

**ESTIMASI POTENSI BIOMASSA DAN MASSA KARBON HUTAN
TANAMAN *Acacia crassicarpa* DI LAHAN GAMBUT
(Studi Kasus di Areal HTI Kayu Serat di Pelalawan, Propinsi Riau)**

*(Estimating Biomass and Carbon Mass Potency of Wood
Plantation of *Acacia crassicarpa* Growing on Peat Land Site
(A Case Study on Fiber Wood Plantation Area at Pelalawan,
Riau Province)*

Oleh/By :

Yuniawati¹ Ahmad Budiaman² & Elias²

¹ Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan,
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610, Telp. 0251 8633378, Fax. 0251 8633413
e-mail : yunia.005@yahoo.com

² Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB,
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16001 Telp. 0251 8621677, Fax. 0251 8621256

Diterima 19 September 2011, disetujui 17 November 2011

ABSTRACT

*The role of forests as carbon sink and carbon store is undoubtedly important to reduce the carbon amount in the earth atmosphere thereby preventing greenhouse (GHG) effect that can induce the global warming. Among the various types of forest, peat swamp forest serves as the largest carbon store. A research has been carried out at the fiber wood plantation forest comprising mostly *Acacia crassicarpa* species that grew on a peat land, at the Pelalawan sector, Riau Province. The research was to obtain allometric equations that related the growth parameters of *A. crassicarpa* trees (i.e. tree diameter (D) and height either a total (Htot) or branch free (Hbc)) to their growth products i.e. biomass (W) and carbon mass (C).*

*It was found that the best fitted and most representative allometric equations were consecutively $W = 0.398918D^{2.041}Hbc^{0.165}$ (for estimating biomass potency) and $C = 0.131D^{1.246}Htot^{1.175}$ (for carbon mass potency). Furthermore, samples *A. Crassicarpa* tree from different stand ages (2,3,4, and 5 years old) covering particular tree portions (i.e main stems, branches, twigs, leaves, and roots) were tested for moisture contents, specific gravity/density, ash content, volatile matter and fixed carbon. The allometric equations obtained were used to measure and estimate the biomass and carbon mass potencies of *A. crassicarpa* tree stands at their age group, i.e. 2,3,4 and 5 years old.*

*Using those allometric equations, the estimates of biomass (W) of *A. Crassicarpa* for age 2, 3, 4 and 5 years old are 44.98 tons/ha, 70.35 tons/ha, 134.05 tons/ha, and 234.78 tons/year. The potency of carbon mass are 12.09 tons/ha, 36.23 tons/ha, 76.09 tons/ha and 133.10 tons/ha, for stand age 2,3,4 and 5 respectively.*

*Keyword : Peat forest, *Acacia crassicarpa* tree stands, biomass, carbon mass, allometric equation.*

ABSTRAK

Peran hutan sebagai penyerap dan penyimpan karbon tidak diragukan lagi untuk mengurangi jumlah karbon di atmosfer bumi sehingga mencegah efek gas rumah kaca (GRK) yang dapat menyebabkan pemanasan global. Diantara berbagai jenis hutan, terdapat jenis hutan gambut yang

berfungsi sebagai penyimpan karbon terbesar. Penelitian dilaksanakan di hutan tanaman kayu serat spesies *Acacia crassicarpa* yang tumbuh di lahan gambut, secara administratif di bawah perusahaan pulp dan kertas di Pelalawan, propinsi Riau. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh persamaan alometrik yang terkait parameter pertumbuhan pohon *A. crassicarpa* yaitu diameter pohon (D) dan tinggi baik sebagai total (Htot) atau cabang bebas (Hbc) untuk hasil pertumbuhan biomassa (W) dan massa karbon (C).

Metode penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan contoh dari pohon *A. crassicarpa* dengan umur berturut-turut 2,3,4 dan 5 tahun (antara lain batang utama, cabang, ranting, daun dan akar). Contoh tersebut dilakukan pengujian di laboratorium, dengan menguji kadar air, berat jenis, kadar abu, kadar zat terbang dan kadar karbon.

Hasil persamaan alometrik yang diperoleh digunakan untuk mengukur dan memperkirakan potensi biomassa dan massa karbon dari tegakan pohon *A. crassicarpa* pada kelompok umur, yaitu 2,3,4 dan 5 tahun. Persamaan alometrik yang tepat dan paling mewakili adalah $W = 0.398918D^{2.041}Hbc^{0.165}$ (untuk menghitung potensi biomassa) dan $C = 0.131D^{1.246}Htot^{1.175}$ (untuk menghitung potensi karbon). Penggunaan persamaan alometrik tersebut, akan menghasilkan potensi biomassa (W) *A. crassicarpa* untuk kelompok umur 2,3,4 dan 5 tahun berturut-turut yaitu 44,98 tons/ha, 70,35 tons/ha, 134,05 tons/ha dan 234,78 tons/ha. Sedangkan untuk nilai potensi massa karbon (C) sebesar 12,09 tons/ha, 36,23 tons/ha, 76,09 tons/ha dan 133,10 tons/ha, masing-masing untuk kelompok umur pohon (2,3,4,5 tahun). Untuk menarik kesimpulan hasil penelitian ini bahwa pada berbagai umur tegakan pohon *A. crassicarpa* dan berbagai bagian pohon memberikan perbedaan nyata didalam biomassa dan massa karbon. Informasi penting ini patut mendapat perhatian secara menyeluruh untuk memperkirakan potensi biomassa dan massa karbon di pohon tertentu dengan tepat dan handal.

