

**FORMULASI ALLOMETRI BIOMASA DAN KONSERVASI KARBON TANAH
HUTAN TANAMAN SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) DI KEDIRI*)
(*Biomass Allometry Establishment and Conserved Soil Carbon of Paraserianthes
falcataria* (L.) Nielsen Plantation in Kediri)**

Oleh/By :

Chairil Anwar Siregar

Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam

Jl. Gunung Batu No. 5 Po Box 165; Telp. 0251-633234, 7520067; Fax 0251-638111 Bogor

*) Diterima : 17 Januari 2007; Disetujui : 14 Mei 2007

ABSTRACT

Allometric equations for an estimation of aboveground, belowground and total biomass of Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen were developed based on direct measurement of 35 individual trees in the plantation forest in KPH Kediri, East Java. The equation is important to estimate the produced carbon biomass. Soil investigation was also done covering soil bulk density at 0-30 cm and 0-100 cm depth, and carbon content. The data were used to calculate accumulative carbon content in the soil body in question. This study concluded that allometric equation for above ground biomass was $Y = 0.3196 X^{1.9834}$, $R^2 = 0.8748$, for below ground biomass was $Y = 0.0069 X^{2.5651}$, $R^2 = 0.9413$, and for total biomass was $Y = 0.2831 X^{2.0630}$, $R^2 = 0.91$, whereas X is diameter at breast height. Equations recommended for estimating the biomass are based on diameter at breast height. This is because the simplicity of these equations is valuable. This parameter is easy to measure in the field and is the most common variable recorded in forest inventory. Results obtained from this research show that above and below ground biomass produced from plantation with density of 376 trees/ha are 73.33 ton/ha and 10.64 ton/ha respectively (equivalent to 36.67 ton C/ha and 5.32 ton C/ha). Moreover, the amount of accumulative carbon conserved in soils from 0-30 cm and from 0-100 cm depth were 36-38 ton C/ha and 99 ton C/ha respectively, meanwhile the litter production ranged from 46-256 kg/ha with average of 156 kg/ha.

Key words: Allometric equations, carbon biomass, conserved soil carbon, Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen

ABSTRAK

Penelitian ini memformulasikan persamaan allometrik yang diperlukan untuk estimasi biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, dan biomasa total tanaman *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen berdasarkan pengukuran langsung 35 pohon contoh di hutan tanaman di KPH Kediri, Jawa Timur. Persamaan ini sangat diperlukan dalam menghitung karbon tersimpan dalam biomasa. Analisis tanah juga dilakukan mencakup kerapatan lindi pada kedalaman 0-30 cm dan 0-100 cm, serta kandungan karbon tanah. Data ini digunakan untuk menghitung akumulasi kandungan karbon pada tubuh tanah. Formulasi persamaan allometrik yang dihasilkan untuk biomasa bagian atas adalah $Y = 0,3196 X^{1,9834}$, $R^2 = 0,8748$, untuk biomasa bagian bawah $Y = 0,0069 X^{2,5651}$, $R^2 = 0,9413$, dan untuk biomasa total $Y = 0,2831 X^{2,0630}$, $R^2 = 0,91$, di mana X adalah diameter setinggi dada. Persamaan ini direkomendasikan untuk estimasi biomasa karena hanya berdasarkan variabel diameter setinggi dada, sederhana, dan menguntungkan. Variabel ini mudah diukur di lapangan dan sangat umum dicatat dalam kegiatan inventarisasi hutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi biomasa bagian atas dan biomasa bagian bawah dari tanaman dengan kerapatan 376 tanaman/ha masing-masing adalah 73,33 ton/ha dan 10,64 ton/ha (setara dengan 36,67 ton C/ha dan 5,32 ton C/ha). Selanjutnya jumlah kumulatif konservasi karbon tanah pada kedalaman 0-30 cm dan kedalaman 0-100 cm masing-masing sebesar 36-38 ton C/ha dan 99 ton C/ha, dan produksi serasah berkisar 46-256 kg/ha dengan rata-rata 156 kg/ha.

Kata kunci : Persamaan allometri, biomasa karbon, konservasi karbon tanah, *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen

I. PENDAHULUAN

Sementara jumlah total kawasan berhutan menurun secara global, pertambahan jumlah kawasan hutan tanaman meningkat pada kecepatan yang beragam. Di banyak negara di dunia, hutan tanaman telah menjadi salah satu komponen lansekap atau tataguna lahan yang penting. Secara global hutan tanaman di dunia telah mencakup luasan 200 juta ha dan mewakili 5 % dari total kawasan hutan di dunia (Kaninen, 2006).

Berbagai jenis hutan tanaman dibangun untuk beragam tujuan, tetapi tujuan utama pembuatan hutan tanaman adalah untuk memproduksi kayu (*timber*) dan produk hasil hutan lainnya. Di beberapa negara, pembangunan hutan tanaman secara eksplisit bertujuan untuk mengurangi tekanan pada hutan alam. Pada saat ini, hutan tanaman juga dibangun untuk tujuan lain seperti rehabilitasi lahan, pengendalian erosi, dan pengendalian sistem tata air yang baik.

Ketika hutan alam banyak yang rusak dan menjadi kurang terakses, masyarakat dunia mulai banyak bergantung pada barang dan jasa ekosistem (*ecosystem goods and services*) yang dihasilkan dari hutan tanaman, terutama di negara dengan tingkat kepadatan yang tinggi. Oleh sebab itu, pada masa kini pertanyaan yang gayut dan sering muncul adalah seberapa jauh hutan tanaman dapat menyediakan barang dan jasa ekosistem, serta menggantikan barang dan jasa ekosistem hutan alam. Salah satu bentuk barang dan jasa ekosistem hutan yang banyak menjadi perhatian ahli lingkungan dan masyarakat madani adalah sekuestrasi atau konservasi karbon melalui peningkatan produksi biomasa tanaman. Peranan hutan tanaman dalam konservasi karbon dan mitigasi perubahan iklim global akan menjadi semakin penting pada masa sekarang dan masa akan datang. Hal ini karena harapan hutan luas berfungsi sebagai paru-paru dunia dan diyakini dapat mengendalikan konsentrasi karbondioksida di atmosfer melalui proses fotosintesa.

Penelitian ini dirancang untuk memformulasikan persamaan allometri tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) yang akan digunakan untuk keperluan estimasi kandungan biomasa, karbon hutan tanaman sengon, dan kuantifikasi konservasi karbon tanah. Persamaan allometri yang dibangun merupakan persamaan yang menggambarkan hubungan antara variabel diameter setinggi dada dengan variabel lainnya seperti biomasa bagian atas (batang+cabang+ranting+daun), biomasa bagian bawah (akar), dan biomasa total. Sedangkan kuantifikasi karbon tanah dilakukan dengan menganalisa kandungan karbon tanah (organik) serta kerapatan lindis tanah (*soil bulk density*) pada beberapa kedalaman.

