

**POTENSI BIOMASA KARBON HUTAN ALAM DAN
HUTAN BEKAS TEBANGAN SETELAH 30 TAHUN DI HUTAN PENELITIAN
MALINAU, KALIMANTAN TIMUR**
*(Carbon Biomass Potency of Old Growth Forest and Thirty Year-Old Logged Over
Forest in Malinau Research Forest, East Kalimantan)**

Oleh/By:

Ismayadi Samsuedin; I Wayan Susi Dharmawan; dan/and Chairil Anwar Siregar

Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam

Jl. Gunung Batu No. 5 Po Box 165; Telp. 0251-8633234, 7520067; Fax 0251-8638111 Bogor

*) Diterima : 03 Maret 2009; Disetujui : 08 Juni 2009

ABSTRACT

Natural forest has many ecological functions which plays a vital role in preserving the ecosystem balance. One of them is to stabilize the climatic condition. This is linked with the forest capability to absorb carbondioxide in the photosynthesis process. The more carbondioxide absorbed and stored in the form of biomass carbon, the more it reduces greenhouse gas effect in the atmosphere. This paper discusses the carbon biomass potency of old growth forest and thirty year-old logged over forest in the Malinau Research Forest, located in East Kalimantan. Twenty centimeters depth of soil sampling was collected from five points representing each study site. Above ground biomass estimation was done by establishing four 1-ha plots for both forest sites. Within the 1-ha plot, 25 subplots with the size of 20 m x 20 m were also established. Trees with dbh ≥ 10 cm were recorded in terms of diameter and height. Tree biomass was estimated by employing Brown and Chave allometric equation. The study results showed that the soil carbon of 20 cm depth at old growth forest and the thirty year logged over forest were 37.86 tonC/ha and 30.58 tonC/ha, respectively. Further, the above ground carbon biomass of the old growth forest and the thirty year logged over forest were 264.70 tonC/ha and 249.10 tonC/ha, respectively. In conclusion, accumulation of carbondioxide in the old growth forest and the thirty year logged over forest for the past 30 years were 970.57 tonCO₂/ha and 913.37 tonCO₂/ha, respectively. It is of interest to note that the potency of natural forest in Malinau Research Forest in absorbing carbon is very high when it is managed sustainably. The above ground biomass difference between the old growth forest and the 30 year logged over forest was only slightly.

Keywords: Old growth forest, thirty year logged over forest, carbon biomass

ABSTRAK

Hutan alam memiliki fungsi ekologis yang sangat vital dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Salah satu di antaranya adalah fungsi hutan alam dalam menjaga iklim di dalam kawasan hutan maupun di luar hutan. Hal ini terkait dengan kemampuan tegakan hutan untuk menyerap karbondioksida dan melepaskan oksigen dalam proses fotosintesis. Semakin banyak karbondioksida yang diserap oleh tanaman dalam bentuk biomasa karbon maka semakin besar pengaruh buruk efek gas rumah kaca dapat ditekan. Dalam tulisan ini, akan dibahas tentang potensi biomasa karbon hutan alam dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun di Hutan Penelitian Malinau, Kalimantan Timur. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan membuat lima titik *sampling* tanah secara acak dengan kedalaman 20 cm masing-masing di hutan alam dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun. Pengukuran biomasa karbon di atas permukaan tanah, dilakukan dengan membuat empat plot dan masing-masing plot dibuat subplot sebanyak 25 dengan ukuran 20 m x 20 m pada masing-masing hutan alam dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun. Pohon dengan diameter setinggi dada ≥ 10 cm diukur dan dicatat diameter dan tingginya. Biomas diukur dengan menggunakan metode Brown dan Chave. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan karbon tanah sedalam 20 cm di hutan alam dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun masing-masing adalah sebesar 37,86 tonC/ha dan 30,58 tonC/ha. Kandungan karbon di atas permukaan tanah pada hutan alam dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun masing-masing adalah sebesar 264,70 tonC/ha dan 249,10 tonC/ha. Dengan demikian, serapan karbondioksida pada hutan alam dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun masing-masing adalah sebesar 970,57 tonCO₂/ha dan 913,37 tonCO₂/ha. Potensi hutan alam dalam menyerap karbondioksida di Hutan Penelitian Malinau sangat tinggi dan apabila hutan alam ini ditebang dengan memperhatikan asas-asas pengelolaan hutan lestari, maka setelah 30 tahun ternyata memiliki potensi biomasa karbon yang mendekati potensi biomasa karbon di hutan alam.