Kata kunci : Hutan gambut, tegakan pohon *Acacia crassicarpa*, Biomassa, massa karbon, pasangan alometrik

I. PENDAHULUAN

Peranan hutan sebagai penyimpan dan penyerap karbon sangat penting dalam rangka mengatasi masalah efek gas rumah kaca (GRK) yang mengakibatkan pemanasan global. Salah satu penyumbang emisi GRK adalah karbondioksida (CO₂), yang berkontribusi sebesar 55% dari keseluruhan peningkatan pemanasan global. Dengan demikian, maka emisi dan penyerapan CO₂ di atmosfer harus mendapat perhatian yang lebih besar.

Hutan gambut sebagai biomassa merupakan tempat penyimpanan karbon terbesar diantara berbagai tipe hutan. Menurut Murdiyarso *et al.* (2004), hutan gambut adalah tempat pemendaman karbon yang telah berlangsung ribuan tahun. Secara global biomassa pada lahan gambut menyimpan sekitar 329-525 Gt C atau 15-35% dari total karbon terestris. Sekitar 86% (455 Gt) dari karbon di lahan gambut tersebut tersimpan di daerah temperate atau beriklim sedang (Kanada dan Rusia), sedangkan sisanya sekitar 14% (70 Gt) terdapat di daerah tropis. Jika diasumsikan bahwa kedalaman rata-rata lahan gambut di Indonesia adalah 5 m, bobot isi biomassa 114 kg/m³, dengan kadar karbon 50% dan luas lahan tersebut 16 juta ha, maka stok massa karbon di lahan gambut Indonesia adalah sebesar 46 Gt. Jadi sekitar 65 % stok massa karbon di daerah tropis tersimpan di hutan gambut di Indonesia.

Saat ini telah banyak hasil penelitian potensi biomassa dan massa karbon pada jenis pohon tertentu. Beberapa hasil penelitian yaitu : 1 Sumanti (2003) pada tegakan *Pinus merkusii* jungh. Et De Vriese umur 1,2,3,4,5,6 dan 7 tahun dimana rata-rata potensi biomassa yang dimiliki pada masing-masing kelas umur berturut-turut adalah 18,86 ton/ha, 68,66

ton/ha, 170,48 ton/ha, 202,60 ton/ha, 186,88 ton/ha, 179,74 ton/ha dan 197,76 ton/ha dengan potensi massa karbon masing-masing adalah 9,43 ton/ha, 34,33 ton/ha, 85,24 ton/ha, 101,13 ton/ha, 93,44 ton/ha, 89,87 ton/ha dan 98,88 ton/ha; 2 Nurhayati (2005) pada tegakan puspa (*Schiima wallichii* (DC.) Korth.) umur 1,2,3, dan 4 tahun setelah kebakaran hutan memiliki kandungan biomassa batang berturut-turut adalah 408,55kg/ha, 842,39 kg/ha, 3575,81 kg/ha dan 5389,06 kg/ha dengan massa karbon adalah 200,1 kg/ha, 422,20 kg/ha, 1792,15 kg/ha dan 2700,93 kg/ha; dan 3 Elias dan Wistara (2009) pada tegakan pohon Jeunjing (*Paraserianthes falcataria* L Nielsen) di hutan rakyat pada umur tegakan 1,2,3,4,5 dan 6 tahun memiliki potensi massa karbon berturut-turut adalah 29,262 ton/ha, 33,555 ton/ha, 39,163 ton/ha, 33,163 ton/ha dan 56,93 ton/ha.

Pendugaan potensi biomassa dan massa karbon telah banyak dilakukan penelitian tetapi lebih kepada tegakan yang tumbuh di atas tanah mineral atau lahan kering, sedangkan hasil penelitian untuk tegakan di lahan basah seperti gambut terutama tegakan *Acacia crassicarpa* belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan mendapatkan model persamaan alometrik untuk menduga potensi biomassa dan massa karbon pohon *A. crassicarpa*, dan mengetahui potensi biomassa dan massa karbon tegakan *A. crassicarpa* di lahan gambut.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi Penelitian

Penelitian lapangan dilaksanakan di areal hutan tanaman *A. crassicarpa* di areal HTI Pelalawan Propinsi Riau. Sedangkan penelitian di laboratorium dilakukan di Laboratorium Kimia Hasil Hutan, dan Laboratorium Pengaruh Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Berdasarkan administrasi pemerintahan, Pelalawan termasuk dalam Kecamatan Siak Indrapura, Pelalawan dan Kerumutan. Berdasarkan administrasi sektor kehutanan, Sektor Pelalawan termasuk dalam Pemangkuan Hutan Dinas Kehutanan Kabupaten Pelalawan yang berada di bawah Dinas Kehutanan Propinsi Riau.

