

PENAKSIRAN TINGKAT EMISI DAN SEQUESTRASI KARBON DI JAWA TIMUR

Rika Ratna Sari¹, Kurniatun Hairiah², Widiyanto² dan Suyanto³

¹PS. Pengelolaan Tanah dan Air Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, ²Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, ³World Agroforestry Centre
E-mail: rieqa_r@yahoo.co.id

ABSTRACT

Climate change mitigation from forestry and other land use is an effort to reduce the level of greenhouse gas emissions (GHG) in the atmosphere through optimizing carbon stocks in forest and non-forest. Extent of agroforestry/community forests in East Java has increased, it can be potential to enhance terrestrial carbon stocks and reduce carbon emissions level. The purpose of this research was to estimate the level of carbon emissions in East Java (1994-2001, 2001-2006, and 2006-2012). Carbon emissions from land use change ($\text{Mg CO}_2 \text{ yr}^{-1}$) were calculated by RaCSA (Rapid Carbon Stock Appraisal) using REDD ABACUS SP software. Emission level was calculated by integrating the activity data due to changes in land cover (ha yr^{-1}) with emission factors due to changes in time averaged carbon stock of the two land uses ($\text{Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1}$). Period of 1994-2001, the emissions level in East Java was $0.23 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. Emission level increased to $7.64 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ in 2001-2006). It was caused by change of 10% forest, 25% plantation and 21% agroforestry to other land uses. However, in the period of 2006-2012, the emission level had negative value or even sequest of $2.39 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. It was due to a significant increase (approximately 22%) on agroforestry in East Java. Emission level in East Java was much lower than the national average emission around $2.14 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. It was calculated with the same procedure, but the data at the national level were calculated based on tree biomass carbon stock.

Keywords : Carbon emission level, East java, Agroforestry/community forest

I. PENDAHULUAN

Pengoptimalan cadangan karbon pada kawasan hutan dan non hutan di Jawa Timur dapat membantu memitigasi perubahan iklim dari sektor kehutanan dan penggunaan lahan lainnya. Upaya ini merupakan salah satu upaya untuk menekan tingkat emisi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Upaya penurunan emisi tidak hanya ditentukan oleh kawasan hutan saja, namun ditentukan pula oleh penggunaan lahan lain seperti lahan pertanian, hutan rakyat, dan penggunaan lainnya atau yang dikenal dengan AFOLU (*Agriculture, Forest, and Other Land Use systems*). Dengan demikian proses ekstrapolasi karbon dari tingkat lahan ke tingkat lansekap yang mencakup semua jenis penggunaan lahan menjadi sangat penting untuk dilakukan. Upaya pencegahan tersebut perlu dilakukan untuk menghindari efek berbahaya yang ditimbulkan dari berubahnya iklim global (Eliasch, 2008).

Luasan penggunaan lahan berbasis pepohonan (hutan rakyat/agroforestri) di Jawa Timur semakin meningkat setiap tahunnya sehingga tingkat sequestrasi karbon di Jawa Timur diduga akan meningkat. Darusalam *et al.* (2009) melaporkan hasil penafsiran citra satelit Landsat tahun 2006/2008 terjadi peningkatan luasan agroforestri/hutan rakyat di Jawa Timur menjadi 523.534,68 ha. Sedang luas hutan alami (hutan konservasi dan hutan lindung yang ada adalah 545.753,6 ha (Dephut, 2002). Dengan demikian, meningkatnya kawasan tutupan pohon di lahan milik rakyat di Jawa Timur sangat berpotensi dalam meningkatkan cadangan karbon atau mengurangi emisi karbon kawasan.

Perkembangan sistem penggunaan lahan di Jawa Timur terutama pada kawasan non-hutan (lahan-lahan pertanian) sangat dipengaruhi oleh manajemen lahan meliputi pemilihan jenis tanaman, kepadatan, serta perawatannya (pemupukan, pengendalian gulma, hama dan penyakit) yang akhirnya akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan besarnya cadangan karbon. Jumlah karbon yang disimpan tiap sistem akan berbeda karena setiap jenis vegetasi memiliki pertumbuhan

yang berbeda, sehingga kemampuan dalam menyerap dan menyimpan karbon juga berbeda (Hairiah *et al.*, 2011).

