

Tabel 3: Perhitungan Nilai Indeks Autokorelasi Global

	Hasil Perhitungan	Geary's C	Moran's I		
1.	Nilai indeks	0,001275	0,328418		
2.	Nilai indeks yang diharapkan	0,001264	-0,001264		
3.	Ragam	0,000000	0,000472		
4.	Nilai Skor Z	4,335470	*	15,175809	*

Keterangan: * mengindikasikan signifikan pada level 1%

Untuk mendeteksi lebih jauh *hot-spots* perubahan kepadatan penduduk di DAS Progo digunakan alat analisis spasial *G-statistics* dan LISA. Hasilnya dipaparkan pada Gambar 3. Nilai yang dihasilkan oleh kedua indeks tersebut tidak berbeda nyata. Pola pengelompokan PCI disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3: Kluster Indeks Perubahan Kepadatan Penduduk

Pengelompokan *hot-spots* perubahan kepadatan penduduk terjadi pada daerah yang berbatasan dengan kota Yogyakarta. Selain itu, terdapat juga *hot-spots* pada di kota Magelang, kabupaten Magelang dan Temanggung. *Hot-spots* di daerah Sleman dan Bantul, meskipun terletak di bagian hilir DAS Progo, kawasan tersebut merupakan punggung bukit dan oleh karena itu, intensitas penggunaan lahan atau aktivitas ekonomi yang memiliki dampak lingkungan berpotensi memengaruhi kawasan di kabupaten Bantul yang letaknya lebih rendah atau lebih dekat dengan sungai Progo dan laut Jawa. Demikian

juga *hot-spots* yang terdeteksi di kawasan hulu, khususnya di kabupaten Temanggung, Magelang dan kota Magelang. *Hot-spots* di ketiga kota/kabupaten tersebut umumnya berlokasi di dekat aliran sungai Progo. Karena kepadatan penduduk umumnya berkorelasi positif dengan peningkatan limbah domestik (Smailes, Argent, & Griffin, 2000), maka tanpa adanya upaya pengendalian pembuangan limbah domestik ke sungai akan dapat berdampak pada kualitas air sungai. Satu hal yang patut pula diperhatikan adalah adanya *host-spot* di kawasan hulu gunung Merapi, Sleman dan Temanggung. *Hot-spot* di sini perlu untuk mendapat perhatian khusus karena sangat berpotensi merusak kawasan lindung sebagai akibat dari usaha pertanian yang tidak mengindahkan aspek konservasi.

Faktor Penentu Perubahan Kepadatan Penduduk

Perubahan kepadatan penduduk pada suatu wilayah ditentukan oleh sejumlah faktor. Beberapa diantaranya adalah kondisi alam, seperti iklim, ketersediaan air, kesuburan tanah, vegetasi, kelerengan, ketinggian dan lain sebagainya. Selain itu, beberapa faktor sosial juga turut mendorong atau mengurangi kepadatan penduduk pada suatu daerah (Ningal, Hartemink, & Bregt, 2008; Song et al., 2007). Model regresi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sejumlah variabel seperti yang diterangkan pada Tabel 1. Model empiris yang digunakan dalam makalah ini adalah sebagai berikut:

1. Model *Ordinary Least Squares* (OLS)

$$\ln PCI = \alpha + \beta_1 \ln VLC + \beta_2 \ln ELV + \beta_3 \ln DRD + \beta_3 \ln DRV + \varepsilon$$

Dalam hal ini, α adalah konstanta dan ε adalah galat.

2. Model *Spatial Lag*

$$\ln PCI = \rho \mathbf{W}_{PCI} + \alpha + \beta_1 \ln VLC + \beta_2 \ln ELV + \beta_3 \ln DRD + \beta_3 \ln DRV + \varepsilon$$

\mathbf{W}_{PCI} adalah matriks pembobot dari spatial lag variable PCI.

3. Model *Spatial Error*

$$\ln PCI = \alpha + \beta_1 \ln VLC + \beta_2 \ln ELV + \beta_3 \ln DRD + \beta_3 \ln DRV + (\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W})^{-1} \varepsilon$$

$(\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W})^{-1}$ adalah *spatial multiplier*.

Hasil estimasi empiris ketiga model tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4: Hasil Estimasi Model Empiris

Variabel Bebas	OLS Model	Spatial Lag Model	Spatial Error Model
VCL	0.0359 ** (0.0169)	0.0046 (0.0142)	-0.0115 (0.0199)
ELV	0.0214 *** (0.0048)	0.0105 ** (0.0042)	0.0185 ** (0.0094)
DRD	-0.0024 (0.0039)	-0.0014 (0.0033)	-0.0021 (0.0044)
DRV	-0.0072 (0.0051)	-0.0033 (0.0043)	0.0010 (0.0080)
Konstanta	-0.1134 *** (0.0424)	-0.0591 (0.0361)	-0.0641 (0.0716)
Spatial Lag (ρ)		0.5988 *** (0.0375)	
Spatial Error (λ)			0.6080 *** (0.0370)
R ²	0.0316 ***	0.3063 ***	0.3068 ***

Keterangan: *** dan ** berturut-turut mengindikasikan signifikan pada level 1% dan 5%

Koefisien determinasi (R^2) dari model spatial lag dan spatial error tidak berbeda nyata, berkisar pada 0.30. Meskipun kecil, koefisien determinasi tersebut dalam ilmu sosial masih dapat diterima (Greene, 2003; Verbeek, 2000). Variabel spatial lag (ρ) dan spatial error (λ) pada setiap model menunjukkan nilai yang signifikan secara statistik pada level 1%. Hasil ini menegaskan bahwa penggunaan model spasial regresi sangat disarankan karena galat dari model OLS mengandung autokorelasi spasial. Oleh karena itu, yang mendapat perhatian adalah model spatial lag dan spatial error.

Dari empat variabel yang dimasukkan dalam model empiris variabel, hanya variabel VCL dan ELV yang koefisiennya signifikan secara statistik. Variabel VCL hanya signifikan pada model OLS dan oleh karena itu tidak akan dibahas. Variabel ELV memiliki koefisien positif pada semua model dan signifikan secara statistik pada level 5% pada

model regresi spasial. Hasil tersebut secara eksplisit menjelaskan bahwa peningkatan ketinggian suatu tempat sebesar 1% berpeluang meningkatkan indeks perubahan kepadatan penduduk. Dengan kata lain, terdapat kecenderungan bahwa penduduk di DAS Progo berdiam di kawasan-kawasan hulu DAS atau paling tidak pada kawasan yang lebih tinggi dari daerah sekitarnya.

IV. KESIMPULAN

Makalah ini memaparkan hasil analisis spasial perubahan kepadatan penduduk di DAS Progo. Hasil analisis autokorelasi spasial indeks perubahan kepadatan penduduk (PCI) dengan menggunakan indeks Moran dan Geary diperoleh informasi bahwa pola sebaran PCI mengelompokkan. Analisis lebih lanjut dengan menggunakan indeks lokal Moran dan indeks lokal Getis-Ord menunjukkan pola sebaran yang bersifat tinggi-tinggi atau rendah-rendah. Lokasi kluster *hot-spots* (tinggi-tinggi) terletak pada kawasan perkotaan, khususnya yang berbatasan dengan kota Yogyakarta, dan sebagai kawasan hulu DAS bagian tengah dan utara. Sebagian kecil *hot-spots* juga terlihat pada kawasan hulu gunung Merapi, Sleman dan Temanggung.

Hasil analisis model regresi spasial menunjukkan indeks perubahan kepadatan penduduk pada suatu desa dipengaruhi oleh ketinggian desa tersebut. Koefisien variabel ketinggian bertanda positif dan signifikan secara statistik pada level 5%. Hal tersebut mengindikasikan adanya kecenderungan masyarakat untuk bermukim atau berdiam di kawasan yang lebih tinggi dari daerah sekitarnya.

Implikasi dari temuan ini adalah bahwa pemerintah perlu memperhatikan pola sebaran perubahan kepadatan penduduk untuk mengantisipasi kemungkinan degradasi lingkungan pada kawasan-kawasan dengan potensi perubahan kepadatan penduduk tinggi. Templeton and Scherr (1999) dalam kajiannya di sejumlah menunjukkan adanya korelasi positif antara kepadatan penduduk dengan degradasi lingkungan, terutama pada kawasan-kawasan dengan tingkat ketimpangan penguasaan lahan yang tinggi. Pemerintah perlu mengantisipasi hal tersebut dengan menerapkan sistem zonasi penggunaan lahan, pengendalian jumlah penduduk,

penyediaan teknologi konservasi, dan membuka peluang usaha yang tidak berbasis lahan serta melakukan penyuluhan kepada semua pihak terkait, termasuk aparat pemerintah sendiri yang memiliki kewenangan dalam melakukan alih fungsi lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, J., & Herath, G. (2003). Soil Erosion in Developing Countries: A Socio-Economic Appraisal. *Journal of Environmental Management*, 68, 343-353.
- Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association: LISA. *Geographical Analysis*, 27, 93-115.
- Carr, D. L., Lopez, A. C., & Bilsborrow, R. E. (2009). The population, agriculture, and environment nexus in Latin America: country-level evidence from the latter half of the twentieth century. *Population and Environment*, 30(6), 222-246.
- Firman, T. (2003). Potential impacts of Indonesia's fiscal decentralisation reform on urban and regional development: Towards a new pattern of spatial disparity. *Space and Polity*, 7(3), 247-271. doi: 10.1080/1356257032000169712
- Fujita, M., Krugman, P., & Venables, A. J. (1998). *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Geary, R. C. (1954). The Contiguity Ratio and Statistical Mapping. *The Incorporated Statistician*, 5(3), 115-145.
- Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, 24, 189-206.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric Analysis*. Eaglewood Cliffs, USA: Prentice Hall.
- Islam, I., & Khan, H. (1986). Spatial Patterns of Inequality and Poverty in Indonesia. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 22(2), 80-102. doi: 10.1080/00074918612331334834
- Kuczenski, T. K., Field, D. R., Voss, P. R., Radeloff, V. C., & Hagen, A. E. (2000). Integrating Demographic and Landsat (TM) data at watershed scale. *Journal of the American Water Resources Association*, 35, 215-228.
- López, E., Bocco, G., Mendoza, M., Velázquez, A., & Rogelio Aguirre-Rivera, J. (2006). Peasant emigration and land-use change at

- the watershed level: A GIS-based approach in Central Mexico. *Agricultural Systems*, 90(1-3), 62-78. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2005.11.001>
- Moran, P. A. P. (1950). Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*, 37(1), 17-23.
- Ningal, T., Hartemink, A. E., & Bregt, A. K. (2008). Land Use Change and Population Growth in the Morobe Province of Papua New Guinea between 1975 and 2000. *Journal of Environmental Management*, 87(1), 117-124.
- Smailes, P. J., Argent, N., & Griffin, T. L. C. (2000). Rural Population Density: Its Impact on Social and Demographic Aspects of Rural Communities. *Journal of Rural Studies*, 18(4), 385-404.
- Song, G., Li, Z., Bao, Y., Lu, H., Gao, J., & Wang, H. (2007). Spatial Distribution Regularity and Influence Factors of Population Density in LRGR. *Chinese Science Bulletin*, 52, 90-97.
- Suryahadi, A., Widyanti, W., Artha, R. P., Perwira, D., & Sumarto, S. (2005). Developing a Poverty Map for Indonesia: A Tool for Better Targeting in Poverty Reduction and Social Protection Programs (pp. 39). Jakarta, Indonesia: The SMERU Research Institute.
- Templeton, S. R., & Scherr, S. J. (1999). Effects of Demographic and Related Microeconomic Change on Land Quality in Hills and Mountains of Developing Countries. *World Development*, 27(6), 903-918.
- Verbeek, M. (2000). *A Guide to Modern Econometrics*. Sussex, United Kingdom: John Wiley and Sons.

KONSERVASI TANAH DAN MANFAATNYA BAGI PETANI LAHAN KERING¹

Oleh:

Nur Ainun Jariyah²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com; ainun_25@yahoo.com

RINGKASAN

Penelitian ini merupakan studi kasus penerapan konservasi tanah di lahan kering. Penelitian dilakukan di Desa Dungwot, Kecamatan Nguntoronadi, Kabupaten Wonogiri mewakili lahan kering berbasis palawija (tegalan) dan Desa Igimranak, Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo mewakili lahan kering berbasis sayuran (dataran tinggi). Pengumpulan data dilakukan dengan metode survai yang dilakukan dengan wawancara. Responden adalah petani lahan kering sayur dan tegal yang telah menerapkan konservasi tanah dan air. Untuk validasi data penelitian ini juga melakukan wawancara dengan penyuluh dan tokoh masyarakat. Data yang diambil adalah data primer dan data sekunder. Data primer meliputi karakteristik responden, kondisi sosial ekonomi petani, persepsi petani tentang konservasi tanah dan manfaat konservasi tanah. Data sekunder meliputi luas wilayah, jumlah penduduk, kondisi penggunaan lahan, mata pencaharian, pendidikan dan studi literatur. Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif kualitatif eksploratif. Hasil dari penelitian ini adalah pembuatan konservasi tanah di lahan kering, disesuaikan dengan kondisi lahan baik itu tingkat kemiringan lahan, tingkat erodibilitas dan kedalaman solum tanah. Pada lahan sayur, pada umumnya kondisi lahan mempunyai lereng yang curam, sebaiknya dibangun teras individu dan teras kebun. Sementara untuk lahan palawija dibangun teras gulud. Manfaat langsung yang dapat diperoleh petani adalah adanya peningkatan produksi, tanah yang tererosi lebih mudah dikembalikan ke lahan sehingga kesuburan tanah tetap terjaga.

Kata kunci : Lahan kering; konservasi tanah dan air; gulud; tampingan teras

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Konservasi tanah di lahan pertanian bukan merupakan istilah asing bagi petani, tetapi mereka lebih mengenal dengan istilah terasering. Menurut Arsyad (2000) konservasi tanah adalah penggunaan tanah yang disesuaikan dengan kemampuan tanah dan memperlakukannya sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan tanah sehingga tanah berfungsi secara lestari.

Konservasi tanah tidak dilakukan petani karena tingkat kesadaran dan kemampuan ekonomi petani yang rendah akan mendahulukan kebutuhan primer (sandang, pangan dan papan) dan sekunder, dibandingkan kepedulian terhadap lingkungan (Dep. Kehutanan, 2006). Selain itu dampak dari degradasi tanah tidak berdampak langsung di lapangan, atau tidak secara drastis menurunkan hasil panen. Degradasi tanah berlangsung secara perlahan-lahan namun secara pasti akan menurunkan kualitas tanah. Tanpa tindakan konservasi tanah yang efektif, produktivitas lahan yang tinggi dan usaha pertanian sulit terjamin keberlanjutannya.

Menurut Adimihardja (2007) sekitar 40-250 m³ atau 35-220 ton tanah/ha lahan tererosi setiap tahun, dengan laju peningkatan 7-14% atau 3-28 ton tanah/ha/tahun, dibanding di Amerika Serikat yang hanya 0,7 ton/ha/tahun. Data menunjukkan bahwa luas lahan kritis di Indonesia terus meningkat, yang diperkirakan telah mencapai 10,9 juta ha. Bahkan Departemen Kehutanan (2006) mengidentifikasi luas lahan kritis mencapai 13,2 juta ha. Penyebab utamanya adalah erosi dan longsor.

Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa adopsi teknologi konservasi bukan karena keterbatasan teknologi, tetapi lebih dikarenakan oleh masalah teknis. Kondisi ini tidak hanya terjadi di Indonesia saja tetapi juga terjadi di negara lain. Hudson (1980) dalam Adimihardja (2007) menyatakan bahwa walaupun masih ada kekurangan dalam teknologi konservasi dan masih ada ruang untuk perbaikan teknis, hambatan yang lebih besar adalah masalah politik, sosial, dan ekonomi. Kebijakan dan perhatian pemerintah sangat

menentukan efektivitas dan keberhasilan upaya pengendalian degradasi tanah.

Melihat hal tersebut maka paper ini mencoba untuk melihat sejauh mana konservasi tanah yang telah dilakukan oleh petani di lahan kering dan bagaimana seharusnya konservasi tanah yang sebaiknya diterapkan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu bahan kebijakan dalam penerapan konservasi tanah di lahan kering.

II. METODE

Pada makalah ini konservasi tanah dan air lebih menyoroti ke pertanian lahan kering. Lahan kering adalah lahan yang digunakan untuk usaha pertanian dengan menggunakan air secara terbatas dan biasanya hanya mengharapkan dari curah hujan. Usaha pertanian lahan kering dapat dibagi dalam tiga jenis penggunaan lahan, yaitu lahan kering berbasis palawija (tegalan), lahan kering berbasis sayuran (dataran tinggi) dan pekarangan (Ford Foundation (1989) dalam Setiawan (2008)). Banyak desa di Indonesia yang mempunyai kondisi yang pada umumnya sama. Yaitu memiliki lahan kering yaitu lahan kering tegal dan sayuran. Oleh karena itu lokasi penelitian dipilih secara *purposive sampling*. Pada penelitian ini desa sebagai studi kasus adalah Desa Dungwot, Kecamatan Nguntoronadi, Kabupaten Wonogiri mewakili lahan kering berbasis palawija (tegalan) dan Desa Igirmranak, Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo mewakili lahan kering berbasis sayuran (dataran tinggi).

Pengumpulan data dilakukan dengan metode survai dengan dilakukan wawancara dan *Focus Group Discussion* (FGD). Responden yang dipilih yaitu petani lahan kering sayur dan petani lahan kering tegal yang telah menerapkan konservasi tanah dan air. Responden adalah kelompok tani di masing-masing lokasi. Untuk validasi data penelitian ini juga melakukan wawancara dengan penyuluh dan tokoh masyarakat. Data yang diambil adalah data primer dan data sekunder. Data primer meliputi karakteristik responden, kondisi sosial ekonomi petani, persepsi petani tentang konservasi tanah dan manfaatnya. Data sekunder meliputi luas wilayah, jumlah penduduk, kondisi

penggunaan lahan, mata pencaharian, pendidikan dan studi literatur. Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif kualitatif eksploratif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi sosial ekonomi petani

Tabel 1. Gambaran umum kondisi sosial ekonomi petani di lokasi penelitian

Uraian	Desa Dungwot, Kecamatan Nguntoronadi, Kab. Wonogiri	Prosentase (%)	Desa Igrimranak, Kecamatan Kejajar, Kab. Wonosobo	Prosentase (%)
Luas wilayah (Ha)	561		109,86	
Ketinggian (mdpl)	196-427		1803	
Kondisi penggunaan lahan (Ha) :				
▪ Tegalan atau lahan kering	187,84	33	66,33	60
▪ Hutan	154,5	28	39,00	35
▪ Sawah tadah hujan	131,61	23	-	0
▪ Pekarangan dan bangunan	73,63	13	1,94	2
▪ Lainnya	13,42	2	2,59	2
Penduduk				
▪ Laki-laki (jiwa)	1279	49,6	362	52,2
▪ Perempuan (jiwa)	1302	50,4	331	47,8
▪ Kepadatan penduduk (jiwa/km ²)	460		631	
Mata Pencaharian				
▪ Petani	1113	85	221	41
▪ Buruh tani	39	3	256	47
▪ Bangunan	24	2	14	3
▪ Perdagangan	26	2	17	3
▪ Transportasi	16	1	4	1
▪ PNS/Honda	57	4	2	0
▪ Lainnya	32	2	28	5

▪ Petani	1113	85	221	41
▪ Buruh tani	39	3	256	47
▪ Bangunan	24	2	14	3
▪ Perdagangan	26	2	17	3
▪ Transportasi	16	1	4	1
▪ PNS/Honda	57	4	2	0
▪ Lainnya	32	2	28	5
Pendidikan				
▪ SD	667	32	231	82
▪ SLTP	664	32	37	13
▪ SLTA	727	37	12	4
▪ Akademi/PT	13	1	1	0,4

Sumber : Kecamatan Nguntoronadi dalam angka tahun 2011 dan kecamatan Kejajar dalam angka 2011

B. Konservasi tanah dan air di lahan lokasi penelitian

Menurut Ford Foundation (1989) dalam Setiawan (2008), terdapat tiga permasalahan utama usaha tani lahan kering, yaitu: erosi, kesuburan tanah dan ketersediaan air yang terbatas. Erosi terjadi terutama apabila lahan dalam kondisi miring dan tidak tertutup vegetasi secara rapat. Kesuburan tanah pada umumnya rendah karena proses erosi secara terus menerus, sementara ketersediaan air yang sangat terbatas karena tergantung dari curah hujan. Sementara itu masih ada beberapa permasalahan lainnya yaitu semakin menurunnya produktifitas lahan (*leveling off*), tingginya variabilitas kesuburan tanah dan macam spesies tanaman yang ditanam, mudarnya modal sosial-ekonomi dan budaya, rendah atau tidak optimalnya adopsi teknologi maju, serta terbatasnya ketersediaan modal dan infrastruktur yang tidak sebaik di daerah sawah.

1. Desa Igirmanak, kecamatan Kejajar, kabupaten Wonosobo

Penduduk Desa Igirmanak dalam kesehariannya sebagian besar berprofesi sebagai petani. Dalam satu tahun rata-rata mempunyai tiga musim tanam (MT), yaitu MT 1 ditanam kentang, MT 2 ditanam kentang, dan MT 3 ditanam kobis. Kentang ditanam bulan Februari dan Juni dengan umur panen kurang lebih 100 hari. Pada saat musim kemarau biasanya hasil panen kentang lebih tinggi dari pada saat musim penghujan kurang lebih 33%. Hal ini disebabkan karena kentang

tidak menyukai tanah dengan kelembaban tinggi. Sementara itu kobis biasanya ditanam bulan Oktober.

Kondisi lahan dari beberapa petani sudah dilakukan konservasi tanah dengan teras miring ke dalam. Namun masih ada juga petani yang belum melakukan konservasi tanah, karena menurut mereka dengan melakukan konservasi tanah diperlukan biaya dan waktu yang lebih banyak. Berdasarkan perhitungan untuk pembuatan teras miring ke dalam dengan menggunakan batu pada tampingan teras, dalam satu hari jika dilakukan secara penuh bisa membuat teras sepanjang 4 m² dengan kebutuhan biaya Rp. 385.000,00. Ukuran teras yang dibuat adalah tinggi teras kurang lebih 3 m dengan ½ m untuk pondasi dan 2 ½ m untuk terasnya. Sementara itu jika pembuatan teras tidak memakai batu membutuhkan biaya Rp. 9.000.000/ha. Hal ini dinilai mahal oleh petani. Pembuatan teras memerlukan biaya yang berbeda-beda tergantung dari kondisi lahan.

Menurut petani, dengan adanya pembuatan teras pengolahan tanah menjadi lebih mudah karena kondisi tanah lebih stabil dan kesuburan tanahnya lebih mudah dikembalikan ke lahan. Hasil panen pada musim kemarau lebih baik dibandingkan jika tidak ada terasnya. Bahkan ada petani (Pak Isroin) yang membuat teras dalam waktu 10 tahun. Pengerjaannya tidak setiap hari tetapi hanya sebagai pekerjaan sampingan. Hal ini memang membutuhkan ketelatenan yang tinggi. Petani yang melakukan teknik konservasi tanah dengan teras miring ke dalam, biasanya karena kondisi lahannya sudah tidak memungkinkan untuk ditanami sayur selama 3 kali dalam setahun dan biaya operasionalnya lebih tinggi 2 kali lipat dibandingkan dengan lokasi lahan di kelerengan agak landai. Lokasinya biasanya mempunyai kelerengan lahan sangat miring lebih dari 40%. Kelerengan lebih dari 40% tidak diperuntukkan untuk lahan sayur tetapi lebih diperuntukkan untuk kawasan lindung (SK Mentan No.837/KPTS/Um/11/1980 dan Kepres No.32/1990). Setelah dilihat adanya perubahan kesuburan tanah karena banyak tanah yang hilang jika ada hujan, maka mereka baru melakukan pembuatan teras. Selain itu mereka juga melakukan penanaman tanaman keras seperti sengon.

2. Desa Dungwot, kecamatan Nguntoronadi, kabupaten Wonogiri

Petani di dusun Dungwot dan dusun Tawing pada umumnya adalah petani lahan kering. Mereka melakukan kegiatan usaha tani dengan sistem agroforestry. Ada beberapa petani yang melakukan kegiatan usaha tani di lahan milik ada juga sebagai pesanggem di lahan Perhutani. Perbedaan kepemilikan lahan akan mempengaruhi cara pengolahan lahan. Pada umumnya dengan status lahan milik, pengolahan lahannya akan lebih intensif, sehingga mereka tidak memikirkan dampak dari pengolahan lahan yang intensif tanpa disertai konservasi tanah dan air yang benar. Tetapi dengan status lahan kontrak, maka petani kurang perhatian dan tidak mempunyai rasa memiliki.

Kegiatan konservasi tanah yang telah dilakukan petani adalah membuat teras, guludan dan penanaman tanaman kayu pada lahannya. Pada umumnya kondisi kelerengan lahan di lahan milik dalam kondisi datar, sehingga konservasi tanah yang dilakukan lebih banyak berupa guludan. Sementara itu di lokasi Perhutani kondisi kelerengan curam dan berbatu, sehingga menyebabkan pesanggem mengalami kesulitan dalam menerapkan konservasi tanah. Kegiatan konservasi tanah yang dilakukan di lahan Perhutani secara vegetatif yaitu dengan menanam tanaman keras seperti jati, mangga, jambu mete, pete, lamtoro dengan tanaman penguat terasnya adalah rumput gajah. Rumput gajah berfungsi sebagai penguat teras agar teras tidak cepat rusak apabila terkena gerusan air. Sementara itu kegiatan sipil teknis yang dilakukan adalah pembuatan teras bangku dan Saluran Pembuangan Air (SPA). Menurut Arsyad (1989) teras berfungsi mengurangi panjang lereng dan menahan air, sehingga mengurangi kecepatan dan jumlah aliran permukaan, dan memungkinkan penyerapan air oleh tanah sehingga erosi menjadi berkurang. SPA berfungsi untuk mengarahkan aliran air yang ada sehingga lebih terarah dan tidak melimpas ke lahan pertanian. Menurut petani dengan pembuatan SPA tersebut, tanah yang tererosi lebih mudah untuk dikembalikan ke lahan, dan kemungkinan tanah yang hilang dapat dikurangi. Pengaturan jarak tanam juga menjadi prioritas dengan tujuan agar di sela-sela tanaman keras masih dapat ditanami tanaman semusim seperti jagung dan ketela pohon. Tanaman

di bawah tegakan merupakan tanaman untuk mencukupi kebutuhan jangka pendek petani. Sementara itu tanaman keras dapat mencukupi kebutuhan jangka panjang karena tanaman keras berfungsi sebagai tabungan.

Kendala dalam pembuatan SPA, petani merasa kesulitan dalam pembuatannya dan membutuhkan biaya yang banyak. Biaya pada umumnya merupakan kendala utama di masyarakat. Sementara itu mengubah pola pikir petani tentang pentingnya konservasi tanah memerlukan waktu yang lama, tidak bisa dilakukan secara instan. Selain itu diperlukan kesabaran dan keuletan dari pihak terkait untuk bisa menumbuhkan pentingnya kelestarian lingkungan. Begitu juga kegiatan konservasi tanah seperti pembuatan teras. Bagi masyarakat pembuatan teras bukan merupakan hal baru lagi, karena sebelumnya pada tahun 1989/1990 pernah ada proyek bantuan terasering seluas 17 ha. Pada saat ini, petani sebenarnya pada tahap meneruskan dan memperbaiki teras tersebut.

Rehabilitasi lahan dan konservasi tanah belum banyak dilihat manfaatnya oleh petani. Mereka baru melihat dari satu sisi saja yaitu segi ekonomi (*tangible benefit*), dan belum melihat dari dampak lingkungannya (*intangible benefit*). Dampak ekonomi merupakan dampak yang langsung diterima oleh petani sedangkan dampak lingkungan bersifat jangka panjang, sehingga jauh dari pemikiran petani.

C. Implementasi konservasi tanah dan air yang diharapkan

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa penyebab rendahnya penerapan teknik konservasi tanah yang berasal dari faktor internal petani adalah karena : (1) penanaman/bedengan searah kontur akan memicu terjadinya serangan penyakit akibat memburuknya drainase tanah, (2) pembuatan teras akan menurunkan produksi sayuran karena berkurangnya areal tanam, (3) manfaat konservasi tidak dirasakan secara langsung oleh petani, (4) penanaman pohon atau rumput akan mengganggu pertumbuhan tanaman sayuran (Nuraeni dkk, 2012).

Sementara itu faktor eksternal petani yang menghambat penerapan konservasi tanah (Abdurachman, 2004) adalah (1) kebijakan yang ada belum memadai dan efektif baik dari segi kelembagaan maupun dari pendanaan. Selama ini prioritas utama pembangunan pertanian adalah peningkatan produksi dan pertumbuhan ekonomi secara makro, sehingga aspek keberlanjutan dan kelestarian sumberdaya lahan agak tertinggalkan, (2) masalah sosial seperti sistem kepemilikan dan hak atas lahan, fragmentasi lahan, sempitnya lahan garapan petani ($\pm 458 \text{ m}^2$) (Nurhayat, 2014), tekanan penduduk dan kondisi ekonomi petani yang rendah menjadi alasan mereka untuk mengabaikan penerapan konservasi tanah.

Salah satu hal yang perlu disadari oleh para perencana dan pengambil kebijakan adalah bahwa menghilangkan erosi pada lahan usaha tani sangatlah tidak mungkin, karena gangguan terhadap lahan pertanian sebagai pemicu erosi sulit dihindari (Ai Dariah dkk, 2004).

Menurut Peraturan Menteri Pertanian No : 47/Permentan/OT.140/10/2006 telah diatur tentang penerapan konservasi tanah berdasarkan tingkat kemiringan lahan, erodibilitas tanah dan kedalaman solum. Secara lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pedoman pemilihan teknologi konservasi tanah secara mekanis dan vegetatif berdasarkan tingkat kemiringan lahan, erodibilitas tanah dan kedalaman solum (Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air (P3HTA) dengan modifikasi)

Lereng (%)	Kedalaman solum (cm)/ erodibilitas						Rekomendasi	
	> 90 cm		40-90 cm		< 40 cm		Proporsi tanaman (%)	
	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi	Semusim	Tahunan
1	2	3	4	5	6	7	8	9
15-25	TB, BL, PH, SP, PT, RR, ST	TB, BL, PH, SP, PT, RR, ST	TB, BL, PH, SP, PT, RR, ST	TB, BL, PH, SP, PT, RR, ST	TB, BL, PH, SP, PT, RR, ST	TB, BL, PH, SP, PT, RR, ST	Maks 50	Min 50
25-40	TB, BL, PH, PT	TG, BL, PH, PT	TG, BL, PH, PT	TG, BL, PH, PT	TG, BL, PH, PT	TI, RR, BL, PH, PT	Maks 25	Min 75
> 40*	TI, TK	TI, TK	TI, TK	TI, TK	TI, TK	TI, TK	0	100

Keterangan :

* Untuk tanah peka erosi (Ultisoi, Entisoi, Vertisoi, Alfisoi) dibatasi sampai lereng 65%, sedangkan untuk tanah yang kurang peka sampai lereng 100%.

TB = Teras bangku; BL = Budidaya lorong, TG = Teras gulud; TI = Teras Individu; RR = Rorak; TK = Teras kebun, PH = Pagar hidup; ST = Strip rumput atau strip tanaman alami; SP = Silvopastura; PT = Tanaman penutup tanah.

Sumber (source) : Peraturan Menteri Pertanian No :
47/Permentan/OT.140/10/2006

Pada dasarnya penerapan teknik konservasi tanah adalah dengan mengurangi derajat kemiringan lahan dan panjang lereng, baik itu dilakukan secara mekanis maupun vegetatif (Ai Dariah dkk, 2004). Berdasarkan PP No : 47/Permentan/OT.140/10/2006, telah diatur teknik konservasi baik mekanis maupun vegetatif disesuaikan dengan tingkat kemiringan lahan, erodibilitas tanah dan kedalaman solum. Penerapan teras yang paling memerlukan biaya paling mahal dan mempunyai tingkat kesulitan yang lebih tinggi dibandingkan konservasi mekanis lainnya adalah pembuatan teras bangku, sehingga ini tidak disarankan apalagi kondisi tanah bersolum dangkal dan kemiringan sangat terjal (>40%). Pada tanah yang dangkal dianjurkan membuat teras gulud, budidaya lorong, atau pagar hidup. Konservasi mekanis akan lebih efektif dalam mengendalikan erosi apabila ditanami tanaman penguat teras di bibir dan tampungan teras, seperti rumput dan legume.

Melihat usaha tani di Indonesia pada umumnya lahan sayur untuk daerah pegunungan (contoh kasus di Dieng, Wonosobo) dan lahan kering (contoh kasus di Dungwot, Wonogiri) mempunyai tingkat pengolahan lahan yang sangat tinggi, sehingga sangat memungkinkan erosi yang tinggi. Pengolahan lahan sayur di Dieng yang memberikan sumbangan erosi tinggi di waduk Mrica dan pengolahan lahan di Dungwot memberikan sumbangan erosi yang tinggi di DAS Keduang, tentu memerlukan penerapan konservasi tanah yang minimal dapat mengurangi tingkat erosi.

Untuk mencapai hasil maksimum dalam mengendalikan erosi dan aliran permukaan, sebaiknya tindakan konservasi tanah vegetatif dan mekanik dikombinasikan sesuai dengan karakteristik lahan (lahan sayur dan lahan kering) (PP No : 47/Permentan/OT.140/ 10/2006). Pada daerah lahan sayur pada umumnya kondisi lahan dengan kemiringan lebih dari 40%, teras yang dibangun adalah teras bangku miring keluar sehingga erosi dan longsor masih mungkin terjadi, ini tidak sesuai dengan kaidah konservasi. Teras bangku tidak sesuai untuk tanah yang mudah tererosi pada daerah berlereng curam serta curah hujan yang cukup tinggi. Pada lahan sayur sebaiknya di bangun teras individu dan teras kebun. Selain itu lahan sebaiknya hanya ditanami tanaman keras dan tidak ditanami tanaman semusim. Sementara itu di daerah lahan kering palawija disesuaikan dengan kondisi lahan dilihat dari kemiringan lahan, erodibilitas tanah dan kedalaman solum tanah. Teras yang paling efektif adalah teras gulud menurut kaidah konservasi lebih efektif untuk menahan erosi pada lahan yang demikian dengan biaya pembangunan yang relatif lebih murah (Ai Dariah dkk, 2004).

Pembangunan teras sangat bermanfaat bagi petani dan lingkungan. Manfaat langsung yang dapat diperoleh dengan adanya teras adalah dapat meningkatkan hasil produksi, tanah yang tererosi lebih mudah untuk dikembalikan ke lahan, sehingga kesuburan tanah tetap terjaga. Manfaat terhadap lingkungan untuk jangka panjang adalah erosi dapat diminimalisir sehingga kesuburan tanah tetap terjaga.

D. Kesimpulan

Pembuatan konservasi tanah banyak terkendala karena biaya dan waktu, oleh karena itu diperlukan pembuatan konservasi tanah yang minim biaya. Pembuatan konservasi tanah di lahan kering baik itu lahan sayur maupun lahan palawija, disesuaikan dengan kondisi lahan baik itu tingkat kemiringan lahan, tingkat erodibilitas tanah dan kedalaman solum tanah. Pada lahan sayur, pada umumnya kondisi lahan mempunyai lereng yang curam, sebaiknya dibangun teras individu dan teras kebun. Sementara untuk lahan palawija dibangun teras gulud. Manfaat langsung yang dapat diperoleh petani adalah

adanya peningkatan produksi, tanah yang tererosi lebih mudah dikembalikan ke lahan sehingga kesuburan tanah tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

Adimihardja, A;. (2007). *Teknologi dan strategi konservasi tanah dalam kerangka revitalisasi pertanian, Pengembangan Inovasi Pertanian* 1(2), 2008: 105-124. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Bogor .

Ai Dariah, Achmad Rachman, dan Undang Kurnia. (2004). *Erosi dan Degradasi Lahan Kering di Indonesia*. Jakarta: balittanah.litbang.deptan.go.id.

Arsyad, S;. (2006). *Konservasi tanah dan air*. Bogor: IPB Press.

Badan Pusat Statistik. (2011). *Kecamatan Kejajar dalam angka tahun 2011*. Wonosobo: BPS.

Badan Pusat Statistik. (2011). *Kecamatan Nguntoronadi dalam angka tahun 2011*. Wonogiri: BPS.

Departemen Kehutanan. (2006). *Upaya rehabilitasi hutan dan lahan melalui GERHAN/GH-RHL*. Sulawesi Selatan: Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan KOnservasi Alam. Balai KSDA Sulsel I.

Food Agricultural Organization. (1999). *Urban agriculture*. Roma: FAO.

Hudson, N. W;. (1980). *Social, Political and economics aspects of soil conservation*. p. 45-54. In P.C. Morgan (Ed). *Soil Conservation Problems and Aspects*. John Wiley & Sons, USA. Irawan, B., S. Eriyatno, A. Supriyatna, I.S. Anugrah, N.A. Kirom, B. Rachman, dan B. Wiryono. 2001. Bogor: Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian Bogor.

Keputusan Presiden RI No.32 tahun 1990. (1990). *Pengelolaan kawasan lindung*. Jakarta.

Nuraeni, Sugiyanto, Zaenal Kusuma dan Syafrial. (2012). *Persepsi dan partisipasi petani dalam penerapan usaha tani konservasi*

(Studi kasus petani sayuran di hulu DAS Jeneberang). *Jurnal Bumi Lestari* volume 12 no 1, Februari 2012 , hlm 116-112.

Nurhayat, W. (2014, Februari 18). *Thailand dan Vietnam lebih unggul daripada RI soal lahan pertanian*. Dipetik Maret 13, 2014, dari detik: www.detikfinance.com

Peraturan Menteri Pertanian No :47/Permentan/OT.140/10/2006. (2006). *Tentang Pedoman Umum Budidaya Pertanian Pada Lahan Pegunungan*. Lampiran Peraturan Menteri Pertanian Nomor : 47/Permentan/OT.140/10/2006.

Setiawan, Iwan;. (2008). *Alternatif pemberdayaan bagi peningkatan kesejahteraan petani lahan kering (studi literatur petani jagung di Jawa Barat)*. Bandung: Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Bandung.

Surat Keputusan Menteri Pertanian No.837/KPTS/Um/11/1980. (1980). *Kriteria dan tata cara penetapan hutan lindung*. Jakarta: Departemen Pertanian.

**FAKTOR PENYEBAB MASYARAKAT TINGGAL DI DAERAH RAWAN
LONGSOR DAN STRATEGI PENGUATAN LEMBAGA LOKAL
: untuk mengurangi resiko korban longsor yang lebih besar¹**

Oleh :
Syahrul Donie

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.
Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959
Email: bpt.kpdas@gmail.com, syahruldonie@gmail.com

ABSTRAK

Bencana tanah longsor masih menjadi masalah serius di berbagai daerah di Indonesia dimana semakin hari semakin bertambah. Penanggulangan bencana longsor masih diarahkan pada saat dan setelah bencana terjadi namun sebenarnya bisa dimulai dari sebelum longsor itu terjadi. Fenomena tanah longsor umumnya terjadi pada musim penghujan, terutama pada daerah perbukitan yang memiliki kemiringan yang cukup tajam. Air (hujan) yang memasuki pori-pori tanah yang terletak diatas lapisan batuan kedap air akan membentuk lapisan lincir dan didorong oleh lereng yang cukup curam serta beban yang ada diatas tanah seperti bangunan, vegetasi dan air hujan maka terjadilah longsor. Kajian ini bertujuan untuk melihat faktor penyebab kenapa masyarakat masih bertahan tinggal di tempat yang berpotensi longsor dan bagaimana cara mereka beradaptasi serta strategi apa yang dilakukan agar resiko korban yang lebih besar dapat dikurangi. Kajian yang dilakukan di Desa Purwoharjo, Kulonprogo menemukan ada sejumlah faktor penyebab kenapa masyarakat masih bertahan tinggal di daerah yang rawan longsor, yaitu adanya faktor kemiskinan, fatalistik, pengalaman dan kepastian longsor, kondisi kekerabatan masyarakat, serta kebijakan pemerintah yang kurang kondusif terhadap nilai-nilai masyarakat setempat. Adaptasi yang dilakukan masyarakat pertama menjaga hubungan dengan alam sesuai dengan ajaran nenek moyang mereka, meningkatkan komunikasi diantara mereka, dan melakukan mitigasi sesuai dengan ajaran nenek moyang, yang salah satunya menggunakan curah hujan. Faktor curah hujan menjadi perhatian (nilai) dari masyarakat lokal dalam mengantisipasi bahaya longsor. Sesuai dengan warisan nenek moyang mereka, masyarakat agar waspada ketika curah hujan melebihi normal. Oleh karena itu salah satu caraantisipasi pengurangan resiko korban longsor disarankan menggunakan nilai-nilai pengetahuan lokal (*local knowledge*) yang digabungkan dengan pengetahuan moderen melalui penguatan lembaga lokal. Strategi penguatan lembaga lokal dapat dilakukan dengan cara penyediaan peta-peta wilayah berpotensi longsor, memanfaatkan Penakar Hujan sebagai alat mitigasi, membuatkan jalur evakuasi dan meningkatkan pengetahuan serta melembagakan *warning system*.

Kata kunci: masyarakat di daerah rawan longsor, faktor penyebab, penguatan lembaga lokal

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Tanah longsor salah satu bencana alam yang terjadi hampir setiap tahun di wilayah Indonesia. Bencana tanah longsor sebagai bencana alam menduduki urutan ketiga terbesar setelah angin puting beliung dan bencana banjir (Anonymous, 2012). Setiap tahunnya kerugian yang ditanggung akibat bencana tanah longsor berkisar Rp 800 Miliar, sedangkan jiwa yang terancam sekitar 1 juta jiwa. Data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada tahun 2012 menunjukkan bahwa kejadian tanah longsor di Indonesia mencapai tidak kurang dari 138 kejadian, yang menelan korban jiwa mencapai 107 orang.

Di Indonesia, setidaknya terdapat 918 lokasi yang rawan longsor, diantaranya di Jawa Tengah sekitar 327 lokasi, Jawa Barat sekitar 276 lokasi, Sumatera Barat sekitar 100 lokasi, Sumatera Utara sekitar 53 lokasi, Yogyakarta sekitar 30 lokasi, Kalimantan Barat sekitar 23 lokasi, sisanya tersebar di NTT, Riau, Kalimantan Timur, Bali, dan Jawa Timur (Anonymous, 2012). Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) (running text TVone, 23 April 2013) bahwa tidak kurang dari 124 juta jiwa yang tinggal pada areal yang berpotensi longsor di Indonesia. Kalau resiko tanah longsor ini tidak segera dicarikan solusinya maka tidak tertutup kemungkinan akan terjadi korban yang lebih banyak lagi.

Tanah longsor dalam pengertian umum adalah berpindahnya masa tanah dari suatu tempat ke tempat lain dalam skala kecil sampai skala besar yang siap mengubur suatu kampung (Marui, 1988; Hirnawan, 1994). Fenomena tanah longsor umumnya terjadi pada musim penghujan, terutama pada daerah perbukitan yang memiliki kemiringan yang cukup tajam. Tingkat curah air hujan salah satu penyebab utama terjadinya tanah longsor selain penyebab lain, seperti faktor topografi, batuan penyusun, vegetasi dan gempa bumi (Brook et al, 1991). Air hujan yang memasuki pori-pori tanah yang terletak diatas lapisan batuan kedap air sehingga terbentuk lapisan licin dan didorong oleh lereng yang cukup curam dan beban yang ada diatas

tanah tersebut seperti bangunan, vegetasi dan air hujan) maka terjadilah longsor (Hirnawan, 1994; Sukresno, 2003). Faktor curah hujan juga sudah menjadi perhatian (nilai) dari masyarakat lokal dalam mengantisipasi bahaya longsor terutama masyarakat yang tinggal di daerah rawan longsor. Sesuai dengan warisan nenek moyang mereka, masyarakat agar waspada ketika curah hujan melebihi normal. Oleh karena itu salah satu antisipasi pengurangan bahaya tanah longsor adalah menggabungkan nilai-nilai pengetahuan lokal (*local knowledge*) dengan pengetahuan moderen melalui penguatan lembaga lokal. Tulisan ini membahas antara lain faktor penyebab masyarakat tetap tinggal di daerah rawan longsor, cara masyarakat beradaptasi dan melakukan mitigasi tanah longsor, dan strategi penguatan lembaga lokal dalam rangka mengurangi resiko korban yang lebih besar.

II. METODA PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian diselenggarakan pada tahun 2006 di Desa Purwoharjo, Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Yogyakarta. Berdasarkan peta daerah rawan longsor yang dikeluarkan oleh Pusat Studi Bencana Alam, Universitas Gajahmada (PSBA-UGM, 2001) Desa Purwoharjo merupakan salah satu desa yang rawan longsor. Hampir 90% masyarakat di desa ini tinggal di lereng-lereng bukit yang secara fisik berpotensi mengalami longsor. Bahkan pada tahun 2001 dan 2002 terjadi tanah longsor yang menelan korban jiwa sebanyak 9 orang dan 5 buah rumah.

B. Jenis Penelitian dan Teknik Pengambilan Data

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan teknik wawancara yang dibantu dengan pedoman wawancara. Responden yang diwawancarai sebanyak 35 orang yang dibagi dalam beberapa kategori, yaitu jenis kelamin (laki dan perempuan) dan umur (tua, dewasa dan muda). Data yang dikumpulkan diperkuat dengan hasil observasi lapangan dan hasil pencermatan terhadap bukti-bukti serta dokumen yang ada. Untuk

menambah informasi, khususnya untuk strategi penguatan lembaga lokal dilakukan review beberapa penelitian lain yang terkait.

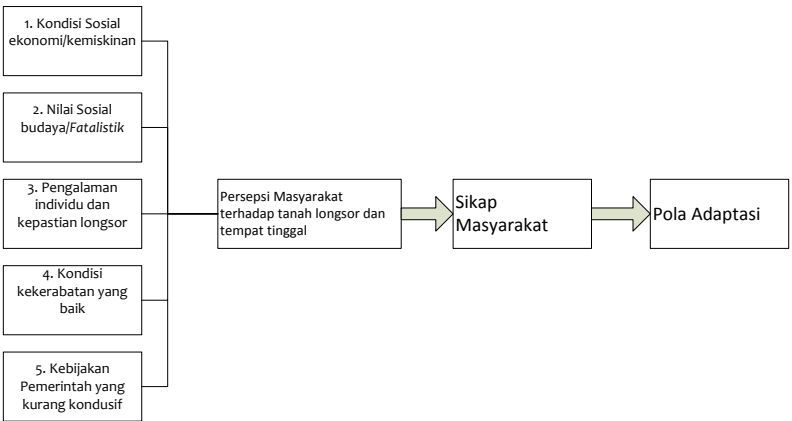
C. Pengolahan dan Analisa Data

Data berupa jawaban-jawaban responden ditambah dengan hasil observasi dan bukti-bukti yang ada, dikelompokan dan dianalisa menurut kebutuhan dan tujuan penelitian. Data diperkuat oleh dokumen atau foto-foto sebagai bukti fenomena dan informasi yang didapat. Fenomena-fenomena lapangan dan gejala-gejala tertentu yang diselidiki serta sebab-sebab terjadinya gejala tersebut kemudian dianalisis dan diinterpretasikan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penyebab Masyarakat Tinggal di Daerah Rawan Longsor

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada lima faktor penyebab kenapa masyarakat tetap bertahan tinggal di daerah rawan longsor. Kelima faktor tersebut telah membentuk konsep diri dan persepsi masyarakat sehingga kemudian mempengaruhi sikap dan pola adaptasi mereka dengan lingkungan mereka. Faktor-faktor penyebab tersebut digambarkan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Faktor Penyebab Masyarakat Tetap Bertahan Tinggal di Daerah Longsor

1. Faktor sosial ekonomi/ Kemiskinan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 70% dari responden tidak memiliki lahan selain lahan yang ditinggali saat ini. Dari 30% yang memiliki lahan alternatif selain lahan yang ditinggali sebagian besar kondisinya tidak lebih baik dibanding lahan tempat tinggal saat ini, bahkan kondisi fisiknya jauh lebih jelek karena berada pada kemiringan yang cukup terjal, jauh dari sumber mata air, serta jauh dari kehidupan sosial lainnya. Lokasi yang ditempati saat ini merupakan pilihan terakhir walau penuh resiko. Luas lahan petani yang dimiliki saat ini rata-rata tidak lebih dari 0,5 ha dan 98% diantaranya berada pada kemiringan diatas 49% (Tabel 1).

Tabel 1. Kondisi Lahan dan Peruntukannya di Desa Purwoharjo

Kondisi Lahan	Luas (ha)		Peruntukan
Rata dan subur	17.000	2%	Untuk sawah, ditanami padi dan sayuran
Bergelombang dan kurang subur (45-55%)	458.000	49%	Untuk tegalan, ditanami tanaman keras dan tanaman semusim
Berbukit dan kurang subur (>55%)	450.000	49%	Untuk perumahan, ditanami tanaman buah-buahan dan tanaman keras lainnya
Total	925.000	100%	

Sumber: Monografi Desa Purwoharjo, 2006.

Hasil survey yang dilakukan tahun 2006 menunjukkan bahwa produktivitas lahan yang dimiliki masyarakat sangat rendah, hal ini terlihat dari rata-rata penghasilan petani dari lahan yang dimiliki, yaitu sebesar Rp 1.010.667,-/ 6200 m2/tahun. Penghasilan sebesar itu berasal dari tanaman buah-buahan sebesar Rp 879.468,-, dari tanaman kayu-kayuan sebesar Rp 40.000,- dan dari tanaman semusim sebesar Rp 348.049,-.

2. Faktor nilai sosial budaya/fatalistik

Penyebab lain adalah nilai-nilai sosial budaya yang berkembang dalam masyarakat itu sendiri. Nilai yang mensyaratkan bahwa sekecil apapun harta yang dimiliki harus dipertahankan dan diwariskan ke anak cucu (*“sadumuk bathuk senyari bumi”*) tampaknya juga ikut mempengaruhi kenapa masyarakat tetap bertahan tinggal di lokasi areal yang rentan longsor. Nilai-nilai bahwa segala sesuatu yang terjadi dalam masyarakat (diduga juga kejadian tanah longsor) merupakan hukuman alam atas kehendak Yang Maha Kuasa. Apabila Yang Maha Kuasa sudah mentakdir maka tidak seseorangpun bisa menolaknya, termasuk nilai-nilai *“mangan ora mangan asal kumpul”*, khususnya di masyarakat Jawa, ikut mempengaruhi kenapa masyarakat masih tetap bertahan. Hasil penelitian menemukan bahwa 87% lahan yang dimiliki masyarakat saat ini berasal dari warisan, sisanya (13%) merupakan hasil pembelian. Diduga karena adanya keterkaitan bathin dengan lahan yang dimiliki memunculkan rasa ingin mempertahankan harta warisan nenek moyang mereka sebagaimana pernyataan berikut:

..... lahan yang ditinggali ini merupakan titipan orang tua sehingga harus saya jaga dan pelihara, masalah hidup dan mati ada ditangan Tuhan

..... rumah tempat saya lahir dan harus bisa diwariskan ke anak cucu

..... kalau saya pergi jauh seakan-akan dikucilkan oleh saudara, dan juga kalau ikut relokasi cuma dapat rumah tapi untuk makan sehari-harinya tidak diperhatikan

Redfield (1982) dalam Wisadirana (2004) mengatakan bahwa kehidupan masyarakat desa masih terikat oleh habitatnya. Hal ini dipertegas oleh Wisadirana (2004) bahwa masyarakat pedesaan saat ini masih memiliki sikap pasrah diri dan masih mengandalkan hidup dari sektor pertanian serta memiliki keterkaitan pribadi dengan tanah dan lingkungan tempat tinggal dan desa kelahirannya. Sikap seperti itu oleh Poerwanto (2004) disebut dengan sikap *fatalistik*, yang mana terjadi juga pada masyarakat yang tinggal di daerah bencana gunung api sebagaimana ditemukan oleh Minsarwati (2004).

3. Pengalaman dan kepastian tanah longsor

Faktor lain yang menyebabkan masyarakat tetap bertahan yaitu pengalaman atas kejadian tanah longsor. Kejadian tanah longsor suatu peristiwa yang sulit diduga dengan pasti. Berdasarkan peta kerawanan longsor yang dibuat oleh Fakultas Teknik UGM Tahun 2002, Desa Purwoharjo termasuk salah satu desa di Kecamatan Samigaluh, Kulonprogo yang berklasifikasi rawan longsor dan beresiko tinggi. Menurut info peta tersebut daerah seperti ini memiliki potensi frekwensi terjadinya longsor lebih besar 25 kali kejadian setiap tahun dengan skala kecil sampai luas atau paling tidak terjadi setiap tahun. Berdasarkan data monografi desa Purwoharjo, kejadian longsor di desa tersebut dari tahun 1963 sampai tahun 2004 hanya 4 kali sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Kejadian Tanah Longsor di Desa Purwoharjo dan sekitarnya (tahun 1963-2004)

Lokasi Kejadian	Tahun kejadian	Jumlah Korban	Urutan Kerawanan
Dukuh Duwet	1963 (musim hujan)	2 buah rumah	No 5
Dukuh Rong	20/11/2001 (musim hujan)	7 jiwa, 5 rumah	No 1
Dukuh Duwet	20/11/2001 (musim hujan)	Nihil	No 5
Dukuh Sendangrejo	4/1/2003 (musim hujan)	Nihil	No 7

Sumber : Monografi Desa Purwoharjo, 2004

Dari kenyataan kejadian longsor beberapa responden berpendapat :

.... walaupun tempat tinggal kami dikatakan rawan longsor, dan sudah pernah disuruh pindah, namun sampai sekarang tempat tersebut belum pernah mengalami longsor, jadi tidak usah takut

4. Kondisi kekerabatan masyarakat

Penyebab lain adalah kondisi kekerabatan masyarakat di pedesaan. Hubungan antar individu dan kelembagaan, seperti budaya hidup rukun, tolong menolong serta saling mengingatkan sesama telah

membuat masyarakat hidup nyaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap awal musim hujan masyarakat Desa Purwoharjo secara rutin melakukan upacara adat tradisional “bersih desa”, yaitu kegiatan doa bersama agar memperoleh keselamatan, khususnya dimusim penghujan. Apabila terjadi bencana longsor masyarakat secara bersama-sama bergotong-royong membantu. Apabila ada tanda-tanda bahaya masyarakat satu sama lain saling memberitahukan dengan berbagai cara, baik dengan cara memukul ketiran (kentongan) maupun dengan memberitahu dari pintu kepintu. Kondisi kekerabatan seperti itu membuat masyarakat merasa nyaman dan tetap bertahan. Hasil serupa juga dijumpai oleh Haryo (2010) pada masyarakat yang tinggal di daerah pinggir pantai (Semarang) bahwa salah satu penyebab masyarakat masih tetap bertahan tinggal di tempat saat ini adalah rasa kenyamanan, nyaman karena sarana dan prasarana tersedia di tempat tinggal mereka.

5. Kebijakan pemerintah yang kurang kondusif

Faktor lain adalah implementasi kebijakan pemerintah yang kurang menyentuh kebutuhan dan nilai-nilai yang berkembang dalam masyarakat.Untuk Desa Purwoharjo, ada dua cara (program) yang dilaksanakan pemerintah agar masyarakat bisa pindah dari tempat tinggal saat ini, yaitu dengan cara transmigrasi dan dengan cara relokasi pemukiman (translok), baik swadaya maupun melalui program-program pemerintah (Tabel 3).

Tabel 3. Program Pemindahan Masyarakat Korban Tanah Longsor di Desa Purwoharjo

No	Program	Lokasi/Jumlah	Respon	Keterangan
1.	Transmig rasi	Bengkulu/ 7 KK	<ul style="list-style-type: none"> - Semua kembali - Tidak kuat hidup pada kondisi yang baru 	Dilakukan tahun 2001
2.	Relokasi	Antar dukuh/ 10 KK	<ul style="list-style-type: none"> - 7 KK kembali - Alasan: jauh dari lahan garapan, di tempat yang baru hidup berhimpitan, pekarangan yang lama luas sedang saat ini sempit (4x6 m) 	Dilakukan tahun 2001
		Antar dukuh/ 6 KK	<ul style="list-style-type: none"> - 1 KK kembali - Alasan yang kembali : harus dekat dengan lahan garapan - Alasan yang tidak kembali: masih dapat mengelola lahan dari jarak jauh 	Tahun 2002

Antar Kabupaten/ 100 rumah (pinggir laut)

- Tidak satupun yang dihuni
- Alasan: tidak bisa hidup jadi pelaut

Dilakukan tahun 2003. Sebelumnya mereka tinggal di perbukitan

Relokasi pertama dilakukan ke Dukuh Klepu, suatu bagian wilayah Desa Purwoharjo yang memiliki lahan datar. Relokasi ke Dukuh Klepu ini dilakukan ketika terjadi peristiwa tanah longsor di Dukuh Kedung Rong tahun 2001, yaitu memindahkan sebanyak 10 Kepala Keluarga (KK), baik yang terkena musibah maupun yang memiliki potensi terkena musibah tanah longsor. Walaupun lokasi ini hanya berjarak kurang lebih 3 km dari lokasi tempat tinggal semula namun lokasi yang baru ini kurang mendapat respon. Dari 10 KK yang dipindahkan 7 KK diantaranya kembali lagi ke tempat tinggal semula.

Relokasi kedua dilakukan ke dukuh Krian, Desa Banjarharum, yang berjarak 10 km dari Desa Purwoharjo. Relokasi ini diadakan pada waktu peristiwa longsor di Dukuh Duwet, yang memindahkan 6 KK dan kembali 1 orang. Alasan mereka kembali, antara lain jauh dari lahan garapan, tidak nyaman hidup himpit-himpitan dan sangat berbeda dari situasi tempat tinggal semula.



Gambar 2. Situasi perumahan Sebelum Relokasi



Gambar 3. Situasi Perumahan setelah Relokasi

Sebagai gambaran, tempat tinggal mereka yang lama memiliki pekarangan cukup luas, jarak antar rumah yang satu dengan lain cukup jauh (Gambar 2). Pekarangan yang luas dapat mereka tanami dengan tanaman sayuran, obat-obatan dan sebagainya. Sebaliknya pada lokasi yang baru, ukuran rumah hanya 4 x 6 meter, dan jarak antar rumah

yang satu dengan yang lain hanya beberapa meter dan tidak memiliki halaman atau pekarangan seperti sebelumnya (Gambar 3). Terhadap kondisi pemukiman yang baru ini mereka menyebutnya *“himpit-himpitan sehingga tetangga berbisik saja kedengaran”*.

Selanjutnya pada tahun 2001 pemerintah juga menawarkan program transmigrasi ke suatu daerah di Propinsi Bengkulu. Saat itu diikuti oleh 7 kepala keluarga yang berasal dari Dukuh Kedung Rong. Setelah bermukim selama satu tahun kemudian mereka kembali pulang ke tempat semula. Alasan mereka kembali adalah tidak kerasan, karena areal yang mereka hadapi adalah areal yang belum “jadi” sehingga mereka harus bekerja keras lagi untuk memulai sesuatu yang baru. Dengan pertimbangan “tidak tahan” mereka kembali lagi ke lokasi tempat tinggal mereka semula.

B. Strategi Adaptasi dan Mitigasi yang dilakukan Masyarakat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada beberapa strategi yang dilakukan masyarakat Desa Purwoharjo agar mereka bisa beradaptasi dengan lingkungan tempat tinggalnya. Cara-cara tersebut :

Pertama, menjaga hubungan atau relasi dengan alam sesuai dengan ajaran nenek moyang yang dianut secara turun temurun. Agar kehidupan mereka bisa selamat dan berlanjut maka masyarakat berusaha untuk tidak melanggar larangan nenek moyang dan berusaha untuk melastarikan alam melalui nilai-nilai yang digariskan oleh nenek moyang, diantaranya acara “bersih desa”. Acara “bersih desa” adalah suatu acara ritual yang dilakukan masyarakat selain melakukan doa bersama dan sesaji juga melakukan kegiatan pembersihan saluran air dan menutup tanah yang mengalami keretakan. Meskipun pada awalnya kegiatan ini dianggap sebagai sesuatu “tahayul” namun apabila dilihat dari manfaat fisik maka larangan dan himbauan ini sangatlah logis dan benar. Hirnawan (1994) mengatakan bahwa salah satu faktor pendorong terjadinya tanah longsor adalah adanya intersepsi air (air hujan) ke dalam tanah. Dengan adanya pembersihan saluran dan penutupan retakan tanah maka akan memperlancar air yang mengalir dan akan mengurangi

rembesan air ke dalam tanah. Cara lain yang dilakukan masyarakat untuk menjaga hubungan dengan alam adalah melarang atau tidak mengolah dan menanam tanaman semusim pada lahan yang memiliki kemiringan terjal, serta tidak menebang dan mengunduli hutan.

Kedua, membangun komunikasi dan kerjasama sosial dengan masyarakat sekitar melalui pertemuan-pertemuan Desa, RW, RT dan kelompok-kelompok lainnya. Pada pertemuan tersebut masyarakat saling mengingatkan agar mematuhi larangan-larangan nenek moyang. Selain itu melakukan himbauan apabila terjadi hujan lebat maka masyarakat diharap tidak tidur, menurut kepercayaan mereka bencana takut kepada orang yang tidak tidur. Apabila terjadi situasi darurat maka masyarakat diharapkan membunyikan kentongan, termasuk ketika terjadi hujan yang berlebihan dan sudah ada tanda-tanda akan longsor.

Ketiga, melakukan mitigasi bencana bahaya longsor, yaitu melalui tanda-tanda fisik maupun non fisik (wangsit) sesuai ajaran nenek moyang mereka, diantaranya melalui tanda-tanda alami seperti pohon yang miring, air yang keluar dari celah tanah ketika hujan turun, rekahan atau retakan tanah termasuk suara-suara “aneh” yang muncul ketika hujan turun. Menurut pengalaman mereka daerah yang akan mengalami longsor sudah bisa diduga, yaitu melalui tanda-tanda seperti diatas termasuk intensitas curah hujan yang turun. Masyarakat Desa Purwoharjo meyakini dan mempercayai bahwa hujan adalah penyebab utama terjadinya tanah longsor. Pendapat ini sejalan dengan hasil penelitian moderen bahwa curah hujan adalah faktor pendorong utama terjadinya tanah longsor (Soenarmo, dkk., 2008; Sukresno, 2003; Asnawir, 2012).

C. Strategi Penguatan Lembaga Lokal

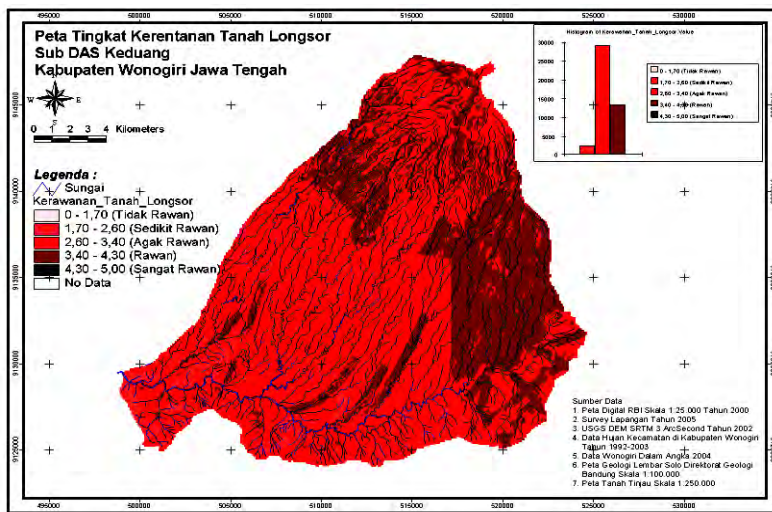
Berdasarkan hasil penelitian yang ada, salah satu strategi penguatan lembaga lokal adalah melakukan internalisasi pengetahuan tentang curah hujan sebagai penyebab utama terjadinya tanah longsor kepada nilai-nilai pengetahuan lokal (*local knowledge*) masyarakat lokal. Nilai dan pengetahuan masyarakat lokal tentang kebencanaan tanah longsor

dapat dikombinasikan dengan ilmu-ilmu moderen, diantaranya curah hujan, sebagai alat mitigasi tanah longsor bagi lembaga lokal. Dengan adanya penguatan lembaga lokal (desa, RW, RT dan lembaga lainnya) diharapkan dapat mengurangi resiko yang lebih besar dari akibat bencana tanah longsor.

Dalam rangka menginternalisasikan curah hujan sebagai penyebab terjadinya tanah longsor beberapa hal yang bisa dilakukan oleh fasilitator (pemerintah) adalah (i) menyediakan peta-peta wilayah berpotensi longsor dan mensosialisasikannya ke masyarakat, (ii) memasang alat yang bisa mengukur curah hujan yang terjadi pada wilayah potensi, (iii) meningkatkan pengetahuan dan melembagakan *warning system*, (iv) membuatkan jalur evakuasi apabila ada potensi bencana akibat curah hujan yang berlebihan.

Penyediaan peta-peta wilayah berpotensi longsor

Salah satu tugas fasilitator adalah membantu masyarakat atau lembaga lokal agar mereka dapat mengenal potensi dan kemampuan mereka. Selain itu memberikan kesadaran dan pengetahuan bahwa mereka tinggal di daerah rawan longsor. Melalui penyediaan peta-peta wilayah potensi longsor masyarakat/lembaga lokal dapat mengenal lebih jauh wilayah mana saja yang akan mengalami longsor apabila terjadi hujan yang melebihi normal. Salah satu cara pembuatan peta potensi longsor sudah dikeluarkan oleh Balai Litbang DAS Solo, yang disebut dengan Mitigasi Tanah Longsor. Saat ini ada beberapa instansi lain yang sudah mengeluarkan peta wilayah potensi longsor seperti UGM dan Pusat Geologi. Namun demikian apabila belum ada instansi terkait dapat memfasilitasinya sesuai dengan pedoman teknis yang ada. Salah satu contoh peta potensi longsor yang dikeluarkan Balai Litbang DAS Solo seperti Gambar 2.



Gambar 2. Peta Wilayah Potensi Longsor di Sub DAS Keduang (Pramono, 2013)

Dari peta diatas dapat dilihat daerah mana saja yang memiliki kerawanan mulai dari tidak rawan sampai rawan. Untuk lebih operasional tentunya skala peta dapat lebih dibesarkan.

Memanfaatkan Penakar Hujan sebagai alat mitigasi

Badan Metrologi dan Geofisika (BMG) dan beberapa instansi lainnya telah memasang alat penakar hujan di wilayah Indonesia. Menurut Sri Harto (1993) dalam Damayanti (2001), di Pulau Jawa hingga tahun 1941 terdapat 3128 alat pengukur curah hujan dengan kerapatan 15 km², paling tidak 830 buah masih sesuai dengan ketentuan WMO. Selain itu instansi seperti Pusat Studi Sumberdaya Air (PSDA), Kehutanan dan Pertanian juga memiliki sejumlah peralatan penakar hujan. Pos penakar hujan ini berfungsi untuk mengamati atau mencatat jumlah dan intensitas curah hujan pada suatu daerah tertentu, yang tentunya dapat digunakan sebagai prakiraan dan kondisi hujan saat itu.

Berdasarkan pengalaman lapangan, pos penakar hujan ditempatkan disekitar kantor atau rumah dinas kecamatan atau kepala desa. Berdasarkan pengamatan lapangan pula, hasil atau data pengamatan

curah hujan ini belum lagi digunakan untuk kepentingan masyarakat lokal. Data pengamatan langsung dikirimkan ke instansi yang memiliki penakar hujan tersebut, yang sesungguhnya hasil pengamatan ini bisa dijadikan indikasi kondisi curah hujan ditempat itu dan dapat dijadikan sebagai mitigasi bagi masyarakat setempat.

Meningkatkan pengetahuan serta melembagakan *warning system*

Dalam rangka mengurangi resiko bahaya tanah longsor maka keberadaan lembaga-lembaga lokal dapat dimanfaatkan atau diperkuat atau diberdayakan. Mengingat bahwa penyebab utama terjadinya longsor adalah air (hujan) maka kepada lembaga yang ada bisa diberikan pengetahuan bagaimana mengukur dan mengamati curah hujan, terus bisa diajarkan apa arti dari curah itu sendiri sesuai hasil-hasil penelitian yang ada. Lembaga lokal seperti RT, RW, Pedukuhan dan Desa dan juga lembaga tidak resmi lainnya seperti Perkumpulan Arisan, PKK, Salapangan dan lain-lain dapat ditingkatkan pengetahuan praktisnya tentang curah hujan. Lembaga-lembaga ini mempunyai kekuatan untuk berkomunikasi dengan anggotanya dan bisa melahirkan suatu kesepakatan-kesepakatan yang akan diikuti bersama. Misal kalau ada bunyi kentongan sebanyak tiga kali pertanda ada bahaya, dan seterusnya. Setiap konsensus dan keputusan yang diambil oleh lembaga maka semua anggota dapat dipastikan akan mematuhi.

Selanjutnya kondisi curah hujan yang terjadi bisa dijadikan indikator atau *warning system* bagi masyarakat. Dengan memberikan pedoman bagaimana cara mengamati curah hujan dan menilai curah hujan, masyarakat bisa melakukan *warning system* tersebut. *Warning system* ini sejalan dengan nilai-nilai yang ada di masyarakat, yaitu apabila hujan yang berlebihan masyarakat dilarang tidur, dan kalau ada bahaya, masyarakat bisa menggunakan alat komunikasi dari sederhana (kentongan) sampai moderen (serine atau telpon).

Pembuatan Jalur Evakuasi

Langkah selanjutnya adalah pembuatan jalur evakuasi apabila terjadi potensi atau gejala longsor. Berdasarkan hasil penelitian di Desa

Purwoharjo, dengan adanya jalur evakuasi bisa mengurangi jumlah korban jiwa.

IV. KESIMPULAN

1. Terdapat sejumlah faktor penyebab kenapa masyarakat tinggal di daerah rawan longsor. Faktor tersebut adalah kemiskinan, fatalistik, kepastian longsor, kondisi kekerabatan masyarakat dan kebijakan pemerintah yang belum kondusif bagi masyarakat. Faktor-faktor tersebut menimbulkan sikap bertahan dan berusaha beradaptasi.
2. Strategi adaptasi yang dilakukan masyarakat, pertama menjaga hubungan dengan alam, meningkatkan komunikasi diantara masyarakat dan melakukan mitigasi sesuai ajaran nenek moyang mereka.
3. Unsur utama yang digunakan masyarakat untuk melakukan mitigasi tanah longsor adalah curah hujan dan tanda-tanda lainnya seperti rembesan air dari batuan, dan bunyi-bunyian disaat akan terjadi tanah longsor.
4. Untuk mengurangi resiko yang lebih besar faktor curah hujan dapat digunakan untuk penguatan lembaga lokal melalui internalisasi pengetahuan moderen ke pengetahuan lokal. Penguatan lembaga lokal dilakukan mulai dari fasilitasi membuat peta-peta daerah rawan longsor, pemasangan penakar hujan di daerah rawan longsor, membuatkan jalur evakuasi apabila ada potensi bencana longsor, dan melembagakan *warning system* level masyarakat lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimuos, 2003. Monografi Desa Purwoharjo Tahun 2003. Desa Purwoharjo, Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo.
- Anonymous, 2012. Waspada Masyarakat pada Bencana Angin Puting Beliung dan Banjir (Fokus Berita) Majalah GEMA BNPB Vol 3 No 3 Tahun 2012 ISSN 2088-6527.
- Asnawir, 2012. Intensitas Curah Hujan Memicu Tanah Longsor Dangkal di Sulawesi Selatan. Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea Vol 1 No 1 Agustus 2012 hal 62-73.
- Damayanti, 2001

- Brook, K.N., P.F. Ffolliott, H.M. Gregersen, and J.K. Thames, 1991. *Hydrology and The Management of Watersheds*. Iowa State University Press. AMES, USA.
- Darmayanti, Astrid, 2001. Sebaran Stasiun dan Kualitas Data Hujan di Jawa Barat. Makalah Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Wilayah untuk mendukung Otonomi Daerah dalam menghadapi Era Globalisasi pada pertemuan ilmiah tahunan ke 13. Ikatan Geografi Indonesia (IGI) di Universitas negeri Malang tanggal 22-23 Oktober 2001
- Haryo, P.W., 2010. Faktor Penyebab Masyarakat Menengah Bertahan Tinggal di Lingkungan Permukiman Rawan ROB di Kota Semarang. Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang. Tidak Dipublikasikan.
- Hirawan, F., 1994. Pemahaman Sistem Dinamis Kestabilan Lereng untuk mitigasi Kebencanaan Longsor. Disampaikan pada Simposium Nasional Mitigasi Bencana Alam di UGM 16-17 September 1994.
- Marui, H., 1988. *Watershed Management Field Manual Landslide Prevention Measures*. FAO of the United Nations, Rome
- Poerwanto, H., 2004. *Kebudayaan dan Lingkungan; Dalam Perspektif Antropologi*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Soenarmo, Sri Hartati., Iman A. Sadisun dan Endri Saptohartono., 2008. Kajian Awal Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Pendugaan Potensi Tanah Longsor Berbasis Spasial di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *Jurnal Geoaplika* Vol 3 Nomor 3 hal 133-141. ITB
- Sukresno, 2003. *Kajian Teknik Pengendalian Lahan Berpotensi Longsor*. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS, Surakarta.
- Wisadirana, D., 2004. *Sosiologi Pedesaan: Kajian Kultural dan Struktural Masyarakat Pedesaan*. UMM Pres, Malang.

MODEL ALIRAN PERMUKAAN PADA BERBAGAI TINGKAT GANGGUAN PERMUKAAN TANAH MENGGUNAKAN KARAKTERISTIK HIDROLIKA TANAH¹

Oleh :

Hatma Suryatmojo^a

^aLaboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Kehutanan UGM,
hsuryatmojo@ugm.ac.id, Jl. Agro no. 1 Bulaksumur, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Salah satu sistem pengelolaan hutan alam tropis di Indonesia adalah sistem tebang pilih dan tanam jalur (TPTJ). Sistem ini menggunakan teknik tebang pilih untuk tegakan jenis komersial dan diikuti dengan penerapan tanaman jalur dengan jarak tanam antar jalur adalah 20 m. Penerapan teknik tebang pilih akan mengurangi prosentase penutupan tajuk hutan dan merusak permukaan tanah akibat kegiatan ekstraksi kayu menggunakan alat-alat berat. Secara umum proses tersebut akan meningkatkan jumlah air hujan yang mencapai permukaan tanah, merubah sifat hidrolika tanah, mengurangi kapasitas infiltrasi, meningkatkan volume aliran permukaan, erosi yang akan berdampak pada peningkatan debit banjir dan sedimen di badan sungai.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi hasil hidrograf aliran yang dimunculkan dari berbagai skenario perubahan penutupan lahan menggunakan model simulasi numerik terhadap variasi sifat hidrolika tanah pada berbagai tingkat gangguan. Pengukuran infiltrasi dan hidraulik konduktivitas tanah dilakukan di area jalur tanam, jalur tebas, bekas tebangan, dan jalan sarad pada blok TPTJ berumur 1 – 10 tahun dan hutan alam. Simulasi 2 dimensi aliran air tanah jenuh digunakan untuk menghasilkan hidrograf aliran terhadap masukan hujan tertentu.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan penutupan tajuk dan tingkat gangguan terhadap permukaan tanah menghasilkan respon hidrograf yang bervariasi tergantung pada pola dan intensitas gangguannya. Sistem pemanenan menggunakan alat berat secara signifikan meningkatkan kompaksi/pemadatan tanah dan menurunkan laju infiltrasi. Pada periode 10 tahun setelah penebangan belum menunjukkan pemulihan tingkat pemadatan tanah pada area bekas jalan sarad, sementara pada area uji yang lain sudah menunjukkan pemulihan mendekati nilai pada hutan alam. Pemulihan sifat hidrolika tanah akibat pemerapan sistem TPTJ membutuhkan waktu 10-15 tahun untuk dapat mencapai nilai mendekati hutan alam.

Kata kunci: hutan tropis Indonesia; tebang pilih; tanam jalur; infiltrasi; hidrolika tanah; hidrograf aliran.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Di dalam kawasan hutan, pergerakan air dari atmosfer hingga lantai hutan menjadi peran yang penting dalam mendukung kapasitas penyimpanan air oleh tanah. Proses hidrologis di dalam sebuah kawasan hutan dimulai dengan proses intersepsi oleh vegetasi hutan. Kanopi hutan dapat berperan sebagai penghalang dan penunda sampainya air hujan ke lantai hutan melalui bantuan proses intersepsi tajuk, aliran tajuk (*throughfall*) dan aliran batang (*stemflow*). Proses hidrologis tersebut kemudian berlanjut ketika air hujan mencapai lantai hutan dan masuk ke dalam tanah mengisi lensa tanah dan air tanah melalui proses infiltrasi. Ketika intensitas hujan melebihi kapasitas infiltrasi akan memunculkan aliran permukaan yang berpotensi menyebabkan erosi tanah.

Berbagai bukti telah menunjukkan bahwa perubahan dalam kehilangan intersepsi, evapotranspirasi, infiltrasi dan debit puncak disebabkan oleh berbagai tingkat konversi hutan yang dapat mengubah waktu dan besarnya limpasan langsung dan aliran dasar untuk jangka waktu yang tak dapat diprediksi (Bruijnzeel, 1990, Beschta et al., 2000, Bruijnzeel, 2004, Ziegler et al., 2006). Beberapa studi telah meneliti perubahan variabel hidrologi dalam profil tanah yang mungkin memiliki implikasi untuk pemisahan dan gerakan dari aliran bawah permukaan (Van der Plas and Bruijnzeel, 1993, Malmer, 1996, Noguchi et al., 1997, Ziegler et al., 2004, Zimmermann et al., 2006).