Luas lahan hutan di Sektor Pelalawan adalah 75.640 ha, yang terdiri dari jenis tanah organosol hemik, fibrik seluas 52.845 ha, dan organosol saprik, hemik seluas 22.795 ha. Areal ini terletak pada DAS (Daerah Aliran Sungai) Selampayan Kanan, Sub DAS Selampayan Kiri, dengan ketinggian 20-160 m dpl. Menurut klasifikasi Schmidt dan Fergusson iklim di daerah ini termasuk tipe A, dengan rata-rata curah hujan 2.323 mm/tahun dan banyaknya hari hujan 150 hari/tahun. Curah hujan paling tinggi terjadi pada bulan April dan curah hujan paling rendah pada bulan Juli.

B. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian ini adalah pohon-pohon contoh dari tegakan *A. crassicarpa* di lahan gambut. Bahan dan alat yang digunakan terdiri dari kompas, pita ukur, rollmeter, tali rafia, spidol permanen, cat warna kuning dan merah, timbangan besar kapasitas 25-100 kg, timbangan kecil 0,5-2,0 kg, chainsaw, sekop, kuas kawat, parang, label, kantong plastik ukuran 1 kg, terpal, tanur, ayakan dengan ukuran lubang 40-60 mesh, oven, cawan aluminium, alat tulis, kalkulator, komputer dan perangkat lunak Microsoft Word, Microsoft Excel dan SPSS 15.

C. Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui tahapan kegiatan sebagai berikut :

1. Inventarisasi potensi biomassa dan massa karbon pohon dilakukan dengan menggunakan metode survey sistem jalur selebar 20 m pada petak ukur seluas 1 ha. Survei dilakukan pada masing-masing areal tegakan dengan kelas umur 2,3,4, dan 5 tahun. Jumlah petak ukur pada masing-masing kelas umur tersebut sebanyak 3 buah sehingga jumlah total petak ukur tersebut adalah 4 x 3 atau 12 buah.
2. Pengukuran biomassa pohon dilakukan dengan metode destruktif. Jumlah pohon sampel yang diambil sebanyak 40 pohon yang merupakan pohon-pohon yang mewakili populasi setiap kelas diameter dari 4 kelas diameter pohon *A. crassicarpa* dalam tegakan (Tabel 1). Masing-masing kelas diameter tersebut diambil dari areal tegakan berdasar kelas umur tertentu (2,3,4,5 tahun) sehingga dianggap mewakili tegakan pohon dengan umur berturut-turut 2,3,4, dan 5 tahun tersebut. Pemilihan pohon sampel dilakukan dengan metode purposive sampling. Metode pengukuran dan pengumpulan data pohon contoh mengikuti tahapan kerja yang telah dijelaskan oleh Elias dan Wistara (2009).

Tabel 1. Jumlah pohon contoh *A. crassicarpa* dan sebaran kelas diameternya di lokasi penelitian

*Table 1. Number of sampled *A. crassicarpa* trees and distribution of their diameter as further grouped into four classes, at the research site*

No	Kelas diameter (Diameter classes), cm	Jumlah pohon contoh (Sum of sample trees)
1	4,6 - < 9,3	15
2	9,3 - < 14,1	8
3	14,1 - < 18,8	8
4	18,8 - 23,5	9
Jumlah total pohon (Total of sample trees)		40

3. Contoh bahan uji diambil dari batang utama, cabang, ranting, daun dan akar dari tiap-tiap pohon contoh masing-masing sebanyak 3 buah (sub contoh) yang selanjutnya dianggap sebagai ulangan, sehingga jumlah sampel uji sebanyak 40 x 5 x 3 atau 600 buah. Cara pengambilan contoh bahan uji di lapangan mengikuti cara yang telah dijelaskan oleh Elias dan Wistara (2010).
4. Pengujian yang dilakukan pada contoh bahan uji terdiri dari penetapan kadar air (Haygreen dan Bowyer, 1989), berat jenis (Karnasudirdja, 1987), kadar zat terbang (Anonim, 1990a), kadar abu (Anonim, 1990b) dan kadar karbon (SNI 06-3730-1995 dalam Elias dan Wistara, 2010)
5. Persamaan alometrik dan uji t Beda nyata kadar karbon

Persamaan alometrik merupakan persamaan yang menggambarkan hubungan antara dua variabel, yaitu variabel bebas (*independent variable*) dan variabel tidak bebas (*dependent variable*) yang dinyatakan dalam persamaan eksponensial. Persamaan alometrik yang dibuat dalam

penelitian ini adalah hubungan antara diameter pohon setinggi dada (1,3 m dari permukaan tanah) dengan biomassa atau massa karbon pohon, dan hubungan diameter setinggi dada dan tinggi pohon (sampai cabang utama dan total) dengan biomassa atau massa karbon pohon. Model hubungan tersebut dinyatakan dalam persamaan eksponensial (alometrik) sebagai berikut (Brown, *et al.*, 1989):

