

**PERSAMAAN ALLOMETRIK UNTUK MENDUGA KANDUNGAN
KARBON JENIS MERANTI (*Shorea teysmaniana*) DI HUTAN ALAM
RAWA GAMBUT KALIMANTAN TENGAH**
*(Allometric Equations for Predicting Carbon Contents of Shorea teysmaniana
in Peat Swamp Natural Forest Central Kalimantan)*

Oleh/By :

Acep Akbar

Balai Penelitian Kehutanan Banjarbaru

Jl.A.Yani Km 28,7, Guntung Payung, Landasan Ulin, Banjarbaru 70721

E-mail : acep_akbar@yahoo.com

ABSTRACT

The predictor equation model of biomass for individual tree has been important part for calculating organic carbon of forest community. Carbon contents of the forest need be gathered based on specific site, age, and forest type as each natural forest community would contain different carbon content. Carbon quantity is influenced by physiological characteristics of species, microclimate, edifice, and ecological condition where the forest grows. Knowledge about forest carbon content whether carbon emission or carbon removal is important as forest functions as sink and source. Currently allometric equations are generally developed based on tropical forest of mineral soil. This study aims to develop equations model of Shorea teysmaniana in peat swamp forest. Considering practical need, tree diameter was more used to predict biomass than tree height and wood density. Results of the research produced, the allometric equations for predicting carbon content of Shorea teysmaniana in peat swamp forest in Central Kalimantan as follows : $\ln(TAGB) = -2,36 + 2,58 \ln(DBH)$, $TAGB = 0,09(DBH)^{2,58}$, $\ln(TAGB) = -2,99 + 2,35 \ln(DBH) + 0,44 \ln(TBH)$, and $\ln(TAGB) = -1,03 + 2,08 \ln(DBH) - 0,51 \ln(WD)$. It is recommended that carbon absorption in peat swamp forest should be calculated using allometric equation mentioned.

Keyword: Allometric equation, carbon stock, biomass, peat swamp forest

ABSTRAK

Model persamaan penduga biomassa pohon hutan secara individu telah menjadi bagian penting dalam menghitung kandungan karbon komunitas hutan. Kandungan karbon hutan perlu diketahui dari berbagai tipe tapak, umur dan tipe hutan. Masing-masing komunitas hutan alam akan memiliki kandungan karbon berbeda-beda yang dipengaruhi oleh sifat jenis, tipe iklim, faktor edafis, dan kondisi ekologis dimana hutan tersebut tumbuh. Pengetahuan kandungan karbon hutan saat ini sangat diperlukan untuk mendata secara kuantitatif jumlah karbon baik yang diserap oleh hutan maupun yang diemisikan karena hutan dapat berfungsi baik sebagai *sink* maupun *source*. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model persamaan allometrik penduga biomassa pada hutan rawa gambut. Model-model persamaan allometrik selama ini umumnya digunakan untuk hutan tanaman pada tanah mineral. Studi observasi dan perhitungan karbon jenis *Shorea teysmaniana* sebelumnya telah dilakukan di hutan alam rawa gambut. Data dimensi, bobot kering dan kerapatan jenis kayu pohon diperoleh dari 20 pohon didalam sampel destruktif. Hasil penelitian menunjukkan terdapat hubungan korelasi kuat antara variabel-variabel tersebut, sehingga dapat disusun persamaan allometrik famili *Dipterocarpaceae* jenis *Shorea teysmaniana* di hutan rawa gambut Kalimantan Tengah. Model persamaan tersebut adalah: $\ln(TAGB) = -2,36 + 2,58 \ln(DBH)$, $n=20, R^2=0,99$; $\ln(TAGB) = 0,09(DBH)^{2,58}$, $n=20, R^2=0,99$; $\ln(TAGB) = -2,99 + 2,35 \ln(DBH) + 0,44 \ln(TBH)$, $n=20, R^2=0,99$; $\ln(TAGB) = -1,03 + 2,08 \ln(DBH) - 0,51 \ln(WD)$, $n=20, R^2=0,99$. Untuk kepentingan praktis, ukuran diameter pohon digunakan dalam menduga biomassa pohon daripada tinggi dan kerapatan jenis kayu. Kandungan karbon pada jenis *S. teysmaniana* dapat dihitung dengan menggunakan allometrik tersebut.

Kata kunci: Persamaan allometrik, stok karbon, *S.teysmaniana*, hutan rawa gambut

I. PENDAHULUAN

Isu perubahan iklim yang semakin mencuat dengan indikator adanya pemanasan global di bumi telah menyadarkan sebagian besar negara di dunia untuk segera mencari penyebab-penyebabnya dan berkomitmen untuk menghilangkan atau mengurangi penyebab tersebut. Selama ini telah diketahui bahwa penyebab pemanasan global adalah meningkatnya kandungan gas-gas rumah kaca di atmosfer dengan sumber dari pembakaran benda-benda fosil, pertanian, kehutanan, dan dekomposisi atau pembakaran sampah. Jenis-jenis gas yang banyak berkontribusi terhadap pemanasan bumi dan dianggap sebagai gas-gas rumah kaca (GRK) menurut Annex A Protokol Kyoto meliputi 6 jenis yaitu : Carbon Dioxide (CO₂), Methane (CH₄), Nitrouse oxide (N₂O), Hydrofluorocarbon (HFC), Perfluorocarbon (PFC), dan Sulfurehexafluoride (SF₆) (KLH, 2004; Krisfianti *et al.*, 2009). Gas CO₂ memiliki ranking teratas (> 80%) dalam berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca.

Hutan merupakan salah satu komponen ekosistem yang dapat menurunkan gas rumah kaca khususnya CO₂. Melalui proses fotosintesis setiap tumbuhan, gas karbondioksida (CO₂) dari udara diikat oleh tumbuhan melalui klorofil yang kemudian dengan proses metabolisme diubah menjadi senyawa-senyawa organik tubuh seperti karbohidrat, protein, dan lemak (Daniel *et al.*, 1995). Pada tumbuhan pohon, karbon tersebut sebagian diubah menjadi selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selama tumbuhan tumbuh maka karbon terikat dalam senyawa organik menjadi cadangan karbon global (*carbon stock*). Untuk membuat model penduga, persamaan allometrik dibangun berdasarkan hubungan antara parameter pohon, yaitu diameter (*diameter breast hight*), tinggi batang total (*total bole height*), dan berat jenis kayu (*wood density*) dengan biomassa atas tanah (*total upper/ above ground biomass*).

