

## ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN KONTRIBUSI HUTAN KEMASYARAKATAN DALAM PENYEDIAAN CADANGAN KARBON DI DAS JANGKOK

Markum<sup>1)</sup>, K. Hairiah<sup>2)</sup>, D. Suprayogo<sup>2)</sup> dan E. Ariesoesiloningsih<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Pascasarjana Universitas Brawijaya, Malang dan

Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Pulau Lombok

<sup>2)</sup> dan <sup>3)</sup>Dosen Fakultas Pertanian dan Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

### Abstract

People who live around Jangkok Watershed in Lombok in general practices agroforestry system under Community Based Forest Management (CBFM) scheme. Objective of this research is to estimate changes of carbon stock in relation to extension of CBFM land. This research was carried out in 2009-2010. Estimation of carbon emission is based on analysis of carbon stock changes using RaCSA (*Rapid Carbon Stock Appraisal*) method that consists of 2 steps: (1) Estimate temporarily land forest cover change through analysis of Landsat satellite from 1995 to 2009, (2) Measuring of carbon stock of land forest cover in various density. Based on remote sensing interpretation Within 14 year period of time, density of land forest cover in Jangkok Watershed has been changing. Forest with high density decrease 43% mean while area for moderate and low density increase by 20% and 17% respectively. Carbon stock for the forest with high density is represented by primary forest about 360 t C/ha, Mahogany forest has 395 t C/ha. Forest with moderate density found in Candlenut forest produces 161 t C/ha and in CBFM about 147 t C/ha with age of tree on average 14 years. Carbon stocking CBFM is varied, the highest was found in area with Candlenut as dominant trees (161 t C/ha), followed area by Mahogany and fruits produced 159 t C/ha, by with Cacao (146 t C/ha), dominant by fruit tree (120 t/ha). Total carbon stock in Forest areas of Jangkok Watershed (12.680 ha) is about 2.02 M t with 25.1% is from CBFM.

*Key words: land forest cover change, CBFM, carbon stock*

### Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Jangkok adalah salah satu DAS yang ada di Pulau Lombok dan termasuk DAS prioritas. Di kategorikan DAS prioritas, karena lanskapnya mencakup wilayah kota mataram, yang memiliki penduduk terpadat di Nusa Tenggara Barat. Oleh karena itu, saat ini DAS Jangkok menjadi salah satu perhatian nasional untuk dikembangkan sebagai DAS model dalam hubungannya dengan pengelolaan DAS terpadu. Selain itu, salah satu nilai strategis kawasan hutan DAS Jangkok, bahwa di kawasan ini didalamnya terdiri atas beberapa fungsi

hutan, yaitu Taman Nasional Gunung Rinjani (TNGR), Taman Hutan Raya (Tahura), dan Hutan Lindung.

Pada tahun 1995, hutan di kawasan DAS Jangkok mulai dikembangkan sistem pengelolaan hutan berbasis masyarakat dengan skema Hutan Kemasyarakatan (HKm). Pengembangan skema ini dalam rangka mengakomodasi tuntutan masyarakat mendapatkan akses mengelola hutan untuk perbaikan kesejahteraan mereka. Awalnya di lakukan ujicoba praktik HKm seluas 25 ha, kemudian diperluas lagi 211 ha, sehingga total menjadi 236 ha. Pada tahun 2010, Menteri

Kehutanan memberikan ijin di lokasi tersebut sebagai kawasan pencadangan areal HKm, seluas 185 ha dari 236 ha yang ada. Dalam praktiknya, saat ini telah ada lahan seluas 3.672 ha yang dikelola oleh masyarakat sebagai lahan HKm.

Jika dilihat dari spirit lahirnya kebijakan HKm, adalah bermuara pada dua tujuan besar yaitu mendukung pelestarian hutan dan sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Maka pertanyaannya adalah, apakah praktik HKm di DAS Jangkok telah memenuhi tujuan tersebut, khususnya dalam perspektif pelestarian hutan. Untuk menjawab hal tersebut salah satu pendekatan yang layak untuk digunakan adalah dengan mengetahui, seberapa besar cadangan karbon yang disediakan oleh adanya praktik HKm dari berbagai pola tersebut.