1. Model dengan satu peubah bebas:
 - $W = a D^b$ (1)
 - $C = a D^b$ (2)
2. Model dengan dua peubah bebas
 - $W = a D^b Hbc^c$ (3)
 - $C = a D^b Hbc^c$ (4)
 - $W = a D^b Htot^c$ (5)
 - $C = a D^b Htot^c$ (6)

Keterangan:

- W = Biomassa pohon (kg);
- C = Massa karbon pohon (kg);
- W,C = Dianggap sebagai peubah tidak bebas;
- D = Diameter pohon setinggi dada (cm);
- Hbc = Tinggi pohon bebas cabang (m);
- Htot = Tinggi pohon total (m);
- a,b,c = Konstanta
- D, Hbc, Htot = Dianggap sebagai peubah bebas

D. Analisis Data

Pengujian terhadap kecermatan hasil perhitungan persamaan alometrik menggunakan kriteria nilai simpangan baku (*s*), koefisien determinasi $R^2_{adjusted}$, dan PRESS (*Predicted residual sum of square*). Berdasarkan kriteria tersebut, model yang terbaik adalah model yang memiliki nilai *s* terkecil, $R^2_{adjusted}$ yang terbesar, dan PRESS yang paling kecil. Sedangkan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara kadar karbon biomassa pada bagian-bagian pohon (batang utama, cabang, ranting, daun, dan akar), dan apakah terdapat perbedaan antara kadar karbon biomassa pohon dari berbagai kelas umur tegakan *A. crassiparva* dipergunakan uji analisa keragaman (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji beda nilai tengah uji *t* (*least square means for t-test*) menggunakan *software* SPSS 15.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Karbon *A. crassiparva*

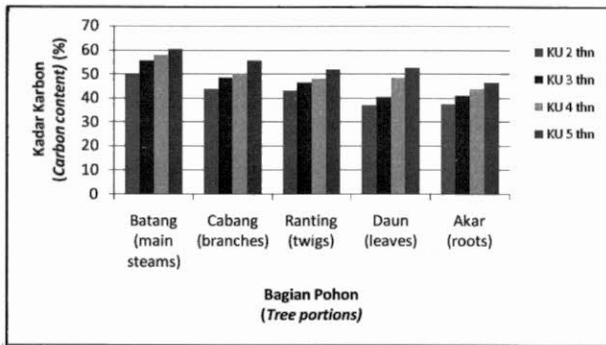
Hasil penelitian di laboratorium terdiri dari kadar air (%), berat jenis (gr/cm^3), kadar zat terbang (%), kadar abu (%), dan kadar karbon (%) pada setiap bagian pohon dan kelas umur disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji Laboratorium kadar air ,berat jenis, kadar zat terbang, kadar abu, dan kadar karbon

Table 2. Results of laboratory test on moisture content, specific gravity/density, volatile matter, ash content and fixed carbon.

Kelas umur (tahun) (<i>Age group, years</i>)	Bagian pohon (<i>Portion in the tree</i>)	Sifat (<i>Properties</i>)				
		Kadar air (%) (<i>Moisture content, %</i>)	Berat jenis/kera patan (gr/cm^3) (<i>density, gr/cm³</i>)	Kadar abu (%) (<i>Ash content, %</i>)	Kadar zat terbang (%) (<i>Volatile matter, %</i>)	Kadar karbon (%) (<i>Fixed carbon, %</i>)
2	Batang (<i>main stems</i>)	80,57	0,61	1,49	48,25	50,27
	Cabang (<i>branches</i>)	121,27	0,49	1,68	54,65	43,67
	Ranting (<i>twigs</i>)	114,77	0,41	1,33	55,57	43,1
	Daun (<i>leaves</i>)	118,64	-	2,45	60,53	37,02
	Akar (<i>roots</i>)	92,01	0,32	2,73	59,99	37,28
3	Batang (<i>main stems</i>)	65,84	0,64	1,30	43,13	55,57
	Cabang (<i>branches</i>)	84,37	0,52	1,29	50,4	48,3
	Ranting (<i>twigs</i>)	91,81	0,46	1,41	52,04	46,55
	Daun (<i>leaves</i>)	102	-	1,69	57,96	40,35
	Akar (<i>roots</i>)	105,70	0,35	2,52	56,53	40,95
4	Batang (<i>main stems</i>)	57,15	0,66	1,42	40,80	57,78
	Cabang (<i>branches</i>)	76,11	0,54	1,64	48,37	49,98
	Ranting (<i>twigs</i>)	87,83	0,48	1,54	50,18	48,28
	Daun (<i>leaves</i>)	94,26	-	1,46	49,98	48,56
	Akar (<i>roots</i>)	115,42	0,36	2,68	53,74	43,59
5	Batang (<i>main stems</i>)	49,02	0,67	1,43	38,38	60,20
	Cabang (<i>branches</i>)	67,38	0,6	1,51	42,93	55,57
	Ranting (<i>twigs</i>)	83,39	0,51	1,61	46,48	51,91
	Daun (<i>leaves</i>)	79,88	-	1,47	46,09	52,43
	Akar (<i>roots</i>)	131,6	0,43	2,34	51,30	46,36

