

**PENDUGAAN BIOMASA PADA HUTAN TANAMAN PINUS (*Pinus merkusii*  
Jungh et de Vriese) DAN KONSERVASI KARBON TANAH DI CIANTEN, JAWA  
BARAT\*) (*Biomass Estimation and Soil Carbon Conservation of Pinus merkusii*  
*Jungh et de Vriese Plantation in Cianten, West Java*)**

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 : 26 Pebruari 2007; Disetujui : 15 Mei 2007

**ABSTRACT**

*Allometric equations for estimation of aboveground, belowground and total biomass of Pinus merkusii Jungh et de Vriese were developed based on direct measurement of 80 individual trees in the plantation forest, of RPH Gunung Bunder and RPH Cianten, BKPH Leuwiliang, West Java. The equations was practically used to estimate the carbon biomass production. Destructive sampling method was used at stand age of 1, 4, 5, 11, 19, and 24 years old. Soil investigation was also done covering soil bulk density at 0-100 cm depth, and soil organic carbon. The collected data were used to calculate the accumulative carbon content in the soil body. This study concluded that allometric equation for above ground biomass was  $Y = 0.0936X^{2.4323}$ ,  $R^2 = 0.9536$ , for below ground biomass was  $Y = 0.0103X^{2.6036}$ ,  $R^2 = 0.9424$ , and for total biomass was  $Y = 0.1031X^{2.4587}$ ,  $R^2 = 0.9541$ , whereas X was diameter at breast height. Equations recommended for estimating the biomass are based on diameter at breast height, 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 total biomass produced from plantation at stand age of 1, 4, 5, 11, 19, and 24 years old are 0.25 ton/ha, 25.43 ton/ha, 29.84 ton/ha, 159.35 ton/ha, 411.89 ton/ha, and 421.60 ton/ha respectively (equivalent to 0.13 ton C/ha, 12.72 ton C/ha, 14.92 ton C/ha, 79.68 ton C/ha, 205.95 ton C/ha, and 210.80 ton C/ha). Moreover, the amount of accumulative carbon conserved in soils from 0-100 cm depth was 195.43 ton C/ha, meanwhile the litter production ranged from 49.04-94.23 kg/ha with average of 74.10 kg/ha.*

*Key words: Allometric equations, carbon biomass, conserved soil carbon, Pinus merkusii Jungh et de Vriese*

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formulasi persamaan allometrik yang diperlukan untuk estimasi biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, dan biomasa total tanaman *Pinus merkusii* Jungh et de Vriese berdasarkan pengukuran langsung 80 pohon contoh di hutan tanaman di RPH Gunung Bunder dan RPH Cianten, BKPH Leuwiliang, Jawa Barat. Persamaan ini sangat diperlukan dalam menghitung karbon tersimpan dalam biomasa. Metode *destructive sampling* dilakukan pada tegakan berumur 1, 4, 5, 11, 19, dan 24 tahun. Analisa tanah juga dilakukan mencakup kerapatan lindi pada kedalaman 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  $Y = 0,0936X^{2.4323}$ ,  $R^2 = 0,9536$ , untuk biomasa bagian bawah  $Y = 0,0103X^{2.6036}$ ,  $R^2 = 0,9424$ , dan untuk biomasa total  $Y = 0,1031X^{2.4587}$ ,  $R^2 = 0,9541$ , 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 total pada umur tegakan 1, 4, 5, 11, 19, 24 tahun masing-masing adalah sebesar 0,25 ton/ha; 25,43 ton/ha; 29,84 ton/ha; 159,35 ton/ha; 411,89 ton/ha; dan 421,60 ton/ha (setara dengan 0,13 ton C/ha; 12,72 ton C/ha; 14,92 ton C/ha; 79,68 ton C/ha; 205,95 ton C/ha; dan 210,80 ton C/ha). Selanjutnya jumlah kumulatif konservasi karbon tanah pada kedalaman 0-100 cm adalah sebesar 195,43 ton C/ha dan produksi serasah berkisar 49,04-94,23 kg/ha dengan rata-rata 74,10 kg/ha.