Nilai cadangan karbon adalah salah satu pendekatan yang dapat menjelaskan perubahan hutan, karena jumlah karbon dapat menggambarkan kondisi hutan, apakah dalam kondisi baik atau rusak (Hairiah *et al.*, 2002; Hairiah *et al.*, 2006; Hairiah *et al.*, 2008; Mutuo *et al.*, 2005; Silver *et al.*, 2004; Woomer *et al.*, 2000). Misalnya hutan yang masih baik memiliki nilai cadangan karbon pada kisaran 350–500 Mg ha<sup>-1</sup>, perubahan hutan menjadi lahan pertanian dengan sistem agroforestri menurunkan cadangan karbon menjadi 150-290 Mg ha<sup>-1</sup>. Jumlah cadangan karbon semakin kecil jika hutan dikonversi ke sistem ubikayu, kehilangan C di atas permukaan tanah dapat mencapai 300-350 MgC ha<sup>-1</sup>.

Perhitungan jumlah cadangan karbon dapat dilakukan melalui pengukuran pada tingkat plot (lokasi) hasilnya kemudian di konversi untuk perhitungan pada skala kawasan, pulau dan nasional (Hairiah *et al.*, 2007). Tiga pendekatan yang umum digunakan untuk pendugaan biomass adalah pengukuran lapangan, Remote

Sensing (RS) dan Sistem Informasi Geography (SIG) (ICRAF, 2008; Lu, 2006; Lusiana *et al.*, 2007)

Tujuan penelitian adalah untuk 1) mengetahui perubahan tutupan lahan di kawasan hutan DAS Jangkok, 2) mengestimasi cadangan karbon pada berbagai tutupan lahan dan kawasan, 3) mengetahui kontribusi emisi/sequestrasi karbon dalam kaitannya dengan perluasan HKm.

### Metode Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan pada tahun 2009/2010, di Desa Sesaot, Lebah Sempaga, dan Buwun Sejati yang termasuk dalam kawasan DAS Jangkok, Pulau Lombok. Estimasi perubahan cadangan karbon dengan menggunakan metoda RaCSA (Rapid Carbon Stock Appraisal) yang terdiri dari 2 tahap: (1) Estimasi perubahan tutupan hutan secara temporal, melalui analisis citra Satelit Landsat 5TM tahun 1995-2000-2005-2009, (2) Mengukur cadangan karbon di hutan pada berbagai tutupan lahan menggunakan persamaan allometrik. Tutupan lahan yang diukur cadangan karbon pada tingkat lapangan adalah : Hutan Primer (alam), hutan mahoni, hutan kemiri, Hkm dominan kemiri, Hkm dominan mahoni dan buah-buahan, HKm dominan cokelat dan kopi, Hkm dominan buah-buahan, dan tutupan lahan vegetasi jarang (dominan pisang dan belukar). Keseluruhan jumlah plot yang diukur ada 17 plot, mewakili berbagai tutupan lahan tersebut.

Teknik untuk menganalisis perubahan tutupan lahan pada level kawasan digunakan teknik klasifikasi terarah (*supervised classification*) yaitu teknik pengkelasan image didasarkan atas nilai pixel yang sama, pada citra Landsat 5TM pada tahun 1995, 2000, 2005 dan 2009. Klasifikasi image untuk DAS Jangkok secara umum dibedakan ke dalam beberapa kelas tutupan lahan yaitu: 1) Hutan Primer

atau Hutan Alam atau vegetasi tutupan padat, 2) Hutan Pinus (vegetasi dataran tinggi), 3) Agroforestri (HKm) atau vegetasi tutupan sedang, 4) Belukar (tutupan Jarang), 5) Lahan terbuka, 6) Sawah, 7) Badan Air, 8) Pemukiman dan infrastruktur.