Guna mendukung dan mensukseskan target pengurangan emisi sebesar 26% pada tahun 2020 mendatang baseline emisi karbon di Jawa Timur sangat perlu ditetapkan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengestimasi tingkat emisi atau sequestrasi karbon di Jawa timur pada tiga periode waktu (Tahun 1994-2001, 2001-2006, dan 2006-2012). Informasi kuantitatif tingkat emisi karbon yang diperoleh akan bermanfaat bagi pemerintah daerah dan masyarakat dalam mempersiapkan baseline data emisi karbon di tingkat sub-nasional.

II. METODE PENELITIAN

Penaksiran emisi C dilakukan melalui penghitungan perubahan cadangan karbon pada skala lansekap menggunakan metoda RaCSA (*Rapid Carbon Stock Appraisal*), yang diperoleh dengan mengintegrasikan data aktivitas dengan faktor emisi. Data aktivitas diperoleh dari analisis perubahan tutupan lahan yang berasal dari citra satelit pada periode tahun yang berbeda. Sedangkan faktor emisi merupakan perubahan cadangan karbon akibat dari perubahan tutupan lahan yang diperoleh dari selisih rata-rata cadangan karbon per siklus tanam (*time averaged C Stock-TAC*) masing-masing penggunaan lahan. Penghitungan TAC dilakukan pada setiap penggunaan lahan, yakni hutan alam (dihitung dari 23 plot hutan alam di wilayah Tahura R. Soerjo (Hairiah *et al.*, 2010 dan Sari, 2010); perkebunan (dihitung dari 84 plot cadangan karbon di Kabupaten Malang, Pasuruan, dan Blitar (Hairiah *et al.*, 2010; Hairiah *et al.*, 2012; Sari, 2010); agroforestry dan hutan rakyat (dihitung dari 116 plot cadangan karbon di Kabupaten Malang, Pasuruan, dan Blitar (Hairiah *et al.*, 2012; Sari, 2010). Perubahan karbon pada tingkat lansekap dapat berupa emisi atau sequestrasi dalam satuan $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$. Hasil tersebut kemudian dikonversi menjadi CO_2 dengan mengalikannya dengan faktor 3,67 (Berat Masa CO_2 /Berat Atom C). Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh World Agroforestry Centre (2010), yakni program REDD ABACUS SP (Harja *et al.*, 2012).

A. Data Aktivitas

Analisis perubahan tutupan lahan dilakukan menggunakan alat bantu *Geographic Information System* (GIS) dengan melakukan "*tematic change*" pada dua peta tutupan lahan dengan periode tahun berbeda dalam satuan ha. Analisis perubahan tutupan lahan pada penelitian ini dilakukan pada empat periode tahun, yakni 1994-2001, 2001-2006, 2006-2012, dan 1994-2012. Hasil analisis tersebut dibuat dalam matriks perubahan tutupan lahan untuk selanjutnya digunakan sebagai masukan data (input data) dalam program REDD ABACUS SP.