Kata kunci : Persamaan allometri, biomasa karbon, konservasi karbon tanah, *Pinus merkusii* Jungh et de Vriese

## I. PENDAHULUAN

Proses degradasi hutan yang berkembang saat ini dapat meningkatkan emisi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) di atmosfer sehingga dapat memicu pemanasan global dan perubahan iklim bumi. Peningkatan emisi karbondioksida dipicu oleh penggunaan bahan bakar, deforestasi, dan perubahan tata guna lahan. Pada tahun 1850-1950 diperkirakan telah terjadi emisi karbondioksida sebesar  $195 \pm 20$  GtC dan pada tahun 1950-1980 diperkirakan terjadi emisi karbondioksida sebesar  $117 \pm 35$  GtC, di mana satu Giga ton (Gt) = satu milyar metrik ton (IPCC, 1995).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas, peran hutan sebagai penyerap  $\text{CO}_2$  harus tetap dipertahankan dan ditingkatkan dengan cara pembuatan hutan tanaman dan melakukan penanaman kembali hutan-hutan yang gundul dalam bentuk kegiatan afforestasi atau reforestasi pada mekanisme pembangunan bersih (*Clean Development Mechanism/CDM*). Dalam kerangka *CDM* tersebut, Indonesia sangat berpotensi dan memiliki peluang yang sangat tinggi mengingat ketersediaan sumberdaya alamnya yang melimpah dan belum memanfaatkan semuanya. Dengan adanya peningkatan emisi karbondioksida karena kegiatan manusia dan adanya upaya mitigasi melalui pembangunan hutan, maka diperlukan suatu kegiatan untuk mengkuantifikasi biomasa dan serapan karbon pada tegakan hutan untuk mengetahui apakah target pengurangan emisi  $\text{CO}_2$  di dunia dan terutama di Indonesia dapat berhasil atau tidak. Salah satu tegakan hutan yang dapat dinilai kandungan biomasa dan karbonnya adalah hutan tanaman pinus (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese). Selain memiliki pertumbuhan yang cepat, jenis tanaman pinus ini dapat dimanfaatkan untuk membuat terpentin, *pulp*, kertas, kayu bangunan, dan dalam pembuatan panel kayu (Siahaan, 2003; Djumakking, 2003).

Penelitian ini dirancang untuk memformulasikan persamaan allometri

tanaman pinus yang dapat digunakan untuk keperluan estimasi kandungan biomasa, kandungan karbon hutan tanaman pinus, dan kuantifikasi konservasi karbon tanah tempat tumbuh pohon. 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 menganalisis kandungan karbon tanah (organik) serta kerapatan lindi tanah (*soil bulk density*) pada beberapa kedalaman.

## II. METODOLOGI

### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi kegiatan penelitian dilaksanakan di Resort Pemangkuan Hutan (RPH) Gunung Bunder dan RPH Cianten, Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Leuwiliang, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Bogor, yang mewakili tegakan pinus berumur 1, 4, 5, 11, 19, dan 24 tahun. Kawasan hutan KPH Bogor Kelas Perusahaan Pinus terdiri dari hutan-hutan berpegunungan dan dataran rendah, berbukit-bukit dengan kemiringan lereng bervariasi mulai dari landai ( $8 - 15^\circ$ ) sampai dengan curam ( $> 45^\circ$ ). Lokasi penelitian terletak pada ketinggian 1.010 m dpl.

Jenis tanah pada lokasi penelitian adalah tanah latosol coklat dengan mayoritas batuan induk terdiri dari abu, pasir, *tuf vulkand*, dan *intermedier*. Menurut klasifikasi *Soil Taxonomic Class*, jenis tanah adalah *Fine, Mixed, Active, Isohyperthermic Typic Hapludut*. Berdasarkan tipe iklim Schmidt dan Ferguson (1951), iklim pada lokasi penelitian termasuk tipe iklim A dan curah hujan rata-rata 3.500 mm/tahun dengan nilai perbandingan antara jumlah bulan kering dengan bulan basah terletak antara 0-14,3 %.

## B. Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan tegakan *P. merkusii* dan beberapa alat bantu 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 :

- 1) Contoh pohon sebanyak 80 pohon ditebang dengan kelas diameter terkecil sampai terbesar dari plot penebangan.
- 2) Setelah pohon contoh ditebang, kemudian diukur diameter setinggi dada (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.
- 3) Setiap potongan batang diukur dan ditimbang beratnya. Di samping itu biomasa cabang, akar, daun dan ranting juga ditimbang.
- 4) Contoh batang, cabang, akar, daun dan ranting (kurang lebih 200 g) diukur berat keringnya di laboratorium.
- 5) Semua sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 85° 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.

