

Dampak Perubahan Tutupan Lahan terhadap Kondisi Hidrologi di DAS Buol, Kabupaten Buol, Sulawesi Tengah: Simulasi dengan Model Genriver

Lisa Tanika dan Betha Lusiana



World
Agroforestry
Centre

Dampak Perubahan Tutupan Lahan terhadap Kondisi Hidrologi di Das Buol, Kabupaten Buol, Sulawesi Tengah: Simulasi dengan Model Genriver

Lisa Tanika dan Betha Lusiana

Working paper no. 261



Correct citation

Tanika L, Lusiana B. 2017. *Dampak Perubahan Tutupan Lahan terhadap Kondisi Hidrologi di Das Buol, Kabupaten Buol, Sulawesi Tengah: Simulasi dengan Model Genriver*. Working Paper 261. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program. DOI: <http://dx.doi.org/10.5716/WP17146.PDF>

Titles in the Working Paper series aim to disseminate interim results on agroforestry research and practices, and stimulate feedback from the scientific community. Other publication series from the World Agroforestry Centre include Technical Manuals, Occasional Papers and the Trees for Change Series.

Published by the World Agroforestry Centre
Southeast Asia Regional Program
JL. CIFOR, Situ Gede, Sindang Barang, Bogor 16680
PO Box 161, Bogor 16001, Indonesia

Tel: +62 251 8625415
Fax: +62 251 8625416
Email: icraf-indonesia@cgiar.org
ICRAF Southeast Asia website: <http://www.worldagroforestry.org/region/southeast-asia/>

© World Agroforestry Centre 2017

Working paper no. 261

Photos/illustrations: the authors

Disclaimer and copyright

The views expressed in this publication are the authors' alone and do not necessarily reflect the official positions of the Australian Government and the World Agroforestry Centre.
Articles appearing in this publication may be quoted or reproduced without charge, provided the source is acknowledged.

All images remain the sole property of their source and may not be used for any purpose without written permission of the source.

Tentang Penulis

Lisa Tanika bergabung dengan World Agroforestry Centre pada tahun 2008 sebagai seorang ahli model ekologi. Lisa berlatar belakang pendidikan S1 Matematika dan S2 Klimatologi Terapan dari Institut Pertanian Bogor. Riset yang ia tekuni berfokus pada pemanfaatan model Generic River Flow (GenRiver) untuk menganalisis fungsi DAS, khususnya untuk mengetahui dampak perubahan tutupan lahan dan perubahan iklim terhadap keseluruhan fungsi hidrologi sebuah DAS. Lisa menaruh minat yang besar terhadap pengembangan dan penerapan pendekatan partisipatoris bagi para pemangku kepentingan terkait dalam memonitor fungsi DAS.

Betha Lusiana adalah peneliti World Agroforestry Centre yang bertanggungjawab mengepalai Unit Ecological Modelling. Betha juga menjadi koordinator kegiatan proyek Smart Tree-Invest di Indonesia. Gelar doktor diperolehnya dari Hohenheim University, Jerman, dengan Penelitian mengenai pemanfaatan berbagai model perubahan penggunaan lahan dalam penelitian lingkungan. Selama ini, penelitiannya berfokus pada trade-offs antara pengembangan pertanian, penghidupan petani, dan jasa lingkungan dengan menerapkan pendekatan simulasi model dan/atau kuantitatif yang partisipatoris. Secara khusus, Betha menaruh minat pada eksplorasi dan analisis pemanfaatan penelitian tersebut dalam pengelolaan sumber daya alam.

Abstrak

Konversi hutan menjadi lahan pertanian sangat berpengaruh terhadap kondisi hidrologis suatu daerah aliran sungai (DAS), yang selanjutnya akan berdampak terhadap kelangsungan hidup masyarakat yang tinggal di DAS tersebut. Model simulasi seperti model Genriver dapat digunakan untuk memproyeksikan bagaimana dampak perubahan lahan terhadap kondisi hidrologis DAS. Hasil proyeksi model Genriver di DAS Buol, Sulawesi Tengah menunjukkan bahwa selama 20 tahun terakhir neraca air di DAS Buol sebesar (42%) dimanfaatkan untuk transpirasi tanaman dan aliran permukaan (*run off*) sebesar 22%. Dengan kondisi tutupan lahan seperti sekarang, yaitu 67% hutan, 0.5% pemukiman, 0.7% lahan terbuka serta sisanya lahan yang dikelola masyarakat; maka dalam 20 tahun ke depan, infiltrasi akan sebesar 41% dan aliran permukaan sebesar 28%. Konversi hutan menjadi area agroforestri, perkebunan kelapa sawit atau pertanian lahan kering di masa depan akan semakin memicu kenaikan aliran permukaan, namun dengan tingkatan berbeda. Skenario pertanian lahan kering dan sawah merupakan skenario perubahan lahan terburuk diantara semua skenario perubahan lahan yang disimulasikan karena menyebabkan kenaikan aliran permukaan yang cukup besar dan mengurangi aliran dasar. Perencanaan dan perhitungan pengelolaan lahan yang tepat di DAS Buol perlu diperhatikan untuk mempertahankan fungsi DAS Buol sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang tinggal didalamnya.

Kata Kunci

DAS Buol – Sulawesi Tengah; model hidrologi, model Genriver, fungsi hidrologi DAS, dampak perubahan lahan

Ucapan Terima kasih

Kajian ini didanai oleh International Fund for Agricultural Development (IFAD) melalui proyek Climate-Smart, Tree-Based, Co-Investment in Adaptation and Mitigation in Asia (Smart Tree-Invest). Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pratiknyo Prunomosidhi yang telah membantu dalam tahap persiapan lokasi penelitian dan pembuatan alat ukur di lapangan. Juga ucapan terimakasih kepada Supri dan warga masyarakat di desa Kokobuka, Lomuli dan Guamonial. Kabupaten Buol yang telah membantu pengukuran data curah hujan dan aliran sungai.

Daftar Isi

Pendahuluan.....	1
Metodologi.....	2
Model GenRiver.....	2
Tahapan Pemodelan	3
Skenario Perubahan Tutupan Lahan.....	5
Karakteristik Lokasi Penelitian.....	5
Iklim	6
Aliran Sungai/Debit.....	8
Tutupan Lahan.....	9
Jenis Tanah.....	11
Sub-DAS dan Jarak Routing	12
Hasil dan Pembahasan	13
Kalibrasi dan Validasi Model GenRiver	13
Simulasi Dampak Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Kondisi DAS Buol Saat Ini (1994-2014)	15
Simulasi Skenario Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Kondisi DAS Buol di Masa Depan (2014-2035).....	17
Kesimpulan	19
Daftar Pustaka.....	20

Daftar Tabel

Tabel 1. Data minimum yang diperlukan untuk mensimulasikan Model GenRiver	3
Tabel 2. Skenario perubahan tutupan lahan di DAS Buol tahun 2035.....	5
Tabel 3. Persentase tutupan lahan di DAS Buol tahun 1994, 2000, 2009 dan 2014	10
Tabel 4. Luas sub-DAS dan jarak routing	13
Tabel 5. Nilai-nilai parameter hasil kalibrasi model GenRiver.....	14
Tabel 6. Kondisi neraca air DAS Buol selama 20 tahun (1994-2014) hasil simulasi model GenRiver	15

Daftar Gambar

Gambar 1. Inti model GenRiver yang merupakan gabungan dari neraca air pada tingkat sub-DAS yang dibawa ke tingkat DAS	3
Gambar 2. Tahapan pemodelan hidrologi menggunakan model GenRiver	4
Gambar 3. Lokasi penelitian hidrologi di DAS Buol	6
Gambar 4. Lokasi stasiun pengamatan curah hujan di DAS Buol	7
Gambar 5. Pola dan pembagian tipe curah hujan di Indonesia (sumber: https://kadasah.wordpress.com/2007/06/29/tiga-daerah-iklim-indonesia/).....	7
Gambar 6. Data curah hujan bulanan hasil pengamatan di DAS Buol (kiri), rata-rata curah hujan dan pengupuan di DAS Buol berdasarkan hasil pengamatan curah hujan dan data pengukuran di stasiun Modo (kanan).....	8
Gambar 7. Stasiun pengamatan hidrologi di DAS Buol.....	9
Gambar 8. Kurva lengkung debit sungai Buol di stasiun pengamatan di desa Lomuli (kiri), debit harian berdasarkan data tinggi muka air sungai dan persamaa kurva lengkung dari November 2015 – Desember 2017 (kanan).	9
Gambar 9. Perubahan area tutupan lahan DAS Buol	10
Gambar 10. Peta perubahan tutupan lahan DAS Buol	11
Gambar 11. Jenis tanah di DAS Buol.....	11
Gambar 12. Gambaran pembagian sub-DAS dari DAS Buol serta lokasi outlet kalibrasi, outlet simulasi model GenRiver dan outlet DAS Buol yang sebenarnya	12
Gambar 13. Hubungan antara debit bulanan pengukuran dan debit simulasi model	14
Gambar 14. Perbandingan antara debit pengukuran dan simulasi bulanan (kiri) dan harian (kanan). 15	
Gambar 15. Simulasi neraca air DAS Buol tahun 1994-2014 menggunakan model GenRiver	16

Gambar 16. Simulasi pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap neraca air DAS Buol selama 20 tahun (1994-2014) dengan curah hujan terendah dan tertinggi	16
Gambar 17. Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap aliran permukaan, aliran bawah permukaan dan aliran dasar pada kondisi curah hujan terendah dan tertinggi.....	17
Gambar 18. Neraca air DAS Buol tahun 2035 berdasarkan simulasi berbagai skenario perubahan lahan dengan menggunakan model GenRiver.....	18
Gambar 19. Perbandingan hidrograf kelima skenario perubahan tutupan lahan tahun 2035.....	18

Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai daerah tangkapan air berperan dalam mendukung penghidupan yang ada didalamnya. Kerusakan DAS dapat memicu berbagai bencana alam seperti banjir, longsor dan kekeringan. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi kondisi DAS, diantara adalah tutupan lahan dan iklim. Guo et al (2008) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa perubahan tutupan lahan berpengaruh terhadap total debit tahunan dalam suatu DAS. Oleh karena itu pengelolaan DAS terutama pengelolaan tutupan lahan yang tepat harus dilakukan untuk mempertahankan kondisi DAS serta mengurangi permasalahan yang timbul.

Pengelolaan DAS merupakan upaya dalam mengelola hubungan timbal balik antar sumber daya alam (tanah, vegetasi dan air) dan sumber daya manusia yang tinggal dan memperoleh manfaat didalamnya (Tim penyusun RPDAS terpadu 2012). Salah satu tahapan dalam perencanaan pengelolaan DAS adalah penilaian kondisi DAS baik secara fisik (debit, neraca air, kualitas air, kondisi tanah) dan non-fisik (sosial-ekonomi masyarakat).

Salah satu cara menilai kondisi hidrologi DAS terkait debit dan neraca air adalah dengan bantuan model hidrologi. Model hidrologi merupakan suatu representasi matematik sistem respons DAS sehingga dapat dipakai untuk mensimulasikan kondisi input-output dari DAS. Melalui model hidrologi tersebut dapat diprediksi besarnya perubahan debit air yang terjadi sebagai akibat adanya perubahan dalam DAS di masa yang akan datang. Selain itu keberadaan model juga dapat menghemat biaya, tenaga dan waktu dalam proses penelitian untuk membantu pengambilan kebijakan yang menunjang rencana pengelolaan DAS.

Salah satu model hidrologi yang dikembangkan oleh World Agroforestry Centre (ICRAF) adalah model Generic River Flow (GenRiver). GenRiver merupakan suatu model hidrologi yang mensimulasikan dampak perubahan tutupan lahan terhadap kondisi hidrologi. Kondisi hidrologi disini mengacu pada neraca air atau kesetimbangan air yang dilihat dari besarnya evapotranspirasi, aliran permukaan (*surface flow*), aliran bawah permukaan (*subsurface flow*) dan aliran dasar (*base flow*). Selain nilai besarnya, faktor lain yang dilihat adalah tren perubahan komponen neraca air selama periode waktu tertentu. Apakah terjadi peningkatan aliran permukaan? Apakah terjadi penurunan aliran dasar?

Menurut Laporan Penyusunan Rencana Pengelolaan DAS Terpadu tahun 2012, DAS Buol sebagai DAS terbesar di Kabupaten Buol dengan luas area 1753 km² (hasil deliniasi World Agroforestry Centre) masuk dalam kategori DAS Prioritas I. Hal ini dinilai dari tingkat kekritisian akibat penurunan vegetasi permanen (hutan) dan meluasnya lahan kritis yang mengakibatkan peningkatan intensitas dan frekuensi bencana alam seperti banjir, longsor dan kekeringan (Tim penyusun RPDAS terpadu 2012). Oleh karena itu perlu adanya pengelolaan DAS yang tepat untuk memperbaiki kondisi DAS Buol.

Tujuan penelitian ini adalah menilai kondisi DAS Buol saat ini dan memprediksi kondisi DAS Buol di masa depan sebagai akibat perubahan tutupan lahan menggunakan pemodelan hidrologi. Hasil ini diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai dampak perubahan tutupan lahan terhadap kondisi hidrologi DAS Buol serta menjadi bahan pertimbangan dalam penyusunan perencanaan pengelolaan DAS Buol di masa depan.