II. METODOLOGI

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian terletak pada Petak 109 A, Resort Pemangkuan Hutan (RPH) Pandantoyo, Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Pare, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Kediri, Perum Perhutani Unit II Jawa Timur. Petak 109 A ini merupakan tanaman *P. falcataria* tahun tanam 1997 (kelas umur 9) dengan jarak tanam awal 3 m x 2 m, seluas 10,2 ha. Pada saat penelitian tahun 2005, pada petak ini terdapat pohon sebanyak 3.835 pohon, sehingga rata-rata kerapatan menjadi 376 pohon/ha.

Plot pengukuran terletak pada tapak dengan tanah ordo Ultisols, ketinggian 200 m di atas permukaan laut, topografi berkisar antara datar sampai bergelombang, curah hujan tahunan rata-rata 1.500 mm, temperatur udara berkisar antara 22^o-32^o C dan kelembaban udara berkisar antara 50-70 %. Beberapa sifat fisik dan kimia tanah disarikan pada Tabel 1 (Siregar and Supriyanto, 2001).

B. Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan tegakan *P. falcataria* dan beberapa alat bantu

Tabel (Table) 1. Beberapa sifat fisik dan kimia tanah (*Some important physical and chemical soils properties*)

Variabel tanah (<i>Soil variable</i>)	Horison (<i>Horizon</i>)		
	Ah	A	B
pH : H ₂ O	5,3	5,0	4,9
KCl	4,4	4,1	4,0
C, %	5,90	1,94	1,62
N, %	0,42	0,18	0,17
LOI, %	13,05	5,63	8,14
C/N	14,10	10,59	9,56
Ca, me/100 g	6,15	1,80	1,70
Mg, me/100 g	3,45	0,71	1,16
Na, me/100 g	0,23	0,27	0,26
K, me/100 g	0,86	0,69	0,41
Total, me/100 g	10,69	3,47	3,53
P, ppm	38,46	31,84	26,35
KTK (<i>CEC</i>), me/100 g	13,75	5,32	4,82
Kejenuhan basa (<i>Base saturation</i>), %	77,75	65,22	73,32
Al, me/100 g	0,09	0,06	0,22
H, me/100 g	0,02	0,05	0,05
Tekstur (<i>Texture</i>)			
Pasir (<i>Sand</i>) (%)	91,14	90,25	87,07
Debu (<i>Silt</i>) (%)	9,22	7,52	7,50
Liat (<i>Clay</i>) (%)	2,64	2,33	5,43

Sumber (*Source*) : Siregar and Supriyanto, 2001

yang diperlukan untuk kegiatan di lapangan dan kegiatan di laboratorium tanah hutan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Bogor.

C. Cara Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi pengukuran biomasa/karbon dan kandungan karbon tanah serta potensi biomasa serasah (*litter*).

1. Pengukuran Biomasa/Karbon

Pada kegiatan ini dilakukan pengukuran berat biomasa pohon contoh (*destructive sampling*) mulai dari akar, batang, cabang, ranting, pada beberapa kelas diameter.

Penghitungan biomasa/karbon total pada tegakan adalah melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. Contoh pohon sebanyak 35 pohon ditebang dengan kelas diameter terkecil sampai terbesar dari plot penebangan.

- b. Setelah pohon contoh ditebang, kemudian diukur DBH (cm) dan tinggi (m), untuk selanjutnya dipotong (dibuat sortimen-sortimen) masing-masing pada ketinggian 0,3 m; 1,3 m; 3,3 m; 5,3 m; 7,3 m;...dan seterusnya.
- c. Diameter setiap potongan batang diukur dan ditimbang beratnya. Di samping itu biomasa cabang, akar, daun dan ranting juga ditimbang.
- d. Contoh batang, cabang, akar, daun dan ranting (kurang lebih 200 g) diukur berat keringnya di laboratorium.
- e. Semua sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 85^o C selama dua hari untuk sampel daun, ranting kecil (diameter < 10 cm), dan selama empat hari untuk sampel batang besar (diameter > 10 cm). Kemudian setelah kering, berat kering sampel ditimbang dan data berat kering ini digunakan untuk mengetahui kadar air masing-masing komponen tanaman.
- f. Berat kering total (*total dry weight/TDW*) dihitung berdasarkan berat basah total (*total fresh weight/TFW*), berat basah sampel (*sample fresh weight/SFW*), dan berat kering sampel (*sample dry weight/SDW*) dengan rumus sebagai berikut : Berat kering total (TDW) = (SDW/SFW) x TFW.
- g. Persamaan allometri dihitung dengan format $Y = aX^b$ (*Microsoft Office Excel, 2003*); dimana:
 - a, b = konstanta
 - Y = Berat kering total, berat kering tanaman bagian atas, berat kering tanaman bagian bawah
 - X = DBH (i)
 - X = DBH² (ii)
 - X = DBH² x H (iii)
 - H = tinggi tanaman
 - Kandungan karbon = biomasa x 0,5 (Brown, 1997).

2. Pengukuran Kandungan Karbon Tanah dan Potensi Biomasa Serasah (*Litter*)

Pada kegiatan ini diteliti kandungan karbon yang ada pada setiap lapisan tanah di bawah tegakan hutan tanaman,

sehingga akan diketahui kandungan karbon tersimpan pada tanah. Selain itu, juga akan diperoleh informasi seberapa besar potensi biomasa *litter* (serasah) di hutan tanaman *P. falcataria*. Sebanyak 15 titik contoh tanah dan serasah ditentukan secara acak di lapangan dengan tujuan mendapatkan contoh tanah dan serasah yang mewakili tanah dan populasi tegakan. Pengambilan contoh tanah dilakukan pada kedalaman 0-30 cm (15 titik contoh, kedalaman 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) dan pada kedalaman 0-100 cm (5 titik contoh, kedalaman 30-50 cm, 50-70 cm, 70-100 cm).

a. Metode pengambilan sampel tanah dan litter

Pengambilan sampel tanah menurut kedalaman pada tegakan hutan disajikan pada Gambar 1.