Kadar karbon biomassa adalah perbandingan jumlah berat atau massa unsur karbon yang terdapat dalam biomassa terhadap berat kering biomassa tersebut yang dinyatakan dalam persen. Massa karbon tersebut berasal dari unsur karbon yang diserap oleh vegetasi/pohon dari CO₂ di udara melalui proses reaksi bio kimia yang dikenal dengan proses fotosintesis. Rata-rata kadar karbon pohon *A. crassicaarpa* hasil penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kadar karbon (%) biomassa *A. crassicarpa* pada berbagai bagian pohon
Figure 1. Carbon content (%) of *A. crassicarpa* biomass at various tree portions

Keterangan (Remarks)

KU 2 tahun : kelas umur tegakan 2 tahun (Stand age class of 2 years)

KU 3 tahun : Kelas umur tegakan 3 tahun (Stand age class of 3 years)

KU 4 tahun : Kelas umur tegakan 4 tahun (Stand age class of 4 years)

KU 5 tahun : Kelas umur tegakan 5 tahun (Stand age class of 5 years)

Masing-masing kelas umur tegakan / each of the age classes of the stands consecutively (2,3,4,5, years) diwakili oleh masing-masing kelas diameternya / is represented by each of their diameter class (4.6-<9.3 cm, 9.3 - <14.1 cm, 14.1 - <18.8 cm, 18.8-23.5 cm, respectively).

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar karbon tertinggi terdapat pada biomassa bagian batang umur 5 tahun yaitu sebesar 60,20%, dan kadar karbon terendah terdapat pada biomassa daun berumur 2 tahun yaitu sebesar 37,02%. Hasil uji (Lampiran 1) terhadap perbedaan kadar karbon pada biomassa bagian pohon *A. crassicarpa* (batang utama, cabang, ranting, daun, dan akar) dan terhadap perbedaan kadar karbon pada biomassa pohon dalam tegakan kelas umur 5,4,3,dan 2 tahun menunjukkan adanya perbedaan yang nyata dari kadar karbon yang terdapat pada bagian pohon maupun pada biomassa pohon pada kelas umur tegakan yang berbeda. Pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa semakin tua kelas umur tegakan *A. crassicarpa*, semakin tinggi kadar karbon biomassa pohon tegakan tersebut. Ini disebabkan semakin tua umur pohon, maka porsi kayu tuanya (*mature wood*) makin besar terhadap porsi kayu muda (*juvenile wood*). Lebih lanjut, kadar selulosa dan lignin pada kayu tua lebih besar dibandingkan pada kayu muda, seperti diketahui kandungan karbon (C) pada selulosa dan lignin berturut-turut 44.44% dan 67.50% (Browning, 1967, Haygreen dan Bowyer, 1989). Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Elias dan Wistara (2010) yang melakukan penelitian terhadap tegakan *Paraserienthes falcataria*, *Acacia mangium*, *Pinus merkusii*, hutan alam tropika tanah kering, dan hutan alam tropika gambut, dan hasil penelitian Peichl dan Arain (2006 dan 2007) di hutan Pinus di wilayah temperate.

Tingginya kadar karbon pada batang disebabkan karbon merupakan unsur yang dominan dalam kayu. Kayu tersusun dari selulosa, hemiselulosa, lignin, dan zat ekstraktif yang sebagian besar tersusun dari unsur karbon. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan pernyataan Haygreen dan Bowyer (1989) bahwa bagian batang pohon utama umumnya memiliki zat penyusun kayu (jaringan silem) lebih banyak dibandingkan bagian pohon lainnya (cabang dan ranting). Sedangkan rendahnya kadar karbon pada daun dan akar disebabkan

pada daun banyak terdapat jaringan bersifat parenkhim yang berdinging tipis dan penyusun dinding jaringan tersebut bukan hanya terdiri dari selulosa saja, tetapi juga bahan pektin dan lignin hampir tak ada. Lagi pula produk fotosintesis pada daun segera ditranslokasikan ke seluruh bagian pohon guna menjalani proses metabolisme lebih lanjut (asimilasi, biosintesis, dan sebagainya). Pada akar, selain terdapat jaringan silem (kayu), juga banyak terdapat jaringan ploidem dan parenkhim. Baik jaringan ploidem maupun parenkhim tersebut memiliki dinding tipis dan lignin hampir tak ada (Holman and Robbin, 1973).