Perhitungan karbon atas tanah di rawa gambut diduga akan berbeda dengan karbon atas tanah mineral (Parish *et al.* 2008; Neuzil, 1997). Akar pohon rawa gambut cenderung lebih panjang dari akar pohon di tanah mineral karena akar pohon rawa gambut harus menembus tanah mineral yang ada di bawah lapisan gambut agar menjadi kokoh, kalau tidak, pohon akan mudah roboh. Persamaan

allometrik yang diberlakukan untuk menduga biomassa atas tanah perlu dikoreksi dengan cara mengambil data baru dalam sampling destruktif. Stok karbon pada lahan gambut terbagi kedalam stok karbon *above ground* dan *below ground*. *Above ground* terdiri dari pohon, *understorey*, dan serasah, sedangkan *below ground* terdiri dari akar dan materi organik gambut. Pada pohon, *above ground* terdiri dari batang, cabang, ranting, dan daun.

Untuk pengumpulan data dasar (*baseline data*) stok karbon dari berbagai jenis dan ekosistem hutan rawa gambut perlu adanya teknik-teknik pengukuran dan pendugaan biomassa pada berbagai tipe tapak rawa gambut. Untuk membangun data dasar tersebut diperlukan pengembangan model-model persamaan statistik untuk menduga biomassa berdasarkan data langsung dari observasi dan pengukuran di lapangan. Data tersebut utamanya ukuran diameter, tinggi, dan berat jenis pohon hubungannya dengan biomassa atas tanah. Pengembangan berbagai model penduga biomassa menuju metode perhitungan stok karbon yang sesuai, terukur, transparan, dapat diverifikasi, dan konsisten dari waktu ke waktu sangat diperlukan selain untuk informasi siklus karbon juga dapat menunjang perhitungan biaya kompensasi perdagangan karbon baik melalui AR-CDM maupun REDD di hutan tropika basah Indonesia (Masripatin, 2007; Wibowo, 2009). Walaupun pengukuran karbon dalam skala luas menggunakan interpretasi citra penginderaan jauh, tetapi persamaan allometrik akan menjadi syarat perhitungan ketika *ground check* dilakukan.

Pertanyaan riset yang muncul adalah apakah ada keeratan hubungan antara dimensi pohon dengan bobot keringnya untuk menentukan kandungan karbon. Dengan memperoleh data tinggi (TBH), diameter (DBH), bobot kering batang, bobot kering cabang dan ranting, dan bobot kering daun, maka diharapkan model hubungan matematis antara ukuran dimensi pohon dengan biomassa atas pohon (TAGB) dapat ditentukan sehingga kandungan karbon dapat diketahui. Model yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung stok karbon komunitas hutan rawa gambut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan dimensi pohon dengan kandungan biomassa dan karbon dalam bentuk persamaan allometrik penduga potensi karbon vegetasi famili

Dipterocarpaceae dalam komunitas hutan rawa gambut Kalimantan Tengah, dengan sasaran terbentuknya model-model allometrik penduga karbon dan biomassa jenis meranti rawa (*Shorea teysmaniana*).

II. METODE PENELITIAN

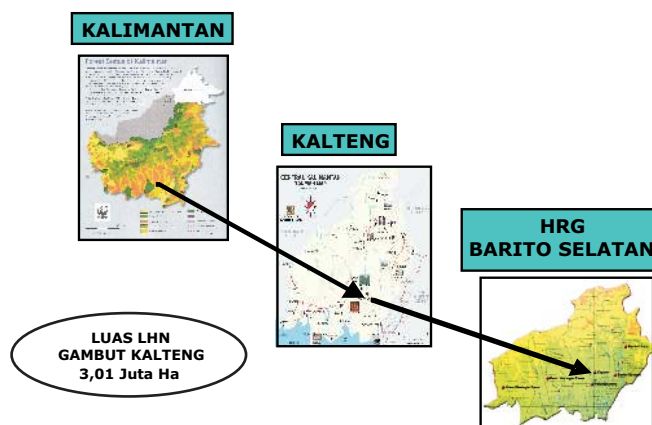
A. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa pembatas. Pertama, persamaan allometrik yang akan disusun adalah untuk tipe hutan rawa gambut. Pembatas kedua, pendugaan karbon melalui biomassa hanya dilakukan untuk biomassa atas tanah, dimana pendugaan karbon akar belum menjadi objek penelitian secara langsung. Pembatas ketiga, dibatasi pada jenis-jenis kayu dominan yang tumbuh pada areal hutan rawa gambut. Jenis tersebut adalah jenis-jenis dari famili Dipterokarpa yang salah satunya adalah *Shore teysmaniana* yang tumbuh alami di hutan rawa gambut Kalimantan Tengah.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah konsesi hutan produksi rawa gambut Provinsi Kalimantan Tengah dengan letak geografis 01°39'30"-01°28'30" LS, 114°35'-114°49' BT (Gambar 1), pada tahun 2010. Hutan tersebut dikelola oleh perusahaan pemegang HPH/IUPHHK-HA yang ada di Kabupaten Barito Selatan (Barsel) yaitu PT Tinggang Karya Mandiri yang mengambil alih areal PT Barito Baru Utama. Perusahaan tersebut mulai eksploitasi tahun 2001 dan pada tahun 2006