Kata kunci: Hutan alam, hutan bekas tebangan setelah 30 tahun, biomasa karbon

I. PENDAHULUAN

Hutan alam memiliki fungsi ekologis yang sangat vital dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Salah satu di antaranya adalah fungsi hutan alam dalam menjaga iklim di dalam kawasan hutan maupun di luar hutan. Hal ini terkait dengan kemampuan tegakan hutan untuk menyerap karbondioksida dan melepaskan oksigen dalam proses fotosintesis. Semakin banyak karbondioksida yang diserap oleh tanaman dan disimpan dalam bentuk biomasa karbon maka semakin besar pengaruh buruk efek gas rumah kaca dapat dikendalikan. Meningkatnya suhu permukaan bumi akan mengakibatkan terjadinya perubahan iklim yang sangat ekstrim di bumi. Hal ini dapat menyebabkan terganggunya hutan dan ekosistem lainnya, dan kemampuan vegetasi untuk menyerap karbondioksida di atmosfer berada dalam keadaan sub optimum (http://id.wikipedia.org/wiki/Efek_rumah_kaca).

Secara ekologis, hutan merupakan ekosistem masyarakat tumbuhan yang di dalamnya terjadi interaksi dengan lingkungan, memiliki fungsi sebagai penghasil oksigen dan penghasil biomasa dari hasil pemanfaatan karbondioksida, energi matahari, dan air. Terkait dengan isu perubahan iklim dan pemanasan global, maka salah satu cara untuk menjaga fungsi ekologis hutan adalah dengan merawat dan mempertahankan vegetasi hutan dari kemungkinan kerusakan (deforestasi dan degradasi). Perhatian dunia terhadap pentingnya keberadaan hutan dalam mitigasi perubahan iklim terlihat dari lahirnya Mekanisme Pembangunan Bersih dan REDD (*Reducing Emissions from Deforestation and Degradation*) dalam perdagangan karbon. Isu REDD telah dibicarakan dengan intensif pada COP-13 (*Conference on Parties-13*) di Bali (Masripatin, 2007). Hutan alam memiliki potensi yang besar untuk diikutsertakan dalam mekanisme REDD. Hal ini memungkinkan karena luas hutan tropis Indonesia menduduki urutan kedua terbesar di dunia setelah Brazil. Di lain pihak, banyak

juga kondisi hutan alam yang telah mengalami penebangan yang memiliki potensi tinggi dalam penyerapan karbon dari atmosfer.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya potensi biomasa karbon di hutan alam primer dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun di Hutan Penelitian Malinau, Kalimantan Timur. Dengan adanya penelitian ini diharapkan diperoleh data akhir mengenai perbandingan besarnya potensi biomasa karbon di hutan alam primer dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun.

II. METODE

A. Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Hutan Penelitian Malinau (Kabupaten Malinau, Kalimantan Timur) yang termasuk areal HPH PT Inhutani II dan bekas HPH PT Inhutani I dengan total luas 48.000 ha. Hutan produksi di lokasi penelitian telah dieksploitasi sejak tahun 1974 dengan menerapkan sistem silvikultur TPTI (Tebang Pilih Tanam Indonesia) di mana penebangan pohon dilakukan dengan limit diameter 50 cm. Deskripsi petak contoh ditampilkan pada Tabel 1.

Lokasi penelitian berada pada ketinggian 200 m di atas permukaan laut, dengan kondisi lereng yang umumnya bergelombang. Kondisi geologi memiliki keragaman tinggi, dengan formasi vulkanik, metamorfik, batuan sedimen tertier dan kuarter (termasuk batubara, kapur, batuan pasir, dan batuan silika), serta deposit aluvial yang luas (Machfudh, 2002).

Tanah di Hutan Penelitian Malinau sangat bervariasi dari jenis tanah yang mengalami pelapukan kuat *ultisols* asam sampai *inceptisols* muda. Sebagian besar tanah di Hutan Penelitian Malinau didominasi oleh tiga grup tanah berdasarkan klasifikasi USDA (*United States Department of Agriculture*) tanah yaitu: (1) *Typic Tropaquepts*, (2) *Typic Kanhapludults*, dan (3) *Dystropeptic Tropadults* (Machfudh, 2002).