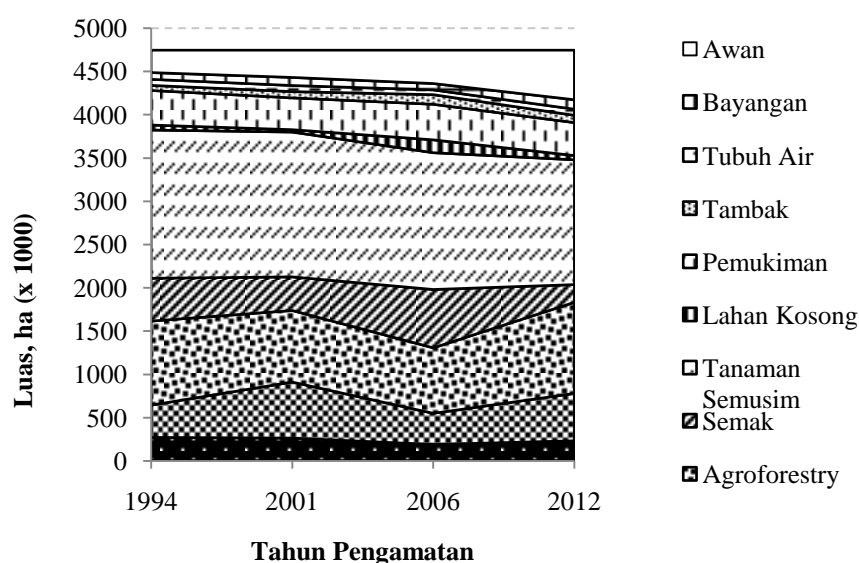
B. Faktor Emisi

Perubahan cadangan karbon tiap perubahan tutupan lahan dihitung dengan menggunakan metode *stock difference* untuk memperoleh apakah perubahan tersebut menyebabkan emisi atau sequestrasi pada dua waktu yang berbeda. Emisi dapat terjadi apabila perubahan tutupan lahan menyebabkan berkurangnya cadangan karbon. Sebaliknya, sequestrasi terjadi jika perubahan tutupan lahan menyebabkan bertambahnya cadangan karbon. Perhitungan sederhana dapat dilihat pada persamaan $\Delta C = C_A - C_B$ dengan ΔC adalah perubahan total cadangan karbon, Mg ha^{-1} ; C_A adalah total cadangan karbon tutupan lahan A, Mg ha^{-1} ; dan C_B adalah total cadangan karbon tutupan lahan B, Mg ha^{-1} . Selanjutnya perhitungan faktor emisi disusun dalam matriks faktor emisi atau sequestrasi karbon dan selanjutnya digunakan sebagai masukan data dalam program REDD ABACUS SP.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perubahan tutupan lahan Tahun 1994, 2001, 2006, dan 2012

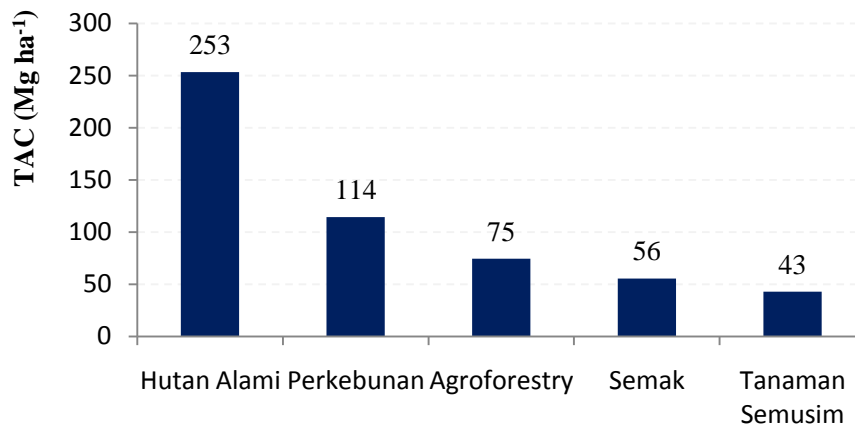
Berdasarkan hasil klasifikasi citra satelit pada berbagai tahun pengamatan (tahun 1994-2012) menunjukkan bahwa luasan hutan alami relatif stabil yakni antara 256.610 – 167.750 ha atau hanya sekitar 5% dari total luasan Jawa Timur (Gambar 1). Agroforestri/HR menunjukkan perubahan yang cukup bervariasi pada setiap periode. Pada tahun 1994, terjadi penurunan luasan agroforestri/HR dari 971.308 ha menjadi 826.539 ha. Pada tahun 2006 penurunan luasan agroforestri/HR tetap terjadi menjadi 756.163 ha. Dalam kurun waktu 6 tahun terakhir (2006-2012), luasan agroforestri/HR menjadi 1.052.550 ha atau 22% dari total luas kawasan Jawa Timur. Dalam kurun waktu 6 tahun terakhir (periode tahun 2006-2012), peningkatan luasan agroforestri/HR berasal dari semak belukar. Sekitar 23% luasan lahan semak belukar telah berubah menjadi agroforestri/HR, sehingga diharapkan tingkat sequestrasi karbon akan meningkat.