Kadar karbon biomassa pohon dari tegakan yang umurnya lebih tua lebih tinggi dibandingkan dengan kadar karbon biomassa pohon yang umur tegakannya lebih muda. Hal ini disebabkan pada pohon yang tua sudah lebih banyak terbentuk kayu gubal dibandingkan kayu dari pohon muda. Selanjutnya nilai kadar karbon yang saling berbeda pada bagian batang utama, cabang, ranting dan akar digunakan untuk menentukan kadar karbon keseluruhan biomassa yang mencakup bagian-bagian tersebut selama dibobot (*weighted*).

Kadar karbon *A. crasscarpa* dari hasil penelitian ini berbeda dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh orang lain antara lain yaitu : (1) Limbong (2009) tegakan *Acacia crasscarpa* lahan gambut bekas terbakar di Sumatera Selatan dimana pada kelas umur 2 tahun (batang, cabang, ranting, daun, bunga) masing-masing adalah 16,28%, 17,25%, 20,55%, 22,83%, dan 0%, pada kelas umur 4 tahun masing-masing pada bagian pohon adalah 17,16%, 18,22%, 19,05%, 24,40%, 22,07%, pada kelas umur 6 tahun masing-masing pada bagian pohon adalah 16,02%, 17,83%, 18,79%, 23,11% dan 22,01%; dan (2) Adiriono (2009) tegakan *Acacia crasscarpa* lahan gambut di Sumatera Selatan dimana hasil rata-rata kadar karbon yang dihasilkan pada bagian pohon daun, batang, cabang dan akar masing-masing adalah 68,84%, 82,15%, 82,32% dan 78,70%.

Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa kadar karbon biomassa bagian-bagian pohon dan kadar karbon biomassa pohon dalam berbagai kelas umur tegakan adalah berbeda satu sama lainnya, sehingga besarnya kadar karbon biomassa merupakan informasi yang penting dalam menduga potensi massa karbon pohon dalam tegakan. Asumsi-asumsi umum yang sering dipergunakan (a.l. Brown, 1997; Ketterings *et al.* 2001) yang menyebutkan bahwa massa karbon dianggap sama dengan 50% biomassa atau faktor konversinya = 0,5 dalam menduga potensi massa karbon suatu tegakan tanpa memperhatikan jenis biomassa dan umur tegakan, dapat menyebabkan ketidaktepatan hasil pendugaan.

B. Potensi Biomassa *A. crasscarpa*

Pendugaan potensi biomassa *A. crasscarpa* dilakukan dengan menggunakan model persamaan alometrik biomassa pohon. Persamaan alometrik pendugaan potensi biomassa pohon *A. crasscarpa* terbaik yang diperoleh dari penelitian ini adalah $W = 0,398918D^{2,041}Hbc^{0,165}$, yang mempunyai koefisien determinasi R-Sq(adj) sebesar 0,99 dan simpangan baku sebesar 0,062. Hasil pendugaan potensi biomassa tegakan *A. crasscarpa* berdasarkan persamaan biomassa tersebut disajikan pada Tabel 3.

Hasil perhitungan potensi biomassa tegakan *A. crasscarpa* tersebut di atas lebih besar dari hasil penelitian Adiriono (2009) yang mengadakan penelitian terhadap tegakan *A. crasscarpa* di Sumatera Selatan yang menghasilkan potensi biomassa pohon tegakan *A. crasscarpa* kelas umur 5,4,3,dan 2 tahun berturut-turut sebagai berikut: 154,19; 125,84; 62,47; dan 56,94 ton/ha.

Tabel 3. Potensi biomassa pada tegakan pohon *A. crassicarpa* (ton/ha)
Table 3. Potency of biomass *A. crassicarpa* tree stand (ton/ha)

Kelas umur (tahun), <i>Age group (years)</i>	Jumlah pohon/ha (N/ha), <i>Number of Tree / ha (N/ha)</i>	Biomassa (kg/pohon), <i>Biomass (kg/tree)</i>	Biomassa (kg/ha), <i>Biomass (kg/ha)</i>	Biomassa (ton/ha), <i>Biomass (ton/ha)</i>
2	1043	43,125	44.979,3	44,98
3	905	77,735	70.350,175	70,35
4	820	163,475	134.049,5	134,05
5	745	315,147	234.784,515	234,78

Hasil penelitian ini memiliki potensi biomassa lebih tinggi daripada hasil penelitian Adiriono (2009), hal ini disebabkan karena jumlah pohon/ha pada umur tegakan 2, 3 dan 5 tahun lebih sedikit daripada penelitian ini, sehingga potensi biomassa yang ada lebih rendah. Disamping itu metode penelitian yang digunakan juga berbeda. Untuk menghitung biomassa menggunakan nilai *Biomass Expansion Factor* (BEF), dimana tidak dilakukan pengukuran secara langsung. Pengukurannya menggunakan data hasil inventore hutan, dengan data berupa volume batang (Fang, 2001; Schroeder, 1997 dalam Adiriono, 2009).

Makin besar potensi biomassa tegakan diakibatkan oleh makin tua umur tegakan tersebut. Hal ini disebabkan oleh karena diameter pohon mengalami pertumbuhan melalui pembelahan sel yang berlangsung secara terus menerus dan akan semakin lambat pada umur tertentu. Pertumbuhan tersebut terjadi di dalam kambium arah radial. Pada akhirnya akan terbentuk sel-sel baru yang akan menambah diameter batang (Sjostrom, 1998).