Tabel (Table) 1. Deskripsi petak contoh di hutan primer dan bekas tebangan di Hutan Penelitian Malinau, Kalimantan Timur (*Description of sample plots of old growth forest and logged-over forest in the Malinau Research Forest, East Kalimantan*)

Kode (Code)	No. petak (Plot no.)	Deskripsi (Description)	Tanggal pencatatan (Date of recording)	Perlakuan (Treatment)	
LOF-30	01	Petak bekas tebangan berumur 30 tahun (Blok 22); PT Inhutani I; 03 ⁰ 27,607' LU-116 ⁰ 35,287' BT	Peb-Mar 2002 dan Sep-Des 2002	Ditebang tahun 1974/75, terutama jenis	
	02			dipterocarpaceae	
	03		Hutan primer (Blok 55, 56, 64); PT Inhutani II; 02 ⁰ 58,527' LU-116 ⁰ 30,045' BT; 02 ⁰ 57,957' LU-116 ⁰ 30,555' BT	Apr 2002 - Agt 2002	Hutan primer kaya dengan jenis dipterocarpaceae, rencana tebang tahun 2003
	04				

Keterangan (Remarks):

HP = hutan alam (*old growth forest*), LOF-30 = hutan bekas tebangan setelah 30 tahun (*30 year logged over forest*)

Iklim termasuk basah atau tipe iklim A menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson (1951), dengan bulan kering kurang dari dua bulan dan bulan basah lebih dari sembilan bulan, yang umum terjadi pada bulan April sampai Desember. Rata-rata curah hujan tahunan sebesar 3.828 mm/tahun dengan jumlah hari hujan 143 hari/tahun. Suhu tertinggi sebesar 34⁰C tercatat pada areal terbuka dan suhu terendah tercatat 23,5⁰C di lokasi hutan primer. Suhu di Stasiun Hutan Penelitian Malinau relatif konstan sepanjang tahun. Suhu rata-rata harian terendah bervariasi antara 24,1⁰C (Januari)-27,2⁰C (Mei) dan suhu maksimum antara 29,2⁰C (Januari)-32,7⁰C (September). Kelembaban udara cukup tinggi yaitu berkisar antara 75-98%. Bulan dengan kelembaban udara tertinggi terjadi pada bulan Oktober dan Desember dengan rata-rata 91,2% dan 91,3%. Bulan-bulan kering terjadi pada bulan Januari dan Mei dengan kelembaban udara 79% dan 80,5%.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan untuk penelitian ini adalah alat pengambil contoh tanah (*ring sampler*) dengan diameter lima cm dan volume 167,48 cm³, kantong plastik, tambang/tali, *marker*, alat-alat tulis, cat, seng, dan film. Sedangkan alat-alat yang diperlukan adalah cangkul, kompas, me-

teran, *clinometer*, foto kamera, dan kalkulator.

C. Metode Penelitian

Kegiatan dalam penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Analisis Kandungan Karbon Tanah dan Kandungan Hara Tanah Lainnya

Pada kegiatan ini diteliti kandungan karbon tanah dan kandungan hara tanah lainnya yang ada pada lokasi penelitian pada kedalaman 0-20 cm. Prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Pengambilan Contoh Tanah

Lima titik contoh dengan kedalaman 0-20 cm dipilih secara acak pada masing-masing plot berukuran 20 m x 20 m di hutan alam primer dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun (LOF-30). Lima contoh diambil untuk setiap lokasi menggunakan cincin tanah (*soil ring*) dengan volume 167,48 cm³. Vegetasi yang ada dibersihkan sebelum pengambilan contoh.

b. Analisis Tanah

Analisis sifat fisik dilakukan di laboratorium sesuai dengan prosedur Jurusan Tanah (1992) dan analisis sifat kimia dilakukan di Pusat Penelitian Tanah dan

Agroklimat, Bogor. Analisis sifat fisik dan kimia tanah meliputi:

- 1) Tekstur menggunakan metode pipet
- 2) *Bulk density* menggunakan prosedur gravimeter, yaitu pengeringan contoh tanah dengan oven pada suhu 105° C selama 24 jam, dan menghitung *bulk density* yaitu berat kering oven/volume ring (167,48 cm³).

Sedangkan analisis sifat kimia tanah terdiri dari (Puslittanak, 1998):

- 1) Nilai pH (prosedur KCl dan H₂O)
- 2) Karbon organik (prosedur Kurnis)
- 3) Total nitrogen (prosedur Kjeldahl)
- 4) Fosfor tersedia (P₂O₅, prosedur Bray I)
- 5) Kapasitas tukar basa, kejenuhan basa (BS), kapasitas tukar kation (KTK), aluminium, dan konsentrasi besi.