s/d 2007 tidak ada produksi. Jenis-jenis vegetasi pohon hutan yang tumbuh dominan di hutan ini adalah Meranti rawa (*Shorea teysmaniana*), keruing (*Dipterocarpus kerii*), resak rawa (*Cotylelobium burckii*), Pelawan (*Tristania sp.*), alau (*Dacridium pectinatum*). Masupang (*Shorea pachyphylla*), keruing daun lebar (*Dipterocarpus sp.*), Pasir-pasir (*Urandra secundiflora*), ramin (*Gonystilus bancanus*), bintangur (*Calophyllum sulatri*), nyatoh (*Palaquium rostratum*), rasak (*Vatica rassak*), jambu-jambu (*Eugenia grandis*), kapur (*Driobalanops lanceolata*), dan gerunggang (*Cratoxylon arborescens*). Berdasarkan SK Menhut no.73/kpts-II/2000 tanggal 22 Desember 2000 luas kawasan adalah 44.925 hektar berada diantara Sungai Barito dan Sungai Mantangai. Secara administrasi pemerintahan termasuk Kecamatan Dusun Selatan, Kabupaten Barito Selatan. Kondisi topografi datar berawa berada 2-10 meter dari permukaan laut. Jenis tanah menurut Pusat Penelitian Tanah tahun 1993 adalah organosol, gleisol, aluvial, kombisol dan bercampur tanah podsol. Tingkat kematangannya termasuk organosol hemik (PPT, 1983). Kondisi hutan terdiri dari *Log over area* (LOA) dan sebagian *virgin forest* (RKUPHH, 2000). Type iklim menurut Schmidt dan Ferguson termasuk type B(basah). Rata-rata curah hujan tahunan 2.265 mm dan bulanan 289,6 mm. Jumlah hari hujan 18,4 hari hujan per bulan, temperatur rata-rata adalah 26,1°C dengan suhu maksimum 31,4°C dan minimum 22,7°C. Kelembaban rata-rata 85%. Curah hujan relatif merata sepanjang tahun dengan bulan kering rata-rata antara Juni s/d September. Menurut laporan perusahaan bahwa potensi tegakan diameter > 20 cm adalah 113,15 m³/ha (n=104,16), dan diameter 20-39 cm adalah 28,05 m³/ha (n=64,56 bt/ha).



Gambar 1. Lokasi penelitian persamaan allometrik di Provinsi Kalimantan Tengah.

Figure 1. Research site of allometric equations in Central Kalimantan Province

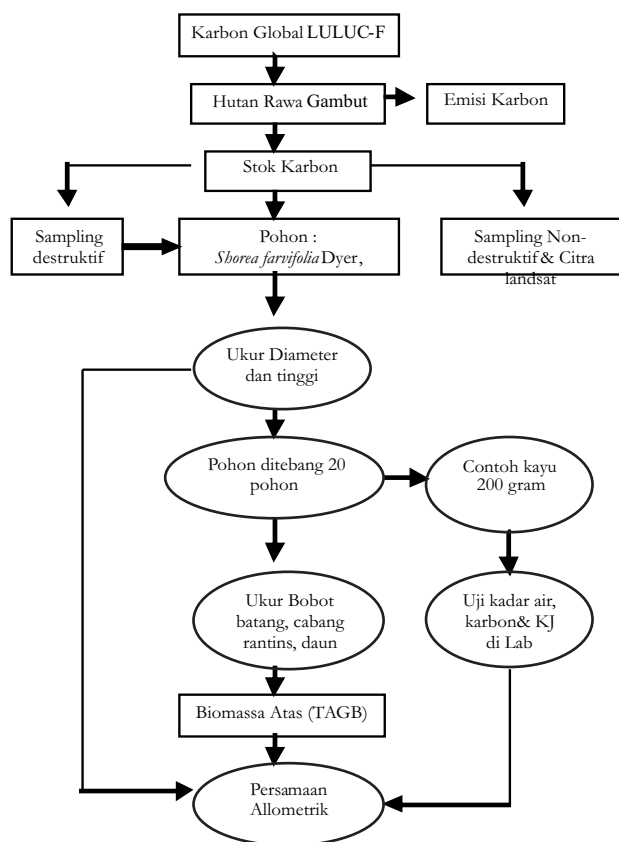
C. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tegakan meranti rawa (*Shorea teysmaniana*) yang tumbuh secara alami di hutan alam rawa gambut primer didalam wilayah kelola IUPHHK-HA PT. Tingang Mandiri. Pohon yang ada dipilih pada selang diameter antara 5-40 cm untuk ditebang. Peralatan yang digunakan meliputi alat-alat ukur vegetasi berupa meteran 50 m, *chainsaw*, Haga Hipsometer, klinometer, Phyband (*diameter type*), timbangan gantung, dan timbangan duduk. Alat ukur lain sebagai penunjang adalah meteran 2 meter, cangkul, sundak, parang, gergaji busur (*bow saw*), dan gergaji tangan. Sedangkan alat-alat pembuatan plot adalah meteran 50 meter, kompas, altimeter, GPS, dan *Tally sheet*, ATK dan kamera digital digunakan untuk pencatatan data dan dokumentasi.

D. Prosedur Kerja

1. Kerangka pikir penelitian

Kerangka pikir penelitian disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. : Kerangka Pikir Penelitian
Figure 1. Framework of the study

2. Penentuan petak ukur dan pengumpulan data

Petak ukur penelitian ditentukan secara purposif berdasarkan data keberadaan jenis-jenis terpilih (*Shorea teysmaniana*). Data hasil *cruising* dari HPH/IUPHHK-HA dijadikan dasar *ground check* dan penentuan kelas diameter di lapangan. Setelah letak individu-individu pohon diketahui, petak ukur (plot) dibuat berbentuk empat persegi panjang (kuadrat Gambar 2) berukuran 20X100 meter (Hairiah *et al.*, 2001) untuk menentukan letak jika suatu saat digunakan untuk menghitung potensi carbón per luas area. Pohon-pohon yang berdiameter 5-40 cm ditebang sebanyak 20 pohon dan diidentifikasi jenisnya. Sebelum ditebang, setiap pohon terpilih diukur untuk mendapatkan data diameter (diameter setinggi dada) dan tinggi totalnya (FAO, 2004). Penebangan pohon dilakukan dengan cara memotong batang pohon pada bagian dekat leher akar. Dalam memperoleh sampel pohon yang representatif, distribusi diameter berdasarkan ukuran dilakukan saat pemilihan pohon. Selanjutnya bagian-bagian organ batang, cabang, ranting, dan daun ditimbang menggunakan timbangan gantung berskala 50 kg untuk memperoleh data bobot basah batang, cabang, ranting, dan daun. Untuk mempermudah penimbangan, pohon dipotong-potong setiap 1-2 meter. Bagian-bagian pohon dipisahkan atas organ daun, ranting (diameter < 3,2 cm), dan cabang (diameter 3,2-6,4 cm), dan batang utama (Ketterings *et al.*, 2001). Penimbangan daun dilakukan setelah seluruh organ daun dari pohon dipetik satu persatu kemudian dimasukkan kedalam karung plastik, sedangkan cabang dan ranting ditimbang setelah masing-masing dipotong-potong, kemudian diikat tambang plastik. Data kadar air, kadar karbon, dan berat jenis diperoleh dari uji laboratorium.