C. Potensi Massa Karbon *A. crassicarpa*

Pendugaan potensi massa karbon pohon tegakan *A. crassicarpa* menggunakan model persamaan alometrik penduga massa karbon pohon *A. crassicarpa* yang terbaik yang diperoleh dari penelitian ini, yakni $C = 0,131D^{1,246}Htot^{1,175}$, dengan koefisien determinasi R^2 (adj) sebesar 0,99 dan simpangan baku sebesar 0,062. Hasil pendugaan potensi massa karbon tegakan *A. crassicarpa* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Potensi massa karbon tegakan pohon *Acacia crassicarpa*
Table 4. Potency of mass carbon *A. crassicarpa* tree stand

Kelas umur (tahun), <i>Age group (years)</i>	Jumlah pohon/ha (N/ha), <i>Number of Tree / ha (N/ha)</i>	Massa karbon (kg/pohon), <i>mass carbon (kg/tree)</i>	Massa karbon (kg/ha), <i>mass carbon (kg/ha)</i>	Massa karbon (ton/ha), <i>mass carbon (ton/ha)</i>
2	1043	11,587	12.085,241	12,09
3	905	40,031	36.228,055	36,23
4	820	92,788	76.086,16	76,09
5	745	178,659	133.100,955	133,10

Hasil pendugaan massa karbon pohon penelitian ini lebih besar dari hasil pendugaan potensi massa karbon pohon tegakan *A. crassicarpa* yang dilakukan oleh Adiriono (2009), yang menunjukkan potensi massa karbon tegakan *A. crassicarpa* berumur 5,4,3, dan 2 tahun berturut-turut adalah 55,47; 46,25; 34,53; dan 21,71 ton/ha. Kedua hasil pendugaan potensi massa karbon tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi umur tanaman maka massa karbon pohon tegakan semakin besar.

Dari Tabel 4 menunjukkan bahwa potensi massa karbon pada kelas umur 5 tahun lebih tinggi yaitu 133,10 ton/ha daripada kelas umur yang lain. Tingginya massa karbon pada tegakan hutan meningkat pada setiap peningkatan umur tanaman, hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya umur tanaman maka pohon atau tanaman menjadi lebih besar yang dihasilkan dari proses fotosintesis.

Sedangkan Hairiah dan Rahayu (2007) menyatakan bahwa potensi massa karbon dapat dilihat dari biomasnya tegakan yang ada. Besarnya massa karbon tiap bagian pohon dipengaruhi oleh massa biomassa vegetasi. Oleh karena itu setiap peningkatan terhadap biomassa akan diikuti oleh peningkatan massa karbon. Hal ini menunjukkan besarnya biomassa berpengaruh terhadap massa karbon. Besarnya potensi massa karbon sangat dipengaruhi diameter pohon.