Metodologi

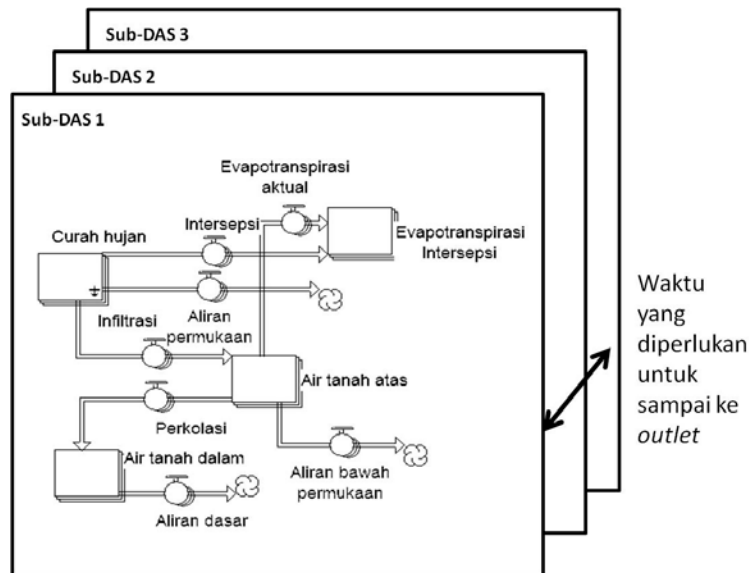
Model GenRiver

Model Generic Riverflow (GenRiver) merupakan suatu model sederhana yang mensimulasikan aliran sungai pada suatu DAS atas dasar konversi neraca air dari tingkat plot ke dalam tingkat DAS. Model ini dikembangkan oleh World Agroforestry Centre (ICRAF) untuk membantu menilai secara cepat kondisi suatu DAS dengan bantuan model hidrologi. Model GenRiver telah diaplikasikan pada berbagai kondisi DAS baik di Indonesia maupun di luar Indonesia dengan luasan antara 6.3-9861.4 km².

Model GenRiver menggunakan persamaan kesetimbangan (neraca) air yang ditunjukkan melalui persamaan 1 (P1). Persamaan ini mengasumsikan suatu sistem tata air tertutup pada suatu bentang lahan dimana curah hujan akan dialirkan menjadi debit sungai (Q), evapotranspiration (E) dan air tanah (ΔS).

$$P = Q + E + \Delta S \quad (1)$$

Inti dari model GenRiver adalah neraca air harian pada tingkat plot yang dihasilkan oleh curah hujan harian dan dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan (Van Noordwijk et al 2011). Keluaran (*output*) dari neraca air tingkat plot ini adalah hasil air (*water yield*) yang merupakan penjumlahan dari aliran permukaan (*surface flow*), aliran bawah permukaan (*subsurface flow*) dan aliran dasar (*base flow*). Selanjutnya hasil air dikonversi menjadi debit pada tingkat bentang lahan (*watershed*) melalui jaringan sungai (jarak ke final *outlet*). Gambar 1 merupakan ilustrasi model GenRiver. Data minimal yang diperlukan untuk mensimulasikan model GenRiver ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Inti model GenRiver yang merupakan gabungan dari neraca air pada tingkat sub-DAS yang dibawa ke tingkat DAS

Tabel 1. Data minimum yang diperlukan untuk mensimulasikan Model GenRiver

No		Input	Periode	Jumlah data minimum
1	Iklim	Curah hujan	Harian	10 tahun data
		Suhu	Harian atau bulanan	1 tahun data
		Evaporasi dari (Pan evaporation)	Harian atau bulanan	1 tahun data
2	Hidrologi	Debit sungai	harian	10 tahun data
3	Spasial	Peta tutupan lahan	-	2 tahun transisi
		Peta tanah	-	-
		Peta DEM ¹⁾	-	-
		Peta sungai	-	-

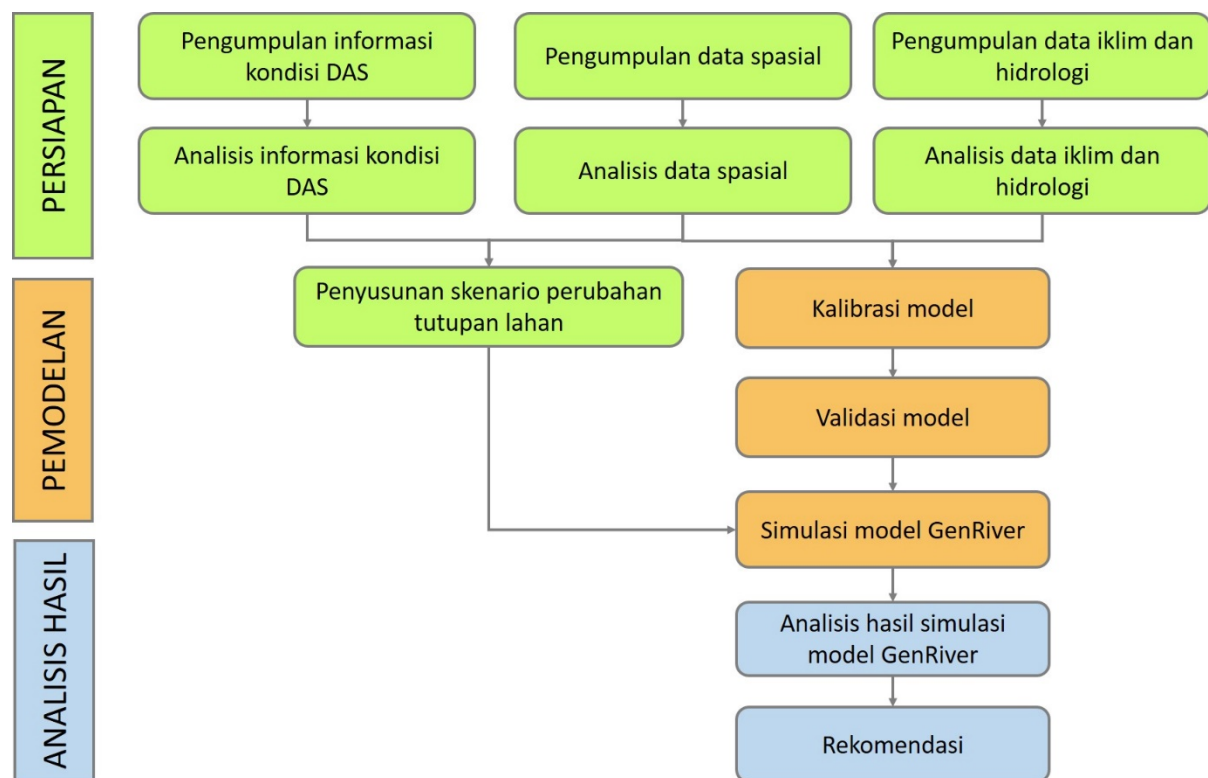
Tahapan Pemodelan

Terdapat tiga tahapan dalam melakukan pemodelan hidrologi menggunakan model GenRiver untuk memenuhi tujuan penelitian ini (Gambar 2).

- Persiapan input model GenRiver.** Tahap ini merupakan persiapan semua input yang diperlukan untuk mensimulasikan model GenRiver termasuk proses pengumpulan dan analisis data. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dianalisis dan disusun sesuai dengan format yang diperlukan oleh model GenRiver. Pengumpulan informasi kondisi DAS dari berbagai pemangku kepentingan (masyarakat, pemerintah, LSM, perusahaan pemanfaat air atau yang ada di area DAS) juga diperlukan sebagai informasi dalam menyusun skenario perubahan tutupan lahan. Proses analisis

data iklim, hidrologi dan spasial lebih lanjut dapat dilihat pada ‘A study of rapid Hydrological Appraisal in Krueng Peusangan Watershed, NAD, Sumatra’ (Khasanah et al 2010).

- b. **Pemodelan hidrologi menggunakan model GenRiver.** Tahap pemodelan hidrologi dengan model GenRiver dimulai dengan tahap kalibrasi dan validasi model. Kalibrasi merupakan suatu proses penyesuaian beberapa nilai parameter (parameterisasi) dalam model dengan tujuan agar hasil simulasi menyerupai kondisi DAS sebenarnya (Kobolt 2008). Nilai-nilai parameter yang disesuaikan pada umumnya merupakan parameter yang sulit untuk dilakukan pengukuran seperti tingkat infiltrasi, kapasitas maksimum tanah, kekasaran sungai, dll. Validasi merupakan proses perbandingan antara debit hasil simulasi model dengan debit sebenarnya atau pengukuran di lapangan. Setelah tahap kalibrasi dan validasi selesai, tahap selanjutnya adalah mensimulasikan berbagai skenario perubahan tutupan lahan untuk melihat dampaknya terhadap neraca air.
- c. **Analisis hasil simulasi skenario perubahan tutupan lahan.** Tahap ini merupakan tahap akhir, dimana kita membandingkan hasil simulasi berbagai skenario perubahan tutupan lahan. Keluaran dari tahap ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam membuat rencana pengelolaan DAS dimasa depan.



Gambar 2. Tahapan pemodelan hidrologi menggunakan model GenRiver

Skenario Perubahan Tutupan Lahan

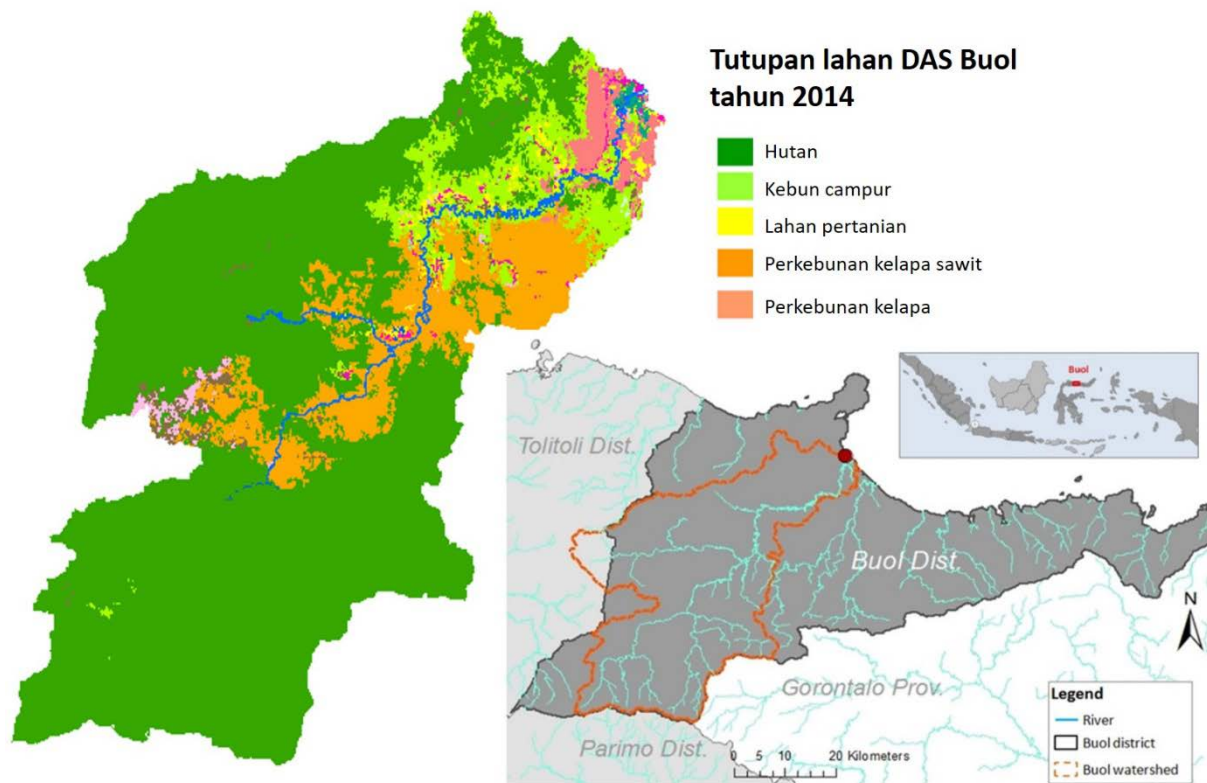
Informasi mengenai kondisi sumber daya air, tutupan lahan dan sistem pertanian di DAS Buol dilakukan melalui kegiatan diskusi kelompok bersama masyarakat dimana hasilnya dapat dilihat dalam ‘Profil Lokasi Penelitian Smart Tree Invest di Kabupaten Buol, Sulawesi Tengah’ (Tanika et al 2016). Berdasarkan hasil diskusi dengan masyarakat dan analisis tutupan lahan diperoleh bahwa tutupan lahan di DAS Buol yang masih didominasi oleh hutan mempunyai kecenderungan untuk dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit, pertanian lahan kering dan sawah. Oleh karena itu lima skenario perubahan tutupan lahan di masa depan (tahun 2035) disusun untuk melihat dampak perubahan tutupan lahan terhadap neraca air DAS Buol. Kelima skenario perubahan tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skenario perubahan tutupan lahan di DAS Buol tahun 2035

Skenario	Keterangan
Aktual	Kondisi tahun 2035 sama dengan kondisi tahun 2014. Skenario ini menjadi tolak ukur untuk skenario yang lain
Reforestasi	Kondisi tahun 2035 semua lahan adalah hutan. Skenario ini sebagai kondisi paling ideal dan pembanding untuk skenario yang lain
Agroforestri	Kondisi tahun 2035, hutan 30%, agroforestri kompleks (complex agroforestry) 50%, agroforestri kakao 20%
Perkebunan kelapa sawit	Kondisi tahun 2035, hutan 30% dan perkebunan kelapa sawit 70%
Pertanian lahan kering dan sawah	Kondisi tahun 2035, hutan 30%, pertanian lahan kering 50% dan sawah 20%

Karakteristik Lokasi Penelitian

DAS Buol dengan luas tangkapan air sebesar 1753 km² merupakan DAS terbesar di Kabupaten Buol (Gambar 3). Masyarakat yang tinggal di DAS tersebut sering mengalami permasalahan hidrologi seperti kekeringan saat musim kemarau dan banjir saat musim hujan. Kurangnya pemahaman dan kesadaran masyarakat mengenai fungsi DAS menjadi salah satu penyebab munculnya permasalahan-permasalahan tersebut. Selain itu alih guna lahan yang terjadi di daerah hulu diduga juga menjadi salah satu penyebabnya.