2. Pengukuran Jumlah Biomasa Karbon di Atas Permukaan Tanah

Pada kegiatan ini dibuat empat plot masing-masing seluas 1 ha berukuran 100 m x 100 m dan masing-masing plot dibuat sub plot sebanyak 25 dengan ukuran 20 m x 20 m pada masing-masing hutan alam dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun. Plot-plot tersebut diletakkan secara *systematic sampling* untuk mengetahui sebaran kelas diameter yang ada. Pohon yang diukur adalah pohon dengan DBH ≥ 10 cm. Prosedur yang dilakukan dalam pengukuran biomasa ini adalah sebagai berikut:

- a. Ukur diameter DBH pohon yang ada di semua plot.
- b. Berdasarkan nilai DBH suatu tegakan, maka dapat dilakukan pendugaan biomasa dengan menggunakan persamaan allometrik (Brown, 1997):

$$Y = 42,69 - 12,8(DBH) + 1,242(DBH^2) \dots \dots (1)$$

di mana:

Y = biomasa total (kg)
DBH = diameter setinggi dada.

- c. Pendugaan biomasa juga dilakukan dengan persamaan Chave *et al.* (2005) yang memiliki akurasi lebih tinggi. Persamaan yang digunakan adalah:

$$Y = 0,0509 \times \rho \times DBH^2 \times T \dots \dots \dots (2)$$

di mana:

Y = biomasa total (kg)
DBH = diameter setinggi dada
 ρ = berat jenis kayu (gr/cm³)
T = tinggi (m).

- d. Untuk penghitungan biomasa di hutan alam menggunakan rata-rata berat jenis kayu sebesar 0,68 gr/cm³, sedangkan di hutan bekas tebangan setelah 30 tahun menggunakan rata-rata berat jenis kayu sebesar 0,61 gr/cm³ (Rahayu *et al.*, 2006).

Penggunaan kedua persamaan tersebut didasarkan pada wilayah iklim lokasi penelitian yang memiliki curah hujan 3.828 mm/tahun dan tergolong kategori *moist* (curah hujan antara 1.500-4.000 mm/tahun).

3. Penentuan Kadar Karbon

- a. Untuk menghitung kadar karbon, maka dilakukan konversi dari biomasa ke dalam bentuk karbon. Biomasa tersebut dikali dengan faktor konversi sebesar 0,5 (Brown, 1997).

$$C = B \times 0,5 \dots \dots \dots (3)$$

di mana:

C = Jumlah stok karbon (ton/ha)
B = Biomasa total tegakan (ton/ha).

- b. Untuk mengetahui kandungan karbon-dioksida, maka hasil perhitungan karbon (C) di atas dikonversikan ke dalam bentuk CO₂ dengan menggunakan persamaan (Brown, 1997):

$$CO_2 = (Mr. CO_2 / Ar. C) \times \text{kandungan C} \dots \dots (4)$$

di mana:

Mr. CO₂ = Berat molekul relatif senyawa CO₂
(44)

Ar.C = Berat molekul relatif atom C (12).

4. Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian ditabulasi dan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Office Excel* (2003).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kandungan Karbon Organik Tanah dan Status Hara Lainnya

Analisis hara tanah, tekstur tanah, dan *bulk density* diambil dari contoh tanah yang berasal dari lima titik *sampling* tanah secara acak pada masing-masing hutan alam primer dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun. Untuk parameter karbon organik tanah dihitung potensinya dalam satuan ton C/ha dengan memasukkan nilai *bulk density* dan kedalaman pengambilan sampel tanah. Kriteria peni-

lain status kandungan hara didasarkan pada kriteria penilaian kesuburan tanah (Pusat Penelitian Tanah, 1998). Hasil analisis tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan nilai karbon organik tanah, *bulk density*, dan kedalaman sampel tanah diperoleh potensi karbon organik tanah di hutan alam primer dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun masing-masing adalah sebesar 37,86 tonC/ha dan

Tabel (Table) 2. Analisis kandungan karbon dan kandungan hara lainnya pada hutan alam primer dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun di Hutan Penelitian Malinau, Kalimantan Timur (*Analysis of carbon content and other nutrient contents in old growth forest and 30 year logged over forest at Malinau Research Forest, East Kalimantan*)