- 6) 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.

- 7) Persamaan allometri dihitung dengan format  $Y = aX^b$  (*Microsoft Office Excel*, 2003); di mana:

a, b = konstanta

Y = Berat kering total, berat kering tanaman bagian atas, berat kering tanaman bagian bawah

X = DBH ..... (i)

X = DBH<sup>2</sup> ..... (ii)

X = DBH<sup>2</sup> x H ..... (iii)

H = tinggi tanaman (m)

Kandungan karbon = biomasa x 0,5 (Brown, 1997).

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

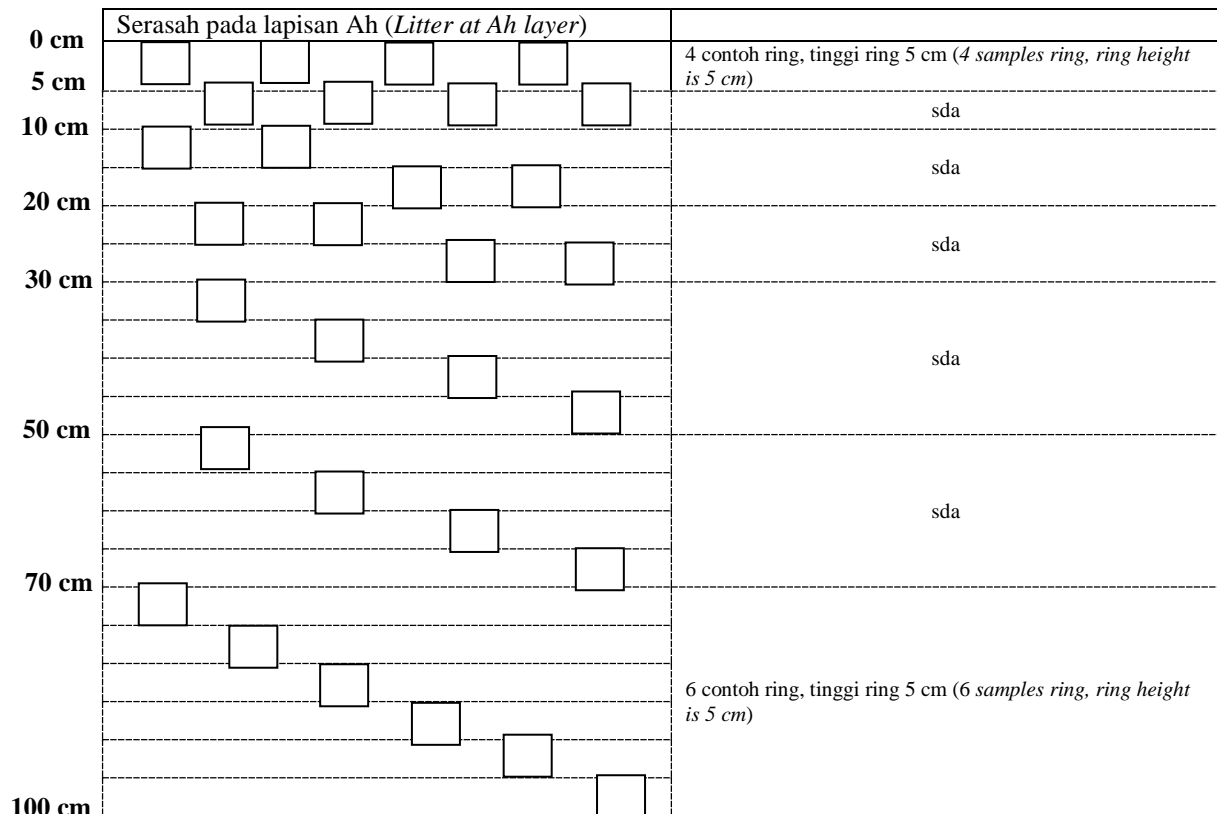
Pada kegiatan ini diteliti kandungan karbon yang ada pada setiap lapisan tanah di bawah tegakan hutan tanaman, sehingga akan diketahui kandungan karbon tersimpan pada tanah. Selain itu, juga akan diperoleh informasi seberapa besar potensi biomasa *litter* (serasah) di hutan tanaman *P. merkusii*. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman antara 0-100 cm. Sebanyak 30 titik contoh tanah dan serasah ditentukan secara acak di lapangan dengan tujuan mendapatkan contoh tanah dan serasah yang mewakili tapak tegakan.