Infiltrasi adalah gerakan air dari atmosfer ke tanah yang melewati beberapa lapisan yang dapat diidentifikasi tapi tidak dapat dihitung (Black, 1991). Praktek penggunaan lahan yang berbeda mempengaruhi laju infiltrasi (IR) dengan cara yang berbeda, tergantung pada pengaruhnya terhadap sifat-sifat intrinsik dari tanah (Osuji et al., 2010). Pergerakan air ke dalam dan melalui profil tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, yang mencerminkan permukaan dan bawah permukaan kondisi dan karakteristik aliran. Kondisi permukaan seperti jenis penutupan vegetasi, praktek pengelolaan lahan, kekasaran, pengerasan permukaan, retak, kemiringan, dan kandungan bahan kimia memiliki dampak yang signifikan pada proses genangan

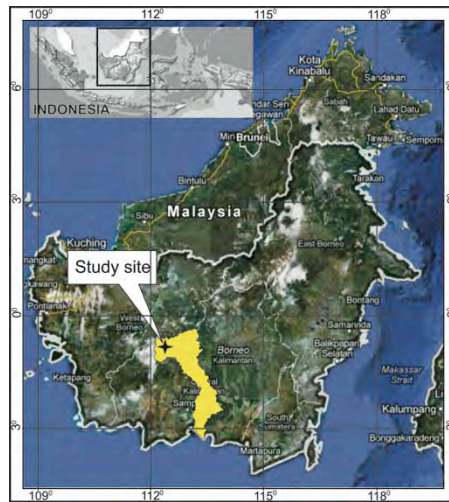
permukaan, kecepatan aliran permukaan, dan kemampuan air untuk memasuki tanah. Kondisi tanah yang mempengaruhi pergerakan air tanah dapat meliputi tekstur tanah, struktur, bahan organik, kedalaman, pemadatan, perlapisan, kadar air, air tanah, dan sistem akar. Faktor-faktor ini mempengaruhi kapasitas air tanah dalam menyimpan dan kemampuan air untuk bergerak (Chang, 2006).

Implementasi pengelolaan hutan alam di Indonesia dengan sistem tebang pilih tanam jalur intensif (TPTJ) telah mengurangi penutupan kanopi hutan, merusak permukaan tanah, merubah konduktifitas hidrolik dan menaikkan limpasan langsung dan erosi tanah. Berbagai penelitian telah mengindikasikan bahwa gangguan terhadap hutan oleh kegiatan penebangan menjadi penyebab utama perubahan hidrologi DAS (Abdulhadi 1981, Liu *et al.*, 2006, Zang *et al.*, 1999, Zhao *et al.*, 2009, Mapa, 1999, Malmer and Grip, 1990, Harden and Scruggs, 2003, Peng Li *et al.*, 2004, Van Der Plas and Bruijnzeel, 1993, Osuji *et al.*, 2010, Ilsteds *et al.*, 2007, Murugayah, *et al.*, 2009). Penelitian ini bertujuan untuk memperdiksi limpasan permukaan yang dihasilkan dari sebuah model numerik terhadap berbagai jenis dan intensitas gangguan terhadap karakteristik hidrolika tanah.

II. METODE PENELITIAN

1.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada hutan alam hujan tropis di DAS penelitian Bukit Baka, yang terletak di daerah hulu DAS Katingan, salah satu DAS terluas di Kalimantan Tengah. Lokasi termasuk dalam blok Sei Seruyan dari PT Sari Bumi Kusuma (00°36'-01°10' Lintang Selatan dan 111° 39'-112° 25' Bujur Timur) (Gambar 1). Curah hujan tahunan rata-rata pada periode 2001-2012 adalah 3.631 mm, dengan curah hujan rata-rata bulanan tertinggi (353 mm) yang terjadi pada bulan November dan curah hujan bulanan rata-rata terendah (209 mm) yang terjadi pada bulan Agustus. Menurut sistem klasifikasi iklim Schmidt dan Ferguson, daerah tersebut merupakan tipe A (sangat basah) hutan hujan tropis (rata-rata bulanan curah hujan > 100 mm). Jumlah hari hujan bervariasi antara 95-202 hari, dan suhu rata-rata berkisar antara 30-33°C pada siang hari dan 22-28°C pada malam hari.



Gambar 1. Lokasi penelitian di hulu DAS Katingan, Kalimantan Tengah

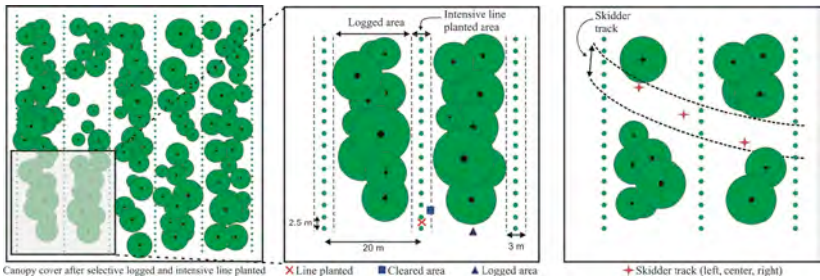
Vegetasi di Kalimantan didominasi oleh *Shorea* spp., *Eugenia* spp., *Eusideroxylon zwageri*, *Shorea laevis*, *Calophyllum inophyllum*, *Litsea firma*, *Anthocephalus chinensis*, *Macaranga hypoleuca*, *Durio lissocarpus* dan *Octomeles sumatrana*. Rata-rata jumlah pohon di hutan alam adalah 228 per hektar (Suryatmojo et al., 2011).

Berdasarkan klasifikasi USDA, tanah yang diklasifikasikan sebagai Ultisol, yang selalu lembab. Ultisol adalah jenis tanah yang paling lapuk, dan itu menunjukkan efek akhir dari pencucian. Ultisol ditandai dengan tanah mineral dengan horizon B2 dengan 20% lebih liat dari bagian atas horizon B1.

2.2 Kapasitas infiltrasi

Observasi dan pengukuran karaktersitik hidrolika tanah dilakukan pada 11 plot penelitian. Pengukuran infiltrasi dilakukan dengan alat *double-ring infiltrometer*. Total terdapat 123 test infiltrasi yang dilakukan pada plot berumur 1 tahun setelah TPTJ hingga plot berumur 10 tahun setelah TPTJ dan 1 blok hutan alam (*virgin forest*). Pada setiap plot, test infiltrasi dilakukan pada 4 titik dengan 3 kali ulangan berdasarkan perbedaan kelereng: jalur tanaman, jalur

tebas, bekas tebangan dan bekas jalan sarad seperti disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi test infiltrasi di jalur tanaman (*line planted*), jalur tebas (*cleared area*), bekas tebangan (*Logged area*) dan bekas jalan sarad (*skidder track*)

Laju infiltrasi (IR) dihitung dari kumulatif infiltrasi sebagai fungsi dari waktu menggunakan rumus Horton sebagai berikut:

$$f_m = f_c + (f_o - f_c)e^{-kt} \tag{1}$$

dengan f_o adalah kapasitas infiltrasi awal (mm h^{-1}), f_c adalah kapasitas infiltrasi konstan (mm h^{-1}), dan k adalah sebuah konstanta resesi atau tingkat penurunan IR (mm h^{-1}). Nilai k dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$k = [\ln(f_o - f_c) - \ln(f - f_c)]/t \tag{2}$$

1.2 Konduktivitas hidrolik jenuh

Konduktivitas hidrolik jenuh (K_s) adalah sebuah karakteristik kunci yang digunakan untuk sebagian besar pembuatan model limpasan langsung (Elsenbeer, 2001, Ziegler et al., 2004). Parameter ini dihitung dari hasil pengukuran infiltrasi yang dilakukan pada setiap plot, menggunakan metode *falling-head* (Jury et al., 1991).

$$K_s = \frac{L}{t_1} \ln \left(\frac{b_0 + L}{b_1 + L} \right) \tag{3}$$

b_0 adalah genangan air di kolom tanah pada $t = 0$, b_1 adalah ketinggian air tergenang di t , dan L adalah panjang kolom tanah. Delapan sampel tanah tambahan diambil dari plot hutan alam pada kedalaman tanah 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 90-100, 120-130, dan 150 cm.

Di laboratorium, tes retensi air dilakukan menggunakan *pressure plate* untuk mengukur kadar air volumetrik, θ . Stabil sampel inti tanah ditempatkan pada nampan aluminium dan perlahan-lahan jenuh dengan menambahkan air dari bawah selama periode 24 jam. Kurva retensi air tanah diukur dengan menggunakan metode *pressure plate* (Juri et al, 1991.) untuk tekanan matric (ψ) -5, -10, -30, -60, -100, -150, -200, dan -500 cm. Setelah mengukur kadar air di $\psi = -500$ cm, sampel tanah yang jenuhkan kembali dari bawah selama periode 24 jam.

Kemudian K_s dari masing-masing sampel diukur dengan menggunakan metode *falling head* (Klute & Dirksen, 1986). Pengamatan data hidrolik dianalisis menggunakan model fisik berbasis retensi air tanah dan fungsi konduktivitas hidrolik menggunakan distribusi lognormal (LN) Model (Kosugi, 1996). Model LN efektif untuk menganalisis sifat hidrolik dan gerakan air tanah sehubungan dengan distribusi ukuran pori tanah (Kosugi, 1997a, b, c). Berdasarkan model ini, retensi air dan konduktivitas hidrolik dapat dinyatakan sebagai:

$$Se = \frac{(\theta - \theta_r)}{(\theta_s - \theta_r)} = Q \left(\frac{\ln(\psi / \psi_m)}{\sigma} \right) \quad (4)$$

Se adalah kejenuhan efektif; θ_s dan θ_r adalah kandungan jenuh air dan kadar air sisa; ψ_m adalah *matric potential head* pada Se 0,5, yang berhubungan dengan radius pori median oleh fungsi tekanan kapiler; σ (berdimensi) adalah deviasi standar dari radius pori log-transformasi dan mewakili lebar distribusi radius pori; dan Q menunjukkan melengkapi fungsi distribusi normal (Kosugi, 1996).

Hubungan antara konduktivitas hidrolik K dan ψ (Kosugi, 1996) diturunkan dengan menggantikan persamaan. (4) ke dalam model struktur pori yang diusulkan oleh Mualem (1976):

$$K(\psi) = K_s \left\{ Q \left[\frac{\ln(\psi / \psi_m)}{\sigma} \right] \right\}^{0.5} \left\{ Q \left[\frac{\ln(\psi / \psi_m)}{\sigma} + \sigma \right] \right\}^2 \quad (5)$$

Persamaan (4) dan (5) menghasilkan deskripsi yang memadai sifat hidrolik diukur dari berbagai tanah lapangan (Kosugi, 1997a, b, c, 2001). Model LN digunakan untuk mendapatkan set data paling cocok yang diamati. Paling cocok dicapai dengan meminimalkan *residual sum of squares* (RSS) antara nilai θ dan K dihitung dan diukur. Untuk sesuai dengan model retensi air ke θ retensi air diamati (ψ) kurva, ψ_m dan σ dari model LN dioptimalkan dengan meminimalkan RSS. θ_s itu tetap pada nilai θ maksimum yang diukur untuk masing-masing tanah.

Model simulasi dua dimensi aliran air tanah jenuh menggunakan program Fortran yang diterapkan untuk menghasilkan aliran permukaan dari periode yang berbeda dari penerapan TPTJ. Beberapa parameter yang ditetapkan untuk periode yang berbeda dari operasi hutan dan berbagai jenis rehabilitasi hutan. Parameter utama tersebut menggunakan tutupan tajuk, curah hujan bawah tajuk, dan K_s yang digunakan dalam simulasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

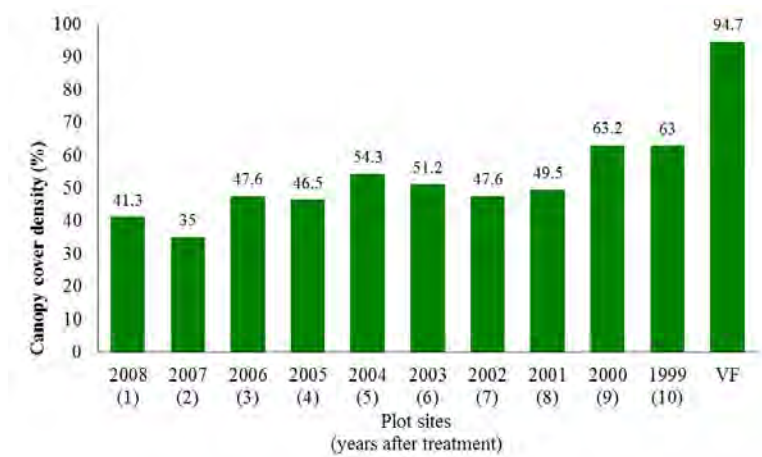
1.3 Limpasan Permukaan dari Konduktivitas Hidrolik Jenuh

Pengukuran konduktivitas hidrolik jenuh (K_s) mengikuti berbagai tipe gangguan permukaan yang digunakan untuk menilai pengaruh fragmentasi hutan pada respon hidrologi dekat permukaan tanah. Hasil fragmentasi hutan di mosaik permukaan dengan karakteristik infiltrasi yang berbeda. Debit air di daerah tangkapan hutan meliputi drainase vertikal di permukaan tanah dan drainase lereng bawah di tanah bawah permukaan.

Dalam drainase vertikal, curah hujan dipasok ke permukaan tanah dan terinfiltrasi pada profil tanah kecuali dalam kondisi intensitas curah hujan lebih besar dari permeabilitas tanah. Air bergerak secara vertikal

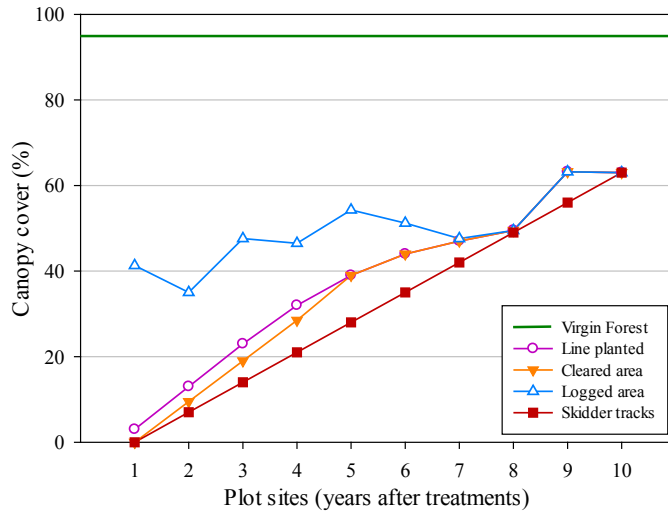
di permukaan tanah (zona tak jenuh) dan pembuangan di bagian bawah profil tanah. Drainase vertikal dianggap sebagai masukan ke dalam tanah bawah permukaan (zona jenuh).

Perbedaan tingkat penutupan kanopi memberikan respon yang berbeda terhadap besaran intersepsi kanopi. Pada penelitian ini, tingkat kerapatan kanopi antar plot diukur melalui petak ukur permanen (PUP) seluas 1 hektar. Setiap plot TPTJ dibangun 3 PUP. Profil kerapatan rata-rata penutupan kanopi antar plot disajikan pada Gambar 3.



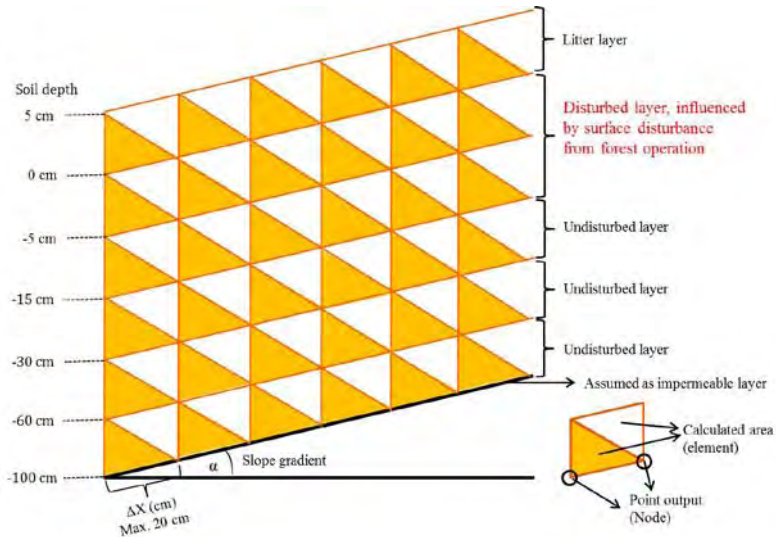
Gambar 3. Profil kerapatan rata-rata penutupan kanopi antar plot TPTJ dan hutan alam.

Kerapatan kanopi mempengaruhi jumlah hujan yang sampai ke permukaan tanah (*net rainfall*). Untuk menentukan variasi *net rainfall* antar plot pada berbagai tipe perlakuan (jalur tanam, jalur tebas, bekas tebangan dan bekas jalan sarad), dibangun asumsi berdasarkan pengukuran di dalam PUP seperti yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kerapatan penutupan kanopi di setiap plot pada berbagai tipe perlakuan

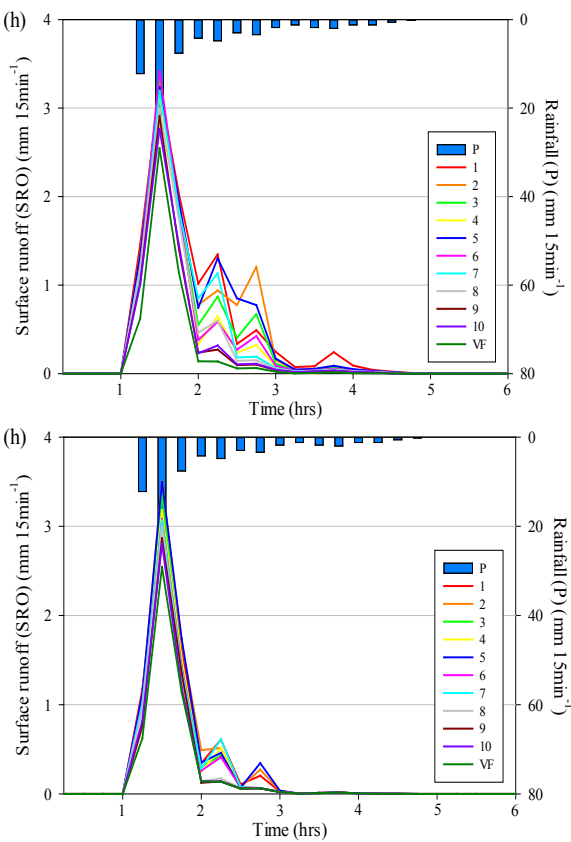
Model simulasi dikembangkan menggunakan asumsi yang didasari pada pengamatan kondisi di lapangan bahwa permukaan tanah yang mengalami gangguan sangat signifikan terhadap operasi pembalakan hutan dan mempengaruhi nilai Ks adalah pada kedalaman 0 – 15 cm. Dengan demikian, seting skenario model simulasi 2 dimensi disajikan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Seting skenario model simulasi 2 dimensi aliran air tanah jenuh

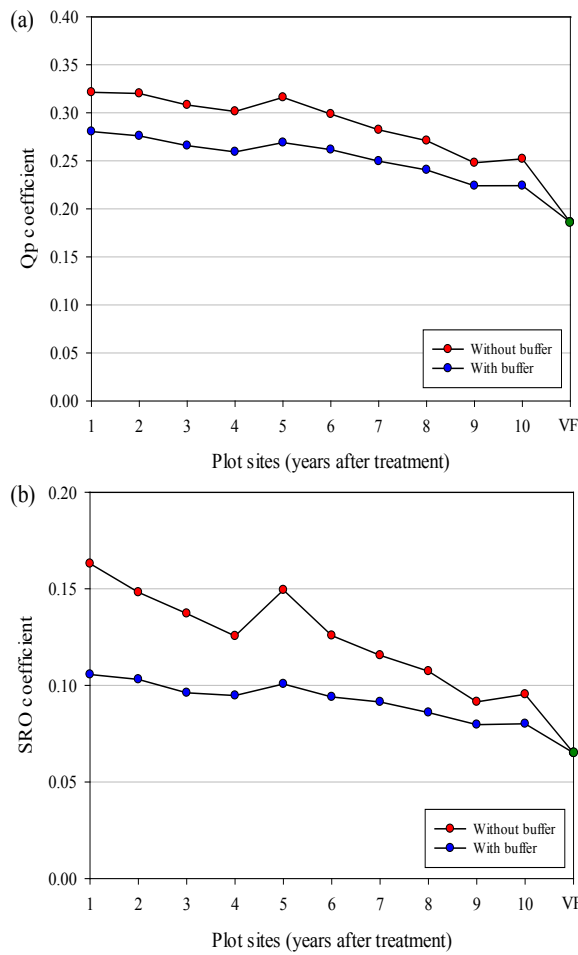
1.4 Hidrograf Aliran Hasil Simulasi

Model simulasi penerapan TPTJ mengkombinasikan setiap perlakuan terhadap permukaan hutan dengan kelerengan rata-rata 30° . 2 skenario dibangun untuk mengetahui pengaruh sempadan sungai terhadap efektivitas pengendalian limpasan permukaan. Hasil penerapan simulasi terhadap masukan hujan tertentu menghasilkan respon hidrograf aliran yang bervariasi seperti contoh pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Hidrograf aliran hasil simulasi pada TPTJ tanpa sempadan sungai (kiri) dan dengan sempadan sungai (kanan).

Untuk mengklarifikasikan perbedaan pengaruh sempadan sungai terhadap respon hidrograf aliran yang dihasilkan dari penerapan simulasi pada TPTJ, maka setiap hidrograf yang dihasilkan dilakukan analisis koefisien debit puncak (Qp) dan koefisien limpasan permukaan (SRO) (Gambar 7).



Gambar 7. (a) Koefisien debit puncak (Qp) terhadap intensitas hujan puncak, (b) Koefisien limpasan permukaan (SRO) terhadap tebal hujan.

Sifat hidrologi tanah di lokasi menjadi terganggu dan mengalami perubahan sehingga menghasilkan nilai koefisien Q_p dan SRO yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai di hutan alam (Gambar 7). Akan tetapi, koefisien Q_p dan SRO mengalami penurunan dari waktu ke waktu yang menunjukkan bahwa sifat hidrolik tanah perlahan-lahan mengalami pemulihan. Pada tahun-tahun awal setelah penerapan TPTJ, terdapat kesenjangan besar nilai Q_p dan SRO antara skenario dengan dan tanpa sempadan sungai. Sempadan sungai sebagai daerah penyangga efektif untuk mengurangi Q_p dan SRO. Kerapatan tutupan kanopi yang tinggi di daerah penyangga mengontrol curah hujan dengan intersepsi kanopi. Daerah yang terganggu dengan kegiatan TPTJ memiliki tutupan kanopi rendah, pemadatan tanah, dan kapasitas infiltrasi yang rendah. Akibatnya, kondisi ini mengurangi intersepsi hutan, evapotranspirasi, dan volume infiltrasi, sehingga menciptakan respon aliran permukaan yang cepat dan meningkatkan persentase curah hujan menjadi limpasan permukaan. Dalam plot hutan alam, 17,5% dari intensitas hujan puncak (I_p) menjadi Q_p di alur sungai, sementara di plot TPTJ berumur 1 tahun, 31,6% dari I_p menjadi Q_p . Seperti ditunjukkan dalam Gambar 7.b, 10 tahun setelah TPTJ, koefisien SRO menurun dan mendekati nilai koefisien SRO pada hutan alam. Hasil ini menunjukkan bahwa plot-plot yang terganggu oleh penerapan TPTJ membutuhkan waktu setidaknya 15 tahun untuk memulihkan sifat hidrolik tanah ke tingkat yang sama dengan yang di plot hutan alam.

IV. KESIMPULAN

1. Penerapan sistem TPTJ dengan tebang pilih secara mekanis dan penanaman jalur intensif telah menyebabkan penambahan jumlah hujan yang sampai ke permukaan tanah, kerusakan struktur dan tekstur tanah akibat pemadatan sehingga mengurangi sifat hidrolik tanah, termasuk karakteristik infiltrasi, dan konduktivitas hidrolik terutama pada profil permukaan tanah.
2. Penurunan kapasitas infiltrasi berpotensi menghasilkan limpasan permukaan yang lebih besar. Kegiatan penanaman intensif dapat berkontribusi dalam pemulihan kapasitas infiltrasi, sehingga dapat berkontribusi menurunkan respon aliran permukaan.
3. Hasil penerapan model simulasi menunjukkan bahwa pemulihan sifat hidrolika tanah akibat kegiatan TPTJ membutuhkan waktu

sekitar 10-15 tahun untuk dapat mencapai nilai hidrolika tanah mendekati nilai pada hutan alam yang tidak terganggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulhadi, R., Kartawinata, K., and Sukardjo, S. Effects of Mechanized Logging in the Lowland Dipterocarps Forest at Lempake, East Kalimantan. *The Malaysian Forester* 44:407-418, 1981.
- Beshta, R.L., Pyles, M.R., Skaugset, A.E., Surfleet, C.G. Peakflow responses to forest practices in the western cascades of Oregon, USA. *J. Hydrol.* 233:102-120, 2000.
- Black, P.E. Watershed Hydrology. Prentice-Hall, Inc, New Jersey, pp. 176-177. 1991.
- Bruijnzeel, L.A. Hydrology of moist tropical forest and effects of conversion: A state knowledge review. UNESCO, Paris and Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands. 1990.
- Bruijnzeel, L.A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the tree?. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 104:185-228, 2004.
- Chang, M., Forest Hydrology, An Introduction to Water and Forests. Second Edition. CRC Press, U.S.A., pp. 201-210. 2006.
- Harden C.P., and Scruggs, P.D. Infiltration on mountain slopes: a comparison of three environments. *Journal of Geomorphology*, 55:5-23, 2003.
- listedt, U., Malmer, A., Verbeeten, E. and Murdiyarso, D. The effect of afforestation on water infiltration in the tropics: A systematic review and meta analysis. *For. Ecol. Manage.*, 251:45-51, 2007
- Jury, W.A., Gardner, W.R., Gardner, W.H. Soil Physics. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc.U.S.A., pp. 77-87. 1991.
- Kluten, A., & Dirksen, C. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. In: Klute, A. (Eds.) *Methods of soil Analysis, Part 1: Physical and Meneralogical Methods, Monograph No. 9.* Madison, WI: Am. Soc. Agron., 1986.
- Kosugi, K. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties. *Water Resour. Res.*, 32:2697-2703, 1996.
- Kosugi, K. A new model to analyse water retention characteristics of forest soils based on soil pore radius distribution. *J. For. Res.*, 2:1-8, 1997a.
- Kosugi, K. New diagrams to evaluate soil pore radius distribution and saturated hydraulic conductivity of forest soil. *J. For. Res.*, 2:95-101, 1997b.
- Kosugi, K. Effect of pore radius distribution of forest soils on vertical water movement in soil profile. *J.Jpn. Soc. Hydrol. Water Resour.*, 10:226-237, 1997c.

- Liu, Y., An, S., Deng, Z., Fan, N., Yang, H., Wang, Z., Zhi, Y., Zhou, C. and Liu, S. Effects of vegetation patterns on yields of the surface and subsurface waters in the Heishui Alpine Valley in west China. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 3:1021–1043, 2006
- Malmer, A. and Grip, H. Soil disturbance and loss of infiltrability caused by mechanized and manual extraction of tropical rainforest in Sabah, Malaysia. *For. Ecol. Manage.*, 38:1-12, 1990.
- Malmer, A. Hydrological effects and nutrient losses of forest plantation establishment on tropical rainforest land in Sabah, Malaysia. *J. Hydrol.*, 174:129-148, 1996.
- Mapa, R.B. Effect of reforestation using *Tectona grandis* on infiltration and soil water retention. *For. Ecol. Manage.*, 77:119-125, 1995.
- Murugayah, R.A.P., Gandaseca, S., Ahmed, O.H. and Ab. Majid, N.M. Effect of different ages of rehabilitated fores on selected physico-chemical properties. *American Journal of Applied Sciences*, 6:1043-1046, 2009.
- Noguchi, S., Abdul Rahim, N., Yusop, Z., Tani, M., Toshiaki, S. Rainfall-runoff responses and roles of soil moisture variations to the response in Tropical Rain Forst, Bukit Tarek, Peninsular Malaysia. *J. For. Res*, 2:125-132, 1997.
- Osuji, G.E., Okon, M.A., Chukwuma, M.C., and Nwarie, I.I., Infiltration Characteristics of Soils under Selected Land Use Practices in Owerri, Southeastern Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences* 6:322-326, 2010.
- Peng Li, Zhambin Li, and Kexin Lu. Effect of vegetation cover types on soil infiltration under simulating rainfall. 13th International Soil Conservation Organization Conference. Brisbane, July, 2004.
- Suryatmojo, H., Fujimoto, M., Kosugi, K., Mizuyama, T. Impact of Canopy Cover Changes to Forest Interception in the Intensive Forest Management System in Tropical Indonesia Rainforest. *Proceeding of International Conference on Sustainable Future for Human Security*. Kyoto, pp. 557-564. 2011.
- Van Der Plas, M.C. and Bruijnzeel, L.A., Impact of Mechanized Selective Logging of Rainforest on Topsoil Infiltrability in the Upper Segama Area, Sabah, Malaysia. *Hydrology of Warm Humid Regions*. IAHS Publ. no. 216:203-211, 1993.
- Zhang, L., Dawes, W.R., Walker, G.R. Predicting the Effect of Vegetation Changes on Catchment Average Water Balance. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. CSIRO Land and Water. 1999.
- Zhao, F.F., L. Zhang, and Z.X. Xu. Effects of Vegetation Cover Change on Streamflow at a Range of Spatial Scales. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009.

- Ziegler, A.D., Giambelluca, T.W., Tran, L.T., Vana, T.T., Nullet, M.A., Fox. J., Pinthong, J., Maxwell, J.F., Evett, S. Hydrological consequences of landscape fragmentation in mountainous northern Vietnam: evidence of accelerated surface runoff flow generation. *J. Hydrol.*, 287:124-146, 2004.
- Ziegler, A.D., Negishi, J.N., Sidle, R.C., Noguchi, S., Abdul Rahim, N. Impact of logging disturbance on hillslope saturated hydraulic conductivity in a tropical forest in Peninsular Malaysia. *Catena*, 67:89-104, 2006.
- Zimmermann, B., Elsenbeer, H., De Moraes, J.M. The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: implications for runoff generation. *For. Ecol. Manag.*, 222:29-38, 2006.

Saran dan masukan dari proses seminar:

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh sempadan sungai untuk menunjukkan efektivitas dari keberadaan sempadan sungai terhadap kondisi tata air. Untuk sementara, lebar sempadan sungai yang direkomendasikan adalah sesuai dengan peraturan yang ada. Peraturan daerah tentang sempadan sungai perlu dibentuk dan Peraturan Pemerintah (PP) juga perlu ditegakkan pelaksanaannya.

EVALUASI DAYA DUKUNG LINGKUNGAN SEBAGAI PENOPANG AKTIVITAS MANUSIA DI KOTA BATU, INDONESIA¹

Oleh :

Bambang Rahadi^a, Euis Elih Nurlaelih^b, dan Novia Lusiana^a

^aJurusan Keteknikan Pertanian, FTP – UB, Jl. Veteran Malang, 65145

^bJurusan Budidaya Pertanian, FP – UB, Jl. Veteran Malang, 65145

ABSTRAK

Alih fungsi lahan yang melebihi daya dukung lingkungan mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan seperti banjir dan peningkatan sedimentasi. Sebagai upaya pengendalian terhadap pengembangan wilayah maka penerapan daya dukung lingkungan menjadi sangat penting untuk diperhitungkan. Penentuan daya dukung lingkungan meliputi daya dukung berbasis kemampuan lahan, berbasis neraca air dan neraca lahan. Tujuan penelitian ini adalah 1) mengevaluasi penggunaan lahan terhadap daya dukung lingkungan berdasarkan tiga basis untuk keadaan tahun 2010 (*existing land use*), 2) Mengetahui dan memprediksi status daya dukung lingkungan pada 20 tahun yang akan datang (tahun 2030) berdasarkan perhitungan prediksi dan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Metode analisis yang digunakan adalah deskriptif, dengan mendeskripsikan hasil perhitungan daya dukung melalui status daya dukung surplus dan defisit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas penggunaan lahan eksisting yang tidak sesuai dengan kelas kemampuan lahan adalah sebesar 25,67%, sedangkan berdasarkan rencana penataan ruang luas penggunaan lahan yang tidak sesuai adalah 32,05%. Perhitungan neraca air Kota Batu Tahun 2012 dan prediksi Tahun 2031 masih tergolong surplus aman, begitupun dengan perhitungan neraca lahan yang menunjukkan hasil bahwa untuk Tahun 2012 dan prediksi Tahun 2031 masih berstatus surplus aman. Peningkatan luasan wilayah penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kelas kemampuan lahan di kota Batu, berkaitan dengan peningkatan kebutuhan akan lahan pemukiman seiring dengan perkembangan wisata di Kota Batu. Saat ini kebutuhan air dan kebutuhan produktivitas akan bioproduk masih terpenuhi pada kondisi saat ini demikian juga 20 tahun ke depan, karena Kota Batu tergolong daerah yang memiliki curah hujan tinggi, luasan RTH yang masih memadai dan didukung tanah subur sehingga produksi akan komoditas masih tinggi.

Kata Kunci : Daya Dukung Lingkungan, Neraca Air, Neraca Lahan, Kesesuaian Penggunaan Lahan.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Populasi dunia diperkirakan akan meningkat dari 5,7 miliar pada tahun 1996 menjadi 8 miliar pada tahun 2020 yang mengakibatkan meningkatnya permintaan pangan dan perumahan meningkat sebesar 64%, urbanisasi meningkat dari 43% menjadi 61% pada tahun 2025, sehingga kota-kota mengalami tekanan dalam memenuhi kebutuhan sarana dan prasarana hidup bagi penduduknya (Listyawati, 2010). Peningkatan kegiatan sebagai konsekuensi adanya pengembangan wilayah mempengaruhi tingkat permintaan konsumsi terhadap sumberdaya air padahal ketersediaan sumberdaya air memiliki keterbatasan, (Christianingsih, 2012). Sebagai upaya pengendalian pengembangan wilayah maka pengkajian terhadap daya dukung menjadi sangat penting untuk mengukur tingkat kesesuaian pemanfaatan lahan terhadap kemampuan lahan yang dimiliki (Rahadi, 2012).

Kota Batu merupakan wilayah yang memiliki tingkat kesediaan air dan kekayaan produk hayati, sehingga menjadika kota ini sebagai penyuplai kebutuhan aktivitas manusia baik di wilayah kota Batu itu sendiri maupun di kota sekitarnya. Kondisi yang menguntungkan ini menjadikan alasan bahwa perlu mempertahankan kota Batu untuk dapat mendukung segala kebutuhan manusia.

Daya dukung suatu wilayah dapat menurun akibat kegiatan manusia maupun gaya-gaya alamiah (*natural forces*), seperti bencana alam, atau dapat dipertahankan dan bahkan ditingkatkan melalui pengelolaan atau penerapan teknologi (Sudanti, 2012). Seperti halnya kota Batu yang saat ini sedang mengembangkan kawasan pariwisata dalam rangka memperkenalkan kota Batu ke luar kota, kemudian perkembangan pembangunan kawasan pemukiman untuk memnuhi kebutuhan hunian di sekitar kawasan pemukiman. Perkembangan kawasan pariwisata dan pemukiman tentunya akan membawa dampak pembukaan lahan sehingga berpengaruh terhadap penurunan produktivitas lahan pertanian serta perubahan kualitas lingkungan. Oleh karena itu menjadi penting untuk mengetahui perubahan status daya dukung lingkungan kota Batu saat ini sampai 20 tahun ke depan, tentunya diperlukan penilaian dan monitoring secara berkala untuk

dapat melakukan pengelolaan secara dini sebelum terjadi adanya defisit akan air maupun pangan.

Tujuan penelitian adalah 1) mengevaluasi kesesuaian penggunaan lahan kota Batu kondisi saat ini (tahun 2012) dan RTRW tahun 2032, 2) menentukan status daya dukung berbasis neraca air tahun 2012 dan memprediksi perubahan status tahun 2032, 3) menentukan status daya dukung neraca lahan tahun 2012 dan memprediksi perubahan status tahun 2032.

II. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif dengan menentukan status daya dukung (surplus/defisit) berdasarkan hasil perhitungan. Penentuan status terlampuinya daya dukung lingkungan berbasis kemampuan lahan di peroleh dengan mengklasifikasikan karakteristik lahan menjadi kelas kemampuan penggunaan lahan (KPL). KPL ditentukan berdasarkan sifat-sifat lahan yang diklasifikasikan dalam bentuk sub kelas, sifat-sifat lahan yang digunakan dalam penentuan kelas lahan adalah tekstur tanah (t), permeabilitas (p), kedalaman efektif (k), drainase (d), kelerengan (l) dan erosi (e). Kelas lahan menentukan arahan pemanfaatan terhadap penggunaan lahan, sehingga diperoleh status kesesuaian atau tidaknya penggunaan lahan berdasarkan kemampuan lahannya (Rustiadi, 2009).

Penentuan status daya dukung berbasis neraca air diperoleh dengan membandingkan nilai total ketersediaan air dan nilai total kebutuhan air. Parameter yang digunakan adalah penentuan nilai ketersediaan air adalah curah hujan dan debit sungai, sedangkan penentuan total nilai kebutuhan air ditentukan berdasarkan parameter kebutuhan air penduduk, kebutuhan air industri dan kebutuhan air irigasi. Status daya dukung berbasis neraca air dapat dinyatakan dalam dua bentuk yaitu Surplus dan Defisit.

Penentuan status daya dukung berbasis neraca lahan diperoleh dengan membandingkan nilai total ketersediaan lahan dan nilai kebutuhan lahan. Status daya dukung berbasis neraca lahan dapat dinyatakan dalam dua bentuk yaitu Surplus dan Defisit.

Penentuan Kelas Kemampuan Lahan

Metode kesesuaian lahan digunakan sebagai evaluasi penataan ruang berbasis kemampuan lahan pada kondisi yang saat ini. Kemampuan lahan dibagi menjadi delapan kelas berdasarkan faktor penghambatnya sebagai acuan arahan pengolahannya. Beberapa karakteristik lahan menjadi parameter dalam penentuan KPL (Indonesia, 2009).

Dalam ruang lingkup perencanaan, maka evaluasi perencanaan ruang yang sudah ada dapat dilakukan dengan melihat KPL dan penggunaan yang ada. Rencana tata ruang untuk pembuatan zonasi peruntukan tertentu, harus sesuai dengan kemampuannya. Jika kemampuan lahan tidak sesuai dengan zonasi yang sudah dibuat, maka rekomendasi adalah mengganti perencanaan zonasi ruang tersebut. Usulan perubahan ini dapat berlaku untuk kawasan budidaya maupun kawasan lindung. Secara praktis kelas kemampuan lahan VII atau VIII dibuat menjadi kawasan hutan produksi dan lindung dalam dokumen perencanaan kawasan ruang. Jika lahan tersebut tidak digunakan sebagai kawasan lindung, maka penggunaan yang ada akan berpotensi menjadi bahaya dan dapat menimbulkan bencana. Sedangkan untuk kawasan budidaya, jika kelas kemampuannya III atau IV atau lainnya maka kawasan tersebut dapat dijadikan kawasan budidaya spesifik sesuai dengan kesesuaian untuk tujuan tertentu (Widodo, 1983).

Perhitungan Neraca Air

Pada prinsipnya perhitungan ketersediaan air ini bersumber dari banyaknya curah hujan, atau dengan perkataan lain hujan yang jatuh pada suatu daerah dan sebagian akan hilang akibat evapotranspirasi. Persamaan nilai ketersediaan air dapat di rumuskan pada **Persamaan 1** (Redjenikum, 2011).

$$KA = Ch - Eto$$

dimana, KA = ketersediaan air (m^3), Ch = curah hujan (mm/hari), Eto = evapotranspirasi (mm/hari).

Perkiraan jumlah kebutuhan air penduduk saat ini dan di masa yang akan datang dihitung berdasarkan jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk dan kebutuhan air. Kebutuhan air dipengaruhi oleh aktivitas fisik dan kebiasaan atau tingkat kesejahteraan. Persamaan 2 yang digunakan adalah sebagai berikut (Rustiadi, 2010):

$$D_A = N \times KHL_A \quad (2)$$

dimana, D_A = total kebutuhan air penduduk tiap tahun (m^3), N = jumlah penduduk tiap tahun (jiwa), KHL_A = kebutuhan air untuk hidup layak ($1600 \text{ m}^3 \text{ air/tahun}$) diperoleh dari $2 \times 800 \text{ m}^3 \text{ air/tahun}$, dimana $800 \text{ m}^3 \text{ air/tahun}$ adalah kebutuhan air untuk keperluan domestik dan untuk menghasilkan pangan dan 2,0 adalah faktor koreksi untuk memperhitungkan kebutuhan hidup layak yang mencakup kebutuhan pangan, domestik dan lainnya.

Redjekiningrum (2011), menyatakan perhitungan kebutuhan air untuk industri yang menggunakan **Persamaan 3** sebagai berikut :

$$KAI = (I_1 + I_2 + I_3) \times K_i \quad (3)$$

dimana: KAI = kebutuhan air industri tiap tahun (m^3/tahun), I = jumlah tenaga kerja pada tiap industri (jiwa) (I_1 industri kecil, I_2 industri sedang, dan I_3 industri besar), K_i = kebutuhan air industri/tahun (m^3), t = tahun.

Kebutuhan air untuk irigasi diperkirakan antara luas lahan sawah dengan kebutuhan airnya per satuan luas. **Persamaan 4** untuk menghitung kebutuhan bersih air irigasi (Direktorat Pengairan dan Irigasi, 2006) :

$$IG = \frac{(IR + Etc + RW + P - ER)}{EI} \times A$$

dimana, IG = kebutuhan air tiap tahun (m^3), IR = kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm/hari), Etc = kebutuhan air konsumtif (mm/hari),

RW = kebutuhan air untuk penggantian lapisan air (mm/hari), P = perkolasi (mm/hari), ER = curah hujan efektif (mm/hari), EI = efisiensi irigasi (%), A = luas areal irigasi (m²).

Prediksi status neraca air ditentukan dengan memprediksi laju pertumbuhan penduduk 20 tahun berikutnya, sehingga dalam hal ini penentuan status daya dukung neraca air hanya memprediksi nilai kebutuhan air penduduk. **Persamaan 5** digunakan untuk memprediksi nilai laju pertumbuhan penduduk.

$$Ka = \frac{Pf - Pi}{tf - ti} = \frac{Pi - Pe}{ti - te}$$

dimana, Pf = jumlah penduduk pada tahun ke-t (jiwa), Pi = jumlah penduduk mula-mula/tahun awal (jiwa), Ka = laju pertumbuhan penduduk per tahun (jiwa).

Perhitungan Neraca Lahan

Penentuan daya dukung lahan berbasis neraca lahan dilakukan dengan membandingkan ketersediaan (supply) dan kebutuhan (demand) lahan untuk kondisi saat ini dan kondisi dimasa akhir perencanaan (sesuai skenario RTRW). Ketersediaan lahan ditentukan berdasarkan data total produksi aktual atau potensial setempat dari setiap komoditas hayati di suatu wilayah, dengan menjumlahkan produk dari semua komoditas hayati yang ada di wilayah tersebut. Untuk penjumlahan ini digunakan harga sebagai faktor konversi karena setiap komoditas memiliki satuan yang beragam. Sementara itu, kebutuhan lahan dihitung berdasarkan kebutuhan bioproduk untuk hidup layak. Status daya dukung lahan merupakan gambaran mengenai rasio atau selisih antara sisi ketersediaan lahan (supply) dan sisi kebutuhan lahan (demand) (Asaad, 2009). Jika "supply > demand" maka status daya dukungnya adalah "surplus" sedangkan jika "supply < demand" maka status "tingkat keberlanjutan" dapat dikembangkan ke arah dua cara pengkategorian tingkat keberlanjutan yakni neraca daya dukung lahan berbasis nilai standar absolut daya

dukung, dan neraca daya dukung lahan berbasis pergeseran relatif (Rustiadi, 2009).

Ketersediaan lahan untuk menghasilkan bioproduk dihitung dengan metode perbandingan nilai penghasilan komoditas dan nilai produktivitas beras dalam satu hektar yang sudah dikonversi dalam harga sataun beras (IDR) (Lampiran Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 17, 2009):

$$S_L = \frac{\sum (P_i \times H_i)}{H_b} \times \frac{1}{P_{tvb}} \quad (6)$$

dimana, S_L = Ketersediaan lahan (ha), P_i = Produksi aktual tiap jenis komoditas (satuan tergantung kepada jenis komoditas). Komoditas yang diperhitungkan adalah pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, dan perikanan, H_i = Harga satuan tiap jenis komoditas (Rp/satuan) di tingkat produsen, H_b = Harga satuan beras (Rp/kg) di tingkat produsen, P_{tvb} = Produktivitas beras (kg/ha).

Untuk menghitung kebutuhan lahan, maka perlu diketahui data jumlah penduduk dan luas lahan untuk hidup layak, **Persamaan 7**.

$$D_L = N \times KHL_L \quad (7)$$

dimana, D_L = Total kebutuhan lahan setara beras (ha), N = Jumlah penduduk (jiwa), KHL_L = Luas lahan yang dibutuhkan untuk kebutuhan hidup layak per penduduk.

Luas lahan yang dibutuhkan untuk kebutuhan hidup layak perpenduduk adalah kebutuhan hidup layak per penduduk dibagi produktivitas beras total. Kebutuhan hidup layak per penduduk diasumsikan sebesar 1 ton setara beras/kapita/ton. Tingkat kebutuhan manusia dapat ditentukan dari kebutuhan fisik minimum atau kebutuhan hidup layak. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data dari tahun yang sama.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengklasifiasian Kelas Kemampuan Lahan

Hasil perhitungan prediksi laju erosi pada kondisi tata guna lahan saat ini, dapat diketahui Kategori erosi Kota Batu terdiri dari lima yaitu tidak ada erosi (e0), erosi ringan (e1) dengan nilai 25% lapisan atas hilang, sedang (e2) dengan nilai 25-75% lapisan atas hilang, berat (e3) dengan > 75% lapisan bawah hilang, sangat berat (e4) dengan nilai > 25% lapisan bawah hilang. Luasan wilayah yang tergolong tidak ada erosi seluas 4780,1 Ha, wilayah tergolong erosi ringan seluas 815,9 Ha, wilayah tergolong erosi sedang 6567,3 Ha, wilayah tergolong erosi berat seluas 2660,4Ha, wilayah tergolong erosi sangat berat seluas 4726,7 Ha (Zamahsyari, 2012).

Tekstur tanah Kota Batu terdiri dari tiga jenis yaitu halus (t1), sedang (t3), dan kasar (t4). Luasan wilayah yang bertekstur halus sebesar 211,7 Ha, bertekstur sedang 8229,1 Ha, wilayah bertekstur agak kasar 11468,3 Ha. Sifat permeabilitas tanah di Kota Batu terdiri dari agak lambat (p2), lambat (p1), sedang (p3). Luasan wilayah yang tergolong permeabilitas lambat seluas 211,7 Ha, permeabilitas agak lambat 7762,5 Ha, permeabilitas sedang seluas 11934,9 Ha.

Kemampuan drainase yang dimiliki oleh Kota Batu terdiri dari tiga kategori, yaitu ber-drainase baik sebesar 211,7Ha atau 1,07% dari luas keseluruhan Kota Batu. Kemampuan drainase agak buruk sebesar 19522,9 Ha atau 98,06% dari luas keseluruhan Kota Batu. Kemampuan drainase buruk seluas 173,8 Ha atau 0,87% dari luas keseluruhan Kota Batu. Kota Batu memiliki tiga kategori kedalaman, yaitu tanah dalam (> 90 cm) seluas 211,7 Ha atau 1,07% dari luas keseluruhan Kota Batu, kedalaman tanah sedang (90 - 50 cm) seluas 7762,5 Ha atau 39% dari total luas Kota Batu, dan kedalaman tanah dangkal (50 - 25 cm) seluas 11934,9 Ha atau 59,95% dari keseluruhan luas wilayah Kota Batu.

Kota Batu memiliki lima kategori kelerengan yaitu landai (l2) dengan luas wilayah 6263,4 Ha, agak miring/bergelombang (l3) dengan luas wilayah 4363,8 Ha, miring berbukit (l4) dengan luas wilayah 3982,9 Ha,

agak curam (I5) dengan luas wilayah 4987,8 Ha, curam (I6) dengan luas wilayah 287,2 Ha.

Berdasarkan hasil klasifikasi sub kelas lahan, Kota Batu tergolong dalam lahan kelas I, II, III, IV, V , VI dan VII. Luasan wilayah terbesar berada di kelas VI dengan presentase luasan sebesar 7860,43 Ha atau 40%. Peta hasil klasifikasi kelas kemampuan lahan dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Evaluasi Kesesuaian Penggunaan Lahan

Hasil evaluasi menunjukkan tingkat kesesuaian penggunaan lahan kondisi eksisting, tingkat kesesuaian penggunaan lahan dibagi menjadi 3 bagian yaitu tingkat sesuai, tidak sesuai dan sangat sesuai.

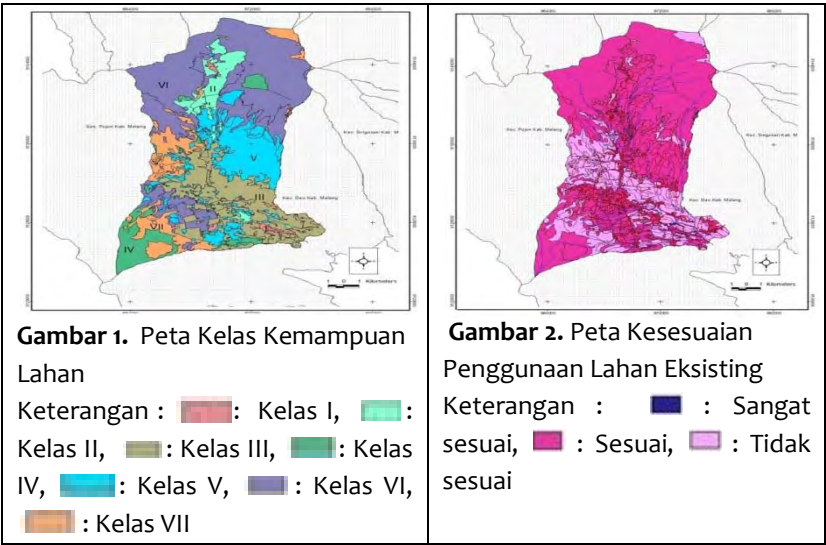
Tabel 1. Luasan Wilayah Berdasarkan Kesesuaian Penggunaan Lahan

No	Tingkat Kesesuaian Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	%
1	Sangat Sesuai	8, 633	0, 043206
2	Sesuai	14844, 187	74, 2917
3	Tidak Sesuai	5128, 129	25, 66509
Total		19980, 949	100

Lahan pada kelas I ketidaksesuaian penggunaan lahan ada pada penggunaan lahan untuk padang rumput yang berdasarkan arahan penggunaan lahannya kelas I menjadi lahan untuk tanaman pangan. Ketidaksesuaian penggunaan lahan pada kelas II berada pada penggunaan lahan semak belukar dan padang rumput yang seharusnya berdasarkan arahan pemanfaatan digunakan sebagai lahan untuk tanaman pangan dan pertanian, dikatakan tidak sesuai namun masih diperbolehkan karena berdasarkan tingkat penghambatnya penggunaan lahan semak belukar berada di atas penggunaan lahan pertanian. Lahan kelas III ketidaksesuaian berada pada penggunaan lahan sawah irigasi, sawah tadah hujan, kebun dan padang rumput yang mana seharusnya digunakan sebagai lahan untuk tanaman tahunan/tanaman keras. Lahan kelas IV diarahkan untuk tanaman tahunan/keras, penggembalaan, dan non pertanian, sehingga penggunaan lahan untuk sawah irigasi dan kebun tidak sesuai. Begitupun dengan kelas V penggunaan lahan pemukiman, sawah

irigasi, dan kebun tidak sesuai dikarenakan arahan pemanfaatan lahan untuk kelas ini adalah non pertanian, penggembalaan serta tanaman tahunan. Lahan kelas VI diarahkan untuk tanaman tahunan serta peternakan sehingga penggunaan lahan pemukiman dan kebun tidak sesuai. Lahan kelas VII diarahkan sebagai hutan produksi dan padang rumput, penggunaan lahan sebagai tegalan, sawah irigasi, semak belukar, dan kebun tidak sesuai. Luasan wilayah berdasarkan tingkat kesesuaian penggunaan lahan dapat dilihat pada **Tabel 1**, peta tingkat kesesuaian penggunaan lahan dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Berdasarkan luasan penggunaan lahan, luasan lahan yang digunakan untuk ruang terbuka hijau sebesar 78.98%, bila dibandingkan dengan penggunaan lahan eksisting yang luasan wilayah untuk RTH sebesar 90,04% maka dapat diasumsikan bahwa pemerintah Kota Batu akan mengembangkan perluasan lahan sebagai pemukiman. Hal ini tentunya akan berdampak bagi kualitas lingkungan disekitarnya. Luasan kesesuaian penggunaan lahan RTRW dapat dilihat pada Tabel 2.



Tabel 2 . Luasan Tingkat Kesesuaian Penggunaan Lahan RTRW

No	Tingkat Kesesuaian Penggunaan Lahan	Luas	%
1	Sangat Sesuai	5677, 358	28, 41
2	Sesuai	7900, 079	39, 53
3	Tidak Sesuai	6403, 512	32, 05
Total		19980, 949	100

Berdasarkan hasil pengolahan peta diperoleh luasan penggunaan lahan RTRW berdasarkan tingkat kesesuaiannya, luasan wilayah yang tergolong sangat sesuai sebesar 28,41%, sesuai 39,53% dan tidak sesuai 32,05%. Bila dibandingkan dengan luasan kesesuaian penggunaan lahan pada kondisi eksisting terdapat penambahan luasan wilayah yang tergolong sangat sesuai penggunaan lahannya, namun juga terjadi peningkatan luasan wilayah dengan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan arahan penggunaan lahan sesuai kemampuan lahannya.

Hasil Perhitungan Neraca Air

Berdasarkan olahan data curah hujan diperoleh nilai curah hujan paling tinggi berada di stasiun Junggo yang terletak di Kecamatan Bumiaji. Perkiraan nilai debit menggunakan metode F.J Mock dihasilkan bahwa nilai debit untuk sungai yang melewati kecamatan Batu adalah 110,9 liter/detik, debit aliran sungai kecamatan Junrejo 79,08 liter/detik, sedangkan untuk kecamatan Bumiaji nilai debit aliran sebesar 438,28liter/detik. Berdasarkan nilai curah hujan dan debit terbesar di Kecamatan Bumiaji dapat dinyatakan bahwa nilai ketersediaan air terbesar ada pada Kecamatan Bumiaji. **Tabel 3** menunjukkan hasil perhitungan ketersediaan air.

Tabel 3. Perhitungan Ketersediaan Air

Kecamatan	CH (m ³ /thn)	Debit Sungai (m ³ /thn)	Total Ketersediaan air (m ³ /thn)
Batu	64391002	3500117,6	67891119
Bumiaji	233314368	13821561	247135929
Junrejo	39126742	2493804,6	41620546
Jumlah	336832112		356647595

Perhitungan total kebutuhan air diperoleh dengan menjumlahkan kebutuhan air penduduk, irigasi dan industri. Hasil akumulasi ketiganya dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Total Kebutuhan Air Kota Batu Tahun 2012

Kecamatan	Air Penduduk (m ³ /thn)	Air Industri (m ³ /thn)	Air Irigasi (m ³ /thn)	Total (m ³ /thn)
Batu	3989547, 54	572539	0, 22	4562087
Bumiaji	2480714, 17	509448, 75	0	2990163
Junrejo	2122593, 98	493096, 75	7840066, 69	10455757

Status daya dukung neraca air Kota Batu tahun 2012 di semua kecamatan adalah surplus (**Tabel 5**) dikarenakan nilai ketersediaan air Kota Batu masih tergolong besar dengan adanya curah hujan tinggi dan daerah penyimpan air yang tinggi. Kemudian kepadatan Kota Batu yang masih tergolong rendah menjadi tingkat kebutuhan air oleh penduduk masih terpenuhi oleh debit dan curah hujan.

Nilai status daya dukung neraca air Kota Batu masih tergolong aman, hasil dari perbandingan nilai ketersediaan dan kebutuhan air masih lebih dari dua. Prediksi status daya dukung untuk 20 tahun ke depan dilakukan untuk mengantisipasi perubahan status daya dukung yang significant, sehingga dapat dilakukan upaya-upaya jika perubahan tersebut terjadi. Hasil prediksi status daya dukung neraca air Kota Batu untuk Tahun 2032 masih surplus dengan kategori daya dukung aman (dapat dilihat pada **Tabel 6**).

Tabel 5. Status Daya Dukung Neraca Air Kota Batu Tahun 2012

Kecamatan	KA (m ³ /thn)	KBA (m ³ /thn)	Neraca Air (m ³ /thn)	Status
Batu	67891119	4562086, 5	63329032, 62	Surplus
Bumiaji	247135929	2990162, 9	244145766, 4	Surplus
Junrejo	41620546	10455757	31164788, 91	Surplus

Tabel 6. Prediksi Status Daya Dukung Neraca Air Kota Batu Tahun 2032

Kecamatan	KA (m ³ /thn)	KBA (m ³ /thn)	Neraca Air (m ³ /thn)	Status
Batu	67891119, 16	6531143, 07	61359976, 09	Surplus
Bumiaji	247135929, 36	3924190, 15	243211739, 2	Surplus
Junrejo	41620546, 33	11430031, 87	30190514, 46	Surplus

Hasil Perhitungan Neraca Lahan

Nilai ketersediaan lahan Kota Batu diperoleh sebesar 764.715,7328 Ha dengan harga beras sebesar Rp. 7200, total beras dari padi sawah dan ladang sebesar 5.643.000 kg dan luas panen padi 1360 Ha, dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Nilai Ketersediaan Lahan Kota Batu Tahun 2012

Faktor	Nilai	Satuan
Total Nilai Produksi	22.845.700.000.000	[Rp]
Harga Beras	7.200	[Rp/Kg]
Total Beras dari Padi Sawah dan Ladang	5.643.000	[Kg]
Luas Panen Padi	1.360	[Ha]
Produktivitas Beras	4.149,264706	[Kg/Ha]
Ketersediaan Lahan	764.715,73	[Ha]

Kebutuhan hidup layak per penduduk di asumsikan sebesar 1 ton setara beras/kapita/ton (**Tabel 8**). Hasil perhitungan kebutuhan lahan Kota Batu adalah 51.652,76626 Ha.

Tabel 8. Perhitungan Kebutuhan Lahan Kota Batu Tahun 2012

Faktor	Nilai	Satuan
Jumlah Penduduk	214.321	[Jiwa]
Luas Lahan untuk Hidup Layak	0,241006557	[Ha]
Kebutuhan Lahan	51652,77	[Ha]

Setelah diketahui nilai ketersediaan lahan dan kebutuhan lahan maka dilakukan penentuan daya dukung neraca lahan dengan nilai keduanya. Status surplus jika nilai ketersediaan lahan lebih besar dibandingkan nilai kebutuhan lahan, berstatus defisit bila nilai kebutuhan lahan lebih besar dari nilai ketersediaan lahan. Hasil perbandingan ditunjukkan pada **Tabel 9**.

Hasil penentuan status daya dukung Kota Batu menunjukkan bahwa nilai ketersediaan lahan lebih besar bila dibandingkan nilai kebutuhan lahan, artinya status daya dukung neraca lahan Kota Batu adalah surplus. Bila keduanya dibagi diperoleh nilai besaran daya dukung sebesar 14,8, artinya >2 sehingga status daya dukung Kota Batu adalah aman.

Tabel 9. Status Daya Dukung Neraca Lahan Kota Batu Tahun 2012

Faktor	Nilai	Satuan
Ketersediaan Lahan	764715,73	[Ha]
Kebutuhan Lahan	51652,77	[Ha]
Status Daya Dukung Lahan		SURPLUS

Tabel 10 menunjukkan prediksi kebutuhan lahan. Hasil prediksi jumlah penduduk 20 tahun ke depan untuk mengetahui nilai kebutuhan lahan pada tahun 2032. Nilai ketersediaan air diasumsikan tidak mengalami perubahan untuk mendapatkan besaran status daya dukung yang maksimal, serta mendapatkan sampai 20 tahun kedepan apakah dengan nilai ketersediaan lahan yang sama lingkungan masih dapat mempertahankan status daya dukungnya.

Besaran nilai status daya dukung berbasis neraca lahan Kota Batu Tahun 2030 adalah sebesar 8,92, yang artinya masih dalam kondisi aman. Oleh karena itu sampai tahun 2032 lingkungan Kota Batu masih dapat menyuplai kebutuhan penduduknya akan pangan dengan jumlah produksi komoditas yang dihasilkan.

Tabel 10. Prediksi Kebutuhan Lahan Tahun 2032 Kota Batu

Faktor	Nilai	Satuan
Jumlah Penduduk	355.433	[Jiwa]
Luas Lahan untuk Hidup Layak	0,241006557	[Ha]
Kebutuhan Lahan	85661,70395	[Ha]

Tabel 11. Prediksi Status Daya Dukung Neraca Lahan Kota Batu Tahun 2032

FAKTOR	NILAI	SATUAN
Ketersediaan Lahan	764.715,7328	[Ha]
Kebutuhan Lahan	85.661,70395	[Ha]
Status Daya Dukung Lahan	SURPLUS	

IV. KESIMPULAN

Rencana penataan ruang wilayah Kota Batu terindikasi sudah melampaui daya dukungnya dengan adanya penggunaan lahan yang tidak sesuai peruntukannya. Hal ini berkaitan dengan peningkatan kebutuhan akan lahan pemukiman seiring dengan perkembangan wisata di Kota Batu sehingga penduduk cenderung memilih Kota Batu sebagai tempat bermukim. Pemenuhan kebutuhan air dan kebutuhan produktivitas akan bioproduk Kota Batu masih memiliki kemampuan untuk memenuhi pada kondisi saat ini ataupun 20 tahun ke depan, karena Kota Batu tergolong daerah yang memiliki curah hujan tinggi, luasan RTH yang masih memadai dan didukung tanah subur sehingga produksi akan komoditas masih tinggi.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini pada Tahun Anggaran 2013 Melalui DIPA Universitas Brawijaya nomor : 023-04.2.414989/2013, tanggal 5 Desember 2012, dan berdasarkan SK Rektor Universitas Brawijaya Nomor : 153/SK/2013 Tanggal 28 Maret 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Asaad, Ilyas. 2009. Lampiran Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.17 tahun 2009. Deputi V MENLH Bidang Penataan Lingkungan. Indonesia.
http://blh.sumutprov.go.id/regulasi/penataan_ruang/8.%20Perm%20LH%20No.17%20Tahun%202009%20DDL/PERMEN%20DDL.pdf (Accessed on Januari, 2011).
- Christianingsih, Putu Gede Ariastita. 2012. Optimaslisasi Penggunaan Lahan Berdasarkan Ketersediaan Sumberdaya Air di Kelurahan Driyorejo. Jurnal Teknik ITS Vol. 1
(<http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/908>)
(Diakses Agustus 2013)
- Indonesia. 2009. Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah. Republic of Indonesian Press, Jakarta, Indonesia.
<http://www.scribd.com/doc/36649788/Permen-Lh-No-17-Tahun-2009-1> (Accessed on Januari, 2011).
- Listyawati, Hery. 2010. *Failure in Controlling the Shift of Soil Function under Soil Structuring Perspective in Indonesia*. Legal Platform Vol. 22 No. 1: 37 – 57.
<http://mimbar.hukum.ugm.ac.id/index.php/jmh/issue/view/28>
(Accessed on Agustus, 2013).
- Rahadi, Bambang et.al. 2012. Model Pengelolaan DAS Berbasis Daya Dukung Lingkungan Untuk Penataan Ruang dan Wilayah dalam Pemanfaatan Sumberdaya Alam yang Optimal. LPPM-UB. Malang.
- Redjenikum Popi. 2011. Pengembangan Model Alokasi Air Untuk Mendukung Optimal Water Sharing Kasus DAS Cicatih – Cemandiri, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Thesis. Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/49699/2/011pre_abstract.pdf?sequence=3 (Accessed on April, 2012).

- Rustiadi, E., S. Saefulhakim, dan D.R. Panuju. 2010. Perencanaan dan Pengembangan Wilayah. CrestPent. Press. Bogor. ISBN 9789792572582 pp 22-48.
- Saveriades, A. 2010. *Establishing The Social Tourism Carrying Capacity for the Tourist Resorts. of the East coast of the Republic of Cyprus*. Tourism Management 21 Vol 21 No. 2, pp 147 – 156. DOI : 10.1016/S0261-5177(99)00044-8.
- Sudanti. 2012 . Evaluasi Daya Dukung Lingkungan di Wilayah Industri Genuk, Semarang. Prosiding. Seminar Nasional Lingkungan dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Semarang, pp 111 – 116 http://eprints.undip.ac.id/37593/1/19-_sudanti._EDITED..pdf (Diakses Agustus, 2013).
- Widodo, Purwo.1983. Klasifikasi Kelas Kemampuan Lahan. Penerbit: IPB Bogor
- Zamahsyari. 2012. Penilaian Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Batu Terhadap Laju Erosi. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.

SKENARIO PENGGUNAAN LAHAN MELALUI APLIKASI MODEL GENRIVER UNTUK MEMPREDIKSI KEMAMPUAN MENYANGGA CADANGAN AIR DI DAS KALI KONTOLU, KABUPATEN MALANG¹

Oleh :

Kanti Puji Astutik¹⁾, Didik Suprayogo²⁾, Sugeng Priyono³⁾

¹⁾Program Pasca Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya,
kienta_pla@yahoo.co.id, Jl. Veteran Malang, 65145

²⁾ dan ³⁾ Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Suprayogo@ub.ac.id, Jl. Veteran
Malang, 65145

ABSTRAK

Alih fungsi hutan akibat deforestasi mengakibatkan menurunnya fungsi hidrologis DAS. Hutan umumnya dikaitkan dengan fungsi positif tata air dalam suatu ekosistem DAS dan semua alih guna lahan hutan dianggap akan berdampak negatif terhadap kuantitas dan kualitas air bagi masyarakat di daerah hilir. Perubahan penggunaan lahan berdampak nyata pada fungsi hidrologis DAS, terutama kemampuan DAS dalam menyediakan kebutuhan air dalam kehidupan masyarakat dalam DAS. Faktor yang paling berpengaruh terhadap kemampuan DAS dalam menyimpan air dalam DAS adalah intersepsi hujan oleh vegetasi, permukaan lahan yang tidak /kurang dapat ditembus air hujan (jalan, atap rumah, lapangan parkir, batuan tersingkap, dan pemadatan tanah) dan intensitas hujan. Kedua faktor yang pertama sangat ditentukan oleh tata guna lahan dalam DAS. Oleh karena itu, pengaturan tata guna lahan yang berorientasi pada peningkatan fungsi hidrologis DAS perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis (1) pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kemampuan DAS dalam menyangga hujan maksimum; (2) pengaruh perencanaan tutupan lahan terhadap kemampuan DAS dalam menyimpan cadangan air melalui skenario penataan penggunaan lahan dengan simulasi Model GenRiver menggunakan indikator kemampuan penyangga, kemampuan penyangga relatif, kemampuan penyangga kejadian hujan maksimum, fraksi limpasan permukaan, fraksi aliran cepat dalam tanah dalam DAS dalam menjamin ketersediaan air masyarakat yang tinggal didalam DAS yang dikembangkan Van Noordwijk *et al.* (2006). Hasil simulasi skenario tersebut diharapkan dapat menjadi rekomendasi penataan penggunaan lahan yang berorientasi pada perbaikan fungsi hidrologis di DAS Kali Kontolul.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis spasial, analisis data sekunder debit sungai dan hujan harian serta simulasi skenario penggunaan lahan dengan menggunakan simulasi Model GenRiver. Penelitian ini dilaksanakan di DAS Kali Kontolul pada 1 Januari – 30 April 2014. Penelitian dilakukan melalui 4 tahapan yaitu: (1) pengumpulan data meliputi pengumpulan data peta (citra satelit Landsat 7 tahun 1994, 2000, 2006, dan 2012, peta kelas kemiringan lahan, peta jenis tanah, data DEM) dan jenis

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

tanah; (2) penyusunan basis data mencakup kegiatan analisis spasial perubahan penggunaan lahan dari citra satelit dan analisis arah aliran (*flow direction*). Analisis spasial arah aliran menggunakan data DEM. Peta arah aliran diperoleh dari peta kontur yang selanjutnya dilakukan analisis secara spasial (*Spatial Analyst*) untuk menentukan subDAS dan *routing distance*. Analisis ini digunakan sebagai parameter input pada Model GenRiver. (3) pengumpulan data debit dan curah hujan dan analisis hubungan karakteristik hidrologi dengan perubahan penutupan lahan; (4) Simulasi skenario penataan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap hidrologi DAS menggunakan Model GenRiver. Skenario penataan penggunaan lahan di DAS Kali Konto Hulu dalam penelitian ini adalah: (i) penggunaan lahan kondisi lahan aktual, (ii) optimalisasi fungsi kawasan melalui penataan tataguna lahan sesuai tata ruang Daerah, dan (iii) optimalisasi fungsi hutan melalui penataan tataguna lahan sesuai daya dukung lahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tutupan lahan fungsi hutan berkorelasi positif terhadap kapasitas penyangga DAS Kali Konto Hulu untuk menyediakan air yang lebih baik bagi masyarakat dalam DAS. Penataan penggunaan lahan sesuai dengan daya dukung lahan memberikan kondisi DAS yang paling sehat dalam penyediaan air bagi masyarakat dalam DAS. Untuk itu kegiatan pembangunan di DAS Konto perlu disinergikan dengan kegiatan penataan fungsi hidrologi DAS sehingga kesehatan DAS dapat terjamin.

Kata Kunci : tataguna lahan, neraca air, model GenRiver, Daerah Aliran Sungai (DAS)

I. LATAR BELAKANG

Alih fungsi hutan akibat deforestasi mengakibatkan menurunnya fungsi hidrologis DAS (Tala'ohu et al., 2001). Rahman (2013) melaporkan bahwa kondisi tutupan lahan dan kejadian bencana banjir/tanah longsor mempunyai korelasi yang kuat. Dalam penelitian tersebut, Rahman (2013) mengemukakan bahwa semakin kecil tutupan lahan oleh vegetasi, maka semakin besar potensi untuk terjadinya banjir dan bencana longsor pada musim hujan. Hal ini disebabkan karena sebagian besar air hujan menjadi aliran permukaan yang berpotensi menimbulkan banjir. Pada lahan dengan kemiringan lereng besar, meningkatnya aliran permukaan juga mudah menyebabkan tanah longsor apabila tidak ada perakaran vegetasi yang berfungsi sebagai jangkar penahan tanah (Tarigan et al, 2012).

Hutan memiliki fungsi positif untuk mengatur tata air dalam suatu ekosistem DAS, sehingga semua alih guna lahan hutan akan berdampak negatif terhadap kuantitas dan kualitas air bagi masyarakat. Konversi hutan dan perubahan tata guna lahan mengakibatkan degradasi lahan berupa hilangnya kemampuan tanah

menahan air hujan, meningkatkan potensi banjir dari aliran permukaan, menurunkan fungsi hutan sebagai penahan energi hujan dan penyangga limpasan, dan hilangnya kemampuan tanah dalam menyerap air hujan (Lipu, 2010). Kemampuan DAS dalam menyimpan air sangat dipengaruhi oleh intersepsi hujan oleh vegetasi, permukaan kedap air, dan intensitas hujan. Vegetasi pada permukaan tanah mampu menyerap pukulan air hujan dan mempertahankan laju infiltrasi yang tinggi. Vegetasi mampu menahan erosi dan aliran permukaan karena intersepsi air hujan oleh tajuk, peningkatan agregasi tanah serta porositasnya sehingga mempercepat laju infiltrasi (Darmayanti et al, 2013). Kedua faktor yang pertama sangat ditentukan oleh tata guna lahan dalam DAS. Oleh karena itu, pengaturan tata guna lahan yang berorientasi pada peningkatan fungsi hidrologis DAS perlu dilakukan.

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis spasial, analisis data skunder debit sungai dan hujan harian serta simulasi skenario penggunaan lahan dengan menggunakan simulasi Model GenRiver. Penelitian ini dilaksanakan di DAS Kali Konto Hulu pada 1 Januari – 30 April 2014. Penelitian dilakukan melalui 4 tahapan yaitu: (1) pengumpulan data meliputi pengumpulan data peta (citra satelit Landsat 7 tahun 1994, 2000, 2006, dan 2012, peta kelas kemiringan lahan, peta jenis tanah, data DEM) dan jenis tanah; (2) penyusunan basis data mencakup kegiatan analisis spasial perubahan penggunaan lahan dari citra satelit dan analisis arah aliran (*flow direction*). Analisis spasial arah aliran menggunakan data DEM. Peta arah aliran diperoleh dari peta kontur yang selanjutnya dilakukan analisis secara spasial (*Spatial Analyst*) untuk menentukan subDAS dan *routing distance*. Analisis ini digunakan sebagai parameter input pada Model GenRiver. (3) pengumpulan data debit dan curah hujan dan analisis hubungan karakteristik hidrologi dengan perubahan penutupan lahan; (4) Simulasi skenario penataan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap hidrologi DAS menggunakan Model GenRiver. Skenario penataan penggunaan lahan di DAS Kali Konto Hulu dalam penelitian ini adalah: (i) penggunaan lahan kondisi lahan aktual, (ii) optimalisasi fungsi kawasan melalui penataan tataguna lahan sesuai tata ruang

Daerah, dan (iii) optimalisasi fungsi hutan melalui penataan tataguna lahan sesuai daya dukung lahan.

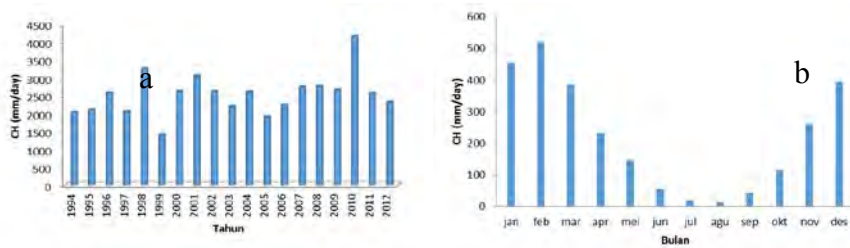
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi DAS Kali Konto Hulu

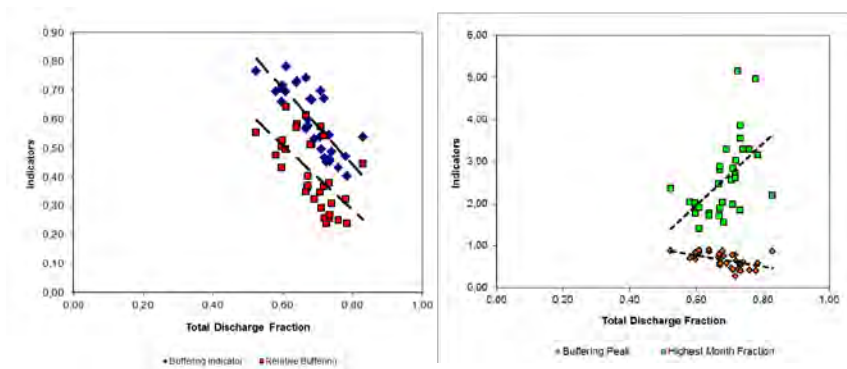
Secara administrasi DAS Kali Konto Hulu terletak Kecamatan Pujon dan Ngantang dengan luasan 23.700 ha. Berdasarkan klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson, DAS Kali Konto Hulu termasuk dalam iklim C (agak basah) dengan perbandingan (Q) antara rata-rata banyaknya bulan basah dan kering sebesar 0,56. Curah hujan rata-rata tahunan sebesar 2.509,39 mm/tahun. Curah hujan maksimal pada DAS Kali Konto Hulu berdasarkan data empiris selama 18 tahun mencapai 198,5 mm/hari. Curah hujan tersebar dengan puncak musim hujan terjadi mulai Bulan Oktober – Mei yang ditandai curah hujan melebihi 100 mm/hari dan musim kemarau terjadi pada Bulan Juni - September yang ditandai dengan curah hujan kurang dari 60 mm/hari (Gambar 1a dan 1b).

Analisis Data Hujan dan Debit DAS Kali Konto Hulu (1994-2012)

Analisis debit sungai 1994-2012 dilakukan dengan aplikasi perhitungan kuantitatif dari beberapa indikator. Indikator penyangga cenderung berkorelasi negatif dengan total debit sungai. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan debit akan menurunkan kapasitas menyangga dari sungai. Indikator penyangga menunjukkan tingkat penurunan yang relatif rendah pada kondisi kejadian puncak hujan. Peningkatan volume total debit tidak selalu diikuti dengan peningkatan debit terendah bulanan (Farida et al, 2011).



Gambar 1. Pola Curah Hujan (a) dan Distribusi Curah Hujan Bulanan (b) Pada Tahun 1994-2012 Pada DAS Kali Konto Hulu



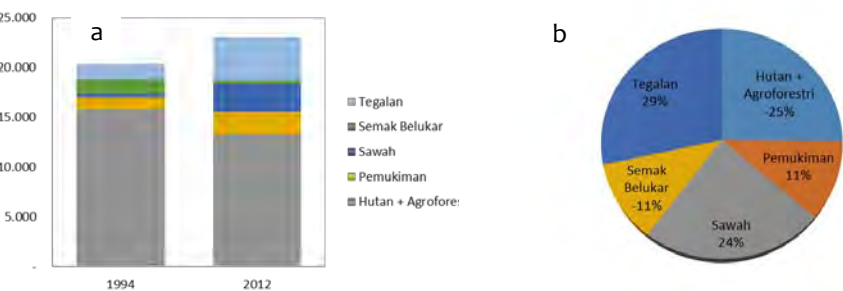
Gambar 2. Hubungan *Buffering Indikator (BI)*, *Relative Buffering Indikator (RBI)*, Dan *Buffering Peak Event (BPE)* Terhadap Total Debit Sungai Per Unit Hujan Berdasarkan Data Empiris DAS Kali Konto Hulu

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Proses alih fungsi lahan hutan mengakibatkan perubahan sistem penggunaan lahan di DAS Konto dari tahun ke tahun. Berdasarkan hasil analisis spasial pada Tahun 1994 menunjukkan bahwa hutan dan agroforestri masih mendominasi penggunaan lahan di DAS Konto Hulu dengan luasan 15.830 ha atau 60% dari total luasan DAS (Tabel 1). Luasan hutan dan agroforestri berkurang sebesar 25% atau menjadi 13.240 ha pada Tahun 2012 akibat alih guna lahan hutan. Berkurangnya luas areal hutan dan agroforestri ini disebabkan karena adanya konversi menjadi pemukiman, sawah, dan tegalan/tanaman semusim (Gambar 3).