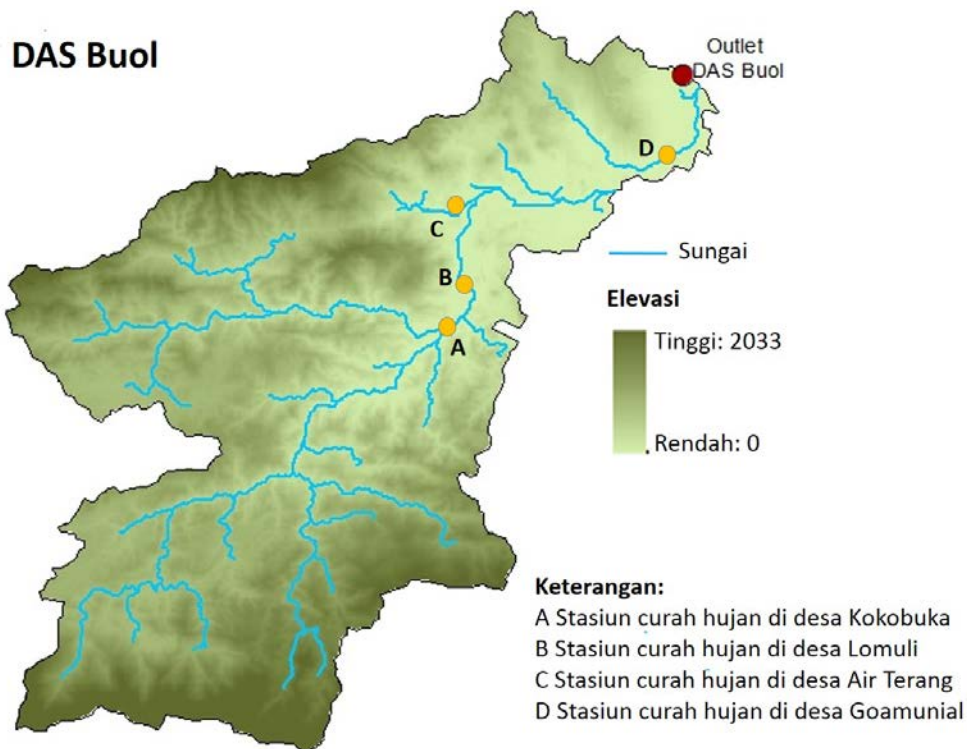


Gambar 3. Lokasi penelitian hidrologi di DAS Buol

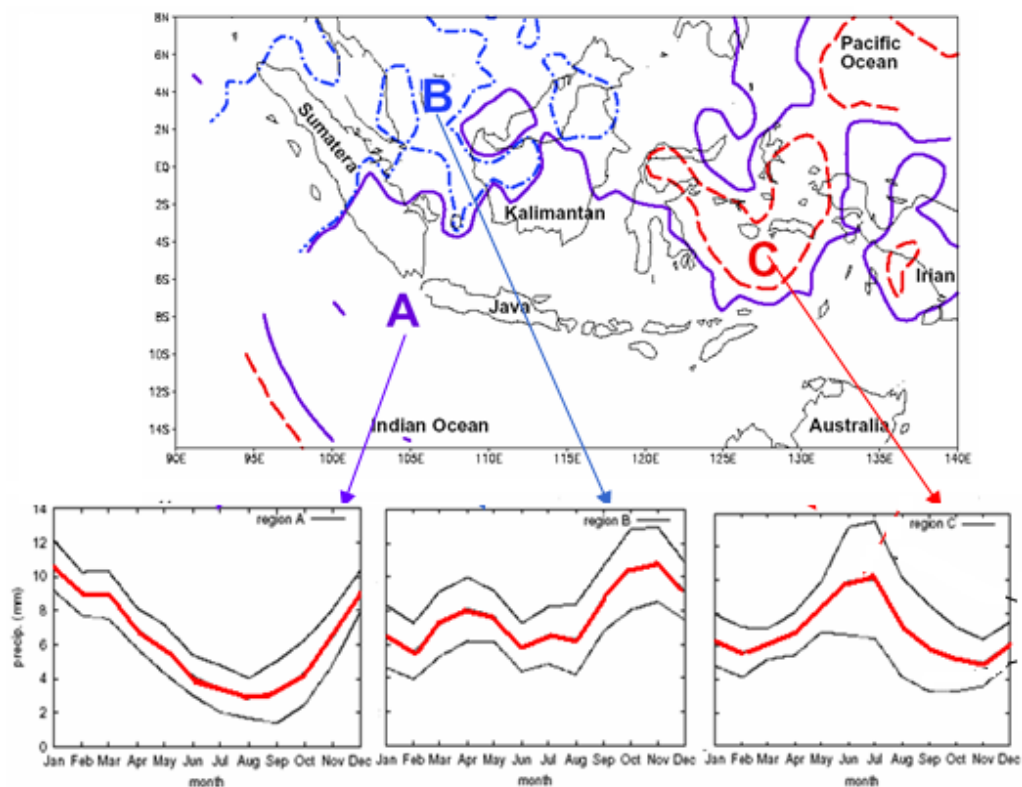
Iklm

Data curah hujan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pengamatan bersama masyarakat selama 18 bulan (Juni 2015 – Desember 2016). Terdapat 4 stasiun pengamatan curah hujan yang dibangun di sepanjang DAS Buol dari daerah hulu hingga hilir (Gambar 4). Metode pengamatan curah hujan dalam penelitian ini dapat dilihat pada ‘Seri Panduan Praktis: Pengamatan Curah Hujan Sederhana’ (Tanika 2017).

Hasil pengamatan curah hujan di keempat stasiun menunjukkan adanya pola curah hujan yang hampir sama, namun dengan jumlah yang berbeda. Berdasarkan 18 bulan pengamatan, pola curah hujan di DAS buol mempunyai puncak yaitu antara bulan Juni – Juli dan Desember-Januari. Hal ini sesuai dengan hasil pembagian tiga pola curah hujan di Indonesia dimana Kabupaten Buol terletak di wilayah dengan tipe ‘Hujan Lokal’ dengan puncak curah hujan berada pada bulan Juni-Juli (Gambar 5, Aldrian dan Susanto 2003).



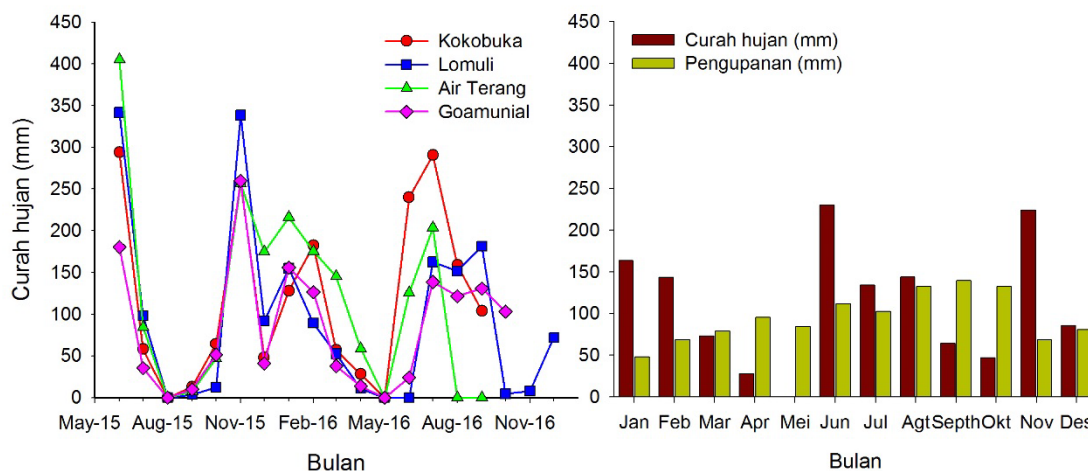
Gambar 4. Lokasi stasiun pengamatan curah hujan di DAS Buol



Gambar 5. Pola dan pembagian tipe curah hujan di Indonesia

(sumber: <https://kadarsah.wordpress.com/2007/06/29/tiga-daerah-iklim-indonesia/>)

Selain curah hujan, data iklim yang diperlukan dalam penelitian ini adalah evaporasi potensial. Data ini diperoleh melalui pengukuran penguapan Pan “A” yang ada di stasiun klimatologi di desa Modo tahun 2012. Berdasarkan data yang diperoleh, penguapan yang terjadi sebesar 48-139 mm dengan total penguapan dalam setahun 1144 mm (Gambar 6).



Gambar 6. Data curah hujan bulanan hasil pengamatan di DAS Buol (kiri), rata-rata curah hujan dan penguapan di DAS Buol berdasarkan hasil pengamatan curah hujan dan data pengukuran di stasiun Modo (kanan)

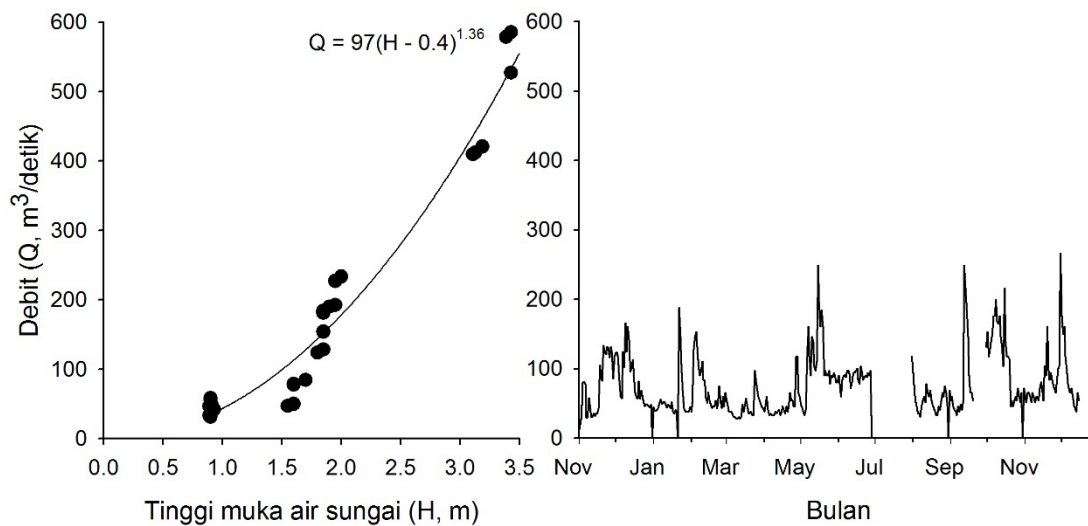
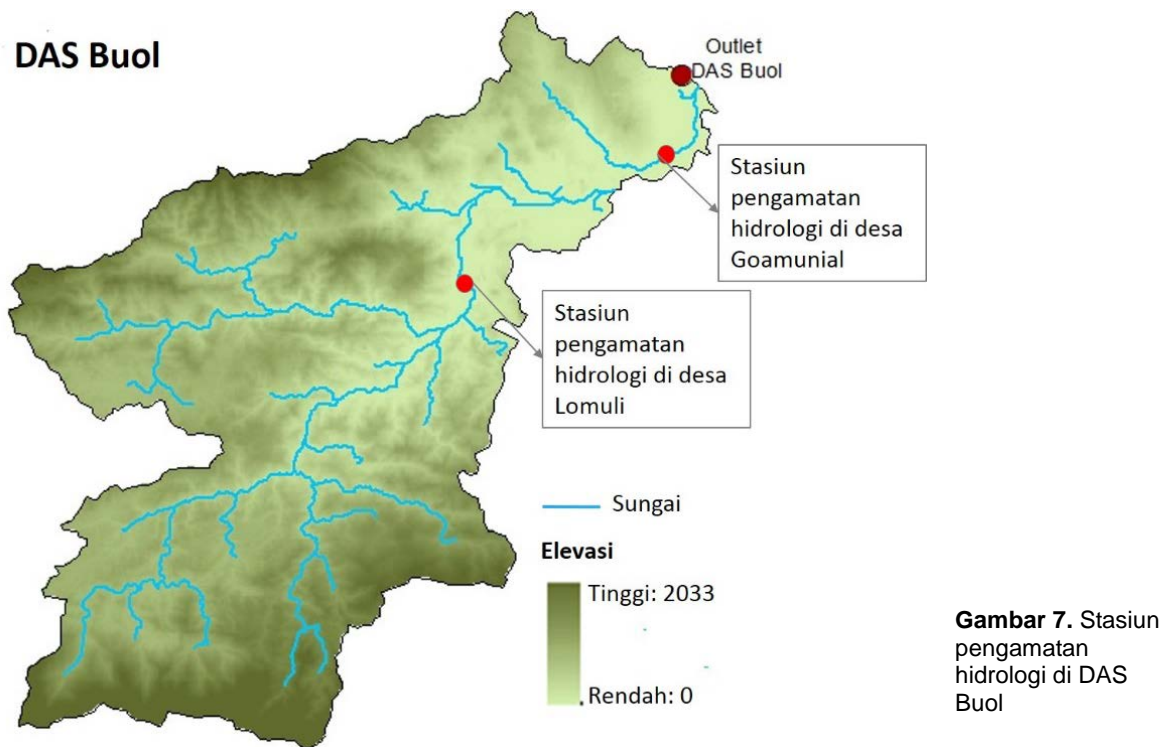
Aliran Sungai/Debit

Data debit sungai dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan validasi model, untuk melihat apakah model hidrologi yang dibangun sudah dapat merepresentasikan kondisi di DAS Buol. Data debit yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil pengamatan tinggi muka air harian dilapangan yang dilakukan bersama-sama dengan masyarakat. Adapun proses pengamatan tinggi muka air, pembuatan profil sungai dan perhitungan debit dapat dilihat pada ‘Seri panduan Praktis: Pengukuran Debit Sungai Sederhana’ (Tanika 2017).

Dua stasiun pengamatan hidrologi dibangun untuk mengamati tinggi muka air sungai Buol setiap hari, yaitu di desa Lomuli dan desa Goamunial (Gambar 7). Pengamatan tinggi muka air oleh masyarakat dilakukan dari bulan November 2015 – Desember 2016. Berdasarkan hasil pengamatan, debit sungai Buol di desa Goamunial terkadang mendapat pengaruh pasang air laut sehingga data di stasiun tersebut tidak dapat digunakan untuk proses kalibrasi dan validasi model. Oleh karena itu untuk proses kalibrasi dan validasi data debit yang digunakan hanya berasal dari stasiun pengamatan di desa Lomuli.