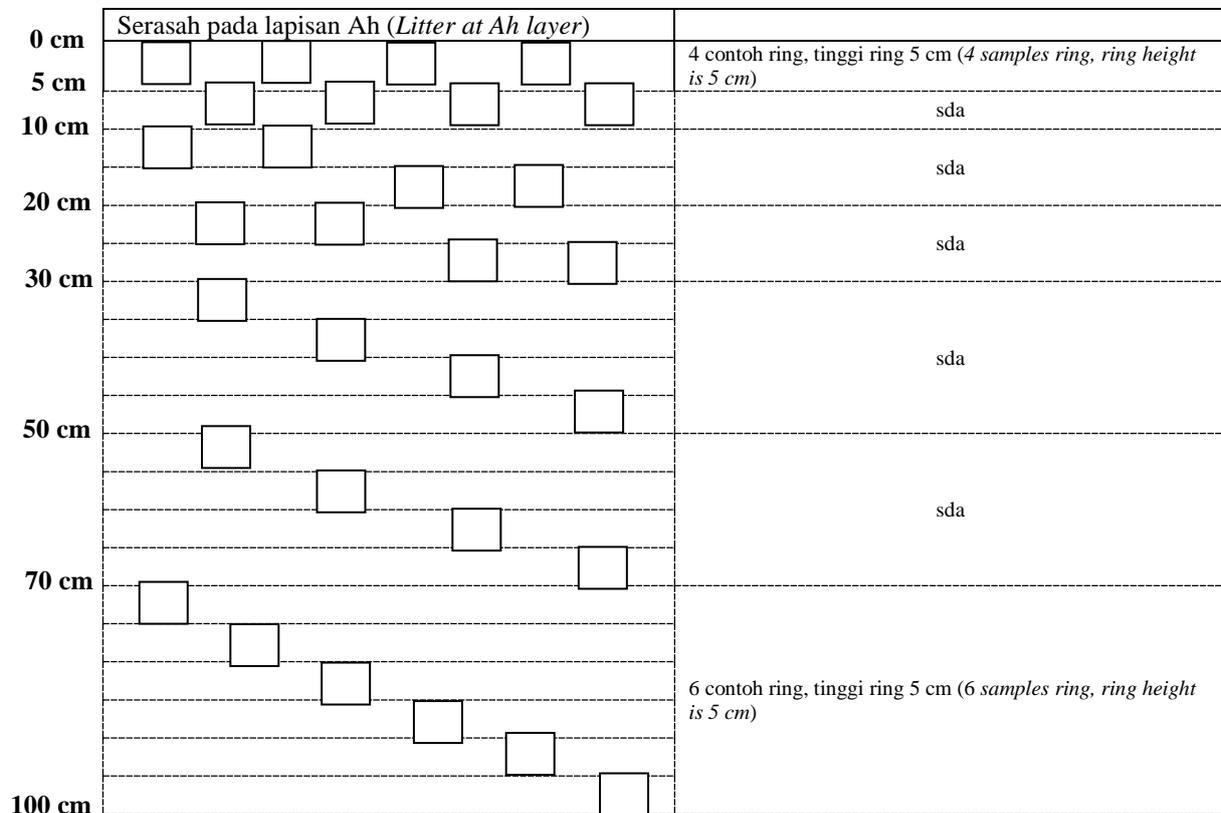
b. Metode penyiapan sampel tanah

Sampel tanah dari dalam ring dikering-udarkan selama satu minggu,

potongan akar dibuang dari sampel, sampel tanah bersih ditimbang (untuk menentukan kerapatan lindi tanah, BD), kemudian sampel tanah dihaluskan dengan menggunakan *Willey mill* dan *Vibration mill* untuk kemudian dianalisis kandungan karbonnya dengan menggunakan *NC Analyzer*.

c. Metode pengambilan dan penyiapan sampel litter

Sebelum sampel tanah diambil pada masing-masing titik pengamatan, sampel *litter* pada lapisan Ah dikumpulkan terlebih dahulu yaitu dengan cara meletakkan bingkai ban sepeda yang telah diketahui luasnya pada permukaan tanah, kemudian semua *litter* dikumpulkan dari dalam bingkai tersebut dan dimasukkan ke dalam kantong plastik. Selanjutnya sampel *litter* dibawa ke laboratorium untuk selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 85⁰ C selama 2-3 hari, setelah itu ditimbang berat kering oven serasah.



Gambar (Figure) 1. Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0-100 cm (*Soil sampling at 0-100 cm depth*)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Persamaan Allometri Biomasa Bagian Atas, Bagian Bawah, dan Total

Hasil pengukuran diameter setinggi dada (DBH), berat biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, nisbah biomasa bagian atas terhadap biomasa bagian bawah, dan biomasa total untuk setiap 35 pohon contoh (*destructive sampling*) disajikan pada Tabel 2. Biomasa bagian atas merupakan jumlah berat biomasa berasal dari komponen batang, cabang, ranting, dan daun tanaman sengon. Sedangkan biomasa bagian bawah adalah berat akar tanaman. Biomasa total adalah jumlah berat biomasa bagian atas dengan berat biomasa bagian bawah tanaman sengon.

Untuk keperluan praktikal, diformulasikan persamaan allometri yang menunjukkan hubungan antara DBH dengan berat tanaman (biomasa tanaman) yang digunakan untuk menghitung biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah (akar), dan biomasa total. Format yang digunakan adalah i) $Y = a (DBH)^b$, ii) $Y = a (DBH^2)^b$ yaitu persamaan tanpa menggunakan data tinggi tanaman, dan iii) $Y = a (DBH^2 \times H)^b$ yaitu persamaan yang menyertakan data tinggi tanaman. Ketiga persamaan tersebut adalah bentuk persamaan allometri yang sangat umum digunakan dalam pendugaan satu variabel tertentu yang merupakan perhatian utama, berdasarkan pengukuran variabel lain yang mudah dilaksanakan di lapangan (Niklas, 1994; Reiss, 1991).

Berdasarkan format persamaan yang diajukan di atas maka parameter persamaan allometri untuk biomasa bagian atas, bawah, dan biomasa total tanaman sengon yang dihasilkan disajikan pada Tabel 3. Hasil yang dirangkum dalam Tabel 3 bentuk kurvanya disajikan dalam skala logaritma dan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Pada Tabel 3 terlihat bahwa dalam estimasi biomasa dengan menggunakan

ketiga format persamaan allometri yang dicoba, penggunaan data tinggi tanaman (H) secara konsisten menurunkan nilai koefisien determinasi (R^2), dan hal ini berlaku untuk seluruh biomasa bagian atas, bagian bawah, dan biomasa total. Dengan menggunakan kriteria nilai R^2 yang relatif tinggi dan alasan praktikal, maka persamaan allometri dengan format $Y = a X^b$, di mana $X = DBH$, adalah persamaan yang teruji dan sangat mudah digunakan di lapangan dalam mengestimasi biomasa tanaman, baik biomasa bagian atas, bagian bawah, maupun biomasa total. Artinya, dengan pengukuran diameter saja, maka pendugaan akumulasi biomasa untuk satu tanaman sengon dapat dilakukan dengan baik, meskipun pengukuran tinggi tanaman tidak dilakukan. Hasil ini senada dengan apa yang dilaporkan oleh Segura dan Kanninen (2005) yang meneliti mengenai persamaan allometri pada beberapa spesies pohon di hutan tropika basah di Costarica.