Tabel 1. Perubahan Penggunaan Lahan Pada Tahun 1994, 2000, 2006, dan 2012

Penggunaan Lahan	1994	2000	2006	2012
Agroforestri	6.240	6.227	4.045	3.650
Hutan	9.590	7.623	10.371	9.976
Pemukiman	1.153	1.153	2.118	2.315
Sawah	344	1.716	786	2.795
Semak Belukar	1.463	3.252	1.092	298
Tegalan	1.523	3.385	5.050	4.454
Tubuh Air	3.387	344	240	214

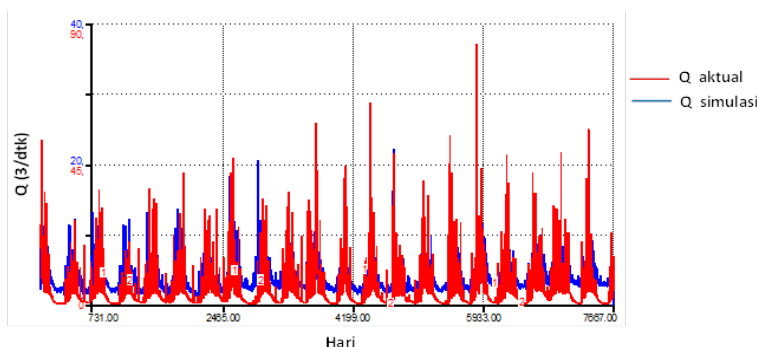


Gambar 3. Perubahan Tutupan Lahan Berdasarkan Citra Satelit Pada Tahun 1994 Dan 2012 (a) Dan Prosentasi Perubahan Penggunaan Lahan (b) Pada DAS Kali Konto Hulu.

Simulasi Genriver

Model Genriver digunakan untuk mempelajari hubungan curah hujan, debit sungai, dan alih guna lahan dengan menggunakan transisi perubahan penggunaan lahan pada Tahun 1994, 2000, 2006, dan 2012. Gambar 4 menunjukkan perbandingan debit dari data pengukuran dengan hasil simulasi model Genriver. Perbandingan tersebut tidak dapat dilakukan dengan melihat kedekatan setiap nilai hasil simulasi dengan pengukuran. Hasil tersebut secara umum berarti simulasi model dapat menghasilkan pola debit yang sama dengan data pengukuran. Validasi model Genriver dilakukan dengan membandingkan debit hasil simulasi model dan debit pengukuran

langsung pada Tahun 1994, 2000, 2006, dan 2012. Hasil validasi model dengan data debit 18 tahun menunjukkan nilai yang cukup baik dengan nilai R^2 sebesar 0,56 pada 1994, 0,64 pada 2000, 0,56 pada 2006, dan 0,59 pada 2012. Hal ini menunjukkan bahwa parameterisasi dan simulasi model Genriver dapat digunakan untuk analisis perubahan lahan terhadap fungsi hidrologis DAS.



Gambar 4. Pola Debit Hasil Simulasi Model Genriver dan Debit Hasil Pengukuran

Perubahan Penggunaan Lahan Dan Kemampuan Menyangga Hujan Maksimum

Simulasi penggunaan lahan pada beberapa skenario dilakukan untuk mempelajari hubungan antara alih guna lahan terhadap perubahan debit, kemampuan menyangga hujan maksimum, dan kemampuan DAS dalam menyimpan cadangan air. Ada 3 skenario (Tabel 2) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- Skenario 1 : kondisi lahan aktual
- Skenario 2 : optimalisasi fungsi kawasan melalui penataan tataguna lahan sesuai tata ruang daerah,
- Skenario 3 : optimalisasi fungsi hutan melalui penataan tataguna lahan sesuai daya dukung lahan.

Tabel 2. Luas Penggunaan Lahan Pada Beberapa Perencanaan Penggunaan Lahan .

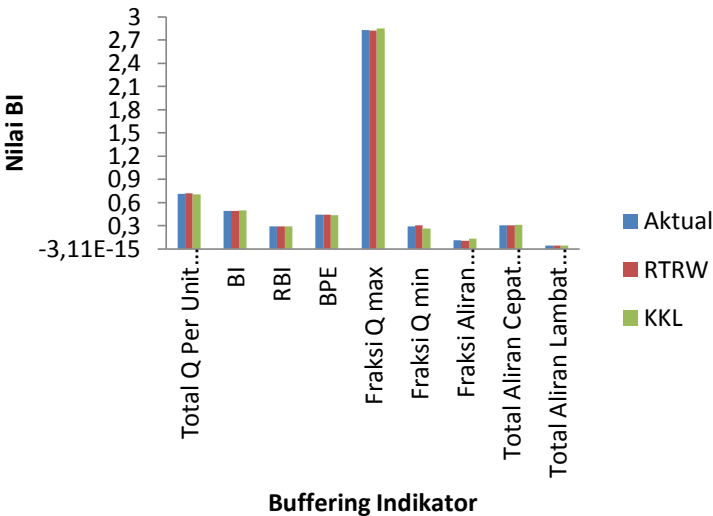
Penggunaan Lahan	2012	Daya Dukung Lahan	RTRW
Agroforestri	3650,44	4.519,34	6.122,59
Hutan	9976,32	7.103,03	11.846,14
Pemukiman	2314,52	2.359,90	1.581,91
Sawah	2794,52	2.213,82	1.027,15
Semak Belukar	297,57	-	-
Tegalan	4453,55	7.290,82	2.790,36
Tubuh Air	213,78	213,78	213,78

Hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan pada 3 skenario menunjukkan perubahan yang tidak signifikan terhadap indikator penyangga DAS (Tabel 3 dan Gambar 4). Skenario penggunaan lahan yang sesuai dengan daya dukung lahan menghasilkan total debit per satuan hujan terendah (70,5%) diantara kedua simulasi lainnya. Perubahan penggunaan lahan tidak selalu berdampak pada volume debit yang dihasilkan, tergantung kondisi fisik dan karakteristik lokasi setempat (Asdak, 2010). Ukuran DAS menentukan pengaruh perubahan vegetasi terhadap volume debit. Pada DAS dengan kategori luasan sedang (seperti DAS Kali Konto Hulu), perubahan penggunaan lahan kurang berperan dalam mengatur tata air (Junaidi *et al*, 2011).

Penambahan luasan hutan dan agroforestri pada skenario penggunaan lahan ternyata tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kemampuan menyangga DAS. Hal ini disebabkan karena hutan memerlukan air dalam melakukan metabolisme. Melalui daun dan bagian tubuh pohon lainnya, air yang berasal dari dalam tanah tersebut diuapkan (transpirasi) sebagai bagian dari proses fisiologi. Dengan demikian, selama musim kemarau vegetasi pohon mengkonsumsi air dalam jumlah yang besar. Kehilangan air tanah karena proses evapotranspirasi vegetasi hutan akan semakin besar dengan meningkatnya luas hutan (Asdak, 2010).

Selain itu, perhitungan indikator penyangga dengan Model Genriver belum memperhitungkan kondisi biofisik DAS. Beberapa kondisi fisik

DAS yang perlu dipertimbangkan dalam evaluasi pengaruh penggunaan lahan terhadap volume debit yang dihasilkan antara lain: perubahan intersepsi dan kelembaban tanah, mekanisme pembentukan aliran permukaan, karakteristik sistem saluran air dan perubahan kecepatan aliran permukaan dan bentuk cekungan tanah. Perubahan penggunaan lahan juga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan menyangga kejadian hujan puncak. Kemampuan menyangga terbaik terjadi pada perencanaan penggunaan lahan yang sesuai dengan daya dukung lahan, yaitu 0,438 (lebih baik 2,2% dibanding dengan hasil simulasi lainnya).



Gambar 4. Nilai Indikator Penyangga Pada Beberapa Skenario Penggunaan Lahan

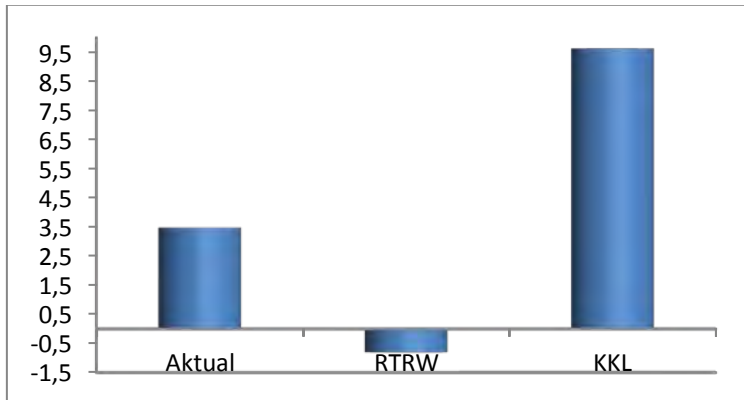
Tabel 3. Indikator Fungsi Hidrologis DAS Kali Konto Hulu Pada Beberapa Perencanaan Penggunaan Lahan

Indikator Penyangga	Aktual (2012)	RTRW	Daya Dukung Lahan
Total debit sungai per unit hujan (pengukuran langsung)	0,667	0,664	0,664
Total debit sungai per unit hujan (simulasi)	0,711	0,717	0,705
Indikator Penyangga (<i>Buffering Indicator</i>)	0,496	0,492	0,498
Indikator Penyangga Relatif Terhadap Total Debit (<i>Relative BI</i>)	0,291	0,292	0,289
Indikator Penyangga Pada Puncak Kejadian Hujan	0,440	0,442	0,438
Total Debit Maksimum Terhadap Rata-Rata Curah Hujan Bulanan	2,833	2,827	2,849
Total Debit Minimum Terhadap Rata-Rata Curah Hujan Bulanan	0,041	0,309	0,263
Total Aliran Permukaan Terhadap Debit Total	0,284	0,103	0,131
Total Aliran Cepat Air Tanah Terhadap Debit Total	0,118	0,306	0,311
Total Aliran Lambat Terhadap Debit Total	0,309	0,266	0,291

Perencanaan Penggunaan Lahan Dan Kemampuan Menyangga Cadangan Air

Kemampuan menyangga cadangan air adalah kemampuan DAS dalam menyimpan variasi volume aliran air antar waktu (Rahayu et al, 2009). Hasil simulasi menunjukkan bahwa perencanaan lahan yang sesuai dengan daya dukung lahan (KKL) lebih mampu menyimpan cadangan air dibandingkan 2 skenario lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar prosentase tutupan vegetasi lahan maka kemampuan lahan untuk menyimpan air semakin besar. Lahan yang ditutupi vegetasi mempengaruhi neraca air dalam DAS. Cadangan air ditentukan dengan menghitung selisih antara aliran air yang keluar berupa aliran permukaan dan aliran tanah dengan curah hujan yang masuk. Secara umum, fungsi penyimpanan air di DAS berkaitan dengan fungsi hutan. Hutan dengan tajuk berlapis berperan dalam mengatur tata air dengan cara langsung maupun tidak langsung. Vegetasi hutan menghasilkan seresah yang berperan meningkatkan laju infiltrasi air ke dalam tanah (Hairiah, 2006). Batang dan ranting vegetasi dapat memperlambat jalannya aliran permukaan sehingga volume air yang terinfiltrasi lebih besar. Tutupan vegetasi hutan juga dapat menekan laju evapotranspirasi karena pohon dapat menahan kecepatan angin dan tajuk pohon dapat mempertahankan temperatur

tanah serta tumbuhan bawah (Gintings, 2009). Hal tersebut berperan dalam meningkatkan cadangan air dalam DAS. Dengan demikian, peningkatan tutupan lahan fungsi hutan berkorelasi positif terhadap kapasitas penyangga DAS Kali Konto Hulu untuk menyediakan air yang lebih baik.



Gambar 5. Kemampuan Menyimpan Cadangan Air Beberapa Skenario Penggunaan Lahan

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Perubahan penggunaan lahan juga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan menyangga kejadian hujan puncak. Kemampuan menyangga terbaik terjadi pada perencanaan penggunaan lahan yang sesuai dengan daya dukung lahan, yaitu 0,438 (lebih baik 2,2% dibanding dengan hasil simulasi lainnya).
2. pengaruh perencanaan tutupan lahan dengan optimalisasi fungsi hutan sesuai dengan daya dukung lahan memberikan korelasi positif terhadap kemampuan menyediakan air dalam DAS.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmayanti, Agung Sri; Solikin. 2013. Infiltrasi Dan Limpasan Permukaan Pada Pola Tanam Agroforestri Dan Monokultur: Studi Di Desa Jeru Kabupaten Malang. dalam Prosiding Seminar Nasional X Biologi FKP UNS. p:1-6
- Edy, Junaidi; Tarigan, Surya Dharma. 2011. Pengaruh Hutan Dalam Pengaturan Tata Air Dan Proses Sedimentasi Daerah Aliran Sungai (Das): Studi Kasus Di Das Cisadane. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam, 8 (2), p: 155-176
- Farida, Van Noorwidjk. 2004. Analisis Debit Sungai Akibat Alih Guna Lahan dan Aplikasi Model Genriver Pada DAS Way Besai, Sumberjaya. Agrivita. p: 39-46. Malang: Indonesia
- Gintings, Ngalken A. 2009. Hutan, Tata Air Dan Kelestarian DAS Ciatih. Dalam Prosiding Seminar: "Peran Serta Para Pihak Dalam Pengelolaan Jasa Lingkungan Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciatih-Cimandiri". P: 59-67. Bogor: Indonesia
- Hairiah,K. 2006. Dead leaves in the layer rather than live trees control water infiltration. Forests, Water and Livelihoods. ETFRN News No. 45-46 Winter 2005/2006 :29-30.
- Lipu, Sance. 2010. Analisis Pengaruh Konversi Hutan Terhadap Larian Permukaan Dan Debit Sungai Bulili, Kabupaten Sigi. Media Litbang Sulteng, 3 (1), p: 44-50
- Rahayu, Subekti; Widodo, Rudy Harto; Van Noorwidjk, M; Suryadi, Indra; Verbist, Bruno. Monitoring Air Di Daerah Aliran Sungai. 2009. International Center of Research for Agroforestry (ICRAF). Bogor. Indonesia.
- Rahman, A. 2013. Model Sistem Informasi Geografis Untuk Estimasi Koefisien Aliran dan Hubungannya Dengan Tutupan Lahan Di DAS Riam Kanan Provinsi Kalimantan Selatan. Jurnal Bumi Lestari, 13 (1), 1-8.
- Tala'ohu, S. H., Agus, F., & Irianto, G. 2001. Hubungan Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Daya Sangga Air Di Sub DAS Citarik dan DAS Kaligarang. Prosiding Seminar Multifungsi Lahan Sawah (pp. 93-102). Badan Litbang Pertanian. Bogor
- Tarigan, D. R., & Mardiatno, D. 2012. Pengaruh Erosivitas dan Topografi Terhadap Kehilangan Tanah Pada Erosi Alur Di Daerah Aliran Sungai Secang Desa Hargotirto Kecamatan Kokap Kabupaten Kulonprogo. Jurnal Bumi Indonesia, 1 (13), 411-420.
- Van Noorwidjk, M; Widodo, Rudi Harto; Farida, Ai; Suyamto, Desi A; Lusiana, Betha; Tanuka, Lisa; Khasanah, Ni'matul. 2006. Genriver and Flow Persistence Models. International Center of Research for Agroforestry (ICRAF). Bogor. Indonesia.

EVALUASI DAYA DUKUNG KESESUAIAN PENGGUNAAN LAHAN UNTUK MITIGASI RISIKO BENCANA BANJIR DI DAS TEMPURAN KABUPATEN PONOROGO¹

Oleh :

Novia Lusiana^a, Bambang Rahadi^a, Tunggul Sutan Haji^a

^aJurusan Keteknikan Pertanian, FTP – UB, Jl. Veteran Malang, 65145

ABSTRAK

Bencana banjir Indonesia semakin sering terjadi dan semakin besar dampak negatif yang ditimbulkan. Bencana banjir dengan skala wilayah yang luas dapat menimbulkan dampak yang sangat serius, sehingga mempengaruhi tingkatan risiko bencana yang terjadi, karena risiko bencana merupakan potensi kerugian yang ditimbulkannya pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu. Risiko bencana dapat dinilai tingkatannya berdasarkan besar kecilnya tingkat ancaman dan kerentanan pada suatu wilayah. Analisis risiko bencana dapat dilakukan dengan berbagai metode salah satunya adalah metode pemetaan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Tujuan penelitian ini adalah 1). Melakukan penilaian risiko bencana banjir pada kondisi eksisting di wilayah dataran banjir, 2). Menerapkan penataan ruang berbasis daya dukung berbasis kemampuan lahan sebagai upaya pengurangan risiko terhadap bencana banjir, 3). Melakukan penilaian risiko bencana banjir pada RTRW tahun 2011 – 2031. Metode yang digunakan adalah analisis spasial hasil penilaian terhadap komponen risiko. Hasil penelitian menunjukkan bahwa DAS tempuran pada kondisi eksisting (2011) masih tergolong memiliki area dengan risiko tinggi dengan luas sebesar 104,06 ha (1,2%), risiko sedang dengan luas 2512,9 ha (28,9 %), risiko rendah dengan luas 3140,8 ha (35,5%) dan risiko sangat rendah dengan luas 3096,1 (34,9%). Pada kondisi 20 tahun ke depan (berdasarkan RTRW 2011-2031) area berisiko tinggi seluas 67,9 ha (0,8%), berisiko sedang seluas 3033 ha (34,3%), berisiko rendah 2770,8 ha (31,3%) dan risiko sangat rendah 2982,6 (34%). Berdasarkan konsep tata ruang berbasis kesesuaian penggunaan lahan luas area berisiko tinggi 2,9 ha (0,1%), risiko sedang seluas 426,1 ha (4,8%), risiko rendah 4207,4 ha (47,05%), dan risiko sangat rendah seluas 4218 ha (47,6%). Kesimpulan yang diperoleh adalah risiko banjir dapat di atasi dengan penerapan penggunaan lahan berbasis kesesuaian penggunaan lahan yang mana ditunjukkan bahwa wilayah dengan konsep tata ruang berbasis kesesuaian penggunaan lahan 90% luas area memiliki kategori berisiko rendah atau sangat rendah.

Kata Kunci : Daya Dukung, Kesesuaian Penggunaan Lahan, Penataan Ruang, Risiko Banjir

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Banjir dan masalah lingkungan yang terus melanda Kabupaten Ponorogo khususnya, disebabkan oleh semakin berkurangnya kawasan resapan air dan semakin rusaknya hutan dan kawasan konservasi di wilayah hulu misalnya pada kawasan hutan di Gunung Wilis dan Gunung Sigogor serta sekitarnya. Bencana banjir yang terjadi di kawasan Sub-sub DAS Tempuran disebabkan adanya daerah pertemuan dari 3 (tiga) sungai menyebabkan luapan air akan besar pada daerah ini dengan debit sungai 7.306 m³/detik pada salah satu sungai yang menjadi hulunya, dimana nilai tersebut merupakan nilai debit terbesar kedua dari sungai yang ada di Kabupaten Ponorogo (Studi Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Ponorogo, 2009).

Mengacu pada Undang-undang No. 24 Tahun 2007 yang menjelaskan bahwa penanggulangan bencana ditekankan pada aspek pengurangan risiko bencana dan bukan hanya pada tanggap darurat. Risiko bencana dapat dinilai tingkatannya berdasarkan besar kecilnya tingkat ancaman dan kerentanan pada suatu wilayah. Dalam satu kawasan terdapat tingkat kerentanan lahan terhadap genangan dan banjir sebagai akibat dari adanya perubahan alih fungsi lahan. Kerentanan menjadi salah satu parameter yang mempengaruhi tingkat risiko suatu wilayah terhadap bencana banjir selain bahaya, untuk meredam *capability* terhadap risiko bencana maka dilakukan upaya meredam terhadap kerentanan wilayah terhadap bencana banjir (Sittner, 1979).

Upaya pengurangan risiko bencana melalui mitigasi bencana perlu menjadi bagian dari agenda pembangunan secara luas yang mengintegrasikan perhatian terhadap resiko lingkungan, ekonomi dan sosial. Penataan ruang berbasis mitigasi bencana merupakan salah satu penerapan pembangunan yang memperhatikan aspek-aspek terhadap potensi risiko lingkungan (Noor, 2011).

Penataan ruang berbasis daya dukung lingkungan adalah salah satu pilihan yang dapat digunakan sebagai upaya mitigasi bencana melalui penataan ruang. Penentuan daya dukung lahan salah satu bentuk usaha pengendalian perkembangan kawasan berkaitan dengan karakteristik masing-masing kawasan peruntukan seperti kesesuaian

dan ketersediaan lahan. Agar daya dukung lahan hidup tidak terlampaui, perkembangan kawasan harus mengikuti standar dan kriteria yang berkaitan dengan faktor pembatas untuk masing-masing jenis kawasan peruntukan. Implementasi antisipasi dan mitigasi bencana dilakukan pada dokumen penataan ruang yang berbasis kebencanaan dengan melakukan pengendalian pada daerah rawan bencana khususnya kawasan dan kota rawan bencana (Hockensmith & Steele, 1943).

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis spasial dari hasil *overlay* peta eksisting dengan peta hasil pengolahan sehingga menghasilkan peta baru yang dapat dianalisis kemudian disimpulkan. Peta risiko dihasilkan dari pengolahan peta komponen kerentanan dan bahaya yang kemudian diketahui tingkat risiko wilayah studi beserta luasannya, sedangkan pengolahan peta untuk evaluasi daya dukung lahan diperoleh dari mengkalsifikasikan karakteristik lahan kemudian di *overlay* dengan peta tata guna lahan dengan skala 1 : 25000 untuk mendapatkan tingkat kesesuaian lahan setiap jenis pemanfaatan lahan di wilayah studi. Jenis penelitian ini adalah penelitian dengan pendekatan berupa kombinasi antara pendekatan kuantitatif dan kualitatif, dimana pengambilan data diambil dengan cara melakukan survei pada studi kasus suatu wilayah.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data melalui observasi yang meliputi pengumpulan data karakteristik wilayah, pengumpulan data berupa data sekunder. Pengumpulan data sekunder meliputi data jumlah penduduk dan umur penduduk yang bersumber dari dokumen Kecamatan Dalam Angka Tahun 2010 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Jawa Timur. Sifat lahan untuk penilaian daya dukung lahan diperoleh dari penurunan data jenis tanah.

Penilaian Risiko Banjir

Penilaian risiko didapatkan dari pemberian bobot dan skoring beberapa komponen yang mempengaruhinya. Parameter yang mempengaruhi adalah komponen bahaya dan komponen kerentanan.

Komponen bahaya yang diamati adalah luas genangan dan tinggi genangan yang dihasilkan dari simulasi penelitian sebelumnya menggunakan SIMOBA. SIMOBA merupakan salah satu *software* yang dapat mensimulasikan pola genangan banjir. SIMOBA dikembangkan dengan menggunakan pendekatan sebar keruangan, dimana variasi karakteristik atau sifat-sifat (*properties*) dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) diperhatikan. Sutanahaji, (2009) dalam penelitiannya menyatakan bahwa penyusunan SIMOBA bertujuan untuk (1) Mengembangkan perangkat lunak berupa Sistem Informasi dan Model Pengelolaan Banjir (SIMOBA), yang merupakan integrasi model matematika hidrodinamik dan Sistem Informasi Geografi (SIG), yang dapat digunakan untuk *assessment* risiko banjir dalam mitigasi dan manajemen bencana banjir. (2) Melakukan pengujian validasi model/perangkat lunak yang dikembangkan baik verifikasi maupun kalibrasi parameter dalam model yang dikembangkan. (3) Penerapan model/perangkat lunak yang dikembangkan (SIMOBA) untuk keperluan penyedia informasi dan metoda analisis dalam *assessment* resiko banjir untuk mitigasi dan manajemen bencana banjir, terutama untuk Pasu Bengawan Solo Hilir (*Lower Solo River Basin*).

Komponen kerentanan dinilai dari sifat jumlah penduduk, umur penduduk, tata guna lahan, dan pendidikan penduduk. Perhitungan risiko (*risk*) banjir dapat dilakukan dengan memperhitungkan nilai bahaya (*hazard*) dan nilai kerentanan (Schanze, 2006). Analisis ini dapat dilakukan dengan metode tumpang susun atau overlay antara peta bahaya banjir dan peta kerentanan banjir dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$R = \text{Bahaya (H)} \times \text{Kerentanan (V)} \dots\dots\dots (1)$$

Komponen bahaya mencakup luas genangan dan tinggi genangan yang merupakan komponen yang dianggap mengancam dan menyebabkan kerugian. Skoring atau pembobotan komponen bahaya dilakukan dengan sistem pembuatan kelas interval terlebih dahulu dengan mencari selisih antara nilai tertinggi dan terendah kemudian dibagi dengan jumlah pembagian kelas, seperti pada persamaan berikut :

$$KI = \frac{X_t - X_r}{k} \dots\dots\dots (2)$$

Nilai interval ditentukan dengan pendekatan relatif dengan cara melihat nilai maksimum dan nilai minimum tiap satuan pemetaan. Kemudian setiap nilai diberi skor sesuai dengan kelasnya dimana nilai tertinggi akan diberi skor tertinggi.

Kerentanan merupakan komponen yang mencakup semua parameter yang mempengaruhi potensi atau kemungkinan besar suatu wilayah mengalami bencana yang mengakibatkan adanya kerugian atau risiko (Agus, 2008). Komponen kerentanan itu terdiri dari tata guna lahan, jumlah penduduk, umur penduduk dan pendidikan penduduk. Komponen yang bersifat kuantitatif digunakan pendekatan relatif seperti komponen bahaya yang mana diketahui nilai tertinggi dan terendah kemudian dibagi dengan kelasnya, sedangkan yang bersifat kualitatif maka skoring dibuat dengan mengasumsikan unsur yang memiliki kemampuan terbesar untuk mengakibatkan bencana banjir. Hasil skoring dan pembobotan antara komponen bahaya dan kerentanan dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Bobot dan skor komponen bahaya

No	Komponen Bahaya				Bobot
	Luas genangan	skor	Tinggi genangan	skor	
1	Sangat Luas	5	Sangat Tinggi	5	50
2	Luas	4	Tinggi	4	
3	Sedang	3	Sedang	3	
4	Rendah	2	Rendah	2	
5	Sangat rendah	1	Sangat Rendah	1	

Tabel 2. Bobot dan skor komponen kerentanan

Jenis Penggunaan Lahan	Skor	Bobot	Kepadatan penduduk	Skor	Bobot	Umur penduduk	Skor	Bobot	Pendidikan Penduduk	Skor	Bobot
<u>Pemukiman</u>	5		13775 - 11108	5		< 10 % umur produktif	5		> 50% belum/tidak sekolah	5	
<u>Gedung</u>	5		11107 - 8441	4		20% umur produktif	4		40% belum/tidak sekolah	4	
<u>Rumput</u>	4		8440 - 5774	3	20	30% umur produktif	3	10	30% belum/tidak sekolah	3	10
<u>Sawah irigasi</u>	4		5773 - 3107	2		40% umur produktif	2		20% belum/tidak sekolah	2	
<u>Sawah Tadah Hujan</u>	4	60	3106 - 440	1		> 50% umur produktif	1		< 10% belum/tidak sekolah	1	
<u>Tegalan/Ladang</u>	3										
<u>Kebun</u>	3										
<u>Semak Belukar</u>	2										
<u>Hutan</u>	1										

Tingkat risiko bencana banjir akan dibuat dalam 5 kelas dimana hasil nilai adalah dari hasil perkalian bobot dan skor dari masing-masing komponen bahaya dan kerentanan. Tingkat risiko dibagi dalam 5 tingkat yaitu sangat berat, berat, sedang, ringan dan sangat ringan. Tabel klasifikasi kelas risiko dapat dilihat pada Tabel 3.

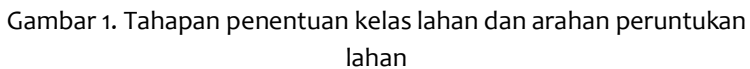
Tabel 3. Klasifikasi kelas risiko

Kelas	Nilai
Sangat Tinggi	250000 - 202000
Tinggi	201000 - 154000
Sedang	153000 - 106000
Rendah	105000 - 58000
Sangat Rendah	57000 - 10000

Penentuan Kelas Kemampuan Lahan

Penentuan lahan berdasarkan sub kelas dan tingkat unit pengolahan lahan dilakukan menggunakan ArcView 3.3 dimana disusun database yang telah mengkalsifikasikan tiap parameter menurut sub kelas dan unti pengolahnya. Pengklasifikasian parameter ini dilakukan menggunakan simbol sesuai dengan karakteristik lahan yang dimiliki (Rustiadi, 2010). Tabel penentuan kelas kemampuan lahan dapat dilihat pada Tabel 3 dan tahapan penentuan kelas kemampuan lahan secara spasial dapat dilihat pada Gambar 1.

(**): Permukaan tanah selalu tergenang

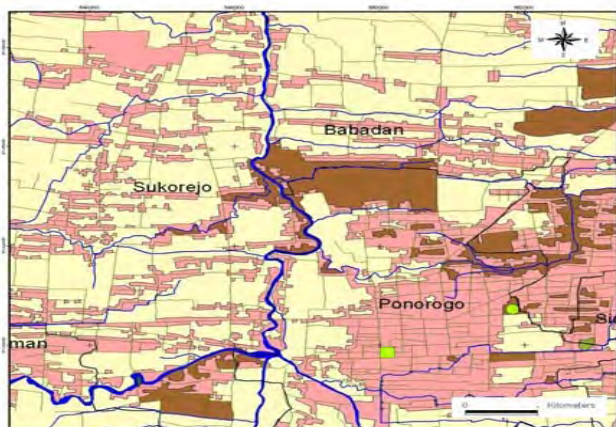


Penilaian tingkat risiko bencana banjir dilakukan pada ketiga kondisi penggunaan lahan yaitu penggunaan lahan kondisi aktual, penggunaan lahan yang sesuai dengan kelas kemampuan lahan dan penggunaan lahan berdasarkan RTRW Tahun 2011 – 2031. Perbedaan

proses penilaian hanya terletak pada jenis penggunaan lahan, tentunya jika penggunaan lahan didominasi oleh pemukiman maka akan meningkatkan tingkat kerentanan terhadap banjir. Tingkat risiko pada ketiga kondisi penggunaan lahan akan dibandingkan berdasarkan prosentase luas area pada setiap kelas klasifikasi tingkat risiko.

Hasil dan Pembahasan

Beberapa kawasan di Kabupaten Ponorogo merupakan kawasan rawan banjir khususnya kawasan yang berada disekitar Sub Sub DAS Tempuran. Beberapa penyebab terjadinya banjir antara lain disebabkan oleh semakin berkurangnya kawasan resapan air dan semakin rusaknya hutan dan kawasan konservasi diwilayah hulu misalnya pada kawasan hutan di Gunung Wilis dan Gunung Sigogor serta sekitarnya. Pada kawasan Sub Sub DAS Tempuran merupakan daerah pertemuan dari 3 (tiga) sungai, sehingga luapan air akan besar pada daerah ini, peta letak Sub DAS Tempuran dilihat pada Gambar 2.

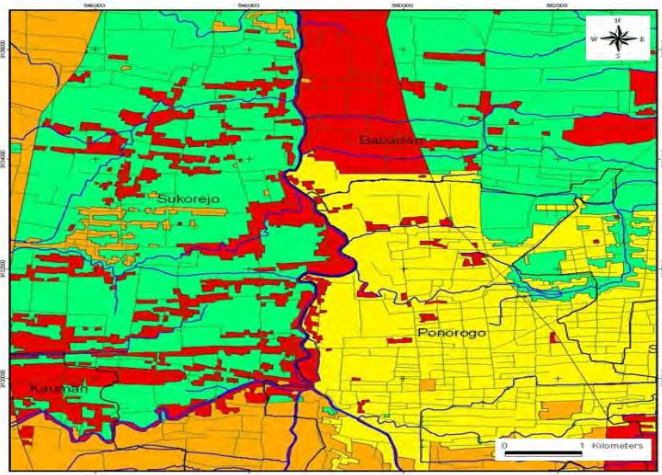


Gambar 1. Peta Penggunaan Lahan Sub DAS Tempuran










Keterangan : batas kecamatan, sungai, jalan, air tawar, semak belukar, pemukiman, kebun, rumput, sawah Irigasi, sawah tadah hujan, tegalan.

Hasil klasifikasi kelas lahan berdasarkan karakteristik wilayah adalah lahan di sekitar sub DAS Tempuran termasuk dalam kelas I, II, IV, V dan VIII. Wilayah yang termasuk dalam kelas I sebagian besar berada di Kecamatan Babadan disekitar kawasan bantaran sungai, tanah yang

termasuk dalam kelas I seluas 1676,1 ha atau 18,9% dari luas wilayah studi. Wilayah yang tergolong tanahnya dalam kelas ini sebagian besar berada di Kecamatan Ponorogo dengan luas tanah kelas II adalah 227,54 ha atau 25,7% dari luas wilayah studi. Tanah dalam kelas IV sebagian besar berada di Kecamatan Kauman dengan luas yang tergolong kelas IV sebesar 1515,5 ha atau 17,1%. Lahan dalam kelas V sebagian besar berada di Kecamatan Sukorejo dengan luas wilayah yang tergolong dalam kelas ini sebesar 3372,7 ha atau 38,1% dari luas wilayah studi. Lahan dalam kelas VIII memiliki pembatas yang menghalangi penggunaan tanah ini untuk produksi tanaman secara komersial dan membatasi penggunaannya hanya untuk pariwisata dan suaka alam. Lahan yang tergolong dalam kelas VIII berada di sebagian kecil Kecamatan Sukorejo dengan luas 4,6 ha atau 0,1 % dari wilayah studi. Peta hasil klasifikasi kelas lahan dapat dilihat pada Gambar 2, dan peta kesesuaian penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 3.



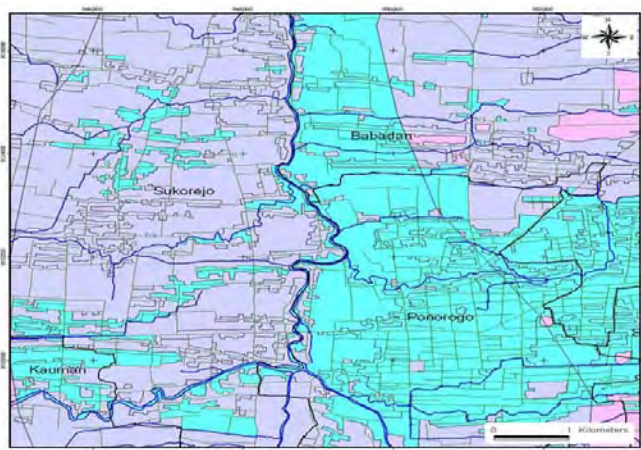
Gambar 3. Peta kelas kemampuan lahan Sub DAS Tempuran

Keterangan :  batas kecamatan,  sungai,  jalan,  air tawar,  I,  II,  IV,  V,  VIII.







Berdasarkan kelas kemampuan lahan maka evaluasi penggunaan lahan eksisting terhadap kesesuaian penggunaan lahan berdasarkan kelas kemampuan dilakukan. Dataran banjir wilayah Sub Sub DAS Tempuran memiliki tiga macam tingkat kesesuaian dalam penggunaan lahan yaitu sangat sesuai, sesuai dan tidak sesuai dimana luasan lahan yang sangat sesuai sebesar 373 ha atau 4%, lahan dengan penggunaan

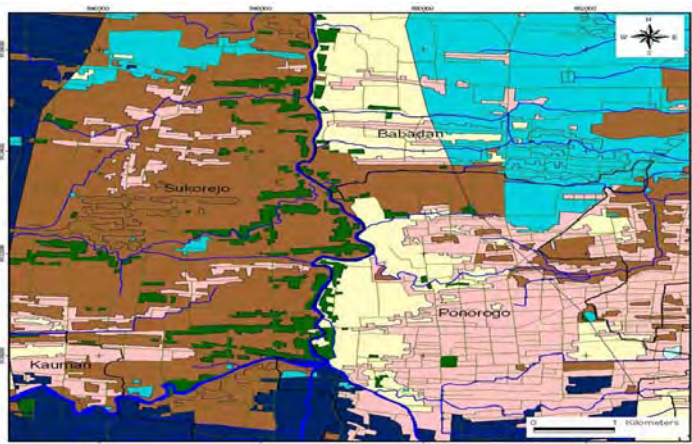
sesuai seluas 3429,1 ha atau 38,7%, dan lahan dengan penggunaan lahan tidak sesuai sebesar 5052,7 ha atau 57,1%. Gambar peta kesesuaian penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 4. Peta kesesuaian penggunaan lahan dapat menjadi acuan untuk rekomendasi arahan penggunaan lahan yang sesuai dengan kelas lahannya.

Rekomendasi penggunaan lahan terutama fokus terhadap pemukiman yang di sekitar sungai yang di rekomendasikan menjadi semak belukar, kemudian penggunaan sawah irigasi pada kelas kemampuan lahan IV direkomendasikan lahan dipergunakan untuk hutan produksi sehingga diharapkan dapat menahan laju air sebelum menuju daerah yang lebih rendah. Gambar peta arahan penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Peta kesesuaian penggunaan lahan

Keterangan :  batas kecamatan,  sungai,  jalan,  sangat sesuai,  sesuai,  tidak sesuai.



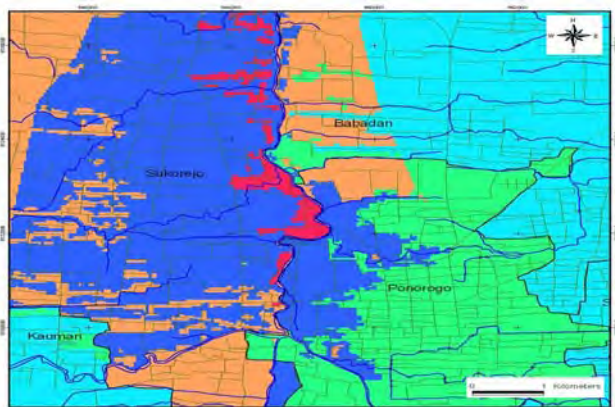
Gambar 5. Peta rekomendasi penggunaan lahan sesuai dengan kelas kemampuan lahan

Keterangan : batas kecamatan, sungai, jalan, air tawar, hutan lindung, hutan produksi, kebun, padang rumput, pemukiman, sawah irigasi, sawah tadah hujan, semak belukar, tegalan.

Melalui bantuan software SIMOBA pemetaan genangan banjir Sub Sub DAS Tempuran dapat diprediksi. Banjir aktual yang pernah terjadi di Sub Sub DAS Tempuran, dengan debit puncak sebesar 2966 m³/detik dan luas genangan banjir seluas 1850 ha atau 21% dari luas wilayah tergenang oleh air. Daerah yang tergenang akibat banjir ini meliputi kecamatan Babadan dengan luas genangan 354 ha, kecamatan Ponorogo dengan luas daerah yang tergenang 423 ha, kecamatan Sukorejo 1073 ha. Hasil prediksi genangan banjir menggunakan SIMOBA dapat dilihat pada Tabel 4. Peta risiko dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel. 4. Luas dan rata-rata kedalaman genangan banjir

Periode Ulang Banjir	Debit Banjir (m ³ /s)	Luas Genangan (Ha)	Kedalaman Genangan (m)
10 Tahun	3025,5	1904	5,43
25 Tahun	3791,8	2203	6,22
50 Tahun	4210,4	2530	6,62



Gambar 6. Peta bahaya banjir Sub DAS Tempuran

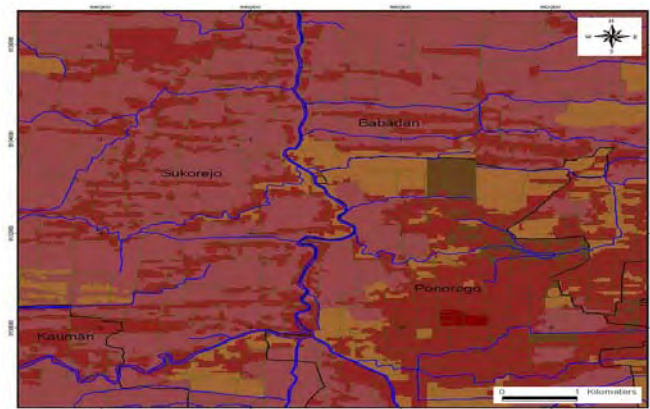
Keterangan : batas kecamatan, sungai, jalan, sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi.

Desa yang memiliki tingkat bahaya sangat tinggi adalah beberapa bagian desa yang ada di Kecamatan Sukorejo khususnya wilayah yang berada di pinggir sungai, beberapa desa itu diantaranya adalah Desa Gelanglor, Serangan, Kranggan, Lengkong, Nambanrejo dan Gandukepuh. Wilayah dengan tingkat bahaya sebagian besar di Kecamatan Sukorejo antara lain Desa Serangan, Gelanglor, Prajegan, Lengkong, Nampan, Sukorejo, Monosari, Karanglolor, Kalimalang, Gandukepuh, Nambanrejo, sedangkan dari Kecamatan Ponorogo adalah Desa Beduri, Jinglong, Pinggirsari, Tambakbayan, Brotonegaran. Tingkat bahaya sedang berada di sebagian Kecamatan Sukorejo dan Babadan. Wilayah dengan tingkat tidak bahaya dan sangat tidak bahaya berada di bagian Kecamatan Ponorogo bagian timur, Kecamatan Kauman dan Kecamatan Babadan.

Tabel 5. Luasan lahan berdasarkan tingkat bahaya

Tingkat Bahaya	Luas (Ha)	%
Sangat tinggi	125,3	1,4
Tinggi	2373,6	26,8
Sedang	1591,4	17,9
Tidak dan sangat tidak bahaya	4507,2	51%

Kelas kerentanan di wilayah dataran banjir Sub Sub DAS Tempuran terbagi menjadi lima yaitu sangat rentan dengan luas wilayah yang tergolong kelas ini sebesar 18,8 ha atau 0,2%, kelas rentan seluas 2931,3 ha atau 33,1%. Kelas kerentanan sedang seluas 4626 ha atau 52% dari luas wilayah dataran banjir Sub Sub DAS Tempuran, sedangkan wilayah tidak rentan memiliki luas 1117,5 ha atau 12,6%, wilayah sangat tidak rentan terhadap banjir seluas 163,2 ha atau 1,8%.



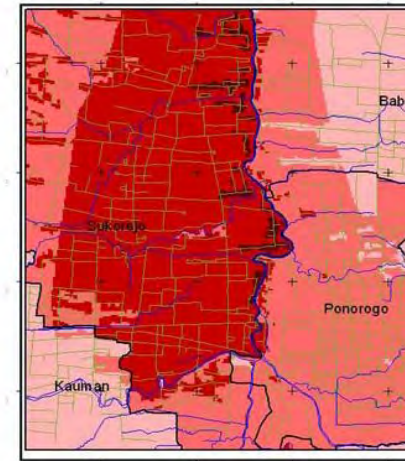
Gambar 7. Peta kerentanan Sub DAS Tempuran

Keterangan : : batas kecamatan, sungai, jalan,
 180 – 230 (sangat tidak rentan), 240-290 (tidak rentan),
 300-340 (sedang), 350 – 390 (rentan), 400-430 (sangat rentan)

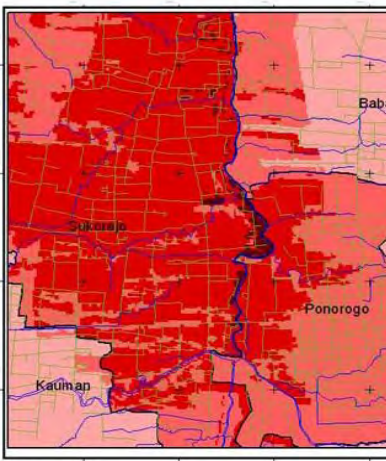
Tingkat risiko di dataran banjir Sub Sub DAS Tempuran memiliki empat kelas yaitu sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi. Peta tingkat risiko kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 8, pada penggunaan lahan berbasis kelas kemampuan lahan pada Gambar 9 dan peta risiko bencana banjir pada penggunaan lahan RTRW dapat dilihat pada Gambar 10. Perbedaan luasan tingkat risiko pada masing-masing kondisi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 6. Perbedaan luasan tingkat risiko pada ketiga kondisi penggunaan lahan

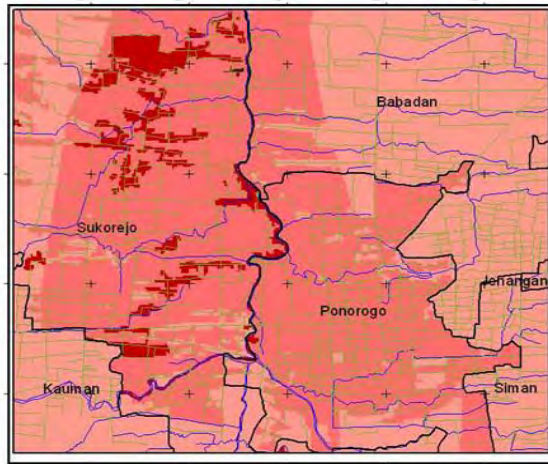
Tingkat Risiko	Nilai	Penggunaan Lahan eksisiting		Penggunaan Lahan RTRW		Penggunaan Lahan Berbasis Daya Dukung Lahan	
		Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%
Tinggi	154000 - 180000	104,6	1,2	67,9	1	3	0,1
Sedang	106000 - 153000	2512,9	28,4	3033	34,2	426	4,8
Rendah	105000 - 58000	3140,8	35,5	2770,8	31,3	4207	47,5
Sangat rendah	57000 - 23000	3096,1	34,9	2982,6	33,7	4218	47,6



Gambar 8. Peta risiko kondisi penggunaan lahan eksisiting



Gambar 9. Peta risiko kondisi penggunaan lahan RTRW Tahun 2011 - 2031



Gambar 10. Peta risiko kondisi penggunaan lahan berbasis daya dukung

Keterangan : batas kecamatan, sungai, jalan, sangat rendah, rendah, sedang, tinggi.

Penggunaan lahan berdasarkan RTRW yang telah direncanakan menurunkan luasan penggunaan lahan untuk kebun, sawah irigasi, sawah tadah hujan dan tegalan, bahkan menghilangkan pemanfaatan lahan peruntukan semak belukar dan kebun, di lain pihak pemerintah Kabupaten Ponorogo meningkatkan peruntukan pemukiman dalam pemanfaatan lahan seluas 1938,8 ha atau 21,9%. Peningkatan pemukiman untuk pemanfaatan lahan menyebabkan peningkatan tingkat kerentanan pada suatu wilayah sehingga dapat meningkatkan juga tingkat risiko. Bila dibandingkan dengan kondisi eksisting, penggunaan lahan berbasis kemampuan lahan menurunkan 1,2% luasan pada tingkat risiko tinggi, luasan pada tingkat risiko sedang turun 23,6%. Hal ini dikarenakan pada penggunaan lahan berbasis kesesuaian lahan penggunaan lahan yang memiliki tingkat kerentanan tinggi berkurang dan di konservasi menggunakan penggunaan lahan yang memiliki tingkat kerentanan rendah.

KESIMPULAN

Dataran banjir Sub Sub DAS Tempuran masih tergolong wilayah dengan tingkat risiko tinggi dengan nilai risiko 154000 – 180000, dengan luasan wilayah yang tergolong tinggi adalah 105 ha (1%), tingkat sedang seluas 2512,9 ha (28,4%), tingkat rendah seluas 3140,8 ha (35,4%), sangat rendah seluas 3096,2 ha (34,9%).

Penataan ruang berbasis daya dukung lahan menurunkan luasan wilayah yang tergolong tingkat tinggi dari 104, 6 ha menjadi 2,9 ha atau menurunkan 1,15% dan penurunan wilayah tingkat sedang sebesar 23,6%, sehingga diperoleh luasan > 90% wilayah memiliki tingkat risiko rendah dan sangat rendah. Penilaian risiko terhadap penataan ruang berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah tahun 2011 – 2031 dihasilkan > 35% wilayah memiliki tingkat risiko tinggi dan sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, J.P. 2008. Analisis Kerentanan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Sengkarang Kabupaten Pekalongan Provinsi Jawa Tengah Dengan Bantuan Sistem Informasi Geografis. Skripsi. Fakultas Geografi. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. www.etd.eprints.ums.ac.id/966/1/E100020042.pdf. Februari, 10, 2010.
- Hockensmith, R.D. and Steele J.B. 1943. *Recent Trend in Use of Land Capability Classification*. Proc Soil Sci SocAm 14
- Noor, Djauhari. 2011. Geologi untuk Perencanaan. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Schanze, Jochen. 2006. *Flood Risk Management (Hazard, Vulnerability, and Mitigation Measure)*. Leibniz Institute Of Ecological and Regional Development. Germany.
- Sittner, W, T., and K. M. Krouse. 1979. *Improvement of Hydrologic Simulation by Utilizing Observed Discharge as an Indirect Input (Computed Hydrograph Adjustment technique CHAT)*, NOAA Tech. Memo. NWS Hydro-38.
- Undang-Undang No. 24. Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana

**SIMULASI DINAMIKA PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
MENGUNAKAN CELLULAR AUTOMATA UNTUK MENENTUKAN
KELAS EROSI DI SUB-DASJENEBERANG HULU KABUPATEN GOWA
PROVINSI SULAWESI SELATAN¹**

Oleh :

Paharuddin^{a)}, Muchtar Salam Solle^{b)}, Sakka^{a)}, Dadang Ahmad
Suriamihardja^{a)}

^{a)} Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

^{b)} Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin

ABSTRAK

Dinamika perubahan penggunaan lahan beserta dampak yang ditimbulkannya merupakan respon alam terhadap perilaku manusia. Respon tersebut perlu dipahami guna menentukan tindakan cerdas dalam pengelolaan mendatang. Penelitian ini bertujuan untuk mengekstrapolasi tingkat bahaya erosi berdasarkan model cellular automata yang didasarkan pada aturan perubahan penggunaan lahan. Metode penelitian yang digunakan adalah simulasi data geospasial berbasis CA dengan input data spasial penggunaan lahan existing multi waktu menurut kondisi pada tahun 2000 sampai dengan tahun 2012 dan faktor fisik lahan yang direpresentasikan oleh multi layer seperti: Curah hujan, lereng, elevasi, jenis tanah, zona penyangga, dan aksesibilitas jalan. Seluruh data spasial ini diubah dalam format ASCII dan merupakan data kondisi Sub-DASJeneberanghulu yang diolah dan dianalisis dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Simulasi dilakukan berdasarkan model CA yang dimulai pada kondisi tahun 2000 hingga 2012 dengan durasi waktu tiap 3 tahun, selanjutnya divalidasi dengan algoritma Fuzzy Kappa. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model CA dengan simulasi data geospasial mampu menghasilkan peta ekstrapolasi perubahan penggunaan lahantahun 2012 hingga 2037 dengan tingkat ketelitian sangat baik. Berdasarkan peta tersebut dihasilkan peta tingkat bahaya erosi (TBE) dengan periode lima tahunan yaitutahun2012, 2017, 2022, 2027, 2032, dan 2037 masing-masing dinyatakan dalam 5 kelas yakni: <5, 5-12, 12-25, 25-60 dan > 60 ton/ha/tahun.

Kata kunci : Sistem Informasi Geografis; Cellular Automata; Geospasial; Multi layer; Fuzzy Kappa.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATARBELAKANG

Dinamika perubahan penggunaan lahan beserta dampak yang ditimbulkannya merupakan respon alam terhadap perilaku manusia. Respon tersebut perlu dipahami guna menentukan tindakan cerdas dalam pengelolaan mendatang. Salah satu konsekuensi penggunaan lahan adalah dampak terhadap kesinambungan sumberdaya alam. Dampak tersebut harus dapat diminimalkan guna pemanfaatan secara berkelanjutan (Munir and Suripin, 1997; Munir et al, 2000).

Menurut Karsidi (2004) pemanfaatan SIG akan sangat berguna dalam kaitannya dengan dinamika penggunaan lahan, terlebih lagi dengan ketersediaan model-model aplikatif yang mampu menyajikan aspek dinamika keruangan. Selanjutnya Karsidi mengemukakan bahwa prinsip permainan the Game of Life (Gardner, 1970) merupakan model yang bersifat keruangan berbasis sel di mana perubahannya tergantung pada sel sekitarnya atau parsel terdekat. Prinsip ini kemudian mendasari prinsip model Cellular Automata (CA). Wolfram (2002) dan Weisstein (2002) menggambarkan koleksi sel yang diwarnai pada petak (grid) dengan bentuk khusus yang berkembang melalui sejumlah langkah waktu yang diskrit dengan sebuah himpunan aturan-aturan berdasarkan keadaan dari sel-sel tetangganya. Suatu CA dua dimensi yang sel-selnya berganti warna sesuai dengan warna sel-sel yang mengelilinginya menurut aturan tertentu (Amien, 2005).

Salah satu aturan sederhana untuk perubahan waktu dari nilai-nilai suatu keadaan telah diformulasikan oleh Wolfram (1984) dengan faktor-faktor: fungsi arbitrary yang menentukan aturan CA, terdapat serangkaian aturan yang menunjukkan nilai dari keadaan ke i untuk CA satu dimensi pada langkah waktu t . Nilai-nilai suatu keadaan, berubah setelah proses iterasi pada periode berikutnya sesuai aturan yang diberikan.

Aplikasi CA untuk perubahan penggunaan lahan dan perkembangan perkotaan telah dilakukan oleh berbagai peneliti. Dubos-Paillard et al (2003) melakukan simulasi pertumbuhan perkotaan berdasarkan pengetahuan empiris dengan gagasan bahwa simulasi tersebut dapat

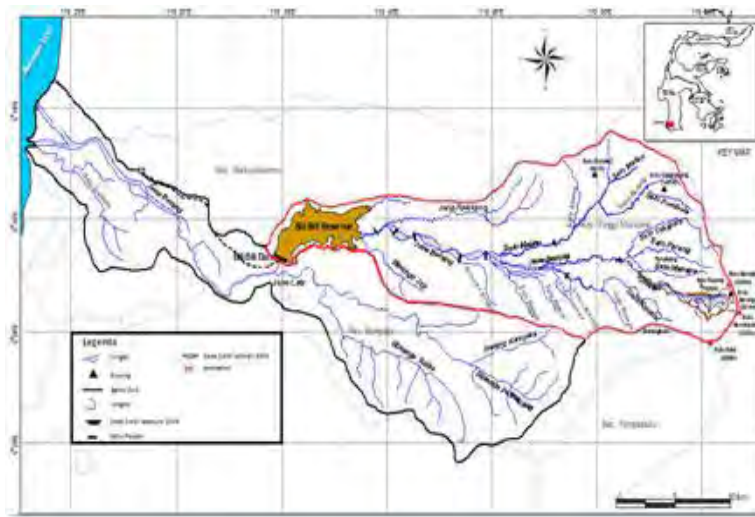
mengikuti aturan tata ruang sederhana. Verburg et al (2004) memperkenalkan sebuah metode untuk menganalisis karakteristik ketetanggaan pada penggunaan lahan. Hegde et al (2008) menggunakan Neural Network dan CA guna mengetahui pertumbuhan pemukiman. Jenerette and Wu (2001) melakukan simulasi perubahan penggunaan lahan dengan mengembangkan model Markov-Cellular Automata. Ahmed Bayes and Ahmed Raquib (2012) memprediksi pertumbuhan perkotaan menggunakan citra satelit landsat dengan membandingkan 3 model yaitu: St Markov, CA Markov, dan MLP Markov. Okwuashi et al (2012) memperkenalkan SVC (Support Vector Machine) berbasis GIS cellular automata untuk perubahan penggunaan lahan.

Dinamika perubahan penggunaan lahan setiap saat dan di lokasi manapun akan selalu berlangsung, hal ini diakibatkan oleh faktor driving forces seperti pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan juga dipengaruhi oleh faktor fisik seperti topografi, jenis tanah dan iklim Skole dan Tucker (1993). Karena itu penelitian ini akan menggunakan model CA untuk mensimulasikan perubahan penggunaan lahan yang merupakan salah satu faktor penentu erosi, sehingga kelas erosi di Sub-DAS Jeneberanghulu dapat ditentukan.

II. METODOLOGI

A. Lokasi dan Basis data

Penelitian ini dilakukan di DAS Jeneberang hulu (Usman, 2010) yang merupakan bagian dari DAS Jeneberang seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber : Yachiyo Engineering (2009) dengan perubahan

Gambar 1. Lokasi penelitian

Bahan dan peralatan yang digunakan adalah: Citra Landsat TM7 daerah DAS Jeneberang hulumulti temporal (Tahun 2000 - 2012) dan hasil interpretasi landsat ETM7+ dari Departemen Kehutanan yang dapat diperoleh melalui fasilitas WMS (Web Map Services) di Quantum GIS.

Untuk penutupan lahan tahun 2012, dihasilkan melalui interpretasi citra (Lillesand et al., 1994; Schowengerdt, 2007) dan cek lapangan tahun 2012. Data SRTM, data dan peta-peta penunjang: Curah hujan (Yachiyo Engineering, 2009), peta Rupa Bumiskala 1:50.000, peta land system dari RePPPProT. Perangkat lunak (Software): ArcGis versi 9.3 dan Arcview 3.3 beserta ekstensi yang diperlukan, SpaCelle untuk simulasi CA perubahan penggunaan lahan (Dubos-Paillard et al., 2003; Langlois, 2008; Langlois, 2009; Langlois., 2011), ILWIS Open Source untuk pengolahan citra (Steinigera et al., 2009), dan Map Comparison Kit (MCK), versi 3.2.2, untuk validasi peta (Hagen et al, 2005; Visser et al., 2006).

B. Metode

Tahapan-tahapan penelitian dimulai dengan pembuatan peta-peta faktor fisik lahan yaitu isohyet dianalisis dengan SIG (Aronoff., 1989; Burrough et al., 1998) menurut data curah hujan pada beberapa stasiun penakar curah hujan di sekitar Sub DASJeneberang, aksesibilitas jalan dan kriteria kawasan lindung berdasarkan pada Kepres No. 32 Tahun 1990 untuk menghasilkan peta buffer jalan dan sungai, peta lereng dan elevasi dihasilkan dari data SRTM, jenis tanah dihasilkan dari peta land system, penggunaan lahan hasil interpretasi yang merupakan landuse existing dari tahun 2000 s.d 2012, dibuat dalam bentuk grid dengan ukuran sel (30x30) m² (McHaney, 2009).

Peta-peta yang telah dihasilkan merupakan faktor fisik lahan dijadikan sebagai lapisan ganda (multi layers) dalam program simulasi. Seluruh data spasial ini dikonversi dari format grid ke format ASCII untuk digunakan dalam program simulasi CA. Salah satu program aplikasi untuk melakukan simulasi geospasial berbasis CA adalah program komputer yang dikembangkan oleh Langlois (1999) di Laboratoire MTG, Université de Rouen yang bernama SpaCelle (Système de Production d'Automate CELLulaire Environnemental).

Program tersebut telah menyediakan lebih dari 20 fungsi aturan transisi yang ditulis dalam bentuk simbol. Fungsi transisi adalah kemungkinan suatu sel dapat berubah dari satu keadaan X ke keadaan Z, dalam program ditulis sebagai: $X > Z$.

Berdasarkan deskripsi program di atas, maka dirumuskan aturan perubahan penggunaan lahan menurut kecenderungan perubahan penggunaan lahan pada periode 3 tahunan (2000, 2003, 2006, 2009, dan 2012) dengan memperhatikan faktor fisik lahan dan asumsi-asumsi berikut:

- a. Kondisi wilayah kajian tanpa kejadian bencana alam.
- b. Tanpa ada intervensi kebijakan.
- c. Faktor penduduk sudah tersirat dalam penggunaan lahan. Arsyad (2010) mengartikan penggunaan lahan sebagai setiap bentuk intervensi (campur tangan) manusia terhadap lahan dalam

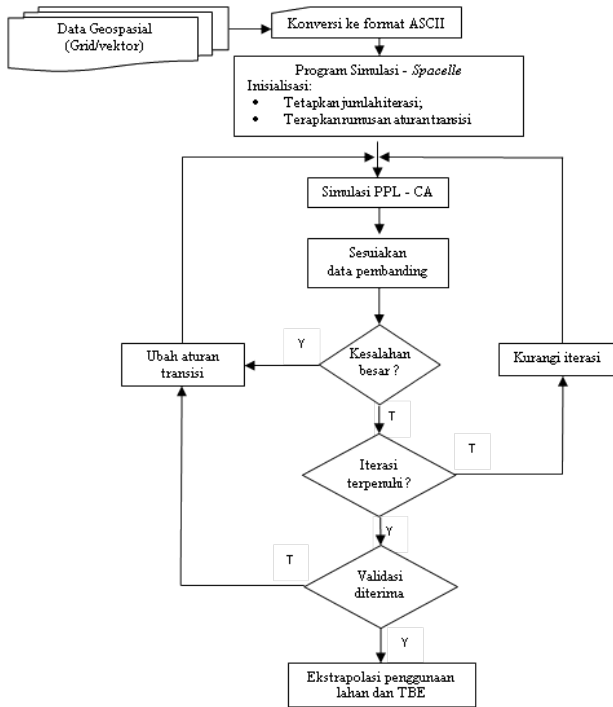
rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual.

- d. Kondisi faktor fisik lahan (curah hujan, elevasi, lereng, jenis tanah, zona penyangga dan aksesibilitas) di masa mendatang menyerupai kondisi saat sekarang (saat simulasi dilakukan).
- e. Perubahan dari satu jenis penggunaan lahan ke penggunaan lahan lainnya memperhatikan nilai manfaat secara ekonomis.
- f. Penggunaan lahan jenis hutan tidak mengalami perubahan
- g. Atribut di luar batas Sub-DAS berisi “No data”.
- h. Ukuran grid untuk setiap layer : 30 m x 30 m dan dimensi: 1368 kolom dan 580 baris
- i. Model tetangga Moore 8x8 sel.
- j. Skala waktu perubahan penggunaan lahan dengan iterasi setiap tahun, sedangkan skala waktu perubahan setiap sel dengan iterasi secara diskrit mengikuti model tetangga. Perubahan penggunaan lahan mengikuti rencana pembangunan jangka menengah (RPJM) yang perencanaannya setiap 5 tahun dan rencana pembangunan jangka panjang (RPJP) yaitu 25 tahun mendatang.

Langkah berikutnya adalah Menyusun skenario simulasi perubahan penggunaan lahan dengan model CA. Rumusan aturan yang diperoleh pada setiap skenario kemudian disimulasikan dan hasilnya divalidasi menggunakan algoritma Fuzzy Kappa.

Uji validasi dilakukan dengan membandingkan peta-peta penggunaan lahan existing sebagai referensi dengan peta hasil simulasi. Untuk melakukan hal ini, digunakan program aplikasi MCK, program ini dapat didownload secara gratis pada website dengan alamat <http://riks.nl/mck>. (Hagen et al, 2005; Visser and Nijs, 2006). Nilai Fuzzy Kappa dari proses ini haruslah di atas 0,7 (70 %) sehingga hasil simulasi berada pada kategori baik, sangat baik atau sempurna sebagaimana tingkat ketepatan nilai Kappa yang dikelaskan oleh Monserud and Leemans (1992). Hasil simulasi yang telah dinyatakan baik hingga sempurna dilanjutkan dengan simulasi untuk mendapatkan ekstrapolasi peta perubahan penggunaan lahan periode 5 tahunan (2012, 2017, 2022, 2027, 2032, dan 2037) dengan asumsi rencana

pembangunan jangka menengah dilakukan setiap 5 tahun. Skema pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Aturan Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan

Gambar 3a menunjukkan zonasi berdasarkan informasi perubahan penggunaan lahan yang dijadikan sebagai lapisan pembatas (layer barrier). Informasi tersebut kemudian dijadikan acuan dalam merumuskan aturan perubahan pada program Spacelle, di samping memperhatikan faktor fisik lahan (Amien, 2001; Baja, 2012; Paharuddin, 2000) yang direpresentasikan oleh lapisan ganda (multi layers) seperti: curah hujan, lereng, elevasi, jenis tanah, zona penyangga dan aksesibilitas jalan menurut kondisi pada periode I, II, III, dan IV. Lapisan ganda yang dimaksud, ditunjukkan pada Gambar 3a s.d Gambar 3h.



Gambar 3. Lapisan ganda faktor fisik lahan

Dengan memasukkan lapisan ganda tersebut ke dalam program SpaCelle, maka aturan transisi perubahan penggunaan lahan dirumuskan menjadi:

1. $Sb > Kc = PV(Kc; 8; 0.01; 1) * EV(Cho; 2) * ZV(Ch1; 1) * ZV(SbT; 1) * ZV(Lsr; 10)$
2. $Sb > Kc = PV(Kc; 6; 0.05; 1) * EV(SbU; 1) * EV(Elv1 + Elv2; 5) * EV(jt0 + jt5; 3) * ZV(jt1; 2) * ZV(SbT; 1) * ZV(jt6; 10) * ZV(Lsr; 20)$

Baris pertama pada rumusan periode I dapat diartikan sebagai: Data spasial yang saat ini berupa semak belukar (Sb) dapat berubah menjadi kebun campuran (Kc) apabila proporsi keberadaan Kc pada jarak 8 km melingkar di sekitar sel dengan radius dari 0,01 – 1 km, DAN sejauh 2 km dari Cho, DAN tidak terjadi perubahan sejauh 1 km di sekitar Ch1, DAN tidak ada perubahan sejauh 1 km di sekitar SbT DAN juga tidak ada perubahan sejauh 10 km disekitar Lsr.

Pada baris kedua dapat diartikan bahwa: Data geospasial yang saat ini berupa semak belukar (Sb) dapat berubah menjadi kebun campuran (Kc) apabila proporsi keberadaan Kc pada jarak 6 km melingkar di sekitar sel dengan radius dari 0,05 – 1 km, DAN sejauh 1 km dari SbU, DAN sejauh 5 km dari Elv1 ATAU Elv2, DAN sejauh 3 km dari jto ATAU jt5 DAN tidak terjadi perubahan sejauh 2 km di sekitar jt1, DAN tidak ada perubahan sejauh 1 km di sekitar SbT, DAN tidak ada perubahan sejauh 10 km disekitar jt6, DAN juga tidak ada perubahan sejauh 20 km di sekitar Lsr.

B. Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan

Luas dan persentase penggunaan lahan hasil simulasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas dan persentase simulasi penggunaan lahan Tahun 2000 s.d 2012

Kode	Luas dan Persentase Simulasi Penggunaan Lahan									
	2000 (Referensi)		2003		2006		2009		2012	
	Luas [Ha]	%	Luas [Ha]	%	Luas [Ha]	%	Luas [Ha]	%	Luas [Ha]	%
Ht	8011,71	21,20	8011,71	21,20	8011,71	21,20	8011,53	21,20	8011,53	21,20
Sb	7767,54	20,55	5597,10	14,81	5509,80	14,58	3354,48	8,88	3354,48	8,88
Kb	173,25	0,46	173,25	0,46	173,25	0,46	173,25	0,46	568,89	1,51
Pr	183,69	0,49	183,69	0,49	183,69	0,49	183,69	0,49	183,69	0,49
Kc	13018,23	34,45	15188,67	40,19	15045,57	39,81	16742,61	44,30	16282,35	43,09
Sw	6944,76	18,38	6944,76	18,38	6944,76	18,38	6810,66	18,02	6796,26	17,98
Pm	238,41	0,63	238,41	0,63	468,81	1,24	557,82	1,48	636,84	1,69
Wd	1452,24	3,84	1452,24	3,84	1452,24	3,84	1452,24	3,84	1452,24	3,84
Lt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	503,55	1,33	503,55	1,33
Total	37789,83	100,00	37789,83	100,00	37789,83	100,00	37789,83	100,00	37789,83	100,00
Keterangan:										
Ht : Hutan	Kb : Kebun hortikultura		Kc: Kebun Campuran		Pm : Pemukiman		Lt: Lahan			
Sb: Semak/Belukar	Pr : Padang Rumput		Sw :Sawah		Wd: Waduk Bili -Bili		Terbuka			

Jika dibandingkan dengan hasil analisis penggunaan lahan existing untuk periode dan jenis penggunaan lahan yang sama, maka diperoleh selisih sebesar 6,03 ha untuk semak belukar dan -6,03 ha bagi kebun campuran. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil simulasi tidak terlampau jauh dari penggunaan lahan existing.

C. Uji Validasi Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan

Uji validasi dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kepercayaan terhadap hasil yang diperoleh dari simulasi. Proses simulasi menggunakan peta referensi tahun 2000, namun dalam pengujian validasi dilakukan berdasarkan peta referensi tahun 2003 hingga tahun 2012. Hasil analisis MCK (Map Comparison Kit) baik dengan algoritma Kappa maupun Fuzzy Kappa disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. Nilai Kappa simulasi perubahan penggunaan lahan

Statistik	Perbandingan peta referensi dengan simulasi			
	2003	2006	2009	2002
Kappa	0,99902	0,97147	0,99026	0,98467
KLocation	0,99924	0,99533	0,99761	0,99476
KHisto	0,99978	0,97602	0,99263	0,98986
Fraction correct	0,99928	0,97888	0,99303	0,98888

Nilai Kappa yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa program menghitung secara keseluruhan sel yang memuat 9 kategori penggunaan lahan. Namun demikian, program juga dapat menghasilkan Nilai statistik menurut kategori sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Fuzzy Kappa simulasi perubahan penggunaan lahan menurut kategori

Penggunaan Lahan	Tahun			
	2003	2006	2009	2012
Hutan (Ht)	1	0,99999	1	1
Kebun Hortikultura (Kb)	1	1	1	0,92853
Kebun campuran (Kc)	0,99646	0,98463	0,98645	0,97132
Lahan terbuka (Lt)	1	0	1	1
Pemukiman (Pm)	1	0,81145	0,90879	0,8781
Padang rumput (Pr)	1	1	1	1
Semak Belukar (Sb)	0,99362	0,85774	0,98264	0,98264
Sawah (Sw)	1	0,99148	0,99449	0,99318
Waduk (Wd)	1	1	1	1

Fuzzy Kappa dengan nilai 1 yang tertera pada Tabel 3, merupakan jenis penggunaan lahan yang tidak mengalami perubahan, sehingga hasil perbandingan peta memberikan tingkatan sempurna. Sedangkan lahan terbuka (Lt) bernilai 0 pada perbandingan peta referensi dengan hasil simulasi untuk tahun 2006. Hal ini menunjukkan bahwa pada peta referensi tahun 2006 dibandingkan dengan peta simulasi tahun 2006 yang berasal dari peta referensi 2000 belum terdapat lahan terbuka. Berdasarkan tabel tersebut, maka tingkat ketelitian dinyatakan baik hingga sangat baik.

D. Ekstrapolasi Perubahan Penggunaan Lahan

Luas dan persentase simulasi penggunaan lahan tahun 2012 s.d 2037 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas dan persentase ekstrapolasi perubahan penggunaan lahan Tahun 2012 s.d 2037

Kode	Luas dan Persentase Simulasi Penggunaan Lahan											
	2012		2017		2022		2027		2032		2037	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Luas [Ha]	%
Ht	8.011,5	21,2	8.011,5	21,2	8.011,5	21,2	8.011,5	21,2	8.011,5	21,2	8.011,5	21,2
Sb	3.282,6	8,7	3.270,0	8,7	3.240,3	8,6	3.240,3	8,6	3.240,3	8,6	3.240,3	8,6
Kb	638,1	1,7	708,8	1,9	797,3	2,1	831,5	2,2	841,8	2,2	849,4	2,2
Pr	183,7	0,5	183,7	0,5	183,7	0,5	183,7	0,5	183,7	0,5	183,7	0,5
Kc	16.318,0	43,2	16.208,4	42,9	16.135,3	42,7	16.101,1	42,6	16.090,8	42,6	16.083,2	42,6
Sw	6.811,2	18,0	6.878,3	18,2	6.793,4	18,0	6.793,4	18,0	6.793,4	18,0	6.793,4	18,0
Pm	589,0	1,6	573,4	1,5	672,6	1,8	672,6	1,8	672,6	1,8	672,6	1,8
Wd	1.452,2	3,8	1.452,2	3,8	1.452,2	3,8	1.452,2	3,8	1.452,2	3,8	1.452,2	3,8
Lt	503,6	1,3	503,6	1,3	503,6	1,3	503,6	1,3	503,6	1,3	503,6	1,3
Jumlah	37.789,8	100	37.789,8	100	37.789,8	100	37.789,8	100	37.789,8	100	37.789,8	100

Keterangan:

Ht : Hutan

Kb : Kebun hortikultura

Kc: Kebun Campuran

Pm : Pemukiman

Lt: Lahan Terbuka

Sb: Semak/Belukar

Pr : Padang Rumput

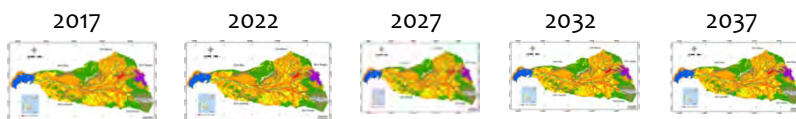
Sw :Sawah

Wd: Waduk Bili-Bili

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa jenis penggunaan lahan yang mengalami penurunan adalah kebun campuran sementara pemukiman dan kebun hortikultura mengalami peningkatan dan yang lainnya tetap.

Peningkatan pemukiman terkait dengan perkembangan wilayah yang didukung sarana dan prasarana termasuk aksesibilitas jalan semakin membaik. Selain itu, pertumbuhan jumlah penduduk turut mempercepat peningkatan pemukiman. Hal ini diperkuat dengan hasil sensus Kabupaten Gowa (2010) yang menyebutkan bahwa laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten Gowa per tahun selama sepuluh tahun terakhir yakni dari tahun 2000-2010 sebesar 2,10 persen (BPS. Kabupaten Gowa, 2010).

Hasil ekstrapolasi penggunaan lahan tahun 2017 s.d tahun 2037 secara spasial ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ekstrapolasi penggunaan lahan Tahun 2017 s.d 2037

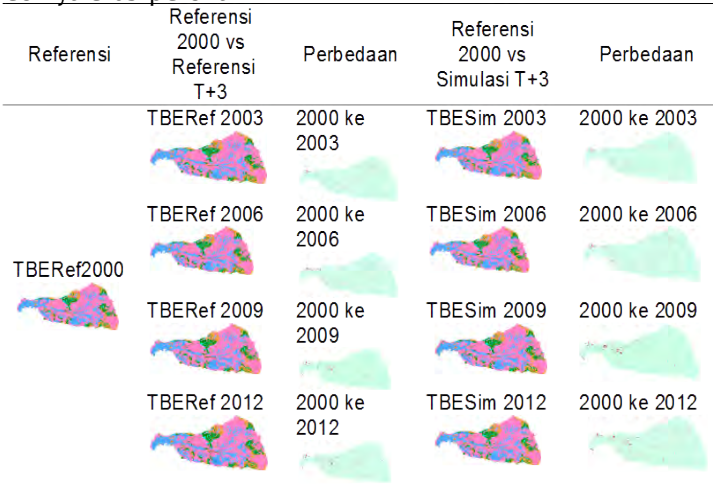
E. TBE Simulasi

TBE simulasi dengan faktor CP yang berasal dari peta penggunaan lahan hasil simulasi tahun 2000 sampai dengan tahun 2012 menunjukkan bahwa antara TBE sebelum dan setelah simulasi tidak memiliki perbedaan yang besar sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5, sehingga proses ekstrapolasi TBE dilanjutkan dari tahun 2017 hingga 2037 dengan durasi waktu tiap 5 tahun yang hasilnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. TBE setelah simulasi

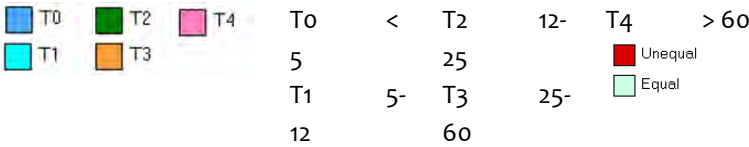
Tahun	< 5	05-Des	Des-25	25 - 60	> 60
2017	8.634,42	1.006,74	3.654,81	3.547,53	20.891,88
2022	8.544,33	1.006,92	3.663,18	3.538,98	20.981,97
2027	8.544,51	1.006,56	3.663,18	3.539,07	20.982,06
2032	8.544,51	1.006,83	3.663,36	3.538,89	20.981,79
2037	8.544,42	1.006,83	3.663,36	3.538,89	20.981,88

Pada Tabel 3 terlihat bahwa TBE tetap didominasi oleh kelas sangat tinggi yaitu di atas 60 ton/ha/th. Dari segi penggunaan lahan, berdasarkan hasil simulasi tahun 2017 s.d 2037 menunjukkan bahwa penggunaan lahan terbesar adalah kebun campuran dengan luas rata-rata 16.123,75 (42,57%). Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Asdak (2010) bahwa vegetasi yang memiliki tumbuhan tinggi kurang berperan terhadap penurunan erosi bila dibandingkan dengan vegetasi yang rendah. Tumbuhan yang lebih berperan dalam menurunkan erosi adalah tumbuhan bawah karena merupakan stratum vegetasi terakhir yang akan menentukan besar kecilnya erosi percikan.



Gambar 5. Perbedaan TBE sebelum dengan setelah Simulasi

Keterangan:



Hasil simulasi menunjukkan bahwa aturan perubahan penggunaan lahan bergantung pada kecenderungan perubahan kondisi awal (existing land use) dan faktor fisik lahan yang direpresentasikan oleh lapisan ganda (multi layer) seperti : curah hujan, lereng, elevasi, jenis tanah, zona penyangga dan aksesibilitas jalan. Faktor fisik lahan turut menentukan tingkat laju erosi. Semakin mengabaikan faktor fisik lahan, semakin besar laju tingkat erosi.

Penggunaan lahan degradatif disebabkan oleh penggunaan lahan yang tidak memperhatikan faktor fisik lahan. Walaupun telah memperhatikan faktor fisik lahan, namun ternyata hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan lahan tetap mengalami degradasi. Secara alamiah, peristiwa erosi lahan tetap berlangsung, sekalipun telah memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh faktor fisik lahan. Sehingga tidak sepenuhnya peristiwa erosi akibat dari pengabaian faktor fisik lahan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan di atas, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

- Aturan-aturan yang dirumuskan telah berhasil mensimulasikan perubahan penggunaan lahan dengan hasil mendekati dengan kondisi awal, hal ini dibuktikan dengan uji validasi yang memberikan nilai Kappa dan Fuzzy Kappa di atas 90 % dengan tingkat ketepatan sangat baik.
- Berdasarkan aturan-aturan yang dirumuskan, telah berhasil menyusun model CA untuk ekstrapolasi perubahan penggunaan lahan hingga tahun 2037.
- Peta TBE yang diperoleh berdasarkan penggunaan lahan existing 2000 s.d 2012 mendekati hasil simulasi. Berdasarkan peta hasil simulasi, maka dapat diekstrapolasi peta TBE dengan periode lima tahunan yaitu 2012 sampai dengan 2037.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed B and Ahmed R, 2012. Modeling Urban Land Cover Growth Dynamics Using Multi-Temporal Satellite Images: A Case Study of Dhaka, Bangladesh. *ISPRS Int. Journal of Geo-Information*. 1: 3-31.
- Amien,A.M., 2005. Kemandirian Lokal. Konsepsi Pembangunan, Organisasi, dan Pendidikan dari Perpektif Sains Baru, PTGramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Aronoff, S. 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, Ottawa, Canada.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Institut Pertanian Bogor. IPB Press.
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. GadjahMada University Press, Yogyakarta.
- Baja, S. (2012). *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wialayah, Pendekatan Spasial dan Aplikasinya.*, Yogyakarta: Cv. Andi Offset.
- Bandini S, Manzoni S, Naimzada A, and Pavesi G.2004. A CA Approach to Study Complex Dynamics in Asset Markets. *Proceedings 6th International Conference on Cellular Automata for Research and Industry, ACRI 2004, Amsterdam, The Netherlands, October 25-27, 2004* : 608.
- Barredo J.I, Kasanko M, McCormick N, and Lavalle C. 2003. Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata. *ELSEVIER. Landscape and Urban Palnning*64 : 145-160.
- Basuki A, Santoso T.B, dan Huda M, 2004. *ModelingdanSimulasi, IPTAQ Mulia Media, Jakarta*.
- Bergsma E. 1984. Aspects of mapping units in the rain erosion hazard catchment survey., in : *Land evaluation for land-use planning and conservation in sloping areas, International Workshop, Enschede, The Netherlands, 17-21 December 1984*.Siderius ed.: 84-105.
- BPS KabupatenGowa. 2011. *GowadalamAngka* 2011. BadanPusatStatistikKabupatenGowaPropinsi Sulawesi Selatan.
- Burrough, P. A and McDonell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press., New York.
- Carletta, J. (1996). Assessing agreement on classification tasks: the kappa statistic. *Computational linguistics*, 22(2).