Atribut tanah (Soil properties)	Nilai (Value)			
	Hutan alam primer (Old growth forest)	Rata-rata; Kriteria (Average; Criteria)	Hutan bekas tebangan setelah 30 tahun (30 year logged over forest)	Rata-rata; Kriteria (Average; Criteria)
pH (H ₂ O)	4,07	sangat masam (very acid)	4,09	sangat masam (very acid)
pH (KCl)	3,69	sangat masam (very acid)	3,83	sangat masam (very acid)
C-Organik (C-organic), %	1,82	rendah (low)	1,10	rendah (low)
N-Kjeldahl, %	0,16	rendah (low)	0,10	rendah (low)
Rasio C/N (C/N Ratio)	11,64	sedang (moderate)	11,54	sedang (moderate)
P -tersedia (P available) (Bray, P ₂ O ₅), ppm	11,83	rendah (low)	6,43	sangat rendah (very low)
Ca (1 N NH ₄ Oac, pH 7,0 extraction), me/100 g	0,28	sangat rendah (very low)	1,38	sangat rendah (very low)
Mg (1 N NH ₄ Oac, pH 7,0 extraction), me/100 g	0,57	rendah (low)	0,33	sangat rendah (very low)
K (1 N NH ₄ Oac, pH 7,0 extraction), me/100 g	0,23	Sedang (moderate)	0,13	rendah (low)
Na (1 N NH ₄ Oac, pH 7,0 extraction), me/100 g	0,07	sangat rendah (very low)	0,04	sangat rendah (very low)
Total (1 N NH ₄ Oac, pH 7,0 extraction), me/100 g	1,15		1,87	
Kapasitas Tukar Kation (Cation Exchange Capacity) (1 N NH ₄ Oac, pH 7,0 extraction), me/100 g	10,07	rendah (low)	6,08	rendah (low)
Kejenuhan Basa (Base Saturation), %	11,16	sangat rendah (very low)	28,41	rendah (low)
KCl 1 N, Al ³⁺ , me/100 g	6,81	sangat tinggi (very high)	4,71	sangat tinggi (very high)
KCl 1 N, H ⁺ , me/100 g	0,68	rendah (low)	0,36	rendah (low)
Kerapatan lindi (<i>Bulk density</i>), gr/cm ³	1,04		1,39	
Tekstur (<i>Texture</i>) (%) :				
Pasir (<i>Sand</i>)	33,38		54,44	
Debu (<i>Silt</i>)	37,01		26,53	
Liat (<i>Clay</i>)	18,87		12,01	

Sumber (Source): Samsuodin *et al.* (2007)

30,58 tonC/ha. Tabel 2 memperlihatkan bahwa kandungan karbon organik tanah di lokasi penelitian tergolong rendah yaitu sebesar 1,82% untuk hutan alam dan 1,10% untuk hutan bekas tebangan setelah 30 tahun. Kandungan karbon organik tanah ini terkait erat dengan tekstur tanah. Tekstur tanah semakin liat maka kandungan organik tanah termasuk karbon tanah semakin tinggi dan sebaliknya jika tekstur liatnya makin sedikit maka kandungan karbon organiknya juga semakin kecil. Dari Tabel 2 terlihat bahwa lokasi penelitian memiliki tekstur liat yang sangat rendah yaitu 18,87 (untuk lokasi hutan alam primer) dan 12,01 (untuk lokasi hutan tebangan setelah 30 tahun).

Nilai C/N rasio berkaitan dengan tingkat perombakan oleh mikroorganisme yang terjadi di lokasi penelitian. Dengan tingkat perombakan bahan organik yang relatif sedang menyebabkan selama proses perombakan berlangsung tidak banyak terjadi pelepasan karbon ke udara menjadi CO₂. Nilai C/N rasio di hutan bekas tebangan setelah 30 tahun hampir sama dengan nilai C/N rasio di hutan alam. Hutan bekas tebangan menghasilkan sisa-sisa kayu yang menjadi obyek perombakan oleh mikroorganisme tanah. Sisa-sisa kayu ini merupakan sumberdaya dinamis (Lloyd and MacMillan, 2002) yang apabila telah mengalami pelapukan sempurna akan meningkatkan kandungan humus tanah dan kandungan karbon organik tanah.

Pada umumnya, hutan primer memiliki nilai *bulk density* yang lebih rendah dibandingkan bekas penebangan (Rahayu *et al.*, 2006). Nilai *bulk density* pada hutan bekas tebangan setelah 30 tahun (LOF-30) lebih tinggi daripada hutan alam primer (Tabel 2). Nilai *bulk density* ini sangat dipengaruhi oleh struktur tanah, yaitu kesarangan atau tingkat kepadatan (*compactness*), serta sifat mengembang dan menyusut yang dipengaruhi oleh kandungan liat (Siregar *et al.*, 2004). Nilai *bulk density* berbanding terbalik dengan kandungan liat pada hutan hujan da-

taran rendah di Hutan Konservasi Bukit Suharto, Kalimantan Timur (Ohta dan Syarif, 1996). *Bulk density* di LOF-30 lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi hutan alam primer juga disebabkan oleh kandungan pasirnya relatif tinggi yaitu sebesar 54,44% (Tabel 2) dan umumnya nilai *bulk density* pada tanah tekstur berpasir lebih tinggi daripada tanah tekstur lainnya (Nawawi, 2001).