#### 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 lindis tanah, *Bulk Density*),



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

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 berukuran 0,25 m<sup>2</sup> 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 85° C selama 2-3 hari, setelah itu timbang berat kering oven serasah.

**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 80 pohon contoh (*destructive sampling*) disajikan pada Lampiran 1. Biomasa bagian atas merupakan jumlah berat biomasa berasal dari komponen batang, cabang, ranting, dan daun tanaman pinus. Sedangkan biomasa bagian bawah adalah berat akar tanaman. Biomasa total adalah jumlah berat biomasa bagian atas dengan berat biomasa bagian bawah tanaman pinus. Pada Tabel 1 ditampilkan rataan berat biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, nisbah biomasa bagian atas terhadap biomasa bagian bawah, dan biomasa total pada setiap umur tegakan pinus.

Untuk keperluan praktikal, diformulasikan persamaan allometri yang menunjukkan hubungan antara DBH dengan berat tanaman (biomasa tanaman) yang kelak dapat digunakan untuk mengestimasi 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 pinus yang dihasilkan disajikan pada Tabel 2. Hasil yang dirangkum dalam Tabel 2 bentuk kurvanya disajikan dalam skala logaritma dan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa dalam estimasi biomasa dengan menggunakan ketiga format persamaan allometri yang dicoba, penggunaan data tinggi tanaman (H) secara konsisten sedikit meningkatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), dan hal ini berlaku untuk seluruh biomasa bagian atas, bagian bawah, dan biomasa total. Namun demikian, karena alasan praktikal, maka persamaan allometri dengan format  $Y = a X^b$ , di mana  $X = DBH$  (tanpa menggunakan data tinggi tanaman), 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 pinus dapat dilakukan dengan baik, meskipun pengukuran tinggi tanaman tidak dilakukan. Hasil ini senada dengan apa yang dilaporkan oleh Segura dan Kaninen (2005) yang meneliti mengenai persamaan allometri pada beberapa spesies pohon di hutan tropika basah di Costa Rica.

Persamaan allometri untuk estimasi biomasa tanaman pinus masih sangat terbatas ketersediaannya, oleh karena itu penggunaan persamaan ini harus mem-

perhatikan kisaran diameter (DBH) yaitu antara 0,4 cm sampai dengan 44,0 cm di mana dibangun persamaan  $Y = 0,0936X^{2,4323}$ ,  $R^2 = 0,9536$  (biomasa bagian atas);  $Y = 0,0103X^{2,6036}$ ,  $R^2 = 0,9424$  (biomasa bagian bawah); dan  $Y = 0,1031X^{2,4587}$ ,  $R^2 = 0,9541$  (biomasa total). Pendugaan biomasa dengan menggunakan data diameter setinggi dada (DBH) di luar selang ini harus dihindarkan untuk mempertahankan akurasi nilai pendugaan. Penjelasan mengenai kesamaan tempat tumbuh mungkin perlu diperhatikan, yang 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 umum akan memudahkan pekerjaan estimasi biomasa tanaman yang tumbuh pada beberapa daerah geografi yang berbeda. Laporan ini membahas persamaan allometri untuk estimasi biomasa tanaman pinus di daerah Cianten, Jawa Barat.

Distribusi biomasa bagian atas terhadap biomasa akar per tanaman (nisbah pucuk-akar) juga disajikan pada Lampiran 1, dan merupakan informasi penting untuk mengetahui sebaran biomasa dalam satu tanaman. Pengukuran biomasa akar di lapangan merupakan kegiatan yang tidak mudah, dan lazimnya 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 (Lampiran 1) nilai nisbah biomasa bagian atas terhadap biomasa bagian bawah berkisar dari 2,6

Tabel (Table) 1. Rataan biomasa bagian atas, bagian bawah, biomasa total dan nisbah biomasa pucuk-akar pada setiap umur tegakan *P. merkusii* di Cianten, Jawa Barat (Average of aboveground, belowground, total biomass and top root ratio of each stand age in *P. merkusii* plantation at Cianten, West Java)