- Daels L and Antrop, M., 1977. The extraction of soil information from remote sensing documents, *pedologie*, 27 (2) : 123-190.
- Dubos-Paillard E., Guermond Y, Langlois P, 2003. Analyse de l'évolution urbaine par automate cellulaire. *Le modèle SpaCelle, L'espace géographique*, 32 (4) : 357-380.
- Gardner, M. 1970. Mathematical games: The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game life. *Scientific American* 223 : 120 – 123.
- Hagen-Zanker, A., 2009. An improved Fuzzy Kappa statistic that accounts for spatial autocorrelation. *International Journal of Geographic Information Science* 23 (1) : 61-73.
- Karafyllidis, I and Thanailakis A. 1997. A model for predicting forest fire spreading using cellular automata, *ELSEVIER, Ecological Modelling*, 99: 87-97.
- Karsidi, A., 2004. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dinamis dengan Sistem Informasi Geografis Berbasis Markov Cellular Automata. Dalam *Buku: Menata Ruang Laut Terpadu*, Cetakan Pertama, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Langlois P. 2011., *Simulation of Complex System in GIS*. First Published, ISTE, Ltd. UK and John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Langlois P. 2009. *De Fonctionnement De L'automate Cellulaire simulation, Automate Cellulaire SpaCelle version 5.18*. Laboratoire MTG, Université de Rouen.
- Lastoria. B, Miserocchi. F, Lanciani. A, and Monacelli. G., 2008. An Estimated Erosion Map for the Aterno-Pescara River Basin, *European Water*, 21(22): 29-39.
- Lombardi Neto, F. 1977. Rainfall erosivity: Its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. West Lafayette: Purdue University, M.Sc. Dissertation: 53.
- McHaney, R, 2009., *Understanding Computer Simulation*, Roger McHaney & Ventus Publishing ApS.
- Monserud, R. A., and Leemans, R. 1992. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecological Modelling*, 62: 275-293.
- Morgan, R. P. C, 2005. *Soil erosion and Conservation.*, Blackwell Publishing Ltd. 3rd ed. USA.
- Munir, A., Suripin. 1997. Study of land use risks to sediment yields at the Wonogiri Catchment Area, Indonesia from 1980 until 1994.

- International Workshop "Experience with Soil Erosion Models", 1997 October 6-8, Prague, Czech Republic.
- Paharuddin, 2000. Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pemanfaatan Ruang. *Teknosains*, 13(2): 205-217.
- Berkala Penelitian Pascasarjana Ilmu-Ilmu Teknik dan Sains, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pontius Jr., R.G., Huffaker, D., and Denman, K., 2004. Useful techniques of validation for spatially explicit land-change models. *Ecological Modelling*, 179 (4): 445-461.
- Renard KG, Foster GR, Weesies GA, McCool DK, Yoder DC., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Agriculture Handbook No. 703, US Department of Agriculture, Washington, DC
- Shannon R.E., 1998. Introduction To The Art And Science Of Simulation. Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference D.J. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson and M.S. Manivannan, eds.
- Sipper M and Tomassini M, 1999. Computation in artificially evolved, non-uniform cellular automata. *ELSEVIER, Theoretical Computer Science* 217: 81-98.
- Skole, D and Tucker, C. 1993. Tropical deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Sattelite Data from 1978 to 1998. *Science*, 260: 1905-1910.
- Solle, M.S. 1994. Erosion Hazard Mapping At Mae Sa Watershed, Thesis, For The Degree Of Master Of Science, In Environmental Risk Assessment For Tropiccal Ecosystems.
- Suripin, 2004. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan air*. Penerbit Andi: Yogyakarta.
- Toffoli T., Margolus N. 1987., *Cellular Automata Machines: A New Environment for Modeling*, The MIT Press, Cambridge, Massachussetts.
- Torres, A.S, Vojinovic Z, Price, R. 2010. Planning Urban Water Systems: Modeling Using Cellular Automata And Numerical Models. 9th International Conference on Hydroinformatics. Tianjin China.
- Usman Arsyad. 2010. Analisis Erosi pada berbagai Kemiringan Lereng dan Penggunaan Lahan di DAS Jeneberang Hulu. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

- Visser, H., & de Nijs, T. 2006 The Map Comparison Kit. *Environmental Modelling & Software* 21 : 346-358.
- Weisstein, Eric W. 2002. *CRC Concise Encyclopedia of Mathematics*. Chapman & Hall/CRC, 2nd edition.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., 1965. Predicting Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains – Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation. Agriculture Handbook No. 282, US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses – Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537, US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Wolfram, S. 2002. *A New Kind of Science*. Champaign, Illinois: Wolfram Media, Inc.
- Wolfram, S. 1994. *Cellular automata and complexity: collected papers*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Yachiyo Engineering Co. Ltd. And Associate. 2011. Environmental Monitoring Urgent Disaster Reduction Sediment Project for Mt. Bawakaraeng. Makassar.
- Yachiyo Engineering Co. Ltd. And Associate. 2009. Necessity of Comprehensive Sediment Control In Jeneberang River Basin. Workshop Natural Disaster of Caldera Wall Collapse of Mt. Bawakaraeng in South Sulawesi, January 29, 2009. Jakarta.

**ANALISIS SENSITIVITAS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP
KARAKTERISTIK HIDROLOGI DAS: APLIKASI MODEL GENRIVER
UNTUK OPTIMALISASI TATA GUNA LAHAN
DALAM MENJAMIN KESEHATAN HIDROLOGI
SUB DAS KEDUANG KABUPATEN WONOGIRI¹**

Oleh :

Sipyanti ^a, Widiyanto ^b, Didik Suprayogo ^b, dan Gunardjo Tjakrawarsa ^c

^a Mahasiswa Jurusan Tanah Fakultas Pertanian

^b Dosen Jurusan Tanah Fakultas Pertanian

^c Balai Penelitian Teknologi Kehutanan dan Pengelolaan Daerah
Aliran Sungai (BPTKPDAS) Solo

ABSTRAK

Penggunaan dan tutupan lahan sebagai salah satu faktor biofisik DAS, sangat erat kaitannya dengan berfungsinya hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS). Kondisi tutupan lahan hutan yang tinggi (>30%) sering dianggap sebagai kondisi lahan DAS dengan fungsi hidrologi yang baik. Dalam sepuluh tahun terakhir luasan tutupan hutan di Sub DAS Keduang Kabupaten Wonogiri memiliki luasan yang sempit (kurang dari 10%) dan terjadi penurunan yang relatif rendah. Perubahan tutupan hutan di DAS ini umumnya menjadi kebun campuran yang secara teori masih dapat mempertahankan fungsi hidrologi DAS, dimana total tutupan lahan hutan dan kebun campuran sebesar berkisar 30%. Kondisi fungsi hidrologi yang baik ini terindikasi tidak terjadi di Sub DAS Keduang Kabupaten Wonogiri. Hal ini berdasarkan monitoring oleh BPTKPDAS Solo, hasil air sungai (total debit sungai tahunan) menunjukkan peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun selama sepuluh tahun terakhir ini. Untuk itu kondisi hidrologi di Sub DAS Keduang merupakan anomali dalam suatu DAS. Untuk itu analisis hubungan karakteristik hidrologi dengan perubahan penutupan lahan menjadi sangat penting untuk dapat digunakan sebagai landasan kebijakan penyehatan dan manajemen DAS. Tujuan dari makalah ini adalah (1) menganalisis sensitivitas perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi yang dikembangkan oleh Van Noordwijk *et al.* (2006), (2) melakukan perhitungan optimalisasi penutupan fungsi hutan untuk penyehatan hidrologi Sub DAS Keduang dengan Model Genriver.

Penelitian dilaksanakan di Sub DAS Keduang Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah, yang merupakan daerah tangkapan air (DTA) waduk Gajah Mungkur. Metode yang digunakan adalah analisis data sekunder debit dan tutupan lahan dan permodelan dengan menggunakan Model GenRiver versi 1.1. yang dikembangkan oleh International Centre for Research on Agroforestry (ICRAF). Data debit sungai sebagai data sekunder diperoleh dari Balai Penelitian Teknologi Kehutanan dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPTKPDAS) Solo. Data debit dihitung dan dianalisis untuk mendapatkan nilai indikator hidrologi yang dikembangkan oleh Van Noordwijk *et al.* (2006). Perubahan

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

penggunaan lahan diperoleh dengan klasifikasi penggunaan lahan dari citra lansat 7, yang dipilih untuk tahun 2004, 2007, 2010, dan 2013. Model GenRiver sebelum digunakan dilakukan kalibrasi dan validasi model. Validasi model dianalisis tingkat kesesuaian antara debit hasil output model dengan debit pengamatan di lapangan. Untuk mengetahui sensitifitas dari tiap penutupan lahan dilakukan analisis indikator-indikator hidrologi pada Sub DAS Kedung. Analisis pengaruh penutupan fungsi hutan terhadap karakteristik DAS dilakukan dengan penggunaan beberapa skenario luasan tutupan fungsi hutan. Skenario yang diajukan untuk Sub DAS Keduang adalah 20 skenario luasan fungsi tutupan hutan yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, dan 100% dari keseluruhan luas Sub DAS Keduang. Dari hasil simulasi skenario didapat nilai debit per skenario, yang kemudian diuji untuk mengetahui tutupan hutan yang optimal untuk menghasilkan nilai debit yang stabil.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil simulasi Model Genriver memiliki hubungan yang erat dengan debit hasil pengukuran di lapangan, sehingga model tersebut dapat digunakan dalam memprediksi perubahan karakteristik hidrologi sebagai akibat perubahan tutupan lahan. Meningkatnya luasan tutupan lahan hutan dan dengan kebun campuran dalam DAS memberikan pengaruh positif terhadap karakteristik hidrologi. Peningkatan penggunaan lahan pemukiman memiliki sensitivitas yang tertinggi dibandingkan dengan penggunaan lahan lain terhadap karakteristik hidrologi Sub DAS Keduang. Untuk itu kegiatan pengembalian fungsi hutan di kawasan pemukiman misalnya dengan penanaman pohon di pekarangan dan pembuatan sumur resapan sangat direkomendasikan. Dari pengujian dapat disimpulkan bahwa kondisi hidrologi pada Sub DAS Keduang kurang baik, tingkat sensitivitas tutupan lahan pemukiman sangat tinggi jika dibandingkan dengan tutupan lahan lainnya serta dapat menutupi pengaruh positif dari tutupan lahan gabungan hutan dan kebun campuran.

Kata kunci: DAS, perubahan penggunaan lahan, model Genriver

I. LATAR BELAKANG

Perkembangan penduduk saat ini sangat pesat, terlihat dari pertambahan jumlah penduduk maupun pertumbuhan ekonomi penduduk. Berdasarkan data BPS Kabupaten Wonogiri Jumlah penduduk mencapai 246.865 pada tahun 1996 dan 262.166 pada tahun 2006, peningkatan yang cukup signifikan dengan jumlah peningkatan kurang lebih 2.000 per tahun (BPS Kabupaten Wonogiri dalam Widianingsih, 2008). Jumlah penduduk yang semakin meningkat mengakibatkan kebutuhan akan pangan, sandang dan papanpun akan semakin meningkat, sedangkan jumlah sumber daya alam yang ada tetap. Untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat masyarakat sering melakukan tindakan perluasan lahan, baik untuk pertanian atau non pertanian Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian maupun permukiman dapat menurunkan fungsi hutan sebagai pengendali hidrologi sungai. Kegiatan yang ada di hulu sungai akan berdampak pada kondisi aliran air, baik itu kualitas maupun kuantitas. Adanya alih guna lahan hutan ini mengakibatkan air hujan

yang turun dengan intensitas yang sama sebagian besar tidak akan terserap kedalam tanah. Untuk dapat mengetahui pengaruh perubahan lahan terhadap kondisi neraca air (kondisi hidrologi), dapat dilakukan dengan menggunakan suatu permodelan, salah satunya yaitu permodelan Genriver. Analisis menggunakan genriver memberikan gambaran awal kondisi neraca air pada suatu daerah aliran sungai akibat adanya perubahan penggunaan lahan.

II. METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Sub DAS Keduang merupakan salah satu daerah tangkapan air (DTA) waduk gajah mungkur yang merupakan hulu dari DAS Bengawan Solo. Perubahan Penggunaan Lahan

Data perubahan penggunaan lahan diperoleh dengan klasifikasi citra lansat 7 tahun 2004, 2007, 2010 dan 2013. Dari hasil klasifikasi diperoleh data perubahan lahan yang terjadi 110 tahun tahun terakhir.

Model Genriver

GenRiver merupakan model yang didasarkan pada proses hidrologis dalam suatu bentang lahan, baik itu DAS maupun Sub DAS. Model ini dapat digunakan pada kondisi dimana data hidrologi yang tersedia relative sedikit, seperti pada Sub DAS maupun DAS (Lusiana, B. 2008).

Pelaksanaan Penelitian

1. Validasi model

Validasi model diperlukan untuk melihat apakah permodelan Genriver dapat digunakan untuk melihat pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit pada Sub DAS Keduang. dalam validasi model diperlukan input berupa data kondisi hidrologo Sub DAS Keduang berupa data debit, curah hujan, tanah, kelerengan, batas DAS dll. data-data sekunder diperoleh dari Balai Penelitian Teknologi Kehutanan dan Pengelolaan Derah Aliran Sungai (BPTKPDAS) Solo.

2. Analisa pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit

Dari hasil klasifikasi citra satelit kemudian dibandingkan dengan debit pada tahun pengamatan, maka akan diperoleh pola perubahan lahan serta pola perubahan debit.

3. Sekenario Penggunaan Lahan

Sekenario yang akan digunakan pada penelitian ini ada perubahan luasan hutan yang meliputi 0% hingga 100% luasan hutan pada Sub DAS Keduang. untuk mengetahui tingkat keberhasilan setiap sekenario dilakukan pengujian sekenario berdasarkan indikator hidrologi dan total debit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lokasi Penelitian

Sub DAS Keduang merupakan daerah tangkapan air waduk Gajah Mungkur serta hulu dari DAS Bengawan Solo. Terletak pada: $7^{\circ}42'27,16''$ – $7^{\circ}55'35,51''$ LS dan $110^{\circ}59'29,29''$ – $111^{\circ}13'30,00''$ BT. Luas Sub Das Keduang menurut peta batas DAS yang telah dibuat adalah $\pm 42260,6611$ Ha. Sub DAS Keduang secara administrasi masuk ke dalam Kabupaten Wonogiri meliputi wilayah Kecamatan: Girimarto, Jatipurno, Sidoharjo, Jatisrono, Slogohimo, Ngadirojo dan Jatiroto yang semuanya termasuk Kabupaten Wonogiri. Jenis tanah yang adalah andisols, inseptisols, entisols dan ultisol, termasuk ke dalam lereng gunung Lawu dengan Kelengan 0-40%. Dalam periode waktu 2003 hingga 2013 curah hujan rata-rata 20 mm dengan debit rata-rata sebesar $18 \text{ m}^3/\text{dt}$. Penggunaan lahan yang ada pada Sub DAS Keduang adalah hutan, kebun campuran, tegalan, sawah, pemukiman, dan badan air.

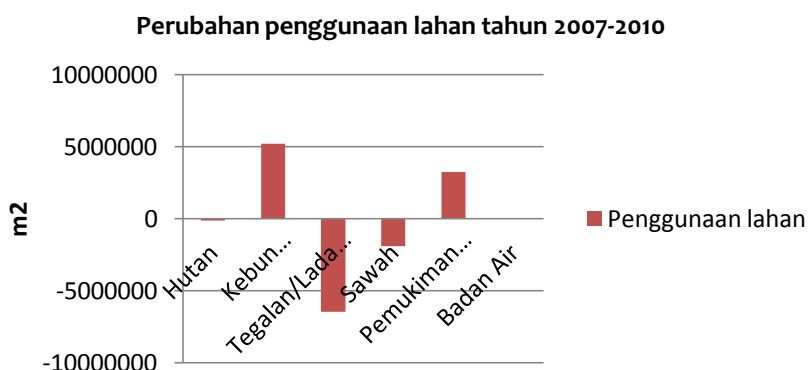
Analisa Perubahan lahan

Perubahan lahan yang terjadi tidak signifikan terutama pada perubahan hutan.



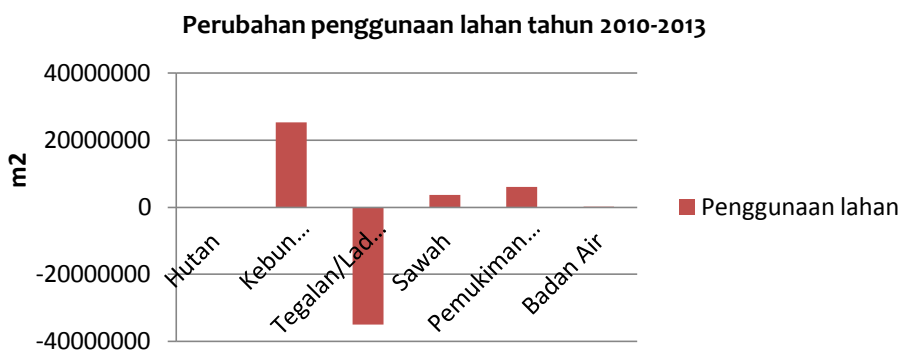
Gambar 1. Perubahan luasan penggunaan lahan tahun 2004-2007

Pada periode waktu 2004-2007 terjadi perubahan yang cukup besar pada hutan yaitu penurunan sebesar 47,828%, pada kebun campuran terjadi penurunan sebesar 0,127% sedangkan pada tegalan terjadi peningkatan sebesar 4,669%. Pada sawah terjadi peningkatan sebesar 5,321%, pemukiman bertambah 17,717 dan badan air naik sebesar 27,487%.



Gambar 2. Perubahan luasan penggunaan lahan tahun 2007-2010

Periode kedua yaitu tahun 2007-2010 terjadi penurunan hutan sebesar 0,73%, kenaikan kebun campuran sebesar 4,2%, penurunan tegalan sebesar 4,65%, kenaikan sawah sebesar 2,17%, dan kenaikan pemukiman sebesar 12,24%, sedangkan pada badan air luasnya tetap.



Gambar 3. Perubahan luasan penggunaan lahan tahun 2010-2013

Periode ketiga yaitu tahun 2010-2013 terjadi perubahan yang tidak signifikan, pada hutan terjadi penurunan sebesar 0,472%, kebun campuran terjadi kenaikan sebesar 20,19%, tegalan mengalami penurunan 18,148%, pada sawah terjadi peningkatan 6,37%, pada pemukiman terjadi peningkatan 20,26% dan pada badan air naik sebesar 43,67%.

Analisa Curah Hujan dengan Debit

Hubungan antara rata-rata hujan bulanan dengan debit bulanan tidak signifikan, korelasi pada periode 1 sebesar 0,469, periode 2 sebesar 0,464 dan pada periode 3 sebesar 0,347. Korelasi tersebut tidak signifikan yang berarti bahwa antara curah hujan tidak berpengaruh signifikan terhadap besarnya debit.

Analisa penggunaan lahan dengan debit sungai

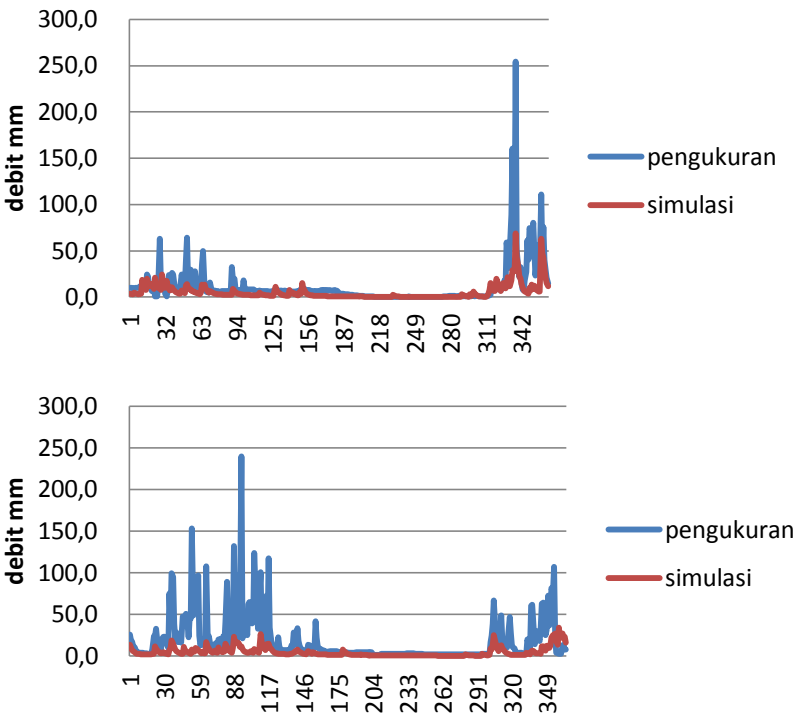
Peningkatan debit pada tahun pengamatan (2004, 2007, 2010, dan 2013) dapat dikaitkan dengan penggunaan lahan pada tahun tersebut. Pada tahun 2004 luasan hutan sebesar 8% menghasilkan debit dengan rata-rata 11,323 m³/dt, pada tahun 2007 dengan luasan hutan sebesar 4,1 menghasilkan debit sebesar 18,537 m³/dt, pada tahun 2010 dengan luasan hutan 4,04% menghasilkan debit rata-rata sebesar 31,761 m³.dt, dan pada tahun 2013 dengan hutan seluas 4,00% menghasilkan debit rata-rata sebesar 22,281 m³/dt. Dengan penurunan luasan hutan terjadi peningkatan debit rata-rata tahunan.

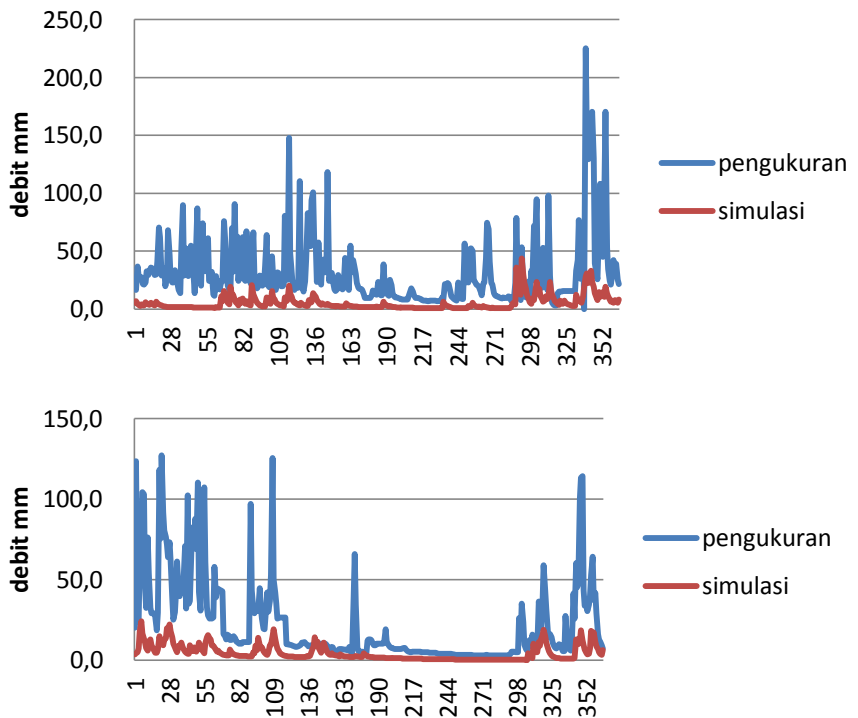
Analisa indikator hidrologi

Indikator hidrologi yang digunakan adalah *Total Water Yield (TWY)*, *Baffering Indikator (BI)*, *Relativ Baffering Indikator (RBI)*, *Baffering Peak Event (BPE)*. Pada TWY penggunaan tegalan adalah yang paling sensitive mempengaruhi nilai TWY. Pada *Baffering Indikator (BI)* penggunaan lahan yang paling sensitive adalah sawah, pada *Relativ Baffering Indikator (RBI)* penggunaan hutan ditambah kebun campuran adalah yang paling sensitive mempengaruhi nilai RBI, sedangkankan untuk nilai BPE penggunaan lahan yang paling sensitive adalah sawah. Tingkat sensitivitas suatu lahan terhadap nilai indikator hidrologi berbeda-beda tergantung dari seberapa besar nilai indikator berubah karena adanya perubahan luasan suatu lahan.

Validasi Model

Berdasarkan hasil simulasi model menggunakan data aktual Sub DAS Keduang didapatkan hubungan yang kuat antara debit hasil simulasi dengan pengamatan debit di lapangan.



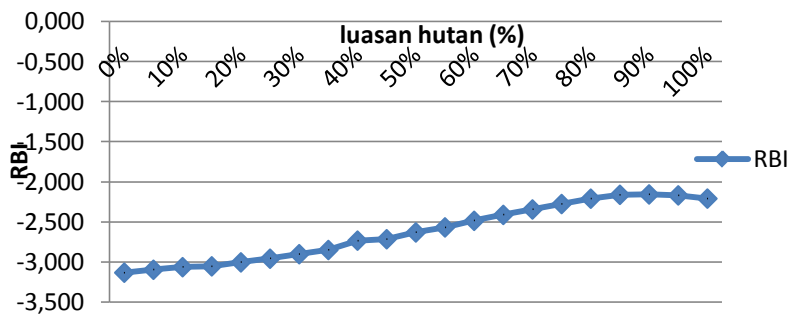
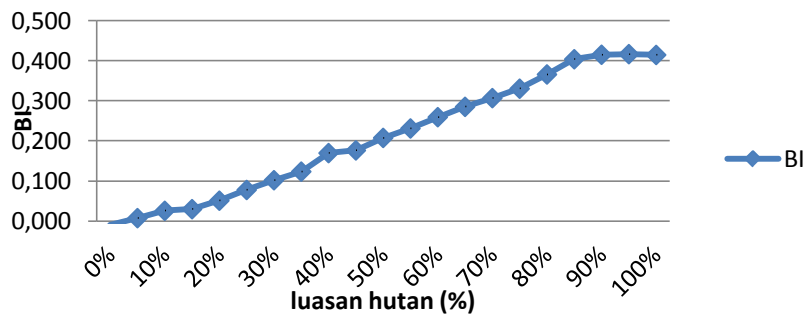
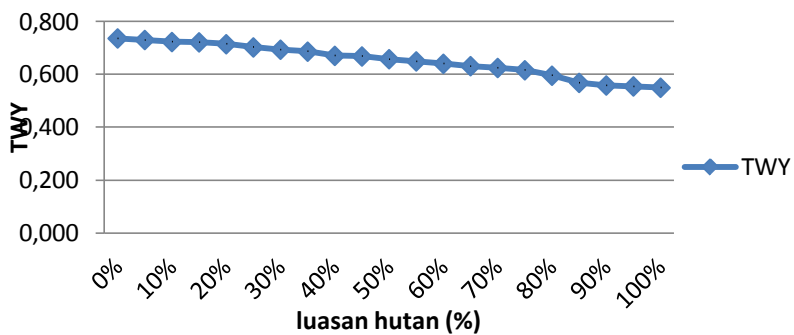


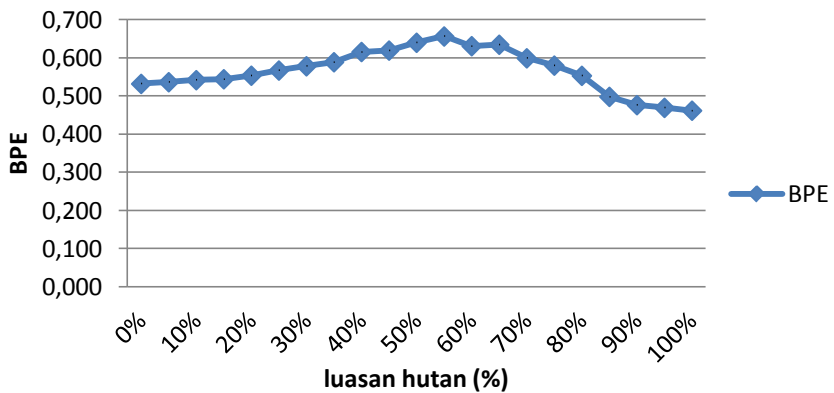
Gambar 4, grafik hubungan debit simulasi dengan pengukuran di lapangan, (a) tahun 2004, (b) tahun 2007, (c) tahun 2010, (d) tahun 2013.

Nilai korelasi dari tiap tahun pengamatan menunjukkan bahwa hubungan antara debit hasil simulasi dengan debit pengamatan di lapangan kuat. Ditunjukkan dengan nilai korelasi lebih dari 50% yaitu pada tahun 2004 sebesar 74%, tahun 2007 sebesar 54%, tahun 2010 sebesar 54% dan tahun 2013 sebesar 66%. Hal tersebut berarti bahwa model Genriver dapat digunakan pada Sub DAS Keduang. Dari hasil validasi model selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam simulasi skenario, dimana hasil dari simulasi skenario diharapkan dapat menggambarkan pengaruh alih guna lahan terhadap neraca air DAS.

Nilai Debit Simulasi

Penilaian debit sekenario berdasarkan atas indikator hidrologi, debit total tahunan dan bulanan serta debit bulan basah dan bulan kering. Indikator hidrologi

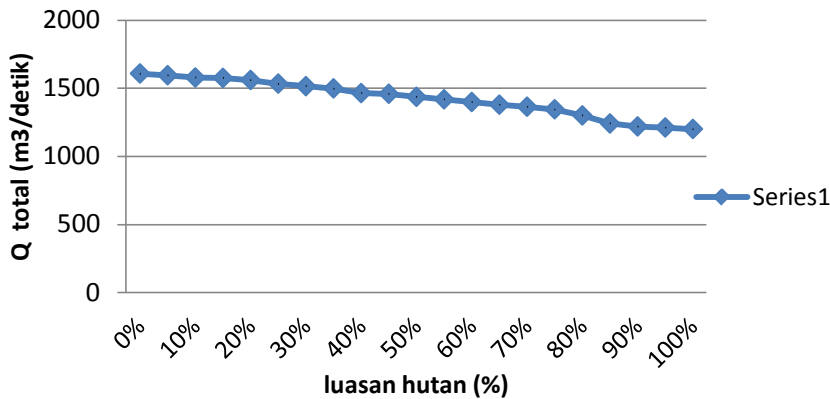




Gambar 5, grafik indikator hidrologi sekenario (a) TWY, (b) BI, (c) RBI, (d) BPE

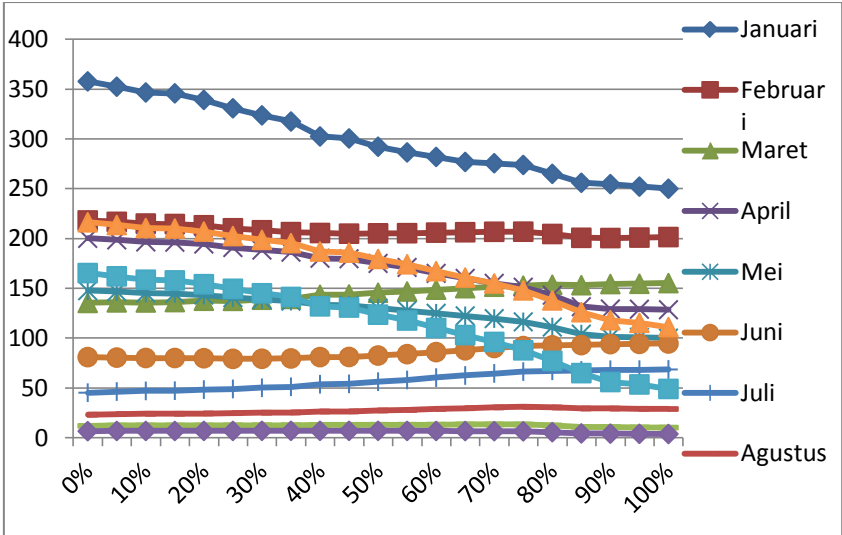
Untuk nilai TWY mengalami penurunan dengan sekenario peningkatan luasan hutan, penurunan nilai TWY dari setiap sekenario rata-rata sebesar 0,6 dari setiap sekenario. Semakin meningkatnya luasan hutan nilai BI semakin meningkat yang berarti bahwa kemampuan Sub DAS Keduang dalam menyangga kejadian puncak hujan meningkat pula. Hal tersebut membuktikan bahwa luasan hutan mempengaruhi kemampuan suatu DAS dalam menyangga kejadian puncak banjir. nilai RBI mengalami peningkatan dengan kenaikan presentase jumlah hutan dalam Sub DAS Keduang. Nilai RBI yng dihasilkan minus karena berkaitan dengan jumlah hujan serta rata-rata hujan yang terjadi. Pada skenario 0% hutan nilai RBI sebesar -3,13 dan pada 100% hutan nilai RBI -2,207. Nilai *Buffering Peak Event* (BPE) dari masing-masing skenario mengalami fluktuasi, yaitu pada skenario 0% hingga 55% hutan nilai BPE mengalami kenaikan rata-rata sebesar 0,01, sedangkan pada skenario 60% hingga 100% nilai BPE mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,025.

Debit total tahunan dan bulanan



Gambar 6, garfik debit total sekenario penggunaan lahan

Debit total yang dihasilkan dari masing-masing skenario mengalami penurunan dengan kenaikan luasan hutan. Penurunan yang terjadi cukup signifikan yaitu rata-rata sebesar 13 mm setiap kenaikan luasan hutan 5%. Jika di total dari skenario 0% hutan hingga 100% hutan penurunan yang terjadi cukup signifikan pada debit total tahunan yaitu sebesar 407,26 mm dari 0% hutan hingga 100% hutan. Nilai tersebut cukup kecil, namun jika dikonversikan menjadi m³ perluasan Sub DAS Keduang akan menjadi sebesar 172.1107.768 m³.



Gambar 7, grafik debit total bulanan sekenario

Pada debit total bulanan mengalami penurunan pada bulan november, desember, januari, april dan mei, terjadi penurunan debit total pada bulan maret, juli, agustus. Selain terjadi kenaikan dan penurunan debit total bulanan, pada bulan oktober, september, dan februari total debit bulanan relatif konstan (kenaikan atau penurunan tidak signifikan). Pada bulan juni terjadi fluktuasi total debit bulanan yaitu terjadi penurunan pada sekenari 0%-30% hutan dan terjadi kenaikan pada 35% hingga 100% hutan.

Bulan Basah dan Bulan Kering

Pada bulan basah yaitu November, desember, januari, februari, april, dan mei mengalami penurunan total debit bulanan, bulan lembab yaitu maret dan juni, terjadi kenaikan dan penurunan debit total bulanan (fluktuatif), sedangkan pada bulan kering bulan juli dan agustus mengalami kenaikan debit total dan pada bulan debit mengalami fluktuatif yaitu debit total naik pada sekenario 0% hingga 60% dan turun pada sekenario 65% hingga 100% luasan hutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Lusiana, B., Rudi Widodo., Elok Mulyoutami., Dudy Adi Nugroho, dan Main Van Noordjwk. 2008. Kajian Kondisi Hidrologi DAS Talu, Kab Belu, NTT. Working Paper 59. ICRAF. Bogor.
- Widianingsih, W. 2008. Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan di Sub DAS Keduang Ditinjau dari Aspek Hidrologi (Tesis). Universitas Sebelas Maret Surakarta. Surakarta.

ESTIMASI SENSITIVITAS ALIH GUNA LAHAN TERHADAP DEBIT ALIRAN SUNGAI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) KONTO, MALANG MENGGUNAKAN MODEL GenRiver¹

Oleh :

Gracia Gusti Nazarani¹⁾, Widianto²⁾, Didik Suprayogo³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, gracia.nazarani26@gmail.com

²⁾ dan ³⁾Dosen Jurusan Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

ABSTRAK

Peningkatan jumlah penduduk yang pesat belakangan ini telah mendorong terjadinya pembukaan lahan baru di daerah perbukitan dan lereng – lereng gunung yang berada di area Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat yang berada di dalamnya. Alih guna lahan ini mengakibatkan menurunnya fungsi hutan sebagai penyokong kebutuhan air seluruh DAS sedangkan kebutuhan air untuk seluruh DAS semakin meningkat karena adanya peningkatan jumlah penduduk. Oleh karena itu diperlukan adanya analisis mengenai pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit aliran sungai dengan maksud untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat DAS. Tujuan dari makalah ini adalah (1) Menganalisa pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit aliran sungai pada DAS Konto dengan menggunakan permodelan GenRiver dan (2) Mengoptimalkan fungsi hutan pada DAS Konto dengan memanfaatkan permodelan GenRiver.

Pada penelitian ini alat bantu yang digunakan adalah sebuah permodelan. Permodelan hidrologi yang digunakan adalah model GenRiver (*Generic River Flow*). Terdapat 4 tahap penelitian, yaitu (1) persiapan, meliputi pengumpulan data sekunder yang digunakan dalam simulasi. Yaitu data curah hujan, data penggunaan lahan yang didapatkan dari analisis citra landsat. (2) parameterisasi model (3) kalibrasi dan validasi model (4) penyusunan skenario penggunaan lahan, dan (5) simulasi skenario. Terdapat beberapa skenario yang digunakan pada penelitian ini yaitu (1) kondisi aktual (2) 5% hutan dari luasan wilayah penelitian (3) 10% hutan dari luasan wilayah penelitian (4) 15% hutan dari luasan wilayah penelitian (5) 20% hutan dari luasan wilayah penelitian, luas hutan terus ditingkatkan hingga luasan hutan menjadi 100% dari total wilayah penelitian. Sehingga jumlah total dari skenario menjadi 20 skenario.

Berdasarkan klasifikasi iklim menurut Schmidt-Ferguson lokasi penelitian termasuk dalam iklim (C) agak basah dengan jumlah bulan basah pada tahun 2012 adalah 8 bulan basah dan 4 bulan kering. Hasil dari penelitian ini adalah kondisi luas hutan dan agroforestri dari tahun 1994 hingga tahun 2000 mengalami penurunan sebesar 8,35% dari total luasan wilayah. Hal tersebut berbanding terbalik dengan wilayah pemukiman yang menunjukkan peningkatan dari tahun 1994 hingga tahun 2012.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

Nilai validasi debit hasil simulasi menunjukkan nilai yang cukup baik yang dinilai berdasarkan nilai R^2 yaitu sebesar 0,56 pada 1994, 0,64 pada 2000, 0,56 pada 2006, dan 0,59 pada 2012. Hasil simulasi memiliki pola debit yang sama dengan debit hasil pengukuran (aktual). Perhitungan indikator DAS pada beberapa skenario penggunaan lahan tidak menunjukkan hasil yang signifikan, namun memiliki korelasi positif pada indikator penyangga dan memiliki korelasi negatif dengan indikator penyangga relatif dan indikator penyangga pada puncak kejadian hujan.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa (1) permodelan GenRiver dapat diaplikasikan pada DAS Konto, Malang (2) perubahan luasan hutan tidak begitu berpengaruh pada nilai debit aliran sungai dan indikator DAS.

keywords : tata guna lahan, debit aliran sungai, model GenRiver, Daerah Aliran Sungai (DAS)

I. LATAR BELAKANG

Fungsi hidrologis DAS merupakan gabungan dari seluruh faktor yang berada dalam lingkup DAS tersebut, yaitu vegetasi, bentuk wilayah topografi, tanah dan pemukiman. Apabila terdapat perubahan pada salah satu faktor tersebut maka hal tersebut juga akan mempengaruhi ekosistem DAS (Triwanto, 2012). Berdasarkan data statistik pada tahun 1990 hingga tahun 2000, terdapat peningkatan jumlah penduduk di Daerah Aliran Sungai (DAS) Konto yaitu dari 587 jiwa/km² menjadi 657 jiwa/km² dan dalam kurun waktu 10 tahun tersebut luas hutan pun menurun sekitar kurang lebih 20% (1967,21 ha) atau 196,7 ha per tahun (Kurniawan, et.al.,2010).

Terdapat beberapa jenis penggunaan lahan yang terdapat pada DAS Konto, antara lain hutan, agroforestri, tegalan, sawah, semak belukar dan bangunan (pemukiman). Hutan merupakan salah satu komponen penting dalam suatu ekosistem DAS yang berfungsi untuk menyimpan cadangan air untuk seluruh masyarakat DAS baik bagian hulu maupun bagian hilir pada segala musim. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bosch dan Hewlett, 1982 dalam Asdak, 2010 jumlah aliran air akan meningkat apabila hutan ditebang atau dikurangi dalam jumlah besar. Hal ini mengakibatkan tidak tersedianya cadangan air pada musim kemarau dan terjadinya banjir pada musim penghujan.

Simpanan air pada DAS terbagi dalam beberapa bentuk yaitu simpanan intersepsi, kandungan air tanah, dan simpanan permukaan (Sitana, 2009). Simpanan intersepsi pada suatu DAS sangat dipengaruhi oleh kerapatan dan jenis vegetasi yang berhubungan dengan tata guna lahan dalam suatu DAS. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai perubahan lahan hutan terhadap debit aliran sungai dan cadangan air dalam suatu DAS.

II. METODOLOGI

Pada penelitian ini menggunakan alat bantu permodelan yaitu model GenRiver yang dapat menggambarkan bentuk dan komponen dalam sebuah DAS. Penelitian ini dilaksanakan di DAS Konto, Malang. Penelitian dilakukan dalam 4 tahapan, yaitu : (1) persiapan, meliputi pengumpulan data sekunder yang digunakan dalam simulasi. Yaitu data curah hujan, data tanah dan data penggunaan lahan yang didapatkan dari analisis citra landsat 7 pada tahun 1994, 2000, 2006 dan 2012 (2) parameterisasi model (3) kalibrasi dan validasi model (4) penyusunan skenario penggunaan lahan, dan simulasi skenario.

Skenario yang digunakan dalam penelitian adalah skenario peningkatan hutan mulai luasan hutan sebesar 5% dari total wilayah menjadi 100% hutan dari total wilayah setiap peningkatan 5%. Sehingga total skenario yang digunakan menjadi 21 skenario. Alasan pemilihan skenario adalah untuk mengetahui persentase hutan terbaik yang dapat memenuhi kebutuhan seluruh masyarakat DAS.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

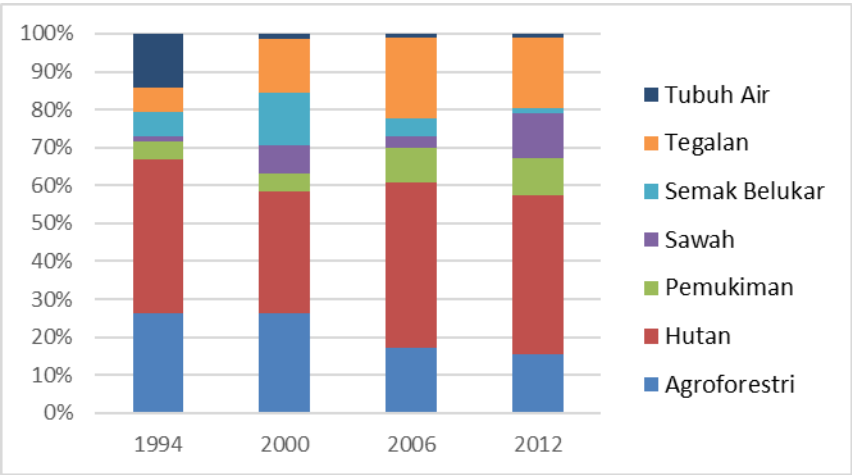
Kondisi Umum Lokasi Penelitian

DAS Konto merupakan sebuah wilayah yang memiliki luasan 23700,7 ha. Berdasarkan analisis citra landsat penggunaan lahan pada lokasi penelitian digolongkan menjadi 7 kategori yaitu hutan, agroforestri, tegalan, sawah, semak, pemukiman dan tubuh air. Jumlah penggunaan lahan hutan dan agroforestri mengalami penurunan sebesar 8,35% pada tahun 2000 (Gambar 1). Pada tahun 2006 terdapat upaya perbaikan sehingga membuat luasan hutan dan agroforestri

kembali meningkat, namun tidak lebih besar apabila dibandingkan dengan luas hutan dan agroforestri pada tahun 1994. Luas lahan pemukiman pada tahun 1994 hingga 2012 cenderung mengalami peningkatan dari luas 1153,4 ha menjadi 2314,5 ha (Tabel 1).

Tabel 1. Luasan Penggunaan Lahan Aktual pada tahun 1994, 2000, 2006, dan 2012

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)			
		1994	2000	2006	2012
1	Agroforestri	6239,8	6226,9	4044,6	3650,4
2	Hutan	9590,0	7622,8	10370,6	9976,3
3	Pemukiman	1153,4	1153,4	2118,4	2314,5
4	Sawah	343,8	1716,4	785,5	2794,5
5	Semak Belukar	1462,6	3252,1	1091,8	297,6
6	Tegalan	1523,5	3385,3	5049,6	4453,5
7	Tubuh Air	3387,5	343,8	240,2	213,8
TOTAL		23700,7	23700,7	23700,7	23700,7



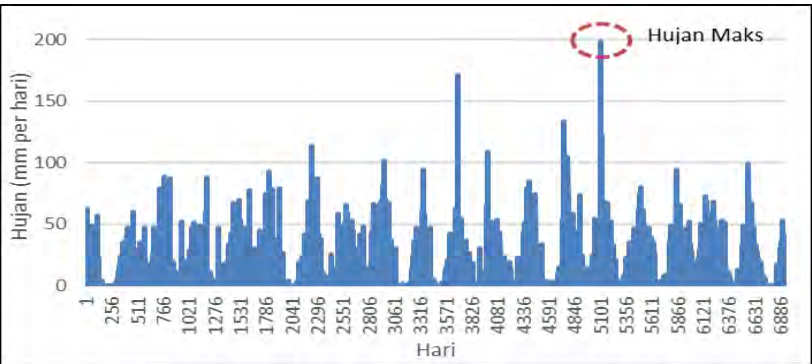
Gambar 1. Persentase Perubahan Penggunaan Lahan DAS Konto

Jenis tanah yang paling mendominasi pada lokasi penelitian adalah Andisols. Jenis tanah tersebut merupakan jenis tanah yang memiliki kenampakan fisik berwarna hitam, memiliki sifat porous, dan

terbentuk dari abu vulkanik yang menyebabkan tanah tersebut sering diketemukan di daerah dataran tinggi (Munir, 1996)

Iklim dan Curah Hujan

Nilai perbandingan (Q) antara rerata banyaknya bulan kering (Md) dan rerata banyaknya bulan basah (Mf) pada lokasi penelitian selama kurun waktu 10 tahun adalah 0,56 sehingga lokasi penelitian dimasukkan dalam kategori iklim C atau agak basah. Berdasarkan klasifikasi iklim menurut Schmidt – Fergusson dalam Sasmito et.al. terdapat 8 bulan basah dan 4 bulan kering pada tahun 2012. Bulan basah terjadi pada bulan Oktober hingga bulan Mei, sedangkan bulan kering terjadi pada bulan Juni hingga September. Nilai curah hujan maksimum adalah 198,5 mm per hari (Gambar 2). Dengan total curah hujan yang tertinggi didapatkan pada tahun 2000 yaitu sebesar 4613,43 mm per tahun. Sedangkan curah hujan total yang terendah terdapat pada tahun 1994 yaitu sebesar 4023,1 mm per tahun.

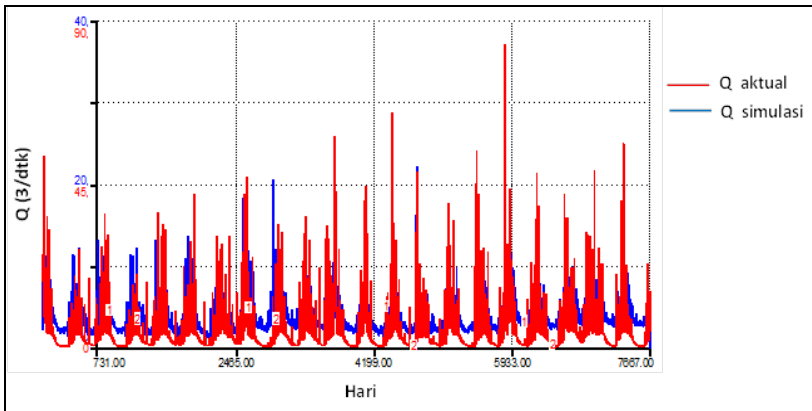


Gambar 2. Pola hujan DAS Konto tahun 1994 – 2012

Simulasi Genriver

Permodelan GenRiver digunakan untuk mempelajari hubungan perubahan penggunaan lahan, curah hujan, dan debit sungai pada suati DAS pada tahun 1994, 2000, 2006, dan 2012. Hasil simulasi model didapatkan nilai Q simulasi yang memiliki pola yang sama dengan Q aktual (Gambar 3). Validasi model dapat dilakukan dengan membandingkan debit hasil simulasi model dengan debit aktual pada

tahun 1994, 2000, 2006, dan 2012. Hasil validasi yang didapatkan dari analisis debit selama 18 tahun menunjukkan nilai yang cukup baik dengan nilai R^2 sebesar 0,56 pada 1994, 0,64 pada 2000, 0,56 pada 2006, dan 0,59 pada 2012. Dapat disimpulkan bahwa model GenRiver dapat digunakan untuk analisis perubahan penggunaan pada DAS Konto.



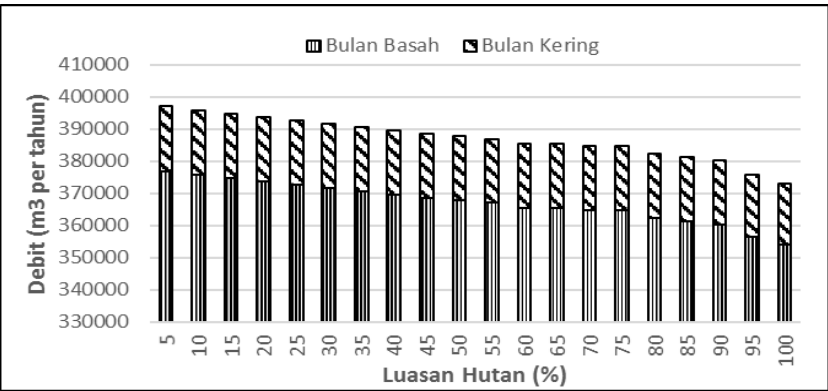
Gambar 3. Pola Debit Hasil Pengukuran dan Debit Hasil Simulasi Model GenRiver

Perubahan Debit Akibat Skenario Penggunaan Lahan

Pada skenario peningkatan hutan didapatkan hasil debit simulasi yang semakin meningkat apabila luasan hutan meningkat. Hal tersebut sependapat dengan Farida dan Van Noordwijk, 2004 yang menyatakan bahwa skenario yang menggunakan hutan sebagai satu – satunya tutupan lahan menghasilkan debit sungai yang paling kecil. Menurut Wahid 2001 debit merupakan fungsi dari faktor topografi, tanah, hutan, non hutan dan cutah hujan. Faktor penutupan lahan peka terhadap debit sungai begitu juga sebaliknya.

Berdasarkan hasil simulasi terjadi penurunan nilai debit dari skenario 5% hutan menjadi 100% hutan sebesar kurang lebih 24.005 m³ per tahun. Berdasarkan simulasi hasil terbaik didapatkan nilai total debit paling kecil adalah pada skenario 20 dengan total luasan hutan sebesar

100% dari total keseluruhan wilayah DAS Konto, nilainya adalah sebesar 373100 m3/tahun.



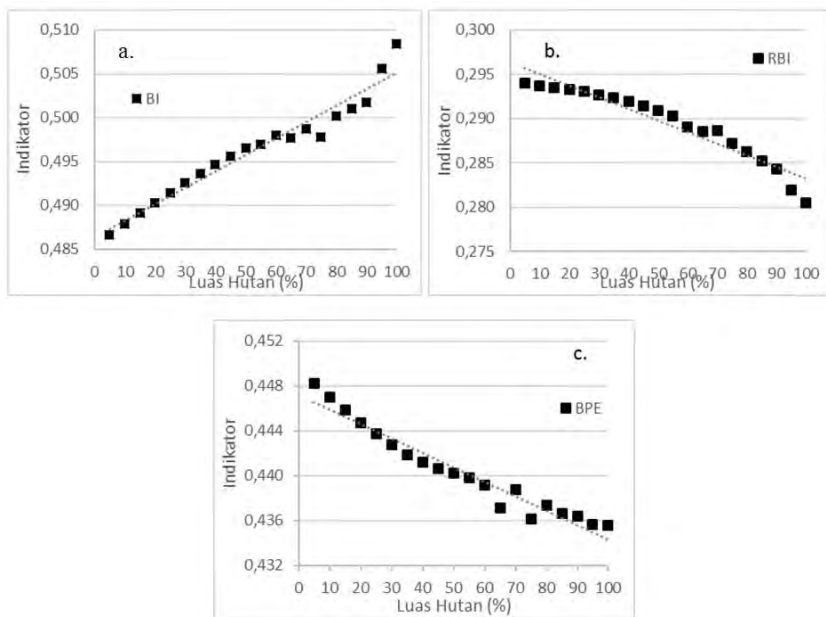
Gambar 4. Grafik total debit tahunan pada beberapa skenario luasan hutan dalam bulan basah dan bulan kering.

Perubahan Indikator DAS Akibat Skenario Penggunaan Lahan

Hasil perhitungan hasil simulasi skenario didapatkan hasil meningkatnya nilai indikator penyangga seiring dengan peningkatan luasan hutan atau berkorelasi positif. Artinya adalah setiap peningkatan luasan hutan akan meningkatkan kapasitas menyangga dari sungai. Hal tersebut berbanding terbalik dengan nilai indikator penyangga relatif yang nilainya semakin menurun apabila luas lahan hutan ditingkatkan. Nilai indikator penyangga pada puncak kejadian hujan pada hasil skenario relatif menurun apabila luasan hutan semakin ditingkatkan.

Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai indikator DAS pada beberapa skenario tidak berbeda nyata namun menunjukkan korelasi positif pada indikator penyangga (*Buffering Indicator*) dan korelasi negatif pada indikator penyangga relatif (*Relative Buffering Indicator*) dan indikator penyangga puncak (*Buffering Peak Event*) kejadian hujan. Korelasi negatif ini terjadi sebab langkah yang digunakan untuk mencari indikator penyangga relatif dan indikator penyangga puncak kejadian hujan adalah dengan

membandingkan nilai debit dengan nilai curah hujan. Nilai debit dari skenario 1 hingga skenario 20 mengalami penurunan sehingga membuat nilai indikator penyangga relatif dan indikator penyangga puncak kejadian hujan ber korelasi negatif dengan peningkatan luasan lahan.



Gambar 5. Grafik hubungan indikator DAS (a) indikator penyangga (*Buffering Indicator*) (b) indikator penyangga relatif (*Relative Buffering Indicator*) dan (c) indikator penyangga puncak (*Buffering Peak Event*) kejadian hujan dengan persentase luasan hutan

Perubahan Cadangan Air DAS Akibat Skenario Penggunaan Lahan

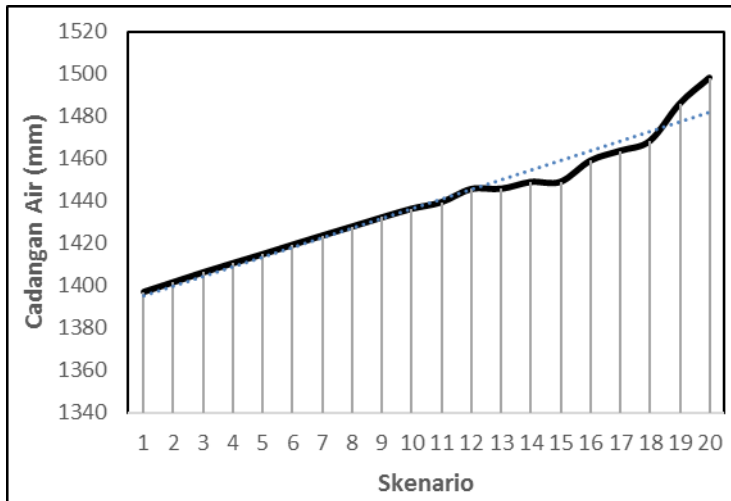
Total cadangan air dalam suatu DAS didapatkan dari pengurangan input masukan air dalam DAS dengan keluaran air yaitu penguapan (evapotranspirasi) dan debit aliran sungai meliputi aliran dasar (*base flow*), aliran cepat air tanah (*soil quick flow*) dan aliran permukaan (*surface quick flow*) (van Noordwijk, 2011). Simulasi skenario mendapatkan hubungan positif antara peningkatan luasan hutan

dengan total cadangan air dalam DAS. Peningkatan paling besar terjadi pada skenario 100 dengan nilai peningkatan sebesar 12,27 mm apabila dibandingkan dengan skenario sebelumnya. Sedangkan untuk skenario peningkatan terburuk terjadi pada luasan lahan sebesar 75 % yaitu sebesar 0,08 mm (Tabel 2).

Tabel 2. Jumlah cadangan air pada skenario penambahan luasan hutan

Luas Hutan (%)	Cadangan Air (mm)	Luas Hutan (%)	Cadangan Air (mm)
5	1396,96	55	1439,40
10	1401,61	60	1445,61
15	1406,23	65	1445,72
20	1410,60	70	1448,95
25	1414,84	75	1449,03
30	1419,27	80	1459,05
35	1423,63	85	1463,69
40	1427,86	90	1468,39
45	1432,20	95	1485,98
50	1436,32	100	1498,25

Gambar 8 menunjukkan bahwa apabila luasan hutan semakin ditingkatkan maka total cadangan air akan semakin bertambah, namun perbedaan yang terjadi pada skenario penggunaan lahan tidak begitu signifikan terhadap perubahan cadangan air. Nilai cadangan air sangat dipengaruhi oleh nilai total debit hasil simulasi skenario, maka apabila nilai dari total debit hasil skenario tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara tidak langsung hal tersebut juga akan mempengaruhi nilai cadangan air dalam DAS. Pada beberapa penelitian skala DAS menunjukkan peningkatan volume aliran air dan debit puncak setelah penebangan hutan, namun pada penelitian lain menyatakan bahwa perubahan vegetasi tidak begitu berpengaruh terhadap nilai debit total (Asdak 2010). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengaruh tata guna lahan dalam tata air hanya dapat terjadi pada DAS dengan luasan sempit (Junaidi dan Tarigan, 2011). Jadi dapat disimpulkan bahwa perubahan vegetasi dan debit aliran sungai sangat dipengaruhi karakteristik DAS atau *site specific*.



Gambar 6. Cadangan air DAS pada beberapa skenario penggunaan lahan

IV. KESIMPULAN

1. Berdasarkan nilai R-Square (R^2) sebesar 0,56 pada 1994, 0,64 pada 2000, 0,56 pada 2006, dan 0,59 pada 2012 permodelan GenRiver dapat diaplikasikan pada daerah penelitian. Keadaan ini didukung dengan adanya kesamaan pola debit simulasi dan pola debit aktual.
2. Nilai indikator penyangga (*buffering indicator*) memiliki korelasi yang positif dengan peningkatan presentase hutan. Korelasi negatif ditunjukkan nilai indikator penyangga relatif (*relative buffering indicator*) dan indikator penyangga kejadian puncak hujan (*buffering peak event*). Hal ini disebabkan oleh karena adanya penurunan nilai debit total skenario penggunaan lahan.
3. Nilai cadangan air pada skenario peningkatan luasan hutan mengalami peningkatan yang disebabkan oleh penurunan nilai debit akibat peningkatan luasan hutan.
4. Skenario perubahan peningkatan luasan hutan pada DAS Konto tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap total debit dan indikator DAS. Ini disebabkan oleh karena skenario perubahan tutupan lahan sangat *site specific* dan dipengaruhi oleh karakteristik DAS.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Farida dan Van Noordwijk, Meine. 2004. Analisis Debit Sungai Akibat Alih Guna Lahan dan Aplikasi Model GenRiver pada DAS Way Besai, Sumberjaya. Jurnal Agrivita vol. 26 no.1.
- Handayani W dan Yonki I. 2011. Analisis Hubungan Curah Hujan dan Debit Sub DAS Ngatabaru, Sulawesi Tengah. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam Vol. 8 No. 2 : 143-153.
- Junadi Edy dan Tarigan Dharma. 2011. Pengaruh Hutan Dalam Pengaturan Tata Air dan Proses Sedimentasi Daerah Aliran Sungai (DAS): Studi Kasus di DAS Cisadane. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam Vol. 8 No. 2 : 155-176.
- Kurniawan S, Prayogo C, Widiyanto, Zulkarnain MT, Lestari ND, Aini FK, Hairiah K. 2010. Estimasi Karbon Tersimpan di Lahan-lahan Pertanian di DAS Konto, Jawa Timur: RACSA (Rapid Carbon Stock Appraisal). Working paper 120. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Program. Sitanala, Arsyad. 2009. Konservasi Tanah dan Air
- Munir, M. 1996. Tanah – Tanah Utama Indonesia, Karakteristik, Klasifikasi dan Pemanfaatannya. Pustaka Jaya. Jakarta.
- Sasminto et.al. 2014. Analisis Spasial Penentuan Iklim Menurut Klasifikasi Schmidt-Ferguson dan Oldeman di Kabupaten Ponorogo. Jurnal Sumberdaya Alam & Lingkungan.
- Triwanto, Joko. 2012. Konservasi Lahan Hutan dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. UMM Press. Malang.
- Van Noordwijk M, Widodo RH, Farida A, Suyanto D, Luasiana B, Tanika L, Khasanah N. 2011. GenRiver and FlowPer: Generic River Flow Persistence Models. User Manual Version 2.0. Bogor, Indonesia :World Agroforestry Center (ICRAF).
- Wahid, Abdul. 2009. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Debit Sungai Mamasa. Jurnal SMARTek, Vol. 7, No. 3, Agustus 2009: 204 – 218.
- Wibowo, Mardi. 2005. Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Sungai (Studi Kasus Sub-DAS Cikapundung Gandok, Bandung). Jurnal Teknik Lingkungan P3TL-BPPT. 6 (1) : 283-290.

ANALISIS KONDISI HIDROLOGI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) WAY BESAI BAGIAN HULU DENGAN MENGGUNAKAN MODEL 'FLOW PERSISTENCE'¹

Oleh :

Lisa Tanika², Meine van Noordwijk³ dan Betha Lusiana⁴

²Watershed modeler, World Agroforestry Centre (ICRAF), l.tanika@cgiar.org

³Principal Scientist and Chief Science Advisor, ICRAF, M.vanNoordwijk@cgiar.org

⁴Ecological Modeling Unit Leader, ICRAF, b.lusiana@cgiar.org

ABSTRAK

Penilaian hidrologi melalui pendekatan yang sederhana seperti FlowPer, dapat mengatasi permasalahan terkait dengan *error* yang ditimbulkan akibat banyaknya data input yang dibangkitkan atau diduga dalam model hidrologi. Model *Flow Persistence* (FlowPer) merupakan suatu model yang didasarkan pada autokorelasi antara debit hari ini dengan hari berikutnya. Model ini menghitung nilai FlowPer (FP) yang menunjukkan kecenderungan atau perilaku debit sungai, dimana nilai FP=0 yang berarti debit sangat tidak beraturan dan FP=1 yang debit sangat stabil. Oleh karena itu, nilai FP dapat memberikan informasi mengenai kondisi fungsi Daerah Aliran Sungai (DAS). Data sub-DAS Way Besai bagian hulu (415 km²), Lampung digunakan untuk menguji kemampuan model FlowPer menggunakan tiga skenario perubahan tutupan lahan; aktual (kondisi yang sebenarnya), deforestasi (mewakili kondisi DAS yang mengalami kerusakan) dan reforestasi (mewakili kondisi DAS yang mengalami perbaikan). Terdapat tiga tahap utama dalam penelitian ini: (1) kalibrasi dan validasi model GenRiver, (2) simulasi debit menggunakan model GenRiver dan (3) menghitung nilai FP berdasarkan debit hasil simulasi menggunakan model FlowPer. Hasil simulasi model FlowPer selama 31 tahun (1976-2006) pada kondisi aktual dan deforestasi memiliki rata-rata nilai FP yang sama, yaitu 0.85. Namun demikian, perubahan nilai FP pada kondisi deforestasi memiliki tren menurun, sedangkan kondisi aktual relatif stabil. Hasil simulasi model FlowPer pada kondisi reforestasi menunjukkan rata-rata nilai FP yang lebih tinggi dibandingkan dua kondisi yang lain, yaitu 0.88, yang berarti memiliki debit sungai yang lebih stabil. Jadi berdasarkan hasil analisis nilai FP pada ketiga kondisi, disimpulkan bahwa model FlowPer dapat digunakan sebagai alat untuk menilai kondisi hidrologi suatu DAS.

Kata kunci: fungsi hidrologi, GenRiver, FlowPer

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Menjaga dan memperbaiki fungsi hidrologi suatu di Daerah Aliran Sungai (DAS) menjadi perhatian pamangku kepentingan daerah, khususnya pemerintah setempat. Untuk itu adanya alat dan indikator yang dapat digunakan untuk menilai baik tidaknya fungsi hidrologi suatu DAS sangatlah penting. Salah satu cara untuk menilai kondisi DAS adalah dengan menggunakan model hidrologi. suatu model hidrologi yang merupakan tiruan suatu sistem hidrologi menjadi sangat konplek karena terdapat banyak komponen dan proses yang terlibat. Knight *et al.* (2011) dalam tulisannya menyebutkan terdapat empat kelompok utama yang mempengaruhi respon fungsi hidrologi: iklim, bentuk fisik bentang lahan, indikator wilayah dan penggunaan lahan. Lebih lanjut, Knight juga menyebutkan dari keempat kelompok tersebut, indikator wilayah dan iklim merupakan paremater yang paling berpengaruh. Oleh karena itu, sering kali penggunaan model hidrologi untuk mensimulasikan kondisi DAS terkendala oleh ketidaktersediaan data. Hal ini akan menyebabkan peningkatkan kesalahan (*error*) akibat digunakannya data yang diduga atau dibangkitkan (*generated*). Melalui tulisan ini, kami ingin memperkenalkan model sederhana yang tidak membutuhkan banyak input data namun bisa memberikan keluaran yang dapat digunakan sebagai indikator baik tidaknya fungsi hidrologi suatu DAS. Model ini kami namakan '*Flow Persistence*' (FlowPer)', yang dapat memberikan gambaran secara cepat mengenai kondisi DAS berdasarkan pola data debit harian Model ini diharapkan dapat membantu pemangku kepentingan, terutama mereka yang tinggal dibagian hilir, dalam melakukan pemantauan terhadap kondisi hidrologi wilayah mereka.

Terdapat dua tujuan dalam tulisan ini: (1) untuk melihat kemampuan model FlowPer dalam melakukan penilaian terhadap kondisi DAS dan (2) melihat dampak deforestasi dan reforestasi terhadap kondisi DASi yang digambarkan melalui nilai kestabilan aliran atau *Flow Persistence value* (FP).

Model hidrologi GenRiver digunakan untuk mensimulasikan debit pada tiga kondisi DAS yang berbeda, yakni kondisi terdegradasi (deforestasi), kondisi perbaikan (reforestasi) dan kondisi aktual sebagai pembanding.

II. METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dalam tulisan ini adalah DAS Way Besai bagian hulu (Sub-DAS Way Besai) yang berada di Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat, Propinsi Lampung. Berada di antara $4^{\circ}56'6''$ dan $5^{\circ} 11' 25''$ lintang selatan dan $104^{\circ} 17'52''$ dan $103^{\circ} 33'$ dan $51''$ bujur timur, dengan ketinggian antara 720-1831 meter diatas permukaan laut, Sub-DAS Way Besai mempunyai luas area 415 km². Jenis tanah yang mendominasi area ini adalah Inseptisols dan sebagian berupa Entisols dengan lebih dari 70% tipe tutupan lahan didominasi oleh perkebunan kopi.

B. Metode

Tahapan analisis penilaian kondisi hidrologi Sub-DAS Way Besai dengan menggunakan model FlowPer antara lain:

1. Pengumpulan data-data iklim, hidrologi dan spatial yang diperlukan untuk simulasi model Genriver
2. Kalibrasi dan validasi model GenRiver
3. Mensimulasikan model GenRiver untuk memperoleh debit dan neraca air pada kondisi aktual, deforestasi dan reforestasi
4. Mensimulasikan model FlowPer untuk memperoleh nilai FP pada kondisi aktual, deforestasi dan reforestasi
5. Analisis hasil model GenRiver dan FlowPer pada kondisi aktual, defoerstasi dan reforestasi

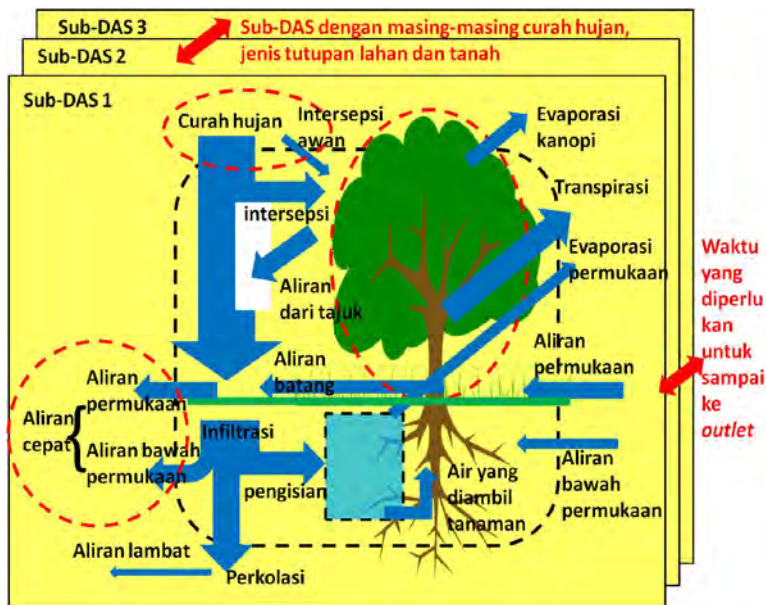
C. Model GenRiver

Model Generic Riverflow (GenRiver) merupakan suatu model sederhana yang mensimulasikan aliran sungai pada suatu DAS. Model ini dikembangkan oleh World Agroforestry Centre (ICRAF) untuk membantu menilai kondisi suatu DAS dari sisi pengetahuan ekologi ahli hidrologi.

GenRiver telah diaplikasikan pada berbagai kondisi DAS baik di Indonesia maupun di luar Indonesia dengan luasan antara 6.3 - 9,861 km² (Lusiana et al. 2008a; Lusiana et al. 2008b; Khasanah et al. 2010; Nugroho 2010; Van Noordwijk et al. 2011).

Inti model Genriver adalah neraca air yang ada pada tingkat plot, yang bersumber dari hujan tingkat lokal serta dimodifikasi berdasarkan tutupan lahan dan perubahannya serta karakter jenis tanah (Gambar 1). Hasil dari skala plot ini adalah aliran permukaan (*surface flow*), aliran cepat (*soil quick flow*) dan aliran lambat (*base flow*) (Van Noordwijk et al, 2011).

Selanjutnya, pemodelan aliran sungai diasumsikan sebagai penjumlahan dari ketiga aliran yang ada di permukaan dan dalam tanah (aliran permukaan, aliran cepat dan aliran lambat). Konversi dari aliran sungai di tingkat plot dan sub-DAS menjadi tingkat DAS adalah berdasarkan pada jaringan sungai dan jarak dari masing-masing sub-DAS ke outlet akhir (Van Noordwijk et al, 2011).



Gambar 1. Inti model GenRiver

D. Model FlowPer

Model *Flow Persistence* (FlowPer) merupakan model sederhana yang didasarkan pada korelasi antara debit hari ini dengan debit hari berikutnya yang ditunjukkan oleh Persamaan 1.

$$Q_{t+1} = FP Q_t + Q_{add} \quad (1)$$

Dimana Q_t and Q_{t+1} menunjukkan debit pada hari ke- t dan $t+1$, sedangkan FP merupakan nilai kesetimbangan aliran ($[0 < FP < 1]$) dan Q_{add} adalah nilai acak yang menggambarkan tambahan aliran yang berasal dari hujan saat itu.

Berdasarkan persamaan 1, nilai Q_{add} dan FP saling berhubungan. Jika $FP = 1$ dan $Q_{add} = 0$ maka debit sungai akan konstan. Sebaliknya, jika $FP=0$, maka tidak akan ada korelasi antara debit debit hari ini dan debit hari berikutnya, atau dengan kata lain, debit sungai tersebut sangat berfluktuasi bergantung pada distribusi Q_{add} atau curah hujan.

Berdasarkan persamaan kesetimbangan aliran dimana debit (Q) merupakan penjumlahan antara aliran permukaan (Q_s), aliran cepat (Q_i) dan aliran lambat (Q_b) (Persamaan 3). Maka nilai total FP bergantung pada nilai FP untuk masing-masing komponen aliran (Persamaan 3).

$$FP = (Q_{t+1} - Q_{add}) / Q_t \quad (2)$$

$$Q = Q_s + Q_i + Q_b \quad (3)$$

$$FP Q = FP_s Q_s + FP_i Q_i + FP_b Q_b \quad (4)$$

$$FP Q = FP_s Q_s + FP_i Q_i + Q_b \quad (5)$$

Dimana FP_s , FP_i , FP_b merupakan nilai FlowPer pada aliran permukaan, aliran cepat dan aliran lambat. Karena aliran lambat memiliki sifat yang cenderung lambat dan stabil maka FP_b mendekati 1 ($FP_b \approx 1$) sehingga Persamaan 4 menjadi Persamaan 5. Sedangkan aliran permukaan dan aliran cepat bergantung pada curah hujan maka FP_s dan FP_i dapat diwakili

oleh nilai ketahanan curah hujan (*rain persistence* atau RP). Gabungan antara persamaan 2,3 dan 5 menjadi Persamaan (6)

$$FP= RP (Q-Q_b)/Q + Q_b/Q \tag{6}$$

Jika input yang tersedia untuk model FlowPer hanya berupa nilai debit maka perhitungan nilai FP hanya menggunakan Persamaan 2. Nilai FP dihitung dengan menggunakan membuat grafik *scatter plot* antara Q_t and Q_{t+1} .

E. Input

Input yang digunakan dalam tulisan ini antara lain data iklim, debit, tutupan lahan, jenis tanah, dan DEM (Tabel 1). Input-input tersebut diperlukan untuk mensimulasikan neraca air sebagai dampak perubahan tutupan lahan dengan Model GenRiver.

Tabel 1. Input model GenRiver yang digunakan untuk mensimulasikan debit Sub-DAS Way Besai

Data		Tahun	Sumber
Iklim	Curah hujan harian	1976-2007	BMG ¹⁾ , PU ²⁾ , PLN ³⁾ ,
	Suhu harian	BMG (1976-2007)	BMG1
DEM	Peta DEM		ICRAF Indonesia ⁴⁾
Tutupan lahan	Landsat MSS & ETM	1976 dan 2007	ICRAF Indonesia
Geologi	Geologi 1:250000		ICRAF Indonesia
Tanah	Unit peta tanah 1:250.000	2003	CSAR
	Debit harian dari stasiun Petai	1976-1997, 1999, 2005, 2006	PU ²

Catatan: 1) Badan Meteorologi dan Geofisika, 2) Dinas Pekerjaan Umum, 3) Perusahaan Listrik Negara dan 4)World Agroforestry Centre

F. Kalibrasi dan validasi model

Tujuan dari kalibrasi adalah untuk menentukan nilai sekelompok parameter, sehingga hasil simulasi debit oleh model mendekati nilai debit yang sebenarnya (Kobold, 2008). Validasi model dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mendekati kondisi DAS yang

sebenarnya. Kriteria yang digunakan untuk evaluasi kemampuan model, yaitu *Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)* (reference) dan *relative error*. Proses kalibrasi dan validasi menggunakan 25 tahun data sesuai dengan data debit yang tersedia (1976-1997, 1999, 2005 dan 2006)..

G. Skenario

Skenario perubahan tutupan lahan dibuat dengan tujuan untuk mewakili berbagai kondisi DAS yang mungkin terjadi yaitu kondisi terdegradasi melalui deforestasi, kondisi DAS mengalami perbaikan melalui reforestasi dan kondisi aktual sebagai pembanding. Melalui ketiga kondisi tersebut akan dilihat bagaimana dampak perubahan lahan tersebut terhadap fluktuasi debit yang digambarkan dengan nilai FP.