Dasar untuk melakukan estimasi cadangan karbon pada berbagai tutupan lahan di tingkat DAS mengacu pada hasil pengukuran karbon pada tingkat plot. Ukuran plot meliputi plot besar (20 m x 100 m), plot sedang (4 m x 50 m) dan plot kecil (0.5 m x 0.5 m). Plot besar untuk mengetahui nilai karbon pada pohon besar (diameter di atas 30 cm), plot sedang mengukur karbon untuk pohon ukuran 5-

30 cm, dan plot kecil untuk mengukur karbon tumbuhan bawah tegakan, dan seresah.

Pengukuran cadangan karbon pada tingkat plot dilakukan dengan menghitung nilai karbon (C) di atas tanah dan C di bawah tanah (FAO, 2004; Hairiah, 2007; IPCC, 2001). C di atas tanah meliputi biomassa pohon, biomassa tumbuhan bawah, nekromassa dan seresah. Sedangkan C di dalam tanah meliputi bahan organik tanah. Teknik untuk mengukur cadangan karbon biomassa digunakan persamaan allometrik sebagai berikut (Arifin, 2001; Chave *et al.*, 2005; Hairiah, 2000; 2002; Sugiarto, 2002; Van Noordwijk, 2002).

Tabel 1. Persamaan allometrik untuk perhitungan nilai cadangan karbon

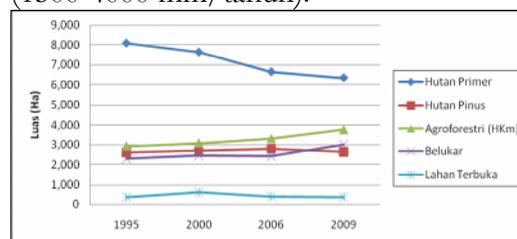
Jenis Pohon	Allometric equation	Sumber
Pohon bercabang <sup>*)</sup>	$B = 0.0509\rho D^2H$	Chave <i>et al.</i> , 2005
Pohon bercabang <sup>*)</sup>	$B = \rho \cdot \exp(-1.499 + 2.148 \ln(D) + 0.207(\ln(D)) - 0.0281(\ln(D))^2)$	Chave <i>et al.</i> , 2005 (jika hanya ada data diameter pohon)
Pohon tidak bercabang	$B = (\pi/40) \rho HD^2$	Hairiah, 2002
Nekromas (pohon mati)	$B = (\pi/40) \rho HD^2$	Hairiah, 2002
Kopi	$B = 0.281D^{2.06}$	Arifin, 2001; Van Noordwijk, 2002
Kakao	$B = 0.1208D^{1.98}$	Yuliasmara <i>et al.</i> , 2009
Pisang	$B = 0.030D^{2.13}$	Arifin, 2001; Van Noordwijk, 2002
Palm	$B = BA \cdot H \cdot \rho$	Hairiah, 2000

Keterangan: B = Berat Kering (kg pohon<sup>-1</sup>), H = Tinggi tanaman (cm),  $\rho$  = Kerapatan atau berat jenis kayu (Mgm<sup>-3</sup>, kgdm<sup>-3</sup> atau gcm<sup>-3</sup>), D = Diameter (cm) setinggi dada (1.3 m), BA = Basal Area (cm<sup>2</sup>) \*) = rumus ini digunakan untuk hutan yang memiliki curah hujan 1500–4000 mm/tahun (humid/lembab). Dan hutan di kawasan penelitian memiliki rata-rata curah hujan tahunan 1634 mm

## Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan deliniasi peta DAS Pulau Lombok dan citra satelit Landsat-5TM, DAS Jangkok mencakup areal seluas 19.188 ha, dimana 12.680 ha (66%) adalah termasuk kawasan hutan. Kawasan hutan DAS Jangkok terdiri atas dua fungsi hutan, yaitu 1) hutan konservasi terdiri Taman Nasional Gunung Rinjani (TNGR) dan Taman Hutan Raya (Tahura); 2) hutan lindung. Curah hujan rata-rata di wilayah hulu adalah 1.634 mm/tahun, dengan

demikian berdasarkan zona iklimnya kawasan ini termasuk humid/lembab (1500-4000 mm/tahun).