Berdasarkan hasil pengamatan, debit air sungai Buol terendah saat kondisi normal (bukan kemarau panjang) di desa Lomuli sekitar 72 m³/detik, sedangkan debit tertinggi yang tercatat adalah 328 m³/detik. Nilai debit tertinggi ini berasal dari tinggi muka air sungai Buol tertinggi yang masih tercatat. Berdasarkan pengamatan, terdapat beberapa kejadian dimana tinggi muka air tidak dapat dicatat karena tinggi muka air melewati meteran air atau banjir. Gambar 8 merupakan kurva lengkung

debit yang digunakan untuk mengkonversi tinggi muka air harian menjadi debit harian serta data debit harian.



Gambar 8. Kurva lengkung debit sungai Buol di stasiun pengamatan di desa Lomuli (kiri), debit harian berdasarkan data tinggi muka air sungai dan persamaa kurva lengkung dari November 2015 – Desember 2017 (kanan).

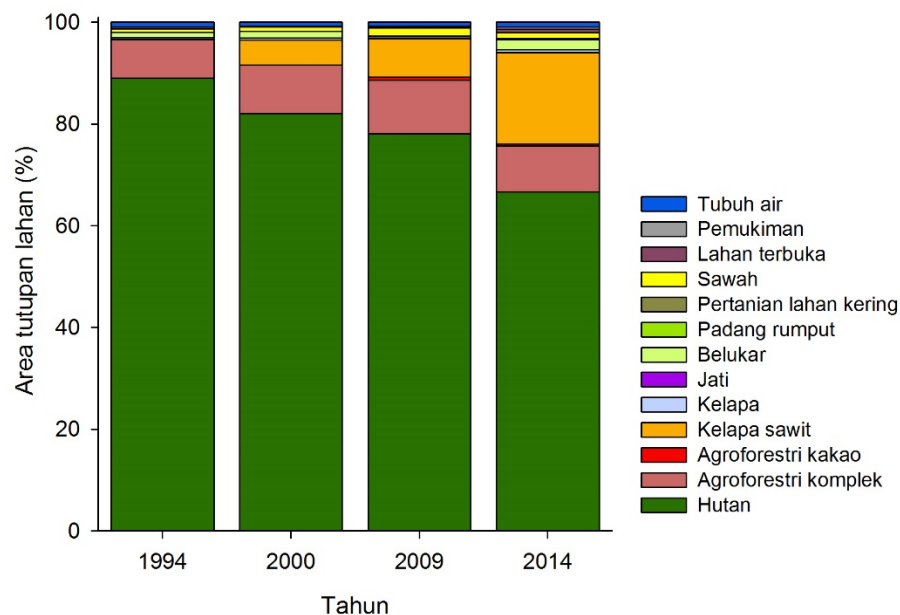
Tutupan Lahan

Hingga tahun 1994 lebih dari 85% tutupan lahan di DAS Buol masih di dominasi oleh hutan. Namun demikian selama 20 tahun (1994-2014), luas area hutan mengalami penurunan sekitar 22% menjadi 66.7%. Tipe tutupan lahan di DAS Buol yang mengalami perubahan secara signifikan selain hutan

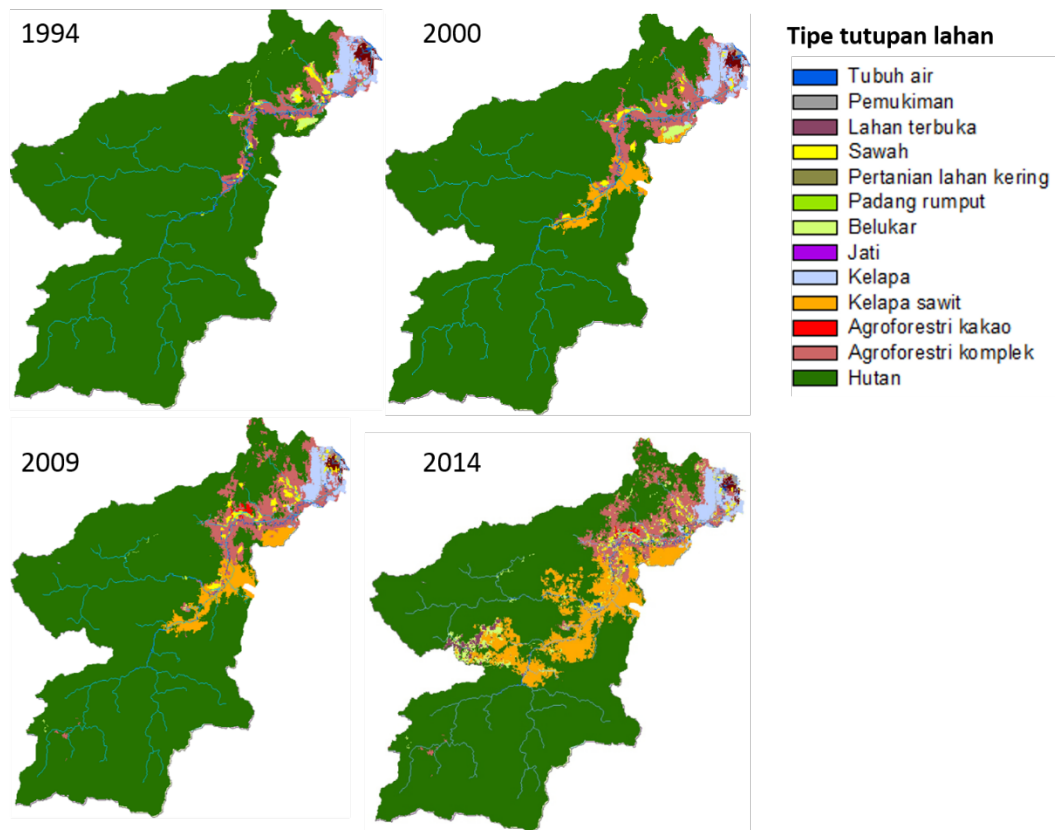
adalah perkebunan kelapa sawit yang mulai terlihat sekitar tahun 2000. Selama kurang lebih 20 tahun, area perkebunan kelapa sawit telah mendominasi sekitar 18% area DAS Buol (Gambar 9, Tabel 3). Peta tutupan lahan DAS Buol selama empat transisi waktu ditunjukkan oleh Gambar 10.

Tabel 3. Persentase tutupan lahan di DAS Buol tahun 1994, 2000, 2009 dan 2014

Land cover type	Area (%)			
	1994	2000	2009	2014
Hutan	89.0	82.0	78.1	66.7
Agroforestri kompleks	7.6	9.6	10.5	9.0
Agroforestri kakao	0.0	0.0	0.6	0.4
Kelapa sawit	0.0	4.9	7.6	18.0
Kelapa	0.4	0.4	0.4	0.5
Jati	0.0	0.0	0.0	0.0
Padang rumput	0.8	1.3	0.0	0.0
Belukar	0.3	0.0	0.1	2.0
Pertanian lahan kering	0.0	0.0	0.0	0.2
Sawah	0.7	0.9	1.6	1.2
Lahan terbuka	0.4	0.1	0.1	0.7
Pemukiman	0.0	0.0	0.2	0.5
Tubuh air	0.9	0.8	0.8	0.9



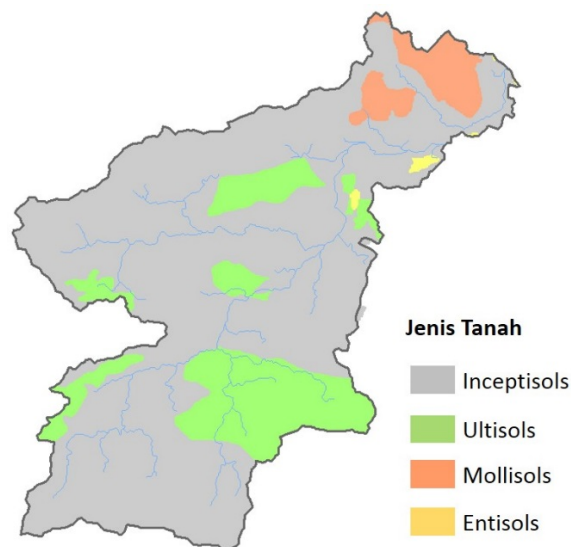
Gambar 9. Perubahan area tutupan lahan DAS Buol



Gambar 10. Peta perubahan tutupan lahan DAS Buol

Jenis Tanah

Berdasarkan peta tanah (sumber: Repprot), jenis tanah di DAS Duol didominasi oleh jenis Inceptisols (82%), ultisols (16%), Mollisols (1%) dan Entisols (1%) (Gambar 11).



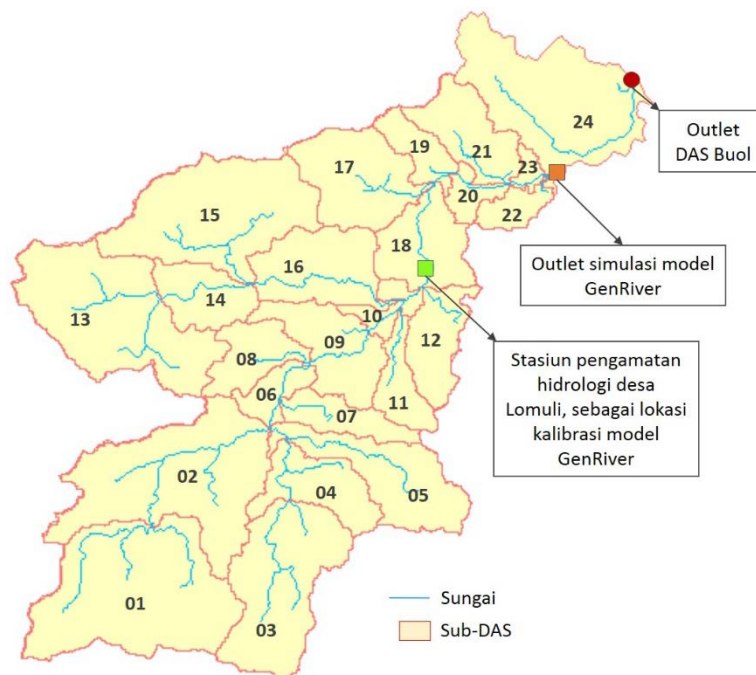
Gambar 11. Jenis tanah di DAS Buol

Sub-DAS dan Jarak Routing

Berdasarkan hasil analisis spasial, DAS Buol dapat dibagi menjadi 24 sub-DAS kecil dengan luas antara 17.5-172.3 km². Pembagian ini dengan mempertimbangkan jumlah maksimal sub-DAS yang dapat dikelola oleh model GenRiver.

Terdapat tiga jenis outlet yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: (1) outlet DAS Buol yang merupakan outlet akhir DAS Buol yang sebenarnya yang bermuara di Laut Sulawesi, (2) outlet simulasi GenRiver yang merupakan outlet DAS Buol yang digunakan dalam simulasi Model GenRiver dan (3) outlet kalibrasi model dimana terdapat stasiun pengamatan hidrologi (Gambar 12).

Outlet akhir dalam simulasi model Genriver tidak menggunakan outlet DAS Buol yang sebenarnya karena adanya pengaruh pasang air laut sehingga akan mempengaruhi hasil simulasi. Oleh karena itu outlet simulasi dipilih lokasi yang tidak terpengaruh oleh pasang air laut atau minimal sedikit terpengaruh.



Gambar 12. Gambaran pembagian sub-DAS dari DAS Buol serta lokasi outlet kalibrasi, outlet simulasi model GenRiver dan outlet DAS Buol yang sebenarnya

Jarak *routing* (*routing distance*) dari masing-masing sub-DAS didefinisikan sebagai panjang sungai yang dihitung dari titik terdekat pusat sub-DAS ke suatu outlet tertentu. Jarak *routing* berperan dalam menentukan waktu transport air dari masing-masing sub-DAS ke suatu outlet, selain kecepatan aliran, kekasaran dasar sungai dan kekelokan sungai. Tabel 4 merupakan luas area dan jarak *routing* masing-masing sub-DAS di DAS Buol ke outlet simulasi model GenRiver. Sub-DAS 24 tidak memiliki informasi mengenai jarak *routing* karena lokasi yang berada dibawah outlet simulasi model GenRiver sehingga tidak ada aliran air dari sub-DAS tersebut ke outlet tersebut.

Tabel 4. Luas sub-DAS dan jarak routing

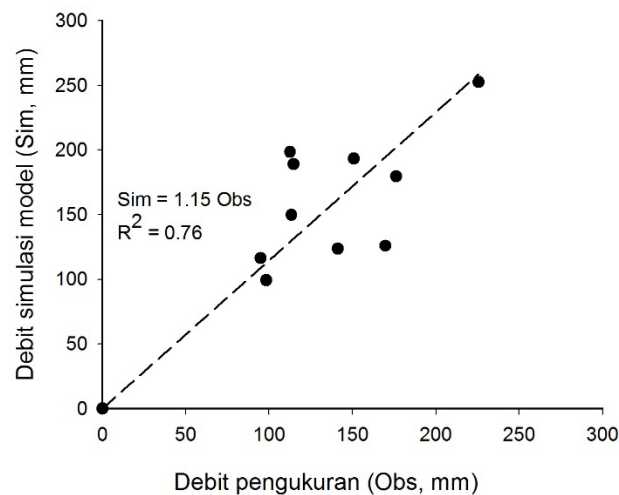
Sub-DAS	Area (Ha)	Area (km ²)	Routing distance (km)
Buol-01	17274	172.74	76.4
Buol-02	15946	159.46	60.2
Buol-03	11303	113.03	66.7
Buol-04	4931	49.31	61
Buol-05	7555	75.55	61.2
Buol-06	2169	21.69	43.4
Buol-07	3098	30.98	52.6
Buol-08	3767	37.67	45.3
Buol-09	5944	59.44	36.1
Buol-10	1745	17.45	28
Buol-11	2814	28.14	35.7
Buol-12	4252	42.52	29.2
Buol-13	14554	145.54	60.5
Buol-14	4156	41.56	48.7
Buol-15	13646	136.46	54
Buol-16	6861	68.61	36.3
Buol-17	5526	55.26	19.5
Buol-18	7504	75.04	21.6
Buol-19	2517	25.17	15.1
Buol-20	1512	15.12	8.3
Buol-21	5028	50.28	12
Buol-22	1805	18.05	7.8
Buol-23	726	7.26	3.4
Buol-24	-	-	-
Total	125541	1255.41	836.4

Hasil dan Pembahasan

Kalibrasi dan Validasi Model GenRiver

Kalibrasi dan validasi model GenRiver dilakukan dengan menggunakan data debit bulanan hasil pengukuran di stasiun pengamatan hidrologi di Desa Lomuli bulan November 2015 – November 2016. Data curah hujan yang digunakan untuk kalibrasi adalah data curah hujan hasil pengukuran di desa Kokobuka dan Lomuli untuk waktu pengamatan yang sama dengan pengamatan debit.