	Umur tegakan (Tahun) (Stand age) (Year)					
	1	4	5	11	19	24
Kerapatan tegakan (Stand density) (N/ha)	1.667	1.667	1.667	1.250	625	625
Biomasa bagian atas (Aboveground biomass) :						
Rataan (Average) :						
kg/pohon (kg/tree)	0,13	13,41	15,04	103,19	550,40	565,10
(ton/ha)	0,22	22,35	25,07	128,99	344,00	353,19
Kandungan karbon (Carbon content) (ton/ha)	0,11	11,18	12,54	64,50	172,00	176,60
Biomasa bagian bawah (Belowground biomass) :						
Rataan (Average) :						
kg/pohon (kg/tree)	0,02	1,85	2,87	24,29	108,63	109,46
(ton/ha)	0,03	3,08	4,78	30,36	67,89	68,41
Kandungan karbon (Carbon content) (ton/ha)	0,02	1,54	2,39	15,18	33,95	34,21
Biomasa total (Total biomass):						
Rataan (Average) :						
kg/pohon (kg/tree)	0,15	15,26	17,90	127,48	659,02	674,56
(ton/ha)	0,25	25,43	29,84	159,35	411,89	421,60
Total karbon (Carbon total) (ton/ha)	0,13	12,72	14,92	79,68	205,95	210,80
Rataan nisbah biomasa pucuk-akar (Average of top root ratio)	6,3	7,6	6,3	4,7	5,6	5,5

Tabel (Table) 2. Parameter persamaan allometrik untuk pendugaan biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, dan biomasa total,  $Y=aX^b$  (Parameters of allometric equations to estimate aboveground biomass, belowground biomass and total 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)	0,0936	2,4323	0,9536
	(ii) DBH <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	0,0936	1,2161	0,9536
	(iii)DBH <sup>2</sup> *H (cm <sup>2</sup> xm)	0,0798	0,8589	0,9725
Bagian bawah (Below ground)	(i) DBH (cm)	0,0103	2,6036	0,9424
	(ii) DBH <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	0,0103	1,3018	0,9424
	(iii)DBH <sup>2</sup> *H (cm <sup>2</sup> xm)	0,0086	0,9201	0,9624
Total (Total)	(i) DBH (cm)	0,1031	2,4587	0,9541
	(ii) DBH <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	0,1031	1,2293	0,9541
	(iii)DBH <sup>2</sup> *H (cm <sup>2</sup> xm)	0,0877	0,8683	0,9731