Gambar 1. Perubahan tutupan lahan di DAS Jangkok berdasarkan interpretasi Citra Landsat 5TM

Tabel 2. Perubahan tutupan lahan di kawasan hutan DAS Jangkok pada interval waktu tahun 1995, 2000, 2006 dan 2009

No	Tutupan Lahan	Perubahan tutupan lahan (ha)			
		1995-2000	2000-2006	2006-2009	1995-2009
1	Hutan alam	-459	-986	-303	-1,748
2	Hutan dataran tinggi	83	114	-159	38
3	HKm/Agroforestri	155	230	462	847
4	Belukar	145	-23	586	709
5	Lahan terbuka	244	-210	-26	8

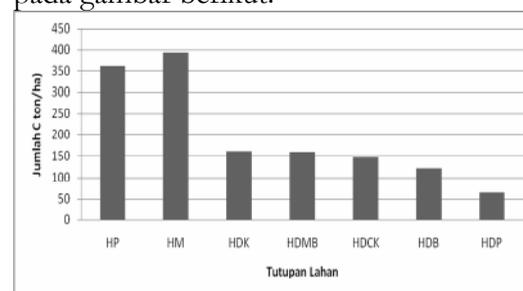
Sumber: Hasil interpretasi citra landsat 5TM, 2011

Keterangan: \*) nilai (-) berarti terjadi penurunan luas dibandingkan dengan interval tahun sebelumnya

Pada Tabel 2 hutan primer cenderung mengalami penurunan luas, sedangkan untuk Hutan Sekunder yang didominasi oleh agroforestri (HKm) mengalami kenaikan. Hutan Pinus cenderung konstan, sedangkan belukar dan lahan terbuka berfluktuasi. Nilai perubahan tutupan lahan selama interval waktu 1995–2009.

Penyebab berkurangnya tutupan lahan di hutan primer selama kurun waktu 1995-2000 antara lain akibat adanya penebangan hutan mahoni secara masal pada tahun 1999/2000. Penebangan ini dipicu oleh terbitnya surat ijin pemanfaatan pohon mati/berdiri oleh pemerintah daerah, yang diikuti dengan penebangan massal bersama masyarakat. Berkurangnya tutupan padat ini diikuti oleh peningkatan lahan terbuka seluas 527 ha. Pada rentang tahun 2006-2009 penurunan tutupan padat kembali terjadi ekstrim. Penyebabnya adalah adanya perluasan praktik HKm oleh masyarakat, yang saat ini telah diidentifikasi mencapai 3.672 ha atau mencakup 28.96% dari luas kawasan hutan yang ada. Namun perubahan tutupan lahan ini tidak diikuti dengan peningkatan lahan terbuka, yang ada adalah terjadinya rehabilitasi lahan terbuka seluas 458 ha. Dengan demikian praktik HKm kasus di DAS Jangkok memiliki implikasi ganda, satu sisi menyebabkan turunnya tutupan hutan padat, namun disisi lain juga mampu merehabilitasi lahan terbuka. Perubahan

tersebut di atas tentu berdampak pada perubahan cadangan karbon pada setiap tutupan lahan sebagaimana dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Jumlah cadangan C pada berbagai tutupan lahan di kawasan hutan DAS Jangkok

Keterangan: HP (Hutan Primer), HM (Hutan Mahoni), HDK (HKm dominan kemiri), HDMB (HKm dominan mahoni dan buah-buahan), HDCK (HKm dominan cokelat dan kopi), HDB (HKm dominan buah-buahan), HDP (Hutan dominan pisang).

Secara umum ada lima pola praktik HKm dilihat dari dominasi vegetasi dan kombinasi tanaman, yaitu Hkm dominasi kemiri nilai cadangan karbon (161 t/ha), HKm campuran mahoni dan buah-buahan (159 t/ha), HKm dominan cokelat dan kopi (146 t/ha), dan HKm dominan buah-buahan (120 t/ha), dan areal dengan dominasi semak belukar dan dominan pisang nilai cadangan karbon (60 t/ha).