Karakteristik hara tanah pada Tabel 2 sebenarnya mencerminkan karakteristik tanah di daerah tropik. Karakteristik tanah di lokasi penelitian termasuk kategori tanah yang masam dan rendah hara. Rendahnya kemampuan untuk menyerap hara juga terlihat dari rendahnya nilai kapasitas tukar kation. Whitmore (1984) menyatakan bahwa tanah di daerah tropik biasanya telah mengalami proses pencucian, bersifat masam, dan miskin hara.

B. Biomasa Karbon di Atas Permukaan Tanah

Dengan menggunakan pendekatan persamaan Brown (1997) dan persamaan Chave *et al.* (2005) maka diperoleh biomasa karbon di lokasi penelitian sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa tegakan hutan alam primer memiliki potensi kandungan karbondioksida rata-rata sebesar 1037,19 ton CO₂/ha (dengan menggunakan persamaan Brown, 1997) dan 970,57 ton CO₂/ha (dengan menggunakan persamaan Chave *et al.*, 2005). Dari kedua persamaan tersebut terlihat bahwa persamaan Brown (1997) menghasilkan nilai yang lebih besar daripada persamaan Chave *et al.* (2005). Hal ini dapat dipahami, karena persamaan Brown (1997) hanya menggunakan satu parameter yaitu DBH (diameter setinggi dada) saja, sedangkan persamaan Chave *et al.* (2005) sudah melibatkan parameter berat jenis kayu, DBH, dan tinggi tanaman sehingga akurasi persamaan Chave *et al.* (2005) dalam estimasi biomasa menjadi lebih baik. Selain itu persamaan Brown (1997)

Tabel (Table) 3. Kerapatan tegakan, estimasi bio masa, dan kandungan karbondioksida pada plot hutan alam primer dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun (*Stand density, estimated biomass and carbondioxide content at old growth forest and 30 year logged over forest*)

Plot (Plot)	Luas plot (Plot size) (ha)	Kerapatan tegakan (<i>Stand density</i>) (pohon/ha) (<i>trees/ha</i>)	Bio masa (<i>Biomass</i>)		Kandungan karbondioksida (<i>Carbondioxide content</i>)		
			Brown (ton/ha)	Chave (ton/ha)	Brown (ton CO ₂ /ha)	Chave (ton CO ₂ /ha)	
HP	1	1	635	542,44	488,16	994,47	894,96
	2	1	571	414,84	381,19	760,54	698,87
	3	1	572	681,73	650,71	1249,82	1192,99
	4	1	647	623,93	597,51	1143,85	1095,42
Rata-rata (<i>Average</i>)			606	565,74	529,39	1037,19	970,57
LOF-30	1	1	567	620,32	515,80	1137,25	945,63
	2	1	558	538,12	421,75	986,55	773,19
	3	1	616	671,90	622,47	1231,82	1141,21
	4	1	566	499,25	432,74	915,27	793,36
Rata-rata (<i>Average</i>)			577	582,40	498,19	1067,73	913,37

Keterangan (*Remarks*): HP=Hutan alam primer (*old growth forest*), LOF-30 (*30 year logged over forest*)

memiliki nilai keterhandalan model sebesar 84% dan persamaan Chave *et al.* (2005) sebesar 99%. Dengan demikian persamaan Chave *et al.* (2005) telah mengoreksi persamaan Brown (1997) yang menghasilkan nilai *overestimate*. Persamaan Brown (1997) yang selalu *overestimate* ini senada dengan yang dilaporkan oleh Siregar (2007) dan Chave *et al.* (2005). Dalam tulisan ini, untuk pembahasan selanjutnya estimasi biomasa karbon yang dirujuk adalah yang menggunakan persamaan Chave *et al.* (2005) karena memiliki akurasi yang lebih tinggi daripada persamaan Brown (1997).