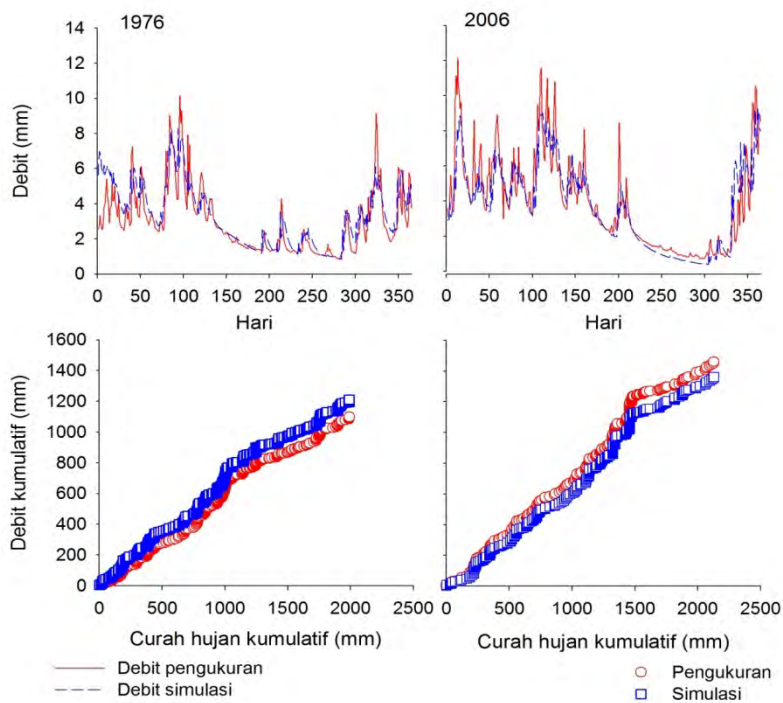
Skenario kondisi aktual kondisi adalah perubahan tutupan lahan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya pada tahun 2007. Kondisi deforestasi yaitu jika pada tahun 2007, seluruh area hutan, belukar, padang rumput dan persawahan dibuka dan diganti menjadi perkebunan kopi terbuka, sedangkan pada skenario reforestasi seluruh area perkebunan kopi, padang rumput dan persawahan yang ada pada kondisi aktual dikembalikan menjadi area hutan. Besarnya perubahan lahan untuk masing-masing area pada kondisi aktual, deforestasi dan reforestasi ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Skenario tutupan lahan yang digunakan dalam simulasi model GenRiver di Sub-DAS Way Besai

Land Cover Type	Area tutupan lahan (km ²)			
	1976	2007		
		Aktual	Deforestasi	Reforestasi
Kopi terbuka	37.59	16.18	137.40	0.00
Belukar dan padang rumput	16.84	54.89	0.00	0.00
Hutan	42.76	76.43	0.00	137.22
Kopi dengan naungan sederhana ¹	54.58	69.41	54.58	54.58
Kopi dengan naungan kompleks	200.24	149.68	200.24	200.24
Hortikultur	10.37	0.17	10.37	10.37
Sawah	40.22	33.72	0.00	0.00
Pemukiman	11.99	13.90	11.99	11.99
TOTAL	414.56	414.39	414.56	414.39

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses kalibrasi dan validasi model GenRiver untuk Sub-DAS Way Besai menggunakan 25 tahun data debit (1976-2007). Hasil kalibrasi dan validasi memperoleh 16 dari 25 tahun simulasi menunjukkan kriteria nilai Nash Suttcliffe (NSE) antara 0.5-0.75 dengan kriteria ‘cukup’ hingga ‘sangat baik’ (Moriassi *et al.*, 2001) dan *relative error* kurang dari 20%. Hal ini berarti model GenRiver dengan nilai-nilai parameter yang telah dikalibrasi dapat digunakan untuk mensimulasikan kondisi Sub-DAS Way Besai. Gambar 2 merupakan contoh hasil kalibrasi dan validasi model GenRiver tahun 1976 dan 2006.

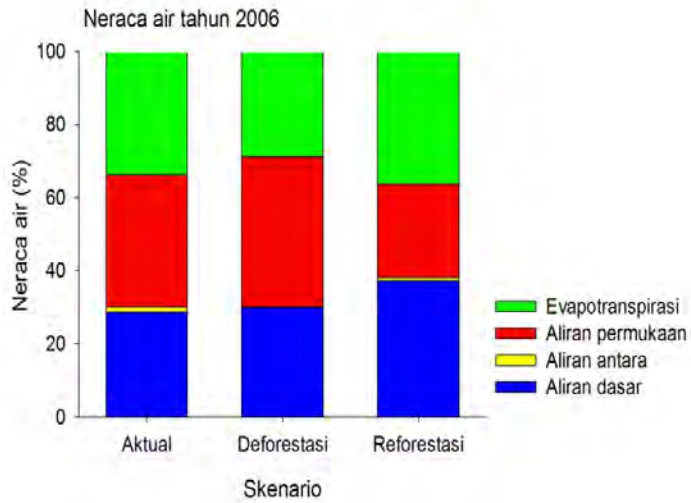


Gambar 2. Perbandingan hidrograf dan kurva massa ganda (*double mass-curve*) antara debit pengukuran dan hasil simulasi model GenRiver tahun 1976 dan 2006

Curah hujan yang digunakan dalam simulasi ini bervariasi antara 1434-3277 mm dengan rata-rata 2515 mm pertahun. Hasil simulasi neraca air dengan Model GenRiver pada kondisi aktual, deforestasi dan reforestasi dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 3. Neraca air hasil simulasi model Genriver selama 31 tahun simulasi (1976-2006) menunjukkan bahwa, kondisi reforestasi meningkatkan evapotranspirasi dan aliran lambat sebesar 2.6% dan 6.7% dari kondisi aktualnya serta menurunkan tingkat aliran permukaan sebesar 10% dari kondisi aktualnya. Sebaliknya kondisi deforestasi meningkatkan aliran permukaan sebesar 4.9% dan menurunkan evapotranspirasi dan aliran lambat sebesar 4.9% dan 1.2% dari kondisi aktualnya.

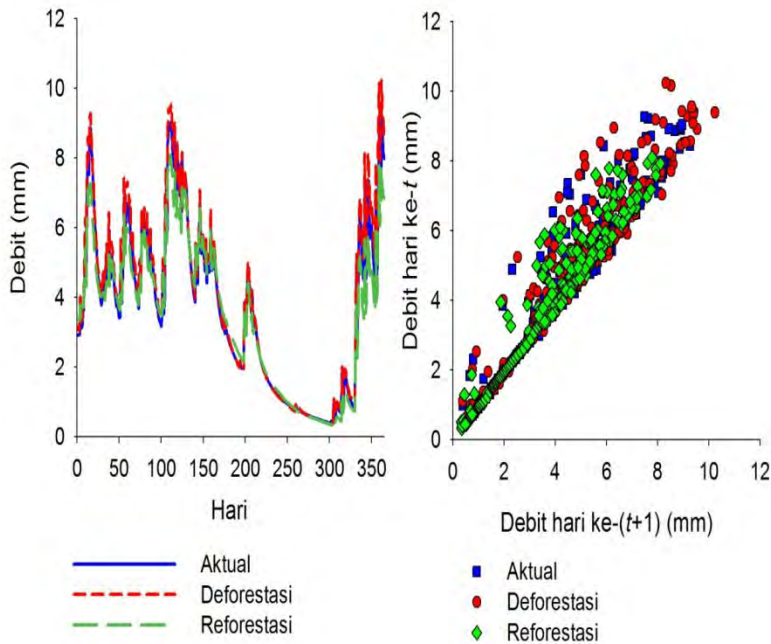
Tabel 3. Neraca air tahun 2006 pada kondisi Aktual, Deforestasi dan Reforestasi hasil simulasi model GenRiver

Komponen Neraca Air	Aktual		Deforestasi		Reforestasi	
	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
Curah hujan	2129		2129		2129	
Evapotranspirasi	717	33.7	613	28.8	772	36.3
Aliran permukaan	773	36.3	877	41.2	546	25.7
Aliran cepat	29	1.3	3	0.1	19	0.9
Aliran lambat	598	28.1	606	28.5	740	34.8
Air yang disimpan dalam tanah	12	0.6	30	1.4	51	2.4



Gambar3. Grafik perbandingan neraca air tahun 2006 pada kondisi aktual, deforestasi dan reforestasi hasil simulasi model GenRiver.

Perbandingan hidrograf kondisi aktual, deforestasi dan reforestasi menunjukkan bahwa kondisi deforestasi mempunyai aliran permukaan yang lebih tinggi sehingga menyebabkan fluktuasi debit yang lebih besar dibandingkan kondisi aktual dan reforestasi (Gambar 4 kiri). Kondisi ini dipertegas melalui grafik antara debit hari ini dengan hari berikutnya (debit hari ke- t dan hari ke- $(t+1)$) yang menunjukkan bahwa grafik pada kondisi deforestasi lebih tersebar dibandingkan dua kondisi yang lain (Gambar 4, kanan). Hal ini menunjukkan adanya peningkatan aliran permukaan yang menyebabkan debit menjadi lebih fluktuatif yang disebabkan oleh deforestasi.



Gambar 4. Perbandingan hidrograf (kiri) dan plot debit hari ke- t dan hari ke- $(t+1)$ (kanan) pada kondisi aktual, deforestasi dan reforestasi hasil simulasi model GenRiver.

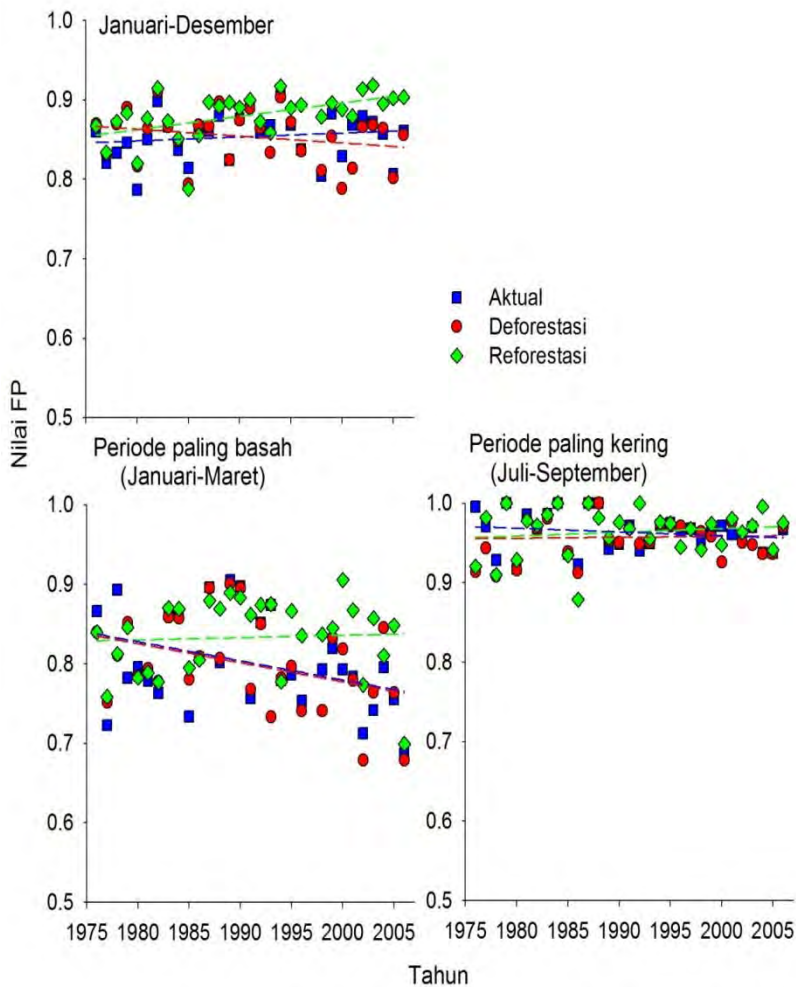
Rata-rata nilai FP hasil simulasi model FlowPer selama 31 tahun (1976-2006) menunjukan bahwa kondisi aktual mempunyai nilai rata-rata FP yang sama dengan kondisi deforestasi yaitu sebesar 0.85. Namun, perubahan

nilai FP selama 31 tahun pada kondisi deforestasi mempunyai kecenderungan menurun, sedangkan pada kondisi aktual mempunyai kecenderungan stabil (Gambar 5, atas). Nilai FP rata-rata kondisi reforestasi selama 31 tahun adalah sebesar 0.88 dengan kecenderungan meningkat. Hal ini berarti bahwa kondisi reforestasi dapat membuat debit menjadi lebih stabil.

Analisis lebih lanjut dilakukan dengan menghitung nilai FP pada periode paling basah yaitu bulan Januari-Maret dan periode paling kering pada bulan Juli-September. Pembagian kedua periode ini berdasarkan total curah hujan tri-wulan. Periode paling basah antara bulan Januari-Maret mempunyai total curah hujan antara 350-1159 mm dan rata-rata 848 mm. Sedangkan periode paling kering pada bulan Juli-September mempunyai total curah hujan antara 15-645 mm dan rata-rata 323 mm.

Kondisi reforestasi menyebabkan kecenderungan nilai FP yang meningkat selama 31 tahun simulasi dengan nilai FP rata-rata adalah 0.83. Sedangkan kondisi aktual dan deforestasi memiliki nilai FP yang cenderung turun selama 31 tahun simulasi dengan nilai rata-rata 0.80 dan 0.79 (Gambar 5, kiri bawah). Hal ini berarti bahwa kondisi reforestasi dapat menurunkan tingkat fluktuasi debit di Sub-DAS Way Besai dibandingkan dengan kondisi aktualnya pada periode paling basah.

Berbeda dengan periode paling basah, nilai FP pada periode paling kering (Juli-September) pada kondisi aktual, deforestasi dan reforestasi menunjukkan mempunyai nilai rata-rata yang sama yaitu sebesar 0.96 dengan kecenderungan yang tetap stabil selama 32 tahun (Gambar 5, kanan bawah).



Gambar 5. Nilai FP hasil simulasi model FlowPer untuk dalam 1 tahun data (Januari-Desember) (atas), periode bulan paling basah (Januari-Maret) (kiri bawah) dan periode bulan paling kering (Juli-September) (kanan bawah)

IV. KESIMPULAN

Nilai FP yang dihitung dengan menggunakan model FlowPer dapat digunakan untuk menilai fungsi hidrologi Daerah Aliran Sungai. Hal ini ditunjukkan dengan nilai FP rata-rata pada kondisi reforestasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi aktual dan deforestasi. Walaupun kondisi deforestasi dan kondisi aktual mempunyai nilai FP rata-rata yang sama, namun keduanya mempunyai kecenderungan perubahan yang berbeda selama 31 tahun simulasi. Perubahan nilai FP pada kondisi deforestasi mempunyai kecenderungan yang menurun.

Perbedaan nilai FP pada ketiga kondisi menjadi lebih jelas pada saat periode paling basah (Januari-Maret). Perubahan nilai FP pada kondisi reforestasi mempunyai kecenderungan tetap stabil jika dibandingkan kondisi deforestasi dan aktual.

DAFTAR PUSTAKA

- Khasanah K, Mulyoutami E, Ekadinata A, Asmawan T, Tanika L, Said Z, Van Noordwijk M, Leimona B. 2010. *A Study of Rapid Hydrological Appraisal in the Krueng Peusangan Watershed, NAD, Sumatra*. Working paper nr.123. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre.
- Knight, R.R., Gain, W.S., and Wolfe, W.J., 2011, Modelling ecological flow regime: An example from the Tennessee and Cumberland River Basins: *Ecohydrology*, DOI: 10.1002/eco.246.
- Kobold, M., Suselj, K., Polajnar, j. dan Pogacnik, N., 2008, Calibration Techniques Used For HBV Hydrological Model In Savinja Catchment, XXIVth Conference Of The Danubian Countries On The Hydrological Forecasting And Hydrological Bases Of Water Management
- Lusiana B, Widodo R, Mulyoutami E, Nugroho DA and Van Noordwijk M. 2008b. *Assessing Hydrological Situation of Talau Watershed, Belu*

Regency, East Nusa Tenggara. Working Paper No. 58. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre.

Lusiana B, Widodo R, Mulyoutami E, Nugroho DA, Van Noordwijk M. 2008a. *Assessing Hydrological Situation of Kapuas Hulu Basin, Kapuas Hulu Regency, West Kalimantan*. Working Paper No. 57. Bogor, World Agroforestry Centre.

Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., dan Veith, T.L., 2001, Model Evaluation Guidelines, For, Systematic Quantification Of Accuracy In Watersshed Simulations, *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 20(3):885-900.

Nugroho P. 2010. *Prediksi Perubahan Neraca Air Nengan Model GenRiver (Studi Kasus di Sub DAS Goseng Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah)* [tesis]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Van Noordwijk, M., Widodo, R.H., Farida, A., Suyamto, D.A., Lusiana, B., Tanika, L. dan Khasanah, N., 2011. *GenRiver and FlowPer User Manual Version 2.0*. Bogor. Bogor Agroforstry Centre Southeast Asia Regional Program. hlm 117.

PENGARUH KARAKTERISTIK DAS TERHADAP POLA ALIRAN BANJIR DAS LENGAYANG PROVINSI SUMATERA BARAT¹

Oleh :

Tri Susanti²⁾, Mamok Suprpto³⁾, Adi Yusuf Muttaqien⁴⁾

²⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{3), 4)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: trisusanti1991@yahoo.co.id

ABSTRAK

Galodo merupakan peristiwa banjir dengan pergerakan massa material debris secara gravitasi. Aliran debris (*debris flow*) adalah aliran campuran antara air dengan sedimen konsentrasi tinggi, mengalir dengan membawa batu-batu besar dan batang-batang pohon. Berkurangnya lahan hijau, menyebabkan infiltrasi air hujan berkurang. Akibatnya, puncak debit sungai juga meningkat. Mengingat terdapat banyak karakter sungai dan pola banjir, diperkirakan ada suatu hubungan yang erat antara karakter DAS dan Pola Aliran. Hubungan ini sangat penting untuk diketahui khususnya untuk sungai-sungai yang berada di wilayah Sumatera Barat. Sehingga, bencana yang mungkin timbul dari tiap sungai yang memiliki karakter tertentu dapat diantisipasi. Kajian dilakukan di DAS Lengayang Provinsi Sumatera Barat, untuk mengetahui karakteristik DAS dan pola aliran banjir. Karakteristik DAS yang ditinjau meliputi: jenis tanah, tata guna lahan, luas, kemiringan, ketinggian, keliling, panjang, bentuk, ordo sungai, pola aliran, kerapatan pengaliran, *bifurcation ratio*, serta rasio frekuensi orde sungai. Pola aliran banjir didekati menggunakan rumus empiris yaitu hidrograf satuan. Mengingat tidak ada data tinggi muka air, maka untuk kalibrasi digunakan pendekatan grafik Creager. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran sungai DAS Lengayang termasuk pola aliran paralel dengan kerapatan pengaliran sebesar 0,09/km yang mengindikasikan bahwa DAS Lengayang sering mengalami genangan. Untuk nilai *bifurcation rationya* kurang dari 3. Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan muka air sungai DAS akan cepat sedangkan penurunannya berjalan lambat.

Kata Kunci: Aliran Debris, Karakteristik DAS, Pola Aliran, Grafik Creager.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Banjir dapat disebabkan oleh alih fungsi lahan. Berkurangnya lahan hijau sebagai daerah tangkapan air hujan, menyebabkan infiltrasi air hujan berkurang. Akibatnya, puncak debit sungai meningkat. Peningkatan puncak debit sungai mengakibatkan limpasan ke beberapa ruas sungai yang relatif rendah. Limpasan tersebut dapat merusak lahan produktif dan pemukiman, bahkan seringkali timbul korban jiwa. Mengingat terdapat banyak karakter pola banjir, diperkirakan ada suatu hubungan yang erat antara karakter DAS dan Pola Aliran. Hubungan ini sangat penting untuk diketahui khususnya untuk sungai-sungai yang berada di wilayah Sumatera Barat. Sehingga, bencana yang mungkin timbul dari tiap sungai yang memiliki karakter tertentu dapat diantisipasi. Kajian dilakukan di DAS Lengayang Provinsi Sumatera Barat, tujuannya untuk ¹⁾mengetahui karakteristik DAS dan pola aliran banjir. Karakteristik DAS yang ditinjau meliputi: jenis tanah, tata guna lahan, luas, kemiringan, ketinggian, keliling, panjang, bentuk, ordo sungai, pola aliran, kerapatan pengaliran, *bifurcation ratio*, serta rasio frekuensi orde sungai. Karakteristik ini kemudian dilakukan analisis untuk ²⁾menentukan sejauh mana pengaruhnya terhadap pola banjir Lengayang sehingga dapat dilakukan rekayasa untuk mengurangi akibat yang ditimbulkan oleh bencana banjir tersebut.

II. METODOLOGI

Penelitian dilakukan berdasarkan data hidrologi dan data grafis sekunder. Dalam hal ini termasuk penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian mendiskripsikan karakter DAS Lengayang serta mendapatkan besaran debit banjir dan gambaran pola aliran banjir.

Data yang digunakan dalam penelitian diantaranya: 1) Data hujan (diperoleh dari stasiun pencatat hujan Surantih Batang Kapas, Surian, dan Sei Ipuh berupa data hujan harian dari tahun 1992-2011). 2) Data peta (berupa peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 dan peta DEM (*Digital Elevation Model*)). Data peta diperlukan untuk mengetahui batas wilayah penelitian, parameter fisik DAS, jenis tanah, kemiringan tanah (*slope*), penggunaan lahan, dan lokasi wilayah penelitian. Alat bantu yang digunakan adalah: Perangkat lunak ArcGIS versi 9.3 yang dibutuhkan untuk mendigitasi peta dasar, *perangkat*

lunak Havra digunakan untuk perhitungan analisis frekuensi dan perangkat lunak *Watershed Modeling System* untuk mendapatkan debit rencana.

Karakteristik DAS diperoleh dari menganalisis data grafis berupa peta DAS Lengayang dengan *software ArcGIS* versi 9.3. Karakteristik terdiri dari luas DAS, panjang sungai utama, keliling DAS, bentuk DAS, kemiringan lereng, ordo sungai, pola aliran sungai, kerapatan pengaliran, *bifurcation ratio*, rasio frekuensi orde sungai, jenis tanah, tata guna lahan dan *curve number*. Karakteristik DAS hanya dicermati berdasarkan informasi yang terdapat dalam peta (peta digital dari pihak Prov.Sumatera Barat).

Uji konsistensi (kepanggahan data) dilakukan untuk mengetahui bahwa data itu baik. Data hujan harian yang telah pangkah pada stasiun hujan diubah menjadi data hujan wilayah harian maksimum tahunan. Hujan wilayah yang dihasilkan kemudian dilakukan pengukuran dispersi untuk menentukan jenis agihan yang dipakai. Jenis agihan yang dipilih selanjutnya diuji kesesuaian dengan uji *Chi Square* dan uji *Smirnov Kolmogorov*. Setelah kedua pengujian dapat diterima hujan daerah dihitung dengan rumus agihan yang dipilih, maka akan didapatkan intensitas hujan, waktu konsentrasi dan hujan rancangan kala periode 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun. Analisis debit banjir dan pola aliran menggunakan model *HEC-1*, *HEC-HMS*, dan *TR-20*. Merupakan model transformasi hujan menjadi aliran. *HEC-1* digunakan untuk menghitung hidrograf banjir pada peristiwa historis dan hipotesis. *TR-20* digunakan untuk menghitung aliran permukaan dari rancangan badai. Mengarahkan aliran melalui sistem sungai DAS. *HEC-HMS* digunakan untuk menghitung transformasi hujan dan proses *routing* pada suatu sistem DAS. Model ini dapat digunakan untuk menghitung volume *runof*, *direct runoff*, *baseflow* dan *channel flow*.

Dalam perhitungan model *HEC-HMS*, *HEC-1* dan *TR-20* menggunakan metode *SCS* (*Soil Conservation Service*). Rumus model *SCS* adalah sebagai berikut (Wanielista, Kersten dan Eaglin, 1997):

$$Qp = \frac{484A}{Tp} [1]$$

dengan:

- Qp = debit puncak (cfs)
- Tp = waktu yang diperlukan untuk mencapai laju aliran puncak (jam)
- A = luas DAS (mil²)

Untuk membandingkan besaran debit maksimum *Probable Maximum Flood* (PMF) setiap model digunakan grafik Creager. Grafik Creager umumnya digunakan untuk memeriksa debit PMF (*Probable Maximum Flood*) di Kanada (Abrahamson, 2010). Grafik Creager menunjukkan hubungan antara satuan debit (Q) dan luas daerah pengaliran (A) yang memiliki bentuk cekung ke bawah pada plot log-log. Grafik Creager memiliki koefisien (C) yang dianggap sebagai ukuran daerah netral tingkat keparahan banjir. Untuk penelitian ini, nilai grafik creager yang digunakan antara C = 100 dan C = 130 karena dianggap tingkat keparahan banjir adalah tinggi. Perhitungan PMF dihitung dengan mencari besar nilai *Probable Maximum Precipitation* (PMP) menggunakan metode *statistical Hershfield* yang dianjurkan oleh *World Meteorological Organization* (WMO).

III. HASIL

1. Karakteristik DAS Lengayang

Tabel 4. Karakteristik DAS Lengayang

No	Karakteristik DAS	Keterangan
1	Jenis Tanah dan Tata Guna Lahan	Andosol dengan tata guna lahan terbesar daerah hutan dan tegalan
2	Luas DAS	448,08 km ²
3	Kemiringan/Lereng	0,2993
4	Panjang (L)	40,85 km
5	Ketinggian	Titik tertinggi 2050 m, terendah 50 m
6	Keliling	107,82 km
7	Bentuk	
	Indeks bentuk DAS, nilai Rf, Rc, Re	2,02; 0,27; 4,16; 10,97
8	Ordo Sungai (ordo 1, 2, 3, dan 4) → dilihat pada Gambar 1	Jumlah masing-masing sebesar 56, 24, 11, dan 8
9	Pola aliran sungai	Paralel
10	Kerapatan pengaliran (Dd)	0,091
11	Bifurcation Ratio (Rb) dan nilai WRb	nilai Rb 1, 2, dan 3 kurang dari 3 dengan WRb sebesar 8,54



Gambar 1. Pembagian Ordo Sungai Metode Strahler

Keterangan:

- Ordo sungai dilakukan dengan metode strahler didapatkan dengan pembagian orde sungai terendah diberikan simbol 1 dengan jumlah 56 buah, orde 2 sebanyak 24 buah, orde 3 sebanyak 11 buah, dan orde sungai paling tinggi dengan simbol 4 sejumlah 8 buah. Pembagian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.
- Pola Aliran, berdasarkan Gambar 1, dilihat dari bentuk aliran dapat disimpulkan bahwa bentuk DAS Lengayang termasuk bentuk DAS Paralel. Pola aliran sungai berperan dalam mempengaruhi besarnya debit puncak dan lama berlangsungnya debit puncak, jika dikaitkan dengan sistem aliran sungai (*drainage system*) keadaan tersebut berpengaruh terhadap percepatan gerakan limpasan dan mempermudah terjadinya erosi tanah pada DAS Lengayang.
- Kerapatan Pengaliran, perhitungan nilai indeks kerapatan sungai (D_d) DAS Lengayang didapatkan sebesar $0,091 \text{ Km}^{-1}$. Hal tersebut menunjukkan nilai kepadatan aliran DAS lebih kecil dari 1 mile^{-1} ($0,62 \text{ Km}^{-1}$), yang artinya DAS akan sering mengalami penggenangan.
- *Bifurcation ratio* (R_b), untuk nilai R_b masing-masing ordo diperoleh hasil kurang dari 3, hal tersebut menunjukkan kenaikan muka air sungai DAS akan cepat sedangkan penurunannya berjalan lambat.

2. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

a. Perhitungan Debit PMF Metode Hersfield

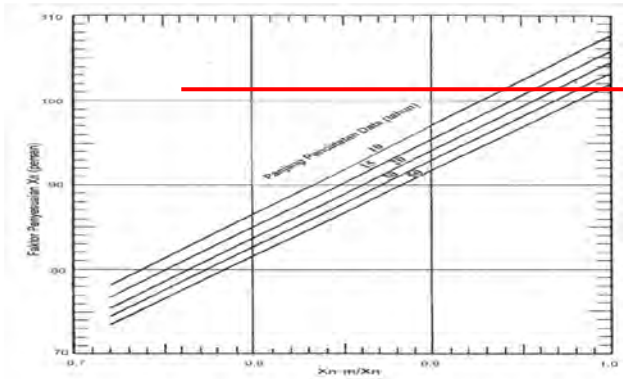
- Penentuan data hujan maksimum tahunan

Hujan Rerata Maksimum Tahunan

$$\overline{X_n} = 143,1 \text{ mm}$$

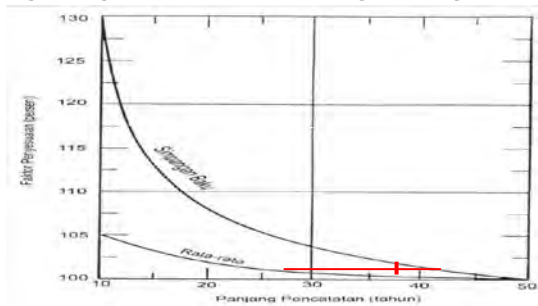
$$X_{n-m} = 139,1 \text{ mm}$$

Rasio rerata = 0.97 didapat nilai faktor koreksi rasio rerata = 101%.
 Perhitungan selanjutnya adalah menghitung faktor koreksi panjang rentang data.



Gambar 2. Grafik faktor koreksi rasio rerata

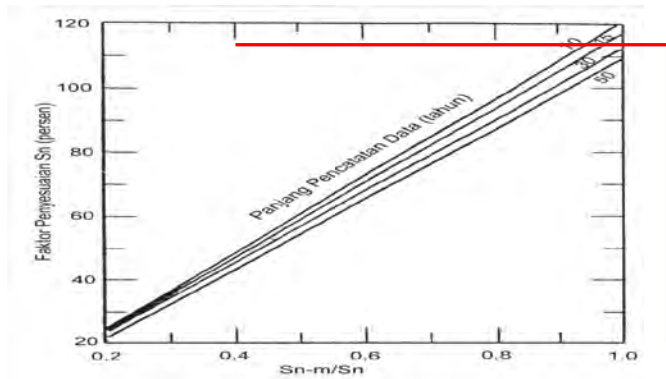
- Menghitung faktor koreksi panjang rentang data



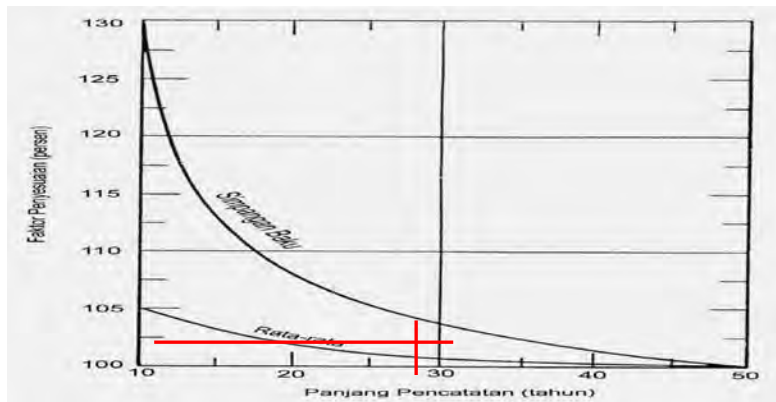
Gambar 3. Faktor Koreksi Rentang Data

Nilai Rerata setelah penyesuaian
 = \overline{X}_n x Faktor koreksi rasio rerata x Faktor koreksi panjang rentang data = 146,7 mm

- Penyesuaian standar deviasi
 Nilai $S_n = 36,2$; $S_{n-m} = 35,2$; Rasio standar deviasi = 1.00



Gambar 4. Grafik faktor koreksi rasio standar deviasi
Diperoleh faktor koreksi rasio standar deviasi = 117%.



Gambar 5. Grafik faktor koreksi panjang rentang data

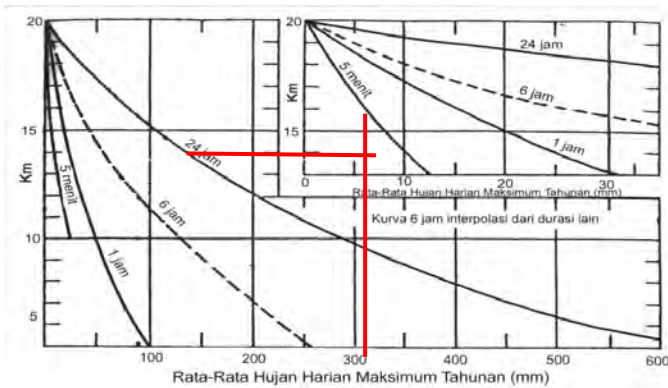
Diperoleh faktor koreksi panjang rentang data sebesar 104%.

Nilai standar deviasi setelah penyesuaian:

= $S_n \times \text{Faktor koreksi rasio standar deviasi} \times \text{Faktor koreksi panjang rentang data} = 40,6$

- Faktor reduksi K_m

Nilai K_m diperoleh dari grafik hubungan antara nilai K_m dengan fungsi lamanya hujan dan hujan maksimum rerata tahunan seperti ditunjukkan dalam Gambar 6. K_m adalah fungsi dari durasi hujan dan rerata hujan maksimum yang terjadi. Notasi 1 jam, 6 jam, dan 24 jam adalah durasi hujan.



Gambar 6. Grafik nilai K_m fungsi lamanya hujan dan rerata hujan maksimum

Diperoleh nilai faktor reduksi $K_m = 14$.

Besarnya PMP: $X_m = \bar{X}_n + K_m \cdot S_n = 650 \text{ mm}$

b. Perhitungan HSS (HEC-1, HEC-HMS, TR-20)

Dihitung menggunakan persamaan yang telah tersedia dalam software, variabelnya:

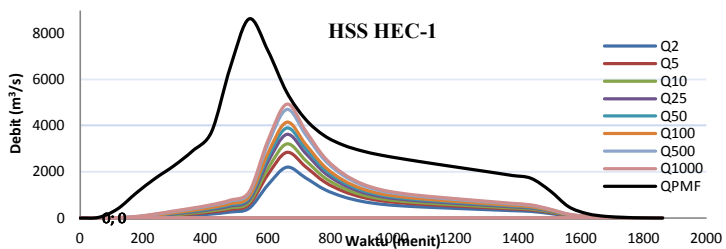
Luas DAS = $448,08 \text{ km}^2 / 173 \text{ mi}^2$

Hujan Rancangan (kala periode 1000 th) = $276,558 \text{ mm} / 10,88 \text{ in}$

CN (Curve Number) = 88

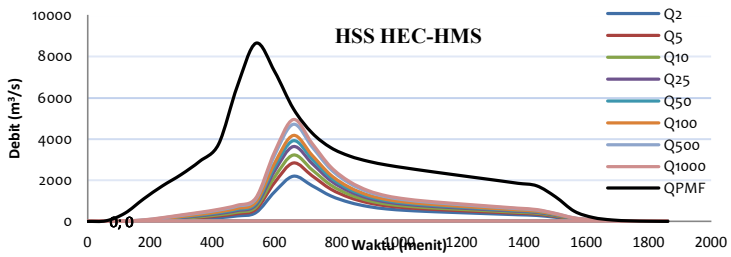
Waktu konsentrasi = 1,2 jam

Output hasil hidrograf kala periode 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500, 1000 dan debit PMP tahun perhitungan model HEC 1, HEC HMS, dan TR 20 masing-masing dapat dilihat pada Gambar 7 s/d 9.



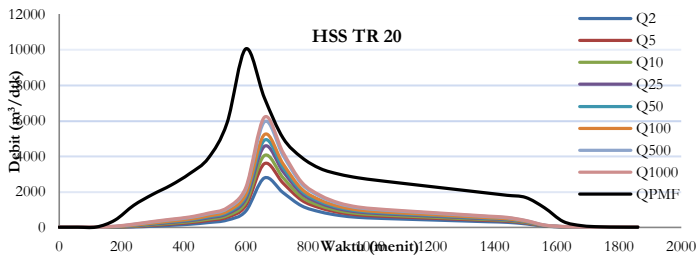
Gambar 7. HSS HEC 1 kala periode tertentu

Dari Gambar 7. Hidrograf debit dengan sumbu X adalah waktu dan sumbu Y merupakan flow/aliran. Didapatkan debit maksimum model HEC-1 = $8638,1 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan Q = debit banjir kala periode, dan T = waktu untuk mencapai debit banjir puncak.



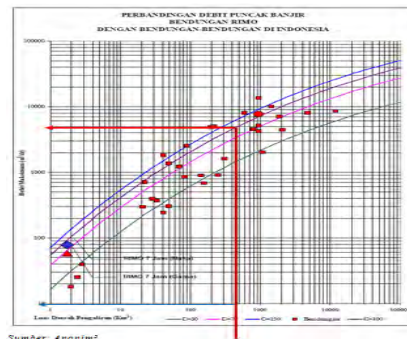
Gambar 8. HSS HEC HMS kala periode tertentu

Dari Gambar 8. Hidrograf debit dengan sumbu X adalah waktu dan sumbu Y merupakan flow/aliran. Didapatkan debit maksimum model HEC-HMS = $8638,1 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan Q = debit banjir kala periode, dan T = waktu untuk mencapai debit banjir puncak. 10051,9



Gambar 9. HSS TR 20 kala periode tertentu

Dari Gambar 9. Hidrograf debit dengan sumbu X adalah waktu dan sumbu Y merupakan flow/aliran. Didapatkan debit maksimum model TR-20 = $10051,9 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan Q = debit banjir kala periode, dan T = waktu untuk mencapai debit banjir puncak.



Gambar 10. Kalibrasi Grafik Creager

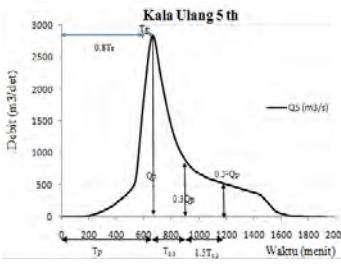
Rekapitulasi perhitungan debit banjir dapat dilihat pada Tabel 2. Kalibrasi menggunakan grafik Creager didapatkan untuk debit banjir rancangan didapatkan $4950 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabel 2. Rekapitulasi Debit Banjir Puncak

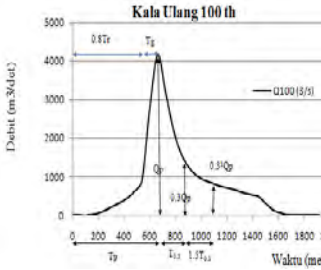
KALA PERIODE	DEBIT BANJIR RENCANA (m³/s)		
(tahun)	HEC-1	HEC HMS	TR 20
2	2193,8	2193,7	2806,9
5	2839,2	2839,2	3622,9
10	3206,2	3206,1	4082,3
25	3619,7	3619,7	4605,9
50	3899,1	3899,2	4960,8
100	4158,9	4158,9	5283,3
500	4709,6	4709,6	5975,8
1000	4930,1	4930,1	6257,3
PMF	8638,1	8638,1	10051,9

Dari tabel 2. terlihat hasil debit maksimum untuk Q PMF masing-masing model yang paling mendekati dengan grafik Creager adalah model HEC-1 dan HEC-HMS yaitu sebesar 8638,1,1 m³/s. Oleh karena itu, perhitungan analisis vertikal dan horisontal dihitung berdasarkan hasil debit rancangan HEC 1 dan HEC HMS.

- Analisis vertikal pola aliran banjir dengan model HEC-1 dan HEC-HMS yang digunakan pada kala periode 5 dan 100 tahun. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 11-12. Selanjutnya rekapitulasi hitungan dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 11. Analisis Vertikal Pola Aliran Banjir Kala periode 5th

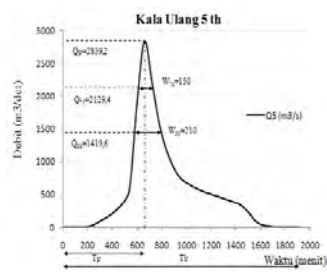


Gambar 12. Analisis Vertikal Pola Aliran Banjir Kala periode 100th

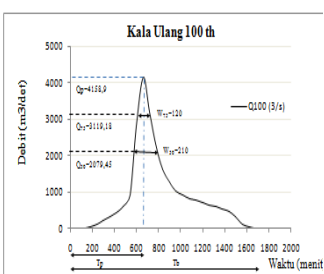
Tabel 3. Rekapitulasi Hitungan Analisis Vertikal (Berdasarkan Gambar 11-12)

Kala periode	Qp' m³/dtk	Tp menit	Tb menit	Tg menit	α	Tr menit	To.3 menit	1.5To.3 menit	0.3Qp m³/dtk	0.3²Qp m³/dtk
5	2839,2	660	1920	29,76	3	630,24	89,29	133,93	851,76	255,53
100	4158,9	660	1920	29,76	3	630,24	89,29	133,93	1247,67	374,3

- Analisis horizontal pola aliran banjir dengan model HEC-1 dan HEC-HMS yang digunakan pada kala periode 5 tahun dan 100 tahun. Analisis horizontal kala periode 5 dan 100 tahun dapat dilihat pada Gambar 13-14. Selanjutnya rekapitulasi hitungan analisis horizontal kala periode 5 dan 100 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 13. Analisis Horizontal Pola Aliran Banjir Kala periode 5th



Gambar 14. Analisis Horizontal Pola Aliran Banjir Kala periode 100th

Tabel 3. Rekapitulasi Hitungan Analisis Horizontal (Berdasarkan Gambar 13-14)

No.	Kala periode	Qp m3/dtk	Tp menit	Tb menit	Tr menit	W50 menit	W75 menit	Q50 m3/dtk	Q75 m3/dtk
1	5	2839,2	660	1920	630,24	210	150	1419,6	2129,4
2	100	4158,9	660	1920	630,24	210	150	2079,45	3119,18

DAFTAR PUSTAKA

Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Azizah, Nur A. dan Nadjadji Anwar. 2007. *Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS di DAS Sampean Baru*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sipil, Institut Teknologi Surabaya

Ditjen RRL. 1996. *Pedoman Identifikasi Karakteristik Daerah Aliran Sungai*.

Gina, Putri V., 2013. *Analisa Runoff Pada Sub Das Lematang Hulu*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

- Indo Takko, 2013. *Pendugaan Hidrograf Limpasan Permukaan dengan Watershed Modeling System Pada Sub-Das Ta'deang Di Kabupaten Maros*. Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Seyhan, Ersin. 1977, *The Watershed As An Hydrologic Unit*, Geografisch Instituut der rijksuniversiteit, Netherland.
- Triatmodjo, Bambang, 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta offset, Yogyakarta.
- US Army Corp Of Engineers, 2000. *Hydrologic Modeling System, HEC-HMS*. Technical Reference, Washington DC.

PENGELOLAAN SUMBERDAYA LAHAN BERKELANJUTAN: STUDI DI DAS SUMBER BRANTAS¹

Oleh :

Christanti Agustina^{1,2}, Sudarto², Widiyanto², Iva D Lestariningsih²,
Kurniawan Sigit W²

¹Pascasarjana Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran 1 Malang, 65145

²Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl Veteran 1 Malang, 65145

Telp. 0341-553623 Fax 0341-564333 Email christanti.agustina@yahoo.co.id;

christanti.ag@ub.ac.id

ABSTRAK

BPDAS Brantas (2014) mencatat bahwa lahan kritis di DAS Brantas mencapai 332.189 Ha dan tingkat erosi rata-rata sebesar 66,24 ton/ha/tahun (BPDAS Brantas, 2010). Kondisi tutupan lahan di DAS Brantas bagian hulu sebagian besar vegetasi tutupan lahan hasil reboisasi yang masih muda dan belum berfungsi dalam pengendalian erosi, sedimentasi, limpasan permukaan. Penutupan lahan di luar kawasan hutan terjadi penurunan akibat dari perubahan pola budidaya masyarakat yang cenderung berorientasi murni budidaya tanaman semusim. Fakta-fakta yang terjadi di DAS Brantas dapat dijumpai di DAS Sumber Brantas sebagai hulu sungai Brantas. Sehingga kondisi di DAS Sumber Brantas merupakan refleksi dari DAS Brantas. Untuk menurunkan tingkat kerusakan lahan dan meningkatkan fungsi DAS, maka pengelolaan sumberdaya lahan sangat diperlukan di DAS Sumber Brantas. Pengelolaan sumberdaya lahan berkelanjutan dimaksudkan untuk mendapatkan rencana pengelolaan sumberdaya lahan berkelanjutan yang dapat meningkatkan fungsi hidrologi di DAS Sumber Brantas dan bertujuan untuk: 1). mengetahui potensi sumberdaya lahan di DAS Sumber Brantas; 2). mengetahui permasalahan penting yang terjadi di DAS Sumber Brantas; dan 3). menyusun rencana pengelolaan sumberdaya lahan yang berkelanjutan di DAS Sumber Brantas.

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Sumber Brantas dengan metode observasi lapangan, wawancara dan studi literatur. Observasi dilakukan untuk memperoleh fakta dan identifikasi kondisi wilayah di wilayah DAS Sumber Brantas. Kualitas air secara biologi dilakukan dengan pengukuran cepat di lapangan menggunakan metode “kicking”. Sedangkan wawancara dimaksudkan untuk mendapatkan persepsi masyarakat tentang isu kerusakan lahan dan alternatif solusinya di DAS Sumber Brantas.

Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa kehidupan biota air di bagian hulu maupun di bagian tengah DAS sudah terganggu, artinya kualitas air secara biologi tidak sehat. Namun, kondisi air sungai di bagian hulu masih lebih baik daripada di hilir, karena masih dijumpai *Lepidodermatidae* sebagai indikator DAS sehat. Analisis kondisi sosial ekonomi masyarakat menunjukkan bahwa laju pertumbuhan penduduk di DAS Sumber Brantas sebesar 1,3% dengan angka beban tanggungan sebesar 46,8%, serta tingkat ketergantungan masyarakat terhadap lahan sangat tinggi di Kecamatan Bumiaji sebesar 56%. Interpretasi daya dukung (kemampuan) lahan menunjukkan bahwa sekitar 60% luas DAS Sumber Brantas termasuk dalam kelas VI dan VII, sisanya termasuk kelas III, IV, V

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

dan VIII. Tingkat kesesuaian penggunaan lahan menunjukkan bahwa >50% luas lahan di DAS Sumber Brantas tidak sesuai dengan kemampuan lahan yang berada pada kelas V – VIII dengan penggunaan lahan tegalan, lahan kosong, pemukiman. Ketidak-sesuaian penggunaan lahan ini apabila terus menerus dibiarkan dan tidak dilakukan penataan maka akan meningkatkan tingkat kerusakan DAS sehingga mengganggu fungsi DAS.

Hasil analisis ELI menunjukkan bahwa isu permasalahan yang penting dan perlu diperhatikan adalah 1). Penurunan debit dan kualitas air; 2). Peningkatan alih guna lahan; 3). Ketergantungan masyarakat terhadap SDA; dan 4). Persepsi masyarakat terhadap konservasi tanah dan air. Keempat permasalahan tersebut harus dicari solusi pemecahannya secara berkelanjutan yang dititikberatkan pada rehabilitasi lahan. Perbaikan kualitas air sungai dilakukan dengan mengurangi jumlah sedimen yang masuk ke sungai menggunakan filter vegetasi. Berikutnya untuk menurunkan laju sedimentasi di Sungai Brantas maka dibangun dam penahan. Pengkayaan pohon dilakukan untuk meningkatkan tutupan lahan dan memperkaya biodiversitas flora dan fauna. Selain itu, akan meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air. Perbaikan teras dilakukan pada lahan-lahan miring yang telah ada bangunan terasnya, sedangkan lahan terbuka tanpa teras hanya dilakukan reboisasi.

Kata kunci: Kesehatan DAS; pengelolaan; sumberdaya lahan; berkelanjutan

I. LATAR BELAKANG

Pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengatur hubungan timbal balik antara sumber daya alam dalam DAS dan manusia agar terwujud kelestarian ekosistem serta menjamin keberlanjutan manfaat sumber daya alam tersebut bagi manusia. Artinya, setiap bentuk pemanfaatan sumber daya alam dilakukan dengan mempertimbangkan aspek-aspek kelestarian DAS. Dengan demikian manusia dapat memperoleh manfaat sumber daya alam dan jasa lingkungan secara berkelanjutan dari generasi ke generasi.

Jaminan keberlanjutan DAS tersebut dapat tercapai apabila setiap aktivitas pengelolaan dijalankan berdasarkan prinsip kelestarian yang memadukan keseimbangan antara produktivitas dan konservasi untuk mencapai tujuan pengelolaan DAS sebagai berikut: (1) meningkatkan stabilitas tata air, (2) meningkatkan stabilitas tanah, termasuk mengendalikan proses degradasi lahan, (3) meningkatkan pendapatan petani, dan (4) meningkatkan perilaku masyarakat ke arah kegiatan konservasi yang mengendalikan aliran permukaan dan banjir.

Kesehatan DAS tidak lepas dari bagaimana cara pengelolaan sumberdaya lahan yang ada dalam suatu ekosistem DAS. Komponen-

komponen ekosistem DAS baik unsur biotik maupun abiotik menentukan kondisi kesehatan DAS yang ada. Unsur biotik yang paling menonjol dan sangat berpengaruh terhadap kesehatan DAS adalah manusia. Manusia merupakan subyek (pelaku) yang aktif dalam memanfaatkan DAS untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, baik pangan, papan, dan sandang. Selain itu kondisi abiotik, misalnya cuaca menjadi faktor yang mempercepat penurunan kesehatan DAS. Kesehatan DAS yang dimaksud disini adalah kesehatan secara fisik, biologi, maupun kimia. DAS yang telah mengalami eksploitasi berlebih oleh manusia tanpa diikuti oleh usaha pengembalian atau perbaikan kondisi alami DAS maka akan menjadi DAS yang tidak sehat.

Berdasarkan informasi dari BPDAS Brantas (2010) DAS Brantas merupakan salah satu DAS dengan luasan 1.188.576 Ha di Provinsi Jawa Timur. Mata air di Sumberbrantas, Kota Batu mengalir ke Sungai Brantas yang berada di 17 kabupaten & 6 kota, yaitu Kabupaten Malang, Blitar, Tulungagung, Trenggalek, Kediri, Nganjuk, Jombang, Mojokerto, Sidoarjo, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep, Lumajang, Ponorogo, Madiun, Gresik & Pasuruan. Kota Batu, Malang, Blitar, Kediri, Mojokerto dan Surabaya. DAS Brantas terbagi terbagi ke dalam DAS Bagian Hulu seluas 238.148 Ha, DAS Bagian Tengah seluas 606.290 Ha dan DAS Bagian Hilir seluas 344.121 Ha.

BPDAS Brantas (2010) mencatat bahwa lahan kritis di DAS Brantas mencapai 332.189 Ha yang terdiri dari lahan sangat kritis (30.169 ha), kritis (25.213 ha), agak kritis (61.816 ha), dan potensial kritis (214.891 ha). Namun, yang menjadi prioritas kritis adalah seluas 70.891,30 Ha yang berada di lahan sangat kritis, kritis dan agak kritis. Kondisi tutupan lahan di DAS Brantas bagian hulu sebagian besar vegetasi tutupan lahan hasil reboisasi dan penghijauan masih muda dimana belum berfungsi dalam pengendalian erosi, sedimentasi, limpasan permukaan. Pada beberapa kawasan hutan lindung maupun hutan produksi masih sangat rendah (BPDAS Brantas, 2010). Penutupan lahan diluar kawasan hutan terjadi penurunan yang besar akibat dari perubahan pola budidaya masyarakat, khususnya kawasan budidaya yang cenderung berorientasi murni budidaya tanaman semusim, sehingga tanaman tahunan yang ada semakin berkurang, baik untuk kepentingan tersebut maupun kepentingan lainnya.

Tingkat erosi rata-rata sebesar 66,24 ton/ha/tahun dimana angka tersebut berada pada batas ambang toleransi dan Indeks Erosi (IE) pada DAS Brantas adalah 4 (Jelek), sedangkan wilayah yang erosinya melebihi batas ambang secara umum >15 ton/ha/tahun seluas 313.774,13 ha atau 26,40% dari wilayah DAS Brantas (BPDAS Brantas, 2010). Tingkat bahaya erosi yang perlu perhatian seluas 268.261,93 ha atau 22,57% yang tersebar paling banyak pada wilayah Brantas bagian hulu dan tengah dengan rincian :

- Tingkat bahaya erosi "Sedang" sebesar 105.388,96 ha (8,87%)
- Tingkat bahaya erosi "Berat" sebesar 90.212,76 ha (7,59%)
- Tingkat bahaya erosi "Sangat Berat" sebesar 72.660,61 ha (6,11%)

DAS Sumber Brantas merupakan salah satu DAS di bagian hulu DAS Brantas. Fakta-fakta yang terjadi di DAS Brantas dapat dijumpai di DAS Sumber Brantas sebagai hulu sungai Brantas. Sehingga kondisi di DAS Sumber Brantas merupakan refleksi dari DAS Brantas. Untuk menurunkan tingkat kerusakan lahan dan meningkatkan fungsi DAS, maka manajemen sumberdaya lahan sangat diperlukan di DAS Sumber Brantas.

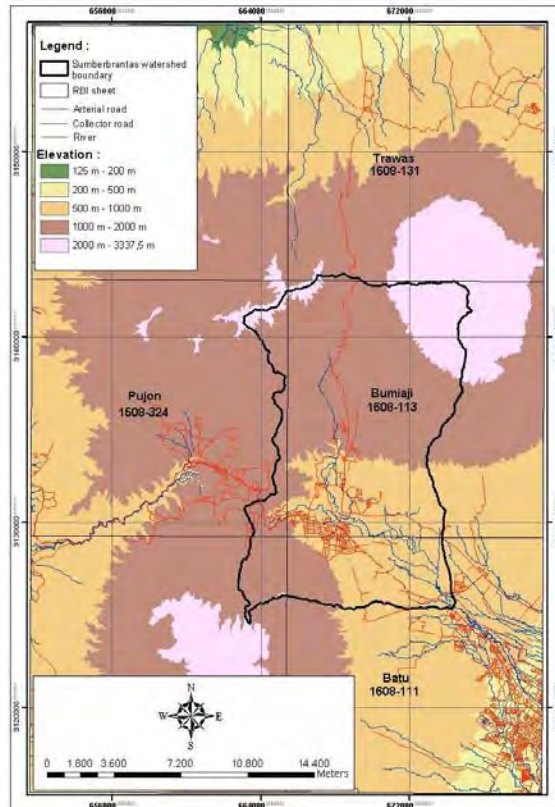
Pengelolaan sumberdaya lahan berkelanjutan di DAS Sumber Brantas ini dimaksudkan untuk mendapatkan model pengelolaan tata guna lahan yang dapat meningkatkan fungsi hidrologi das. Tujuan dari pengelolaan sumberdaya lahan berkelanjutan di DAS Sumber Brantas adalah untuk menjaga kelestarian sumberdaya lahan, untuk melindungi sistem tata kelola lahan sesuai dengan kaidah konservasi, dan untuk menyeimbangkan kondisi kelestarian lingkungan, ekonomi, dan sosial masyarakat.

II. METODE

1.1. Lokasi Studi

Studi ini dilaksanakan di DAS Sumber Brantas, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur dan memiliki luas 17.344 Ha. Secara geografik terletak pada 115°17'0" hingga 118°19'0" Bujur Timur dan 7°55'30" hingga 7°57'30" Lintang Selatan, yang disajikan pada gambar 1. DAS Sumber Brantas berkembang dari bahan induk vulkanik yang dipengaruhi oleh aktivitas gunung api Arjuno & Anjasmoro di bagian utara, dan

Panderman, Kawi-Butak di bagian selatan, tersusun atas 5 formasi geologi, yaitu: 1). Qvaw (Batuan Gunungapi Arjuna Welirang), 2). Qpat (Batuan Gunungapi Anjasmara Tua), 3). Qvp (Batuan Gunungapi Panderman), 4). Qpvkb (Batuan Gunungapi Kawi-Butak). dan 5). Qpva (Batuan Gunungapi Anjasmara Muda).



Gambar 1. Lokasi DAS Sumber Brantas

1.2. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan untuk memperoleh fakta dan identifikasi kondisi wilayah di wilayah DAS Sumber Brantas. Potret kondisi wilayah secara aktual direkam dalam kegiatan survei lapangan dengan melihat praktek pengelolaan lahan dan kondisi lahan saat. Lokasi observasi dibagi dalam 3 zona, yaitu hulu, tengah dan hilir DAS Sumber Brantas.

1.3. Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran kualitas air secara biologi dilakukan di 2 lokasi, yaitu yaitu Arboretum di Sumber Brantas dan Sungai Kekep, di Dusun Kekep. Alat dan bahan yang digunakan antara lain: jaring (drift net dengan ukuran mesh 500 μm), pinset, botol sampel, baki atau nampan, spidol, dan alkohol 70%. Metode “kicking” sepanjang 10 meter digunakan untuk proses pengambilan sampel air dan makro invertebrata yang tinggal di lingkungan air. Pengambilan sampel dilakukan sebelum ada orang yang masuk ke dalam sungai dan dilakukan berlawanan arah dengan aliran sungai (dimulai dari hilir dan diakhiri di hulu). Aduk-aduk air di badan sungai menggunakan kaki, termasuk menggoyang-goyangkan bebatuan di dasar sungai, karena makro invertebrata banyak dijumpai di sela-sela batu atau di bawah batu. Sampel air yang telah diambil kemudian diidentifikasi keberadaan makro invertebrata yang berada di habitat perairan tersebut. Kemudian masing-masing makro invertebrata diidentifikasi sebagai indikator kualitas air menurut tingkat cemarannya menggunakan Tabel 1.

Tabel 1. Makroinvertebrata indikator untuk menilai kualitas air (Trihadiningrum, Y. & I. Tjondronegoro, 1998)

Tingkat Cemaran	Makro invertebrata (makrozoobentos) indikator
1. Tidak tercemar	Trichoptera (Sericosmatidae, Lepidosmatidae, Glossosomatidae); Planaria
2. Tercemar ringan	Plecoptera (Perlidae, Peleodidae); Ephemeroptera (Leptophlebiidae, Pseudocloeon, Ecdyonuridae, Caebidae); Trichoptera (Hydropschydae, Psychomyidae); Odonanta (Gomphidae, Plarycnematidae, Agriidae, Aeshnidae); Coleoptera (Elminthidae)
3. Tercemar sedang	Mollusca (Pulmonata, Bivalvia); Crustacea (Gammaridae); Odonanta (Libellulidae, Cordulidae)
4. Tercemar	Hirudinea (Glossiphonidae, Hirudidae); Hemiptera
5. Tercemar agak berat	Oligochaeta (ubificidae); Diptera (Chironomus thummiplumosus); Syrphidae
6. Sangat tercemar	Tidak terdapat makrozoobentos. Besar kemungkinan dijumpai lapisan bakteri yang sangat toleran terhadap limbah organik (Sphaerotilus) di permukaan

1.4. Perubahan Penggunaan Lahan

Kondisi tutupan lahan dianalisis berdasarkan studi literature dari kegiatan-kegiatan penelitian yang telah dilakukan di DAS Sumber Brantas, yaitu berdasarkan laporan Studi Detil Konservasi DAS Brantas Hulu (Anonim, 2006) dan laporan RHA Sumber Brantas (Widianto et al., 2008).

1.5. Kesesuaian Penggunaan Lahan

Tingkat kesesuaian penggunaan lahan dianalisis dengan menghitung luas penggunaan lahan yang sesuai (LPS) dibandingkan dengan luas DAS Sumber Brantas (Permenhut RI No. P. 32/MENHUT-RI/2009). Penilaian LPS didasarkan pada kesesuaian antara penggunaan lahan actual dengan kelas kemampuan lahan (klas I – VIII). Cara penilaian LPS dilakukan dengan overlay peta penggunaan lahan dengan peta klas kemampuan lahan, untuk melihat tingkat kesesuaiannya. Klasifikasi nilai KPL disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Nilai Kesesuaian Penggunaan Lahan (KPL)

No	Nilai KPL (%)	Kelas
1	>75	Baik
2	40 – 75	Sedang
3	<40	Jelek

1.6. Persepsi Masyarakat terhadap Kondisi DAS

Wawancara dilakukan pada responden yang berada di hulu, tengah dan hilir DAS Sumber Brantas untuk menggali persepsi masyarakat terhadap kondisi DAS. Selain wawancara, informasi ini juga dikaji melalui studi literatur.

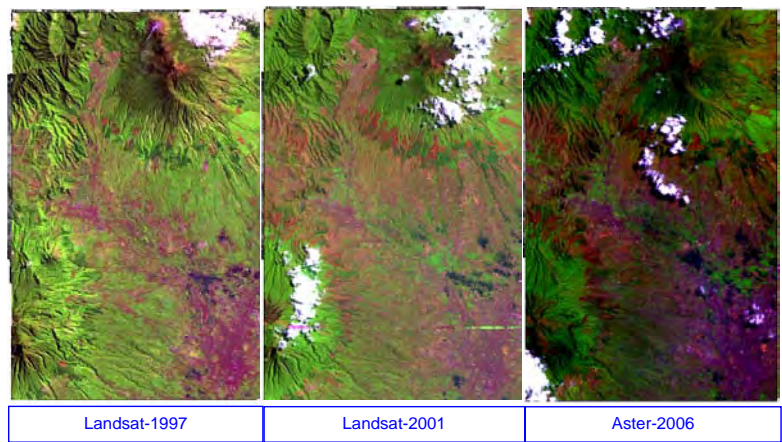
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.7. Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Laporan Studi Detil Konservasi Sub DAS Brantas Hulu (2006) menyatakan bahwa telah terjadi perubahan penggunaan lahan sejak tahun 1997 – 2006. Hasil interpretasi citra satelit mulai dari tahun 1997 (Landsat) – 2001 (Landsat) – 2006 (Aster), nampak bahwa perubahan penggunaan lahan paling luas terjadi antara tahun 1997 – 2001.

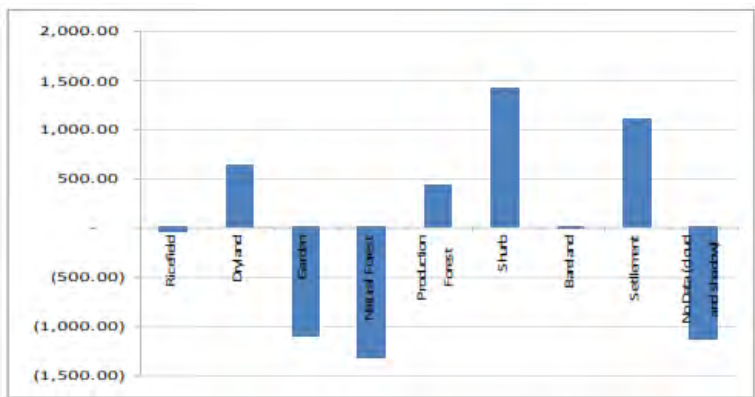
Perubahan penggunaan lahan ini disebabkan karena adanya penjarahan masal yang dilakukan oleh petani setempat bersamaan dengan masa reformasi.

Hal serupa disampaikan pula dalam laporan RHA (2008). Selama 13 tahun terdapat beberapa perubahan penggunaan lahan. Beberapa macam penggunaan lahan mengalami penurunan yang cukup nyata, yaitu kebun dan hutan alami. Sedangkan beberapa penggunaan lahan mengalami peningkatan luasan, antara lain: tegalan, hutan produksi, semak belukar dan pemukiman.



Gambar 2. Perubahan Penggunaan Lahan Berdasarkan Citra Satelit (1997-2006)

Sumber : Studi Detil Konservasi Sub DAS Brantas Hulu



Gambar 3. Perubahan penggunaan lahan antara tahun 1989 ke tahun 2002 (Sumber : RHA, 2008)

1.8. Kondisi Kualitas Air secara Biologi

Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa kehidupan biota air di Arboretum maupun di Sungai Kekep sudah terganggu, sehingga di kedua tempat tersebut kualitas air secara biologi adalah tidak sehat (Tabel 3). Kondisi ini ditunjukkan dengan banyaknya invertebrata sebagai indikator kualitas sungai terganggu sebanyak 6 spesies (*Tipulidae*, *Simulidae*, *Hydropsychidae*, *Policentridae*, *Plantambus*, dan *Epemeroptera*) dan invertebrata sebagai indikator kualitas air tercemar sebanyak 3 spesies (*Baetidae*, *Chironomidae*, dan *Tubificidae*/cacing). Spesies *Chironomidae* yang dijumpai berwarna merah, hal ini merupakan bentuk adaptasi *Chironomidae* untuk mengambil oksigen di air, semakin sedikit jumlah oksigen di perairan maka warnanya akan semakin merah.

Tabel 3. Biota air sebagai indikator kualitas DAS di Arboretum dan Kekep

Lokasi	Sehat/Baik	Terganggu	Tercemar
Arboretum	<i>Lepidosmatidae</i>	<i>Tipulidae</i>	<i>Baetidae</i>
	<i>Planaridae</i>	<i>Simulidae</i>	<i>Chironomidae</i>
		<i>Hydropsychidae</i>	<i>Tubificidae</i> /cacing
		<i>Policentridae</i>	
		<i>Plantambus</i>	
		<i>Epemeroptera</i>	
Kekep	<i>Planaridae</i>	<i>Tipulidae</i>	<i>Baetidae</i>
		<i>Simulidae</i>	<i>Chironomidae</i>
		<i>Hydropsychidae</i> → lebih	
		banyak drpd di Arboretum	

Kondisi sungai di Arboretum telah mengalami perubahan dari kondisi alami sungai. Pelurusan sungai dan perkuatan tebing sungai (plengsengan) di kanan-kiri sungai dengan beton telah merusak habitat biota air sungai di Arboretum. Berbeda halnya dengan kondisi sungai di Kekep. Sungai di Kekep berada di bagian tengah DAS Sumber Brantas. Bagian atas Sungai Kekep adalah kawasan wanawisata Talun yang telah dilakukan penambangan pasir dan batu. Kegiatan penambangan ini menyebabkan habitat biota air menjadi terganggu dan hanya meninggalkan lumpur yang jika terjadi hujan deras akan hanyut dan mengalir ke Sungai Kekep.



Gambar 4. Kondisi sungai di Arboretum



Gambar 5. Kondisi sungai di bagian hulu Sungai Kekep (wana wisata talun)

Adanya perbedaan kondisi sungai tersebut menyebabkan kualitas air sungai di Arboretum masih lebih baik daripada di Sungai Kekep. *Lepidostatidae* sebagai indikator kualitas air yang sehat/baik masih banyak dijumpai di Arboretum. Lokasi Arboretum yang berada di hulu menyebabkan kondisi air masih jernih meskipun habitat biota sudah terganggu karena adanya jalan air buatan dan plengsengan yang merusak habitat biota. Selain itu, populasi *Hydropsychidae* secara kualitatif lebih banyak di Sungai Kekep daripada di Arboretum. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air di Sungai Kekep berada di bawah Arboretum, artinya sungai di Arboretum kondisinya lebih baik daripada di Sungai Kekep.

Makro invertebrata yang ditemukan sebagai indikator kualitas air tercemar adalah *Baetidae*, *Chironomidae*, dan *Hydropsychidae*. *Baetidae* merupakan makro invertebrata sebagai indikator air tercemar. Spesies ini banyak ditemukan di perairan pertemuan arus deras dan arus lambat. Larva *Chironomidae* dapat hidup tanpa oksigen selama 280 hari (anonym dalam www.entomologi). Berdasarkan kualitas perairan, khususnya perairan air tawar, family *Chiromomidae* ditemukan sebagai spesies indikator untuk perairan kualitas buruk (Hoffman dalam Ardi, 2002). *Chironomidae* merupakan organisme paling umum ada di seluruh habitat air, dan sering mendominasi komunitas insekta air dalam kondisi berlimpah dan memiliki ketahanan individu terhadap kondisi air yang telah terganggu (Ferrington, 2008; Heino & Paasivirta, 2008; Raunio et al., 2011). Adanya *Chironomidae* di perairan menunjukkan adanya pengaruh manusia pada habitat biota di sungai (Raunio et al., 2011). Semakin banyak populasi *Chironomidae* yang dijumpai di perairan, maka mengindikasikan banyak sampah organik yang telah dibuang di sungai. Sampah ini dapat berupa sampah MCK yang dibuang di sungai, kotoran sapi, sampah rumah tangga, maupun adanya perendaman kayu di sungai. *Hydropsychidae* merupakan salah satu invertebrata air tawar sebagai indikator kualitas air yang tahan terhadap air yang telah tercemar atau terkontaminasi oleh polutan. Makro invertebrata ini hidup tahan terhadap arus air yang deras dengan cara melekatkan diri pada permukaan batu atau cadas.

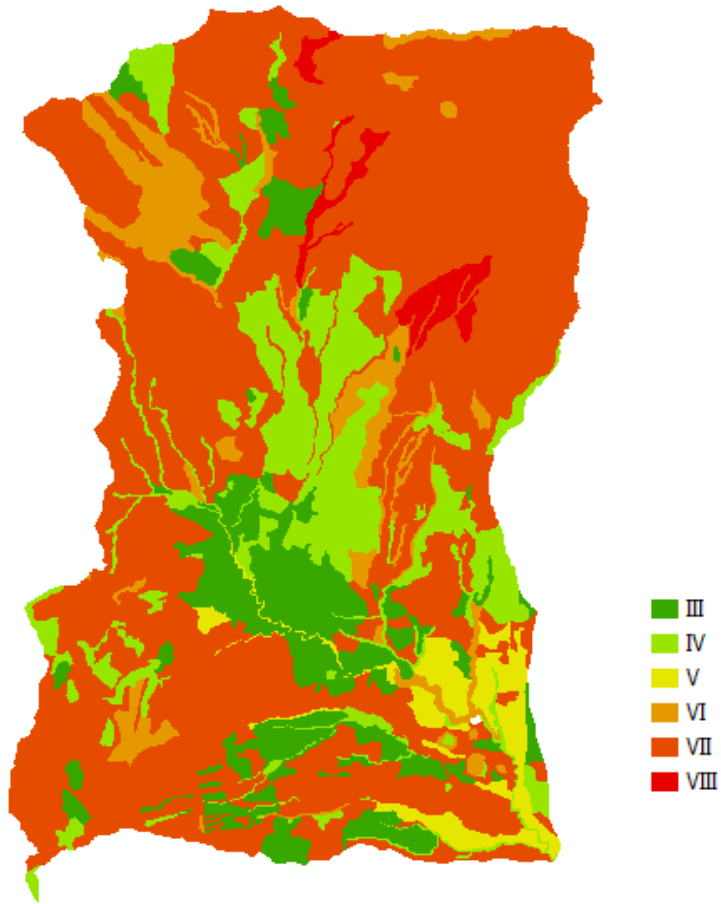


Gambar 6. Kondisi Sungai Kekep

Berdasarkan kondisi tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa kualitas air sungai di DAS Sumber Brantas (diwakili di Arboretum dan Kekep) telah mengalami pencemaran. Tingkat pencemaran tinggi terjadi di Sungai Kekep. Pencemaran air dipengaruhi oleh aktivitas manusia berupa pembuangan sampah-sampah organik di sungai, antara lain pembuangan saluran MCK, sampah rumah tangga, kotoran sapi, maupun kayu-kayu yang terendam di sungai.

1.9. Kondisi Kemampuan Lahan

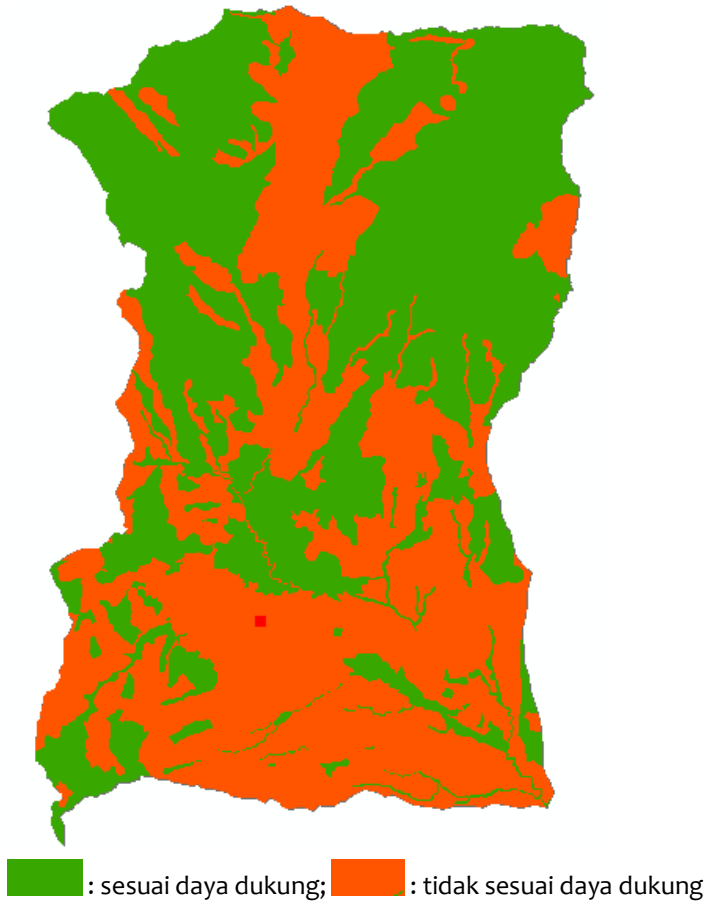
Kemampuan lahan diartikan sebagai kemampuan tanah dalam menyediakan kebutuhan tanaman maupun manusia. Informasi daya dukung lahan di DAS Sumber Brantas diperoleh dari hasil Studi Detil Konservasi Sub DAS Brantas Hulu (2006). Berdasarkan laporan tersebut diketahui bahwa kemampuan lahan untuk dimanfaatkan dalam bidang pertanian termasuk dalam kelas III dan IV, kemudian sisanya kelas V, VI, VII dan VIII kurang sesuai untuk dimanfaatkan dalam bidang pertanian. Apabila pada kelas V – VIII dipaksakan untuk dikelola sebagai lahan pertanian, maka akan diperlukan biaya besar untuk pengelolaan lahan dan juga dampak yang ditimbulkan pada DAS.



Gambar 7. Sebaran Daya Dukung Lahan di DAS Sumber Brantas

1.10. Kesesuaian Penggunaan Lahan

Hasil analisis kesesuaian penggunaan lahan menunjukkan bahwa >50% luas lahan di DAS Sumber Brantas tidak sesuai peruntukannya dengan kemampuan lahan. Umumnya lahan-lahan yang tidak sesuai tersebut berada pada kelas V – VIII dengan penggunaan lahan tegalan, lahan kosong, pemukiman. Ketidak-sesuaian penggunaan lahan ini apabila terus menerus dibiarkan dan tidak dilakukan penataan maka akan meningkatkan tingkat kerusakan DAS sehingga mengganggu fungsi DAS.



Gambar 12. Sebaran Kesesuaian Penggunaan Lahan (sumber: perhitungan)

1.11. Penilaian DAS Sumber Brantas secara Partisipatif

Berdasarkan hasil survei dan wawancara dengan petani di lapangan, maka terdapat beberapa masalah yang penting dalam kaitan dengan kelestarian sumberdaya alam di DAS Sumber Brantas antara lain:

1. Kerusakan lahan : penurunan produktivitas tanah akibat pengikisan lapisan atas (erosi) dan mungkin pencucian hara.
2. Banjir (bandang) : faktor curah hujan, kemiringan lahan, sifat tanah dan penutupan lahan memicu terjadinya limpasan permukaan yang sangat besar pada saat hujan serta erosi dan kemungkinan di beberapa titik terjadi longsor.

3. Kekeringan : potensi peresapan air ke dalam tanah sangat rendah akibat kerusakan permukaan tanah dan absennya faktor-faktor yang menghambat aliran air permukaan. Pengisian kembali (recharge) groundwater atau air tanah mungkin menjadi berkurang sehingga beberapa sumber air yang ada sekarang menjadi kering pada musim kemarau dan sungai
4. Kebutuhan sebagian masyarakat akan tanah garapan untuk menambah penghasilan melalui usaha tani sangat tinggi, sehingga banyak warga sekitar hutan yang menggarap tanah hampir di seluruh DAS ini untuk usaha tani tanaman semusim.

1.12. Penyusunan Rencana Pengelolaan DAS

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan dari survei lapangan dan interview dengan masyarakat di DAS Sumber Brantas, maka diperlukan usaha pemecahan masalah melalui rencana aksi pengelolaan sumberdaya lahan berkelanjutan. Kegiatan ini ditujukan untuk (a) menurunkan jumlah sedimentasi, (b) meningkatkan peresapan air (kapasitas infiltrasi), sekaligus mengurangi limpasan permukaan, (c) memperbaiki kondisi tanah, dan (d) menyediakan lapangan kerja bagi masyarakat sekitar. Pelaksanaan kegiatan ini dimaksudkan untuk melakukan penataan lahan secara berkelanjutan sehingga meningkatkan fungsi DAS dan menjaga kesehatan DAS.

1.12.1. Analisis Permasalahan

Analisis permasalahan menggunakan metode ELI (*Extension, Lverage and Intensity*) untuk menentukan prioritas masalah yang akan diselesaikan. Tabel 4 menunjukkan penilaian permasalahan dengan metode ELI.

Tabel 4. Analisis permasalahan dengan metode ELI

Komponen DAS	Masalah	E	L	I	ELI
Biodiversitas	Berkurangnya vegetasi & satwa	2	1	1	2
Tanah	Tingkat erosi di atas EDP	2	2	4	16
	Penurunan kesuburan tanah	2	2	4	16
	Longsor	2	3	4	24
Air	Penurunan daerah resapan	3	3	1	9
	Penurunan debit dan kualitas air	3	3	4	36
Tutupan Lahan	Peningkatan alih guna lahan	3	3	4	36
Sosial Ekonomi	Ketergantungan msy thdp SDA	3	3	4	36
	Persepsi masy thdp konservasi tanah dan air rendah	3	3	4	36

Hasil analisis ELI menunjukkan bahwa isu permasalahan yang penting dan perlu diperhatikan adalah 1). Penurunan debit dan kualitas air; 2). Peningkatan alih guna lahan; 3). Ketergantungan masyarakat terhadap SDA; dan 4). Persepsi masyarakat terhadap konservasi tanah dan air. Keempat permasalahan tersebut harus dicari solusi pemecahannya secara terpadu dan berkelanjutan.

1.12.2. Perencanaan Pengelolaan Lahan Berkelanjutan

Kegiatan pengelolaan lahan berkelanjutan dititikberatkan pada rehabilitasi lahan yang telah terganggu. Detil kegiatan yang perlu dilakukan disajikan dalam Tabel 5. Perbaikan kualitas air sungai dilakukan dengan mengurangi jumlah sedimen yang masuk ke sungai. Penanaman vegetasi di sepanjang bantaran sungai menjadi salah satu alternatif solusi. Berikutnya untuk menurunkan laju sedimentasi di Sungai Brantas maka dibangun dam penahan. Pengkayaan pohon dilakukan untuk meningkatkan tutupan lahan dan memperkaya biodiversitas flora dan fauna. Selain itu, akan meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air. Perbaikan teras dilakukan pada lahan-lahan miring yang telah ada bangunan terasnya, sedangkan lahan terbuka tanpa teras hanya dilakukan reboisasi.