Gambar 1. Perubahan tutupan lahan di Jawa Timur pada periode tahun 1994-2012

B. Rata-rata cadangan karbon per siklus tanam (*Time Averaged C Stock*)

Nilai rata-rata cadangan karbon (*time-averaged C stock-TAC*) disajikan dalam Gambar 2. *Time averaged C Stock* untuk hutan alam diperoleh dengan merata-rata cadangan karbon di berbagai tipe tutupan hutan alami Tahura R. Soerjo, yakni hutan alami klas rapat dan jarang, hutan alami dengan dominasi tanaman kukrup (*Engelhardia spicata*), tanaman tutup (*Macaranga bancana*), cemara gunung (*Casuarina junghuhnia*), dan hutan terganggu yakni 253 Mg ha⁻¹. Nilai tersebut berada pada nilai kisaran normal *time averaged C Stock* hutan alami di daerah tropis yang berkisar antara 207- 405 Mg ha⁻¹ (Agus *et al.*, 2009). Perbedaan ini dapat disebabkan oleh variasi kondisi iklim dan jenis tanahnya (Palm *et al.*, 1999). Nilai rata-rata cadangan karbon pada perkebunan (pinus, mahoni, bambu, damar, cengkeh, langsep, kopi, coklat, dan sengon) adalah 114 Mg ha⁻¹. Sedangkan TAC pada penggunaan lahan agroforestri/HR adalah 75 Mg ha⁻¹ (Gambar 2). Untuk keperluan ekstrapolasi ke tingkat bentang lahan, rata-rata karbon untuk tutupan tanaman semusim dan semak belukar menggunakan data-data hasil penelitian sebelumnya (World Agroforestry Centre, 2011 dan Hairiah *et al.*, 2011) yang ditambah dengan rata-rata cadangan C tanah yaitu 43 Mg ha⁻¹, dan 56 Mg ha⁻¹.



Gambar 2. Cadangan C rata-rata agroforestri dan hutan rakyat (HR) pada beberapa tutupan lahan

C. Estimasi Emisi dan Sequestrasi Karbon di Jawa Timur

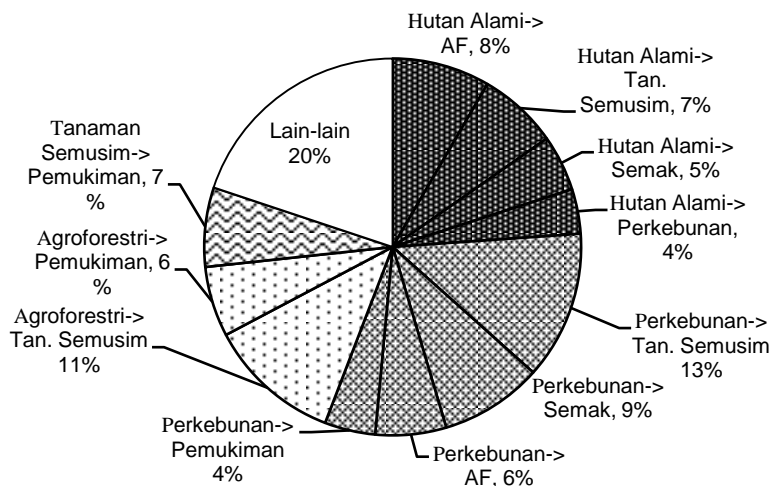
Hasil analisis dinamika cadangan karbon di Jawa Timur dengan menggunakan program REDD ABACUS SP pada tahun 1994-2012 disajikan pada Tabel 1. Pada periode tahun 1994-2012 (18 tahun), Jawa Timur seluas 3.424.032 ha mempunyai total emisi karbon sebesar 1,76 Mg ha⁻¹ th⁻¹, emisi berasal dari perubahan lahan agroforestri menjadi tanaman semusim dan pemukiman sekitar 22% dan 11%, sedangkan perubahan lahan hutan alam menjadi perkebunan dan agroforestri berkontribusi emisi sekitar 8% dan 13%. Total sequestrasi di Jawa Timur sebesar 1,91 Mg C ha⁻¹ th⁻¹, perubahan lahan sebagai sequester tertinggi berasal dari perubahan lahan tanaman semusim berubah menjadi perkebunan dan agroforestri yakni sekitar 21% dan 23%. Dengan demikian pada periode tersebut, Jawa Timur mempunyai net emisi negatif yang artinya Provinsi Jawa Timur tidak mengemisikan karbon tetapi justru menyerap karbon sekitar 0,15 Mg ha⁻¹ th⁻¹ atau setara dengan 0,55 Mg CO₂ ha⁻¹ th⁻¹. Hal tersebut terjadi karena adanya peningkatan tutupan pekebunan secara nyata pada tahun 1994 – 2001 (7 tahun) dari 214.245 ha menjadi 435.294 ha, dan peningkatan luasan agroforestri pada tahun 1994 sebesar 780.273 ha menjadi 921.618 ha pada tahun 2012. Namun demikian, apabila ditinjau lebih dalam lagi, terjadi variasi tingkat emisi/sequestrasi dalam kurun waktu 18 tahun terakhir.