Hasil kalibrasi model GenRiver dengan nilai parameter seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5 mempunyai nilai NSE¹ sebesar 0.98%, relative error sebesar 18% dan korelasi sebesar 87%. Perbandingan debit hasil pengukuran dan simulasi model dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14.

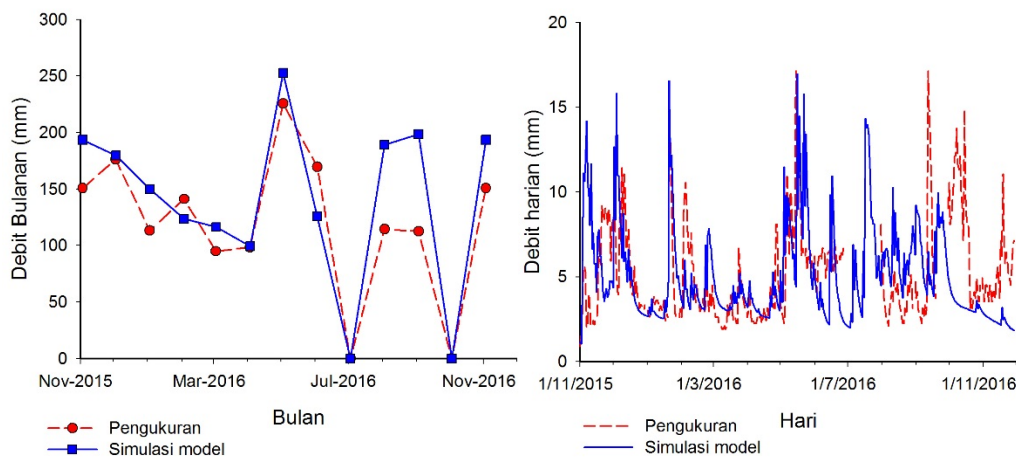


Gambar 13. Hubungan antara debit bulanan pengukuran dan debit simulasi model

Tabel 5. Nilai-nilai parameter hasil kalibrasi model GenRiver

Nama Parameter	Keterangan	Nilai
RainInterceptDripRt	Tingkat intersepsi tetesan curah hujan	10 mm
RainMaxIntDripDur	Durasi intersepsi tetesan curah hujan	0.3 jam
InterceptEffectontrans	Pengaruh intersepsi curah hujan pada transpirasi	0.9 mm
RainIntensMean	Rata-rata intensitas curah hujan	8 mm/jam
RainIntensCoefVar	Koefisien variasi intensitas curah hujan	0.6
MaxInfRate	Kapasitas maksimum infiltrasi per hari	250 mm/hari
MaxInfSubsoil	Kapasitas maksimum infiltrasi ke sub-tanah per hari	150 mm/hari
PerFracMultiplier	Fraksi pelepasan air tanah per hari	0.4
MaxDynGrWatStore	Kapasitas maksimum penyimpanan air tanah	300 mm
GWReleaseFracConst	Fraksi pelepasan aliran dasar	0.03
Tortuosity	Faktor bentuk DAS	0.5
Dispersal Factor	Kerapatan aliran	0.25
River Velocity	Kecepatan aliran	0.53 m/s

¹ Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) merupakan indikator statistik yang umum digunakan untuk mengukur seberapa dekat debit hasil simulasi dengan debit pengukuran yang menyatakan seberapa tepat perbandingan antara debit hasil simulasi dengan debit pengamatan (Moriassi 2001)



Gambar 14. Perbandingan antara debit pengukuran dan simulasi bulanan (kiri) dan harian (kanan)

Simulasi Dampak Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Kondisi DAS Buol Saat Ini (1994-2014)

Secara umum neraca air DAS Buol selama 20 tahun (1994-2014) memiliki rata-rata tahunan evapotranspirasi sebesar 967 mm (42%), aliran permukaan sebesar 514 mm (22%), aliran bawah permukaan sebesar 91 mm (4%) dan aliran dasar sebesar 734 mm (32%) dengan total curah hujan bervariasi antara 1321 – 3462 mm dengan rata-rata 2303 mm (Tabel 6).

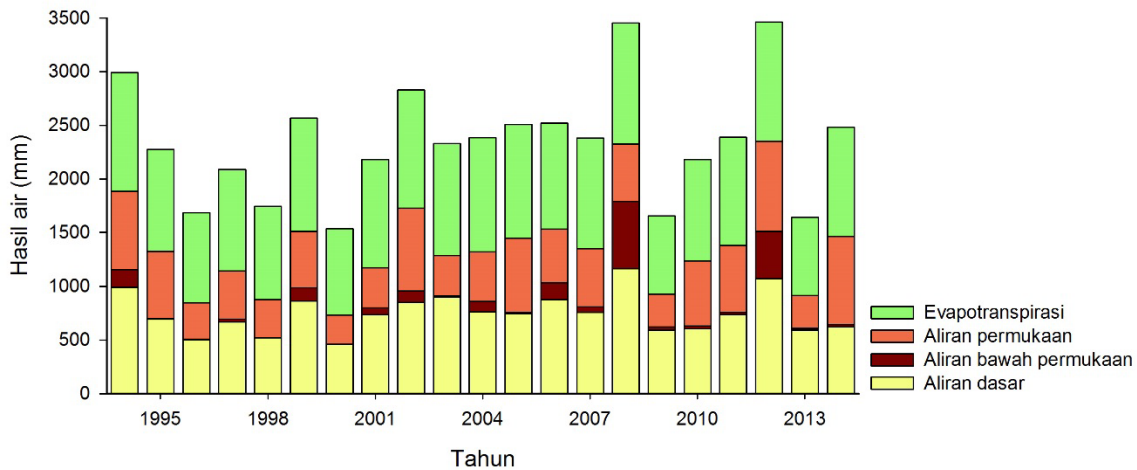
Tabel 6. Kondisi neraca air DAS Buol selama 20 tahun (1994-2014) hasil simulasi model GenRiver

Komponen neraca air	Terendah		Rata-rata		Tertinggi	
	mm	%	mm	%	mm	%
Curah hujan	1321		2303		3460	
Evapotranspirasi	728	55.2	967	42.0	1130	32.6
Debit	765	57.9	1340	58.2	2350	67.9
Aliran permukaan	271	20.5	514	22.3	837	24.2
Aliran bawah permukaan	0	0.0	91	4.0	631	18.2
Aliran dasar	459	34.8	734	31.9	1161	33.5

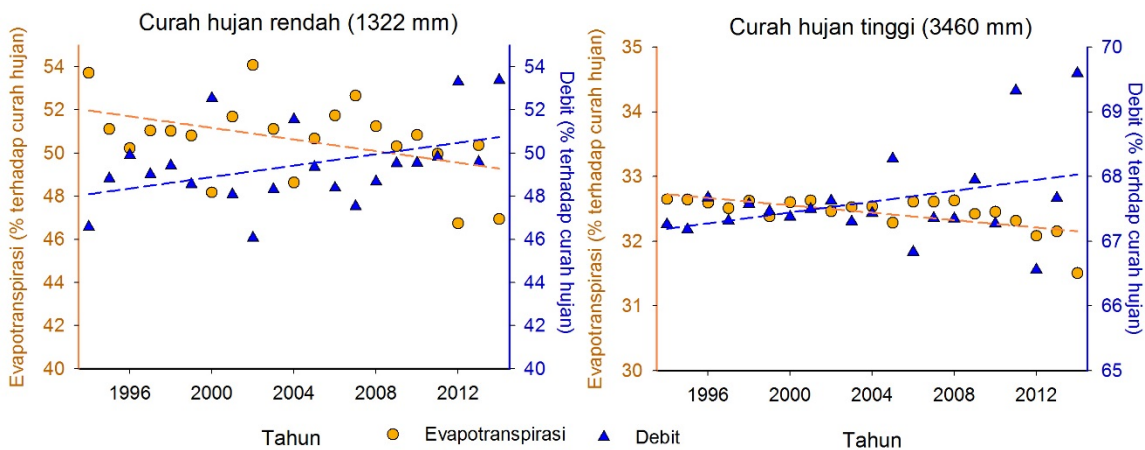
Selain tutupan lahan, perubahan neraca air juga dipengaruhi oleh jumlah curah hujan. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 15, kondisi neraca air di DAS Buol bervariasi tergantung jumlah curah hujan pada tahun tersebut. Perubahan yang paling terlihat terdapat pada aliran permukaan, aliran bawah permukaan dan aliran dasar. Semakin tinggi curah hujan tahunan maka aliran permukaan, aliran bawah permukaan dan aliran dasar semakin besar.

Untuk mengurangi pengaruh curah hujan dan hanya melihat pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap kondisi neraca air, maka proses pemodelan selanjutnya hanya menggunakan data curah hujan yang sama setiap tahun yaitu curah hujan tertinggi dan terendah. Gambar 16 menunjukkan

dampak perubahan tutupan lahan selama 20 tahun (1994-2014) terhadap besarnya evapotranspirasi dan debit. Hasil simulasi model Genriver memperlihatkan bahwa baik pada curah hujan terendah maupun tertinggi, tren evapotranspirasi mengalami penurunan dan debit mengalami kenaikan. Perbedaan kedua hasil simulasi tersebut terletak pada persentase evapotranspirasi dan debit. Saat kondisi curah hujan terendah, evapotranspirasi dan debit memiliki perbandingan 50:50, sedangkan pada curah hujan tertinggi memiliki perbandingan 30:70.

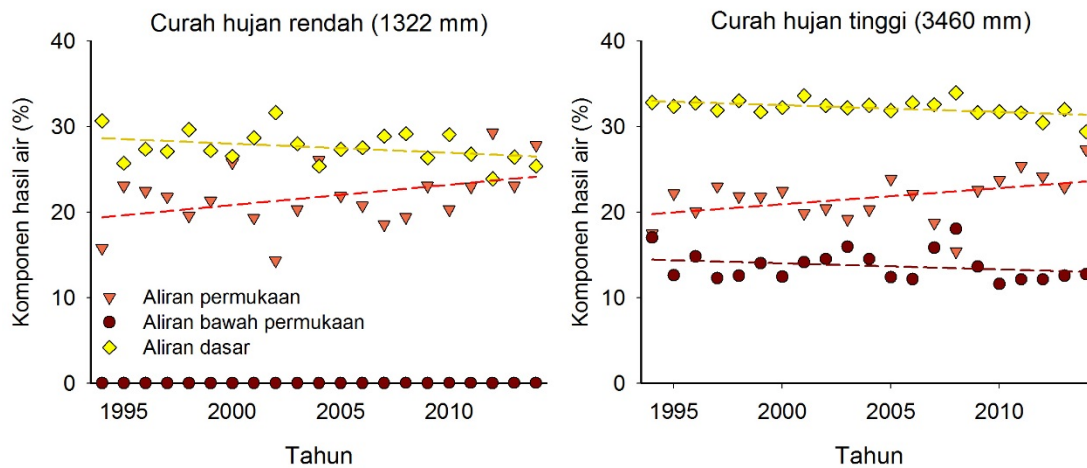


Gambar 15. Simulasi neraca air DAS Buol tahun 1994-2014 menggunakan model GenRiver



Gambar 16. Simulasi pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap neraca air DAS Buol selama 20 tahun (1994-2014) dengan curah hujan terendah dan tertinggi

Jika debit dibagi menjadi aliran permukaan, aliran bawah permukaan dan aliran dasar maka terlihat bahwa kenaikan jumlah debit disebabkan oleh jumlah aliran bawah permukaan dan kenaikan aliran dasar, sedangkan debit yang cenderung mengalami tren naik disebabkan tren aliran permukaan yang juga cenderung naik (Gambar 17).