3. Sampel organ untuk uji laboratorium

Sampel dari setiap bagian pada masing-masing pohon yang telah ditebang diambil untuk uji laboratorium. Untuk pengukuran kadar air, kerapatan jenis dan kandungan karbon, sampel batang, cabang, ranting, dan daun masing-masing ditimbang seberat 200 gram menggunakan timbangan duduk berkapasitas 2 kg. Khusus organ batang, pada setiap pohon contoh, spesimen atau sampel diambil dari dua bagian yaitu bagian pangkal batang dan ujung batang dengan asumsi bagian

pangkal dengan bagian ujung batang memiliki kandungan air dan karbon yang berbeda. Pengukuran kadar air, karbon, dan kerapatan kayu (*wood density*) dilakukan di Laboratorium Tanah dan Tanaman Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Sebelumnya masing-masing sampel dikemas didalam kantong plastik berlabel agar tidak terjadi penguapan air selama dibawa ke laboratorium. Berat kering untuk pengukuran kadar air didapatkan melalui pengeringan contoh kayu dari batang, cabang dan ranting, dan daun di dalam oven pada temperatur 105° hingga beratnya konstan sebagaimana yang dilakukan oleh Stewart *et al.* (1992); Ketterings *et al.* (2001), dan Rajagukguk *et al.* (2000). Masing-masing spesimen diberi label sesuai dengan nomor pohon, dan bagian organ. Spesimen yang dipakai untuk pengukuran kadar air juga menjadi spesimen untuk pengukuran kandungan karbon dan kerapatan jenis kayu. Sampel-sampel batang diambil dalam bentuk silinder, dan bagian luar dari batang termasuk didalamnya (Nielson *et al.*, 1999). Berat jenis kayu dihitung berdasarkan metode *water replacement*. Dalam rangka menghindari penyusutan selama pengukuran volume, sampel disaturasi terlebih dahulu dimana sampel-sampel tersebut direhidrasi selama 48 jam. Volume setiap sampel ditentukan oleh volume air yang jatuh setelah spesimen ditenggelamkan kedalam gelas ukur yang sebelumnya diisi air penuh. Kerapatan atau berat jenis kayu merupakan berat kering oven dibagi volume kayu saturasi. Berat kering batang, cabang, ranting, dan daun total setiap pohon contoh dihitung dengan mengkonversi berdasarkan kadar air yang diukur secara laboratorium. Untuk mengkonversi berat basah ke berat kering berdasarkan kadar air digunakan rumus hubungan antara kadar air, berat kering, dan berat basah dengan formula sebagai berikut (Haygreen dan Bowyer, 1982) :

$$\% KA = \frac{Bbo - BKT}{BKT} \times 100\%$$

Dimana : Bbo = Berat basah awal
BKT = Berat kering tanur
% KA = Persen kadar air

Kadar air dari bagian-bagian organ pohon dihitung menggunakan rumus :

$$\% KA = \frac{BBc - Bbk}{BK} \times 100\%$$

Dimana : Bbc = Berat basah contoh
Bbk = Berat kering contoh
% Ka = Persen kadar air

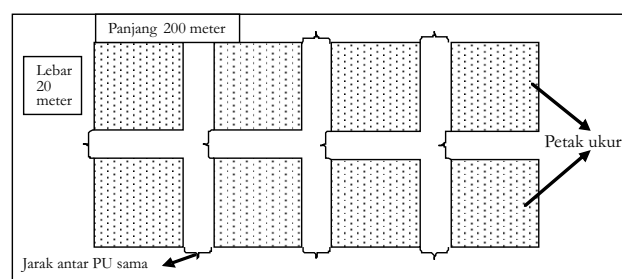
Berat kering total suatu pohon didapatkan dari penjumlahan berat kering batang, cabang, ranting dan dedaunan.

4. Penentuan faktor konversi karbon

Faktor konversi karbon yang sangat umum digunakan adalah antara 0,45 - 0.69 (Brown, 1995). Faktor konversi tersebut sangat umum sehingga berpotensi menghasilkan dugaan yang *overestimate* dan *underestimate*. Perbaikan faktor konversi ini dapat dilakukan dengan menentukan faktor konversi berdasarkan spesifikasi jenis dan tempat tertentu. Faktor konversi ini adalah perbandingan antara besarnya karbon dibandingkan dengan besarnya biomassa keringnya sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Faktor\ konversi = \frac{besarnya\ karbon\ per\ sampel\ pohon}{besarnya\ biomassa\ per\ sampel\ pohon}$$

Faktor konversi ini digunakan untuk melakukan perhitungan karbon jika hasil yang didapatkan dalam model atau inventarisasi berbentuk biomassa. Perhitungan kadar karbon dilakukan dengan metode pengeringan pada temperature tinggi dengan metode *Muffl*.