Tabel 1. Tingkat emisi/sequestrasi karbon di Jawa Timur periode tahun 1994-2012

	1994-2001 (7 tahun)	2001-2006 (5 tahun)	2006-2012 (6 tahun)	1994-2012 (18 tahun)
*Luas, ha	3.424.032	3.424.032	3.424.032	3.424.032
Emisi, Mg C ha ⁻¹ th ⁻¹	1,81	3,84	1,96	1,76
Sequestrasi, Mg C ha ⁻¹ th ⁻¹	1,75	1,76	2,61	1,91
Net Emisi, Mg C ha ⁻¹ th ⁻¹	0,06	2,08	-0,65	-0,15
Net Emisi, Mg CO ₂ ha ⁻¹ th ⁻¹	0,23	7,64	-2,39	-0,55

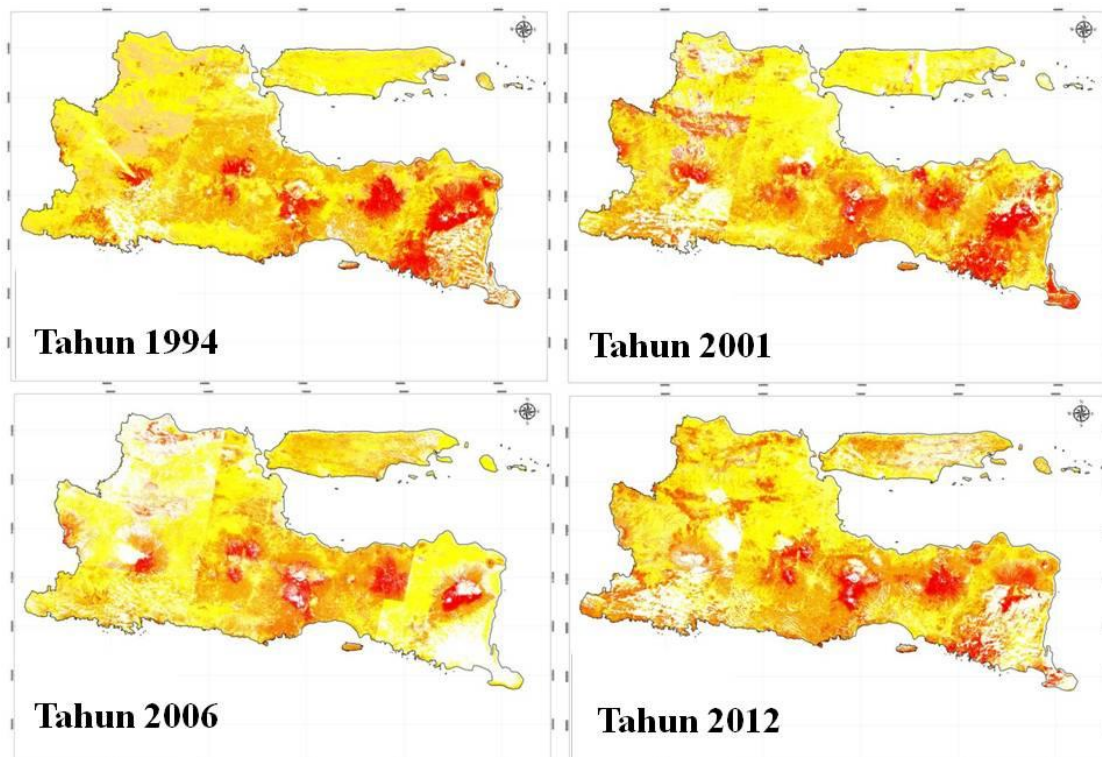
Keterangan : *Luas = Luas tutupan yang dianalisa (73% dari total luas Jawa Timur), sisanya (27%) termasuk dalam 'no data' (awan dan bayangan)