Tabel 5. Detil kegiatan yang perlu dilakukan di DAS Sumber Brantas

No	Lokasi	Permasalahan	Rekomendasi	Volume	Keterangan
1	Sepanjang bantaran sungai	Sedimen langsung masuk ke aliran sungai	Penanaman vegetasi (pohon dan semak) yang rapat sepanjang bantaran sungai sebagai “filter”	Sepanjang sungai di DAS Sumber Brantas	Bambu salah satu alternatif
2	Titik pertemuan sungai	Sedimen yang mengalir dalam sungai segera masuk ke S. Brantas	Pembangunan dua buah dam penahan, ditujukan terutama untuk menahan aliran sedimen yang akan masuk ke S. Brantas	Sesuai dengan ukuran sungai di lapangan	Di bagian hilir untuk irigasi
3	Kawasan punggung bukit	Tertutup semak tanpa atau dengan tegakan yang sangat jarang	Pengkayaan pohon : penanaman pohon supaya kerapatannya makin tinggi, species disesuaikan	Seluas areal lahan non pertanian yang terbuka atau semak	Komoditi tanaman kayu-kayuan berbasis pohon & buah

No	Lokasi	Permasalahan	Rekomendasi	Volume	Keterangan
4	Lahan terbuka sudah ada teras	Limasan permukaan dan erosi sangat besar dan kemungkinan longsor	Perbaikan teras, pembuatan atau perbaikan SPA dan pembuatan bangunan terjunan. Penanaman tanaman penguat teras. Pengembangan sistem agroforestri (kebun lindung) dengan penanaman aneka species pohon dengan tingkat kerapatan yang tinggi.	Sesuai dengan luasan lahan pertanian yang ada	Dapat melalui kerjasama Perhutani dengan LMDH melalui program PHBM
5	Lahan terbuka tanpa ada teras	Limasan permukaan dan erosi sangat besar ketika terjadi hujan	Tidak perlu dilakukan pembuatan teras, tetapi ada upaya untuk penanaman lajur/strip vegetasi (misalnya rumput gajah, dsb) sejajar dengan garis kontur. Perbaikan SPA dan pembuatan bangunan terjunan pada titik-titik tertentu. Ada upaya penahanan longsor. Pengembangan sistem agroforestri (kebun lindung) dengan penanaman aneka species pohon dengan tingkat kerapatan yang tinggi.	Seluas area lahan terbuka	Dapat melalui kerjasama Perhutani dengan LMDH melalui program PHBM
6	Kawasan DAS Sumber Brantas	Tingkat ketergantungan masyarakat terhadap lahan	Meningkatkan lapangan pekerjaan diluar sektor pertanian	Masyarakat DAS Sumber Brantas yang tidak memiliki mata pencaharian tetap dan mengandalkan lahan garapan	Pemerintah Daerah

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari kajian ini adalah:

1. DAS Sumber Brantas selama 13 tahun mengalami penurunan penggunaan lahan cukup nyata, yaitu kebun dan hutan alami.
2. Kemampuan lahan di DAS Sumber Brantas termasuk dalam kelas III dan IV yang sesuai untuk lahan pertanian, kemudian sisanya kelas V, VI, VII dan VIII kurang sesuai untuk dimanfaatkan dalam bidang pertanian.
3. Lebih dari 50% luas lahan di DAS Sumber Brantas tidak sesuai peruntukannya dengan kemampuan lahan yang berada pada kelas V – VIII dengan penggunaan lahan tegalan, lahan kosong, pemukiman.
4. Persepsi masyarakat terhadap masalah penting dalam kaitannya dengan kelestarian sumberdaya alam di DAS Sumber Brantas antara lain: kerusakan lahan, banjir, kekeringan, dan ketergantungan terhadap lahan garapan.
5. Terdapat 4 masalah penting menurut analisis ELI yang perlu diperhatikan, yaitu: penurunan debit dan kualitas air, peningkatan alih guna lahan, ketergantungan masyarakat terhadap SDA, dan persepsi masyarakat terhadap konservasi tanah dan air.
6. Perencanaan pengelolaan lahan berkelanjutan dititikberatkan pada rehabilitasi lahan yang telah terganggu, melalui kegiatan penanaman vegetasi di sepanjang bantaran sungai, pembangunan dam penahan, pengkayaan pohon, perbaikan teras, dan peningkatan lapangan pekerjaan di luar sektor pertanian.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dr. Ir. Didik Suprayogo, M.Sc. yang telah mendorong untuk menyusun makalah ini. Teman-teman di PS Pengelolaan Tanah dan Air Pascasarjana FPUB atas kerjasamanya dalam pengambilan sampel di lapangan. Ir. Sri Sudaryati, MS yang telah mengajarkan penulis cara menilai kualitas air di lapangan. Serta semua pihak yang telah memberikan sumbangan pemikiran dalam penyusunan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (tanpa tahun). There is Little Oxygen in Ocean Water. http://www.entomology.uml.edu/.../oxygen_problem.html [13 Juni 2014]
- Anonim, 2006. Laporan Studi Detil Konservasi Sub DAS Brantas Hulu. Balai Besar Wilayah Sungai Brantas. Surabaya.
- Ardi, 2002. Pemanfaatan Makrozoobentos sebagai Indikatoor Kualitas Perairan Pesisir. <http://www.tumoutou.net/702-04212/ardi.htm-125k>. [13 Juni 2014]
- BPDAS. 2010. Rencana Pengelolaan DAS Brantas Terpadu Provinsi Jawa Timur. Buku 1. BPDAS Brantas. Surabaya.
- Ferrington JR., L. C. 2008. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. *Hydrobiologia*, Vol. 595, n. 1, p. 447-455.
- Heino, J. & Paasivirta, L. 2008. Unravelling the determinants of stream midge biodiversity in a boreal drainage basin. *Freshwater Biology*, Vol. 53, n. 5, p. 884-896.
- Raunio, J., Heino, J., & Paasivirta, L. 2011. Non-biting midges in biodiversity conservation and environmental assessment: Findings from boreal freshwater ecosystems. *Ecological Indicators*, v. 11, n. 5, p. 1057-1064.
- Trihadiningrum, Y. & I. Tjondronegoro. 1998. Makroinvertebrata sebagai bioindikator pencemaran badan air tawar di Indonesia: Siapkah kita ?. *Lingkungan & Pembangunan* 18(1): 45 – 60
- Widianto, D. Suprayogo, Sudarto, I. D. Lestariningsih. 2008. Laporan Akhir TULSEA : Rapid Hydrological Appraisal Implementattion at Upper Brantas Watershed, East Java. Kolaborasi: ICRAF, DFG-Germany, & Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

PEMODELAN NERACA AIR DI DAS DURIANGKANG, KOTABATAM, KEPULAUAN RIAU¹

Oleh :

Irfan B. Pramono² dan Rahardyan Nugroho Adi²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com; ibpramono@yahoo.com; d11lb@yahoo.com

ABSTRAK

Jumlah air di bumi adalah tetap dan terbatas, hanya sejumlah 42,7 ribu km³ yang menjadi sumber utama penghidupan dan kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Dengan jumlah air tawar yang jumlahnya sangat terbatas tersebut maka penggunaannya harus dilakukan secara bijak. Di pulau Batam Kepulauan Riau, ketersediaan air kawasan saat ini mulai menjadi masalah dan diperkirakan 3 tahun yang akan datang akan mengalami defisit air karena ketersediaan tidak seimbang dengan kebutuhan airnya. Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang cepat menyebabkan kebutuhan air di pulau Batam menjadi meningkat pula. Sumber air untuk memenuhi kebutuhan air di pulau Batam diperoleh dari beberapa dam buatan yang membendung beberapa sungai yang ada di pulau Batam. Salah satu sungai yang dibendung adalah sungai Duriangkang. Namun demikian sungai Duriangkang ini belum mempunyai pencatatan data secara kontinyu sehingga diperlukan pemodelan neraca air untuk menganalisis ketersediaan air di DAS Duriangkang

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui neraca air dan ketersediaan air DAS Duriangkang. Metode yang digunakan adalah analisis neraca air yang dikembangkan oleh Thornthwaite Mather. Metode ini didasarkan pada data masukan berupa curah hujan bulanan dan temperatur bulanan. Luaran dari metode ini adalah berupa limpasan bulanan. Kemudian proses yang terjadi di dalam DAS didekati dengan tingkat evapotranspirasi dan kemampuan tanah menahan air.

Hasil perhitungan neraca air di DAS Duriangkang dengan menggunakan data hujan bulanan dan temperatur bulanan mulai tahun 2001 sampai dengan 2011 menunjukkan bahwa fluktuasi limpasan bulanan di DAS Duriangkang berkisar antara 361,56 mm sampai dengan 1.353,91 mm. Fluktuasi hasil air tahunan di DAS Duriangkang cukup besar yang disebabkan karena penggunaan lahan yang ada di DAS Duriangkang yang mampu menyimpan air hujan melalui proses infiltrasi. Rata-rata fluktuasi hasil air selama 11 tahun (2001 – 2011) terakhir berkisar dari 30,13 sampai dengan 112,83 mm. Untuk mengatasi permasalahan fluktuasi hasil air yang cukup besar tersebut maka pembuatan bendung merupakan suatu keharusan sehingga air sungai tidak langsung terbuang ke laut tetapi dapat tertampung terlebih dahulu pada dam sehingga ketersediaan air kawasan tetap terjaga.

Kata Kunci : Neraca air, DAS Duriangkang, Pulau Batam

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan utama bagi kehidupan semua makhluk hidup dan ekosistem di muka bumi. Supangat (2005) mengemukakan bahwa air adalah esensial kehidupan terutama bagi manusia, dalam setiap gerak kehidupannya tidak terlepas dari air, bahkan 70 % dari tubuh manusia didominasi oleh air dalam berbagai bentuk cairan. Hehanussa (1999) mengemukakan hanya sekitar 42,7 ribu km³ yang menjadi sumber utama penghidupan dan kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Dengan jumlah air tawar yang jumlahnya sangat terbatas tersebut maka penggunaannya harus dilakukan secara bijak.

Ketersediaan air dalam kegiatan pembangunan di berbagai tempat saat ini sering mengalami permasalahan. Salah satu permasalahan yang sering ditemui adalah adanya ketersediaan sumberdaya air. Berkaitan dengan kelangkaan ketersediaan sumberdaya air kawasan, hal ini disebabkan karena distribusi air di berbagai tempat tidak sama. Disamping itu jumlah air yang tersedia sangat tergantung dari lokasi maupun kondisi iklim setempat terutama curah hujannya. Supangat (2005) mengemukakan bahwa faktor utama yang sangat penting sebagai penentu keberadaan air baik kuantitas maupun kualitas adalah kegiatan manusia.

Pulau Batam di Provinsi Kepulauan Riau, ketersediaan air kawasan saat ini mulai menjadi masalah dan diperkirakan 3 tahun yang akan datang akan mengalami defisit air karena ketersediaan tidak seimbang dengan kebutuhan airnya. Seiring dengan pertambahan penduduk yang cepat menyebabkan kebutuhan air di pulau Batam menjadi meningkat pula. Sumber air untuk memenuhi kebutuhan air di pulau Batam diperoleh dari beberapa dam buatan yang membendung beberapa sungai yang ada di pulau Batam. Salah satu sungai yang dibendung adalah sungai Duriangkang. DAS Duriangkang merupakan salah satu dari 2 (dua) DAS prioritas di Provinsi Kepulauan Riau sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Kehutanan nomor SK.328/Menhut-II/2009. Status DAS Duriangkang yang termasuk kategori prioritas menunjukkan bahwa DAS tersebut memerlukan prioritas pengelolaan agar kondisi daerah tangkapan air menjadi lebih baik. Hal ini terkait dengan keberadaan

waduk atau dam terbesar di Kota Batam yang memerlukan upaya pelestarian. Namun demikian sungai Duriangkang ini belum mempunyai pencatatan data secara kontinyu sehingga diperlukan pemodelan neraca air untuk menganalisis ketersediaan air di DAS Duriangkang

II. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi neraca air dan ketersediaan air di DAS Duriangkang, Batam, Kepulauan Riau.

III. METODOLOGI

Salah satu metode pendekatan untuk pemodelan neraca air dan prediksi ketersediaan air suatu kawasan adalah model Thornthwaite Mather (1957). Pramono dan Rahardyan (2001) mengemukakan bahwa pendekatan neraca air ini merupakan pendekatan yang bersifat kontinyu dengan data bulanan. Model ini cukup sederhana karena hanya memerlukan data masukan yang relatif mudah diperoleh. Kemudian bahan dan peralatan yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Peta Dasar (Topografi, Jenis Tanah, Penggunaan Lahan)
2. Data klimatologi (hujan dan temperatur) lokasi kajian dan sekitarnya
3. Peralatan Survei Tanah, Meteran, GPS
4. Perangkat Lunak Pengolah Data (*spread sheet*) dan ArcView atau ArcGIS.

Pada perhitungan neraca air metode Thornthwaite Mather (1957), beberapa data yang diperlukan yaitu : 1). Suhu rata-rata bulanan, 2). Curah hujan rata-rata bulanan, 3)..Letak lintang, 4). Nilai pF 2,54 dan pF 4,2, dan 5). Kedalaman zona perakaran tanaman.(Pramono dan Rahardyan, 2001).

Adapun tahapan perhitungan neraca air metode Thornthwaite Mather (1957) adalah sebagai berikut (Pramono dan Rahardyan, 2001) :

1. Temperatur

Untuk mengetahui temperatur di wilayah kajian, nilai temperaturnya dapat dihitung dengan metode ekstrapolasi data temperature dari stasiun klimatologi terdekat. Syarat untuk dapat melakukan ekstrapolasi adalah elevasi antara kedua tempat ini sudah diketahui. Ekstrapolasi dilakukan dengan menggunakan persamaan Mock (1973) yaitu :

$$T_x = 0,006 (E - E_x) + T$$

Dalam hal ini :

T_x = suhu udara hasil ekstrapolasi E = elevasi pada stasiun iklim

E_x = elevasi daerah yang diektrapolasi T = suhu udara terukur pada stasiun iklim

2. Perhitungan Indeks Panas

Indeks panas 1 tahun merupakan jumlah nilai indeks panas bulanan (i). Untuk menghitung nilai indeks panas bulanan (i) dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$I = (T/5)^{1,514}$$

T = temperatur bulanan

Setelah indeks panas bulanan (Januari – Desember) diperoleh kemudian dijumlahkan, hasilnya merupakan indeks panas tahunan (I).

3. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Sebelum Terkoreksi

Pada tahap ini adalah menentukan nilai evapotranspirasi potensial sebelum terkoreksi dengan menggunakan tabel 4, bagian II dan Tabel 5 dari Thornthwaite-Mather Dasar untuk menentukan nilai ini adalah rata-rata temperatur bulanan dan nilai indeks panas. Untuk temperatur diatas 26,5 °C nilai evapotranspirasi potensial sebelum terkoreksinya dicari pada tabel 5, sedangkan untuk temperatur di bawah 26,5 °C diperoleh dari table 4 bagian II. Dalam perhitungan nilai evapotranspirasi potensial sebelum terkoreksi ini jika rata-rata temperaturnya dibawah 0 °C maka nilai evapotranspirasi potensial sebelum terkoreksinya adalah sama dengan 0.

4. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Terkoreksi

Nilai evapotranspirasi potensial terkoreksi diperoleh dengan mengalikan faktor koreksi dengan nilai evapotranspirasi sebelum terkoreksi. Faktor koreksi ditentukan berdasarkan letak lintang

wilayah kajian. Nilai faktor koreksi diperoleh dari tabel 6 atau 7 dari Thornthwaite-Mather.

5. Hujan (P)

Perhitungan rata-rata hujan bulanan wilayah kajian dilakukan dengan menggunakan metode poligon Thiessen. Data curah hujan dikumpulkan dari beberapa stasiun hujan terdekat di sekitar wilayah kajian. Perhitungan hujan dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$= \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A}$$

Dalam hal ini :

R = Rata-rata curah hujan

R₁, R₂ R_n = Curah hujan di tiap-tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik pengamatan

A₁, A₂, A_n = luas wilayah yang mewakili tiap titik pengamatan

6. Perhitungan P – PE

Perhitungan P – PE yaitu untuk menentukan periode kelebihan dan kekurangan kelembaban. Hal ini diperlukan untuk mengetahui perbedaan antara curah hujan dan evapotranspirasi potensial. Jika nilai P – PE negatif, menunjukkan bahwa jumlah curah hujan yang jatuh tidak mampu menambah kebutuhan air pada areal yang tertutup oleh vegetasi. Jika nilai P – PE positif, menunjukkan bahwa jumlah kelebihan air yang tersedia selama periode tertentu dalam satu tahun dapat mengisi kembali kelembaban tanah dan limpasan.

7. Perhitungan Akumulasi Potensi Kehilangan Air (*Accumulated Potential Water Loss/ APWL*)

Perhitungan akumulasi potensi kehilangan air diperlukan untuk mengetahui potensi kehilangan air pada bulan kering. Perhitungannya dilakukan dengan memulainya dari bulan dengan nilai P – PE yang negatif. Kemudian secara berurutan dijumlahkan dengan nilai P – PE bulan berikutnya sampai dengan bulan dengan

nilai $P - PE$ negatif yang terakhir. Perhitungan nilai APWL ini bersifat kumulatif.

8. Perhitungan Cadangan Lengas Tanah (ST)

Terdapat dua cara perhitungan cadangan lengas tanah (ST) pertama adalah berdasarkan nilai air tersedia, kedalaman zona perakaran, dan luas penggunaan lahan yang ada di lokasi kajian. Nilai air tersedia diperoleh dari hasil analisis sampel tanah (parameter pF 2,54 dan pF 4,2). Kedalaman zone perakaran diperoleh dari survei lapang dan luas penggunaan lahan dari analisis peta penggunaan lahan. Untuk APWL yang bernilai positif nilai cadangan lengas tanah dihitung berdasarkan :

$$ST = \frac{\Sigma \text{ cadangan lengas tanah tiap penggunaan lahan}}{\Sigma \% \text{ luas zona perakaran per penggunaan lahan}}$$

Kemudian untuk nilai APWL yang bernilai negatif, diperoleh dari tabel 23 – 33 Thornthwaite-Mather dengan berdasarkan pada nilai ST yang positif. Cara kedua perhitungan cadangan lengas tanah (ST) adalah berdasarkan analisis sampel tanah (parameter tekstur) dari masing-masing unit lahan yang dibuat berdasarkan bentuk lahan, penggunaan lahan dan jenis tanah. Disamping itu juga bergantung pada jenis tanaman dominan di setiap unit lahan. Kemudian nilai cadangan lengas tanah dicari pada tabel 10 Thornthwaite-Mather.

9. Perubahan Lengas Tanah (ΔST)

Nilai perubahan lengas tanah dihitung berdasarkan selisih antara cadangan lengas tanah bulan berjalan dengan cadangan lengas tanah bulan sebelumnya.

10. Perhitungan Evapotranspirasi Aktual (AE)

Perhitungan nilai evapotranspirasi aktual dilakukan berdasarkan pada :

jika $P > EP$ maka $AE = EP$

jika $P < EP$ maka $AE = P + \text{nilai mutlak dari perubahan lengas tanah}$

11. Perhitungan Defisit (D)

Nilai defisit (D) dihitung berdasarkan pada selisih antara EP dan EA

12. Perhitungan Surplus (S)

Nilai surplus dihitung dengan menggunakan rumus $S = (P - EP) - \text{perubahan ST } (\Delta ST)$

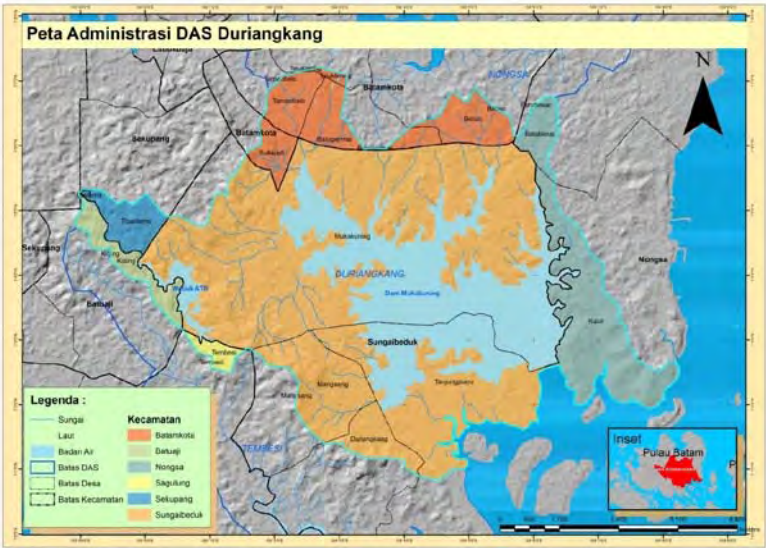
13. Perhitungan Limpasan (*Runoff*)

Perhitungan nilai limpasan merupakan langkah terakhir perhitungan neraca air metode Thornthwaite – Mather. Nilai limpasan diperoleh berdasarkan nilai surplus air yang besarnya diasumsikan berkisar 50 % dari nilai surplus yang tersedia untuk menjadi limpasan setiap bulannya dan akan dialirkan pada bulan berikutnya. Total jumlah limpasan dalam satu tahun adalah merupakan nilai prediksi ketersediaan air di wilayah kajian.

Hasil akhir dari hasil perhitungan neraca air tersebut adalah berupa total prediksi limpasan selama satu tahun di lokasi kajian yang identik dengan prediksi ketersediaan air lokasi kajian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian dilaksanakan di DAS Duriangkang, Kota Batam, Kepulauan Riau. Pada Gambar 1 disajikan peta administrasi dan topografi DAS Duriangkang, Kota Batam, Kepulauan Riau sebagai DAS kajian.



Gambar 1. Peta administrasi dan Topografi DAS Duriangkang

Berdasarkan peta tersebut di atas, DAS Duriangkang dapat dirinci menjadi beberapa jenis penggunaan lahan seperti disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Jenis Penggunaan Lahan dan Luasannya di DAS Duriangkang

Jenis Penutupan Lahan	Luas (ha)	%
Badan jalan	11.5	5.2
Pemukiman jarang	46.9	21.3
Pemukiman padat	87.6	39.8
Semak belukar	20.7	9.4
Tanah terbuka	53.6	24.3
Total	220.3	100.0

Dari beberapa jenis penggunaan lahan yang ada di DAS Duriangkang, sebagian besar luasan adalah berupa pemukiman. Sedangkan yang tertutup vegetasi yang hanya berupa semak belukar hanya sebesar 20 Ha. Dengan kondisi demikian maka potensi lahan yang diduga mampu menyimpan atau menginfiltrasi air hujan yang jatuh adalah hanya yang berada di penggunaan lahan berupa semak belukar dengan luasan sebesar 20 Ha saja sedangkan jenis penggunaan lahan yang lainnya kecil kemungkinannya mampu meresapkan air ke dalam tanah tanpa introduksi teknologi.

Selanjutnya perhitungan hasil air DAS Duriangkang dengan pendekatan model Thornthwaite Mather dilakukan dengan menggunakan data temperatur dan curah hujan bulanan mulai tahun 2001 – 2011. Rekapitulasi hasil perhitungan neraca air dan ketersediaan air DAS Duriangkang disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Neraca Air dan Ketersediaan Air DAS Duriangkang

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	JUMLAH	Rata-rata
2001	145.18	72.59	36.29	74.91	97.51	48.76	41.56	41.46	20.52	113.44	87.03	155.75	935.01	77.92
2002	125.24	62.62	31.31	15.65	7.83	29.69	36.53	18.26	9.13	4.57	2.28	169.88	512.99	42.75
2003	331.62	165.81	83.02	41.51	20.75	10.38	5.19	2.59	40.59	93.98	62.80	167.64	1025.87	85.49
2004	279.30	139.65	85.94	42.97	66.04	33.02	56.19	28.10	14.05	7.02	3.51	10.00	765.79	63.82
2005	99.38	49.69	24.84	12.42	105.27	52.63	26.32	34.84	21.71	110.04	149.83	80.15	767.12	63.93
2006	366.58	183.29	91.64	68.08	34.10	76.83	38.59	20.98	10.49	5.24	2.62	384.55	1282.99	106.92
2007	288.86	144.43	72.21	36.10	33.61	45.08	55.22	57.29	66.44	95.90	100.76	235.12	1231.03	102.59
2008	48.94	34.70	126.97	63.25	31.62	15.81	57.58	45.47	69.53	91.95	74.28	97.88	757.99	63.17
2009	25.24	12.62	10.43	5.21	2.61	13.58	30.47	51.92	38.25	47.31	73.46	50.47	361.56	30.13
2010	16.17	8.09	26.66	43.60	30.86	38.71	53.53	26.77	74.18	46.77	64.69	32.35	462.37	38.53
2011	335.55	167.77	83.89	41.94	20.97	22.76	11.56	76.46	72.53	157.44	206.53	156.50	1353.91	112.83

Berdasarkan Tabel 2 tersebut di atas nampak bahwa jumlah hasil air tahunan DAS Duriangkang berkisar antara 361,56 mm (terendah) sampai dengan 1.353,91 mm (tertinggi). Hasil air terendah terjadi pada tahun 2009 dan hasil air tertinggi terjadi pada tahun 2011. Jika di rata-ratakan pada tahun tersebut (2009) hasil airnya adalah 30,13

mm/bulan dan pada tahun 2011 hasil airnya adalah sebesar 112,83 mm/bulan. Jika dibandingkan, perhitungan hasil air yang diperoleh mulai tahun 2001 sampai dengan 2011 tersebut fluktuasi hasil air di DAS Duriangkang cukup besar.

Di lain pihak jumlah curah hujan tahunan DAS Duriangkang yang diperoleh dari stasiun hujan bandara Hang Nadim, kota Batam disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Curah Hujan Bulanan Kota Batam Tahun 2001 - 2011

Tahun	J	P	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jumlah
2001	275	58	172	262	273	130	195	188	141	354	200	368	2616
2002	221	48	43	129	224	197	190	97	129	112	206	481	2077
2003	636	108	146	151	42	60	97	211	221	294	171	416	2553
2004	689	21	173	77	204	76	188	115	134	125	135	130	2067
2005	259	14	75	168	351	72	162	190	151	345	329	154	2270
2006	489	90	105	260	141	277	143	154	86	95	135	990	2965
2007	483	66	181	134	196	202	212	206	218	272	245	513	2928
2008	138	155	369	144	77	137	313	180	236	261	196	265	2471
2009	12	43	274	73	147	234	194	220	167	203	239	171	1977
2010	30	45	306	209	171	192	215	122	287	166	222	89	2054
2011	655	9	91	177	105	212	147	288	211	389	395	250	2929

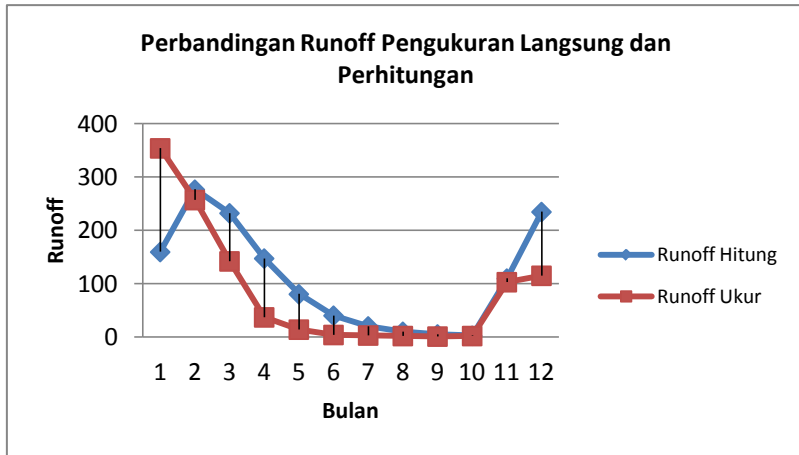
Dari Tabel 3 tersebut di atas nampak bahwa jumlah curah hujan tahunan terendah terjadi pada tahun 2009 yaitu sebesar 1.977 mm/ tahun dan tertinggi terjadi pada tahun 2006 yaitu sebesar 2.965 mm/ tahun. Dari Tabel 3 tersebut di atas nampak bahwa curah hujan yang turun di DAS Duriangkang relatif cukup tinggi karena jumlah curah hujan tahunannya lebih dari 2000 mm/ tahun kecuali tahun 2009 (1.977 mm/ tahun), namun demikian secara keseluruhan curah hujan DAS Duriangkang relatif cukup besar.

Selanjutnya jika dibandingkan antara curah hujan sebagai masukan dan hasil air sebagai luaran nampak bahwa dari curah hujan yang turun di DAS Duriangkang hanya sebagian saja yang keluar sebagai hasil air. Hal ini disebabkan karena berdasarkan peta penggunaan lahan DAS Duriangkang, nampak bahwa sebagian besar luas DAS Duriangkang adalah pemukiman, badan jalan, dan tanah kosong sehingga kemungkinan penggunaan lahan tersebut menyerap tanah dengan proses infiltrasi sangat kecil. Dari kondisi yang demikian maka sebagian besar curah hujan yang jatuh di DAS Duriangkang sebagian besar akan menjadi aliran langsung. Sementara itu hasil pendekatan perhitungan hasil air dengan model Thornthwaite Mather seperti

tersaji pada Tabel 2 nampak bahwa hasil air tahunan di DAS Duriangkang hanya kecil. Hal ini jika dihubungkan dengan penggunaan lahannya, memang hanya sebagian kecil saja penggunaan lahan yang mampu menyimpan air hujan untuk diresapkan ke dalam tanah yaitu pada penggunaan lahan berupa semak belukar yang luasannya hanya sebesar 20 Ha saja sehingga menyebabkan hasil air DAS Duriangkang sangat kecil jika dibandingkan dengan masukan curah hujan tahunannya

Untuk mengatasi permasalahan fluktuasi hasil air yang cukup besar tersebut maka pembuatan bendung merupakan suatu keharusan sehingga air sungai tidak langsung terbuang ke laut tetapi dapat tertampung terlebih dahulu pada dam sehingga ketersediaan air kawasan tetap terjaga. Dengan kondisi yang demikian, maka perlu penanganan yang serius terkait keberadaan dam penampung tersebut agar supaya dam tidak berkurang volumenya sebagai akibat dari sedimentasi yang masuk ke dalam dam. Disamping itu kualitas air di dalam dam harus tetap terjaga sehingga dapat memenuhi standar untuk digunakan sebagai air baku untuk memenuhi kebutuhan air baik untuk rumah tangga maupun untuk keperluan industri.

Selanjutnya terkait perhitungan hasil air model Thorthnwaite Mather yang digunakan, berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa prediksi hasil air tahunan jika dibandingkan dengan hasil pengamatan langsung, model ini dapat dipertanggungjawabkan validitasnya. Hasil penelitian yang sama di lokasi lain nampak bahwa antara prediksi dan pengamatan langsung tidak ada perbedaan yang mencolok. Hasil perbandingan disajikan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Perbandingan antara Prediksi dan Pengukuran Langsung

V. KESIMPULAN

1. Hasil prediksi hasil air DAS Duriangkang adalah berkisar antara 361,56 mm sampai dengan 1.353,91 mm.
2. Fluktuasi hasil air tahunan di DAS Duriangkang cukup besar yang disebabkan karena penggunaan lahan yang ada di DAS Duriangkang yang mampu menyimpan air hujan melalui proses infiltrasi.
3. Rata-rata fluktuasi hasil air selama 11 tahun (2001 – 2011) terakhir berkisar dari 30,13 sampai dengan 112,83 mm.
4. Untuk mengatasi permasalahan fluktuasi hasil air yang cukup besar tersebut maka pembuatan bendung merupakan suatu keharusan sehingga air sungai tidak langsung terbuang ke laut tetapi dapat tertampung terlebih dahulu pada dam sehingga ketersediaan air kawasan tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, R.N., *et.al.*, 2005. Pengaruh Tanaman Kayu putih Terhadap Tata Air. Laporan Penelitian, Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Wilayah Indonesia Bagian Barat. Surakarta.

- Bruijnzeel, L.A., 1982. *Hydrological and Biogeochemical aspects of Man-made Forest in South-central Java. Indonesia*. Nuffic Project ITC/GUA/VU.
- Hehanussa, P.E., 1999. Ketersediaan Air Dalam Perspektif Abad-21, Kaitannya dengan Hak Asasi Manusia. Prosiding Seminar Ketersediaan Air Bersih dan Hak Azasi Manusia. Kerjasama Masyarakat Hidrologi Indonesia dengan Panitia Nasional Program Hidrologi dan Himpunan Ahli Teknik Hidraulika. Tanggal 25 Pebruari 1999. Bogor.
- Mock, F.J., 1973. *Land Capability Appraisal Indonesia : Water Availability Appraisal*. Bogor : FAO.
- Pramono, I.B. dan Rahardyan N.A., 2001. Pedoman Teknis Perhitungan Neraca Air dengan Metode Thornthwaite-Mather. Info DAS. Balai Teknologi Pengelolaan DAS Surakarta. Surakarta.
- Seyhan, E., 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*, (Diterjemahkan oleh Ir. Sentot Subagyo). Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Supangat, A.B., 2005. Kajian Keseimbangan Tata Air Dalam Rangka Perencanaan Tata Ruang Di Wilayah Sub DAS Cirasea. Thesis S-2. Program Studi Perencanaan Wilayah Dan Kota Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Suryatmojo, H., 2006. Konsep Neraca Air. diunduh dari : http://mayong.staff.ugm.ac.id/site/?page_id=115) tanggal 31 Jan 2011.
- Thornwhaite, C. W. and J. R. Mather. 1957. *Instruction and Tables for Computing Evapotranspiration and Water Balance*. Publication in Climatology. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology.

SKENARIO PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DI DAS WAY BETUNG SEBUAH SIMULASI KARAKTERISTIK HIDROLOGI MENGUNAKAN MODEL SWAT¹

Oleh :

Zaenal Mubarak^a, Syaiful Anwar^b, Kukuh Murtilaksono^c, Enni D.
Wahjunie^d

^aBalai Pengelolaan DAS Way Seputih Sekampung, zain.almubarak58@gmail.com,
Komplek Kehutanan Rajabasa, Jl. Teuku Umar, Lampung 35144.

^bDirektorat Perencanaan dan Evaluasi Pengelolaan DAS, syaifula09@gmail.com,
Gd Manggala Wanabakti Blok I Lt. 13, Jakarta 10270.

^cDep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Faperta, Institut Pertanian Bogor,
kmurtilaksono@yahoo.com, Kampus IPB Darmaga, Bogor.

^dDep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Faperta, Institut Pertanian Bogor,
edwihwahjunie@yahoo.com, Kampus IPB Darmaga, Bogor

ABSTRAK

Model hidrologi *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) dapat dimanfaatkan untuk melakukan prediksi karakteristik hidrologi DAS yang dipengaruhi oleh perubahan penggunaan dan pengelolaan lahan. Penggunaan dan pengelolaan lahan dapat diubah dengan skenario tertentu dan dengan melalui proses simulasi dapat diprediksi karakteristik hidrologi yang ditimbulkan.

Tujuan penelitian ini adalah: 1) Diperolehnya hasil kajian pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi; 2) Tersusunnya rekomendasi perencanaan penggunaan lahan DAS Way Betung yang terbaik. Lingkup penelitian ini adalah penggunaan model SWAT untuk memprediksi jumlah total air sungai, koefisien regim sungai (KRS), dan koefisien limpasan permukaan (C) hasil perhitungan dan simulasi terhadap perubahan penggunaan dan pengelolaan lahan. Metodologi penelitian ini adalah dengan menjalankan Model SWAT melalui urutan proses dimulai dengan deliniasi DAS (*watershed delineation*), analisis unit respons hidrologi (*HUR analysis*), membuat basis data iklim (*weather generator data*), membangun data masukan model SWAT, simulasi model SWAT (*SWAT simulation*), kalibrasi dan validasi.

Perubahan penggunaan lahan tahun 2001 dan 2010 terbukti berpengaruh terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Betung. Pengaruh tersebut ditunjukkan oleh jumlah total air sungai, nilai KRS, dan nilai C tahun 2001 dan 2010 masing-masing sebesar 1.143,25 mm, 38.83 (baik) dan 0.10 (baik) menjadi 802.26 mm, 50.27 (sedang) dan 0.12 (baik). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan dari tahun 2001 ke 2010 memberikan dampak negatif terhadap karakteristik hidrologi DAS terutama terhadap koefisien regim sungai. Sebagai kesimpulan adalah direkomendasikan perencanaan penggunaan lahan yang baik pada DAS Way Betung, yaitu penerapan agroteknologi pada lahan pertanian sesuai dengan fungsi kawasan hutan (skenario 3) dan sebagai skenario alternatif adalah penerapan agroteknologi pada penggunaan lahan kondisi saat ini (*existing*) (skenario 2). Nilai KRS

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

skenario 3 dan 2 masing-masing sebesar 29.39 (baik) dan 36.10 (baik), dan nilai C masing-masing sebesar 0.11 (baik) dan 0.12 (baik). Apabila skenario 3 dan 2 diterapkan di lapangan maka diharapkan akan memberikan karakteristik hidrologi yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi saat ini (*existing*) di kemudian hari.

Kata kunci: *Curve number*; koefisien *runoff*; koefisien regim sungai; skenario penggunaan lahan; simulasi.

I. LATAR BELAKANG

Perencanaan penggunaan lahan sangat penting dilakukan agar tidak menimbulkan pengaruh buruk terhadap karakteristik hidrologi DAS. Dinamika Karakteristik hidrologi menunjukkan kinerja suatu DAS dalam menjamin pemenuhan kebutuhan air. Peningkatan kapasitas infiltrasi dan penurunan aliran permukaan menjadi prioritas dalam penyusunan penggunaan lahan.

Pengaruh penggunaan lahan terhadap sistem hidrologi DAS erat kaitannya dengan kegiatan manusia dalam penggunaan lahan. Jumlah penduduk DAS Way Betung tahun 2007 hingga tahun 2012 bertambah dari 114.973 jiwa menjadi 134.792 jiwa (BPS, 2013). Aktivitas penduduk DAS Way Betung bergantung pada sektor pertanian. Pengaruh pertambahan jumlah penduduk terhadap peningkatan pemanfaatan lahan mengakibatkan perubahan penggunaan lahan hutan di hulu DAS Way Betung. Perubahan penggunaan lahan dari satu tipe ke tipe lainnya baik permanen maupun sementara menjadi salah satu fokus dalam perencanaan pengelolaan DAS (Asdak, 2010).

Menurut Rosnita (2005), perubahan fungsi kawasan hutan menjadi kawasan perumahan, industri dan kegiatan non pertanian lainnya mempengaruhi kondisi tata air/hidrologi. Perubahan penggunaan lahan hutan pada DAS Way Betung sejak tahun 1991 hingga 2006 sebesar 973,30 ha menjadi 508,10 ha menyebabkan peningkatan koefisien aliran permukaan (C) dari 48,60% (1991-1995) menjadi 61,60% (2002-2006) dan koefisien regim sungai (KRS) dari 11,00 (1991) menjadi 30,00 (2006) (Yuwono, 2011).

Kajian perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi dapat dilakukan dengan menggunakan model hidrologi (Yusuf, 2010). Model merupakan suatu perkiraan atau penyederhanaan dari realitas sebenarnya (Indarto, 2010). Salah satu model hidrologi yang baik

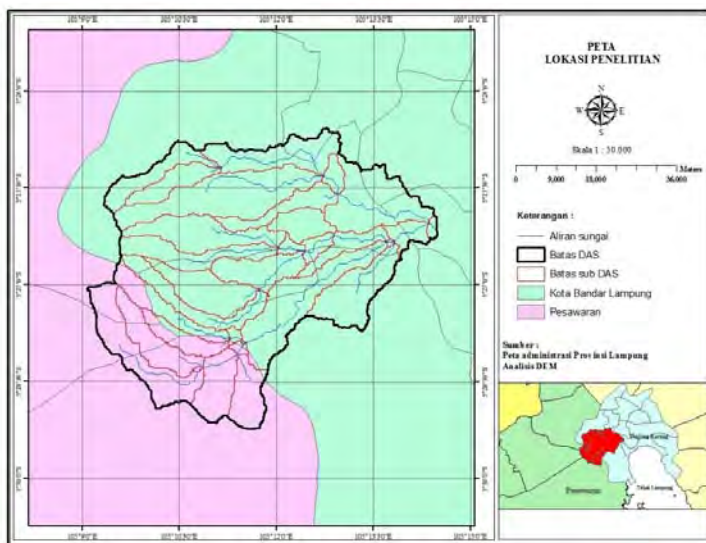
digunakan adalah model SWAT (*Soil and Water Assesment Tools*) yang juga direkomendasikan untuk dikembangkan oleh asosiasi konservasi tanah dan air dunia (*World Association for Soil and Water Conservation, WASWAC*). Asosiasi ini bahkan telah membangun SWAT Network dan SWAT School. SWAT merupakan model hidrologi yang banyak digunakan untuk mengevaluasi dampak perubahan iklim, penggunaan lahan, dan pengelolaan lahan terhadap karakteristik hidrologi (Arnold *et al.*, 2011).

Penelitian ini dilakukan untuk: 1) Mengkaji pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Betung, 2) Menyusun rekomendasi perencanaan penggunaan lahan DAS Way Betung yang terbaik.

II. METODOLOGI

A. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari hingga Desember 2013 di DAS Way Betung seluas 5.119,63 ha. Secara geografis terletak pada koordinat $105^{\circ}09' - 105^{\circ}14'$ BT dan $05^{\circ}24' - 05^{\circ}29'$ LS. Secara administrasi DAS Way Betung terbagi atas dua wilayah administrasi, yaitu Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Pesawaran (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian DAS Way Betung

B. Bahan dan Alat

Bahan pendukung penelitian terdiri atas: Peta dan data tanah, Peta DEM resolusi 30 meter, Peta tutupan lahan DAS Way Betung tahun 2001, 2006 dan 2010, Data hidrologi (curah hujan dan debit sungai harian tahun 2001-2011), Data iklim (temperatur, radiasi matahari, kelembaban udara, dan kecepatan angin harian tahun 2001-2011), Data sifat fisik tanah (ke dalaman solum tanah, ketebalan horizon tanah, kapasitas air tersedia, bobot isi, C-organik, konduktivitas hidrolik jenuh, tekstur tanah, albedo tanah).

Alat pendukung penelitian terdiri atas: Perangkat komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunak ArcGIS 9.3, ArcSWAT versi 2009.93.5 released 8/19/10, SWAT Plot and Graph, dan Microsoft Office; Global Positioning System (GPS); Alat pengambil contoh tanah: *ring soil sampler*, meteran, cangkul, pisau tipis, palu, bor tanah, dan kantong plastik tebal, Alat tulis, Peralatan pendukung: kamera digital dan alat penyimpanan data.

C. Tahapan Penelitian

Tahapan awal penelitian yaitu melakukan pengumpulan peta dan data yang diperlukan dalam proses *input* data model SWAT. Peta dan data tersebut meliputi :

1. Peta tanah (skala 1:250.000) dari Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak) Bogor dan data sifat fisik tanah hasil analisis laboratorium.
2. Peta penggunaan lahan tahun 2001, 2006, dan 2010 (skala 1:100.000) hasil interpretasi citra landsat dari Ditjen Planologi Kementerian Kehutanan.
3. Analisis peta *digital elevation model* (DEM) yang diperoleh dari <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp> menghasilkan informasi berupa titik ketinggian untuk delineasi batas DAS Way Betung.
4. Data iklim dari BMKG Masgar Provinsi Lampung
5. Data hidrologi dari Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung Lampung.

Pengolahan Data Input dilakukan dengan memasukan peta dan data yang diperlukan model SWAT melalui tahapan :

1. Delineasi DAS (*Watershed Deliniator*) dengan data *input* berupa data DEM.
2. Analisis HRU (*Hydrologi Respont Unit Analysis*) dengan data *input* peta penggunaan lahan, peta topografi, dan peta serta data tanah.
3. Basis data iklim (*Weather Generator Data*) dengan membuat data generator iklim hasil perhitungan data curah hujan, suhu, radiasi matahari, kelembaban, dan kecepatan angin.

Delineasi DAS (*Watershed Deliniator*) dengan tahapan kegiatan: *input* data DEM (*add DEM grid*), penentuan jaringan sungai, penentuan outlet, seleksi dan penentuan outlet DAS, dan perhitungan parameter sub DAS. Analisis HRU (*Hydrologi Respont Unit Analysis*) yaitu mendefinisikan data masukan melalui *overlay* peta penggunaan lahan, peta tanah, dan kelas lereng. Basis data iklim (*Weather Generator Data*) model SWAT dioperasikan dengan masukan data iklim melalui sub menu *weather data definition*. Membangun data masukan model SWAT berdasarkan masukan secara otomatis terbentuk dengan memilih sub menu *Write All*. Simulasi SWAT (*SWAT Simulation*) dilakukan dengan memilih waktu yang akan disimulasikan pada mode *Run SWAT*. Penyimpan data *output* hasil simulasi dilakukan dengan memilih *Read SWAT Output*.

Proses kalibrasi merupakan penyesuaian kombinasi nilai parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kondisi hidrologi DAS, sehingga diperoleh hasil model yang mendekati hasil pengukuran. Metode kalibrasi yang digunakan dalam penelitian adalah metode manual dengan merubah nilai parameter secara coba-coba (*trial and error*). Analisis statistik yang digunakan dalam kalibrasi yaitu koefisien determinasi (R^2) dan *Nash-Sutcliffe efficiency* (NS) dengan persamaan sebagai berikut:

$$NS = 1 - \left[\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \right]$$

Ket: y = debit actual yang terukur, \hat{y} = debit hasil model, \bar{y} = rata-rata debit terukur. Efisiensi model *Nash-Sutcliffe* terdiri atas 3 kelas yaitu: 1) Baik, jika $NS \geq 0,75$; 2) Memuaskan, jika $0,75 > NS > 0,36$; 3) Kurang memuaskan, jika $NS < 0,36$ (Nash, 1970).

Validasi bertujuan untuk membuktikan konsistensi hasil model SWAT dengan data debit pengukuran pada periode yang lain. Nilai parameter yang digunakan dalam proses validasi sama dengan nilai parameter pada proses kalibrasi.

D. Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap aspek Hidrologi

Informasi penggunaan lahan diamati dari peta tutupan lahan tahun 2001, 2006, dan 2010. Analisis karakteristik hidrologi meliputi total air sungai (WATER_YLD), aliran permukaan (SUR_Q), aliran lateral (LAT_Q), dan aliran dasar (GW_Q). Menurut Arnold *et al.* (2011), total air sungai (*water yield*) adalah total air yang mengalir ke saluran utama dalam jangka waktu tertentu ($\text{WATER_YLD} = \text{SUR_Q} + \text{LAT_Q} + \text{GW_Q}$). Aliran permukaan (SUR_Q) adalah air limpasan yang mengalir di atas permukaan tanah dari setiap HRU. Aliran lateral (LAT_Q) adalah air yang mengalir pada profil tanah dengan arah lateral dan masuk ke saluran utama dalam jangka waktu tertentu. Aliran dasar (GW_Q) adalah aliran dari akuifer dangkal dan masuk ke sungai pada musim kering.

E. Skenario Perencanaan Penggunaan Lahan

Skenario simulasi penggunaan lahan yang disusun sebagai berikut:

1. Penggunaan lahan sesuai dengan peta fungsi kawasan hutan (skenario 1);
2. Penerapan agroteknologi pada lahan pertanian di luar kawasan hutan (skenario 2);
3. Penggunaan lahan sesuai dengan peta fungsi kawasan hutan dan penerapan agroteknologi pada lahan pertanian (skenario 3).

Analisis karakteristik hidrologi masing-masing skenario meliputi total air sungai (WATER_YLD), aliran permukaan (SUR_Q), aliran lateral (LAT_Q), aliran dasar (GW_Q).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil proses deliniasi DAS terbentuk jaringan sungai utama, batas DAS dengan total luas 5.119,63 ha, dan sub DAS sebanyak 29. Hasil proses analisis HRU terbentuk 270 HRU yang tersebar di 29 sub DAS.

Data karakteristik hidrologi diperoleh berdasarkan data masukan iklim yang dipengaruhi oleh penggunaan lahan tahun 2010, karakteristik tanah, dan topografi. Nilai uji efisiensi *Nash-Sutcliffe* (NS) dan koefisien determinasi (R^2) diperoleh masing-masing sebesar 0,54 dan 0,60. Meskipun termasuk kriteria memuaskan, namun hubungan tersebut belum menggambarkan kondisi lapang sehingga perlu dilakukan proses kalibrasi.

Data debit pengukuran lapang yang digunakan pada proses kalibrasi yaitu periode 1 Januari hingga 31 Desember 2010. Metode kalibrasi ada tiga yaitu coba-coba (*trial and error*), otomatis, dan kombinasi. Metode kalibrasi yang dilakukan yaitu secara manual dengan memasukan nilai setiap parameter secara coba-coba (*trial and error*). Beberapa parameter yang dapat dirubah dalam proses kalibrasi adalah CN2, ESCO, EPCO, GW_REVAP, GWQMN dan RCHRG_DP (Santhi *et al.* 2006). Berdasarkan hasil uji, diperoleh nilai efisiensi *Nash-Sutcliffe* (NS) dan R^2 masing-masing sebesar 0,71 dan 0,69. Proses kalibrasi dilakukan dengan merubah parameter yang berpengaruh terhadap perubahan debit hasil model SWAT sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Total air sungai (WATER YLD) DAS Way Betung pada tahun 2010 setelah dilakukan kalibrasi sebesar 802,26 mm. Curah hujan DAS Way Betung pada tahun 2010 sebesar 1.652,00 mm sedangkan aliran permukaan sebesar 193,74 mm sehingga nilai koefisien aliran permukaan (C) menurut Peraturan Dirjen RLPS No. P.04/V-SET/2009 sebesar 0,12 tergolong baik. Debit tertinggi (Q_{max}) sebesar 13,07 m³/dtk sedangkan debit terendah (Q_{min}) sebesar 0,26 m³/dtk sehingga diperoleh nilai koefisien regim sungai (KRS) DAS Way Betung tahun 2010 sebesar 50,27 tergolong sedang. Kondisi penggunaan lahan tahun 2010 mampu meresapkan air ke dalam tanah berupa aliran lateral dan aliran dasar masing-masing sebesar 455,80 mm dan 152,72 mm. Air tanah tersebut akan mengalir ke sungai pada saat musim kemarau.

Tabel 1. Nilai parameter pada tahap kalibrasi.

Kode parameter	Arti parameter	Nilai awal	Nilai akhir	Kisaran
CN2	SCS curve number	Dikalikan	1.20	50-90
ALPHA_BF	Faktor alpha aliran dasar	0,23	0,75	0-1
GW_DELAY	Waktu jeda air di dalam tanah menuju sungai	15,00	9,39	0-500
GWQMN	Ketinggian minimum aliran dasar	2.941,00	3.228,00	0-5 000
GW_REVAP	Koefisien penguapan air bawah tanah	0,02	0,13	0,02-0,2
RCHRG_DP	Fraksi perkolasi perairan dalam	0,05	0,80	0-1
ESCO	Faktor evaporasi tanah	0,15	0,34	0-1
EPCO	Faktor uptake tanaman	1,00	0,81	0-1
CH_N2	Koefisien manning saluran utama	0,02	0,11	-0,01-0,3
CH_K2	Konduktivitas hidrolik sungai	0,00	0,00	-0,01-500
SOL_K	Konduktivitas hidrolik tanah terbuka	0,24	78,51	0-2.000
SOL_AWC	Kapasitas air tersedia di dalam tanah	0,04	0,11	0-1
SURLAG	Waktu hujan menjadi puncak aliran permukaan	4,00	1,15	0,05-22

Validasi dilakukan dengan menggunakan data debit pengukuran lapang periode 1 Januari hingga 31 Desember 2011. Parameter yang digunakan pada proses validasi sama dengan proses kalibrasi. Konsistensi model SWAT hasil validasi ditunjukkan dengan nilai NS sebesar 0,75 dan R^2 sebesar 0,80. Total air sungai (WATER YLD) DAS Way Betung tahun 2011 hasil model SWAT sebesar 928,22 mm. Curah hujan DAS Way Betung pada tahun 2011 sebesar 1.840,20 mm sedangkan aliran permukaan sebesar 205,71 mm, maka nilai koefisien aliran permukaan (C) sebesar 0,11 tergolong baik. Berdasarkan debit tertinggi (Q_{max}) sebesar 12,11 m³/dtk dan debit terendah (Q_{min}) sebesar 0,22 m³/dtk, maka nilai KRS DAS Way Betung tahun 2011 sebesar 55,05 tergolong sedang. Karakteristik hidrologi DAS Way Betung tahun 2011 berupa aliran lateral dan aliran dasar masing-masing sebesar 485,13 mm dan 237,38 mm.

A. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap aspek Hidrologi

Data Perubahan penggunaan lahan DAS Way Betung diperoleh dari analisis peta tutupan lahan DAS Way Betung tahun 2001, 2006, dan 2010 hasil interpretasi citra satelit yang diterbitkan Direktorat Jenderal Planologi Kementerian Kehutanan (Tabel 2).

Periode 2001 sampai 2006 terjadi peningkatan kebun campuran dan pemukiman masing-masing sebesar 1.499,25 ha dan 82,54 ha. Penurunan

terjadi pada tutupan hutan dan pertanian lahan kering campuran masing-masing sebesar 254,30 ha dan 1.267,27 ha serta beralihnya pertanian lahan kering menjadi penggunaan lahan lainnya. Perubahan penggunaan lahan hutan yang terjadi di daerah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) akan mengakibatkan perubahan karakteristik hidrologi DAS (Pawitan, 2006). Peningkatan kebun campuran mengindikasikan bahwa kebutuhan hidup penduduk di DAS Way Betung sangat tergantung pada sektor pertanian sehingga berdampak terhadap penurunan luas hutan.

Tabel 2. Luas penggunaan lahan DAS Way Betung tahun 2001, 2006, dan 2010

Penggunaan lahan	Luas (area) (ha)		
	2001	2006	2010
Hutan lahan kering sekunder	977,06	722,76	977,06
Kebun campuran	251,05	1.745,30	234,14
Pemukiman	28,37	110,91	252,39
Pertanian lahan kering	55,22	-	51,39
Pertanian lahan kering campuran	3.807,93	2.540,66	3.604,65
Luas total	5.119,63	5.119,63	5.119,63

Sumber: Peta penutupan lahan DAS Way Betung tahun 2001, 2006, dan 2010 (BAPLAN, Kementerian Kehutanan)

Periode 2006 sampai 2010 terjadi peningkatan tutupan hutan, pemukiman, pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campuran masing-masing sebesar 254,30 ha, 141,48 ha, 51,39 ha, 1.063,99 ha. Penurunan terjadi pada kebun campuran sebesar 1.511,16 ha. Peningkatan luas hutan merupakan upaya Dinas Kehutanan Provinsi Lampung untuk menjaga kelestarian hutan melalui program rehabilitasi hutan.

Periode 2001 sampai 2010 terjadi peningkatan lokasi pemukiman seluas 224,02 ha. Kebutuhan lahan pemukiman diiringi dengan kebutuhan lahan pertanian dalam pemenuhan kebutuhan hidup.

Karakteristik hidrologi DAS Way Betung hasil model SWAT berdasarkan perubahan penggunaan lahan tahun 2001, 2006, dan 2010 disajikan pada Tabel 3 dan KRS tahun 2001, 2006, dan 2010 disajikan pada Tabel 4.

Perubahan penggunaan lahan DAS Way Betung pada tahun 2001, 2006, dan 2010 berpengaruh terhadap total air sungai (WATER YLD) masing-

masing sebesar 1.143,25 mm, 803,76 mm, dan 802,26 mm. Kinerja DAS Way Betung berdasarkan nilai KRS pada tahun 2001, 2006, dan 2010 masing-masing sebesar 38,83, 64,13, dan 50,27. Semakin besar KRS, kinerja DAS semakin buruk.

Tabel 3. Karakteristik hidrologi DAS Way Betung tahun 2001, 2006, dan 2010

Tahun	Curah hujan	Aliran permukaan (SUR_Q)	Aliran lateral (LAT_Q)	Aliran dasar (GW_Q)	Total air sungai (WATER_YLD)	C
(mm)						
2001	2.093,95	211,92	622,54	308,79	1.143,25	0,10
2006	1.602,88	222,26	443,50	138,00	803,76	0,14
2010	1.652,00	193,74	455,80	152,72	802,26	0,12

Sumber : Hasil model SWAT tahun 2001, 2006, dan 2010.

Tabel 4. Koefisien regim sungai DAS Way Betung tahun 2001, 2006, dan 2010

Tahun	Qmax (m ³ /dtk)	Qmin (m ³ /dtk)	KRS (Qmax/Qmin)
2001	22,52	0,58	38,83
2006	35,27	0,55	64,13
2010	13,07	0,26	50,27

Penurunan penggunaan lahan 2001-2006 berupa hutan dan pertanian lahan kering campuran serta meningkatnya lahan pemukiman mengakibatkan peningkatan total air sungai (WATER YLD), nilai C dari 0,10 menjadi 0,14, dan nilai KRS dari 38,83 menjadi 64,13. Peningkatan lahan pemukiman pada tahun 2006-2010 tidak berpengaruh terhadap total air sungai (WATER YLD), karena terjadi peningkatan hutan dan pertanian lahan kering campuran masing-masing menjadi 977,06 ha dan 3.604,65 ha. Peningkatan tersebut berdampak terhadap penurunan total air sungai (WATER YLD), nilai C menjadi 0,12 dan nilai KRS menjadi 50,27.

Pengaruh kondisi penggunaan lahan bervegetasi dalam menurunkan aliran permukaan ditunjukkan oleh jumlah aliran permukaan tahun 2001 sebesar 211,92 mm lebih rendah dari tahun 2006 sebesar 222,26 mm. Sedangkan pengaruh penggunaan lahan bervegetasi dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi ditunjukkan oleh aliran lateral tahun

2001, 2006, dan 2010 masing-masing sebesar 622,54 mm, 443,50 mm, dan 455,80 mm, dan aliran dasar masing-masing sebesar 308,79 mm, 138,00 mm, dan 152,72 mm.

B. Skenario Perubahan Penggunaan Lahan

Simulasi skenario perubahan penggunaan lahan dilakukan untuk mendapatkan penggunaan lahan terbaik sebagai bahan rekomendasi penggunaan lahan DAS Way Betung. Penyusunan skenario perubahan penggunaan lahan berdasarkan pada penggunaan lahan tahun 2010. Karakteritik hidrologi dan KRS DAS Way Betung hasil model SWAT dari masing-masing skenario disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Karakteristik hidrologi DAS Way Betung tahun 2010 pada masing masing skenario

Komponen hidrograf	Karakteristik hidrologi (mm)			
	Kondisi saat ini	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Aliran permukaan	193,74	68,92	98,91	60,34
Aliran lateral	455,80	472,48	476,52	477,44
Aliran Dasar	152,72	238,37	224,50	240,85
Total air sungai	802,26	779,77	799,93	778,63

Tabel 6. Koefisien regim sungai (KRS) dan nilai koefisien aliran permukaan (C) DAS Way Betung tahun 2010 pada masing-masing skenario.

Skenario	Qmax (m³/dtk)	Qmin (m³/dtk)	KRS (Qmax/Qmin)	C
Kondisi saat ini (<i>existing</i>)	13,07	0,26	50,27	0,12
Skenario 1 (fungsi kawasan)	6,81	0,19	35,84	0,14
Skenario 2 (agroteknologi)	7,58	0,21	36,10	0,12
Skenario 3 (fungsi kawasan + agroteknologi)	6,76	0,23	29,39	0,11

DAS Way Betung berdasarkan peta fungsi kawasan hutan (skenario 1) terdiri atas 4 tipe tutupan lahan, yaitu hutan lahan kering sekunder (3.227,68ha), pemukiman (101,17 ha), pertanian lahan kering (28,29 ha), dan pertanian lahan kering campuran (1.762,49 ha). Total air sungai pada skenario 1 sebesar 779,77 mm. Debit tertinggi sebesar 6,81 m³/detik sedangkan debit terendah sebesar 0,19 m³/detik, sehingga nilai KRS sebesar 35,84 (baik). Aliran permukaan pada skenario 1 sebesar 68,92 mm. Nilai koefisien aliran permukaan (C) pada skenario 1 sebesar 0,14 termasuk

kriteria baik. Kondisi penggunaan lahan hutan berdasarkan peta fungsi kawasan hutan seluas 3.227,68 ha (63%) mampu meningkatkan kapasitas infiltrasi. Hal ini ditunjukkan dengan aliran lateral dan aliran dasar masing-masing sebesar 472,48 mm dan 238,73 mm.

Skenario 2 disusun dengan menerapkan agroteknologi pada lahan pertanian penggunaan lahan tahun 2010 (*eksisting*). Dasar penerapan agroteknologi adalah 2.556,97 ha (49,94%) lahan pertanian (kebun campuran, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campuran) berada pada kelas lereng > 15%. Agroteknologi yang diterapkan adalah pembuatan teras bangku dan penanaman tanaman strip. Penerapan teras individu pada hutan lindung mampu meningkatkan *base flow* 0,67 m³/dt, mengurangi *peak surface flow* sebesar 0,04 m³/dt, dan *peak flow* sebesar 0,74 m³/dt (Junaidi, 2009). Total air sungai (WATER YLD) pada skenario 2 sebesar 799,93 mm. Perbandingan debit tertinggi pada skenario 2 sebesar 7,58 m³/dtk dengan debit terendah sebesar 0,21 m³/dtk menghasilkan nilai KRS sebesar 36,10 (baik). Aliran permukaan pada skenario 2 sebesar 98,91 mm, sehingga nilai koefisien aliran permukaan (C) sebesar 0,12 (baik). Kondisi penggunaan lahan saat ini (*existing*) dengan menerapkan agroteknologi berupa pembuatan teras bangku dan tanaman strip mampu meningkatkan kapasitas infiltrasi. Hal ini ditunjukkan dengan besaran aliran lateral dan aliran dasar masing-masing sebesar 476,52 mm dan 224,50 mm.

Skenario 3 merupakan penerapan agroteknologi pada penggunaan lahan sesuai peta fungsi kawasan hutan. Skenario 3 diharapkan lebih mampu menurunkan aliran permukaan dan meningkatkan kapasitas infiltrasi. Total air sungaipada skenario 3 sebesar 778,63 mm. Debit tertinggi sebesar 6,76 m³/detik sedangkan debit terendah sebesar 0,23 m³/detik, sehingga nilai KRS sebesar 29,39 (baik). Aliran permukaan pada skenario 3 sebesar 60,34 mm, sehingga nilai koefisien aliran permukaan (C) sebesar 0,11 (baik). Kapasitas infiltrasi dengan menerapkan agroteknologi pada lahan pertanian sesuai peta fungsi kawasan hutan ditunjukkan dengan besaran aliran lateral dan aliran dasar masing-masing sebesar 477,44 mm dan 240,85 mm.

C. Rekomendasi Pengelolaan Penggunaan Lahan yang Terbaik

Berdasarkan simulasi karakteristik hidrologi dengan menggunakan model

SWAT, direkomendasikan bahwa skenario 3 merupakan penggunaan lahan terbaik yang dapat diaplikasikan pada DAS Way Betung. Analisis karakteristik hidrologi berupa total air sungai pada skenario 3 sebesar 778,63 mm yang merupakan terkecil dibandingkan skenario lainnya.

Penerapan agroteknologi berupa teras bangku dan tanaman strip mampu menahan air hujan lebih lama di permukaan, sehingga memberikan kesempatan air masuk ke dalam tanah. Tutupan vegetasi hutan mampu menahan curah hujan sehingga tidak langsung menjadi aliran permukaan. Curah hujan yang menjadi aliran permukaan pada skenario 3 sebesar 11,00% yang ditunjukkan oleh nilai koefisien aliran permukaan (C) sebesar 0,11 terendah dibandingkan skenario lainnya. Nilai KRS skenario 3 merupakan terendah dibandingkan skenario lainnya. Debit tertinggi (Q_{max}) pada skenario 3 sebesar 6,76 m³/detik, sedangkan debit terendah (Q_{min}) sebesar 0,23 m³/detik sehingga diperoleh nilai KRS sebesar 29,39. Aliran permukaan pada skenario 3 sebesar 60,34 mm merupakan terendah, sedangkan kapasitas infiltrasi ditunjukkan oleh aliran lateral dan aliran dasar masing-masing sebesar 477,44 mm dan 240,85 mm.

Penyesuaian luas hutan berdasarkan fungsi kawasan pada skenario 3 menjadi kendala dalam penerapan di lapang mengingat kawasan hutan telah berubah menjadi lahan pertanian dan pemukiman. Oleh karena itu, penggunaan lahan kondisi saat ini (*existing*) dengan menerapkan agroteknologi (skenario 2) menjadi alternatif dan lebih operasional. Penerapan agroteknologi berpengaruh terhadap karakteristik hidrologi yaitu penurunan aliran permukaan dan peningkatan kapasitas infiltrasi serta cadangan air tanah (*groundwater storage*).

D. Kesimpulan

Perubahan Penggunaan lahan DAS Way Betung tahun 2001-2010 berpengaruh terhadap karakteristik hidrologi. Total air sungai, nilai KRS, dan nilai C tahun 2001 dan 2010 masing-masing sebesar 1.143,25 mm, 38,83 (baik) dan 0,10 (baik) menjadi 802,26 mm, 50,27 (sedang) dan 0,12 (baik).

Rekomendasi penggunaan lahan terbaik di DAS Way Betung adalah skenario 3 dan skenario 2 sebagai skenario alternatif. Ke-2 skenario tersebut memiliki karakteristik hidrologi lebih baik dibandingkan kondisi saat ini (*existing*). Nilai KRS skenario 3 dan 2 masing-masing sebesar 29,39

(baik) dan 36,10 (baik), dan nilai C masing-masing sebesar 0,11 (baik) dan 0,12 (baik).

DAS Way Betung merupakan daerah resapan air sehingga sangat berperan dalam pemenuhan kebutuhan air masyarakat Kota Bandar Lampung. Sebagai saran, Pemerintah Kota Bandar Lampung harus memberikan perhatian lebih dalam bentuk *cost sharing* dan pengawasan aktivitas penduduk DAS Way Betung. Lahan pertanian DAS Way Betung seluas 2.556,97 ha (49,94%) berada pada kelas lereng > 15%, sehingga diperlukan pengelolaan lahan yang sesuai dengan kaidah konservasi tanah dan air untuk menurunkan aliran permukaan dan meningkatkan kapasitas infiltrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, J.G., J.R. Kiniry, R. Srinivasan, J.R.Williams, E.B. Haney, and S.L.Neitsch. (2011). *Soil and Water Assessment Tool:Input/Output File Documentation*Version 2009. Agricultural Research Service and Texas AgriLife Research.
- Asdak,C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: UGM Press.
- Indarto. (2010). *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Edisi 1 Cetakan 2. Jakarta. Bumi Aksara.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2013). *Kota Bandar Lampung Dalam Angka*. 2013. Bandar Lampung. BPS Kota Bandar Lampung.
- [Dephut] Departemen Kehutanan. (2009). *Peraturan Dirjen RLPS No.P.04/V-SET/2009 tentang Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai*. Jakarta. Dirjen RLPS.
- Junaidi, E. (2009). *Kajian Berbagai Alternatif Perencanaan Pengelolaan DAS Cisadane Menggunakan Model SWAT [Tesis]*. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Nash, J.E., and J.V. Sutcliffe. (1970). *River Flow Forecasting Through Conceptual Models Part I – Discussion of Principles*. *Journal of Hydrologi*, 10 (3): 282-190
- Pawitan, H. (2006). *Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya*

terhadap Hidrologi DAS. Bogor: Laboratorium Hidrometeorologi FMIPA, IPB.

Rosnila. (2005). Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya terhadap Keberadaan Situ (Studi Kasus Kota Depok) <http://www.geocities.com>, diakses tanggal 9 September 2013.

Santhi, C., R. Srinivasan, J.G. Arnold, J.R. Williams. (2006). A modelling approach to evaluate the impacts of water quality management plans implemented in a watershed in Texas. *Environmental Modelling & Software*. 21: 1141-1157.

Yuwono, S.B. (2011). Pengembangan Sumberdaya Air Berkelanjutan DAS Way Betung Kota Bandar Lampung [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Yusuf, S.M. (2010). Kajian respon Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Pada DAS Cisarea Menggunakan Model MWSWAT [Tesis].Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

KONDISI DAN KARAKTERISTIK BIOFISIK DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) PASAMAN DAN UPAYA-UPAYA PENGELOLAANNYA¹

Oleh :

Bujang Rusman²

²Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang / Ketua Forum DAS
Multipihak Provinsi Sumatera Barat

ABSTRAK

Daerah aliran sungai (DAS) Pasaman dengan luas 166.879 hektar merupakan DAS lintas kabupaten Pasaman dan kabupaten Pasaman Barat di Provinsi Sumatera Barat. Berdasarkan pada kondisi biofisiknya terkait dengan kondisi lahan, tata air dan pemanfaatan ruang wilayahnya, maka DAS Pasaman dikategorikan dalam klasifikasi DAS yang harus dipulihkan daya dukungnya dengan fenomena telah terjadinya penurunan daya dukung DAS yang dicirikan sering terjadi bencana alam di daerah ini seperti banjir, longsor, kekeringan, erosi dan sedimentasi, lahan kritis yang luas, dan perbedaan fluktuasi debit sungai cukup besar yang mengakibatkan telah terganggunya perekonomian dan tata kehidupan masyarakat. Dalam rangka pengelolaan DAS Pasaman, maka kajian karakteristik biofisik DAS yang meliputi faktor iklim, morfologi lahan, jenis tanah dan penggunaan lahan/tata guna lahan dalam pemanfaatan ruang wilayah DAS adalah sangat penting, dimana karakteristik biofisik tersebut harus dijadikan sebagai landasan dan faktor utama untuk pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) secara terpadu guna untuk melakukan upaya-upaya dan program-program optimalisasi penggunaan lahan sesuai dengan fungsi dan daya dukung wilayah, penerapan teknik konservasi tanah dalam rangka pemeliharaan kelangsungan daerah tangkapan air dan menjaga tata airnya, serta pengelolaan vegetasi yang dilakukan dalam rangka peningkatan produktivitas lahan, restorasi ekosistem DAS dan rehabilitasi hutan dan lahan. Metodologi penelitian adalah dengan analisis biofisik DAS Pasaman melalui kajian document review terhadap peta-peta citra landsat serta kajian data sekunder yang terkait dengan aspek biofisik. Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji karakteristik bio-fisik DAS Pasaman sebagai acuan dasar dalam pengelolaan DAS Pasaman dengan harapan tercapainya tujuan pengelolaan DAS yang lebih baik dan terwujudnya kondisi lahan yang produktif sesuai dengan daya tampung dan daya dukung lingkungan DAS secara berkelanjutan, mewujudkan tata air yang optimal melalui pengelolaan DAS Terpadu sehingga terwujudnya peningkatan kesejahteraan masyarakat.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Beberapa masalah pokok yang terkait dengan pengelolaan DAS Pasaman saat ini antara lain adalah menyangkut dengan isu degradasi hutan dan lahan sehingga terjadinya penurunan daya dukung DAS dengan fenomena sering terjadinya bencana alam berupa banjir, kekeringan, longsor dan masalah lingkungan hidup, dimana (1) Pada musim kemarau, debit air sungai Pasaman menjadi kecil dan di musim hujan debit sungainya menjadi besar, sehingga fluktuasi debit air sungainya tidak normal, sehingga sering menimbulkan banjir besar di wilayah bagian hilir, (2) Penurunan kualitas lingkungan air sungai Pasaman karena erosi dan sedimentasi yang tinggi akibat aktivitas pertanian di kawasan budidaya tanpa memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air dalam budidaya pertanian, (3) Bencana alam sering terjadi seperti banjir, kekeringan dan longsor, dan (4) Degradasi hutan dan lahan serta penurunan daya dukung DAS Pasaman yang akan berpengaruh terhadap sosial ekonomi masyarakat, serta (5) Tingginya kebutuhan lahan dalam pembangunan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kesejahteraan masyarakat, maka telah terjadi eksploitasi sumberdaya lahan yang intensif secara besar tanpa memperhatikan kondisi biofisik DAS Pasaman.

Sedangkan upaya-upaya manusia dalam mengatur hubungan timbal balik antara sumberdaya alam (SDA) dengan manusia di dalam suatu daerah aliran sungai (DAS) dan segala aktivitasnya, agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia secara berkelanjutan adalah merupakan suatu tujuan utama dalam pengelolaan DAS Pasaman.

Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji karakteristik bio-fisik DAS Pasaman sebagai acuan dasar dalam pengelolaan DAS Pasaman dengan harapan tercapainya tujuan pengelolaan DAS yang lebih baik dan terwujudnya kondisi lahan yang produktif sesuai dengan daya tampung dan daya dukung lingkungan DAS secara berkelanjutan, mewujudkan tata air yang optimal melalui pengelolaan DAS Terpadu sehingga terwujudnya peningkatan kesejahteraan.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan metode: 1) Identifikasi kondisi bio-fisik DAS Pasaman seluas 166.879 hektar melalui analisis peta citra landsat skala 1:100.000 2) Kajian document review dan data –data sekunder DAS Pasaman, dan 3) Survey lapangan.

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

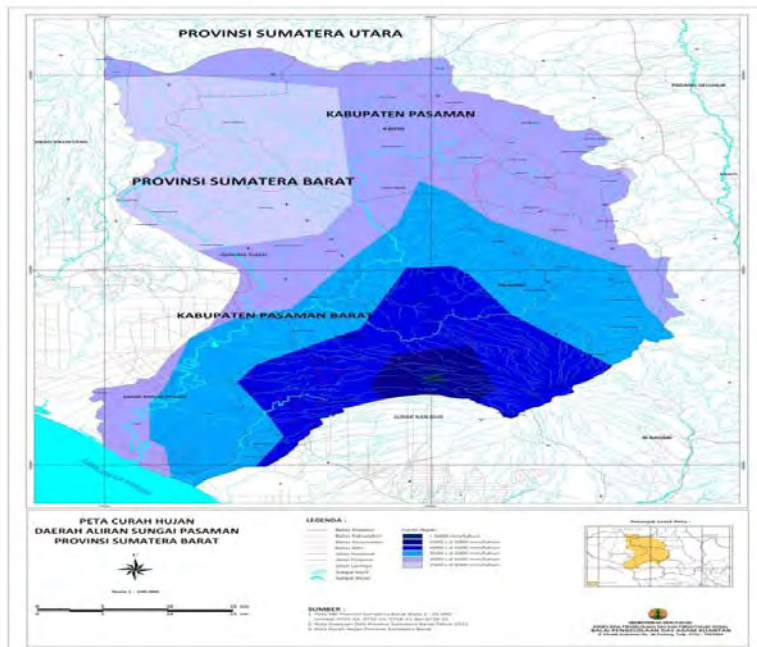
3.1. Kondisi Iklim:

Besaran curah hujan bulanan selama 10 tahun (2002-2011) dapat dilihat pada Tabel 1 dan rata-rata curah hujan tahunan sekitar 4493 mm/tahun. Curah hujan yang tinggi di wilayah DAS Pasaman memberikan indikasi bahwa potensi curah hujan dan intensitas yang tinggi menunjukkan bahwa erosivitas hujan di wilayah ini tergolong tinggi dan bila pengelolaan lahan di wilayah DAS Pasaman tidak memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air, terutama pada lahan miring yang sering terbuka untuk peladangan dan pembukaan kebun sawit maka kondisi ini akan meningkatkan laju aliran permukaan atau run-off yang besar yang dapat meningkatkan laju erosi dan sedimentasi pada sungai-sungai dan kawasan hilir DAS Pasaman.

Tabel 1 : Data curah hujan bulanan (mm/bulan), Kecamatan Pasaman, kabupaten Pasaman Barat dari tahun 2002 - 2011

Bulan	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Januari	138	313	406	797	458	140	117	220	366	153
Februari	206	278	256	578	424	720	197	305	553	131
Maret	539	374	188	352	435	411	538	149	788	201
April	263	340	323	108	190	364	266	478	884	412
Mei	259	189	789	208	123	197	268	*)	453	106
Juni	225	115	629	49	180	518	462	123	206	202
Juli	194	322	271	228	148	686	537	113	137	174
Agustus	259	508	968	447	569	324	468	113	207	249
September	467	258	748	710	359	248	595	706	662	633
Oktober	401	408	378	993	402	589	259	70	499	476
November	449	591	458	467	653	215	166	85	414	514
Desember	822	415	554	286	506	596	424	74	275	516
Jumlah	4222	4111	5978	5223	4444	5008	4297	2436	5444	3766

Sumber: Dinas Pengelolaan Sumberdaya Air. Kabupaten Pasaman Barat



Gambar 1: Peta curah hujan daerah aliran sungai (DAS) Pasaman.

3.2. Geomorfologi

Berdasarkan analisa spasial pada peta geomorfologi skala 1:100.000, wilayah DAS Pasaman, bahwa proses geomorfologi wilayah ini telah menghasilkan berbagai bentuk dataran, yaitu:

1. Denudasional seluas 36.971,40 hektar yang tersebar pada bagian utara dan tengah,
2. Fluvial seluas 41.763,11 hektar yang tersebar pada bagian selatan,
3. Karst seluas 14.771,64 hektar yang tersebar pada bagian sepanjang jalur sempit di bagian tengah DAS Pasaman.
4. Vulkanik seluas 68.915,99 hektar yang tersebar pada bagian utara, timur dan tengah DAS Pasaman dan merupakan bagian yang terluas di wilayah ini.
5. Bentuk satuan lahan vulkanik yang mencakup luas 68.915, 99 hektar dan tersebar pada wilayah bagian timur dikelilingi gunung Talamau dan merupakan wilayah yang subur dengan didominasi oleh jenis tanah Andisol.

Proses denudasional dalam wilayah DAS Pasaman sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor tipe material batuan induk (geologi), kemiringan lahan, curah hujan tinggi, suhu udara dan penyinaran matahari dan aliran-aliran sungai yang relatif tidak kontinue. Ciri-ciri dari satuan bentuk lahan asal denudasional di wilayah ini adalah topografi wilayah agak kasar sampai kasar, lereng yang miring dengan pola tidak teratur, banyak dijumpai lembah-lembah, erosi dan akumulasinya di kaki lereng serta sering mengalami longsor, ciri bentuk lahan ini tersebar pada bagian utara DAS, sehingga upaya-upaya dalam pengelolaan lahan wilayah ini mutlak memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air berupa teras, penghijauan dan pengolahan tanah konservasi.