Gambar 2. Tata letak dan dimensi petak ukur untuk pengambilan sampel pohon
Figure 2. Sample plots layout and its dimensions for sample trees removal

5. Analisis data

Jika berdasarkan kesepakatan bahwa karbon yang terkandung di hutan rawa gambut terbagi kedalam empat bagian yaitu karbon bagian atas pohon (*above ground biomass*), karbon bagian bawah pohon (*below ground biomass*), karbon mikromassa, dan karbon tanah gambut, maka dalam penelitian ini hanya membatasi pendugaan karbon atas tanah secara umum (IPCC, 2006) yang merupakan salah satu stok karbon deforestasi yang perlu diukur (Brown, 1999; Page *et al.* 2002). Hasil observasi lapangan, penandaan, pengukuran diameter dan tinggi pohon *Dipterocarpaceae* dominan menghasilkan bahwa, jenis *Shorea teysmaniana* menempati habitat yang tersebar hampir merata dibanding jenis *Dipterocarpus kerii* King dan *Cotylelobium burckii* Hein yang tumbuh mengelompok di lokasi penelitian. Kondisi sebaran individu pohon yang berbeda-beda telah mempengaruhi pembuatan plot pengukuran setiap jenis pohon. Atas dasar inilah pembuatan plot *Shorea teysmaniana* dilakukan secara purposif berdasarkan keberadaan jenis tersebut.

Semua data hasil pengukuran baik dimensi maupun bobot kering, dan berat jenis telah dijadikan bahan analisis untuk menyusun model allometrik. Sebelum data digunakan untuk menyusun persamaan, terlebih dahulu diamati karakteristiknya untuk mengetahui tendensi sentral dari data dan diuji normalitas (Priyatno, 2009; Sulaiman, 2004). Hasil analisis tersebut disajikan dalam Tabel 1 dan 2.

Sebelum data dianalisis, dilakukan uji tendensi sentral untuk mengetahui data secara deskriptif. Kemudian dilakukan uji normalitas untuk mengetahui sebaran data apakah menyebar secara normal atau tidak.

Dari data yang telah dikumpulkan, persamaan-persamaan allometrik dibangun berdasarkan model dasar persamaan sebagaimana yang disarankan oleh Basuki *et al.* (2009) dan Brown (1989). Perhitungan statistik dilakukan menggunakan perangkat komputer.

1. $\ln(\text{TAGB}) = c + \alpha \ln(\text{DBH})$
2. $\ln(\text{TAGB}) = c + \alpha \ln(\text{DBH}) + \beta \ln(\text{TBH})$
3. $\ln(\text{TAGB}) = c + \alpha \ln(\text{DBH}) + \beta \ln(\text{WD})$
4. $\text{TAGB} = a (\text{DBH})^b$

Keterangan :

TAGB = Total Above Ground Biomass (jumlah biomassa atas pohon)

DBH = Total Bole Height (TBH) (Diameter setinggi dada /1,30 m)

WD = Wood Density (Kerapatan jenis kayu/kerapatan kayu)

Ln = logaritma natural

a,c = konstanta regresi

α, β = koefisien regresi

Pemilihan model berdasarkan kepada dua hal yaitu : (1) kesesuaian terhadap fenomena, (2). keterandalan model.

Keterandalan model diuji dengan :

a. Koefisien determinasi (R^2)

Koefisien determinasi adalah perbandingan antara jumlah kuadrat regresi (JKR) dengan jumlah kuadrat total (JKT). Rumus yang digunakan adalah :

$$R^2 = \text{JKR} / \text{JKT} \times 100 \%$$

b. Uji F

Uji F dipakai untuk melihat pengaruh variabel-variabel independen secara keseluruhan terhadap variabel dependen. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} . Rumus untuk memperoleh F_{hitung} dinyatakan sebagai berikut :

$$F_{\text{hitung}} = \frac{\sum (Y^* - \check{Y})^2 / (k-1)}{\sum (Y - \check{Y})^2 / (n-k)} = \frac{\text{Rata-rata kuadrat}_{\text{regresi}}}{\text{Rata-rata kuadrat}_{\text{residual}}}$$

Dimana : Y = Nilai pengamatan

Y^* = nilai Y yang ditaksir dengan model regresi

$\check{Y}$ = Nilai rata-rata pengamatan

n = Jumlah pengamatan/sampel

k = jumlah variabel independen

c. Uji t

Uji t dipakai untuk melihat signifikansi pengaruh variabel independen secara individu terhadap variabel dependen dengan menganggap variabel lain bersifat konstan. Uji ini dilakukan dengan membandingkan t_{hitung} dengan t_{tabel} . Rumus untuk memperoleh nilai t_{hitung} adalah :

$$t_{\text{hitung}} = \frac{b_i - (\beta_i)}{\text{Se}(b_i)}$$

Dengan : b_i = koefisien variabel ke-i

β_i = parameter ke-i yang dihipotesiskan

Se (b_i) = kesalahan standar b_i

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Data yang Dihasilkan

Hasil deskripsi data pengukuran diameter setinggi dada (cm), tinggi total (m), bobot biomassa atas tanah (kg), dan kerapatan jenis kayu (gr/cm³) menunjukkan adanya variasi. Keragaman data ditunjukkan oleh adanya nilai simpangan baku (standar deviasi), nilai rata-rata, nilai maksimum dan minimum (Tabel 1). Nilai simpangan baku cukup tinggi diperoleh dari variasi data total biomassa atas pohon karena nilai-nilainya merupakan penjumlahan dari empat fraksi pohon yaitu bobot

batang, bobot cabang, bobot ranting, dan bobot daun.

Terhadap sebagian data yang ada, dilakukan transformasi logaritma untuk memperoleh homogenitas yang diharapkan.

Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan nilai signifikansi *Kolmogorov-Smirnov*, dengan ketentuan apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 maka data dianggap berdistribusi normal (Priyatno, 2009; Sulaiman, 2004). Hasil uji normalitas data disajikan dalam Tabel 2. Semua data menunjukkan distribusi normal kecuali data bobot biomassa atas pohon. Untuk itu terhadap data tersebut dilakukan transformasi logaritma.

Tabel 1. Nilai rata-rata, maksimum, minimum, dan simpangan baku pengukuran biomassa pohon

Table 1. Average value, maximum, minimum, and standard deviation of tree biomass measurements

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
DBHMP	20	7,30	29,20	14,0100	5,52734
Valid N (listwise)	20				
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
TAGBMP	20	13,56	621,54	114,9580	137,02175
Valid N (listwise)	20				
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
THMP	20	8,20	20,92	16,3210	3,29220
Valid N (listwise)	20				
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
LnX2WDMP	5	-,15	,09	-,0360	,08620
Valid N (listwise)	5				

Tabel 2. Normalitas data diameter, biomassa organ atas, tinggi total, dan kerapatan Jenis kayu *Shorea teysmaniana*

Table 2. Normality of data of diameter, biomass aboveground, total height, and wood density of *S. teysmaniana*.