Karena persamaan allometri untuk estimasi biomasa tanaman sengon masih sangat terbatas ketersediaannya, penggunaan persamaan ini harus memperhatikan kisaran diameter (DBH) yaitu antara 16,6 cm sampai dengan 31,2 cm di mana dibangun persamaan $Y = 0,3196 X^{1,9834}$, $R^2 = 0,87$ (biomasa bagian atas); $Y = 0,0069 X^{2,5651}$, $R^2 = 0,94$ (biomasa bagian bawah); dan $Y = 0,2831 X^{2,0630}$, $R^2 = 0,91$ (biomasa total). Pendugaan biomasa dengan data diameter setinggi dada (DBH) di luar selang ini hendaknya dihindarkan untuk mempertahankan akurasi nilai pendugaan. Keterangan mengenai kesamaan tempat tumbuh juga perlu diperhatikan, yaitu mencakup faktor tanah dan iklim.

Estimasi biomasa tanaman hutan sering dilakukan dengan metode allometri, dan persamaan fungsi allometri yang bersifat bebas tapak (*site independent*) telah dibuat untuk beberapa spesies (Ketterings *et al.*, 2001). Hal ini diperlukan karena persamaan allometri yang bersifat universal akan memudahkan pekerjaan estimasi biomasa tanaman yang tumbuh pada

beberapa daerah geografi yang berbeda. Belum banyak persamaan allometri tanaman sengon yang tersedia. Tulisan ini melaporkan persamaan allometri untuk estimasi biomasa tanaman sengon di daerah Kediri, Jawa Timur, sedangkan penelitian yang sejenis untuk daerah Jawa Barat telah dilaporkan oleh Siringoringo

dan Siregar (2006). Pada masa yang akan datang, perbandingan parameter statistik kedua persamaan allometri tersebut perlu dilakukan dengan analisis kovarian (*analysis of covariance*).

Persamaan allometri yang dirumuskan oleh Siringoringo dan Siregar (2006), berdasarkan data dari Sukabumi untuk

Tabel (Table) 2. Diameter setinggi dada (DBH), biomasa bagian atas, bagian bawah, biomasa total, dan nisbah biomasa pucuk-akar *P. falcataria* di Kediri, Jawa Timur (DBH, aboveground, belowground total biomass, and top root ratio of *P. falcataria* plantation at Kediri, East Java)

No.	DBH (cm)	Biomasa bagian atas (Above ground biomass) (kg)	Biomasa bagian bawah (Below ground biomass) (kg)	Biomasa total (Total biomass) (kg)	Nisbah biomasa pucuk-akar (Top-root ratio)
1	16,6	96,63	10,56	107,19	9,2
2	16,8	79,29	10,57	89,86	7,5
3	17,8	77,34	10,57	87,91	7,3
4	17,9	97,26	11,3	108,56	8,6
5	18,3	92,21	10,57	102,78	8,7
6	18,3	95,98	11,3	107,28	8,5
7	18,8	105,10	13,55	118,65	7,8
8	19,2	121,10	13,56	134,66	8,9
9	19,6	103,56	16,27	119,83	6,4
10	19,9	111,04	16,66	127,7	6,7
11	20,7	121,65	16,78	138,43	7,2
12	20,9	121,55	16,78	138,33	7,2
13	21,1	145,31	16,8	162,11	8,6
14	24,4	258,15	20,73	278,88	12,5
15	24,8	227,61	20,72	248,33	11,0
16	25,7	212,94	16,80	229,74	12,7
17	26,1	279,38	25,00	304,38	11,2
18	26,6	245,96	32,12	278,08	7,7
19	26,6	237,41	36,18	273,59	6,6
20	27,2	232,68	32,22	264,9	7,2
21	27,4	270,73	32,22	302,95	8,4
22	27,4	272,96	32,22	305,18	8,5
23	28,2	254,05	38,21	292,26	6,6
24	28,4	278,61	39,33	317,94	7,1
25	28,7	190,85	39,34	230,19	4,9
26	28,8	295,88	40,27	336,15	7,3
27	29,1	279,59	40,27	319,86	6,9
28	29,4	226,27	40,25	266,52	5,6
29	29,9	245,57	46,23	291,8	5,3
30	30,0	279,71	44,72	324,43	6,3
31	30,2	216,69	46,22	262,91	4,7
32	30,4	230,62	40,27	270,89	5,7
33	30,5	234,61	58,12	292,73	4,0
34	31,0	252,67	47,36	300,03	5,3
35	31,2	235,02	46,75	281,77	5,0
Rata-rata (kg/pohon) (Average) (kg/tree)		195,03	28,31	223,34	Rata-rata (Average) = 7,5
Total (ton/ha)		73,33	10,64	83,97	

Keterangan (Remark): Kerapatan tegakan (Stand density) = 376 pohon/ha (376 trees/ha)

kriteria biomasa total adalah $Y = 0,1479 X^{2,2989}$ ($R^2 = 0,95$), agaknya mirip dengan persamaan allometri yang dihasilkan ber-