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

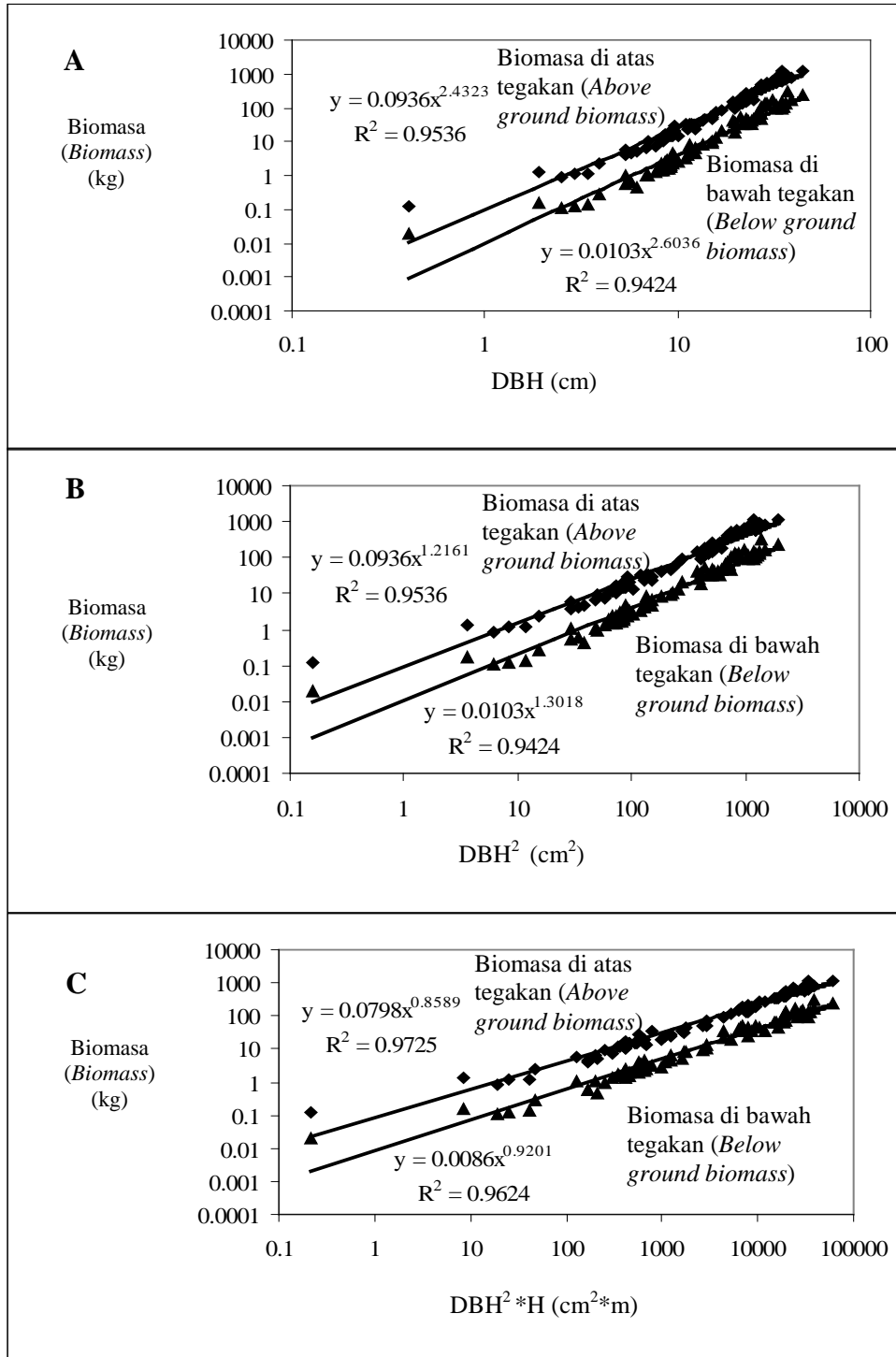
sampai 12,6. Sedangkan pada Tabel 1 terlihat bahwa rataan nisbah biomasa bagian atas terhadap biomasa bagian bawah pada umur tegakan satu tahun, empat tahun, lima tahun, 11 tahun, 19 tahun, dan 24 tahun masing-masing sebesar 6,3; 7,6; 6,3; 4,7; 5,6; dan 5,5.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan menurunnya