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
DBHMP	,183	20	,079	,894	20	,032
	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
TAGBMP	,288	20	,000	,652	20	,000
	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
THMP	,135	20	,200(*)	,939	20	,226
	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
LnX2WDMP	,226	5	,200(*)	,963	5	,828

Keterangan (remark) * Lower bound of the true significance.

a Lilliefors significance correction

B. Model Allometrik yang Terbentuk dari Dimensi dan Biomassa Pohon

Pola hubungan antara ukuran diameter dengan kandungan biomassa jenis *S. teysmaniana* yang tumbuh di hutan rawa gambut menunjukkan adanya dua macam persamaan yang memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) yang sama yaitu lebih besar dari 90% (0,99). Nilai-nilai tersebut mencerminkan bahwa variabel independen (*independent variable*) berupa diameter menentukan lebih dari 90% variabel dependen biomassa. Hanya kurang dari 10% saja kandungan biomassa yang diakibatkan faktor lain selain ukuran diameter (Tabel 3). Hubungan korelasi antara diameter *S. teysmaniana* dengan biomasanya memiliki tingkat pengaruh yang sangat nyata (0,00), sehingga hubungan tersebut sangat kuat dan tepat. Dua model dimaksud adalah (1) persamaan pola linier sederhana dengan transformasi logaritma natural (Ln) dan (2) model persamaan bentuk "power" (Sulaiman, 2004). Nilai $n = 20$ pada kolom 1 menunjukkan jumlah sampel yang diambil dari populasi. Semakin tinggi nilai n yang dihubungkan maka akan semakin kecil nilai kesalahan yang terjadi. Nilai 20 bukan merupakan angka keharusan, tetapi lebih kepada pertimbangan kondisi lapangan, kemampuan peneliti dan jumlah populasi dalam suatu komunitas hutan. Persamaan (1) mengindikasikan bahwa jika diameter nilainya 1 cm, maka nilai biomassa adalah anti log dari -2,36, yaitu sama dengan 0,09 kg. Persamaan (2) menunjukkan bahwa jika nilai diameter 1 cm maka nilai biomassa adalah 0,09 kg. Persamaan berikutnya yang melibatkan nilai berat jenis dan tinggi total batang

akan memberikan hasil dugaan yang berbeda karena selain diameter, nilai biomassa ditentukan pula oleh berat jenis dan tinggi total batang. Kedua persamaan tersebut berbentuk regresi multi linier dengan transformasi logaritma alam (Ln). Dua persamaan yang berbentuk regresi multilinear diperoleh dari hubungan antara diameter (cm), tinggi (m), dan kerapatan/berat jenis (gram/cm^3) *Shorea teysmaniana* dengan biomassa atas permukaan tanah (kg).

Mengukur karbon dari biomassa tidak mungkin selalu merusak hutan. Dengan hanya melakukan pengukuran diameter dan tinggi atau diameter saja kita harus dapat memperoleh nilai biomassa suatu jenis. Dengan menggunakan model allometrik dan nilai konversi biomassa ke karbon maka kandungan karbon individu pohon dapat diketahui. Selama ini nilai konversi yang umum adalah 50% (Brown, 1995).

Setiap model persamaan harus sesuai dengan fenomena sesungguhnya (Sulaiman, 2004). Pendugaan stok karbon pada areal yang luas menggunakan remote sensing memerlukan dukungan hubungan antara refleksi kanopi yang terekam oleh sensor alat citra dengan stok karbon yang diukur secara langsung atau ditaksir secara tidak langsung di lapangan (Chiesi *et al.*, 2005; Tan *et al.*, 2007). Menurut Clark *et al.* (2001); Wang, (2006). Untuk keperluan efisiensi biaya dan menghindari rusaknya sumber daya hutan maka karbon diukur secara tidak langsung dengan menggunakan persamaan allometrik (Brown, 1989; Naval, 2009). Metode yang paling akurat untuk pendugaan biomassa adalah melalui pendekatan destruktif dengan penebangan pohon-pohon dan

Tabel 3. Model-model persamaan hubungan biomassa dengan dimensi dan berat jenis pohon *Shorea teysmaniana*.

Table 3. Equation model of Biomass and tree dimension correlation of *Shorea teysmaniana* tree species

N	Variabel (variable)	Model Persamaan (equation model)	R^2	F	Signifi Kansi
20	TAGB(kg)-DBH(cm)	$\text{Ln}(\text{TAGB}) = -2,36 + 2,58 \text{ Ln}(\text{DBH})$	0,99	1226,81	0,00
20	TAGB(kg)-DBH(cm)	$\text{TAGB} = 0,09 (\text{DBH})^{2,58}$	0,99	1226,81	0,00
20	TAGB(kg)- DBH(cm)-TBH(m)	$\text{Ln}(\text{TAGB}) = -2,99 + 2,35 \text{ Ln}(\text{DBH}) + 0,44 \text{ Ln}(\text{TBH})$	0,99	745,52	0,00
20	TAGB(kg)- DBH(cm)- WD(gr/cm^3)	$\text{Ln}(\text{TAGB}) = -1,03 + 2,08 \text{ Ln}(\text{DBH}) - 0,51 \text{ Ln}(\text{WD})$	0,99	221,53	0,00

Keterangan : TAGB = Total biomassa atas, DBH=Diameter setinggi dada, TBH= Tinggi total, WD = Berat jenis

Remark : TAGB=Total Aboveground biomass, DBH=Diameter breast height, TBH=Total bold height, WD = Wood density

menimbang bobot keseluruhan bagian-bagiannya (Brown, 1989). Pendekatan destruktif tersebut sering digunakan untuk memvalidasi berbagai metode lainnya yaitu pendugaan stok karbon dengan pengukuran *nondestructive in-situ, remote sensing* dan validasi ruang. Model ini hanya bisa digunakan di lokasi penelitian dan lokasi-lokasi yang memiliki karakteristik pohon *S. teysmaniana* yang sama dan hanya digunakan untuk pohon dengan diameter 5-40 cm.