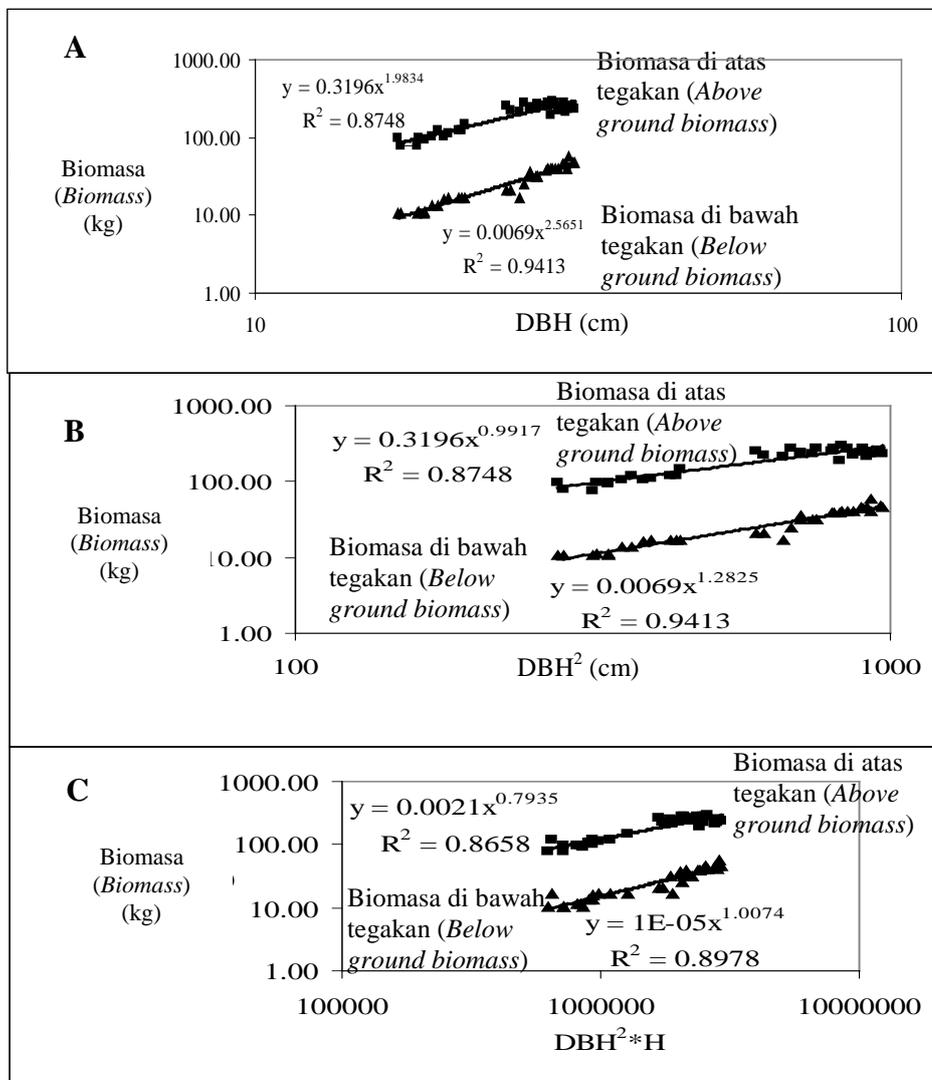
dasarkan data dari Kediri, yaitu $Y = 0,2831 X^{2,0630}$, $R^2 = 0,91$.

Jika tidak terdapat perbedaan yang

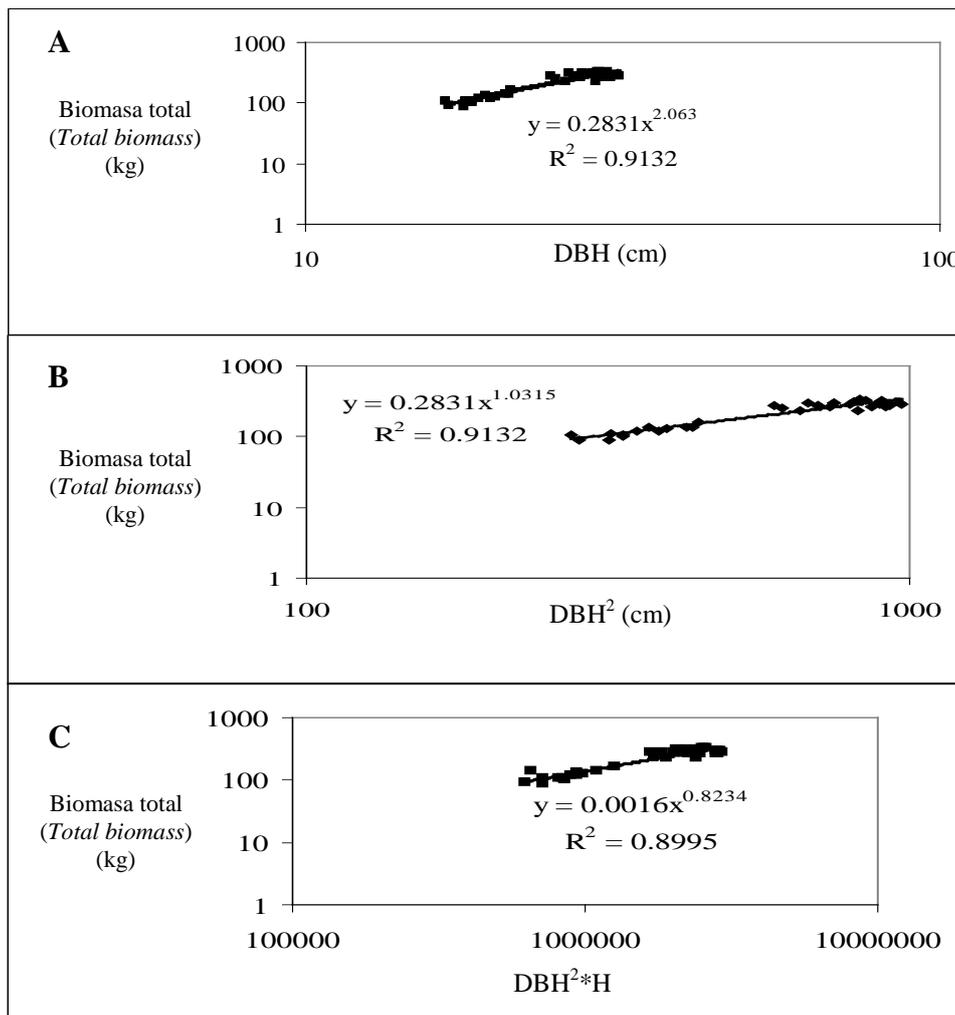
Tabel (Table) 3. Parameter persamaan allometrik untuk pendugaan biomasa, $Y = aX^b$ (Parameters of allometric equations to estimate aboveground biomass, $Y = aX^b$)

Biomasa (Biomass)	Peubah bebas (Independent variables) (X)	Konstanta (Constant)		Koefisien determinasi (R-square)
		a	b	
Bagian atas (Above ground)	(i) DBH (cm)	0,3196	1,9834	0,8748
	(ii) DBH ² (cm ²)	0,3196	0,9917	0,8748
	(iii) DBH ² *H (cm ² x m)	0,0021	0,7935	0,8658
Bagian bawah (Below ground)	(i) DBH (cm)	0,0069	2,5651	0,9413
	(ii) DBH ² (cm ²)	0,0069	1,2825	0,9413
	(iii) DBH ² *H (cm ² x m)	1E-05	1,0074	0,8978
Total (Total)	(i) DBH (cm)	0,2831	2,0630	0,9132
	(ii) DBH ² (cm ²)	0,2831	1,0315	0,9132
	(iii) DBH ² *H (cm ² x m)	0,0016	0,8234	0,8995

Keterangan (Remark) : Y = biomasa (biomass) (kg)