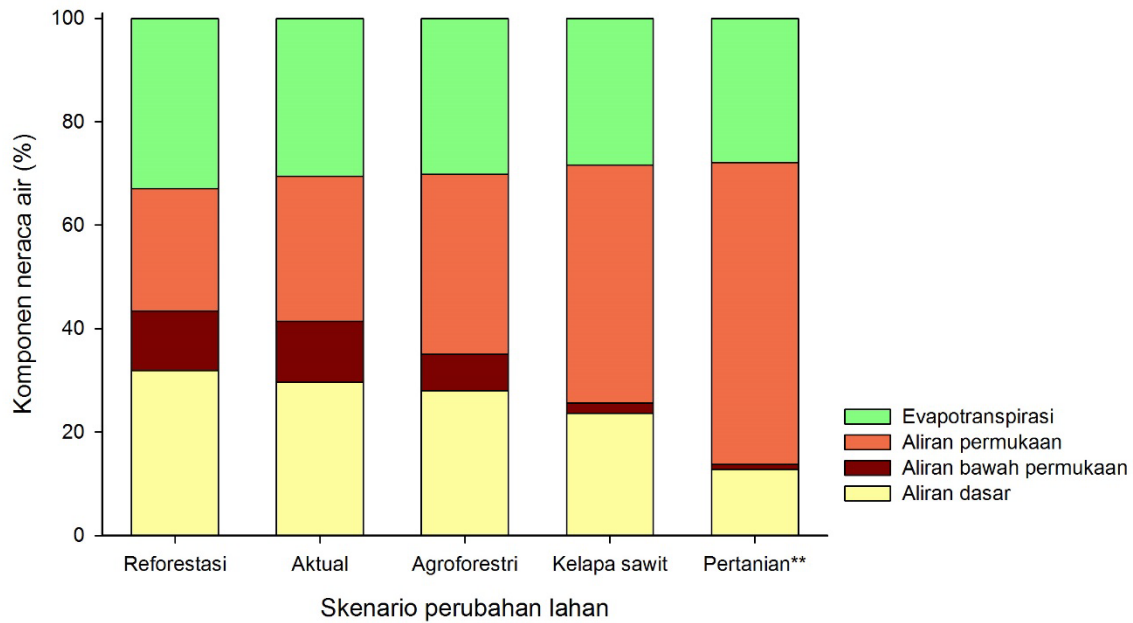


Gambar 17. Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap aliran permukaan, aliran bawah permukaan dan aliran dasar pada kondisi curah hujan terendah dan tertinggi

Simulasi Skenario Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Kondisi DAS Buol di Masa Depan (2014-2035)

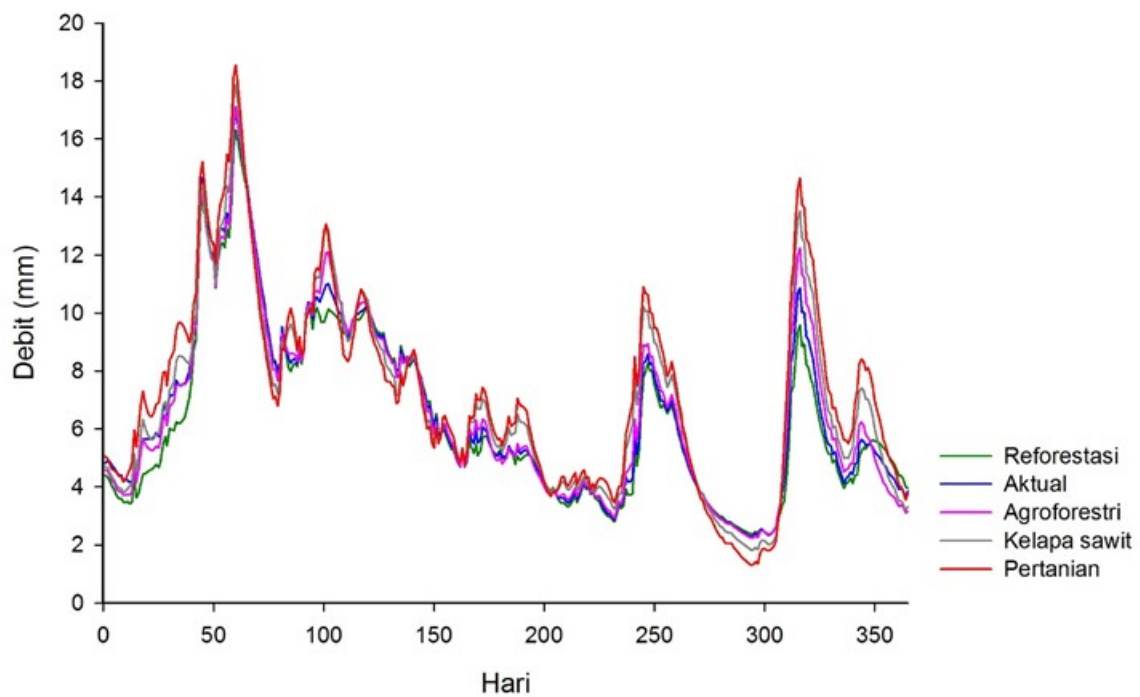
Simulasi skenario perubahan tutupan untuk melihat kondisi neraca air DAS Buol tahun 2035 berdasarkan beberapa skenario perubahan tutupan lahan yang telah ditentukan. Terdapat lima skenario perubahan tutupan lahan yang disimulasikan yaitu (1) Reforestasi, (2) Aktual, (3) Agroforestri, (4) Perkebunan kelapa sawit dan (5) Pertanian lahan kering dan sawah. Skenario Reforestasi untuk memberikan gambaran mengenai kondisi ideal yang ingin dicapai, sedangkan skenario Aktual untuk menunjukkan kondisi DAS Buol saat ini. Skenario Agroforestri, skenario Perkebunan kelapa sawit dan skenario pertanian lahan kering dan sawah merupakan beberapa skenario perubahan tutupan lahan yang mungkin terjadi di masa depan. Perbandingan hasil simulasi kelima skenario memperlihatkan bahwa saat ini kondisi DAS Buol berada diantara skenario Reforestasi dan skenario Agroforestry (Gambar 18).

Diantara kelima skenario perubahan tutupan lahan, skenario pertanian lahan kering dan sawah merupakan yang paling buruk karena memberikan aliran permukaan yang paling besar diantara skenario yang lain. Tingginya aliran permukaan pada skenario ini disebabkan karena kemampuan DAS dalam menyerap air saat kejadian hujan (terutama hujan lebat) mengalami penurunan, sehingga banyak air yang menjadi aliran permukaan. Karena air yang diserap oleh tanah sedikit akibat lainnya aliran bawah permukaan dan aliran dasar semakin kecil. Aliran dasar ini cukup penting karena merupakan penyedia air di sungai saat musim kering. Kondisi ini dapat dilihat pada hidrograf pada Gambar 19.



** Pertanian lahan kering dan sawah

Gambar 18. Neraca air DAS Buol tahun 2035 berdasarkan simulasi berbagai skenario perubahan lahan dengan menggunakan model GenRiver



Gambar 19. Perbandingan hidrograf kelima skenario perubahan tutupan lahan tahun 2035.

Kesimpulan

Secara umum 42% curah hujan yang jatuh di dalam DAS Buol dimanfaatkan sebagai evapotranspirasi oleh vegetasi dan 58% mengalir sebagai aliran permukaan, aliran bawah permukaan dan aliran dasar. Nilai persentase ini dapat berubah saat terjadi La Nina atau El Nino yang mempengaruhi jumlah hujan.

Berubahnya area hutan menjadi tutupan lahan lain seperti perkebunan kelapa sawit, agroforestri dan areal sawah yang terjadi di DAS Buol selama 20 tahun (1994-2014) telah menyebabkan kenaikan aliran permukaan yang berpotensi memicu terjadinya banjir.

Konversi hutan menjadi area agroforestri, perkebunan kelapa sawit atau pertanian lahan kering di masa depan akan semakin memicu kenaikan aliran permukaan, namun dengan tingkatan berbeda. Skenario pertanian lahan kering dan sawah merupakan skenario perubahan lahan terburuk diantara semua skenario perubahan lahan yang disimulasikan karena menyebabkan kenaikan aliran permukaan yang cukup besar dan mengurangi aliran dasar.

Perencanaan dan perhitungan pengelolaan lahan yang tepat di DAS Buol perlu diperhatikan untuk mempertahankan fungsi DAS Buol sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang tinggal didalamnya.

Daftar Pustaka

- Aldrian E dan Susanto RW. 2003. Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature, *Int. J. Climatol.* 23:1435-1452
- Guo H, Hu Q, Jiang T. 2008. Annual and seasonal stream flow responses to climate and land cover changes in the Poyang lake basin, China. *Journal of Hydrology.* 355:106-122.
- Khasanah K, Mulyoutami E, Ekadinata A, Asmawan T, Tanika L, Said Z, van Noordwijk M, dan 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.53p.
- Kobold M, Suselj K, Polajnar j, 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.
- Moriasi DN, Arnold JG, Van Liew MW, Bingner RL, Harmel RD, Veith TL. 2001. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers.* 20(3):885-900.
- Tanika L, Lusiana B, Amaruzaman S, Rahayu S, Dwiyantri E, Wijaya CL, Wibisono ITC. 2016. *Profil Lokasi Penelitian Smart Tree Invest di Kabupaten Buol, Sulawesi Tengah, Bogor, Indonesia.* World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Tim penyusun RPDAS Terpadu Kabupaten Buol. 2012. *Laporan Penyusunan Rencana Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu DAS Buol Kabupaten Buol 2012.* Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Palu-Poso, Palu.
- van Noordwijk M, Widodo RH, Farida A, Suyanto D, Lusiana B, Tanika L, and Khasanah N. 2010. *GenRiver and FlowPer: Generic River Flow Persistence Models, User Manual Version 2.0.* World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia.

WORKING PAPERS WITH DOIs

2005

1. Agroforestry in the drylands of eastern Africa: a call to action
2. Biodiversity conservation through agroforestry: managing tree species diversity within a network of community-based, nongovernmental, governmental and research organizations in western Kenya.
3. Invasion of *prosopis juliflora* and local livelihoods: Case study from the Lake Baringo area of Kenya
4. Leadership for change in farmers organizations: Training report: Ridar Hotel, Kampala, 29th March to 2nd April 2005.
5. Domestication des espèces agroforestières au Sahel : situation actuelle et perspectives
6. Relevé des données de biodiversité ligneuse: Manuel du projet biodiversité des parcs agroforestiers au Sahel
7. Improved land management in the Lake Victoria Basin: TransVic Project's draft report.
8. Livelihood capital, strategies and outcomes in the Taita hills of Kenya
9. Les espèces ligneuses et leurs usages: Les préférences des paysans dans le Cercle de Ségou, au Mali
10. La biodiversité des espèces ligneuses: Diversité arborée et unités de gestion du terroir dans le Cercle de Ségou, au Mali

2006

11. Bird diversity and land use on the slopes of Mt. Kilimanjaro and the adjacent plains, Tanzania
12. Water, women and local social organization in the Western Kenya Highlands
13. Highlights of ongoing research of the World Agroforestry Centre in Indonesia
14. Prospects of adoption of tree-based systems in a rural landscape and its likely impacts on carbon stocks and farmers' welfare: The FALLOW Model Application in Muara Sungkai, Lampung, Sumatra, in a 'Clean Development Mechanism' context
15. Equipping integrated natural resource managers for healthy Agroforestry landscapes.
17. Agro-biodiversity and CGIAR tree and forest science: approaches and examples from Sumatra.
18. Improving land management in eastern and southern Africa: A review of policies.
19. Farm and household economic study of Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor, Indonesia: A socio-economic base line study of Agroforestry innovations and livelihood enhancement.
20. Lessons from eastern Africa's unsustainable charcoal business.
21. Evolution of RELMA's approaches to land management: Lessons from two decades of research and development in eastern and southern Africa
22. Participatory watershed management: Lessons from RELMA's work with farmers in eastern Africa.
23. Strengthening farmers' organizations: The experience of RELMA and ULAMP.
24. Promoting rainwater harvesting in eastern and southern Africa.
25. The role of livestock in integrated land management.
26. Status of carbon sequestration projects in Africa: Potential benefits and challenges to scaling up.

27. Social and Environmental Trade-Offs in Tree Species Selection: A Methodology for Identifying Niche Incompatibilities in Agroforestry [*Appears as AHI Working Paper no. 9*]
28. Managing tradeoffs in agroforestry: From conflict to collaboration in natural resource management. [*Appears as AHI Working Paper no. 10*]
29. Essai d'analyse de la prise en compte des systemes agroforestiers pa les legislations forestieres au Sahel: Cas du Burkina Faso, du Mali, du Niger et du Senegal.
30. Etat de la recherche agroforestière au Rwanda etude bibliographique, période 1987-2003

2007

31. Science and technological innovations for improving soil fertility and management in Africa: A report for NEPAD's Science and Technology Forum.
32. Compensation and rewards for environmental services.
33. Latin American regional workshop report compensation.
34. Asia regional workshop on compensation ecosystem services.
35. Report of African regional workshop on compensation ecosystem services.
36. Exploring the inter-linkages among and between compensation and rewards for ecosystem services CRES and human well-being
37. Criteria and indicators for environmental service compensation and reward mechanisms: realistic, voluntary, conditional and pro-poor
38. The conditions for effective mechanisms of compensation and rewards for environmental services.
39. Organization and governance for fostering Pro-Poor Compensation for Environmental Services.
40. How important are different types of compensation and reward mechanisms shaping poverty and ecosystem services across Africa, Asia & Latin America over the Next two decades?
41. Risk mitigation in contract farming: The case of poultry, cotton, woodfuel and cereals in East Africa.
42. The RELMA savings and credit experiences: Sowing the seed of sustainability
43. Yatich J., Policy and institutional context for NRM in Kenya: Challenges and opportunities for Landcare.
44. Nina-Nina Adoung Nasional di So! Field test of rapid land tenure assessment (RATA) in the Batang Toru Watershed, North Sumatera.
45. Is Hutan Tanaman Rakyat a new paradigm in community based tree planting in Indonesia?
46. Socio-Economic aspects of brackish water aquaculture (*Tambak*) production in Nanggroe Aceh Darrusalam.
47. Farmer livelihoods in the humid forest and moist savannah zones of Cameroon.
48. Domestication, genre et vulnérabilité : Participation des femmes, des Jeunes et des catégories les plus pauvres à la domestication des arbres agroforestiers au Cameroun.
49. Land tenure and management in the districts around Mt Elgon: An assessment presented to the Mt Elgon ecosystem conservation programme.
50. The production and marketing of leaf meal from fodder shrubs in Tanga, Tanzania: A pro-poor enterprise for improving livestock productivity.
51. Buyers Perspective on Environmental Services (ES) and Commoditization as an approach to liberate ES markets in the Philippines.

52. Towards Towards community-driven conservation in southwest China: Reconciling state and local perceptions.
53. Biofuels in China: An Analysis of the Opportunities and Challenges of *Jatropha curcas* in Southwest China.
54. *Jatropha curcas* biodiesel production in Kenya: Economics and potential value chain development for smallholder farmers
55. Livelihoods and Forest Resources in Aceh and Nias for a Sustainable Forest Resource Management and Economic Progress
56. Agroforestry on the interface of Orangutan Conservation and Sustainable Livelihoods in Batang Toru, North Sumatra.