Periode tahun 1994-2001, total emisi karbon di Jawa Timur adalah 1,81 Mg ha⁻¹ th⁻¹ dan total sequestrasi sebesar 1,75 Mg C ha⁻¹ th⁻¹. Pada periode ini, Jawa Timur memiliki net emisi sebesar 0,06 Mg C ha⁻¹ th⁻¹ atau 0,23 Mg CO₂ ha⁻¹ th⁻¹. Sedangkan pada periode 5 tahun berikutnya (Tahun 2001-2006), total emisi karbon meningkat dua kali lipat menjadi 3,84 Mg ha⁻¹ th⁻¹ dan total sequestrasi karbon tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan yakni hanya 1,76 Mg ha⁻¹ th⁻¹, sehingga net emisi karbon meningkat menjadi 2,08 Mg ha⁻¹ th⁻¹ atau 7,64 Mg CO₂ ha⁻¹ th⁻¹.



Gambar 3. Perubahan lahan penyumbang emisi terbesar pada periode tahun 2001-2006

Tingginya emisi pada periode tahun tersebut disebabkan karena adanya perubahan lahan hutan menjadi agroforestri, perkebunan, semak dan tanaman semusim yang menyumbang sekitar 24% dari total emisi, perkebunan menjadi agroforestri, semak, tanaman semusim dan pemukiman sekitar 32% dari total emisi dan agroforestri menjadi tanaman semusim dan pemukiman sekitar 17% dari total emisi (Gambar 3). Distribusi cadangan karbon di Provinsi Jawa Timur pada tahun 1994, 2001, 2006, dan 2012 disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Perubahan dan distribusi karbon di Jawa Timur berdasarkan analisis peta tutupan lahan tahun 1994, 2001, 2006 dan 2012

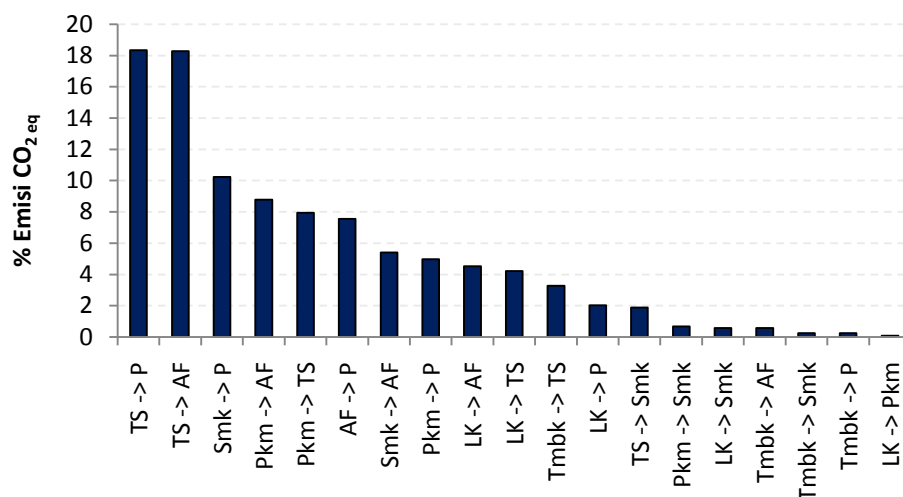
Pada periode tahun berikutnya yakni tahun 2006-2012, total emisi karbon dapat ditekan menjadi $1,96 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$ dan sequestrasi meningkat menjadi $2,61 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$. Sehingga pada 6 tahun terakhir, Jawa Timur mempunyai net emisi negatif atau mampu menyerap C sebesar $0,65 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$ atau setara $2,39 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$. Agroforestri mampu menyerap C sebesar $0,98 \text{ Mg ha}^{-1}$