Gambar (Figure) 2. Persamaan allometri untuk biomasa di atas dan di bawah tegakan *P. falcataria* di Kediri, Jawa Timur: (A) DBH, (B) DBH², dan (C) DBH²*H sebagai variabel bebas (Allometric equation for above ground biomass and below ground biomass of *P. falcataria* plantation at Kediri, East Java : (A) DBH, (B) DBH², and (C) DBH²*H as independent variable)



Gambar (Figure) 3. Persamaan allometri untuk biomasa total pada tegakan *P. falcataria* di Kediri, Jawa Timur: (A) DBH, (B) DBH^2 , dan (C) DBH^2*H sebagai variabel bebas (Allometric equation for total biomass of *P. falcataria* plantation at Kediri, East Java: (A) DBH, (B) DBH^2 , and (C) DBH^2*H as independent variable)

nyata pada parameter statistik seperti kemiringan garis (*slope*), maka kedua kumpulan data (Jawa Timur dan Jawa Barat) dapat digabungkan dan dibentuk persamaan allometri yang baru. Dengan demikian persamaan allometri tersebut akan menjadi persamaan yang bersifat *site-independent*, sehingga akan dapat digunakan pada beberapa daerah geografi yang berbeda.

Persentase biomasa bagian atas terhadap biomasa akar per tanaman (nisbah pucuk-akar) juga disajikan pada Tabel 2, karena merupakan informasi penting untuk mengetahui distribusi biomasa dalam

satu tanaman. Pengukuran biomasa akar di lapangan merupakan kegiatan yang sangat pelik, dan biasanya data yang tersedia adalah data berat biomasa bagian atas dari satu jenis tanaman. Dengan mengetahui nisbah antara biomasa bagian atas dan biomasa akar, maka nilai nisbah ini dapat digunakan untuk mengestimasi besarnya akumulasi karbon pada bagian akar dalam keadaan di mana hanya data berat biomasa bagian atas yang tersedia. Dengan demikian kontribusi biomasa akar satu jenis pohon terhadap konservasi karbon dapat diduga secara cepat. Dari penelitian ini terlihat bahwa (Tabel 2)

nilai nisbah biomasa bagian atas terhadap biomasa bagian bawah berkisar dari 4,0 sampai 12,7 dengan nilai rata-rata sebesar 7,5.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan menurunnya nilai nisbah biomasa pucuk-akar dengan makin tingginya diameter tanaman sengon. Tanaman sengon dengan selang diameter dari 16,6 cm sampai 26,1 cm menghasilkan nisbah pucuk-akar yang relatif tinggi, sedangkan tanaman sengon dengan selang diameter dari 26,6 cm sampai dengan 31,2 cm menghasilkan nisbah pucuk-akar yang relatif rendah. Rendahnya nilai nisbah pucuk-akar menunjukkan relatif intensifnya pertumbuhan akar pada saat pertumbuhan bagian atas tanaman sudah mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan fakta bahwa biomasa yang diproduksi selama proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman sebagian besar dialokasikan pada pertumbuhan akar dengan mengurangi pertumbuhan batang, cabang, ranting dan daun.

Dengan kerapatan tanaman 376 pohon/ha terlihat bahwa potensi biomasa bagian atas dan biomasa bagian bawah tegakan *P. falcataria* masing-masing sebesar 73,33 ton/ha dan 10,64 ton/ha dan biomasa total sebesar 83,97 ton/ha. Berdasarkan asumsi bahwa kandungan karbon adalah 50 % dari biomasa kering tanaman (Brown, 1997), maka potensi kandungan karbon di atas dan di bawah tegakan *P. falcataria* masing-masing sebesar 36,67 ton/ha dan 5,32 ton/ha. Kerapatan tanaman sengon yang optimal adalah kira-kira 1.500 tanaman/ha, dan dengan demikian secara hipotetik dapat dikatakan bahwa potensi tanaman sengon dalam upaya konservasi biomasa karbon per hektar berkisar antara 3 sampai 4 kali lipat dari pengamatan pada penelitian ini.

B. Perbandingan Persamaan Allometri

Penelitian ini juga mencoba membandingkan persamaan allometri yang dihasilkan dengan persamaan allometri yang diajukan Brown (1997) dalam mengestimasi biomasa pohon di daerah

tropis. Brown (1997) mengajukan persamaan $Y = 42,69 - 12,8 (DBH) + 1,242 (DBH^2)$, untuk mengestimasi biomasa bagian atas di daerah tropis dengan curah hujan antara 1.500-4.000 mm per tahun. Perbandingan penerapan persamaan allometri ini bertujuan untuk melihat ke-eratan kedua persamaan dalam mengestimasi biomasa bagian atas jika dibandingkan dengan nilai pengukuran langsung. Hasil perbandingan antara persamaan allometri yang dihasilkan dalam penelitian ini, $Y = 0,3196 (DBH)^{1,9834}$, $R^2 = 0,87$ dengan persamaan Brown, $Y = 42,69 - 12,8 (DBH) + 1,242 (DBH^2)$, $R^2 = 0,84$ dan nilai pengukuran langsung disajikan pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 terlihat bahwa penggunaan persamaan $Y = 0,3196 (DBH)^{1,9834}$ menghasilkan nilai estimasi biomasa bagian atas yang lebih tinggi dari pengukuran langsung sebanyak 50 % titik pengamatan, sedangkan penggunaan persamaan Brown (1997) menghasilkan nilai estimasi biomasa yang jauh lebih tinggi sebanyak 100 %. Nilai simpangan bertanda negatif menunjukkan estimasi yang lebih rendah (*under estimate*), sedangkan nilai yang bertanda positif menunjukkan estimasi yang lebih tinggi (*over estimate*) jika dibandingkan dengan nilai pengukuran langsung.

Berdasarkan 35 titik pengamatan langsung dengan selang diameter pohon 16,6 cm-31,2 cm dan produksi biomasa bagian atas dengan selang 77,34 kg-295,88 kg, dapat dihitung bahwa penggunaan persamaan allometri yang dibentuk dalam penelitian ini ($Y = 0,3196 (DBH)^{1,9834}$) menghasilkan rata-rata simpangan lebih rendah 1,73 kg (*under estimate*), sedangkan persamaan Brown (1997) menghasilkan rata-rata simpangan jauh lebih besar 323,26 kg (*over estimate*). Dengan demikian hasil penelitian ini sekaligus mengoreksi persamaan yang diajukan Brown (1997) tersebut dan agar penggunaannya dilakukan hanya dalam situasi di mana tidak tersedia persamaan allometri lokal yang telah teruji.