2008

57. Assessing Hydrological Situation of Kapuas Hulu Basin, Kapuas Hulu Regency, West Kalimantan.
58. Assessing the Hydrological Situation of Talau Watershed, Belu Regency, East Nusa Tenggara.
59. Kajian Kondisi Hidrologis DAS Talau, Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur.
60. Kajian Kondisi Hidrologis DAS Kapuas Hulu, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat.
61. Lessons learned from community capacity building activities to support agroforest as sustainable economic alternatives in Batang Toru orang utan habitat conservation program (Martini, Endri et al.)
62. Mainstreaming Climate Change in the Philippines.
63. A Conjoint Analysis of Farmer Preferences for Community Forestry Contracts in the Sumber Jaya Watershed, Indonesia.
64. The highlands: a shared water tower in a changing climate and changing Asia
65. Eco-Certification: Can It Deliver Conservation and Development in the Tropics.
66. Designing ecological and biodiversity sampling strategies. Towards mainstreaming climate change in grassland management.
67. Towards mainstreaming climate change in grassland management policies and practices on the Tibetan Plateau
68. An Assessment of the Potential for Carbon Finance in Rangelands
69. ECA Trade-offs Among Ecosystem Services in the Lake Victoria Basin.
69. The last remnants of mega biodiversity in West Java and Banten: an in-depth exploration of RaTA (Rapid Land Tenure Assessment) in Mount Halimun-Salak National Park Indonesia
70. Le business plan d'une petite entreprise rurale de production et de commercialisation des plants des arbres locaux. Cas de quatre pépinières rurales au Cameroun.
71. Les unités de transformation des produits forestiers non ligneux alimentaires au Cameroun. Diagnostic technique et stratégie de développement Honoré Tabuna et Ingratia Kayitavu.
72. Les exportateurs camerounais de safou (*Dacryodes edulis*) sur le marché sous régional et international. Profil, fonctionnement et stratégies de développement.
73. Impact of the Southeast Asian Network for Agroforestry Education (SEANAFE) on agroforestry education capacity.
74. Setting landscape conservation targets and promoting them through compatible land use in the Philippines.
75. Review of methods for researching multistrata systems.

76. Study on economical viability of *Jatropha curcas* L. plantations in Northern Tanzania assessing farmers' prospects via cost-benefit analysis
77. Cooperation in Agroforestry between Ministry of Forestry of Indonesia and International Center for Research in Agroforestry
78. "China's bioenergy future. an analysis through the Lens if Yunnan Province
79. Land tenure and agricultural productivity in Africa: A comparative analysis of the economics literature and recent policy strategies and reforms
80. Boundary organizations, objects and agents: linking knowledge with action in Agroforestry watersheds
81. Reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD) in Indonesia: options and challenges for fair and efficient payment distribution mechanisms

2009

82. Mainstreaming climate change into agricultural education: challenges and perspectives
83. Challenging conventional mindsets and disconnects in conservation: the emerging role of eco-agriculture in Kenya's landscape mosaics
84. Lesson learned RATA garut dan bengkuntat: suatu upaya membedah kebijakan pelepasan kawasan hutan dan redistribusi tanah bekas kawasan hutan
85. The emergence of forest land redistribution in Indonesia
86. Commercial opportunities for fruit in Malawi
87. Status of fruit production processing and marketing in Malawi
88. Fraud in tree science
89. Trees on farm: analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry
90. The springs of Nyando: water, social organization and livelihoods in Western Kenya
91. Building capacity toward region-wide curriculum and teaching materials development in agroforestry education in Southeast Asia
92. Overview of biomass energy technology in rural Yunnan (Chinese – English abstract)
93. A pro-growth pathway for reducing net GHG emissions in China
94. Analysis of local livelihoods from past to present in the central Kalimantan Ex-Mega Rice Project area
95. Constraints and options to enhancing production of high quality feeds in dairy production in Kenya, Uganda and Rwanda

2010

96. Agroforestry education in the Philippines: status report from the Southeast Asian Network for Agroforestry Education (SENAFE)
97. Economic viability of *Jatropha curcas* L. plantations in Northern Tanzania- assessing farmers' prospects via cost-benefit analysis.
98. Hot spot of emission and confusion: land tenure insecurity, contested policies and competing claims in the central Kalimantan Ex-Mega Rice Project area
99. Agroforestry competences and human resources needs in the Philippines
100. CES/COS/CIS paradigms for compensation and rewards to enhance environmental Services

101. Case study approach to region-wide curriculum and teaching materials development in agroforestry education in Southeast Asia
102. Stewardship agreement to reduce emissions from deforestation and degradation (REDD): Lubuk Beringin's Hutan Desa as the first village forest in Indonesia
103. Landscape dynamics over time and space from ecological perspective
104. Komoditisasi atau koinvestasi jasa lingkungan: skema imbal jasa lingkungan program peduli sungai di DAS Way Besai, Lampung, Indonesia
105. Improving smallholders' rubber quality in Lubuk Beringin, Bungo district, Jambi province, Indonesia: an initial analysis of the financial and social benefits
106. Rapid Carbon Stock Appraisal (RACSA) in Kalahan, Nueva Vizcaya, Philippines
107. Tree domestication by ICRAF and partners in the Peruvian Amazon: lessons learned and future prospects in the domain of the Amazon Initiative eco-regional program
108. Memorias del Taller Nacional: "Iniciativas para Reducir la Deforestación en la region Andino - Amazónica", 09 de Abril del 2010. Proyecto REALU Peru
109. Percepciones sobre la Equidad y Eficiencia en la cadena de valor de REDD en Perú –Reporte de Talleres en Ucayali, San Martín y Loreto, 2009. Proyecto REALU-Perú.
110. Reducción de emisiones de todos los Usos del Suelo. Reporte del Proyecto REALU Perú Fase 1
111. Programa Alternativas a la Tumba-y-Quema (ASB) en el Perú. Informe Resumen y Síntesis de la Fase II. 2da. versión revisada
112. Estudio de las cadenas de abastecimiento de germoplasma forestal en la amazonía Boliviana
113. Biodiesel in the Amazon
114. Estudio de mercado de semillas forestales en la amazonía Colombiana
115. Estudio de las cadenas de abastecimiento de germoplasma forestal en Ecuador
<http://dx.doi.org/10.5716/WP10340.PDF>
116. How can systems thinking, social capital and social network analysis help programs achieve impact at scale?
117. Energy policies, forests and local communities in the Ucayali Region, Peruvian Amazon
118. NTFPs as a Source of Livelihood Diversification for Local Communities in the Batang Toru Orangutan Conservation Program
119. Studi Biodiversitas: Apakah agroforestry mampu mengkonservasi keanekaragaman hayati di DAS Konto?
120. Estimasi Karbon Tersimpan di Lahan-lahan Pertanian di DAS Konto, Jawa Timur
121. Implementasi Kaji Cepat Hidrologi (RHA) di Hulu DAS Brantas, Jawa Timur.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP10338.PDF>
122. Kaji Cepat Hidrologi di Daerah Aliran Sungai Krueng Peusangan, NAD, Sumatra
<http://dx.doi.org/10.5716/WP10337.PDF>
123. A Study of Rapid Hydrological Appraisal in the Krueng Peusangan Watershed, NAD, Sumatra.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP10339.PDF>

2011

124. An Assessment of farm timber value chains in Mt Kenya area, Kenya
125. A Comparative financial analysis of current land use systems and implications for the adoption of improved agroforestry in the East Usambaras, Tanzania
126. Agricultural monitoring and evaluation systems

127. Challenges and opportunities for collaborative landscape governance in the East Usambara Mountains, Tanzania
128. Transforming Knowledge to Enhance Integrated Natural Resource Management Research, Development and Advocacy in the Highlands of Eastern Africa
<http://dx.doi.org/10.5716/WP11084.PDF>
129. Carbon-forestry projects in the Philippines: potential and challenges The Mt Kitanglad Range forest-carbon development <http://dx.doi.org/10.5716/WP11054.PDF>
130. Carbon forestry projects in the Philippines: potential and challenges. The Arakan Forest Corridor forest-carbon project. <http://dx.doi.org/10.5716/WP11055.PDF>
131. Carbon-forestry projects in the Philippines: potential and challenges. The Laguna Lake Development Authority's forest-carbon development project.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP11056.PDF>
132. Carbon-forestry projects in the Philippines: potential and challenges. The Quirino forest-carbon development project in Sierra Madre Biodiversity Corridor
<http://dx.doi.org/10.5716/WP11057.PDF>
133. Carbon-forestry projects in the Philippines: potential and challenges. The Ikalahan Ancestral Domain forest-carbon development <http://dx.doi.org/10.5716/WP11058.PDF>
134. The Importance of Local Traditional Institutions in the Management of Natural Resources in the Highlands of Eastern Africa. <http://dx.doi.org/10.5716/WP11085.PDF>
135. Socio-economic assessment of irrigation pilot projects in Rwanda.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP11086.PDF>
136. Performance of three rambutan varieties (*Nephelium lappaceum* L.) on various nursery media.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP11232.PDF>
137. Climate change adaptation and social protection in agroforestry systems: enhancing adaptive capacity and minimizing risk of drought in Zambia and Honduras
<http://dx.doi.org/10.5716/WP11269.PDF>
138. Does value chain development contribute to rural poverty reduction? Evidence of asset building by smallholder coffee producers in Nicaragua
<http://dx.doi.org/10.5716/WP11271.PDF>
139. Potential for biofuel feedstock in Kenya. <http://dx.doi.org/10.5716/WP11272.PDF>
140. Impact of fertilizer trees on maize production and food security in six districts of Malawi.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP11281.PDF>

2012

141. Fortalecimiento de capacidades para la gestión del Santuario Nacional Pampa Hermosa: Construyendo las bases para un manejo adaptativo para el desarrollo local. Memorias del Proyecto. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12005.PDF>
142. Understanding rural institutional strengthening: A cross-level policy and institutional framework for sustainable development in Kenya <http://dx.doi.org/10.5716/WP12012.PDF>
143. Climate change vulnerability of agroforestry <http://dx.doi.org/10.5716/WP16722.PDF>
144. Rapid assesment of the inner Niger delta of Mali <http://dx.doi.org/10.5716/WP12021.PDF>
145. Designing an incentive program to reduce on-farm deforestation in the East Usambara Mountains, Tanzania <http://dx.doi.org/10.5716/WP12048.PDF>
146. Extent of adoption of conservation agriculture and agroforestry in Africa: the case of Tanzania, Kenya, Ghana, and Zambia <http://dx.doi.org/10.5716/WP12049.PDF>

147. Policy incentives for scaling up conservation agriculture with trees in Africa: the case of Tanzania, Kenya, Ghana and Zambia <http://dx.doi.org/10.5716/WP12050.PDF>
148. Commoditized or co-invested environmental services? Rewards for environmental services scheme: River Care program Way Besai watershed, Lampung, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12051.PDF>
149. Assessment of the headwaters of the Blue Nile in Ethiopia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12160.PDF>
150. Assessment of the uThukela Watershed, Kwazulu. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12161.PDF>
151. Assessment of the Oum Zessar Watershed of Tunisia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12162.PDF>
152. Assessment of the Ruwenzori Mountains in Uganda. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12163.PDF>
153. History of agroforestry research and development in Viet Nam. Analysis of research opportunities and gaps. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12052.PDF>
154. REDD+ in Indonesia: a Historical Perspective. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12053.PDF>
155. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Livelihood strategies and land use system dynamics in South Sulawesi <http://dx.doi.org/10.5716/WP12054.PDF>
156. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Livelihood strategies and land use system dynamics in Southeast Sulawesi. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12055.PDF>
157. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Profitability and land-use systems in South and Southeast Sulawesi. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12056.PDF>
158. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Gender, livelihoods and land in South and Southeast Sulawesi <http://dx.doi.org/10.5716/WP12057.PDF>
159. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Agroforestry extension needs at the community level in AgFor project sites in South and Southeast Sulawesi, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12058.PDF>
160. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Rapid market appraisal of agricultural, plantation and forestry commodities in South and Southeast Sulawesi. <http://dx.doi.org/10.5716/WP12059.PDF>

2013

161. Diagnosis of farming systems in the Agroforestry for Livelihoods of Smallholder farmers in Northwestern Viet Nam project <http://dx.doi.org/10.5716/WP13033.PDF>
162. Ecosystem vulnerability to climate change: a literature review. <http://dx.doi.org/10.5716/WP13034.PDF>
163. Local capacity for implementing payments for environmental services schemes: lessons from the RUPES project in northeastern Viet Nam <http://dx.doi.org/10.5716/WP13046.PDF>
164. Seri Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Strategi mata pencaharian dan dinamika sistem penggunaan lahan di Sulawesi Selatan <http://dx.doi.org/10.5716/WP13040.PDF>
165. Seri Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Mata pencaharian dan dinamika sistem penggunaan lahan di Sulawesi Tenggara <http://dx.doi.org/10.5716/WP13041.PDF>
166. Seri Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Profitabilitas sistem penggunaan lahan di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara <http://dx.doi.org/10.5716/WP13042.PDF>
167. Seri Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Gender, mata pencarian dan lahan di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara <http://dx.doi.org/10.5716/WP13043.PDF>

168. Seri Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Kebutuhan penyuluhan agroforestri pada tingkat masyarakat di lokasi proyek AgFor di Sulawesi Selatan dan Tenggara, Indonesia.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP13044.PDF>
169. Seri Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Laporan hasil penilaian cepat untuk komoditas pertanian, perkebunan dan kehutanan di Sulawesi Selatan dan Tenggara
<http://dx.doi.org/10.5716/WP13045.PDF>
170. Agroforestry, food and nutritional security <http://dx.doi.org/10.5716/WP13054.PDF>
171. Stakeholder Preferences over Rewards for Ecosystem Services: Implications for a REDD+ Benefit Distribution System in Viet Nam <http://dx.doi.org/10.5716/WP13057.PDF>
172. Payments for ecosystem services schemes: project-level insights on benefits for ecosystems and the rural poor <http://dx.doi.org/10.5716/WP13001.PDF>
173. Good practices for smallholder teak plantations: keys to success
<http://dx.doi.org/10.5716/WP13246.PDF>
174. Market analysis of selected agroforestry products in the Vision for Change Project intervention Zone, Côte d'Ivoire <http://dx.doi.org/10.5716/WP13249.PDF>
175. Rattan futures in Katingan: why do smallholders abandon or keep their gardens in Indonesia's 'rattan district'? <http://dx.doi.org/10.5716/WP13251.PDF>
176. Management along a gradient: the case of Southeast Sulawesi's cacao production landscapes
<http://dx.doi.org/10.5716/WP13265.PDF>