Berdasarkan hasil interpretasi citra, kelas tutupan padat diwakili oleh hutan

alam dan hutan mahoni (rata-rata 350 t/ha); kelas tutupan sedang diwakili oleh praktik HKm dengan berbagai pola kombinasi tanam yang rata-rata memiliki nilai cadangan karbon (147 t/ha); dan kelas tutupan jarang diwakili oleh dominasi semak dan pisang (60 t/ha), maka emisi dan cadangan karbon di kawasan hutan Das Jangkok dapat diestimasi jumlahnya (Tabel 3.)

Pada rentang waktu 14 tahun (1995-2009), secara kumulatif telah terjadi pelepasan emisi karbon sebanyak 0.37 Mega ton, yang sebagian besar bersumber dari perubahan tutupan padat. Dengan demikian penurunan luas pada kelas tutupan padat, lebih banyak melepaskan

emisi dibandingkan dengan penyediaan karbon yang terdapat pada penambahan luas kelas tutupan sedang dan jarang. Perluasan HKm dengan berbagai pola adalah salah satu faktor yang menyebabkan perubahan tutupan padat ke sedang dan jarang. Perubahan ini pada awalnya berpengaruh terhadap pengurangan karbon, namun secara gradual keberadaan HKm mampu memperbaiki tutupan vegetasi dan mempertahankan jumlah cadangan karbon pada interval nilai yang cukup stabil (140-190 t/ha). Pembiaran lahan yang tidak terkelola dengan baik menyebabkan nilai cadangan karbon turun menjadi (50-70 t/ha).

Tabel 3. Estimasi cadangan karbon dan emisi di kawasan hutan DAS Jangkok tahun 1995, 2000, 2006, 2009

Kelas tutupan	Cadangan karbon (M t)				Emisi (M t)			
	1995	1995	2000	2006	1995/2000	2000/2006	2006/2009	1995/2009
Padat	1.34	1.34	1.01	1.26	-0.33	0.24	-0.49	-0.58
Sedang	0.94	0.94	0.99	0.99	0.05	-0.003	0.140	0.19
Jarang	0.11	0.11	0.11	0.10	0.004	-0.02	-0.030	0.02
Jumlah*)	2.40	2.40	2.12	2.34	-0.28	0.22	-0.32	-0.37

Sumber: data primer diolah, 2012,

Keterangan: M t = Mega ton, \*) nilai (-) berarti terjadi emisi

Berdasarkan data yang ada di kelompok masyarakat (Forum Kawasan, 2011), Praktik HKm yang ada saat ini mencapai areal seluas 3.672 ha, dan diperkirakan 10% masih belum terkelola dengan baik, maka dapat diestimasi jumlah cadangan karbon dari HKm adalah sebanyak 507.838 t, atau menyumbang sebesar 25.1% dari keseluruhan cadangan karbon yang ada di kawasan hutan DAS Jangkok.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut: 1) telah terjadi penurunan luas tutupan lahan padat yang disebabkan oleh adanya penebangan ilegal dan perubahan peruntukan menjadi HKm, yang

menyebabkan luas tutupan sedang dan jarang meningkat; 2) Secara kumulatif selama 14 tahun (1995-2009) terjadi pelepasan emisi karbon lebih banyak pada tutupan padat (-0.58 M t), yang belum sebanding dengan penyediaan karbon pada penambahan tutupan sedang dan jarang (0.21 M t); 3) Kontribusi penyediaan karbon pada Praktik HKm adalah sebesar 25.1% dari jumlah cadangan karbon keseluruhan di kawasan hutan DAS Jangkok sebesar 2.02 M t; 4) kontribusi karbon dari HKm diperoleh dari beragam pola HKm yang menerapkan jenis dan kombinasi tanaman beragam meliputi: HKm dominan kemiri (161 t/ha), Hkm dominan mahoni dan buah-buahan (159 t/ha), Hkm dominan coklat dan kopi (146

t/ha), HKm dominan buah-buahan (120 t/ha).