Tabel (Table) 4. Perbandingan biomasa bagian atas hasil pengukuran langsung, dengan hasil estimasi dari $Y = 0,3196 (DBH)^{1,9834}$ dan $Y = 42,69-12,8 (DBH)+1,242 (DBH^2)$ (Comparison of above ground biomass from direct measurement with estimated value originated from $Y = 0.3196 (DBH)^{1.9834}$ and $Y = 42.69-12.8 (DBH)+1.242 (DBH^2)$)

No.	DBH (cm)	Pengukuran langsung biomasa bagian atas (Measurement, above ground biomass) (kg)	$Y = 0,3196 (DBH)^{1,9834}$ Biomasa bagian atas (Above ground biomass) (kg)	$Y = 42,69-12,8(DBH) + 1,242 (DBH^2)$ Biomasa bagian atas (Above ground biomass) (kg)	Simpangan (Deviation) = (d-c) (kg)	Simpangan (Deviation) = (e-c) (kg)
a	b	c	d	e	f	g
1	16,6	96,63	84,06	172,46	-12,57	+75,83
2	16,8	79,29	86,08	178,19	+6,79	+98,90
3	17,8	77,34	96,54	208,37	+19,20	+131,03
4	17,9	97,26	97,61	211,52	+0,35	+114,26
5	18,3	92,21	101,99	224,38	+9,78	+132,17
6	18,3	95,98	101,99	224,38	+6,01	+128,40
7	18,8	105,1	107,59	241,02	+2,49	+135,92
8	19,2	121,1	112,18	254,78	-8,92	+133,68
9	19,6	103,56	116,86	268,94	+13,30	+165,38
10	19,9	111,04	120,43	279,81	+9,39	+168,77
11	20,7	121,65	130,23	309,91	+8,58	+188,26
12	20,9	121,55	132,73	317,69	+11,18	+196,14
13	21,1	145,31	135,27	325,56	-10,04	+180,25
14	24,4	258,15	180,45	469,81	-77,70	+211,66
15	24,8	227,61	186,36	489,13	-41,25	+261,52
16	25,7	212,94	200,02	534,06	-12,92	+321,12
17	26,1	279,38	206,24	554,67	-73,14	+275,29
18	26,6	245,96	214,15	581,00	-31,81	+335,04
19	26,6	237,41	214,15	581,00	-23,26	+343,59
20	27,2	232,68	223,84	613,41	-8,84	+380,73
21	27,4	270,73	227,11	624,41	-43,62	+353,68
22	27,4	272,96	227,11	624,41	-45,85	+351,45
23	28,2	254,05	240,45	669,42	-13,60	+415,37
24	28,4	278,61	243,85	680,92	-34,76	+402,31
25	28,7	190,85	248,98	698,35	+58,13	+507,50
26	28,8	295,88	250,71	704,21	-45,17	+408,33
27	29,1	279,59	255,91	721,95	-23,68	+442,36
28	29,4	226,27	261,17	739,91	+34,90	+513,64
29	29,9	245,57	270,06	770,33	+24,49	+524,76
30	30	279,71	271,85	776,49	-7,86	+496,78
31	30,2	216,69	275,46	788,88	+58,77	+572,19
32	30,4	230,62	279,09	801,38	+48,47	+570,76
33	30,5	234,61	280,91	807,66	+46,30	+573,05
34	31	252,67	290,12	839,45	+37,45	+586,78
35	31,2	235,02	293,84	852,34	+58,82	+617,32
Jumlah simpangan (Total deviation)					-60,61	+11314,24
Rata-rata simpangan (Deviation mean)					-1,73	+323,26

C. Kandungan Karbon Tanah dan Potensi Biomasa Serasah (Litter)

Hasil analisis karbon tanah dan ke-rapatan lindiis menurut kedalaman 0-30

cm dan 0-100 cm serta produksi serasah pada tegakan *P. falcataria* di Kediri, Jawa Timur disajikan pada Tabel 5. Data kandungan karbon tanah tersebut diolah

dengan menggunakan rancangan acak lengkap, dan uji beda antara nilai tengah dilakukan dengan metode Tukey.

Dari Tabel 5 terlihat bahwa kerapatan lindis tanah (*bulk density*) dipengaruhi secara nyata oleh tingkat kedalaman tanah, baik itu pada kedalaman 0-30 cm maupun 0-100 cm. Kerapatan lindis tanah berhubungan secara terbalik dengan porositas tanah. Relatif rendahnya kerapatan lindis di permukaan tanah (0-5 cm) dengan tekstur pasir ini dapat disebabkan oleh relatif tingginya kandungan partikel liat (lihat Tabel 1) yang menunjang perkembangan struktur tanah dan meningkatnya porositas (Foth, 1990).

Pada kedalaman 5-10 cm kerapatan lindis tanah relatif tinggi dan ini dapat disebabkan dominannya partikel pasir dan rendahnya partikel liat yang mengakibatkan tanah menjadi lebih masif. Pada kedalaman tanah selanjutnya, 10-100 cm

kerapatan lindis tanah menjadi relatif rendah, dan hal ini konsisten dengan tingginya partikel liat tanah seperti terlihat pada Tabel 1.

Besarnya bahan organik, dan dengan demikian karbon organik (%), dipengaruhi oleh tekstur tanah, vegetasi, kandungan air atau aerasi tanah, dan temperatur. Umumnya bahan organik tanah berkorelasi positif dengan kandungan partikel liat dan berkorelasi negatif dengan kandungan partikel pasir, dan bahan ini selalu turun kandungannya dengan kedalaman tanah (Baize, 1993). Dalam penelitian ini terlihat bahwa karbon organik tertinggi terjadi pada permukaan tanah (0-5 cm), dan kemudian menurun pada kedalaman 5-10 cm. Agak meningkatnya kandungan karbon pada kedalaman 10-20 cm dapat disebabkan karena pencucian dari lapisan atas dan penimbunan pada lapisan bawah.