C. Faktor Konversi Kandungan Karbon

Hasil uji laboratorium menunjukkan adanya sedikit perbedaan antara konversi nilai karbon dari biomassa yang sudah umum (50%) dengan nilai konversi biomassa kering atas tanah jenis *Shorea teysmaniana* dari hasil penelitian ini (54,45%).

Dengan demikian untuk setiap 1 kg biomassa kering jenis meranti rawa akan menghasilkan maksimal $1 \times 0,54 = 0,54$ kg karbon organik, sedangkan minimalnya 1 kg biomassa kering akan

menghasilkan $1 \times 0,52 = 0,52$ kg karbon organik. Faktor konversi aktual tersebut masih berada dalam kisaran kandungan karbon dalam biomassa kering menurut Brown yaitu antara 0,45-0,69 (Brown, 1995).

Hasil penelitian ini masih sangat terbatas baik dari segi jumlah jenis pohon yang diteliti maupun kondisi tapak yang ada di hutan rawa gambut (Martawijaya *et al.*, 1989; PIKA, 1979). Kita ketahui masih banyak jenis-jenis pohon hutan rawa gambut yang tergolong family Dipterocarpaceae yang harus diteliti. Ditinjau dari potensi, luas lahan gambut di Indonesia diperkirakan sekitar 20,6 juta hektar (Wahyunto, 2005). Luasan tersebut menempati 50% luas lahan gambut tropika dunia, atau 10,8% dari luas total daratan Indonesia. Sebagian besar lahan gambut terdapat di Papua, Sumatra, dan Kalimantan. Kalimantan memiliki luas lahan gambut 5.769.200 ha dimana sebagian besar berada di Kalimantan Tengah (52,88%) (Wahyunto, 2006).

Tabel 4. Faktor konversi kandungan karbon organik dari jenis *Shorea teysmaniana* di hutan alam gambut

Table 4. Conversion factor of organic carbon content of *Shorea teysmaniana* species in peat natural forest

TAGB (kg)	Kdr C Org(%) (carbon content)	C Total (Kg) (carbon total)
21,75	54,72	11,9016
269,36	54,52	146,8551
32,08	55,45	17,78836
133,56	55,44	74,04566
101,08	54,84	55,43227
85,4	54,88	46,86752
116,69	52,95	61,78736
50,66	55,48	28,10617
15,05	53	7,9765
621,54	53,22	330,7836
$\Sigma = 1447,17$	54,45	787,9841
Faktor Konversi (conversion factor)	conversion=0,54	

Keterangan (remark) : TAGB = Biomassa kering (dry biomass) of *S. teysmaniana*, CMP= Karbon *S. teysmaniana* (carbon of *S. teysmaniana*), MP=Meranti putih (*S. teysmaniana*).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Untuk perbaikan faktor emisi dan serapan karbon di hutan rawa gambut telah dihasilkan empat model persamaan allometrik penduga biomassa famili Dipterocarpaceae dari jenis

- meranti putih rawa (*Shorea teysmaniana*). Selanjutnya dengan menggunakan faktor konversi dapat ditentukan kandungan karbon organiknya.
2. Persamaan allometrik penduga biomassa dari jenis meranti putih rawa (*S. teysmaniana*) terdiri dari: $Ln(TAGB) = -2,36 + 2,58Ln(DBH)$; $TAGB = 0,09(DBH)^{2,58}$; $Ln(TAGB) = -$

$$2,99 + 2,35 \ln(DBH) + 0,44 \ln(TBH); \text{ dan } \\ \ln(TAGB) = -1,03 + 2,08 \ln(DBH) - 0,51 \ln(WD).$$

B. Saran

Persamaan-persamaan yang dihasilkan telah menghasilkan nilai-nilai dugaan biomassa yang berbeda-beda dengan tingkat keakuratan yang hampir sama sehingga untuk kepentingan kepraktisan dalam menghitung biomassa dan kandungan karbonnya disarankan menggunakan allometrik yang hanya menghubungkan diameter dengan biomassa.