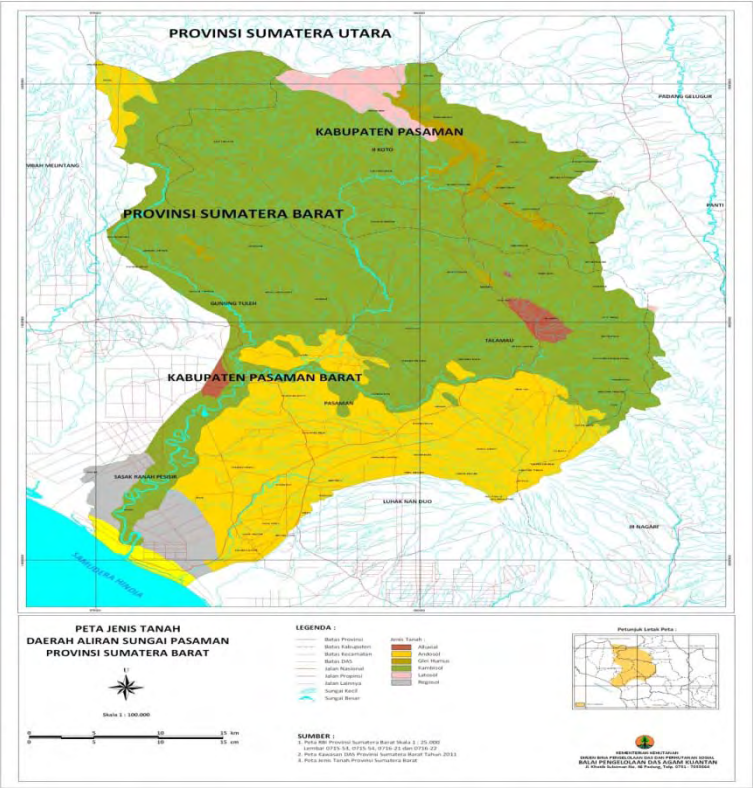
3.3. Jenis Tanah

Berdasarkan peta tanah DAS Pasaman dapat digambarkan bahwa wilayah ini secara umum memiliki 6 jenis tanah utama, yaitu:

1. Andisol yang penyebarannya di sekeliling gunung Talamau dengan geomorfologi mountains atau wilayah pegunungan dengan luas sekitar 39.803,37 hektar,
2. Organosol dan gley humus yang penyebarannya pada bagian hilir DAS Pasaman dengan luas sekitar 2.843,95 hektar,
3. Regosol (Psamment) yang penyebarannya pada bagian hilir DAS yaitu sepanjang garis pantai di kecamatan Sasak Ranah Pesisir dengan geomorfologi berupa dataran pantai dengan luas sekitar 7.231,09 hektar,
4. Aluvial yang penyebarannya disepanjang atau kiri kanan sungai-sungai besar dengan bentuk geomorfologi dataran aluvium dengan luas sekitar 1.674,22 hektar,
5. Kambisol (Inceptisols) yang penyebarannya paling luas yang mendominasi kawasan DAS Pasaman dengan bentuk geomorfologinya adalah wilayah perbukitan dengan luas sekitar 107.307,66 hektar,
6. Oxisol (Latosol) yang penyebarannya disekitar wilayah pegunungan dan perbukitan dengan luas sekitar 3.470,33 hektar.

Berdasarkan penyebaran jenis tanah yang dominan di daerah ini, sebagian besar tanahnya rentan terhadap erosi, terutama pada

kawasan berlereng, bila kawasan ini terbuka maka lahan-lahan pertanian dan perkebunan akan mudah mengalami erosi, karena wilayah ini mempunyai nilai erosivitas yang tinggi, apalagi dalam budaya masyarakat dalam pemanfaatan lahan sering mengabaikan teknik-teknik konservasi tanah dan air.

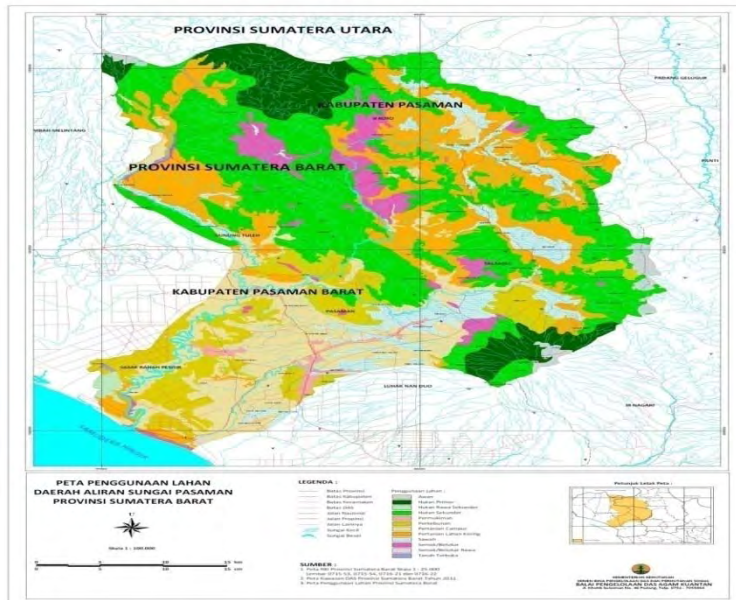


Gambar 2: Peta jenis tanah DAS Pasaman

3.4. Perubahan Tata Guna Lahan.

Perubahan tata guna lahan, terutama kawasan hutan menjadi APL cukup besar dan meningkat setiap tahunnya terkait dengan terjadi perluasan kawasan ladang dan kebun sawit. Bahkan kawasan lindung yang berfungsi sebagai kawasan konservasi dan recharge area telah banyak berubah fungsi menjadi kawasan budidaya terutama pada kawasan hulu DAS Pasaman, sedangkan di kawasan hilirnya, terutama pada kecamatan Sasak Ranah Pesisir yang sebagian besar daerahnya merupakan kawasan resapan air telah banyak berubah fungsinya

menjadi kawasan pertanian lahan basah dan kebun sawit. Hal ini tentu akan dapat menimbulkan dampak banjir di daerah ini, karena fungsi kawasan resapannya telah terganggu, apalagi kawasan tersebut merupakan kawasan hilir, berdekatan dengan garis pantai dengan curah hujan dan intensitas yang tinggi.



Gambar 3: Peta penggunaan lahan DAS Pasaman

3.5. Lahan Kritis

Berdasarkan interpretasi dari peta lahan kritis DAS Pasaman , skala 1:100.000 dimana wilayah ini mempunyai tingkat bahaya erosi sebagai berikut:

1. Lahan kritis tersebar di sebelah timur kawasan DAS Pasaman pada lahan dengan kemiringan lereng antara 25 sampai 40 % , meliputi luas sekitar 411 hektar (1,69 %).
2. Lahan agak kritis tersebar pada wilayah bagian tengah dan bagian timur pada lahan dengan kemiringan lereng 25 sampai 40 % dan 8 sampai 15 % meliputi luasan sekitar 4326 hektar (17,82 %).
3. Wilayah dengan potensial kritis tersebar luas pada bagian tengah sampai ke bagian hulu dan tengah wilayah DAS Pasaman dan diperkirakan meliputi luas sekitar 17.603 hektar

atau 72,53 % dari luasan DAS dan mendominasi kawasan APL (areal penggunaan lain)

4. Wilayah yang tidak kritis tersebar di sepanjang pantai barat Samudera Hindia dengan luas sekitar 1892 hektar (7,80 %).

Berdasarkan sebaran lahan kritis pada peta lahan kritis DAS Pasaman, dapat disimpulkan bahwa wilayah ini telah memiliki lahan kritis dan agak kritis seluas 4737 hektar (19,51%) dan potensial kritis seluas 17.603 hektar (72,82%). Hal ini mengidentifikasi bahwa pengelolaan DAS Pasaman, terutama terkait dengan pengelolaan hutan dan lahannya harus memperhatikan dengan serius terkait daya dukung DAS dan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air pada lahan miring dan kawasan konservasinya.

Terkait dengan identifikasi terhadap kondisi tata guna lahannya, terutama yang berhubungan dengan luasan lahan kritis, tutupan vegetasi alami makin berkurang, indeks erosi makin tinggi, tata air (kualitas, kuantitas dan kontinuitas air, seperti koefisien rezim aliran, koefisien aliran tahunan, muatan sedimen, bencana alam yang makin meningkat sepanjang tahun dan indeks penggunaan air), masalah sosial ekonomi seperti tekanan penduduk terhadap lahan makin tinggi, tingkat kesejahteraan masyarakat dan keberadaan serta penegakan hukum dan penyimpangan dalam tata ruang wilayahnya terhadap kawasan lindung dan kawasan budidaya, maka DAS Pasaman dalam klasifikasinya sudah tergolong dalam DAS yang harus dipulihkan daya dukung lingkungannya.

hal tersebut pada DAS Pasaman perlu dilakukan upaya-upaya/program-program sebagai berikut:

1. Untuk wilayah bagian hulu DAS Pasaman yang berada pada bagian utara dan timur dengan tata guna lahannya berupa hutan lindung dan cagar alam yang terancam keberadaannya, tidak boleh lagi dirubah fungsinya ,karena berperan dalam mengatur dan menjaga keseimbangan tata air. Adapun wilayah ini memiliki curah hujan yang tinggi mencapai 4111-5978 mm/tahun, sedangkan wilayah sepanjang garis pantai dan hilir sungai Pasaman yang merupakan wilayah hilir DAS Pasaman yang berubah fungsinya sebagai kawasan budidaya akan menimbulkan ancaman banjirnya makin meluas setiap tahunnya. Kawasan ini perlu ditata kembali sebagai kawasan resapan air terutama pada kawasan gambut dalam yang fungsinya sebagai wilayah resapan air, dimana saat ini telah berubah fungsinya menjadi kebun sawit.
2. Lahan kritis dan agak kritis yang luasnya mencapai 4737 ha (19,51%) dan potensial kritis seluas 17.603 ha (72,53%)di kawasan APL dengan jenis tanah yang didominasi oleh Inceptisol,Andisol dan Oxisol yang tingkat erodibilitas cukup tinggi dan rentan erosi yang dalam pengelolaannya perlu dilakukan program-program usahatani konservasi dan RHL berupa agroforestry. Khusus pada kebun sawit (kabupaten Pasaman Barat yang memiliki luasan kebun sawit sekitar 156.000 ha) dalam meningkatkan daya dukung lingkungannya perlu diikuti dengan pengelolaannya melalui introduksi pola agroforestry sawit dengan tanaman hutan guna meningkatkan kualitas lingkungan dan menekan besarnya erosi sehingga standar ramah lingkungan kebun sawit di DAS Pasaman dapat dicapai.
3. Pada lahan pertanian yang kelerengannya agak curam dan curam yang luasnya mencapai 86% dari luasan DAS Pasaman, mutlah dilakukan usahatani konservasi konservasi tanah dan air, berupa pembuatan sipil teknis dan agronomis sedangkan wilayah perbatasan APL dengan hutan lindung dan cagar alam perlu dibangun hutan kemasyarakatan (HKm) dan nagari konservasi

dalam program-program RHL melalui kearifan lokal dengan melibatkan masyarakat nagari.

IV. KESIMPULAN:

1. Masalah utama dalam pengelolaan DAS Pasaman adalah lingkungan hutan tropik basah pada DAS Pasaman telah banyak berubah menjadi kebun sawit dan perladangan dan laju degradasi hutan dan lahan makin tinggi yang ditandai dengan makin meluasnya lahan kritis, erosi dan sedimentasi meningkat penurunan tata air sungai dan abrasi air laut sepanjang garis pantai yang makin meluas, sehingga menurunkan daya dukung daya tampung lingkungan DAS Pasaman.
2. Kuantifikasi karakteristik DAS Pasaman adalah sangat penting sebagai acuan dasar dalam pengelolaan DAS guna mewujudkan kondisi lahan produktif dan tata air yang optimal serta keserasian dalam pemanfaatan ruang. Masalah kondisi bio-fisik DAS Pasaman akan dapat menimbulkan dampak negatif bila tidak dikelola dengan baik sehingga menimbulkan masalah terhadap kondisi lahan, tata air, pemanfaatan ruang dan penurunan daya dukung dan daya tampung ekosistem DAS.
3. Melalui pengelolaan DAS Pasaman Terpadu, kondisi daya dukung dan daya tampung DAS Pasaman dapat ditingkatkan untuk mewujudkan kelestarian dan keserasiaan ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan SDA bagi manusia dan makhluk hidup lainnya (biodiversity) secara berkelanjutan, melalui upaya-upaya atau program RHL berupa HKm, Agroforestry, agroforestry sawit dan pelaksanaan program uasahatani konservasi melalui metode agronomis dan sipil teknis pada kawasan budidaya.

DAFTAR PUSTAKA:

- Bujang Rusman, 2012. Konservasi tanah dan lingkungan. Fakultas Pertanian, Unand.Padang
- Bujang Rusman, 2012. Perda Pengelolaan DAS Propinsi Sumatera Barat (Suatu Pemikiran dari Forum DAS Multipihak Propinsi Sumatera Barat, 2012), Padang.
- Kementerian Kehutanan. 2013. Rencana Pengelolaan DAS Pasaman Terpadu. Buku I.
- Kementerian Kehutanan. Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial, Jakarta 2012.
- Peraturan Pemerintah Nomor 37 tahun 2012, tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.

**POTENSI INPUT HARA MELALUI BIOMASSA RESIDU DI HUTAN
TANAMAN *Eucalyptus Pellita* F.Muell DI PROPINSI RIAU¹**

Oleh :

Agung B. Supangat ¹⁾

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com, maz_goenk@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi input hara melalui biomassa residu di lahan hutan tanaman *Eucalyptus pellita*, di Propinsi Riau. Pengukuran biomassa yang ditinggalkan pada saat pemanenan kayu (*residual biomass*) dilakukan dengan metode *destructive sampling*. Penghitungan akumulasi hara dilakukan dengan metode *nutrient content* baik pada komponen biomassa hidup seperti daun, ranting, kulit dan akar pohon serta tumbuhan bawah, dan komponen biomassa mati yaitu serasah di lantai hutan. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa biomassa hidup yang menjadi residu meliputi daun, ranting, kulit dan akar tanaman pokok serta tumbuhan bawah dapat memberikan kontribusi hara di akhir daur (tanaman umur 6 tahun) masing-masing sebesar 159,8 kg/ha (N); 36,5 kg/ha (P); 198,7 kg/ha (K); 30,5 kg/ha (Ca); dan 19,8 kg/ha (Mg). Adapun biomassa residu dari serasah tanaman *E. pellita* umur 6 tahun memberikan kontribusi hara sebesar 96,4 kg/ha (N); 15,7 kg/ha (P); 90,0 kg/ha (K); 20,2 kg/ha (Ca); dan 8,5 kg/ha (Mg). Laju input hara makro rata-rata dari serasah, dari yang paling besar yaitu unsur N (14,68 kg/ha/th), diikuti unsur K (13,47 kg/ha/th), Ca (0,43 kg/ha/th), P (0,36 kg/ha/th) dan Mg (0,12 kg/ha/th). Potensi input hara dari biomassa residu ke dalam ekosistem hutan tanaman *E. pellita* umur 6 tahun (setelah panen) berturut-turut adalah $K > N > P > Ca > Mg$.

Kata kunci: Input hara; Biomassa residu; Hutan tanaman; *Eucalyptus pellita*

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. PENDAHULUAN

Isu penurunan produktivitas lahan menjadi salah satu prioritas penanganan dalam kegiatan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS). Penurunan produktivitas lahan terjadi tidak hanya di area budidaya pertanian lahan kering, tetapi juga di kawasan hutan terutama hutan tanaman yang dikelola dengan sistem tebang habis. Tingkat kesuburan tanah yang kian menurun dari waktu ke waktu akan berdampak pada menurunnya hasil produksi, termasuk produktivitas kayu di hutan tanaman. Jika tidak ditangani dengan tepat, penurunan produktivitas lahan tersebut tidak hanya menurunkan hasil panen, tetapi juga menyebabkan peningkatan degradasi DAS.

Pengembangan lahan untuk budidaya tanaman hutan, salah satunya adalah hutan tanaman industri (HTI) banyak dilakukan di luar Pulau Jawa, terutama Pulau Sumatera dan Kalimantan. Salah satu jenis yang banyak ditanam khususnya di wilayah Propinsi Riau adalah spesies *Eucalyptus pellita* F.Muell, yang merupakan salah satu jenis tanaman kayu penghasil pulp. Di Propinsi Riau, penanaman jenis tanaman ini telah mencapai rotasi ke-3, khususnya yang dilakukan oleh HPHTI Sinarmas Grup.

Sebagai spesies cepat tumbuh, pengembangan skala luas dari jenis tersebut disinyalir akan menguras hara dalam tanah untuk mendukung pertumbuhannya. Pemiskinan kesuburan tanah akan semakin dirasakan dari satu rotasi ke rotasi berikutnya, dan berujung pada penurunan produktivitas lahan. Kondisi tersebut diperparah lokasi pengembangan tanaman yang sebagian besar berada pada tanah Ultisols yang secara alami memiliki karakteristik miskin hara dan mudah terdegradasi.

Dalam rangka pengelolaan hara di lahan hutan tanaman, diperlukan upaya input hara ke dalam ekosistem dalam jumlah yang besar. Salah satu input hara alami yang dapat diandalkan untuk meningkatkan kesuburan tanah adalah melalui proses dekomposisi serasah dan biomassa sisa (residu) panen lainnya. Oleh karena itu, informasi tentang kuantifikasi hara yang terkandung dalam biomassa residu merupakan salah satu pengetahuan dasar yang harus diketahui, dan

merupakan bagian penting dari mekanisme siklus hara dalam menjaga kelestarian ekologis tanaman hutan (Ranger et al., 1997; Marques dan Ranger, 1997). Informasi kandungan hara tersebut juga penting sebagai masukan dalam menentukan metode/teknik pengelolaan lahan hutan secara berkesinambungan (Rutunga et al., 1999; Pagano et al., 2009).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi input hara melalui biomassa residu di lahan hutan tanaman *Eucalyptus pellita*, di Propinsi Riau. Selain sebagai sumbangan dalam ilmu pengetahuan bidang nutrisi hutan, data dan informasi yang diperoleh diperlukan dalam rangka pelaksanaan manipulasi lingkungan pertumbuhan untuk meningkatkan produktivitas lahan hutan tanaman *E. Pellita* di Propinsi Riau.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tahun 2011. Penelitian dilakukan di kawasan hutan tanaman *E. Pellita*, di areal kerja HPHTI PT. Arara Abadi Perawang-Riau, khususnya di Distrik Rasau Kuning, Area Minas. Pengamatan iklim mikro di lokasi penelitian menunjukkan tipe iklim A (Schmidt Ferguson), dengan curah hujan tahunan berkisar 1.937 – 3.484 mm (rata-rata 2.456 mm/th). Suhu udara harian rata-rata sebesar 27,7 °C, sedangkan kelembaban udara harian rata-rata sebesar 68,7 % (Supangat dkk., 2010). Jenis tanah di lokasi penelitian adalah Ultisols (Podsolik Merah Kuning), dengan kelas tekstur tanah geluh pasir (sandy loam) sampai geluh lempung pasir (sandy clay loam).

2.2. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah lahan hutan tanaman *E. pellita* umur 1 sampai 6 tahun, serasah tanaman *E. pellita* serta vegetasi tumbuhan bawah. Adapun peralatan penelitian meliputi cangkul, chainsaw, timbangan gantung, timbangan duduk, parang, kantong plantik, amplop kertas, tali (tambang) serta alat tulis kantor.

2.3. Pengumpulan Data

Perhitungan kandungan hara dalam biomassa di atas tanah ekosistem hutan tanaman dilakukan secara *destructive sampling*, yaitu dengan cara menebang pohon/tanaman dan menimbang bagian-bagian tanaman secara terpisah (Morikawa, 2003). Pada vegetasi utama hutan tanaman *E. pellita*, tiap umur tanaman dipilih 3 pohon sebagai pohon sampel, yang memiliki diameter dan tinggi mendekati rata-rata populasi. Setelah ditebang, seluruh bagian pohon ditimbang beratnya di lapangan, dan dipisahkan masing-masing bagian tanaman. Subsampel untuk analisis kandungan hara diambil pada masing-masing bagian pohon sebagai biomassa residu dengan ulangan sebanyak 3 sampel.

Produktivitas serasah diukur dengan peralatan penangkap serasah (*litter trap*) berukuran 1 m² sebanyak 5 kali ulangan, tersebar secara acak pada masing-masing umur tanaman. Perhitungan potensi biomassa tumbuhan bawah dan serasah dilakukan dengan pembuatan plot berukuran 0,25 m², masing-masing sebanyak 10 ulangan ditempatkan secara acak pada setiap umur tanaman. Seluruh sampel dikering-udarkan, kemudian dimasukkan ke dalam amplop kertas, dan dikirim ke Laboratorium Tanah dan Tanaman SEAMEO-BIOTROP, Bogor, untuk analisis kandungan hara. Analisis dibatasi pada unsur-unsur hara makro, yaitu N, P, K, Ca dan Mg.

2.4. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan tabulasi data dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Data disajikan dalam satuan ton/ha atau kg/ha untuk potensi biomassa, persen (%) untuk kandungan hara total (*nutrient content*), serta kg/ha untuk akumulasi hara dalam masing-masing biomassa pada setiap umur tanaman.

Analisis dan interpretasi data dilakukan secara deskriptif, yaitu dengan membandingkan potensi biomassa dan akumulasi hara pada masing-masing bagian (kompartemen) biomassa residu. Pembahasan dilakukan dengan melihat kontribusi masing-masing bagian biomassa

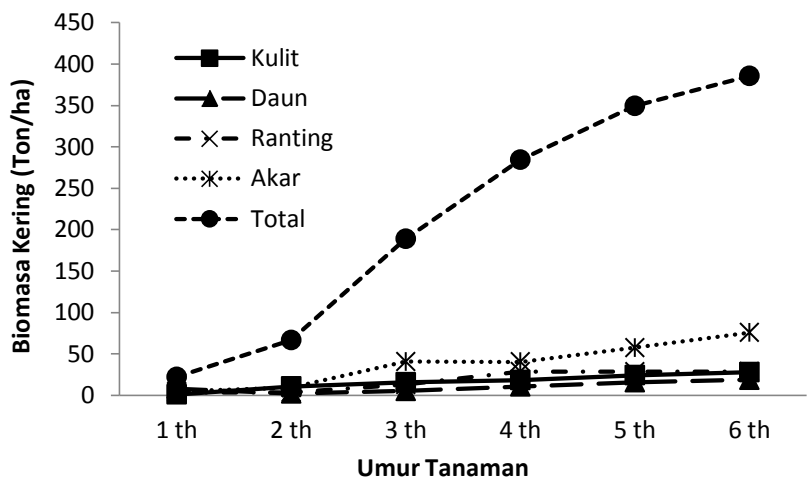
residu melalui akumulasi hara pada tiap umur tanaman, potensinya dalam menjadi input hara ke dalam ekosistem di akhir daur.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

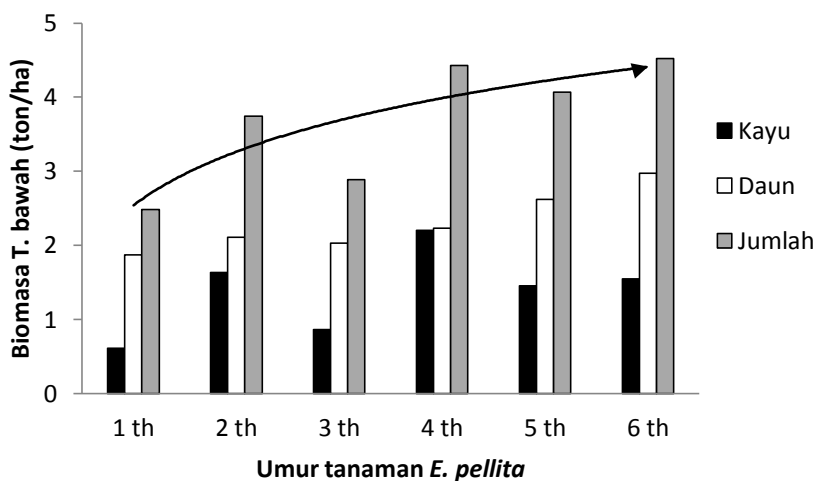
3.1. Potensi Residu dari Biomassa Hidup

Grafik potensi biomassa residu dari tanaman *E. pellita* disajikan pada Gambar 1. Total potensi biomassa residu semakin besar dengan semakin bertambahnya umur tanaman, terutama pada bagian biomassa akar. Total biomassa residu yang meliputi kulit, daun, ranting (basah dan kering) serta akar pada tanaman umur 6 tahun adalah 150,8 ton/ha berat kering. Berdasarkan urutan dari yang paling besar, potensi biomassa residu tanaman pada umur 6 tahun adalah akar > ranting > kulit > daun.

Potensi biomassa tumbuhan bawah disajikan pada Gambar 2. Total biomassa tumbuhan bawah semakin meningkat dengan semakin tuanya umur tanaman *E. pellita*, namun grafiknya tidak linier. Rata-rata biomassa tumbuhan bawah di hutan tanaman *E. pellita* adalah 3,69 ton/ha berat kering, terdiri dari 1,38 ton/ha (37,5 %) bagian kayu dan 2,31 % (62,5 %) berupa daun.



Gambar 1. Biomasa kering masing-masing bagian biomassa sisa tanaman *E. pellita* di Riau



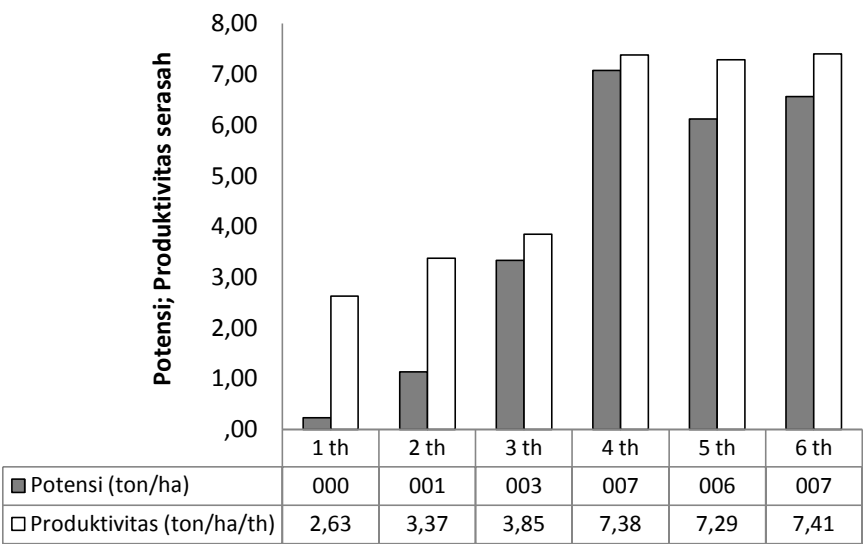
Gambar 2. Biomasa kering tumbuhan bawah di hutan tanaman *E. pellita* di Riau

Keberadaan vegetasi tumbuhan bawah di lahan hutan tanaman *E. pellita* hanya memberikan kontribusi sekitar 1,5 % dari total biomasa hidup di atas tanah. Total biomasa tumbuhan bawah (tinggi < 1m) berkisar antara 2,48 - 4,52 ton/ha, dan di akhir daur yang berpotensi sebagai biomassa residu adalah yang terbesar yaitu 4,52 ton/ha. Keberadaan vegetasi bawah tegakan dapat menjadi pesaing hara (*nutrient competitor*) bagi tanaman pokok, tetapi melalui pengelolaan yang tepat sebagai biomassa sisa panen dapat menjadi sumber input hara ke dalam tanah.

3.2. Potensi dan Produktivitas Serasah

Hasil kuantifikasi biomassa serasah serta pengukuran produktivitasnya disajikan pada Gambar 3. Serasah di lantai hutan tanaman *E. pellita* juga cenderung meningkat dengan semakin tuanya tanaman *E. pellita*. Peningkatan tersebut terjadi cepat sampai umur tanaman 4 tahun dan mulai stabil sampai tanaman memasuki akhir daur (umur 6 tahun). Rata-rata (selama satu daur tanaman), potensi serasah tanaman *E. pellita* adalah 4,08 ton/ha, dengan laju produktivitas sebesar 5,32 ton/ha/th. Potensi biomassa sisa panen di akhir daur dari serasah pada umur 6 tahun sebesar 6,56 ton/ha.

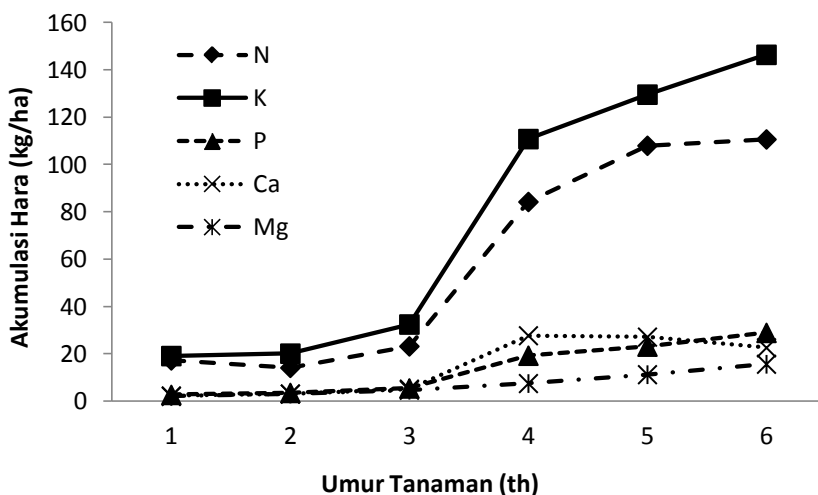
O’Connell (1997) melaporkan angka yang sangat variatif mengenai akumulasi serasah di hutan *Eucalyptus* spp. (umur 2-27 tahun) di Australia, yaitu antara 0,8-21,6 ton/ha. Produktivitas serasah tertinggi terjadi pada tanaman berumur 6 tahun, yaitu 7,41 ton/ha/th. Hasil penelitian Goncalves *et al.* (2008) pada spesies *E. grandis* (umur 3-8 tahun) di Brazil memberikan kisaran angka produktivitas serasah yang hampir sama, yaitu 4-8 ton/ha/th.



Gambar 3. Biomassa kering serasah tanaman *E. pellita* di Riau

3.3. Akumulasi Hara dalam Biomassa Residu

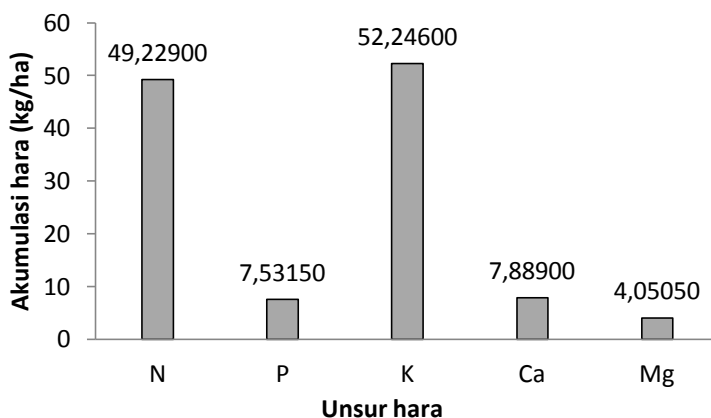
Akumulasi masing-masing hara pada biomassa residu tanaman *E. pellita* setiap umur disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dijelaskan bahwa pada akhir daur, urutan akumulasi unsur hara dari yang paling besar sampai paling kecil adalah K>N> P>Ca>Mg. Berdasarkan jenis biomassa residu dari pohon *E. Pellita*, urutan dari paling besar terdapat pada bagian daun, diikuti bagian akar, ranting dan kulit.



Gambar 4. Akumulasi hara pada biomassa residu tanaman *E. pellita* di Riau

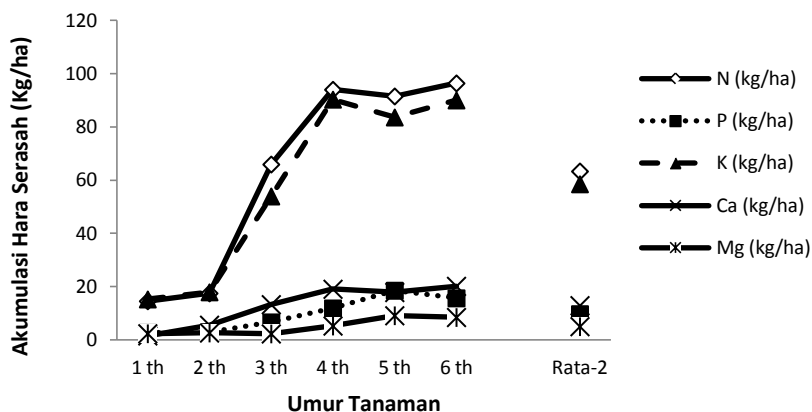
Beberapa hasil penelitian spesies *Eucalyptus* lain memperlihatkan urutan yang berbeda. Hasil penelitian Xu et al. (2008) terhadap spesies *E. urophylla* di China, Mendham et al. (2008) pada spesies *E. globulus* di Australia maupun Folster dan Khanna (1997) pada spesies *E. urograndis* di Chili menghasilkan urutan yang sama, yaitu $Ca > N > K > Mg > P$.

Akumulasi hara makro pada biomassa tumbuhan bawah disajikan pada Gambar 5. Pada akhir daur, akumulasi hara dalam biomassa tumbuhan bawah paling besar adalah unsur K, diikuti N, Ca, P dan paling kecil unsur Mg. Unsur K dan N menempati porsi yang paling besar (masing-masing 52,2 kg/ha dan 49,2 kg/ha).



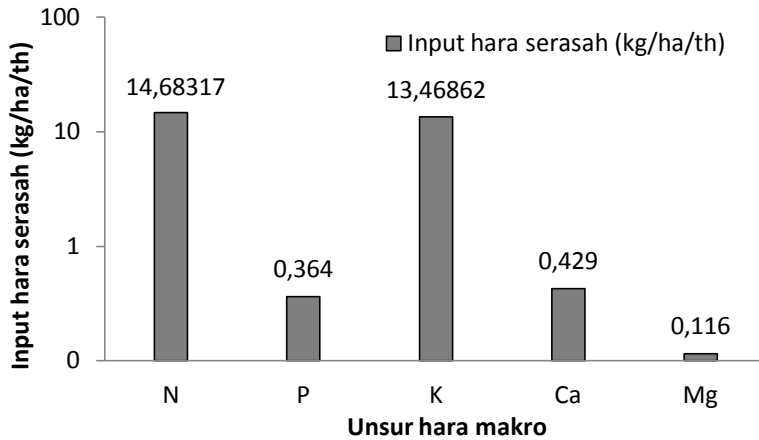
Gambar 5. Akumulasi hara pada tumbuhan bawah di hutan tanaman *E. pellita* di Riau

Akumulasi hara makro dalam serasah di hutan tanaman *E. pellita* disajikan pada Gambar 6. Urutan kontribusi akumulasi hara dalam serasah di akhir daur dari yang terbesar sampai terkecil adalah N (96,4 kg/ha) > K (90,6 kg/ha) > Ca (20,2 kg/ha) > P (15,7 kg/ha) > Mg (8,5 kg/ha). Lugo et al. (1990) meneliti serasah dari 10 spesies *Eucalyptus* dan memberikan kisaran akumulasi hara makro sebagai berikut: N (55-187 kg/ha), P (2-9 kg/ha), K (15-46 kg/ha), Ca (37-208 kg/ha) dan Mg (17-43 kg/ha).



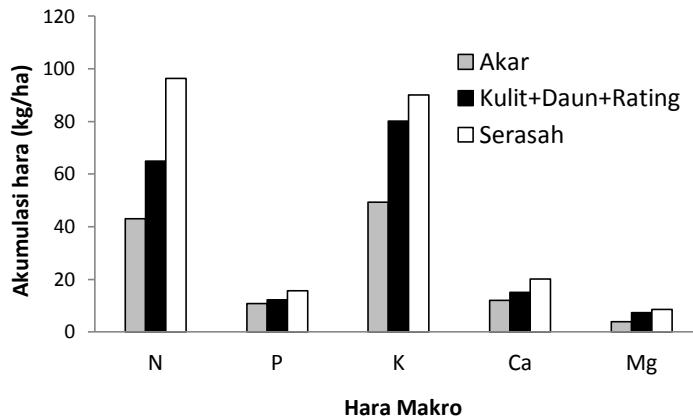
Gambar 6. Akumulasi hara pada serasah tanaman *E. pellita* di Riau

Setelah dimasukkannya komponen laju dekomposisi serasah daun *E. pellita* sebesar 0,34%/hari (Supangat et al., 2010), maka dapat diketahui laju input hara rata-rata melalui serasah. Gambar 7. menunjukkan laju input hara makro rata-rata dari serasah, dari yang paling besar unsur N (14,68 kg/ha/th), diikuti unsur K (13,47 kg/ha/th), Ca (0,43 kg/ha/th), P (0,36 kg/ha/th) dan Mg (0,12 kg/ha/th).



Gambar 7. Laju input hara makro melalui serasah tanaman *E. Pellita*

Kondisi akumulasi pada biomassa residu (sisa) yang dapat dikembalikan lagi ke lahan pada proses panen (*wood harvesting*) pada akhir daur tanaman umur 6 tahun disajikan pada Gambar 8. Gambar 8. membagi dua tipe biomasa sisa tanaman (yang tidak dipanen) menjadi dua macam, yakni yang berada di atas tanah (*above ground*) yang terdiri dari daun, kulit dan ranting, serta di bawah tanah (*below ground*) yaitu akar pohon.



Gambar 8. Akumulasi hara biomasa residu tanaman *E. pellita* umur 6 tahun di Riau

Gabungan biomasa daun+kulit+ranting memberikan kontribusi hara dari yang terbesar masing-masing 80,4 kg/ha (K); 66,7 ton/ha (N); 9,7 kg/ha (Ca); 13,0 kg/ha (P); dan 8,9 kg/ha (Mg). Serasah tanaman *E. pellita* umur 6 tahun memberikan kontribusi hara yang cukup besar, yakni dari yang terbesar adalah 96,4 kg/ha (N); 90,0 ton/ha (K); 20,2 kg/ha (Ca); 15,7 kg/ha (P); dan 8,5 kg/ha (Mg). Komposisi urutan dalam biomasa serasah hampir sama, kecuali unsur N, paling banyak terdapat dalam serasah, sedangkan dalam biomasa (daun+kulit+ranting) unsur K dalam porsi paling banyak. Hasil penelitian menunjukkan kontribusi hara dalam biomassa akar pada tanaman umur 6 tahun dari yang terbesar: 65,9 kg/ha (K); 43,9 ton/ha (N); 12,9 kg/ha (Ca); 15,9 kg/ha (P); dan 6,8 kg/ha (Mg).

IV. KESIMPULAN

Salah satu input hara ke dalam ekosistem hutan tanaman, dapat diperoleh dari akumulasi hara yang tersimpan di dalam biomassa residu yang tidak ikut dibawa pada saat panen kayu. Biomassa residu tersebut meliputi daun, ranting, kulit dan akar tanaman pokok, serta serasah di lantai hutan. Biomassa daun, ranting, kulit dan akar serta tumbuhan bawah dapat memberikan kontribusi hara di akhir daur (tanaman umur 6 tahun) masing-masing sebesar 159,8 kg/ha (N); 36,5 kg/ha (P); 198,7 kg/ha (K); 30,5 kg/ha (Ca); dan 19,8 kg/ha (Mg).

Adapun serasah tanaman *E. pellita* umur 6 tahun memberikan kontribusi hara sebesar 96,4 kg/ha (N); 15,7 kg/ha (P); 90,0 kg/ha (K); 20,2 kg/ha (Ca); dan 8,5 kg/ha (Mg).

Kontribusi akumulasi hara rata-rata dalam serasah dari yang terbesar sampai terkecil yaitu $N > K > Ca > P > Mg$, sedangkan dalam biomassa tumbuhan bawah $K > N > Ca > P > Mg$. Unsur K dan N menempati porsi yang paling besar (masing-masing 52,2 kg/ha dan 49,2 kg/ha). Laju input hara makro rata-rata dari serasah, dari yang paling besar unsur N (14,68 kg/ha/th), diikuti unsur K (13,47 kg/ha/th), Ca (0,43 kg/ha/th), P (0,36 kg/ha/th) dan Mg (0,12 kg/ha/th).

DAFTAR PUSTAKA

- Folster, H. dan P.K. Khanna. 1997. *Dynamics of nutrient supply in plantation soils*. In: Nambiar, E.K.S. and A.G. Brown. 1997. *Management of Soil, Nutrient and Water in Tropical Plantation Forest*. ACIAR Monograph No. 43. Canberra, Australia. pp.339-378.
- Goncalves, J.L.M., M.P.C. Wichert, J.L. Gava dan M.I.P. Serrano. 2008. *Soil fertility and growth of Eucalyptus grandis in Brazil under different residue management practices*. In: Nambiar, E.K.S. 2008. *Site management and productivity in tropical plantation forests*. Proceedings of workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR). pp.51-62.
- Lugo, A.E., E. Cuevas, dan M.J. Sanches. 1990. *Nutrient and mass in litter and top soil of ten tropical tree plantations*. *Plant and Soil*, 125: 263-280.
- Marques, R. dan J. Ranger. 1997. *Nutrient dynamics in a chronosequence on Douglas-fir (Pseudotsuga menziesii) Mirb. Franco stands on the Beaujolais Mounts (France)*. 1: *Qualitative approach*. *Forest Ecology and Management* 91, 255-277.
- Mendham, D.S., T.S. Grove, A.M. O'Connell dan S.J. Rance. 2008. *Impacts of inter-rotation site management on soil nutrients and plantation productivity in Eucalyptus globulus plantations in South-Western Australia*. In: Nambiar, E.K.S. 2008. *Site management and productivity in tropical plantation forests*. Proceedings of

- workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR). pp.79-92.
- Morikawa, Y. 2003. *Manual of biomass measurements in plantation and in regenerated vegetation*. Japan International Forestry Promotion and Cooperation Center (JIFPRO) – Japan Overseas Plantation Center of Pulpwood (JOPP). Japan.
- O’Connell, A.M. dan K.V. Sankaran. 1997. *Organic matter accretion, decomposition and mineralisation*. In: Nambiar, E.K.S. and A.G. Brown. 1997. *Management of Soil, Nutrient and Water in Tropical Plantation Forest*. ACIAR Monograph No. 43. Canberra, Australia. pp.443-480.
- Pagano, M.C., A.F. Bellote, dan M.R. Scotti. 2009. *Aboveground nutrient components of Eucalyptus camaldulensis and E. grandis in semiarid Brazil under the nature and the mycorrhizal inoculation conditions*. Journal of Forestry Research, 20(1):15–22.
- Ranger, J., R. Marques dan M.C. Belgrand. 1997. *Nutrient dynamics during the development of Douglas-fir (Pseudotsuga menziesii Mirb.) stand*. Acta Ecologica, 18 (2): 73-90.
- Rutunga, V., N.K. Karanja, C.K.K. Gachene dan C. Palm. 1999. *Biomass production and nutrient accumulation by Tephrosia vogelii (Hemsley) A. Gray and Tithonia diversifolia Hook F. fallows during the six-month growth period at Maseno, Western Kenya*. Biotechnol.Agron.Soc.Environ, 3(4): 237-246.
- Supangat, A.B., A. Junaedi, Kosasih dan Irwan. 2010. *Kajian dampak penanaman jenis penghasil kayu pulp terhadap tata dan kualitas air*. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat. Badan Litbang Kehutanan. Kuok-Riau. (tidak dipublikasikan).
- Xu, D.P., Z.J. Yang dan N.N. Zhang. 2008. *Effects of site management on tree growth, aboveground biomass production and nutrient accumulation of a second-rotation plantation of Eucalyptus urophylla in Guangdong Province, China*. In: Nambiar, E.K.S. 2008. *Site management and productivity in tropical plantation forests*. Proceedings of workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR). pp.39-49.

ANALISIS STATUS HARA DAN BAHAN LETUSAN PADA LAHAN LERENG MERAPI DI DAS OPAK-OYO¹

Oleh:

Beny Harjadi² dan Pranatasari Dyah Susanti²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com, adbsolo.yahoo.com

ABSTRAK

Gunung Merapi merupakan bagian dari *ring of fire* yang berada di pulau Jawa, dan merupakan satu dari 129 gunung berapi di Indonesia, serta masuk dalam wilayah (Daerah Aliran Sungai) DAS Opak-Oyo. Pada tahun 2010, Gunung Merapi mengalami erupsi dahsyat yang menyebabkan kerusakan hutan dan lahan di lereng Merapi, serta memakan korban jiwa. Luncuran awan panas, abu vulkanik dan material lainnya dapat mempengaruhi kesuburan lahan di sekitar kawasan Merapi yang berada di DAS Opak-Oyo tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui status hara tanah mineral, dan bahan letusan abu dan pasir di kawasan lereng Merapi pascaerupsi terjadi. Metode penelitian yang dilakukan adalah survey dengan mengambil sampel tanah, abu dan pasir untuk kemudian dianalisis di laboratorium, dan masing-masing titik diulang sebanyak 3 kali. Variabel yang diamati meliputi parameter kimia tanah: pH, C (Karbon), bahan organik, N (Nitrogen), P (Posfor), K (Kalium), dan KPK (Kapasitas Pertukaran Kation) tanah, sedangkan fisika tanah meliputi persentase kandungan pasir, debu, dan liat. Lokasi penelitian berada di Desa Kepuharjo Kecamatan Cangkring Kabupaten Sleman yang terletak pada radius 10 km atau berada dalam zona aman untuk pemukiman dan pertanian. Hasil penelitian dan analisis data menunjukkan K tersedia dan persentase lempung (*clay*) tidak berbeda nyata (5%) antara abu vulkanik, tanah mineral dan pasir, sedangkan semua variabel yang lain menunjukkan berbeda nyata. Abu vulkanik unggul pada beberapa variabel seperti C 1,89% bahan organik 3,27%, N 82,12 ppm, P 0,76 ppm, K 0,23 me/100 gr dan KPK 12,89 me/100 gr. Tekstur tanah yang diamati pada ketiga sampel juga menunjukkan persentase kandungan yang berbeda nyata pada kandungan debu (*silt*) dan pasir (*sand*). Presentase debu tertinggi pada tanah mineral sebesar 21,7% dan kandungan presentase pada pasir adalah 95%.

Kata kunci: *Erupsi Merapi, abu vulkanik, tanah mineral, pasir, unsure hara*

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Indonesia terletak dalam lingkaran cincin api Pasifik, dimana zona ini merupakan pusat gempa dan tempat tumbuhnya sebagian besar gunung api di dunia, salah satunya adalah Gunung Merapi yang merupakan gunung api paling aktif dari 129 gunung api di Indonesia (Subandriyo *et al.*, 2011). Gunung Merapi pada tanggal 26 Oktober sampai 6 November 2010 mengalami erupsi hebat, dan merupakan bencana terburuk dalam kurun waktu 100 tahun atau sejak 1870 (Gunawan *et al.*, 2013).

Menurut BPPTKG (Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi) Yogyakarta, Gunung Merapi memiliki garis tengah sepanjang 28 km, dengan area 300-400 km², dan memiliki volume 150 km³, Puncak Garuda berada pada 7°32'25.39" S - 110°26'49.02" E, 2.987 m. Sayudi *et al.*, (2011) menyampaikan bahwa Gunung Merapi mempunyai proses erupsi dengan membentuk kubah lava dan terjadi awan panas. Awan panas merupakan aliran material gas dan fragmen batuan dalam berbagai ukuran yang memiliki suhu 600°C dan hal ini merupakan bahaya primer dari Gunung Merapi. Masa awan panas yang memiliki kecepatan 100 km/jam akan mempunyai daya erosi yang tinggi pada daerah dan lahan yang dilaluinya (Andreastuti, 2011).

Menurut Hamudin (2011), setelah terjadi erupsi, maka lahan yang subur menjadi rusak karena tertimbun oleh material Merapi, dan hal ini dipengaruhi oleh fase material yang melewatinya baik itu fase gas atau awan panas, fase cair atau lahar, serta fase padat seperti debu, pasir, krakal dan lainnya. Kerusakan yang ditimbulkan oleh erupsi tersebut, terbagi dalam 4 tingkat kerusakan, yaitu rusak parah, rusak sedang, rusak ringan dan tidak rusak (Gunawan *et al.*, 2013).

Demikian juga pada tahun 2010, erupsi Gunung Merapi ini telah memuntahkan material vulkanik sebanyak 130 juta meter kubik berupa pasir, lahar, batu kerikil dan batu-batu besar, yang sangat berbahaya bagi kelangsungan ekosistem lereng Merapi, serta dapat menimbulkan banjir lahar dingin dengan membawa material diatas saat hujan turun. Berbagai bahaya erupsi Merapi yang ditimbulkan tersebut dari awan

panas, abu vulkanik dan material lainnya dapat mempengaruhi kesuburan lahan di sekitar kawasan Merapi. Kerusakan lahan akibat tertimbun tersebut sangat bervariasi dan tergantung jarak lahan dari sumber letusan (Suriadikarta *et al.*, 2013). Proses erupsi akan menyebabkan kerusakan pada lahan akibat tertutup oleh material vulkanik. Tetapi kerusakan lahan akibat erupsi ini hanya bersifat sementara, karena secara pedologis akan mengalami rejuvinalisasi (peremajaan tanah) dengan adanya material segar dari bahan vulkanik yang kaya unsur hara makro dan mikro (Hanudin, 2011).

Menurut Syahra (2011), wilayah di Kabupaten Sleman yang mengalami kerusakan paling parah adalah kecamatan Cangkringan. Kepuharjo merupakan salah wilayah di Kecamatan Cangkringan yang mengalami kerusakan cukup parah akibat timbunan material Merapi. Berkenaan dengan permasalahan lahan diatas maka pascaerupsi Merapi perlu diketahui tingkat kesuburan tanah di wilayah tersebut. Kesuburan tanah pascaerupsi penting untuk diketahui karena akan berpengaruh terhadap tindakan atau pengelolaan lahan pascaerupsi Merapi di wilayah tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kandungan unsur hara pada tanah mineral, dan bahan letusan abu vulkanik dan pasir Merapi di desa Kepuharjo Kecamatan Cangkringan.

II. METODOLOGI

Metode penelitian yang dilakukan adalah survey dengan mengambil sampel tanah, abu vulkanik dan pasir. Pengambilan sampel dilakukan di Desa Kepuharjo yang masuk dalam DAS Opak-Oyo. Pada erupsi tahun 2010, tutupan lahan di desa Kepuharjo akibat abu vulkanik berkisar antara 13-29 cm (Cahyandaru, 2011 *dalam* Suriadikarta *et al.*, 2013). Berkenaan lokasi penelitian berada di wilayah yang tertimbun oleh material Merapi tersebut, maka sampel abu diambil pada lahan yang masih tertutup abu Merapi, atau lapisan paling atas dari tutupan lahan yang tertimbun material Merapi. Pasir juga diambil dari material segar Merapi yang menutupi lahan, sedangkan sampel tanah diambil pada kedalaman 30 cm dari permukaan tanah, dimana lapisan abu dan pasir sudah dihilangkan.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dimana abu, pasir dan tanah sebagai perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Model rancangan yang digunakan adalah (Sastrosupadi, 2000):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{di mana } i = 1, 2, \dots, t \quad \text{dan } j = 1, 2, \dots, t$$

Y_{ij} = respon atau nilai pengamatan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ = nilai tengah umum

T_i = pengaruh perlakuan ke-i

ε_{ij} = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

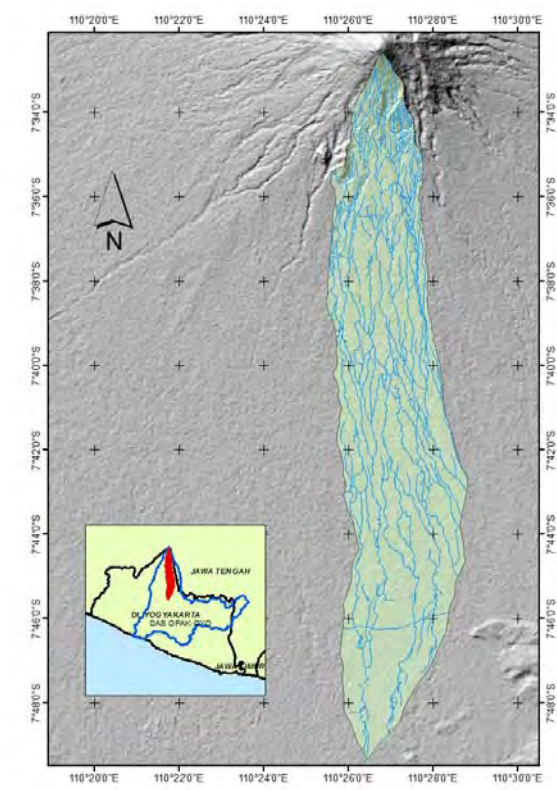
Data yang diperoleh dianalisa menggunakan analisis sidik ragam (Anova). Apabila berpengaruh nyata maka akan dilanjutkan dengan uji beda nilai tengah Duncan. Variabel yang diamati meliputi parameter kimia dan fisika tanah. Untuk parameter kimia tanah diantaranya: pH, C (Karbon), bahan organik, N (Nitrogen), P (Posfor), K (Kalium), dan KPK (Kapasitas Pertukaran Kation), sedangkan fisika tanah meliputi persentase kandungan pasir, debu, dan liat. Bahan yang diperlukan adalah sampel tanah, abu dan pasir, sedangkan peralatan yang digunakan adalah cangkul, parang, plastik, alat tulis dan alat dokumentasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Diskripsi Wilayah

Lokasi penelitian berada di Desa Kepuharjo Kecamatan Cangkringan Kabupaten Sleman yang terletak pada radius 10 km atau berada dalam zona aman untuk pemukiman dan pertanian. Jumlah kepadatan penduduk di Desa Kepuharjo 337.94/km² (BPS Kabupaten Sleman, 2012). Ketinggian wilayah Kepuharjo adalah 600 – 1200 m dari permukaan air laut dengan curah hujan rata-rata 2500 mm/tahun, serta suhu rata-rata per tahun adalah 16-17 °C. Luas Desa Kepuharjo sekitar 8,75 km² (18,23% dari luas Kecamatan Cangkringan), yang terdiri dari 8 pedukuhan yaitu: Pagerjuran, Manggung, Kepuh, Batur, Kopeng, Jambu, Petung, dan Kaliadem. Sehingga sebagian wilayah desa Kepuh Harjo masuk radius 5 km dan sebagian besar masuk di wilayah radius 10 km. Pengambilan sampel tanah dilakukan di lahan Desa Kepuharjo

yang secara geografis berada dalam Sub DAS Kuning dan Sub Gendol serta masuk DAS Opak-Oyo. Lokasi ini terletak pada 110°19'55" BT - 110°30'17" BT dan 7°33'40" LS sampai 7°50'05" LS (Gambar 1).



Gambar 1. Sub DAS Kuning dan Sub Das Gendol, DAS Opak-Oyo

B. Kondisi Status Hara Lahan Pascaerupsi

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam dapat diketahui pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Analisis Sidik Ragam Terhadap Kandungan Unsur Hara

Variabel	Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F
pH	Perlakuan	2	1,511	0,755	25,694*
	Galat	6	0,176	0,029	
	Total	8	1,687		
C (%)	Perlakuan	2	2,264	1,132	8,443*
	Galat	6	0,805	0,134	
	Total	8	3,069		
BO (%)	Perlakuan	2	6,722	3,361	8,334*
	Galat	6	2,420	0,403	
	Total	8	9,142		
N tersedia (ppm)	Perlakuan	2	7216,556	3608,278	4,493*
	Galat	6	4818,569	803,095	
	Total	8	12035,125		
P tersedia (ppm)	Perlakuan	2	0,187	0,094	46,805*
	Galat	6	0,012	0,002	
	Total	8	0,199		
K tersedia (me/100g)	Total	8	0,067	0,034	3,480ns
	Perlakuan	2	0,058	0,010	
	Galat	6	0,125		
KPK (me/100g)	Total	8	231,838	115,919	55,522*
	Perlakuan	2	12,527	2,088	
	Galat	6	244,365		
Lempung/clay (%)	Total	8	1,272	0,636	0,722ns
	Perlakuan	2	5,289	0,881	
	Galat	6	6,562		
Debu (%)	Total	8	557,423	278,712	5,062*
	Perlakuan	2	330,376	55,063	
	Galat	6	887,799		
Pasir (%)	Total	8	596,310	298,155	4,246*
	Perlakuan	2	421,357	70,226	
	Galat	6	1017,667		

Keterangan : * = berbeda nyata; ns = tidak berbeda nyata

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan pada taraf uji 5%, terdapat beberapa variabel yang berbeda nyata. Untuk mengetahui perlakuan (abu vulkanik, pasir dan tanah mineral) yang memberikan pengaruh nyata dilanjutkan uji lanjut Duncan, yang kemudian akan diklasifikasikan kedalam kelas kesuburan berdasarkan Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah oleh Pusat Penelitian Tanah (1983) dalam Hardjowigeno (1992); dan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (2012) yang tersaji pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Uji Duncan terhadap variabel pengamatan

No	Sampel	pH	C	Bahan organik	N tersedia	P tersedia	K tersedia	KPK	Lempung (clay)	Debu (silt)	Pasir (sand)
			%	%	ppm	ppm	me/100 gr	me/100 gr	%	%	%
1	Abu Kelas	5,63a AM	1,89a R	3,27a T	82,12a R	0,76a SR	0,23a R	12,89a R	2,15a	16,58ab	81,26ab
2	Pasir Kelas	5,67a AM	0,88b SR	1,53b R	16,53b SR	0,47b SR	0,03a SR	1,87b SR	1,42a	3,11a	95,47a
3	Tanah Kelas	6,52b AM	0,78b SR	1,35b R	29,77ab SR	0,44b SR	0,06a SR	2,4b SR	1,30a	21,79b	76,25b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada

taraf 5%; AM= agak masam; SR = sangat rendah; R= rendah; S= sedang; T= tinggi

Berdasarkan Tabel 1 tersebut, terlihat bahwa pH pada tanah mineral berbeda dengan abu dan pasir. Untuk abu vulkanik dengan nilai rata-rata pH terendah dimungkinkan karena masih adanya kandungan asam yang belum mengalami perlindian Ariyanto et al. (2011). Meskipun pH pada abu lebih rendah, tetapi karena lebih dari 5,5 maka harkat pH masuk dalam kategori agak masam dan masih dapat dimungkinkan adanya ketersediaan unsur hara yang lain.

Unsur hara lain yang dapat dilihat adalah C dan BO, dimana unsur C dan BO pada abu vulkanik memiliki nilai yang secara nyata lebih tinggi daripada tanah mineral maupun pasir. Hal ini disebabkan abu vulkanik mengandung bahan bakar yang menyediakan karbon dan bahan organik dalam jumlah banyak (Harjadi et al, 2013). Berdasarkan hasil penelitian Suriadikarta et al. (2013) abu vulkanik mampu meningkatkan kadar C organik pada tanah Ultisol, dibandingkan dengan penambahan mikroba pada jenis tanah yang sama. Ini berarti bahwa kandungan C organik pada abu vulkanik dapat membantu meningkatkan status unsur hara tanah serta peningkatan bahan organik yang berada di dalamnya. Menurut Syukur (2005) dalam Nurlaeny et al. (2012) disampaikan bahwa peningkatan kandungan C organik akan berbanding lurus dengan kandungan bahan organik. Hal tersebut juga sejalan dengan pernyataan Sabaruddin et al (2009) yang merumuskan bahwa nilai bahan organik tanah dapat disetarakan dengan mengetahui nilai kandungan C organik melalui rumus bahan organik tanah = $1,724 \times \% \text{ C organik tanah}$. Kandungan bahan organik

pada abu vulkanik yang tinggi selain karena nilai C organiknya yang juga tinggi, diduga pula berasal dari peristiwa awan panas yang menghancurkan dan membakar berbagai tegakan dan vegetasi sehingga terbakar dan bercampur dengan abu vulkanik, sehingga menambah kandungan bahan organik dan C organik.

Kandungan N tersedia pada abu vulkanik berbeda nyata dengan pasir dan tanah mineral. N tersedia abu vulkanik masuk dalam kategori rendah dan pada tanah mineral maupun pasir masuk dalam kategori sangat rendah. Menurut Suriadikarta *et al*, (2013) abu vulkanik bersifat agak masam dan mengandung N total yang rendah. Hal senada juga disampaikan Sunardi dan Sarjono (2007) bahwa nilai N pada pasir rendah, sehingga ketersediaan N juga akan rendah.

P tersedia pada abu vulkanik berbeda nyata dengan pasir dan tanah mineral (Tabel 2). Meskipun berbeda nyata, tetapi ketiganya masuk dalam satu kategori P tersedia sangat rendah. Selain itu ketersediaan P ini juga berhubungan dengan ketersediaan K. Pada K tersedia dapat diketahui bahwa ketiganya tidak berbeda nyata meskipun K tersedia pada abu vulkanik masuk dalam kategori rendah, dan kategori ini lebih tinggi daripada pasir atau tanah mineral yang masuk dalam kategori sangat rendah. Hal ini disebabkan abu vulkanik merupakan pemasok unsur hara karena mengandung unsur P_2O_5 dan K_2O (Suryadjaja, 2013). Ketersediaan unsur hara potensial tersebut, akan meningkat seiring dengan proses pelapukan dan mineralisasi abu di alam.

KPK merupakan salah satu faktor ketersediaan K (Munawar, 2011). Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa nilai KPK pada abu vulkanik berbeda nyata dengan tanah mineral dan pasir. Pada abu vulkanik masuk dalam kategori rendah, sedangkan pasir dan tanah mineral masuk dalam kategori sangat rendah. KPK merupakan kapasitas lempung untuk dapat menyerap dan menukar kation-kation yang berada pada kompleks jerapan yang dipengaruhi oleh kandungan lempung dan bahan organik (Sukmawati, 2011). Berdasarkan pernyataan tersebut, juga hasil analisis laboratorium yang menunjukkan bahwa kandungan presentase lempung pada abu vulkanik lebih tinggi meskipun tidak berbeda nyata dengan pasir dan tanah mineral, maka nilai KPK pada abu vulkanik juga akan lebih tinggi.

Selain itu kandungan bahan organik pada abu vulkanik, juga akan membantu meningkatkan nilai KPK pada abu vulkanik tersebut. Hal ini dapat diketahui dari nilai kandungan bahan organik pada abu vulkanik yang masuk dalam kategori tinggi.

Tabel 2 juga menjelaskan bahwa kandungan presentase debu pada abu vulkanik tidak berbeda nyata dengan pasir dan tanah, tetapi pada pasir berbeda nyata dengan tanah. Demikian juga untuk presentase kandungan pasir, dimana kandungan pasir dengan tanah berbeda nyata, tetapi pada abu vulkanik tidak berbeda nyata baik dengan tanah mineral maupun pada pasir Merapi. Ketiga presentase tersebut baik debu, liat maupun pasir merupakan bagian dari tekstur tanah yang menunjukkan kasar halusnya tanah, dimana pada tanah-tanah yang mengandung banyak pasir akan mempunyai luas permukaan yang kecil serta sulit menahan air (Hardjowigeno, 1992). Sehingga apabila akan dilakukan pemanfaatan lahan baik untuk pertanian, perkebunan, maupun kehutanan, sebaiknya lapisan pasir yang menutup permukaan lahan dibersihkan terlebih dahulu. Hal tersebut perlu dilakukan karena permasalahan yang dihadapi pada pengelolaan lahan pascaerupsi diantaranya: timbunan material kasar dari kerikil, kerakal, sampai batu besar (stone), serta agregat tanah yang belum mantab sehingga mudah terjadi erosi permukaan dan alur yang menyebabkan lahan olah sering rusak.

Dengan mengetahui kondisi sifat fisik dan kimia tanah di lereng Merapi pada radius > 5 km yang masih subur, selanjutnya meyakinkan ke masyarakat sekitar lereng Merapi yang sedang mengalami trauma akibat bencana, bahwa lahan di daerahnya masih layak untuk tanaman kayu-kayuan maupun tanaman semusim. Selanjutnya dipersiapkan demplot dengan warga FPL PALEM (Forum Peduli Lingkungan–Pecinta Alam Lereng Merapi) yang di Ketuai oleh Pak Warjono dengan anggota 60 orang. Demplot Rehabilitasi Lahan pascaerupsi Merapi dengan menanam tanaman tahunan (Sengon, Petai, Durian, Pisang, dll) dengan konservasi vegetatif berupa tanaman : akar wangi, rumput gajah dan gamal (*Gliricidae* sp.).

IV. KESIMPULAN

Bencana erupsi Gunung Merapi yang terjadi pada tahun 2010, membawa kerusakan lahan akibat tumpukan material Merapi. Meskipun demikian material Merapi yang dimuntahkan oleh Gunung Merapi pada saat erupsi akan berdampak positif terhadap kesuburan tanah karena unsur hara yang dibawa bersamanya. Hal tersebut terlihat dari kandungan beberapa unsur hara potensial yang dikandung oleh abu vulkanik Merapi. Abu vulkanik Merapi ini memiliki rata-rata kandungan C 1,89% bahan organik 3,27%, N 82,12 ppm, P 0,76 ppm, K 0,23 me/100 gr dan KPK 12,89 me/100 gr. Tekstur tanah yang diamati pada ketiga sampel juga menunjukkan presentase kandungan yang berbeda nyata pada kandungan debu dan pasir. Presentase debu tertinggi pada tanah mineral sebesar 21,7% dan kandungan presentase pada pasir adalah 95%.

Agar kajian penelitian ini lebih bermanfaat luas sebaiknya dapat dikembangkan di daerah Jawa Timur bagian timur (Gunung Ijen). Daerah kawah Ijen terdapat kawasan dengan kondisi air yang memiliki kemasaman tinggi, dan selanjutnya tanah bercampur dengan air tawar biasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adreastuti, S. 2011. Pengaruh Kecepatan Pertumbuhan Kubah Terhadap Perubahan Arah Awan Panas Merapi 2006. . Laporan dan Kajian Vulkanisme Erupsi. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Alam. Yogyakarta. 292 p.
- Ariyanto, D. P., Rahayu, Komariah, dan V.R. Cahyani. 2011. Dampak Perlindian Terhadap Kalsium (Ca) Tertukar Pada Profil Tanah Hasil Erupsi Merapi Tahun 2010. Prosiding Seminar Nasional "Upaya Pemulihan Lahan Akibat Erupsi Gunungapi" 26-27 April 2011. Surakarta.
- BPS. Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. 2012. Kecamatan Cangkringan Dalam Angka. Sleman.
- Gunawan, H., Sugiarti, Wardani, M., Tata, H.L., Prajadinata, S., 2013. Restorasi Ekosistem Gunung Merapi Pasca Erupsi. Puskonser. Bogor. 120 p.
- Hamudin, E. 2011. Pendekatan Agrogeologi Dalam Pemulihan Lahan Pertanian Pascaerupsi Merapi. Prosiding Seminar Nasional "Upaya Pemulihan Lahan Akibat Erupsi Gunungapi" 26-27 April 2011. Surakarta.
- Hardjowigeno, S. 1992. Ilmu Tanah. PT Mediatama Sarana Perkasa. Jakarta. 233p.

- Harjadi. B., P.D. Susanti, Siswo dan Kusrin. 2013. Demplot Rehabilitasi Lahan Pascaerupsi Merapi. Laporan Pelaksanaan Kegiatan. BPTKPDAS Solo. Tidak dipublikasikan
- Munawar. A. 2011. Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman. IPB Press. Bogor. 240p.
- Nurlaeny, N., Saribun, D.S. dan Hudaya, R. 2012. Pengaruh Kombinasi Abu Vulkanik Merapi, Pupuk Organik Dan Tanah Mineral Terhadap Sifat Fisiko-Kimia Media Tanam Serta Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. Vol. 14, No. 3, November 2012: 186 - 194
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.2012. Klasifikasi Tanah dan Kunci Penetapan Nama Tanah, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Sabaruddin, S. N. A. Fitri dan L.Lestari. Hubungan antara Kandungan Bahan Organik Tanah dengan Periode Pasca Tebang Tanaman HTI *Acacia Mangium Willd. J. Tanah Tropika*, Vol. 14, No. 2, 2009: 105-110
- Sastrosupadi, A. (2000). Rancangan percobaan praktis di bidang pertanian. Edisi Revisi. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Sayudi, D.S., M.Mozani., dan I. Nurnusanto. Sebaran Awan Panas dan Daya Tampung Sungai-Sungai yang terisi Material Erupsi 2011. . Laporan dan Kajian Vulkanisme Erupsi. Pusat Vulkanologi dan mltigasi Bencana Alam. Yogyakarta.292 p.
- Subandriyo, Sumarti. S., Andreastuti. S.D., Sajudi. D.S., Suharna, Muzani. M., Humaida. H., Aisyah. N., Djalal. J., Nurnusanto. I., Santoso. A.B., Nandaka. I.A. 2011. .Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Alam. Yogyakarta.292 p.
- Sukmawati. 2011. Beberapa Perubahan Sifat Kimia Alofan Dari Andisol Setelah Menjerap Asam Humat Dan Asam Silikat. *Media Litbang Sulteng IV (2) : 118 – 124.*
- Sunardi dan Y. Sarjono. 2007. Penentuan Kandungan Unsur Makro Pada Lahan Pasir Pantai Samas Bantul Dengan Metode Analisis aktivasi neutron (AAN). Prosiding PPI - PDIPTN 2007Pustek Akselerator dan Proses Bahan – BATAN. Yogyakarta, 10 Juli 2007.
- Suriadikarto. D.A., Kasno, dan L. Anggria. 2013. Rehabilitasi Lahan Pertanian Aspek Kesuburan Lahan PAScaerupsi. Pengembangan Pertanian Berbasis Inovasi di Wilayah Bencana Erupsi Gunung Merapi. Litbang Pertanian.Jakarta.
- Suryadjaja.F. 2013. Dampak Negatif dan Positif Abu Vulkanik. <http://epaper.suaramerdeka.com/read/2013/11/27/19SM27K13ORA.pdf>. Diakses pada tanggal 29 Agustus 2014.
- Syahra, R. 2011. Penanggulangan kemiskinan pascabencana Erupsi Merapi. *Jurnal Masyarakat dan Budaya*. Vol 13 : 1-30.

ANALISIS DISTRIBUSI SPASIAL BAHAN ORGANIK DENGAN GEOSTATISTIK DAN UPAYA KONSERVASINYA PADA TANAH BERSOLUM DANGKAL¹

Oleh :

Tyas Mutiara Basuki² dan Nining Wahyuningrum²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com; tmbasuki@yahoo.com; niningo709@yahoo.com

ABSTRAK

Distribusi spasial bahan organik (BO) tanah dapat dipelajari dengan geostatistik yang dapat digunakan untuk mengestimasi variabel pada lokasi yang tidak diukur melalui *kriging*. Paper ini menjabarkan hasil studi yang bertujuan mempelajari distribusi spasial BO dengan geostatistik dan upaya konservasinya pada tanah bersolum dangkal. Penelitian dilakukan di DAS Mikro Dungwot, Kabupaten Wonogiri. Contoh tanah untuk analisis bahan organik diambil pada kedalaman 0-20 cm secara sistematis pada jarak antar jalur 100 m dan di dalam jalur 50 m. Analisis geostatistik dengan piranti lunak *Arc Map* dilakukan untuk mengetahui pola semivariogram, prediksi BO pada lokasi-lokasi yang tidak dilakukan analisis tanah. Validasi silang dilakukan untuk mengetahui akurasi dari model semivariogram yang dibangun. Hasil analisis menunjukkan nilai komponen semivariogram untuk model *Spherical*, nilai *nugget*, *sill* parsial, *range*, dan R^2 adalah 0,12; 0,52; 89,3; dan 0,988; untuk *Exponential* adalah 0,003; 0,68; 106,2; serta 0,987; dan *Gaussian* secara berurutan 0,21; 0,43; 78,6; dan 0,988. Walaupun hasil prediksi distribusi spasial kandungan BO dengan *ordinary kriging* pada model *Spherical* menunjukkan kemiripan dengan model *Gaussian*, namun tingkat ketergantungan kandungan BO antar dua lokasi pada masing-masing model dipengaruhi oleh jarak yang agak berbeda. Untuk model *Spherical*, *Gaussian*, *Exponential* jarak terjauh tingkat ketergantungan kandungan BO antar dua lokasi adalah 89,3; 106,2; dan 78,6 m. Prediksi BO dengan *ordinary kriging* dengan ketiga model memberikan hasil yang lebih kecil dari pengukuran langsung setelah kandungan BO mencapai 2,65%.

Kata kunci: bahan organik tanah; geostatistik; autokorelasi; semivariogram; *kriging*

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Bahan organik (BO) merupakan salah satu unsur penting dalam menentukan kesuburan tanah dan mengurangi konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer. Oleh karena itu mempertahankan dan memperbaiki BO tanah sangat diperlukan. Sebagai salah satu komponen ekosistem terestris yang bersifat dinamik, keberadaan BO bervariasi secara spasial (Yuan-Qiang *et al.*, 2009).

Variasi tersebut dipengaruhi oleh sifat alami seperti kondisi curah hujan, tekstur tanah, topografi, dan evaporasi (Cobo *et al.*, 2010; Lal, 2005). Disamping faktor alami, kandungan BO tanah dipengaruhi oleh pengelolaannya seperti penggunaan lahan, penggunaan pupuk, dan pengolahan tanah (Anderson *et al.*, 2008; Grandy and Robertson, 2007; Mini and Rao, 2011).

Geostatistik dapat digunakan untuk mempelajari dan memprediksi distribusi spasial sifat-sifat tanah termasuk bahan organik. Geostatistik menjabarkan beberapa cara untuk analisis dan membuat model variasi spasial melalui simulasi seperti yang dikemukakan oleh Isaaks and Srivastava (1989) yaitu dengan semivariogram yang menggambarkan semivarian dan jarak antar poin dari variabel yang diukur (Gonzales dan Zak, 1994). Selain itu, geostatistik mempresentasikan autokorelasi spasial dan saling ketergantungan antar suatu variabel dalam ruang (Berterretche *et al.*, 2005), diasumsikan bahwa variabel yang sama dan terletak berdekatan saling mempengaruhi, namun pengaruhnya akan berkurang dengan bertambahnya jarak (Kavianpoor *et al.*, 2012).

Geostatistik dapat digunakan untuk mengestimasi variabel-variabel yang tidak diukur secara langsung dengan *kriging*. Sementara itu, estimasi bahan organik secara spasial pada tanah bersolum dangkal masih jarang dilakukan. Oleh sebab itu dalam paper ini disajikan hasil studi tentang distribusi spasial BO dengan geostatistik pada tanah bersolum dangkal. Hasil studi dapat digunakan untuk memprediksi kandungan BO pada tempat-tempat yang tidak dilakukan pengukuran yang akan bermanfaat untuk kegiatan konservasi.

II. METODOLOGI

1.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Dusun Dungwot, Desa Ngadipiro, Kecamatan Nguntoronadi, Kabupaten Wonogiri dengan koordinat dalam UTM adalah 499386 - 499865 m, 9127985 – 9128456 m. Luas DAS mikro yang diteliti sekitar 22 ha dan bermuara di satu anak Sungai Keduang yang merupakan sub-DAS penyumbang sedimen terbesar pada Waduk Gajah Mungkur (JICA, 2007). Ketinggian lokasi penelitian 240-280 m dpl dengan kemiringan lahan curam (30%). Tanah setempat termasuk Kompleks Ordo Inceptisols dan Entisols (Tim BPTPDAS dan UNS, 2007).

Lokasi tersebut dipilih karena dikategorikan sebagai lahan marginal apabila dilihat dari ketebalan solum yang relatif dangkal. Distribusi ketebalan solum pada lokasi penelitian yaitu dangkal (50-25 cm) dan sangat dangkal (< 25 cm) masing-masing menempati lokasi seluas 65% dan 35%. Berdasarkan data curah hujan tahun 1997-2010 dari stasiun hujan Gobeh dan stasiun hujan di Dungwot, diketahui jumlah curah hujan rata-rata per tahun adalah 1977 mm dengan jumlah bulan basah 6 bulan.

1.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah contoh-contoh tanah yang diambil pada lokasi yang telah ditentukan, sedang peralatan yang digunakan adalah *Global Positioning System* (GPS), PC Komputer dengan *soft ware ArcGIS 9.2*, *MS word* dan *Excel*.

1.3. Pengumpulan Data di Lapangan

Untuk mengetahui distribusi spasial bahan organik tanah, telah diambil contoh tanah dari 52 lokasi secara sistematis dan diupayakan dengan jarak horisontal antar jalur 100 m dan vertikal di dalam jalur 50 m, namun disesuaikan dengan aksesibilitas di lapangan. Pada setiap pengambilan contoh tanah untuk analisis spasial BO dicatat posisi koordinat UTM dan juga diamati penutupan lahannya.

1.4. Analisis Data

Dengan menggunakan ArcMap 9.2 (Crosier et al., 2004), titik koordinat yang tercatat ditransfer menjadi *shape file*, kemudian diberi atribut kandungan BO tanah. Sebelum analisis geostatistik dilakukan tes normalitas data dengan tes Kolmogorov-Sminorv. Selanjutnya dilakukan analisis geostatistik dengan ArcMap untuk mendapatkan semivariogram dengan 3 macam model. Estimasi spasial BO menggunakan *ordinary kriging*, serta dilakukan validasi silang (*cross validation*) untuk melihat akurasi model semivariogram yang diterapkan.

Semivariogram menggambarkan perubahan varian dari lokasi titik-titik (x,y) contoh (BO) pada jarak yang berbeda. Semivarian (γ) dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Keterangan:

- $z(x_i)$: kandungan BO yang diukur pada titik (x_i)
 $z(x_i + h)$: kandungan BO yang diukur pada titik ($x_i + h$)
 $n(h)$: jumlah pasangan-pasangan dari kandungan BO yang dipisahkan oleh jarak (h)

Secara kuantitatif parameter-parameter dari semivariogram dapat diplotkan pada beberapa model seperti yang dikemukakan oleh Isaaks and Srivastava (1989), yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu:

Model *Spherical* : $\gamma(h) = C_0 + C_1[1,5(h/a) - 0,5(h/a)^3]$, jika $0 < h < a$
(2)

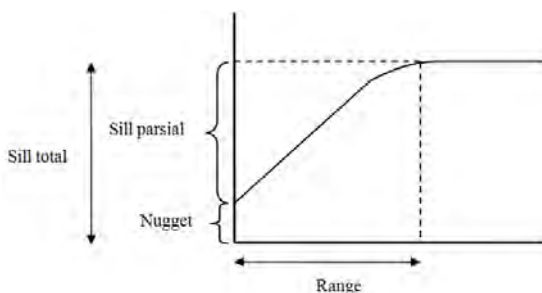
$$\gamma(h) = C_0 + C_1, \text{ jika } h > a \quad (3)$$

Model *Exponential* : $\gamma(h) = C_0 + C_1[1 - \exp.(-h/a_0)]$ (4)

Model *Gaussian* : $\gamma(h) = 1 - \exp(-3h^2/a^2)$ (5)

Ketiga model tersebut di atas mempunyai tiga komponen utama, yaitu *nugget*, *sill*, dan *range* seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 1.

Nugget (C_0) mengekspresikan variasi pada skala yang lebih kecil daripada interval contoh-contoh tanah yang diambil dan merupakan variasi non-spasial (Omran, 2002). Jarak dimana model mulai mendatar disebut *range* dan diberi simbol “a”. Lokasi-lokasi contoh yang dipisahkan oleh jarak lebih dekat dengan *range* membentuk autokorelasi spasial, sebaliknya yang menjauh tidak ada korelasi spasial. *Sill* total sebanding dengan total varian sampel yang merupakan nilai maksimum varian dimana model mencapai rentang jarak maksimum pada nilai y-axis atau model semivariogram mencapai *range*, sedangkan *partial sill* (C_1) merupakan selisih antara *sill* total minus *nugget* (Bhatti, 2002). Jarak antar pengamatan-pengamatan diberi simbol “h” atau disebut *lag distance*.