th⁻¹ dari total sequestrasi 2,61 Mg C ha⁻¹ th⁻¹ atau hampir 40% (Tabel 2). Sedangkan perkebunan mampu menyerap C sebesar 1,13 Mg ha⁻¹ th⁻¹ atau hampir 45%. Meskipun tanaman semusim mampu menyerap 15% C dari total sequestrasi, namun pada suatu saat biomasa tanaman akan dipanen sehingga biomasa akan keluar dari lahan.

Tabel 2. Kontribusi tutupan lahan dalam menyerap (sequestrasi) emisi C pada periode tahun 2006-2012

Tutupan lahan	Sequestrasi	
	Mg C ha ⁻¹ th ⁻¹	%
Agroforestri	0,98	37,62
Perkebunan	1,13	43,43
Semak	0,09	3,46
Tanaman semusim	0,40	15,49
Total	2,61	100,00

Hal ini sejalan dengan program pemerintah dalam menekan dan mengurangi emisi yang dicanangkan melalui suatu gerakan lingkungan seperti Gerhan, dll serta mulai sadarnya masyarakat mengenai pentingnya menanam pohon. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya luasan agroforestri atau hutan rakyat sebesar 60% dari total luasan agroforestri tahun 2006 dan meningkatnya 50% kawasan perkebunan dari luasan tahun 2006. Perubahan tanaman semusim menjadi perkebunan dan agroforestri serta pemanfaatan lahan kosong untuk direhabilitasi menjadi agroforestri/hutan rakyat dan perkebunan nampaknya dapat meningkatkan serapan karbon (Gambar 5). Agroforestri mampu memperbaiki kesuburan tanah terutama pada tanah miskin di daerah tropis akibat masukan seresahnya yang beragam (Montagnini *et al.*, 2004).



Gambar 5. Perubahan lahan sebagai penyerap (sequester) terbesar pada periode tahun 2006-2012

(Ket: TS= tanaman semusim; P= perkebunan; AF= agroforestri; Smk= semak; Pkm= pemukiman; LK= lahan kosong; Tmbk= Tambak)

Tingkat emisi negatif di Jawa Timur dapat disebabkan meningkatnya luasan agroforestri/hutan rakyat dan perkebunan sehingga meningkatkan cadangan C di Jawa Timur. Tingkat emisi CO₂ di Jawa Timur tersebut jauh lebih kecil dari pada rata-rata emisi CO₂ di Indonesia. Pada tahun 1990-2005, rata-rata emisi Indonesia adalah 2,14 Mg CO₂ ha⁻¹ th⁻¹ (Dewi *et al.*, 2010) yang berasal dari perubahan tutupan dan penggunaan lahan (angka tersebut belum termasuk emisi CO₂ dari alih guna hutan pada lahan gambut). Estimasi emisi tersebut masih menggunakan data NFI (*National Forest Inventory*) yaitu data biomasa pohon saja sehingga belum termasuk data biomasa tumbuhan bawah,

nekromasa dan emisi dari lahan gambut sehingga estimasi emisi karbon tersebut mungkin masih lebih rendah dari angka emisi sebenarnya (Hairiah *et al.*, 2012).