2014

177. Are trees buffering ecosystems and livelihoods in agricultural landscapes of the Lower Mekong Basin? Consequences for climate-change adaptation. <http://dx.doi.org/10.5716/WP14047.PDF>
178. Agroforestry, livestock, fodder production and climate change adaptation and mitigation in East Africa: issues and options. <http://dx.doi.org/10.5716/WP14050.PDF>
179. Trees on farms: an update and reanalysis of agroforestry's global extent and socio-ecological characteristics. <http://dx.doi.org/10.5716/WP14064.PDF>
180. Beyond reforestation: an assessment of Vietnam's REDD+ readiness.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP14097.PDF>
181. Farmer-to-farmer extension in Kenya: the perspectives of organizations using the approach.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP14380.PDF>
182. Farmer-to-farmer extension in Cameroon: a survey of extension organizations.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP14383.PDF>
183. Farmer-to-farmer extension approach in Malawi: a survey of organizations: a survey of organizations <http://dx.doi.org/10.5716/WP14391.PDF>
184. Seri Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Kuantifikasi jasa lingkungan air dan karbon pola agroforestri pada hutan rakyat di wilayah sungai Jeneberang
185. Options for Climate-Smart Agriculture at Kaptumo Site in Kenya <http://dx.doi.org/10.5716/WP14394.PDF>

2015

186. Agroforestry for Landscape Restoration and Livelihood Development in Central Asia
<http://dx.doi.org/10.5716/WP14143.PDF>

187. "Projected Climate Change and Impact on Bioclimatic Conditions in the Central and South-Central Asia Region" <http://dx.doi.org/10.5716/WP14144.PDF>
188. Land Cover Changes, Forest Loss and Degradation in Kutai Barat, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP14145.PDF>
189. The Farmer-to-Farmer Extension Approach in Malawi: A Survey of Lead Farmers. <http://dx.doi.org/10.5716/WP14152.PDF>
190. Evaluating indicators of land degradation and targeting agroforestry interventions in smallholder farming systems in Ethiopia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP14252.PDF>
191. Land health surveillance for identifying land constraints and targeting land management options in smallholder farming systems in Western Cameroon
192. Land health surveillance in four agroecologies in Malawi
193. Cocoa Land Health Surveillance: an evidence-based approach to sustainable management of cocoa landscapes in the Nawa region, South-West Côte d'Ivoire <http://dx.doi.org/10.5716/WP14255.PDF>
194. Situational analysis report: Xishuangbanna autonomous Dai Prefecture, Yunnan Province, China. <http://dx.doi.org/10.5716/WP14255.PDF>
195. Farmer-to-farmer extension: a survey of lead farmers in Cameroon. <http://dx.doi.org/10.5716/WP15009.PDF>
196. From transition fuel to viable energy source Improving sustainability in the sub-Saharan charcoal sector <http://dx.doi.org/10.5716/WP15011.PDF>
197. Mobilizing Hybrid Knowledge for More Effective Water Governance in the Asian Highlands <http://dx.doi.org/10.5716/WP15012.PDF>
198. Water Governance in the Asian Highlands <http://dx.doi.org/10.5716/WP15013.PDF>
199. Assessing the Effectiveness of the Volunteer Farmer Trainer Approach in Dissemination of Livestock Feed Technologies in Kenya vis-à-vis other Information Sources <http://dx.doi.org/10.5716/WP15022.PDF>
200. The rooted pedon in a dynamic multifunctional landscape: Soil science at the World Agroforestry Centre <http://dx.doi.org/10.5716/WP15023.PDF>
201. Characterising agro-ecological zones with local knowledge. Case study: Huong Khe district, Ha Tinh, Viet Nam <http://dx.doi.org/10.5716/WP15050.PDF>
202. Looking back to look ahead: Insight into the effectiveness and efficiency of selected advisory approaches in the dissemination of agricultural technologies indicative of Conservation Agriculture with Trees in Machakos County, Kenya. <http://dx.doi.org/10.5716/WP15065.PDF>
203. Pro-poor Biocarbon Projects in Eastern Africa Economic and Institutional Lessons. <http://dx.doi.org/10.5716/WP15022.PDF>
204. Projected climate change impacts on climatic suitability and geographical distribution of banana and coffee plantations in Nepal. <http://dx.doi.org/10.5716/WP15294.PDF>
205. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Smallholders' coffee production and marketing in Indonesia. A case study of two villages in South Sulawesi Province. <http://dx.doi.org/10.5716/WP15690.PDF>
206. Mobile phone ownership and use of short message service by farmer trainers: a case study of Olkalou and Kaptumo in Kenya <http://dx.doi.org/10.5716/WP15691.PDF>
207. Associating multivariate climatic descriptors with cereal yields: a case study of Southern Burkina Faso <http://dx.doi.org/10.5716/WP15273.PDF>
208. Preferences and adoption of livestock feed practices among farmers in dairy management groups in Kenya <http://dx.doi.org/10.5716/WP15675.PDF>

209. Scaling up climate-smart agriculture: lessons learned from South Asia and pathways for success <http://dx.doi.org/10.5716/WP15720.PDF>
210. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Local perceptions of forest ecosystem services and collaborative formulation of reward mechanisms in South and Southeast Sulawesi <http://dx.doi.org/10.5716/WP15721.PDF>
211. Potential and challenges in implementing the co-investment of ecosystem services scheme in Buol District, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP15722.PDF>
212. Tree diversity and its utilization by the local community in Buol District, Indonesia <http://dx.doi.org/10.5716/WP15723.PDF>
213. Vulnerability of smallholder farmers and their preferences on farming practices in Buol District, Indonesia <http://dx.doi.org/10.5716/WP15724.PDF>
214. Dynamics of Land Use/Cover Change and Carbon Emission in Buol District, Indonesia <http://dx.doi.org/10.5716/WP15725.PDF>
215. Gender perspective in smallholder farming practices in Lantapan, Phillippines. <http://dx.doi.org/10.5716/WP15726.PDF>
216. Vulnerability of smallholder farmers in Lantapan, Bukidnon. <http://dx.doi.org/10.5716/WP15727.PDF>
217. Vulnerability and adaptive capacity of smallholder farmers in Ho Ho Sub-watershed, Ha Tinh Province, Vietnam <http://dx.doi.org/10.5716/WP15728.PDF>
218. Local Knowledge on the role of trees to enhance livelihoods and ecosystem services in northern central Vietnam <http://dx.doi.org/10.5716/WP15729.PDF>
219. Land-use/cover change in Ho Ho Sub-watershed, Ha Tinh Province, Vietnam. <http://dx.doi.org/10.5716/WP15730.PDF>

2016

220. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Evaluation of the Agroforestry Farmer Field Schools on agroforestry management in South and Southeast Sulawesi, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16002.PDF>
221. Farmer-to-farmer extension of livestock feed technologies in Rwanda: A survey of volunteer farmer trainers and organizations. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16005.PDF>
222. Projected Climate Change Impact on Hydrology, Bioclimatic Conditions, and Terrestrial Ecosystems in the Asian Highlands <http://dx.doi.org/10.5716/WP16006.PDF>
223. Adoption of Agroforestry and its impact on household food security among farmers in Malawi <http://dx.doi.org/10.5716/WP16013.PDF>
224. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Information channels for disseminating innovative agroforestry practices to villages in Southern Sulawesi, Indonesia <http://dx.doi.org/10.5716/WP16034.PDF>
225. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Unravelling rural migration networks.Land-tenure arrangements among Bugis migrant communities in Southeast Sulawesi. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16035.PDF>
226. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Women's participation in agroforestry: more benefit or burden? A gendered analysis of Gorontalo Province. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16036.PDF>
227. Kajian Kelayakan dan Pengembangan Desain Teknis Rehabilitasi Pesisir di Sulawesi Tengah. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16037.PDF>
228. Selection of son tra clones in North West Vietnam. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16038.PDF>

229. Growth and fruit yield of seedlings, cuttings and grafts from selected son tra trees in Northwest Vietnam <http://dx.doi.org/10.5716/WP16046.PDF>
230. Gender-Focused Analysis of Poverty and Vulnerability in Yunnan, China <http://dx.doi.org/10.5716/WP16071.PDF>
231. Seri Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Kebutuhan Penyuluhan Agroforestri untuk Rehabilitasi Lahan di Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16077.PDF>
232. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Agroforestry extension needs for land rehabilitation in East Sumba, East Nusa Tenggara, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16078.PDF>
233. Central hypotheses for the third agroforestry paradigm within a common definition. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16079.PDF>
234. Assessing smallholder farmers' interest in shade coffee trees: The Farming Systems of Smallholder Coffee Producers in the Gisenyi Area, Rwanda: a participatory diagnostic study. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16104.PDF>
235. Review of agricultural market information systems in |sub-Saharan Africa. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16110.PDF>
236. Vision and road map for establishment of a protected area in Lag Badana, Lower Jubba, Somalia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16127.PDF>
237. Replicable tools and frameworks for Bio-Carbon Development in West Africa. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16138.PDF>
238. Existing Conditions, Challenges and Needs in the Implementation of Forestry and Agroforestry Extension in Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16141.PDF>
239. Situasi Terkini, Tantangan dan Kebutuhan Pelaksanaan Penyuluhan Kehutanan dan Agroforestri di Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16142.PDF>
240. The national agroforestry policy of India: experiential learning in development and delivery phases. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16143.PDF>
241. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Livelihood strategies and land-use system dynamics in Gorontalo. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16157.PDF>
242. Seri Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Strategi mata pencaharian dan dinamika sistem penggunaan lahan di Gorontalo. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16158.PDF>
243. Ruang, Gender dan Kualitas Hidup Manusia: Sebuah studi Gender pada komunitas perantau dan pengelola kebun di Jawa Barat. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16159.PDF>
244. Gendered Knowledge and perception in managing grassland areas in East Sumba, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16160.PDF>
245. Pengetahuan dan persepsi masyarakat pengelola padang aavana, Sebuah Kajian Gender di Sumba Timur. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16161.PDF>
246. Dinamika Pengambilan Keputusan pada komunitas perantau dan pengelola kebun di Jawa Barat. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16162.PDF>
247. Gaharu (eaglewood) domestication: Biotechnology, markets and agroforestry options. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16163.PDF>
248. Marine habitats of the Lamu-Kiunga coast: an assessment of biodiversity value, threats and opportunities. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16167.PDF>
249. Assessment of the biodiversity in terrestrial landscapes of the Witu protected area and surroundings, Lamu County Kenya. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16172.PDF>
250. An ecosystem services perspective on benefits that people derive from biodiversity of Coastal forests in Lamu County, Kenya <http://dx.doi.org/10.5716/WP16173.PDF>

251. Assessment of the biodiversity in terrestrial and marine landscapes of the proposed Laga Badana National Park and surrounding areas, Jubaland, Somalia.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP16174.PDF>

2017

252. Preferensi Petani terhadap Topik Penyuluhan dan Penyebaran Informasi Agroforestri di Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP16181.PDF>
253. Seri Agroforestri dan Kehutanan di Sulawesi: Keanekaragaman hayati jenis pohon pada hutan rakyat agroforestri di DAS Balangtieng, Sulawesi Selatan.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP16182.PDF>
254. Potensi dan Tantangan dalam Pengembangan Skema Ko-Investasi Jasa Lingkungan di Kabupaten Buol, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17008.PDF>
255. Keragaman Jenis Pohon dan Pemanfaatannya oleh Masyarakat di Kabupaten Buol, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17009.PDF>
256. Kerentanan dan preferensi sistem pertanian petani di Kabupaten Buol, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17010.PDF>
257. Dinamika Perubahan Penggunaan/Tutupan Lahan Serta Cadangan Karbon di Kabupaten Buol, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17011.PDF>
258. The Effectiveness of the Volunteer Farmer Trainer Approach vis-à-vis Other Information Sources in Dissemination of Livestock Feed Technologies in Uganda.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP17104.PDF>
259. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Impact of agricultural-extension booklets on community livelihoods in South and Southeast Sulawesi.
<http://dx.doi.org/10.5716/WP17125.PDF>
260. Petani Menjadi Penyuluh, Mungkinkah? Sebuah Pendekatan Penyuluhan dari Petani ke Petani di Kabupaten Sumba Timur. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17145.PDF>
261. Dampak Perubahan Tutupan Lahan terhadap Kondisi Hidrologi di Das Buol, Kabupaten Buol, Sulawesi Tengah: Simulasi dengan Model Genriver. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17146.PDF>

The World Agroforestry Centre is an autonomous, non-profit research organization whose vision is a rural transformation in the developing world as smallholder households increase their use of trees in agricultural landscapes to improve food security, nutrition, income, health, shelter, social cohesion, energy resources and environmental sustainability. The Centre generates science-based knowledge about the diverse roles that trees play in agricultural landscapes, and uses its research to advance policies and practices, and their implementation that benefit the poor and the environment. It aims to ensure that all this is achieved by enhancing the quality of its science work, increasing operational efficiency, building and maintaining strong partnerships, accelerating the use and impact of its research, and promoting greater cohesion, interdependence and alignment within the organization.



United Nations Avenue, Gigiri • PO Box 30677 • Nairobi, 00100 • Kenya
Telephone: +254 20 7224000 or via USA +1 650 833 6645
Fax: +254 20 7224001 or via USA +1 650 833 6646
Email: worldagroforestry@cgiar.org • www.worldagroforestry.org

Southeast Asia Regional Program • Sindang Barang • Bogor 16680
PO Box 161 • Bogor 16001 • Indonesia
Telephone: +62 251 8625415 • Fax: +62 251 8625416
• Email: icraf-indonesia@cgiar.org
www.worldagroforestry.org/region/southeast-asia
blog.worldagroforestry.org