Berdasarkan persamaan Chave *et al.* (2005) kandungan karbon di atas permukaan tanah di hutan alam primer lebih tinggi daripada di LOF-30. Namun demikian, hasil dari uji *t* berpasangan (*paired t test*) diperoleh bahwa perbedaan kandungan karbon tersebut tidak berbeda nyata ($p=0,55$). Kandungan karbon di hutan primer lebih tinggi karena secara keseluruhan kandungan hara tanah terutama karbon organik tanah di hutan primer lebih baik daripada di LOF-30 (Tabel 2). Selain itu, lebih tingginya kandungan karbon di atas permukaan tanah di hutan primer daripada di LOF-30 juga disebabkan oleh tingginya kerapatan tegakan di

hutan primer sebesar 606 pohon/ha (Tabel 3). Nilai rata-rata basal area di hutan primer sebesar 45,8 m²/ha dan di hutan bekas tebangan setelah 30 tahun sebesar 46,9 m²/ha. Perbedaan nilai basal area yang tidak terlalu jauh dan kerapatan tegakan di hutan bekas tebangan setelah 30 tahun yang relatif lebih kecil (577 pohon/ha) menyebabkan juga lebih tingginya kandungan karbon di atas permukaan tanah di hutan primer daripada di LOF-30. Kandungan karbon di hutan primer tidak berbeda nyata dengan kandungan karbon di LOF-30, hal ini menunjukkan bahwa sebenarnya LOF-30 telah mengalami proses suksesi dan regenerasi yang mendekati kondisi hutan primer. Kandungan karbon di hutan primer dan LOF-30 di Hutan Penelitian Malinau tergolong sangat baik karena berada pada kisaran 264,70 ton/ha dan 249,10 ton/ha. Jika dibandingkan dengan kandungan karbon pada hutan primer dan LOF-30 di Kabupaten Nunukan, nilai karbon hasil penelitian ini masih lebih tinggi. Kandungan karbon pada hutan primer dan LOF-30 di Kabupaten Nunukan masing-masing sebesar 230,1 ton/ha dan 212,9 ton/ha (Rahayu *et al.*, 2006). Besarnya kandungan karbon di hutan Indonesia umumnya berkisar dari 161 ton/ha sampai dengan 300

Tabel (Table) 4. Jenis-jenis dominan berdasarkan basal area di hutan alam primer dan LOF-30 (*Dominant species based on basal area at old growth forest and LOF 30*)

Hutan alam (<i>Old growth forest</i>)		LOF-30	
Jenis (<i>Species</i>)	Luas bidang dasar (<i>Basal area</i>) (m ² /4 ha)	Jenis (<i>Species</i>)	Luas bidang dasar (<i>Basal area</i>) (m ² /4 ha)
<i>Shorea parvifolia</i> Dyer	10,27	<i>Heritiera simplicifolia</i> (Mast.) Kosterm	3,56
<i>Shorea macroptera</i> Dyer	5,62	<i>Shorea beccarii</i> Dyer ex Brandis	3,46
<i>Shorea pauciflora</i> King	5,56	<i>Dipterocarpus pachyphyllus</i> Meyer	3,28
<i>Shorea johorensis</i> Foxworthy	2,58	<i>Shorea pinanga</i> Scheff.	3,12
<i>Dryobalanops lanceolata</i> Burck	2,49	<i>Koompassia malaccensis</i> Maing.	2,82
<i>Shorea cf. obovoidea</i> van Slooten	2,44	<i>Macaranga hypoleuca</i> Muell. Arg.	2,72
<i>Shorea parvistipulata</i> (Heim) Symington	2,41	<i>Shorea angustifolia</i> P. S. Ashton	2,56
<i>Shorea sp.</i>	2,21	<i>Pentace sp. 2</i>	2,43
<i>Mangifera swintoniodes</i> Kosterm	2,19	<i>Shorea parvifolia</i> Dyer	2,36
<i>Shorea hopeifolia</i> (Heim) Symington	2,19	<i>Shorea agamii</i> P. S. Ashton	2,05
<i>Shorea pinanga</i> Scheff.	1,97	<i>Dialium kunstleri</i> Prain	1,98
<i>Dipterocarpus eurynchus</i> Miq.	1,73	<i>Artocarpus lanceifolia</i> Roxb.	1,94
<i>Shorea maxwelliana</i> King	1,69	<i>Hopea semicuneata</i> Symington	1,91
<i>Parashorea malaanonan</i> Merrill	1,58	<i>Vatica sp. 1</i>	1,82
<i>Parashorea parvifolia</i> Wyatt-Smith ex P. S. Ashton	1,53	<i>Irvingia malayana</i> Oliver	1,71

ton/ha. Kondisi kandungan karbon di Indonesia ini jauh lebih baik apabila dibandingkan dengan kondisi kandungan karbon di hutan tropik Asia sebesar 40 ton/ha sampai dengan 250 ton/ha (Rahayu *et al.*, 2006).