IV. KESIMPULAN

1. Hasil pendugaan potensi biomassa dan massa karbon pohon tegakan *A. crassicarpa* dengan menggunakan persamaan (eksponensial) alometrik biomassa pohon dan diantara berbagai alternatif alometrik yang dianggap paling representatif adalah persamaan alometrik $W = 0,398918D^{2,041}Hbc^{0,165}$ dan persamaan alometrik massa karbon pohon $C = 0,131D^{1,246}Htot^{1,175}$ persamaan alometrik tersebut menunjukkan bahwa potensi biomassa pohon tegakan *A. crassicarpa* kelas umur 2,3,4 dan 5 tahun berturut-turut sebesar 44,98 ton/ha, 70,35 ton/ha, 134,05 ton/ha dan 234,78 ton/ha, dan potensi massa karbon pohonnya berturut-turut sebesar 12,09 ton/ha, 36,23 ton/ha, 76,09 ton/ha dan 133,10 ton/ha.
2. Kadar karbon biomassa bagian-bagian pohon (batang utama, cabang, ranting, daun dan akar) dan kadar karbon biomassa pohon dalam berbagai kelas umur tegakan adalah berbeda satu sama lainnya. Makin tua suatu tegakan makin besar potensi massa karbon pohon tegakan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia, LPPM IPB dan Sekolah Pascasarjana IPB yang melalui Skema Hibah Pascasarjana telah mendukung penelitian dengan judul Integrasi Pemanfaatan Karbon dalam Pengelolaan Hutan Alam Lestari dan Program REDD Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiriono, T. 2009. Pengukuran kandungan karbon (*Carbon Stock*) dengan metode karbonasi pada Hutan Tanaman jenis *Acacia crassicarpa* (Studi Kasus di HTI PT. Sebangun Bumi Andalas Woodbased Industries). Thesis. Program Studi S2 Ilmu Kehutanan, Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gajahmada, Yogyakarta. Tidak diterbitkan.
- Anonim. 1990a. Standard Test Method for Volatile Matter Content of Active Carbon. Annual Book of ASTM Standards. ASTM D 5832-98. Philadelphia.
- _____. 1990b. Standard Test Method for Total Ash Content of Activated Carbon. Annual Book of ASTM Standards. ASTM D 2866-94. Philadelphia.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest: A Primer. Rome, Italy: FAO Forestry Paper. 134p. Rome.
- 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* Vol 35(4):881-992.
- Browning, B.L. 1967. *The chemistry of Wood* Interscience Publishes. New York-London-Tokyo-Sydney.
- Elias dan N.J. Wistara. 2009. Metode estimasi massa karbon pohon jeunjing (*Paraserianthes falcataria* L Nielsen) di Hutan Rakyat. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 15(2): 75-82. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Elias and N.J. Wistara. 2010. Innovation in the Methods of Forest Carbon Stock Estimation. Di dalam: XXIII IUFRO WORLD CONGRESS Seoul, 23-28 August 2010. Seoul.
- Hairiah K, dan Rahayu S. 2007. Petunjuk praktis pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. World Agroforestry Centre ICRAF Southeast Asia Regional Office. Bogor.
- Haygreen, J.G. and J.L. Bowyer. 1989. Hasil hutan dan ilmu kayu. Suatu pengantar. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Holman, R and W.W. Robbins. 1973. *Elements of botany*. Fifth edition John Wiley and Sons, Inc. New York. Toronto. London.
- Karnasudirdja, S. 1987. Pengetahuan bahan kayu . Sifat fisis dan mekanis. Departemen Kehutanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Ketterings, Q.M., R. Coe, M. Van Noordwijk, Y. Ambagau and C.A. Palm. 2001. Reducing Uncertainty in the Use of Allometric Biomass Equations for Predicting Above-Ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forests. *Forest Ecology and Management* 120: 199-209.
- Limbong H.D.H. 2009. Potensi karbon tegakan *Acacia crassicarpa* pada lahan gambut bekas terbakar (Studi Kasus IUPHHK-HT PT. SBA Wood Industries, Sumatera Selatan). Tesis. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.

- Murdiyarso, D., U. Rosalina, K. Hairiah, L. Muslihat, N.N.N. Suryadiputra, dan A. Jaya. 2004. Petunjuk lapangan pendugaan cadangan karbon pada lahan gambut. Proyek Climate Change, Forest and Peatlands in Indonesia. Wetlands International-Indonesia programmed an Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Nurhayati, E. 2005. Estimasi potensi simpanan karbon pada tegakan puspa (*Schima wallichii* (DC.) Korth) di areal 1,2,3 dan 4 tahun setelah pembakaran, di hutan sekunder Jasinga, Kabupaten Bogor. Skripsi. Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Peichl, M. and M.A. Arain. 2006. Above- and Belowground Ecosystem Biomass and Carbon Pools in an Age-sequence of Temperate Pine Plantation Forests. *Agricultural and Forest Meteorology* 140: 51-63.
- _____. 2007. Allometry and Partitioning of Above- and Belowground Tree Biomass in an Age-Sequence of White Pine Forests. *Forest Ecology and Management* 253: 68-80.
- Sumanti, P. 2003. Potensi simpanan karbon di atas permukaan tanah pada hutan tanaman *Pinus merkusii* Jungh. Et de Vriese di KPH Lawu DS, Perum Perhutani. Skripsi. Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Sjostrom, E. 1998. Kimia kayu, dasar-dasar penggunaan. Edisi 2. Penerjemah Dr. Hardjono Sastrohamidjojo. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Lampiran 1.

Tabel 5. Hasil uji t-student kadar karbon *A. crassicaarpa* pada berbagai bagian pohon
Table 5. The results of t-test student on carbon content (%) at several portions of
***A. crassicaarpa* tree**

Bagian pohon	Cabang	Ranting	Daun	Akar
Batang	0,000**	0,032*		0,002*
Cabang			0,000**	0,000**
Ranting				0,000**
Daun				0,23 ^{tn}
				0,002*

Keterangan : ** = Berbeda Sangat Nyata ($p < 0,01$) pada selang kepercayaan 95%

* = Berbeda Nyata ($p < 0,01-0,05$) pada selang kepercayaan 95%

tn = Tidak Berbeda Nyata ($p > 0,05$) pada selang kepercayaan 95%

Tabel 6. Hasil uji t-student massa karbon pada masing-masing kelas umur
Table 6. The results of t-test student on carbon mass at each age group of
***A. crassicaarpa* tree**

Kelas Umur (thn)	3	4	50
2	0,069 ^{tn}	0,003**	0,000**
3		0,172 ^{tn}	0,020*
4			0,139 ^{tn}
5			0,001**

Keterangan : ** = Berbeda Sangat Nyata ($p < 0,01$) pada selang kepercayaan 95%

* = Berbeda Nyata ($p < 0,01-0,05$) pada selang kepercayaan 95%

tn = Tidak Berbeda Nyata ($p > 0,05$) pada selang kepercayaan 95%