DAFTAR PUSTAKA

- Albrecht, A., Kandji, S.T. 2003. Carbon Sequestration in Tropical Agroforestry Systems. Agriculture Ecosystems and Environment.
- Aniel, T.W., J.A. Helms dan Frederick, S.B. 1995. Prinsip-prinsip Silvikultur. Edisi II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Indonesia.
- Anonimous. 2000. Rencana Kerja Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu dalam Hutan Alam pada Hutan Produksi Periode tahun 2007 s/d 2016. PT. Tingang Karya Mandiri. Buntok.
- Basuki, T.M., Van Laake P.E., Skidmore A.K., Hussin Y.A. 2009. Allometric Equations for Estimating the Above-ground Biomass in Tropical Lowland *Dipterocarp* Forests. Forest Ecology and Management 257, 1684-1694.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests; a primer, FAO. Forestry paper 134, Rome, 87 pp.
- Brown, S. A.J.R. Gillespie and A.E. Lugo. 1989. Biomass Estimation Methods for Tropical forest with Applications to Forest inventory Data. Forest science 35:881-902.
- Brown, S. 1999. Guidelines for Inventorying Carbon Offset in Forest-Based Project. Winrock International, Arlington, VA. <http://www.srmwww.gov.bc.ca/tib>.
- Chiesi, M., Maselli, F., Bindi, M., Fibbi, L., Cherubini, P., Arlotta, E., Tirone, G., Matteucci, G., Seufert, G. 2005. Modelling carbon budget of Mediterranean Forests Using Ground and Remote Sensing Measurements. Agricultural and Forest Meteorology 136, 22-34.
- Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., Thomlinson, J.R., Ni, J., Holland, E.A., 2001. Net Primary Production in Tropical Forests: An Evaluation and Synthesis of Existing Field data. Ecological Application 11 (2), 371-384.
- FAO. 2006. State of the World Forest (2006). FAO of the UN. Rome.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez, 1983. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd Edition. An International Rice Research Institute Book. A Wiley-Interscience publication. New York.
- Haygreen, J.G. and Bowyer J.L. 1982. Forest Products and Wood science, an Introductions. Iowa State University Press. Ames. Iowa.
- Hairiah J, Sitompul SM, van Noordwijk M, Palm CA. 2001. Methods for Sampling Carbon Stocks Above and Below Ground. ICRAF. Bogor.
- Hitchcock, H.C., J.P. Mc. Donnell. 1979. Biomass Measurement : A Synthesis of the Literature Forest Resource Inventories. Workshop Proceedings. Colorado State University. Fort Collins.
- Hooijer, A., Silvius, M., Wosten, H., and Page, S. 2006. PEAT-CO₂, Assesment of CO₂ Emissions from Drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943(2006).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.
- Ismail, AY. 2005. Dampak Kebakaran Hutan Terhadap Potensi Kandungan Karbon pada Tanaman Acacia mangium Willd di Hutan Tanaman Industri (HTI). Thesis Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Tidak dipublikasikan.
- Ketterings, Q.M., Coe R., Van Noordwijk M., Ambagau Y., Palm C.A. 2001. Reducing Uncertainty in the Use of Allometric Biomass Equationa for Predicting Aboveground Tree Biomass in Mixed Secondary Forests. Forest ecology and Management 146, 199-209.
- Krisfianti, L.G., Ng. Ginting, dan A. Wibowo. 2009. Isu Pemanasan Global UNFCCC Kyoto Protokol dan Peluang Aplikasi A/R CDM di Indonesia. Badan Litbang Kehutanan. Jakarta.
- Kusmana, C. 1997. Metode Survey Vegetasi. PT. Penerbit. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 53 Hal.
- Maltby dan Immirizi. 1993. Carbon Dynamics in Peatlands and Other Wetlands Soils : Regional and Global Perspective. Chemosphere 27; 999 - 1023.
- Martawijaya, A., I. Kartasujana, Kosasi Kadir, S.A. Prawira. Indonesian Wood Atlas Vol. 1. Agency For forestry Research and Development. Forest Products Research and development Centre. Bogor. Indonesia.
- Murdiyarso, D., Upik Rosalina, Kurniatun Hairiah, Lili Muslihat, I.N.N. Suryadiputra dan Adi Jaya. 2004. Petunjuk Lapangan Pendugaan Cadangan Karbon pada Lahan Gambut. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Wetlands International-Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor. Indonesia.
- Masripatin, N. 2007. Apa itu REDD. Badan Litbang Kehutanan. Dephut. Jakarta.

- Navar, J. 2009. Allometric Equation for Tree Species and Carbon Stock for Forest of Northwest Mexico. *Forest Ecology and Management* 257 (2009): 427 - 434.
- Neuzil, S.G. 1997. Onset and Rate of Peat and Carbon Accumulation in Four Domed Ombrogenous Peat Deposits in Indonesia. In *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands*. (eds. Rieley, J.O., and S.E. Page). Samara Publishing Ltd. pp.55-72.
- Page, S.E., Siegert, F. Rielay, J.O. Boehm H.D.V., Adi Jaya. 2002. The amount of carbon released from peat and forest fire in Indonesia during 1997. *Nature*. 420. 61-65.
- Parish, F., Sirin, A. Charman. D., Joosten, H., Minayeva, T. Silvius, M. and Stringer, L. (Eds) 2008. *Assesment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report*, Global Environment Centre, Kuala Lumpur and WU, Wageningen.
- PIKA. 1979. *Mengenal Sifat-sifat Kayu Indonesia dan Penggunaannya*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Priyatno, D. 2009. *SPSS untuk Analisis Korelasi, Regresi, dan Multivariate*. Penerbit Gava Media. 106 hal.
- Rajagukguk, Kurnain A., Sajarwan A. Dan Kusuma R.E., 2000. *Panduan Analisis Laboratorium untuk Gambut*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Schroeder, P.E., R.K. Dixon and J.K. Winjum. 1993. Forest Management and Assesment of Promising Forest Management Practices and Technologies, including site-level costs. For Enhanching the Conservation and Sequestration of atmospheric Carbon. *Unasyuva* 173. Vol.44 p.52-60.
- Shimada, S., H. Takahashi, M. Kaneko, and Haraguchi Akira. 2000. The Estimation of Carbon Resource in a Tropical Peatland: A Case Study in Central Kalimantan. Indonesia. *International Symposium on Tropical Peat lands*. Research and Development Center for Biology, The Indonesian Institute of Sciences. Bogor.
- Stewart, J.L., Duncan, A.J., Hellin, J.J., Hughes C.E, 1992. Wood biomass estimation of Central American dry zone species. *Tropical Forestry Papers* 26. Oxford Forestry Intsitute. Departement of Plant Sciences. University of Oxford.
- Sulaiman, W. 2004. *Analisis Regresi Menggunakan SPSS. Contoh Kasus dan Pemecahannya*. Penerbit Andi Yogyakarta.
- Tan, K., Piao, S., Peng, C., Fang, J., 2007. Sattellite-based Estimation of Biomass Carbon tocks for Northeast China's Forests between 1982 and 1999. *Forest Ecology and Management* 240, 114-121.
- Tojib, A., Supriyadi, S. Hardiwinoto, and Yasuyuki Okimori. 2001. Estimation Formula of Aboveground Biomass in Several Land-use System in Tropical Ecosystems of Jambi, Sumatra. *Proceedings of The Seminar on Dipterocarp Reforestation to Restore Environment through Carbon Sequestration*. Kansai Environmental Engineering Center (Kansai) and Kanso in Cooperation with Faculty of Forestry Gajah Mada University. Yogyakarta.
- Wahyunto, Ritung, S., Suparto, Subagyo. 2005. *Sebaran Gambut dan Kandungan Carbón di Sumatra dan Kalimantan* 2004. WIIP, Bogor.
- Wang, C. 2006. Biomass Allometric Equations for 10 Co-occurring Tree Species in Chinese Temperate Forest. *Forest Ecology and Management* 222: 9 - 16.
- Wibowo, A. 2009. *Pengembangan Perhitungan Emisi GRK Kehutanan (Inventory)*. Rencana Penelitian Integratif 2010-2014. Badan Litbang Kehutanan. Jakarta.