Gambar 1. Komponen utama semivariogram yang terdiri dari *sill*, *nugget*, dan *range*

Parameter-parameter yang berasal dari semivariogram yang dibangun kemudian digunakan untuk prediksi kandungan BO pada lokasi-lokasi yang tidak diambil contoh tanahnya atau yang tidak diukur BO-nya di laboratorium. Prosedur tersebut disebut *kriging* (Bhatti, 2002). Dalam penelitian ini digunakan *ordinary kriging* yang merupakan suatu metode interpolasi dasar (Omran, 2002).

Validasi silang (*cross validation*) memberikan gambaran akurasi model yang dibangun dalam memprediksi nilai (dalam hal ini BO tanah) pada lokasi yang tidak diukur secara langsung. Dalam metode ini dari semua titik-titik pengukuran, secara berurutan menyisihkan satu titik dari data tersebut, sisa data digunakan untuk memprediksi nilai dari titik yang dipisahkan sebelumnya, kemudian membandingkan nilai titik yang diukur secara langsung dengan yang diprediksi (Omran, 2002).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.5. Kandungan Bahan Organik Tanah dan Semivariogramnya

Hasil analisis bahan organik tanah menunjukkan kisaran nilai dari 0,95 (sangat rendah) hingga 4,83 % (tinggi), dengan rerata 2,21% yang termasuk kelas sedang. Walaupun kedalaman solum tanah tergolong dangkal dan termasuk tanah marginal, namun jika dilihat dari kandungan BO tanah tidak terlalu miskin.

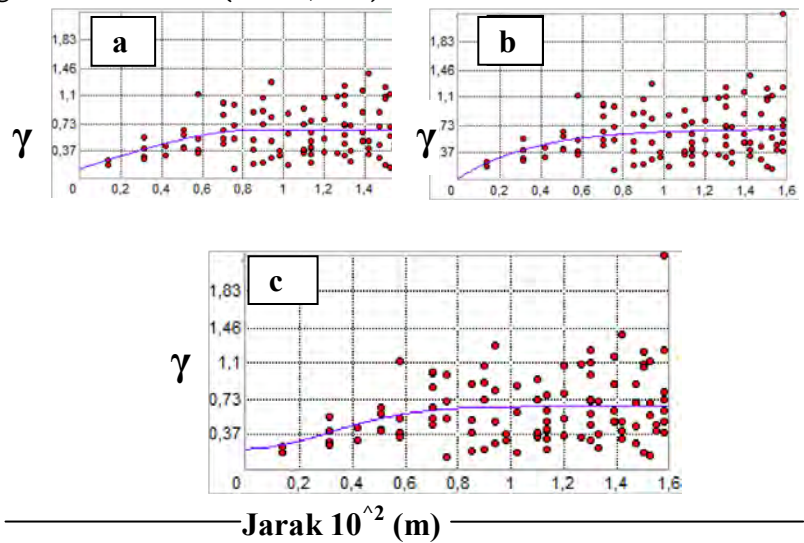
Variasi BO tanah dipengaruhi oleh kondisi topografi. Akibat terjadinya deposisi dari lereng bagian atas, maka pada lereng bawah umumnya mempunyai BO yang relatif lebih tinggi daripada lereng atas (Chen dan Chiu, 2000). Namun demikian, dalam penelitian ini terlihat bahwa kandungan BO tanah yang tinggi tidak saja dijumpai pada lereng bagian bawah, tetapi juga pada bagian atas. Kondisi demikian karena pada lereng atas dari DAS mikro ditanami jati yang tidak dilakukan pengolahan tanah, disamping itu pada lereng bagian atas terdapat semacam teras-teras gulud yang dapat menahan hanyutnya BO ke bagian lebih bawah oleh proses erosi.

Jenis penutupan lahan dan pengelolaan lahan yang menggunakan pupuk kandang untuk tanaman semusim juga berpengaruh terhadap kandungan BO tanah. Berdasarkan data yang diperoleh, terlihat bahwa kandungan BO yang tinggi tidak saja pada tanah yang tidak diolah di bawah tanaman jati atau gliricidae, namun juga pada tanah yang ditanami kacang tanah yang kemungkinan berasal dari pemberian pupuk kandang yang diberikan. Akan tetapi, jika pengolahan tanah dilakukan secara terus-menerus disertai terjadinya erosi dapat menyebabkan pengurangan BO dan kandungan hara tanah lain (Aumtong *et al.*, 2009). Dalam penelitian ini faktor tekstur terhadap variasi kandungan BO diabaikan karena hampir semua lokasi bertekstur lempung berpasir (*sandy loam*).

Hasil analisis hubungan antara semivarian (γ) dan jarak antar titik (variabel) berpasangan (h) disampaikan dalam Gambar 2. Secara sekilas ketiga model semivariogram memberikan grafik yang mirip antara satu dengan yang lainnya, namun demikian perhitungan dari

komponen-komponennya memberikan hasil yang agak berbeda terutama untuk model *Exponential* (Tabel 1). Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa jarak terjauh antar titik-titik variabel berpasangan yang masih bersifat autokorelasi untuk model semivariogram *Sepherical*, *Exponential*, dan *Gaussian* masing-masing adalah sampai dengan jarak 89,3; 106,2; dan 78,6 m.

Nilai *nugget* terkecil dijumpai pada model *Exponential* yang mendekati 0, yaitu 0,003 diikuti oleh model *Spherical* 0,12 dan terbesar *Gaussian* 0,21. Menurut Bhatti (2002) efek *nugget* disebabkan oleh kesalahan dalam pengukuran atau variasi dalam pengukuran yang tidak terdeteksi pada skala pengambilan contoh tanah. Model yang sesuai untuk memprediksi suatu variabel yang tidak diukur secara langsung dapat dinilai berdasarkan nilai koefisien determinasi dan *nugget* (Gonzalez dan Zak, 1994). Perbandingan antara *nugget* dengan *sill* total untuk semivariogram model *Spherical* adalah 18,5%, *Exponential* sebesar 0,5%, dan tertinggi *Gaussian* adalah 33,1%. Nilai perbandingan *nugget* terhadap total *sill* kurang 25% dan antara 25 hingga 75% menunjukkan varian yang mempunyai tingkat ketergantungan spasial yang kuat dan moderat (Omran, 2012).



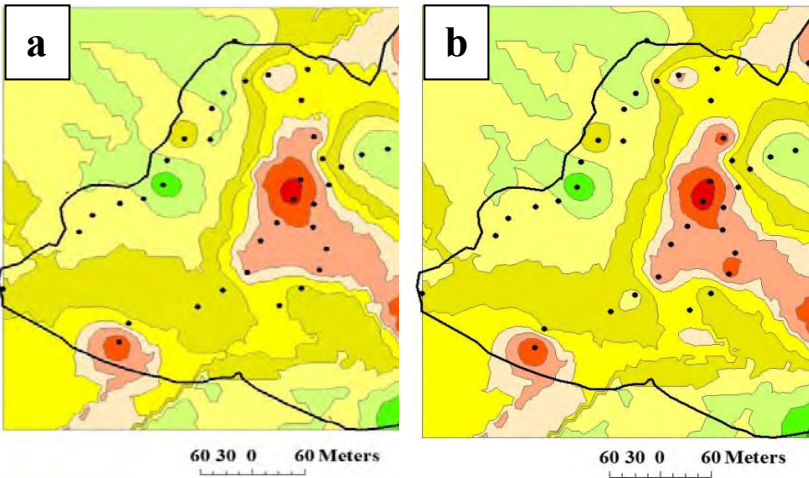
Gambar 2. Semivariogram bahan organik tanah dengan model *Spherical* (a), *Exponential* (b), dan *Gaussian* (c).

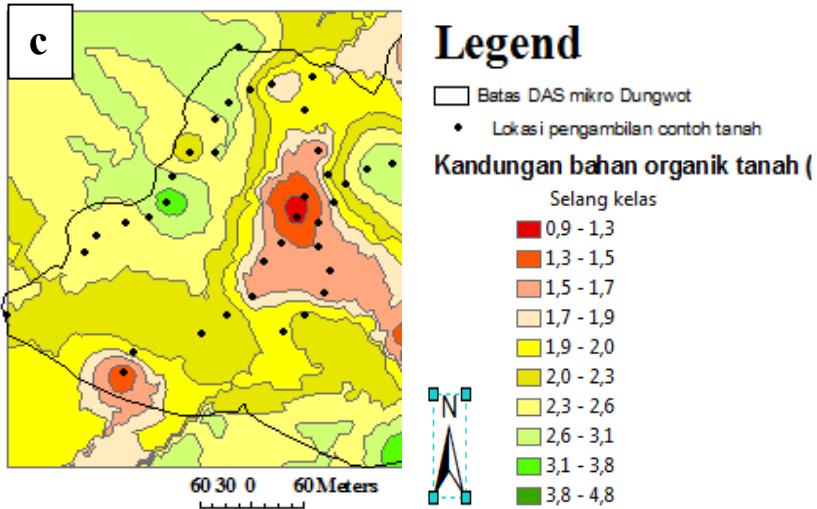
Tabel 1. Deskripsi semivariogram bahan organik tanah di DAS mikro Dungwot

Model	Nugget	Sill parsial	Range	R ²
Spherical	0,12	0,52	89,3	0,988
Exponential	0,003	0,68	106,2	0,987
Gaussian	0,21	0,43	78,6	0,988

B. Prediksi Bahan Organik Tanah dengan Kriging

Prediksi distribusi spasial BO tanah dengan *kriging* disajikan dalam Gambar 3. *Kriging* menggunakan model *Spherical* dan *Gaussian* menghasilkan pola distribusi spasial yang mirip, sedangkan model *Exponential* menghasilkan pola yang agak berbeda. Kesamaan pola distribusi tersebut dipengaruhi nilai komponen-komponen semivariogram yang tidak jauh berbeda antara model *Spherical* dan *Gaussian* (Tabel 1). Untuk model *Exponential*, nilai *nugget*, *sill*, dan *range* agak jauh berbeda dengan model *Spherical* dan *Gaussian*.

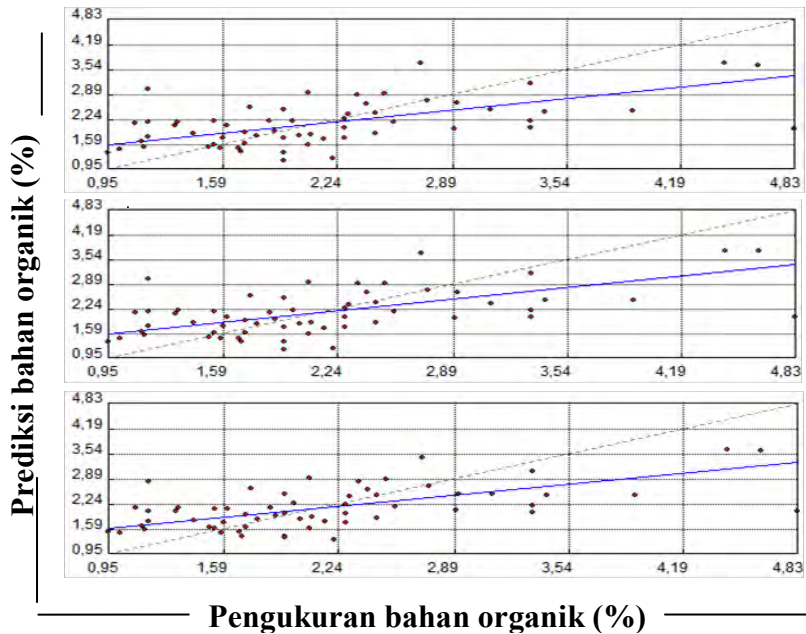




Gambar 3. Interpolasi bahan organik tanah menggunakan *ordinary kriging* dan semivariogram *Spherical* (a), *Exponential* (b), dan *Gaussian* (c).

C. Validasi silang

Validasi silang untuk mengetahui sejauh mana hasil prediksi berdasarkan model yang dibangun menyimpang dari pengukuran langsung BO tanah dapat dilihat dalam Gambar 4. Idealnya titik-titik yang menunjukkan nilai kandungan BO tanah berada atau mendekati garis 1: 1 (garis terputus-putus), namun dari gambar tersebut terlihat bahwa untuk BO tanah lebih dari 2,65% nilai prediksi berada di bawah garis 1:1. Kondisi demikian disebabkan adanya efek kejenuhan (*saturated effect*) dari model yang digunakan dimana kenaikan pengukuran BO secara langsung tidak menyebabkan hasil prediksi meningkat.



Gambar 4. Plot skater bahan organik (%) tanah hasil pengukuran dan prediksi. Garis biru merupakan garis regresi antara hasil pengukuran dan prediksi, dan garis hitam putus-putus adalah garis 1:1 untuk mengetahui akurasi hasil prediksi.

D. Upaya Konservasi Bahan Organik Tanah Bersolum Dangkal

Tanah dangkal di lokasi penelitian digunakan untuk budidaya tanaman semusim, sebagian lagi ditanami jati yang diusahakan oleh Perhutani. Walaupun kandungan BO tanah masih tergolong tingkat sedang, tetapi budidaya tanaman semusim pada tanah dangkal dengan lereng curam akan memicu erosi dimusim penghujan. Terjadinya erosi yang dipercepat akan menyebabkan pengurangan BO dan unsur hara lain serta mempercepat degradasi tanah yang lanjut karena semakin menipisnya solum. Hasil penelitian Wahyuningrum dan Basuki (2014) menunjukkan bahwa DAS mikro Dungwot mempunyai tingkat erosi sangat berat sebanyak 32,2 % dan berat 30,6 % dari luas arealnya.

Berdasarkan tingkat kemampuan penggunaan lahan, areal penelitian termasuk kelas VII (49,5 %) dan VIII (8,7 %) (Wahyuningrum dan Basuki,

2014), yang berarti lahan-lahan tersebut seharusnya hanya digunakan untuk hutan produksi terbatas dan hutan lindung. Kondisi demikian merupakan dilema, disatu sisi masyarakat membutuhkan lahan untuk mencukupi kebutuhan hidupnya, dilain pihak kondisi lahan tidak memungkinkan untuk budidaya tanaman semusim yang memerlukan pengolahan tanah secara intensif.

Untuk mencegah hilangnya BO atau meningkatkan kandungan BO tanah dapat dilakukan dengan penerapan mulsa vertikal. Prinsip teknik konservasi dengan mulsa vertikal adalah pemanfaatan limbah dari tanaman yang diusahakan. Mulsa vertikal dibuat dari seresah baik yang berupa daun, ranting, cabang, dan batang yang dimasukkan dalam alur yang terletak di bagian tepi luar bidang olah (Pratiwi, 2001).

Konservasi BO juga dapat dilakukan dengan pemanfaatan lahan sesuai dengan kemampuannya dengan penanaman tanaman keras dan semusim agar masyarakat juga dapat memenuhi sebagian kebutuhan hidup dengan sistem agroforestri terutama untuk areal dengan kemampuan penggunaan lahan kelas VI. Jika tanaman keras sudah tinggi, tanaman semusim yang diusahakan dapat berupa empon-empon yang tahan naungan.

Upaya konservasi BO dengan sistem agroforestri tersebut juga harus dibarengi dengan pembuatan teras batu yang bahannya banyak dijumpai di lokasi. Hal ini penting dilakukan mengingat solum tanah dangkal yang mengandung BO tersebut jika tidak dipertahankan akan hanyut terbawa oleh aliran permukaan. Selain teras batu, alternatif lain untuk mencegah hilangnya BO melalui erosi adalah dengan penanaman gamal dan atau jati yang juga banyak dijumpai. Akar gamal (*gliricidae*) ataupun jati yang panjang dapat menembus jauh ke dalam bahan induk ataupun batuan induk dan memungkinkan tanaman mengambil air ke lapisan dalam dan tidak mati dimusim kemarau. Seresah dari daun gamal mudah melapuk yang dapat menjadi input bagi penambahan BO tanah.

IV. KESIMPULAN

- Prediksi distribusi spasial kandungan BO dengan *ordinary kriging* pada model *Spherical* menunjukkan kemiripan dengan model

Gaussian, walaupun tingkat ketergantungan kandungan BO antar dua lokasi pada masing-masing model dipengaruhi oleh jarak yang agak berbeda. Untuk model *Spherical*, *Gaussian*, *Exponential* jarak terjauh tingkat ketergantungan antar dua lokasi adalah 89,3; 106,2; dan 78,6 m.

- Prediksi BO dengan *ordinary kriging* dengan ketiga model memberikan hasil yang lebih kecil dari pengukuran langsung setelah kandungan BO mencapai 2,65%. Namun jika dilihat dari nilai *nugget* dalam penelitian ini model terbaik adalah *Exponential*.
- Walaupun kandungan BO tanah di lokasi penelitian secara umum masih tergolong tingkat sedang, namun konservasi tetap perlu dilakukan mengingat solum tanahnya yang dangkal dan lereng makro yang termasuk terjal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. D., L. J. Ingram, dan P.D. Stahl. 2008. Influence of reclamation management practices on microbial biomass carbon and soil organic carbon accumulation in semiarid mined lands of Wyoming. *Applied Soil Ecology* 40: 387 - 397.
- Aumtong, S., J. Magid, S. Bruun, dan A. de Neergaard. 2009. Relating soil carbon fractions to land use in sloping uplands in northern Thailand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131: 229–239.
- Berterretche, M., A.T. Hudak, W.B. Cohen, T. K. Maierasperger, S.T. Gower, dan J. Dungan. 2005. Comparison of regression and geostatistical methods for mapping Leaf Area Index (LAI) with Landsat ETM+ data over a boreal forest. *Remote Sensing of Environment* 96: 49–61.
- Bhatti, A. 2002. Geostatistical techniques and applications for managing degraded soil for sustainable production. *Science vision* 8(1): 27 - 35.
- Chen, J.S. dan C.Y. Chiu. 2000. Effect of topography on the composition of soil organic substances in a perhumid subtropical montane forest ecosystem in Taiwan. *Geoderma* 96: 19–30.
- Cobo, J.G., G. Dercon, T. Yekeye, L. Chapungu, C. Kadzere, A. Murwira, R. Delve, dan G. Cadisch. 2010. Integration of mid-infrared spectroscopy and geostatistics in the assessment of soil spatial variability at landscape level. *Geoderma* 158: 398 - 411.

- Crosier S, Booth B, Dalton K, Mitchell A dan Clark K. Arcis 9, Getting Started with ArcGis. 2004. Redland, California, ESRI.
- Gonzalez, O.J. dan D.R. Zak. 1994. Geostatistical analysis of soil properties in a secondary Tropical dry forest, St. Lucia, West Indies. *Plant & Soil* 163: 45-54.
- Grandy, A. S., dan G. P. Robertson. 2007. Land-use intensity effects on Soil organic carbon accumulation rates dan mechanisms. *Ecosystems* 10: 58 – 73
- Isaaks, E.H. dan R.M. Srivastava. 1989. An introduction to applied geostatistic. Oxford University Press, Inc.
- JICA, 2007. Studi Penanganan Sedimentasi Waduk Serbaguna Wonogiri. Volume II. Nippon Koei and Yachiyo Engineering Co. Ltd.
- Kavianpoor¹, H., A. E. Ouri, Z. J. Jeloudar, and A. Kavian. 2012. Spatial Variability of Some Chemical dan Physical Soil Properties in Nesho Mountainous Rangelands. *American Journal of Environmental Engineering* 2(1): 34 – 44.
- Lal, R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management* 220: 242-258.
- Mini, E.R. dan Y.S. Rao. 2011. An evaluation of soil carbon sequestration in Teak and Eucalypt plantations. *NeBio* 2 (3): 9 – 11.
- Omran, E.E. 2002. Improving the prediction accuracy of soil mapping through geostatistics. *International Journal of Geosciences* 3: 574 – 590.
- Pratiwi. 2001. Pemanfaatan limbah hutan melalui teknik mulsa vertikal untuk konservasi tanah dan air. *Buletin Penelitian dan Pengembangan Kehutanan*.
- Tim BPTPDAS dan UNS. 2007. Model pengelolaan hutan tanaman terpadu untuk peningkatan fungsi lingkungan dan kesejahteraan masyarakat di daerah tangkapan air waduk serbaguna Wonogiri.
- Wahyuningrum, N. dan T.M. Basuki. 2014. Evaluasi kemampuan penggunaan lahan pada lahan kritis bersolum dangkal. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* (in press).
- Yuan-Qiang, W., Xing-Chang, Z., Jing-Li, Z., dan Shun-Ji, L. 2009. Spatial variability of soil organic carbon in a watershed on the Loess Plateau. *Pedosphere* 19(4): 486–495.

PEMANFAATAN AMELIORAN DENGAN TEKNOLOGI MEDIUM TANAM POT UNTUK MENURUNKAN SUHU RIZOSFER PADA LAHAN PASIR PANTAI¹

Oleh:

Agung Wahyu Nugroho²

²Peneliti Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani PO Box 295 Pabelan.

Telepon/Fax.: (+62 271) 716709/716959

Email: bpt.kpdas@gmail.com

ABSTRAK

Areal pantai Kebumen merupakan hamparan lahan pasir yang cukup luas dan merupakan sumber daya yang sangat potensial dalam mendukung kehidupan masyarakat sekitar. Potensi dukungan yang besar tersebut belum seluruhnya dimanfaatkan secara optimal, salah satunya karena adanya hambatan yang berkaitan dengan karakteristik lahan. Karakteristik lahan pasir dengan suhu tanah tinggi, kapasitas menahan air rendah, kandungan unsur hara tersedia rendah merupakan kendala untuk tumbuhnya vegetasi pohon dan tanaman semusim. Suhu memengaruhi beberapa proses fisiologis penting bagi tanaman. Suhu tanah yang tinggi mengakibatkan pertumbuhan tanaman akan terhambat bahkan sampai mengakibatkan kematian. Perbaikan tapak rizosfer dapat dilakukan dengan penambahan amelioran (tanah mineral dan pupuk kandang) dalam bentuk teknologi medium tanam pot. Pupuk kandang dan tanah mineral diperlukan untuk meningkatkan kandungan unsur hara dalam tanah dan meningkatkan kapasitas menahan air. Medium tanam pot, selain praktis dan mudah digunakan, juga mampu menyediakan tapak awal yang kokoh dan kompak serta mendukung perkembangan perakaran tanaman dengan cepat. Teknologi ini digunakan oleh tim rehabilitasi fakultas kehutanan UGM dalam merehabilitasi areal pantai Kebumen tahun 2008 – 2009. Tulisan ini bertujuan menguji peranan pemberian amelioran dengan teknologi medium tanam pot untuk menurunkan suhu tanah sekitar perakaran tanaman dalam rangka mendukung perbaikan tapak rizosfer lahan pasir pantai. Penelitian dilaksanakan di gumuk pasir pantai Desa Sumberjati Kecamatan Ambal Kabupaten Kebumen mulai bulan Agustus 2008. Penelitian merupakan percobaan satu faktor yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap dengan 3 ulangan. Ada dua belas perlakuan komposisi media tanam pot yang diuji yaitu: kontrol/tanpa amelioran, 10% pupuk kandang, 30% pupuk kandang, 50% pupuk kandang, 20% tanah mineral, 20% tanah mineral + 10% pupuk kandang, 20% tanah mineral + 30% pupuk kandang, 20% tanah mineral + 50% pupuk kandang, 40% tanah mineral, 40% tanah mineral + 10% pupuk kandang, 40% tanah mineral + 30% pupuk kandang, 40% tanah mineral + 50% pupuk kandang. Media tanam pot ditanamkan ke dalam lahan pasir kemudian ditanami dengan bibit cemara udang. Variabel yang diukur adalah suhu tanah di dalam media dan luar media pada siang hari pada kedalaman ± 15 cm. Penurunan suhu merupakan selisih antara suhu luar media dengan suhu dalam media. Data yang didapat dianalisis secara statistik menggunakan prosedur GLM dengan SAS. Hasil penelitian menunjukkan penambahan amelioran dengan teknologi medium tanam pot berperan secara nyata dalam menurunkan suhu rizosfer. Penurunan suhu terbesar didapatkan melalui komposisi media dengan perlakuan 20% tanah mineral + 50% pupuk kandang sebesar $3,75^{\circ}\text{C}$ dibandingkan dengan tanpa amelioran sebesar $1,25^{\circ}\text{C}$. Kata kunci: amelioran, medium tanam pot, suhu rizosfer.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATAR BELAKANG

Areal pantai Kebumen merupakan hamparan lahan pasir yang cukup luas dan merupakan sumber daya yang sangat potensial dalam mendukung kehidupan masyarakat sekitar. Data yang ada menunjukkan areal pesisir pantai Kebumen mempunyai panjang sekitar 51 km dengan luas kurang lebih 605 hektar. Potensi dukungan yang besar tersebut belum seluruhnya dimanfaatkan secara optimal, salah satunya karena adanya hambatan yang berkaitan dengan karakteristik lahan pasir (Suhardi, 2005; Sumardi, 2008). Karakteristik lahan pasir dengan suhu tanah tinggi, kapasitas menahan air rendah, kandungan unsur hara tersedia rendah merupakan kendala untuk tumbuhnya vegetasi pohon dan tanaman semusim (Siradz dan Kabirun, 2003; Shiddieq dan Muhajir, 2008).

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Suhu berkorelasi positif dengan radiasi matahari. Suhu tanah merupakan keadaan yang timbul akibat adanya radiasi sinar matahari, panas bumi, reaksi-reaksi kimia di dalam tanah maupun aktifitas biologi di dalam tanah. Suhu memengaruhi beberapa proses fisiologis penting seperti: aktifitas enzim untuk mengatalisis reaksi biokimia khususnya fotosintesis dan respirasi, kelarutan CO_2 dan O_2 dalam sel tanaman, permeabilitas membran, laju transpirasi, pertumbuhan dan perkembangan akar, perkecambahan dan aktivitas mikroorganisme tanah (Spurr dan Barnes, 1980; Fisher dan Binkley, 2000; Sutanto, 2005). Proses fisiologi optimum tanaman akan mengalami hambatan apabila terjadi kenaikan suhu sampai maksimum disebabkan cairan tanaman mengalami koagulasi yang tak balik (*irreversible*) (Sutanto, 2005).

Suhu tanah ditentukan oleh interaksi sejumlah faktor yaitu faktor lingkungan dan faktor tanah. Faktor lingkungan di antaranya: radiasi matahari, radiasi awan, konduksi panas dari atmosfer, kondensasi, penguapan, curah hujan dan vegetasi. Sedangkan faktor tanah meliputi: keterhantaran dan difusivitas panas; kapasitas panas; aktifitas biologi; radiasi matahari; struktur, tekstur dan kelembaban; dan garam-garam terlarut (Lubis, 2007). Suhu tanah yang tinggi menyebabkan gangguan proses fisiologi tanaman yang mengakibatkan pertumbuhan tanaman akan terhambat bahkan sampai kematian. Batas minimum, optimum

dan maksimum suhu tanah untuk pertumbuhan terbaik bagi tanaman sangat bervariasi, tergantung jenis tanaman dan kondisi lingkungan (Fisher dan Binkley, 2000). Di wilayah yang beriklim sedang, suhu minimum dapat mencapai 5°C, optimum 20-30°C dan maksimum antara 40-50°C (McLaren dan Cameron, 1996; Sutanto, 2005).

Perbaikan tapak rizosfer dapat dilakukan dengan penambahan amelioran (tanah mineral dan pupuk kandang) dalam bentuk teknologi medium tanam pot. Bahan-bahan amelioran dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas tapak dan produktivitas tanaman (Partoyo, 2005; Winarni, 2006; Masyhudi, 2008). Pupuk kandang dan tanah mineral diperlukan untuk meningkatkan kandungan unsur hara dalam tanah dan meningkatkan kapasitas menahan air. Medium tanam pot, selain praktis dan mudah digunakan, juga mampu menyediakan tapak awal yang kokoh dan kompak serta mendukung perkembangan perakaran tanaman dengan cepat. Media tanam pot digunakan untuk mengatasi rendahnya lengas dan unsur hara pada lahan pasir pantai (Sumardi, 2008; Danarto *et al.*, 2008). Teknologi ini digunakan oleh tim rehabilitasi fakultas kehutanan UGM dalam merehabilitasi areal pantai Kebumen tahun 2008 – 2009.

Tulisan ini bertujuan menguji peranan pemberian amelioran dengan teknologi medium tanam pot untuk menurunkan suhu tanah sekitar perakaran tanaman. Penelitian diarahkan dalam rangka mendukung perbaikan tapak rizosfer lahan pasir pantai.

II. METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Lokasi penelitian berada pada gumuk pasir pantai Desa Sumberjati, Kecamatan Ambal, Kabupaten Kebumen dengan posisi geografis 07°48.657' lintang selatan dan 109°45.388' bujur timur. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2008.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan menggunakan potensi lokal yang banyak terdapat di daerah sekitar lokasi penelitian. Tanah mineral dan pupuk

kandang digunakan sebagai bahan ameliorasi. Pupuk kandang yang digunakan adalah pupuk kandang sapi yang telah terdekomposisi dengan ciri-ciri fisik: berwarna coklat kehitaman, cukup kering, tidak menggumpal, dan tidak berbau menyengat. Tanah diambil dari lapisan permukaan tanah paling atas yang terdapat di sekitar lokasi dengan ciri-ciri: warna coklat kehitaman-cokelat tua dan mempunyai struktur yang remah (sangat gembur).

Alat-alat yang digunakan adalah cangkul, alat pencetak media tanam pot, termometer digital, anemometer, lux meter, hydrometer.

Pembuatan Media Tanam Pot

Tanah mineral dan pupuk kandang sapi dicampur secara merata sesuai dengan taraf perlakuan yang diterapkan. Pencampuran bahan tersebut berdasarkan pada perbandingan volume (v:v). Pembuatan media tanam pot dilakukan dengan alat pencetak yang disediakan. Media tanam pot yang dihasilkan mempunyai ukuran tinggi 20 cm, diameter 8 cm dan tebal 3 cm (Gambar 1).



a



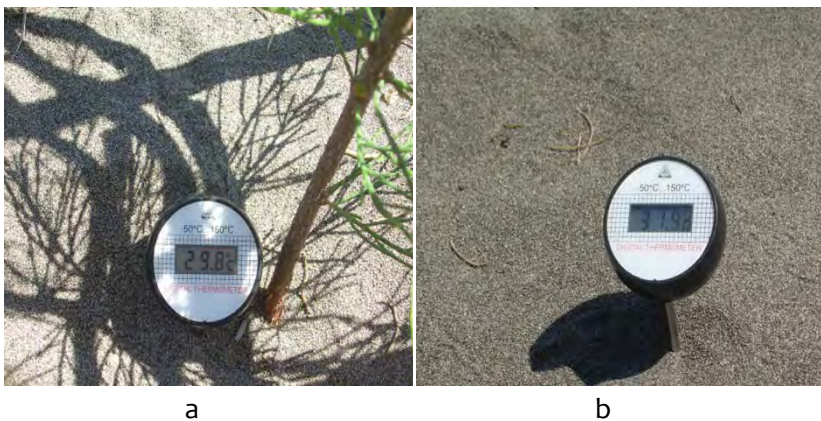
b

Gambar 1. a) ukuran tinggi media tanam pot, b) ukuran diameter dan tebal media tanam pot (Foto: Agung)

Rancangan Penelitian

Penelitian merupakan percobaan satu faktor yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap dengan 3 ulangan. Ada dua belas perlakuan komposisi media tanam pot yang diuji yaitu: 1) kontrol/tanpa amelioran (100% pasir pantai), 2) 10% pupuk kandang, 3) 30% pupuk kandang, 4) 50% pupuk kandang, 5) 20% tanah mineral, 6) 20% tanah mineral + 10% pupuk kandang, 7) 20% tanah mineral + 30% pupuk kandang, 8) 20% tanah mineral + 50% pupuk kandang, 9) 40% tanah mineral, 10) 40% tanah mineral + 10% pupuk kandang, 11) 40% tanah mineral + 30% pupuk kandang, 12) 40% tanah mineral + 50% pupuk kandang.

Media tanam pot dibanamkan ke dalam lahan pasir yang telah digali kemudian ditanami dengan bibit cemara udang. Variabel yang diukur adalah suhu tanah di dalam media dan luar media pada siang hari pada kedalaman ± 15 cm. Pengukuran suhu tanah di dalam dan luar media tanam pot dilaksanakan pada waktu yang bersamaan (Gambar 2). Pencatatan suhu dilakukan sampai suhu mencapai stabil. Penurunan suhu merupakan selisih antara suhu luar media dengan suhu dalam media.



Gambar 2. Pengukuran suhu di dalam media tanam pot (a) dan luar media tanam pot (b)

Analisis Data

Data primer yang diukur meliputi: suhu rizosfer, kapasitas menahan air/water holding capacity (*whc*) media tanam pot, dan berat kering

akar serabut. Data yang didapat dianalisis secara statistik menggunakan prosedur *The Generalized Linear Model* (GLM) dengan *The Statistical Analysis System* (SAS). Hasil analisis yang berbeda nyata diuji lanjut dengan uji jarak ganda Duncan (Duncan Multiple Range Test/DMRT). Analisis *whc* media tanam pot dan berat kering akar serabut dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Hutan, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta. Penghitungan korelasi menggunakan analisis korelasi Pearson.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

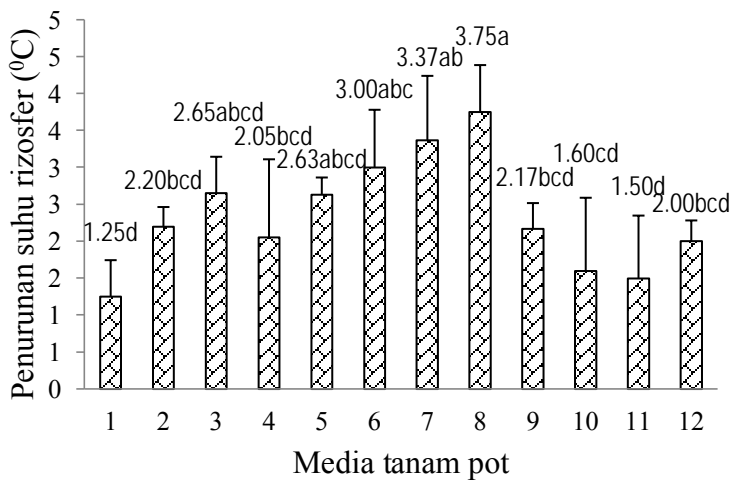
Suhu Rizosfer

Analisis varian menunjukkan pemberian amelioran memberikan pengaruh yang sangat nyata dalam menurunkan suhu rizosfer (Tabel 1). Pemberian amelioran pada media tanam pot menghasilkan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan media tanam kontrol/tanpa amelioran. Media tanam pot dengan komposisi 20% tanah mineral + 50% pupuk kandang memberikan efek tertinggi dalam menurunkan suhu rizosfer sebesar 3,75°C. Sedangkan media tanam pot kontrol, memberikan efek yang terendah dalam menurunkan suhu rizosfer sebesar 1,25°C (Gambar 3).

Tabel 1. Analisis varian pengaruh amelioran terhadap penurunan suhu rizosfer

Sumber variasi	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hit.	Sig.
Perlakuan	11	14,20	1,29	3,12*	0,01
Galat	17	7,04	0,41		
Total	28	21,24			

Keterangan: * berbeda nyata pada taraf uji 5%



Gambar 3. Uji lanjut DMRT pengaruh amelioran terhadap penurunan suhu rizosfer

Di lokasi penelitian, suhu udara pada siang hari berkisar 28-33,4° C, kecepatan angin berkisar 5,2-13,3 km/jam, kelembaban udara antara 59,5-66,3% dan intensitas cahaya 8.920-9.950 lux. Kondisi cuaca di atas lahan pasir tersebut akan berpengaruh terhadap kondisi cuaca (suhu) lingkungan di bawah lahan pasir. Hasil pengukuran menunjukkan suhu tanah di luar media tanam pot pada kedalaman ± 15 cm bervariasi antara 32,9-37,1°C. Suhu tanah yang tinggi menyebabkan proses kehilangan air tanah akibat proses penguapan sangat tinggi. Kondisi ini mengakibatkan beberapa jenis tanaman akan sulit untuk tumbuh di daerah pasir pantai.

Penambahan amelioran walau dalam jumlah sedikit mampu untuk menurunkan suhu rizosfer. Penambahan tanah dapat memperbaiki struktur, tekstur dan meningkatkan kadar unsur hara lahan pasir. Pupuk kandang mampu meningkatkan daya menahan air (*whc*) dan meningkatkan granulasi (pembutiran) agregrat sehingga agregrat tanah lebih mantap. Agregasi tanah yang baik akan menjamin tata udara dan air yang baik pula, sehingga aktivitas mikroorganisme dapat berlangsung dengan baik dan meningkatkan ketersediaan unsur hara. Kemampuan menahan air yang relatif lama akan memengaruhi suhu dan kelembaban di sekitar daerah perakaran. Suhu rizosfer akan menurun dan kelembaban tanah tetap terjaga. Bagian akar terutama

ujung akar dan bulu akar akan mampu berkembang dengan baik dan berfungsi optimal. Akar mempunyai fungsi penting untuk melayani pertumbuhan tanaman dalam hal penyerapan, penambahan (*anchorage*), penyimpanan, transpor, pembiakan (*propagation*), dan sumber utama beberapa pengatur pertumbuhan tanaman (Weaver, 1926 dalam Gardner et al., 1991).

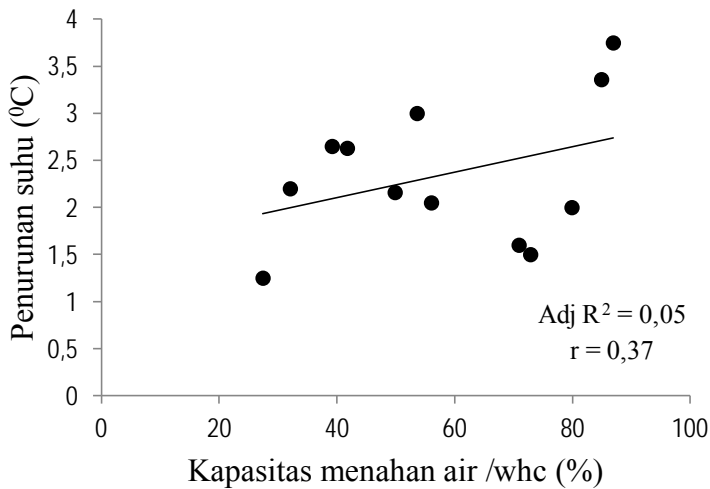
Kapasitas Menahan Air

Hasil analisis kapasitas menahan air (*whc*) media tanam pot dengan amelioran menunjukkan kapasitas menahan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan media tanam pot tanpa amelioran/kontrol (Tabel 2). Media tersebut akan mampu menahan air relatif lebih lama dibandingkan dengan media kontrol (tanpa amelioran) dan berpotensi besar untuk dapat diserap dan dimanfaatkan akar untuk pertumbuhan tanaman.

Tabel 2. Kapasitas menahan air (*whc*) media tanam pot

Media tanam pot	Penambahan amelioran (v:v)	Kapasitas menahan air (<i>whc</i>) (%)
1	Kontrol (100% pasir)	27,42
2	10% PK	32,06
3	30% PK	39,18
4	50% PK	56,03
5	20% T	41,75
6	20% T + 10% PK	53,60
7	20% T + 30% PK	84,92
8	20% T + 50% PK	86,92
9	40% T	49,86
10	40% T + 10% PK	70,91
11	40% T + 30% PK	72,87
12	40% T + 50% PK	79,89

Keterangan: PK= pupuk kandang sapi, T= tanah mineral



Gambar 4. Korelasi antara whc dengan penurunan suhu rizosfer

Gambar 4 menunjukkan terdapat korelasi/hubungan yang positif antara nilai whc pada media tanam pot dengan penurunan suhu rizosfer, dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,37. Hal ini berarti peningkatan nilai whc akan diikuti oleh peningkatan penurunan suhu rizosfer. Tetapi, nilai korelasi tersebut dapat dikategorikan memiliki hubungan yang cukup lemah dan berdasarkan uji signifikansi hasilnya menunjukkan nilai 0,23 yang berarti asosiasi antara nilai whc dengan penurunan suhu rizosfer adalah tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa suhu rizosfer dipengaruhi oleh banyak faktor, tidak hanya oleh nilai whc media, tetapi ditentukan oleh interaksi faktor lingkungan dan faktor tanah.

Selain mampu mengatasi rendahnya lengas dan unsur hara pada lahan pasir pantai, media tanam pot mampu menyediakan tapak awal yang kokoh dan kompak serta mendukung perkembangan perakaran tanaman dengan baik. Pengamatan visual menunjukkan akar mampu menembus keluar media pada umur tanaman 2,5 bulan setelah penanaman (Tabel 3 dan Gambar 5).

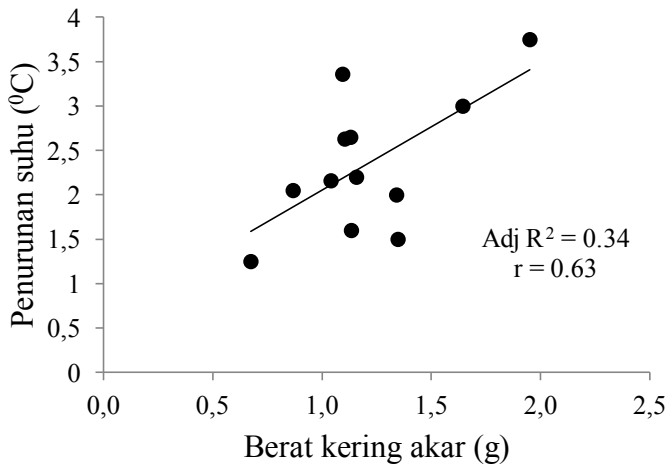
Tabel 3. Jumlah akar yang menembus keluar media tanam pot

Penambahan amelioran (v:v)	Jumlah akar yang menembus keluar media tanam pot	Keterangan
Kontrol (100% pasir)	20	Akar menyebar
10% PK	18	Akar menyebar
30% PK	12	
50% PK	8	
20% T	14	Ditemukan 2 bintil akar
20% T + 10% PK	8	
20% T + 30% PK	4	
20% T + 50% PK	4	
40% T	14	Akar menembus bawah
40% T + 10% PK	4	Akar menembus bawah
40% T + 30% PK	10	Akar menembus bawah
40% T + 50% PK	15	Akar menembus bawah

Keterangan: PK= pupuk kandang sapi, T= tanah mineral



Gambar 5. Akar tanaman menembus media tanam pot



Gambar 6. Korelasi penurunan suhu dengan pembentukan perakaran serabut

Dengan adanya penurunan suhu rizosfer ini, memberikan pengaruh yang baik bagi akar untuk tumbuh dan berkembang. Gambar 6 menunjukkan menunjukkan hubungan positif antara penurunan suhu dengan peningkatan berat kering akar serabut, dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,63. Korelasi ini dapat dikategorikan sebagai korelasi yang kuat dan berdasarkan uji signifikansi hasilnya menunjukkan nilai 0,02 yang berarti asosiasi antara penurunan suhu rizosfer dan berat kering akar adalah signifikan.

KESIMPULAN

Penambahan amelioran (tanah dan pupuk kandang) dengan teknologi medium tanam pot berperan secara nyata dalam menurunkan suhu rizosfer di lahan pasir pantai. Penurunan suhu terbesar didapatkan melalui komposisi media dengan perlakuan 20% tanah mineral + 50% pupuk kandang sebesar 3,75°C dibandingkan dengan tanpa amelioran sebesar 1,25°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Prof. Sumardi, Ibu Winastuti, Bapak Sri Danarto, Ibu Winarni atas kesempatan, saran, dan bimbingannya. Mas Sariman dan keluarga Sumberjati, Mas Ali Muchson, Agung Kurniawan, Paryadi, Dik Danang Wahyu Setyawan, teman-teman di Desa Ambalresmi (Mas Paijo dan tim) atas pembuatan media tanam pot dan semua bantuan selama pelaksanaan penelitian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Danarto, S., W.D. Atmanto, W.W. Winarni dan Sumardi, 2009. Introduksi jenis cemara pada program konservasi dan perlindungan pantai. Prosiding seminar nasional. Silvikultur rehabilitasi lahan: pengembangan strategi untuk mengendalikan tingginya laju degradasi hutan. Yogyakarta, 24-25 November 2008.
- Fisher, R.F. dan D. Binkley. 2000. *Ecology and management of forest soils*. 3rd edition. John Wiley & Sons, Inc. New York USA.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce dan R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Penerjemah: Herawati Susilo. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Lubis, K.S., 2007. Aplikasi suhu dan aliran panas tanah. USU Repository. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Masyhudi, F., 2008. Pemanfaatan teknologi ameliorasi tanah pada lahan pasir di pesisir pantai selatan DIY. www.ugm.ac.id
- Mclaren, R.G. dan K.C. Cameron, 1996. *Soil science. Sustainable production and environmental protection*. New edition. Oxford University Press. Hal. 102, 209.

- Partoyo, 2005. Analisis indeks kualitas tanah pertanian di lahan pasir pantai Samas Yogyakarta. Ilmu Pertanian Vol.12 No.2, 2005: 140 – 151. UPN Veteran, Yogyakarta.
- Shiddieq, J. dan A. Muhajir. 2008. Mengubah lahan pasir lebih produktif. Majalah Salam 24 Juni 2008. Denpasar.
- Siradz, S.A. dan S. Kabirun. 2003. Pengembangan lahan marjinal pantai dengan bioteknologi masukan rendah. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Spurr, S.H. dan B.V. Barnes. 1980. *Forest ecology*. Third edition. John Wiley & Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto.
- Suhardi. 2005. Cemara udang efektif cegah empasan tsunami. Kompas: 29 April 2005. Hal: 6 Kolom: 2-5.
- Sumardi. 2009. Prinsip silvikultur reforestasi dalam rehabilitasi formasi gumuk pasir di kawasan pantai Kebumen. Prosiding seminar nasional. Silvikultur rehabilitasi lahan: pengembangan strategi untuk mengendalikan tingginya laju degradasi hutan. Yogyakarta, 24-25 November 2008. Hal: 58-65
- Sutanto, R. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Konsep dan Kenyataan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Winarni, W.W., 2006. Pertumbuhan Semai Cangkok *Casuarina equisetifolia* Linn. di Lahan Pantai Berpasir dengan Beberapa Jenis Mulsa Organik. Laporan Penelitian. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.

**PEMANFAATAN MODEL HIDROLOGI SWAT (SOIL AND WATER
ASSESSMENT TOOL) SEBAGAI ALAT PENGAMBIL KEPUTUSAN DALAM
PENGELOLAAN TATA RUANG DAS BERBASIS POLA AGROFORESTRY¹**

Oleh :

Edy Junaidi^a dan Idin S. Ruhimat^a,

^a Peneliti Balai Penelitian Teknologi Agroforestry Jalan Ciamis-Banjar Km.
4 P.O. Box 5., email : ejunad75@gmail.com

ABSTRAK

Pengelolaan tata ruang DAS berbasis pola agroforestry yang dilakukan secara terpadu dapat mengoptimalkan penggunaan lahan yang dapat menghasilkan manfaat sosial ekonomi yang optimal, disamping dapat memperbaiki hasil air DAS. Penelitian ini bertujuan untuk menilai model pengelolaan tata ruang berbasis pola agroforestry ditinjau dari hasil air DAS dengan menggunakan model hidrologi SWAT. Terdapat tiga tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu : (1) klasifikasi kesesuaian tata ruang dengan bantuan software SIG. (2) Penilaian pola agroforestry (pola yang berkembang di masyarakat) yang paling optimal dengan bantuan software QM for Windows versi 3.2 (Siswanto, 2006) dan (3) penilaian penerapan pola agroforestry pada tata ruang DAS ditinjau dari hasil air menggunakan model hidrologi SWAT dengan bantuan software SIG dan software arcSWAT 2009. Penerapan pola agroforestry (kombinasi tanaman sengon, rambutan, cengkeh, kelapa, petai, pisang, dan singkong) pada kawasan budidaya yang sesuai untuk sistem agroforestry dapat menghasilkan tata air yang optimal, karena mampu menurunkan KRS, debit jenis, c dan TDS.

Kata kunci: tata ruang DAS; pola agroforestry dan model SWAT

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATARBELAKANG

Permasalahan DAS secara umum disebabkan oleh dua faktor yakni faktor alam seperti curah hujan, kelerengan dan jenis tanah dan faktor manusia. Kontribusi faktor alam terhadap terjadinya kekritisan DAS dapat diminimalkan dengan mengelola faktor alam khususnya tanah dan kelerengan sesuai dengan prinsip konservasi. Faktor manusia dapat dibedakan menjadi dua, yaitu faktor kebijakan (faktor kesalahan kebijakan dan faktor kesalahan dalam pelaksanaan kebijakan) dan faktor sosial ekonomi. Faktor kesalahan kebijakan dapat terjadi karena informasi terbatas atau tidak akurat, sebagai contoh adalah rehabilitasi lahan dilakukan dengan menanam pohon penghasil kayu, sementara masyarakat memerlukan pangan dan pekerjaan. Faktor kesalahan dalam pelaksanaan kebijakan dapat terjadi karena adanya konflik kepentingan, baik antar wilayah maupun antar sektor. Sedangkan faktor sosial ekonomi yang mempengaruhi kondisi ekosistem DAS. Jika dikelola dengan baik, faktor sosial ekonomi dapat menjaga kelestarian ekosistem DAS namun kalau salah pengelolaan dapat menjadi penyebab kerusakan ekosistem DAS (Departemen PU, 2004 dan 2006).

Pengelolaan tata ruang DAS berbasis pola agroforestry yang dilakukan secara terpadu diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan lahan yang dapat menghasilkan manfaat sosial ekonomi yang optimal. Sehingga diharapkan pengelolaan tata ruang DAS berbasis pola agroforestry dapat menjebatani permasalahan DAS dari faktor alam dan faktor manusia.

Banyak penelitian yang mengintegrasikan model hidrologi dalam pengelolaan DAS, meskipun kajiannya dalam lingkup pengembangan ilmu. Salah satu model yang banyak dituliskan dalam jurnal-jurnal hidrologi saat ini adalah model SWAT. Penggunaan model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan tersebut. Sesuai dengan tujuan pembentukannya, model SWAT memenuhi persyaratan-persyaratan model hidrologi yang dapat digunakan sebagai bagian dari sistem pengambilan keputusan dalam pengelolaan DAS (AAAE, 2009, Arnold et al., 2010, Li et al., 2011 dan Neitsch et al., 2005,).

Penelitian ini bertujuan untuk menilai model pengelolaan tata ruang berbasis pola agroforestry ditinjau dari hasil air DAS dengan menggunakan model hidrologi SWAT. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengambil kebijakan pengelolaan DAS untuk memanfaatkan teknologi model hidrologi SWAT dalam pengelolaan DAS.

II. METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan pada ini bulan April – Juli 2013, dilaksanakan di DAS Cimuntur. DAS Cimuntur secara geografis terletak pada 108°17'30"-108°34'0" BT dan 7°8'0"- 7°19'0" LS. DAS Cimuntur secara administratif terletak pada Kabupaten Ciamis yang meliputi 131 desa dalam 18 kecamatan. Luas DAS Cimuntur adalah 617.78 ha.

Ada tiga tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu : (1) klasifikasi kesesuaian tata ruang agroforestry pada lahan budidaya dengan menggunakan modifikasi kriteria dan indikator klasifikasi kesesuaian lahan untuk sistem agroforestry yang diterapkan di DAS Khlong phu-khlong pook (Arifin, *et. al.*, 2009) dengan bantuan software SIG. (2) Penilaian pola agroforestry (pola yang berkembang di masyarakat) yang paling optimal dari segi lingkungan dan sosial ekonomi menggunakan analisis *goal programming* dengan bantuan software QM for Windows versi 3.2 (Siswanto, 2006) dan (3) penilaian penerapan pengelolaan tata ruang DAS berbasis pola agroforestry terpilih ditinjau dari hasil air menggunakan model hidrologi SWAT dengan bantuan software SIG dan software arcSWAT 2009.

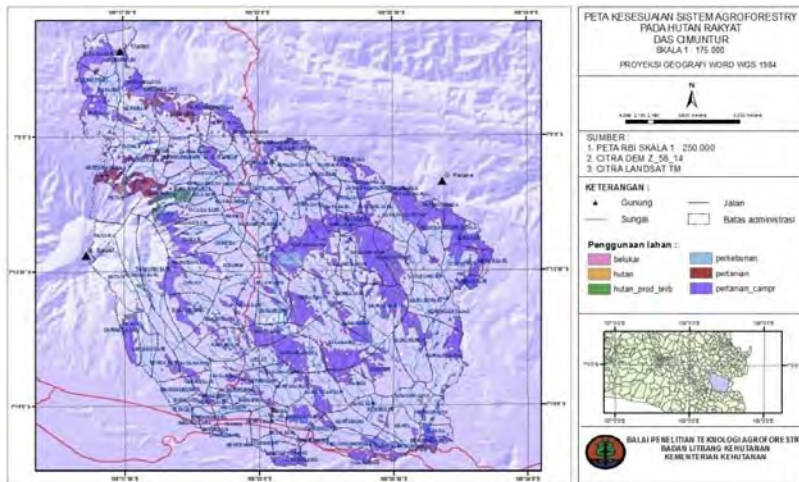
Penilaian hasil air menggunakan kriteria air yang terdiri dari beberapa indikator, yaitu nilai koefisien regim sungai (KRS), nilai koefisien runoff (c), nilai debit spesifik (Q spesifik) dan total sedimen terlarut (TDS).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Klasifikasi Kesesuaian Tata Ruang Agroforestry

Sebaran spasial pola tata ruang sistem agroforestry yang masuk kriteria sesuai untuk penerapan sistem agroforestry pada kawasan budidaya dapat dilihat pada Gambar 1. Sebagian besar penggunaan lahan yang

sesuai diterapkan sistem agroforestry berada pada aliran sungai Ciliung dan Sungai Cileueur.



Gambar 1. Peta sebaran spasial yang masuk kriteria sesuai untuk penerapan sistem agroforestry di DAS Cimuntur

B. Penilaian Pola Agroforestry yang Berkembang di Masyarakat

Pola agroforestry yang berkembang di masyarakat sekitar DAS Cimuntur terdapat 10 pola agroforestry kompleks yaitu pola agroforestry yang disusun dari kombinasi berbagai jenis tanaman kayu-kayuan, tanaman perkebunan, tanaman buah-buahan, tanaman bawah tahunan, dan tanaman bawah semusim dengan jarak tanam yang tidak teratur.

Hasil analisis *goal programming* yang bertujuan meminimalkan erosi dan meningkatkan pendapatan menunjukkan pola agroforestry kompleks yang terdiri dari tanaman kayu-kayuan, tanaman buah-buahan, tanaman perkebunan, tanaman bawah tahunan, dan tanaman bawah semusim menunjukkan hasil yang paling optimal. Analisis lebih lanjut terhadap pola agroforestry optimal tersebut dilakukan untuk mengetahui kombinasi jenis tanaman penyusun pola agroforestri kompleks yang berkembang di masyarakat sekitar DAS, menunjukkan terdapat 3 pola agroforestri yang memiliki hasil optimal yaitu (1) pola 1 merupakan kombinasi yang terdiri dari tanaman afrika, gmelina, mahoni, manglid, sengan, suren, manggis, kakao, kelapa, pala, kapulaga, pisang, dan kacang tanah sebagai tanaman

penyusun pola agroforestry , (2) pola 2 terdiri dari jenis tanaman afrika, gmelina, manglid, sengan, suren, pisitan, kelapa, kapulaga, pisang, dan singkong, dan (3) pola 3 yaitu kombinasi yang terdiri dari tanaman sengan, rambutan, cengkeh, kelapa, petai, pisang, dan singkong.

C. Penilaian Penerapan Pola Agroforestry Optimal Menggunakan Model SWAT

Hasil analisa model SWAT terhadap kriteria dan indikator tata air DAS Cimuntur dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisa menunjukkan dari segi kuantitas hasil tata air menunjukkan kriteria baik dan untuk segi kualitas menunjukkan kriteria yang kurang.

Tabel 1. Hasil analisa model terhadap kriteria dan indikator hasil tata air

No.	Indikator	Nilai	Skor	Kriteria*
1	KRS	14,34	1	Baik
2	Debit jenis	17,71	1	Baik
3	c	0,36	1	Baik
4	TDS (mg/l)	1.360,23	2	Sedang
Total nilai			5	

Sumber : Hasil analisa

Keterangan : * = berdasarkan Peraturan Dirjen RLPS No. P.04/V-set/2009

Secara umum kondisi tata air pada DAS Cimuntur dalam kriteria sedang, dimana kuantitas dalam kriteria baik dan kualitas dalam kriteria buruk. Persoalan tata air untuk Sub DAS Cimuntur adalah kondisi kualitas tata air dimana kelarutan sedimen dalam kondisi sedang (TDS = 1.360,23 mg/l).

Hasil menunjukkan perbaikan kuantitas dan kualitas tata air DAS Cimuntur, dengan menerapkan pola agroforestry optimal (pola agroforestry yang terdiri dari tanaman kayu-kayuan, tanaman buah-buahan, tanaman perkebunan, tanaman bawah tahunan, dan tanaman bawah semusim) pada penggunaan lahan di kawasan budidaya yang masuk kriteria sesuai untuk agroforestry. Hasil penilaian kualitas dan kuantitas tata air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisa model terhadap kriteria dan indikator hasil tata air setelah penerapan sistem agroforestry

No.	Indikator	Nilai	Skor	Kriteria*
1	KRS	4.84	1	Baik
2	Debit jenis	14.48	1	Baik
3	c	0.35	1	Baik
4	TDS (mg/l)	142.54	1	Baik
Total nilai			4	

Sumber : Hasil analisa

Keterangan : * = berdasarkan Peraturan Dirjen RLPS No. P.04/V-set/2009

Penerapan pola agroforestry optimal, akan memberikan penurunan nilai koefisien regim sungai (KRS) dari 14,34 menjadi 4,84, sedangkan nilai koefisien run off (c) menurun dari 0,36 menjadi 0,35, untuk nilai debit jenis juga mengalami penurunan menjadi 14,48 l/dt/ 100 km² dari semula 17,71 l/dt/ 100 km² dan total sedimen terlarut (TDS) menurun sekitar 974 mg/l, apabila dibandingkan kondisi tanpa penerapan pola agroforestry.

Untuk menentukan ketiga agroforestry optimal yang menghasilkan tata air DAS Cimuntur yang terbaik, dilakukan penilaian hasil air dengan menggunakan model SWAT. Hasil analisa kriteria dan indikator hasil tata air terhadap masing-masing pola dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil analisa model terhadap kriteria dan indikator hasil tata air masing-masing penerapan pola agroforestry

No	Indikator	Pola 1		Pola 2		Pola 3	
		Nilai	Skor	Nilai	Skor	Nilai	Skor
1	KRS	4.96	1	4.98	1	4.95	1
2	Debit jenis	14.72	1	14.79	1	14.71	1
3	c	0.37	1	0.38	1	0.37	1
4	TDS (mg/l)	385.26	1	432.85	1	385.15	1
Total			4		4		4

Sumber : hasil analisa

Hasil analisa menunjukkan nilai total hasil skor indikator untuk masing-masing pola agroforestry menghasilkan skor sama. Pada pola 3

dibandingkan pola 1 dan pola 2 menghasilkan nilai masing-masing indikator paling kecil, sehingga pola 3 merupakan pola agroforestry terbaik dalam menghasilkan tata air yang optimal, karena mampu menurunkan KRS, debit jenis, c dan TDS.

IV. Kesimpulan

Hasil analisa menggunakan model hidrologi SWAT berdasarkan beberapa indikator tata air pada DAS Cimuntur, pola agroforestry yang paling optimal diterapkan pada tata ruang agroforestry adalah pola kombinasi yang terdiri dari tanaman sengon, rambutan, cengkeh, kelapa, petai, pisang, dan singkong

DAFTAR PUSTAKA

- AAAE, 2009. *Special Issue SWAT Southeast Asia Modelling*. International Agricultural Engineering Journal, AAAE Vol. 18, Nos. 1-2.
- Arifin, H.S., Wulandari, C., Pramukanto, Q. dan Kaswanto, R.L. 2009. Analisis Lanskap Agroforestry; Konsep, Metode dan Pengelolaan Agroforestry; Skala lanskap dengan studi kasus Indonesia, Filipina, Laos, Thailand dan Vietnam. IPB Press. Bogor.
- Arnold J.G., P.M. Allen, M.Volk, J.R. Williams, D.D. Bosch., 2010. *Assessment of Different Representations of Spatial Variability on SWAT Model Performance*. The ASABE SWAT 2010 Special Collection. Transaction of The ASABE.. Vol 53(5): 1433-1443
- Balai Pengelolaan DAS Cimanuk Citanduy.2012. Laporan Tahunan/Akuntabilitas DIPA BA 29 Tahun 2011. BPDAS, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2006. Profil Balai Besar Wilayah Sungai Citanduy. www.pu.go.id/satmintal/profilebalaicitanduy.pdf. Diakses 1 Nopember 2011.
- 2004. Penyusunan Arahana Pemanfaatan Ruang di Das Batanghari. Direktorat Penataan Ruang Wilayah

Barat, Direktorat Jendral Penataan Ruang, Departemen Pekerjaan Umum.

Direktorat Jendral Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, 2009. Peraturan No. P.04/V-SET/2009 tentang Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai. Departemen Kehutanan.

Li, Ying, Bao Ming Chen, Zhong-Gen Wang & Shao-Lin Peng. 2011. *Effects of temperature change on water discharge, and sediment and nutrient loading in the lower Pearl River basin based on SWAT modelling*. Hydrological Sciences Journal. Vol 56 (1) 2011:68-83.

Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R. 2005. *Soil and Water Assessment Tool Theoretical and Documentation, Version 2005*. Grassland, Soil and Water Research Laboratory-Agricultural Research Service 808 East Blackland Road-Temple, Texas 76502. Blackland Research Center-Texas Agricultural Experiment Station 720 East Blackland Road-Temple, Texas 76502.

Siswanto. 2006. Operation Research. Penerbit Airlangga. Jakarta

Sri Harto. 2000. Hidrologi Teori Masalah Penyelesaian. Nafiri Offse. Yogyakarta.

Lampiran 1. Jadwal Acara

**SEMINAR NASIONAL PENGELOLAAN DAS TERPADU
UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT
Malang, 30 September 2014**

Waktu	Acara	Perangkat Sidang
Selasa, 30 September 2014		
07.30 – 08.30	Registrasi	Panitia
PLENO - PEMBUKAAN		
08.30 – 08.35	Pembacaan Doa	Panitia
08.35 – 08.42	Menyanyikan Lagu Indonesia Raya	Panitia
08.42 – 08.49	Laporan Ketua Penyelenggara oleh Kepala BPTKPDAS	Dr. Nur Sumedi, S.Pi., MP.
09.49 – 08.56	Sambutan dan Pembukaan Seminar Nasional oleh Rektor Universitas Brawijaya	Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS.
08.56 – 09.03	Sambutan oleh Kepala Badan Litbang Kehutanan	Diwakili oleh Sekretaris Badan Litbang: Ir. Tri Joko Mulyono, MM.
09.03 – 09.08	Penyampaian cenderamata kepada Ir. Tri Joko Mulyono, MM	Kepala BPTKPDAS
09.08 – 09.15	Tari Pembukaan Khas Malang: Beskalan	UNITANTRI UB
09.15 – 10.45	Presentasi Makalah Utama	Moderator : Ir. Adi Susmianto, M.Sc.
09.15 – 09.35	1. Peluang dan Tantangan serta Perspektif Pengembangan Pengelolaan DAS Brantas Secara Terpadu (Perum Jasa Tirta I)	1. Direktur Teknik Perum Jasa Tirta I: Raymond Valiant Ruritan
09.35 – 09.55	2. Refleksi Kesuksesan dan Proyeksi Pengembangan Implementasi Teknik Konservasi Sumberdaya Lahan dan Hutan untuk Pengelolaan DAS Terpadu	2. Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia (MKTI): Dr. Ir. Harry Santosa
09.55 – 10.15	3. Pemahaman Proses Degradasi dan Rehabilitasi Lahan : Instrumen Penilaian Kinerja DAS dalam Mendukung Penerapan Jasa Lingkungan	3. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF-SEA): Dr. Meine Van Noordwijk
10.15 – 10.40	Diskusi	Moderator
10.40 – 10.45	Penyampaian cenderamata kepada keynote speaker dan moderator	Dekan Fakultas Pertanian - UB

Waktu	Acara	Perangkat Sidang
10.45 – 11.15	Rehat - Sesi Poster dan pameran	Panitia dan Pemakalah Poster
11.15 – 12.15	Sidang Komisi sesi 1 – Presentasi dan Diskusi	Pemakalah Komisi
12.15 – 13.15	Ishoma - Sesi Poster dan Pameran	
13.15 – 15.45	Sidang Komisi sesi 2 – Presentasi dan Diskusi	Pemakalah Komisi
15.45 – 16.00	Rehat - Sesi Poster dan Pameran	Pemakalah Poster
PLENO - PENUTUPAN		
16.00 – 16.10	Rangkuman Hasil dan Pembacaan Rumusan	Perwakilan Tim Perumus
16.10 – 16.20	Kesimpulan dan Arah Kebijakan Pengelolaan DAS ke Depan	Kepala BPTKPDAS
16.20 – 16.30	Penutupan	Dekan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
18.30 - selesai	Welcome Dinner dan Malam Kesenian: Pagelaran Wayang Kulit (“Sumilaking Pedhut Wiratha – Pandhawa Piningit)	Dalang: Dr. Ir. Edi Purwanto, M.Sc. (TROPENBOS International Indonesia Program)
19.00 – selesai	Kajian Sertifikasi Kompetensi Ilmu Tanah dan Rapat Persiapan Konggres Nasional HITI 2015	R.Sidang FP
Rabu, 1 Oktober 2014		
07.00 – 17.00	Fieldtrip	Panitia Fieldtrip

Lampiran 2. Daftar Peserta

DAFTAR PESERTA
SEMINAR NASIONAL PENGELOLAAN DAS TERPADU
UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT
Malang, 30 September 2014

No	Nama	Instansi
1.	Suhariyanto	BPTPTH Bogor
2.	Iwan Setiawan	BPTPTH Bogor
3.	Alwis	Pusluh BP2SDM
4.	Bambang Sugiarto	BPTA Ciamis
5.	Zaenal Mubarak	BPDAS Way Seputih Sekampung Lampung
6.	Baharinawati WH	BPK Manokwari
7.	Heru Dwi Riyanto	BPTKPDAS Solo
8.	Agus Wuryanta	BPTKPDAS Solo
9.	Agung Wahyu Nugroho	BPTKPDAS Solo
10.	Ugro Hari Murti	BPTKPDAS Solo
11.	C. Yudilastiantoro	BPTKPDAS Solo
12.	Gunarjo	BPTKPDAS Solo
13.	Agung Budi Supangat	BPTKPDAS Solo
14.	Wawan Halwany	BPK Banjarbaru
15.	Nur Ainun Jariyah	BPTKPDAS Solo
16.	Nana Haryanti	BPTKPDAS Solo
17.	Susi Abdiyani	BPTKPDAS Solo
18.	Markum	Universitas Mataram
19.	Irfan	BPTKPDAS Solo
20.	Trisni Utami	UNS Pasca Sarjana Solo
21.	Tyas Mutiara Basuki	BPTKPDAS Solo
22.	Syahrul Donie	BPTKPDAS Solo
23.	S. Andy Cahyono	BPTKPDAS Solo
24.	Purwanto	BPTKPDAS Solo
25.	Beny Harjadi	BPTKPDAS Solo
26.	Rahardyan	BPTKPDAS Solo
27.	Wiwin Budiarti	BPTKPDAS Solo
28.	B Wirid A	BPTKPDAS Solo
29.	Tigor Butar Butar	Puspajak
30.	Agus Wiyanto	Pustekolah Bogor
31.	Makmur Situmeang	BPK Aek Nauli
32.	Prof.Dr.Kahar Mistari, MS	Universitas Hasanuddin
33.	Ir. Sudjarmanto	Dishut Kabupaten Malang
34.	Mudji Susanto	B2PBPTH Yogyakarta
35.	Mashudi	B2PBPTH Yogyakarta
36.	Hamdan AA	B2PBPTH Yogyakarta
37.	Henry Silka	Setbadan Litbang Kehutanan

No	Nama	Instansi
38.	Hardanto	Direktorat BRHL Jakarta
39.	Ahmad Saerozi	B2PD Samarinda
40.	Adi Susmianto	Puskonser
41.	Harry Santoso	PPMKTl
42.	Tri Joko Mulyono	Sekbadan Litbang
43.	Ayu Dewi	BB TN Bromo Tengger Semeru
44.	Pratiwi	Puskonser
45.	Agus Tampubolon	Puskonser
46.	Sinta Damayanti	BPDAS Solo
47.	Sukandar	Pusprohut
48.	Istri Nuryanti	BPDAS Solo
49.	Mustofa	BPDAS Solo
50.	Maryadi	BPDAS Solo
51.	Muh. Marzuki	BPDAS Solo
52.	Jaka Suyana	Fak Pertanian UNS
53.	Putut Adji Suryanta	Dishutprov Jawa Timur
54.	Ayok S	Dishutprov Jawa Timur
55.	Didik Purwito	Pusprohut Bogor
56.	Iwan Joko S	Balai Sungai
57.	Abdul Mahmud	Pasca Sarjana UNS
58.	Purwanto	Puslitbang Perhutani
59.	Sukirno	FTP UGM
60.	Priyo K	Setbalitbanghut
61.	Prasojo	Perhutani Jawa Tengah
62.	Arif Budhi S	Perhutani Jawa Tengah
63.	Muhammad Fatahillah	BPDAS Jeneberang Walanae, Makasar
64.	Catur Basuki Setyawan	BPDAS Kapuas, Pontianak
65.	Andi Abdul Hakim	BPDAS Bone Bolango, Gorontalo
66.	Wawan Setiawan	BPDAS Bone Bolango, Gorontalo
67.	Misto	BPK Makasar
68.	Manis Ismanto	BPDAS Pemali Jratun Semarang
69.	Suhardiyono	Kemenhut Jakarta
70.	Edy Hertanto	BPDAS Brantas, Surabaya
71.	Anang H	BPDAS Brantas, Surabaya
72.	Kristian Maire	BPK Manado
73.	Isdomo Yulianto	BPK Manado
74.	Yuyun Triwahyumatl	Perhutani, Jawa Timur
75.	Edy Junaidi	BPTA Ciamis
76.	Meity Karwati	BPDAS Sampean, Bondowoso
77.	Sunandar TN	BPDAS Jawa Timur
78.	Edi Purwanto	Tropenbos
79.	Dian Eva	Dinas Kehutanan, Jawa Tengah
80.	Pipiet Larasatie	Dinas Kehutanan, Jawa Tengah
81.	Widianto	Perhutani
82.	Alimudin	FP – Universitas Brawijaya

No	Nama	Instansi
83.	Fery Abdul Chaliq	HPIFP
84.	Nidamulyawaty	FP – Universitas Brawijaya
85.	Syafrial	FB – Universitas Brawijaya
86.	Husni Titanriu S	FB – Universitas Brawijaya
87.	Endang Listyarini	FP – Universitas Brawijaya
88.	Hendro Prasetyo	FP – Universitas Brawijaya
89.	Syamsudin Djauhari	FP – Universitas Brawijaya
90.	Mudji Santoso	FP – Universitas Brawijaya
91.	Yayuk Yuniati	FP – Universitas Brawijaya
92.	Medha Baskara	FP – Universitas Brawijaya
93.	Koesriharti	FP – Universitas Brawijaya
94.	Aida K	FP – Universitas Brawijaya
95.	Farida	FP – Universitas Brawijaya
96.	M. Lutvi Rayes	FP – Universitas Brawijaya
97.	Nur Azizah	FP – Universitas Brawijaya
98.	Moch Muslich M	FP – Universitas Brawijaya
99.	Rossyda Priyadarshini	FP – UPNN Jawa Timur
100.	Suci A	FMIPA – Universitas Brawijaya
101.	Raymond VR	Dirtek – PJTI
102.	Arif	Dirtek – PJTI
103.	Rora	Dirtek – PJTI
104.	Izmi Yulianah	FP – Universitas Brawijaya
105.	Yulia Nuraini	FP – Universitas Brawijaya
106.	Sarkam	FP – Universitas Brawijaya
107.	Isnaini P	FP – Universitas Brawijaya
108.	Hesti R Wijaya	FP – Universitas Brawijaya
109.	Silvana M	FP – Universitas Brawijaya
110.	Dwi Retnoningsih	FP – Universitas Brawijaya
111.	A. Cholil	FP
112.	Prapti Sumarmi	FPIK
113.	M. Ihwan	Petrokimia Gresik
114.	Andy Soegianto	FP – Universitas Brawijaya
115.	Agung Nugroho	FP – Universitas Brawijaya
116.	Mochammad Roviq	FP – Universitas Brawijaya
117.	Sisca Fajriani, SP, MP	FP – Universitas Brawijaya
118.	Lisa Tanika	ICRAF
119.	Ika RS	FP - Universitas Brawijaya
120.	Retno S	FP – Universitas Brawijaya
121.	Sudarto	FP – Universitas Brawijaya
122.	Sumen Ashari	FP – Universitas Brawijaya
123.	Soetanto Abdoellah	Pustekolah
124.	Wiwin Sumiya DY	FP – Universitas Brawijaya
125.	Bambang Soesanto	FP – Universitas Brawijaya
126.	Sugeng Prijono	FP – Universitas Brawijaya
127.	Christanti A	FP – Universitas Brawijaya

No	Nama	Instansi
128.	Meine Van Noordwijk	ICRAF
129.	Kurniatun H	FP – Universitas Brawijaya
130.	Tutiek Islami	FP – Universitas Brawijaya
131.	Antok Wahyu S	FP – Universitas Brawijaya
132.	Ninuk Herlina	FP – Universitas Brawijaya
133.	Theresia Rosalyna	Humas Universitas Brawijaya
134.	Tri Wahyu Nugroho	FP – Universitas Brawijaya
135.	Sri Sulastri	FH – Institut Pertanian Malang
136.	Niniek Dyah Kusumawardani	FP - Institut Pertanian Malang
137.	Hani Sri Handayawati	PR-I Institut Pertanian Malang
138.	Tatag M	Kehutanan UMM
139.	Zaenal Kusuma	FP – Universitas Brawijaya
140.	Joavita Ratna S	Universitas Brawijaya
141.	Sri Wulan A	Universitas Brawijaya
142.	Hafiah YI	Universitas Brawijaya
143.	Tsulastri Nahila	Universitas Brawijaya
144.	Dini Rahmafathi	Universitas Brawijaya
145.	Johandre AS	Universitas Brawijaya
146.	Ahmad Taufik M	Universitas Brawijaya
147.	Aryantana Hendarko	Universitas Brawijaya
148.	Salafiyatul Ulum A	Universitas Brawijaya
149.	Ratna Hanifah Sugito	Universitas Brawijaya
150.	Syifa Fauziah Harly	Universitas Brawijaya
151.	Nurul Hidayah	Universitas Brawijaya
152.	Faris Santika	Universitas Brawijaya
153.	Rian Imansyah	Universitas Brawijaya
154.	M. Jafri	Universitas Brawijaya
155.	Ikbar Al Asyari	Universitas Brawijaya
156.	Eko Rizky Bagus	Universitas Brawijaya
157.	M. Teguh Kurniawan	Universitas Brawijaya
158.	Perry Aryani L	Universitas Brawijaya
159.	Ahmad SA	Universitas Brawijaya
160.	Inputri Edalyanti R	Universitas Brawijaya
161.	Umi Chasanah, SP	Universitas Brawijaya
162.	Rurin Kurniasari	Universitas Brawijaya
163.	Sativandi Riza	Universitas Brawijaya
164.	Arie Mudjiharjati	Universitas Jember
165.	Niken S	Universitas Jember
166.	Josi Ali A	Universitas Jember
167.	Yagus Wijayanto	Universitas Jember
168.	Rachmat Haryanto	Universitas Padjajaran
169.	Syaiful Anwar	MKTI
170.	Kukuh Murtalaksono	MKTI
171.	Purnomo Edi S	HITI

No	Nama	Instansi
172.	Wanti Mindari	HITI
173.	Salamah Retnowati	BPTKPDAS Solo
174.	Wahyu Budiarmo	BPTKPDAS Solo
175.	Upik Pramuningdiyani	BPTKPDAS Solo
176.	Farika Dian N	BPTKPDAS Solo
177.	Joko Sarsono	BPTKPDAS Solo
178.	Istiyadi	BPTKPDAS Solo
179.	Tommy Kusuma AP	BPTKPDAS Solo
180.	Radiyo	BPTKPDAS Solo
181.	Triono	BPTKPDAS Solo
182.	Radyastono	BPTKPDAS Solo
183.	Eko Priyanto	BPTKPDAS Solo
184.	Joko P	Pusdal II
185.	Agus H	BB TN Bromo Tengger Semeru
186.	Agung Septyanto	Universitas Brawijaya
187.	Ari Nugroho	Universitas Brawijaya
188.	Budi Satya Utomo	Universitas Brawijaya
189.	Rizky Fortunella	Universitas Brawijaya
190.	Umi Chasanah	Universitas Brawijaya
191.	Sony Eko P	Universitas Brawijaya
192.	Cahyo Prayogo	Universitas Brawijaya
193.	Eko Andreas Y	Universitas Brawijaya
194.	NA Dewi L	Universitas Brawijaya
195.	Bagus Setyawan	Universitas Brawijaya
196.	Aditya Nurhasanah	Universitas Brawijaya
197.	Mining WS	Universitas Brawijaya
198.	Tatiek Koerniawati A	Universitas Brawijaya



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL PENGELOLAAN DAS TERPADU UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT

Terbit Tahun 2014

Tim Penyunting :
 Prof. Dr. Ir. Wani Hadi Utomo
 Dr. Agung Budi Supangat, MT,M.Sc
 Dr. Ir. Rini Dwi Astuti, MS.
 Dr. Ir. Sudarto, MS.
 Dr. Ir. Tyas Mutiara Basuki, M. Sc
 Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D
 Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D
 Ir. Widiyanto, M.Sc.
 Drs. Irfan Budi Pramono, M. Sc
 Ir. Purwanto, M. Si
 Ir. Dewi Retna Indrawati, M.P

Penyelenggara :

Mitra Utama :



Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPTKPDAS)

Jl. Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura, Po Box 295 Surakarta, Indonesia

Telp : (0271) 716709 Fax : (0271) 716959

E-mail: bpt.kpdas@linda-mof.org Website: <http://bptk-solo.litbang.dephut.go.id/>