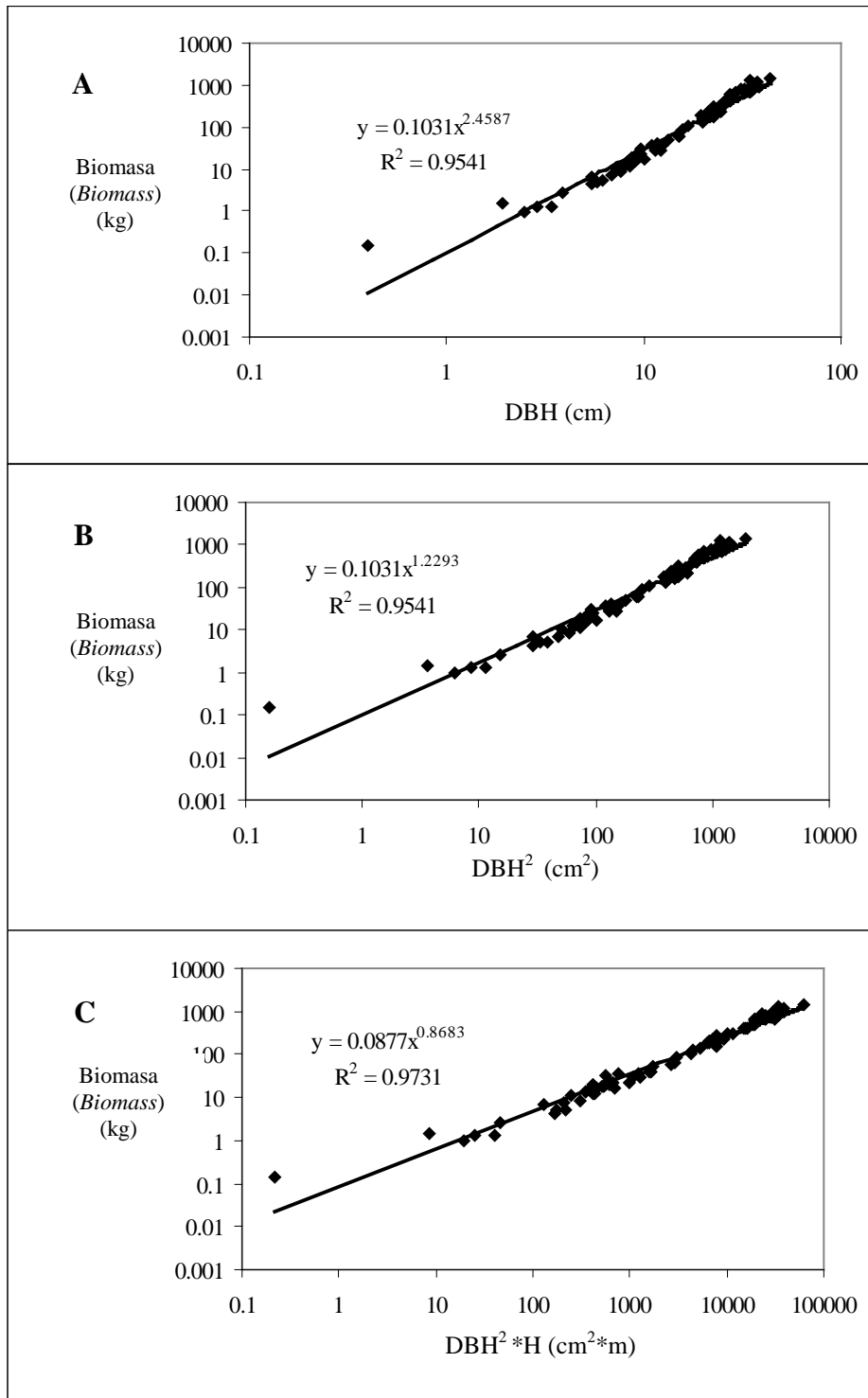
nilai nisbah biomasa pucuk-akar dengan makin tingginya diameter atau bertambahnya umur tegakan pinus. Rendahnya nilai nisbah pucuk akar menunjukkan relatif intensifnya pertumbuhan akar pada saat pertumbuhan bagian atas pohon sudah mengalami penurunan. Fakta ini menunjukkan bahwa biomasa yang diproduksi selama proses pertumbuhan dan

perkembangan pohon sebagian besar di-alokasikan pada pertumbuhan akar dengan mengurangi pertumbuhan batang, cabang, ranting, dan daun.

Pada saat tanaman pinus berumur satu tahun (kepadatan 1.667 pohon/ha), empat tahun (kepadatan 1.667 pohon/ha), lima tahun (kepadatan 1.667 pohon/ha), 11



Gambar (Figure) 2. Persamaan allometri untuk biomasa di atas dan di bawah tegakan *P. merkusii* di Cianten, Jawa Barat: (A) DBH, (B) DBH<sup>2</sup>, dan (C) DBH<sup>2</sup>\*H sebagai variabel bebas (Allometric equation for above ground biomass and below ground biomass of *P. merkusii* plantation at Cianten, West Java : (A) DBH, (B) DBH<sup>2</sup>, and (C) DBH<sup>2</sup>\*H as independent variable)



Gambar (Figure) 3. Persamaan allometri untuk biomasa total pada tegakan *P. merkusii* di Cianten, Jawa Barat: (A) DBH, (B) DBH<sup>2</sup>, dan (C) DBH<sup>2</sup>\*H sebagai variabel bebas (Allometric equation for total biomass of *P. merkusii* plantation at Cianten, West Java: (A) DBH, (B) DBH<sup>2</sup>, and (C) DBH<sup>2</sup>\*H as independent variable)

tahun (kerapatan 1.250 pohon/ha), 19 tahun (kerapatan 625 pohon/ha), dan 24 tahun (kerapatan 625 pohon/ha), maka dapat diestimasi adanya peningkatan

konservasi karbon biomasa, dan dengan bertambahnya umur tegakan dari 1, 4, 5, 11, 19, 24 tahun produksi biomasa total meningkat masing-masing adalah sebesar



0,25 ton/ha; 25,43 ton/ha; 29,84 ton/ha; 159,35 ton/ha; 411,89 ton/ha; dan 421,60 ton/ha. Dengan asumsi bahwa kandungan karbon adalah 50 % dari biomasa kering tanaman (Brown, 1997), maka potensi kandungan karbon tegakan *P. merkusii* pada umur tegakan 1, 4, 5, 11, 19, dan 24 tahun masing-masing sebesar 0,13 ton C/ha; 12,72 ton C/ha; 14,92 ton C/ha; 79,68 ton C/ha; 205,95 ton C/ha; dan 210,80 ton C/ha.