### Daftar Pustaka

- Brown S., David S., Tim P., Matt D., 2004. Methods for measuring and monitoring forestry carbon project in California. Winrock Int. 40 pp
- Chave, J., C.Andalo, S.Brown, M.A.Cairns, J.Q.Chambers,D.Eamus, H.Folster, F.Fromard, N.Higuchi, T.Kira, J.P.Lescure, B.W.Nelson, H.Ogawa, H.Pulg, B.Riera, T.Yamakura, 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forest. *Oecologia* 145:87-99.
- Hairiah, K., Jonny A., Cahyo P., Widiyanto dan Sunaryo, 2002. Prospek agroforestri berbasis kopi sebagai cadangan karbon. *Agroteksos*. 12 (2) : 145-150.
- Hairiah, K., Subekti Rahayu dan Berlian, 2006. Layanan lingkungan agroforestri berbasis kopi : cadangan karbon dalam biomassa pohon dan bahan organik tanah (studi kasus dari Sumberjaya, Lampung Barat). *Agrivita* 28 (3) : 298-309.
- Hairiah, K., Widiyanto dan Didik Suprayogo, 2008. Adaptasi dan Mitigasi Pemanasan Global : Bisakah agroforestri mengurangi resiko longsor dan emisi gas rumah kaca ? Kumpulan makalah INAFE. Pendidikan agroforestri sebagai strategi menghadapi perubahan iklim global : 42-62.
- Hairiah, K., Subekti Rahayu, 2007. Petunjuk praktis pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. Word Agroforestry centre, ICRAF Southeast Asia. pp 77.
- Hairiah, K., Andrea Ekadinata, Rika Ratna Sari, Subekti Rahayu, 2011. Pengukuran Cadangan Karbon : dari tingkat lahan ke bentang lahan. Word Agroforestry centre. 88 pp
- ICRAF, 2008. Estimasi karbon tersimpan di lahan-lahan pertanian di DAS Konto, Jawa Timur. Laporan penelitian. 85 pp
- Lu,D., Paul M., Eduardo B., Emilio M., 2002. Above-ground biomass estimation of successional and mature forest using TM images in the Amazon Basin.Symposium on geospatial theory, processing and applications. 14 pp
- Lusiana B., Van Noordwijk M., Subekti R., 2007. Cadangan karbon di kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur : Monitoring secara spasial dan permodelan. ICRAF. Bogor. 87 pp
- Murdiyarto D., Margaret S., Manuel G., Markku K., Cecilia L., Pita V., Osvaldo S., 2008. Measuring and monitoring forest degradation for REDD. CIFOR. pp 6
- Mutuo, P.K., G.Gadisch, A.Albrecht, C.A. Palm and L. Verchot, 2005. Potential of agroforestry for carbon sequestration and mitigation of greenhouse gas emissions from soils in the tropics. *Nutrient cycling in agroecosystem* 71: 43-54
- Sebayang, M., 2002. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan data citra landsat thematic mapper. Studi kasus di kotamadya Surabaya. *Jurnal natur Indonesia* 5(1):41-49
- Silver, W.L., Lara, M.K., Ariel E.L., Rebecca O., Virginia M., 2004. Carbon sequestration and plant community dynamics following reforestation of tropical pasture. *Ecological application* 14(4): 1115-1124
- Tjakrawarsa G., Gede S., Dining A.C., Syafrudin, Fajar S., Basuki W., Agus J., Markum, 2008. Studi analisis hidrologis dan perubahan tutupan lahan kawasan gunung Rinjani, Lombok. WWF. 87 pp.
- Van Noordwijk, M., Subekti Rahayu, Kurniatun Hairiah, Y.C.Wulan, A. Farida, Bruno Verbist, 2002. Carbon stock assessment for a forest-to-coffee conversion landscape in Sumber-Jaya (Lampung, Indonesia) : from allometric equations to land use change analysis. *Science in China*. 45 : 75-86.
- Woomer, P.L., C.A.Palm,J.Alegre, C.Castilla,D.G.Cordeiro, K. Hairiah, J. Kotto-Same, A. Moukam, A.Riese, V.Rodrigues and M.van Noordwijk. Slash-and Burn effect on carbon stocks in the humid tropics. Chapter 5 : 99-115
- Widayati A., Andree E., Ronny S., 2007. Alih guna lahan di kabupaten Nunukan : Pendugaan cadangan karbon berdasarkan tipe tutupan lahan dan kerapatan vegetasi pada skala lansekap. ICRAF. 20 pp.