Tabel (Table) 5. Kandungan karbon tanah, kerapatan lindis menurut kedalaman 0-30 cm dan 0-100 cm, dan produksi serasah pada tegakan *P. falcataria* (Soil carbon content and bulk density at 0-30 cm depth and 0-100 cm depth, and litter production of *P. falcataria* plantation)

Kedalaman (Depth) (cm)	Karbon (C org) %	Kerapatan lindis (Bulk density) (g/cm ³)	Kumulatif stok karbon (Cumulative C stock)		Serasah (Litter)	
			Kedalaman (Depth) (cm)	(ton/ha)	Plot	Potensi (Potency) (kg/ha)
0-5	1,46 A	1,14 AB	0-5	8,32	1	74,13
5-10	0,89 B	1,21 A	0-10	13,70	1	92,43
10-20	1,25 A	1,05 BC	0-20	26,83	1	220,03
20-30	0,98 B	1,03 C	0-30	36,92	2	79,28
p-nilai (value)	p < 0,01	p < 0,01			2	179,87
					2	105,23
0-5	1,50 A	1,10 AB	0-5	8,25	3	233,31
5-10	0,85 CD	1,14 A	0-10	13,10	3	46,27
10-20	1,12 BC	1,06 AB	0-20	25,93	3	256,05
20-30	1,25 AB	1,00 AB	0-30	38,43	4	157,57
30-50	0,61 D	1,07 AB	0-50	51,48	4	254,43
50-70	0,81 CD	1,00 AB	0-70	67,68	4	118,85
70-100	1,10 BC	0,96 B	0-100	99,36	5	118,51
p-nilai (value)	p < 0,01	p < 0,01			5	215,41
					5	186,69
					Rata-rata (Average)	155,87
					(kg/ha)	

Keterangan (Remark) : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 1 %, uji Tukey (Means followed by the same letter within a column are not significantly different at P= 0.01 Tukey's test)

Hasil dari penelitian ini sesuai/sejalan dengan yang telah dilaporkan oleh Siregar *et al.* (2003) dan Siringoringo *et al.* (2003) pada jenis tanah *Orthic Acrisol*, *Orthic Ferralsol*, dan *Dystric Nitosol* yang mengindikasikan bahwa semakin dalam lapisan tanah maka kandungan karbonnya semakin menurun dan nilai kerapatan lindis (*bulk density*) cenderung semakin meningkat.

Fungsi tanah dan bahan organik di dalam siklus karbon telah menjadi obyek penelitian yang sangat luas, dan dilaporkan bahwa tanah menyimpan C sebanyak 2,5 kali dibandingkan dengan yang tersimpan di atmosfer, dan menyimpan 2,7 kali lebih banyak dari yang tersimpan di vegetasi secara global (Metting *et al.*, 1999). Dalam penelitian ini terlihat bahwa rata-rata kandungan karbon dari permukaan sampai kedalaman 30 cm secara kumulatif berkisar antara 36-38 ton/ha, sedangkan pada kedalaman sampai 100 cm kandungan karbon tanah menjadi 99 ton/ha. Selanjutnya, produksi serasah bervariasi antara 46 kg/ha dan 256 kg/ha dengan rata-rata sebesar 156 kg/ha. Kira-kira 50 % dari produksi biomasa serasah ini adalah kandungan karbon serasah. Dengan waktu, serasah ini akan terdekomposisi dan merupakan bahan masukan yang akan memperkaya bahan organik tanah.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Persamaan allometri yang praktikal untuk biomasa bagian atas pada tegakan *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen adalah $Y = 0,3196 X^{1,9834}$, $R^2 = 0,8748$; persamaan allometri untuk biomasa bagian bawah adalah $Y = 0,0069 X^{2,5651}$, $R^2 = 0,9413$; dan persamaan allometri untuk biomasa total adalah $Y = 0,2831 X^{2,0630}$, $R^2 = 0,91$. Persamaan allometri ini dapat

digunakan dalam mengestimasi biomasa tanaman sengon dengan memperhatikan selang diameter yang diperbolehkan yaitu antara 16,6 cm sampai 31,2 cm, dan lebih baik jika dibandingkan dengan persamaan allometri yang diajukan oleh Brown (1997).

2. Potensi biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, dan biomasa total tegakan *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen dengan kerapatan tanaman 376 pohon/ha masing-masing sebesar 73,33 ton/ha, 10,64 ton/ha, dan 83,97 ton/ha.
3. Besarnya jumlah karbon yang terkonservasi dalam tanah dari permukaan sampai kedalaman 30 cm dan sampai kedalaman 100 cm secara kumulatif masing-masing adalah 36-38 ton/ha dan 99 ton/ha, sedangkan produksi serasah bervariasi antara 46 kg/ha dan 256 kg/ha dengan rata-rata sebesar 156 kg/ha.

B. Saran

Penelitian ini perlu dikembangkan pada perbandingan parameter statistik persamaan allometri lain yang dibuat di daerah Jawa Barat, untuk melihat apakah terdapat perbedaan secara statistik. Jika tidak terdapat perbedaan secara statistik maka kedua kumpulan data tersebut dapat digabungkan dan dibangun persamaan baru yang lebih universal.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. A Primer. FAO. Forestry Paper No. 134. FAO, USA.
- Baize, D. 1993. Soil Science Analyses. A Guide to Current Use. John Wiley & Sons, New York.
- Foth, H.D. 1990. Fundamentals of Soil Science. John Wiley & Sons, New York.

- Kaninen, M. 2006. Ecosystem Goods and Services from Planted Forests – The Global Importance of Plantations. p.25. *In* J. Bauhus and J. Shmerbeck (eds.) Ecosystem Goods and Services from Planted Forests. Waldbau Institut, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- 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* 146: 199-209.
- Metting, F.B., J.L. Smith, and J.S. Amthor. 1999. *dalam* N.J. Rosenberg, R.C. Izaurralde, and E.L. Malone. Carbon Sequestration in Soils. Science, Monitoring, and Beyond. Battelle Press, Columbus-Richland. p. 1-34.
- Microsoft Office Excel. 2003. Personal Edition 2003, Microsoft. United States of America.
- Niklas, K. J. 1994. Plant Allometry: The Scaling of Form and Process. The University of Chicago Press Ltd. London.
- Reiss, M.J. 1991. The Allometry of Growth and Reproduction. Cambridge University Press, New York, Sydney.
- Segura, M. and M. Kanninen. 2005. Allometric Models for Tree Volume and Total Aboveground Biomass in A Tropical Humid Forest in Costa Rica. *Biotropica* 37(1): 2-8.
- Siregar, C. A. and Supriyanto. 2001. Trend of Soil Chemical Property Changes on Forest Health Monitoring Activities Conducted in South Kalimantan, Jambi and East Java. Forest Health Monitoring to Monitor the Sustainability of Indonesian Tropical Rain Forest Vol. II. ITTO-SEAMEO BIOTROP.
- Siregar, C. A., H. H. Siringoringo, dan H. Hatori. 2003. Analysis of Soil Carbon Accumulation of *Shorea leprosula* Plantation in Ngasuh, West Java. Buletin Penelitian Hutan 634. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Siringoringo, H. H., C. A. Siregar dan H. Hatori. 2003. Analysis of Soil Carbon Stock of *Acacia mangium* Plantation in Maribaya, West Java. Buletin Penelitian Hutan 634. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Siringoringo, H. H. dan C. A. Siregar. 2006. Model Persamaan Allometri Biomasa Total untuk Estimasi Akumulasi Karbon pada Tanaman *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* III (5). Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.