Besarnya kandungan karbon di hutan primer yang lebih tinggi daripada LOF-30 sebenarnya tercermin juga dari besarnya basal area di hutan primer yang jauh lebih besar daripada LOF-30 (Tabel 4). Dari Tabel 4 juga terlihat bahwa jenis dari famili Dipterocarpaceae sangat mendominasi di kedua blok hutan primer dan LOF-30. Jenis-jenis seperti *Shorea parvifolia*, *Shorea macroptera*, *Shorea pauciflora*, *Shorea johorensis*, dan *Dryobalanops lanceolata* mendominasi hutan primer. Sedangkan jenis-jenis seperti *Heritiera simplicifolia*, *Shorea beccarii*, *Dipterocarpus pachyphyllus*, *Shorea pinanga*, dan *Koompassia malaccensis* mendominasi LOF-30.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kandungan karbon organik tanah di lokasi penelitian tergolong rendah yaitu sebesar 1,82% untuk hutan alam primer dan 1,10% untuk hutan bekas tebangan setelah 30 tahun.
2. Potensi karbon organik tanah sedalam 20 cm di hutan alam primer dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun masing-masing adalah sebesar 37,86 ton C/ha dan 30,58 ton C/ha.
3. Kandungan biomasa karbon tegakan di hutan primer tidak berbeda nyata dengan kandungan karbon tegakan di LOF-30, hal ini menunjukkan bahwa sebenarnya LOF-30 telah mengalami proses suksesi dan regenerasi yang mendekati kondisi hutan primer.
4. Besarnya biomasa karbon di atas permukaan tanah di hutan primer dan LOF-30 di Hutan Penelitian Malinau tergolong sangat baik yaitu masing-masing sebesar 264,70 ton/ha dan 249,10 ton/ha.

B. Saran

Penilaian kandungan biomasa karbon di hutan bekas tebangan dapat digunakan menjadi salah satu indikator penilaian dalam menjelaskan karakteristik pengelolaan hutan lestari (*sustainable forest management*).

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. Forestry Paper 134. FAO. USA.
- 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. Puig, B. Riera, and T. Yamakura. 2005. Tree Allometry and Improved Estimation of Carbon Stocks and Balance in Tropical Forests. *Oecologia* 145: 87-99.
- http://id.wikipedia.org/wiki/Efek_rumah_kaca. Diakses tanggal 23 Maret 2009.
- Jurusan Tanah. 1992. Pedoman Klasifikasi Tanah di Lapang. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor.
- Lloyd, R. and T. MacMillan. 2002. Post-Harvest CWD-The Long and Short of it. NIVMA/NSC Winter Workshop Optimizing Wildlife Trees and Coarse Woody Debris Retention at the Stand and Landscape Level. January 22-24. Coast Inn of the North Prince George, B. C.
- Machfudh. 2002. General Description of the Bulungan Research Forest. Technical Report Phase 1 1997-2001. ITTO Project PD 12/97 REV.1 (F). Forest, Science and Sustainability: The Bulungan Model Forest. Pp. 168.
- Masripatin, N. 2007. Apa itu REDD? Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta. Tidak dipublikasikan.
- Microsoft Office Excel. 2003. Microsoft Inc. United States of America.
- Nawawi, G. 2001. Fungsi dan Manfaat Tanah dan Pupuk. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Ohta, S. and E. Syarif. 1996. Soils under Lowland Dipterocarp Forests-Characteristics and Classification. In A. Schulte and D. Schöne (eds.) Dipterocarp Forest Ecosystems: Towards Sustainable Management. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. Singapore.
- Pusat Penelitian Tanah. 1998. Kriteria Penilaian Kesuburan Tanah. Departemen Pertanian. Bogor.
- Puslittanak. 1998. Penuntun Analisis Kimia Tanah dan Tanaman. Laboratorium Kimia, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Rahayu, S., B. Lusiana, dan M. van Noordwijk. 2006. Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. Laporan Tim Proyek Pengelolaan Sumberdaya Alam untuk Penyimpanan Karbon (FORMACS). World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Samssoedin, I., I. Basuki, I W. S. Dharmawan, D. W. Hopkins, dan J. Proctor. 2007. Dampak Penebangan Hutan terhadap Sifat Tanah pada Hutan Produksi Bekas Tebangan di Kalimantan Timur. *Info Hutan IV* (4): 347-359. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Schmidt, F. H. And J. J. A. Ferguson. 1951. Rainfall Type Based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia with Western New Guinea. *Verhand.* 42. Jawatan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Siregar, C. A., I W. S. Dharmawan, P. Gunarso, dan K. D. Santosa. 2004. Impact of Reduced Impact Logging

on Soil and Water Quality. Unpublished Report to CIFOR. Indonesia.

Whitmore, T. C. 1984. Tropical Rain Forests of the Far East. 2nd edition. Oxford Science Publications. Clarendon Press. Oxford. pp. 352.