Pemanfaatan lahan terlantar seperti semak belukar dan lahan kosong diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif dalam meningkatkan cadangan karbon kawasan. Peningkatan diversifikasi jenis pohon pada lahan-lahan pertanian baik dalam sistem agroforestri maupun hutan rakyat melalui jenis pohon yang beraneka ragam (timber dan buah-buahan) dengan variasi umur yang berbeda dapat meningkatkan potensi lahan sebagai penyimpan karbon. Namun demikian, peningkatan proteksi hutan alam tetap penting untuk ditingkatkan untuk menghindari emisi yang dapat timbul dari deforestasi dan degradasi hutan.

IV. KESIMPULAN

Estimasi net emisi di Jawa Timur pada periode 1994-2001 adalah $0,06 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$ atau setara dengan $0,23 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$ dan tahun 2001-2006 mengalami peningkatan mencapai $2,08 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$ atau setara dengan $7,64 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$. Sedangkan pada periode 2006-2012, net emisi menurun bahkan nilainya menjadi negatif, artinya Jawa Timur menjadi sequester (penyerap karbon) sebesar $0,65 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$ atau setara dengan $2,39 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$. Hal ini disebabkan karena meningkatnya luasan agroforestri/HR. Luas agroforestri/HR sekitar 22% dari luas total tahun 2012 mampu menyerap atau menjadi sequester C sebesar $0,98 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terselenggara atas kerjasama penelitian dengan BALITBANG Provinsi Jawa Timur melalui kegiatan penelitian “Kajian potensi hutan rakyat dalam rangka penyerapan emisi karbon sebagai upayaantisipasi global warming” tahun 2012. Data yang digunakan dalam penulisan makalah ini berasal dari 3 kegiatan penelitian pengukuran karbon di Jawa Timur yang didanai oleh *World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia dan the Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ)*, Germany melalui kegiatan TUL-SEA (*Trees in multi-Use Landscapes in Southeast Asia*) tahun 2008, MENRISTEK melalui Hibah Penelitian Riset Dasar tahun 2006-2008 dan dari BALITBANG Provinsi Jawa Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Darusalam, S., Isfiati, S., Irawan, Muldalyanto, Rahardian, E., Mishayani. 2009. Potret Hutan Provinsi Jawa Timur. BPKH Wilayah Jawa-Madura. Balai Pemantaan Kawasan Hutan Wilayah XI, Yogyakarta.
- Departemen Kehutanan. 2002. Data dan Informasi Kehutanan Propinsi Jawa Timur. Pusat Inventarisasi dan Statistik Kehutanan, Badan Planologi Kehutanan. Jakarta, Indonesia.
- Dewi, S., Suyanto, van Noordwijk, M. 2010. Institutioning emissions reduction as part of sustainable development planning at national and sub-national levels in Indonesia. ALLREDDI Brief04. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Program.
- Ekadinata, A., dan Dewi, S. 2011. Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Perubahan Penggunaan Lahan di Indonesia. ALLREDDI-World Agroforestry Centre. Bogor.
- Eliasch, J. (2008). Climate Change: Financing global forests. *The Eliasch Review*. London: Government of the United Kingdom.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., Rahayu, S. 2011. Petunjuk praktis Pengukuran cadangan karbon dari tingkat plot ke tingkat bentang lahan. Edisi ke 2. World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia and University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia.

- Hairiah, K., Widiyanto, Wicaksono, K. S., Sari, R. R., Saputra, D.D., Lestari, N. D. 2012. Kajian Ekonomi Potensi Hutan Rakyat Dalam Rangka Penyerapan Emisi Karbon Sebagai Upaya Antisipasi Global Warming Di Jawa Timur. Laporan penelitian kerjasama Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang dengan Badan Penelitian dan Pengembangan (BALITBANG) Provinsi Jawa Timur.
- Harja, D., Dewi, S., Van Noordwijk, M., Ekadinata, A., Rahmanulloh, A. dan Johana, F. 2012. REDD Abacus SP. Buku Panduan Pengguna dan *Software*. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program. 148 p.
- Sari, R. R. 2010. Potensi Hutan Rakyat dan Agroforestri sebagai cadangan karbon di Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan. Skripsi S1 Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Montagnini, F., and Nair, P. K. R. 2004. Carbon sequestration: An underexploited Environmental benefit of agroforestry systems. *Journal of Agroforestry systems* 61: p: 281-295.