## 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  $Y = 42,69 - 12,8 (\text{DBH}) + 1,242 (\text{DBH}^2)$ , 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 keceratan kedua persamaan dalam mengestimasi biomasa bagian atas jika dibandingkan dengan nilai pengukuran langsung. Hasil perbandingan antara persamaan allometri yang dihasilkan dalam penelitian ini,  $Y = 0,0936 (\text{DBH})^{2,4323}$ ,  $R^2 = 0,95$  dengan persamaan Brown,  $Y = 42,69 - 12,8 (\text{DBH}) + 1,242 (\text{DBH}^2)$ ,  $R^2 = 0,84$  dan nilai pengukuran langsung disajikan pada Lampiran 2.

Dari Lampiran 2 terlihat bahwa penggunaan persamaan  $Y = 0,0936 (\text{DBH})^{2,4323}$  menghasilkan nilai estimasi biomasa bagian atas yang lebih tinggi dari pengukuran langsung sebanyak 57,5 % titik pengamatan, sedangkan penggunaan persamaan Brown menghasilkan nilai estimasi biomasa yang jauh lebih tinggi sebanyak 98,8 %. 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 80 titik pengamatan langsung dengan selang diameter pohon 0,4 cm-44,0 cm dan produksi biomasa bagian atas dengan selang 0,13 kg-1.196,27 kg, dapat dihitung bahwa penggunaan persamaan allometri yang dibentuk dalam penelitian ini ( $Y = 0,0936 (\text{DBH})^{2,4323}$ ) menghasilkan rata-rata simpangan lebih rendah 47,61 kg (*under estimate*), sedangkan persamaan Brown menghasilkan rata-rata simpangan jauh lebih besar 130,35 kg (*over estimate*). Dengan demikian hasil penelitian ini sekaligus mengoreksi persamaan yang diajukan Brown tersebut dan agar penggunaannya dilakukan hanya dalam situasi di mana tidak tersedia persamaan allometri lokal yang telah teruji.

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

Hasil analisis karbon tanah dan kerapatan lindis menurut kedalaman 0-100 cm serta produksi serasah pada tegakan *P. merkusii* di Cianten, Jawa Barat disajikan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa kerapatan lindis tanah berhubungan secara terbalik dengan kandungan karbon organik. Tanah di permukaan memiliki kandungan karbon organik yang paling tinggi dan nilai kerapatan lindis paling rendah. Selanjutnya, pada lapisan tanah bagian bawah terdapat kandungan karbon organik yang semakin menurun.

Besarnya bahan organik di lapisan permukaan tanah, hal ini disebabkan bahwa kandungan karbon organik (%) dipengaruhi oleh tekstur tanah, vegetasi di atas tanah, 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 terus menurun.

Tabel (Table) 3. Kandungan karbon tanah, kerapatan lindis menurut kedalaman 0-100 cm, dan produksi serasah pada tegakan *P. merkusii* (Soil carbon content and bulk density at 0-100 cm depth and litter production of *P. merkusii* plantation)

Kedalaman (Depth) (cm)	Karbon (C org) %	Kerapatan lindis (Bulk density) (g/cm <sup>3</sup> )	Kumulatif stok karbon (Cumulative C stock)		Serasah (Litter)	
			Kedalaman (Depth) (cm)	(ton/ha)	Plot	Potensi (Potency) (kg/ha)
0-5	9,29	0,38	0-5	20,80	1	69,68
5-10	7,61	0,44	0-10	40,65	2	94,23
10-20	5,78	0,47	0-20	72,18	3	49,04
20-30	4,14	0,50	0-30	96,39	4	89,51
30-50	3,05	0,55	0-50	142,67	5	61,94
50-70	1,73	0,60	0-70	167,71	6	80,18
70-100	1,14	0,69	0-100	195,43		
					Rata-rata (Average)	74,10
					(kg/ha)	

Hasil dari penelitian ini 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. Meningkatnya kerapatan lindis juga dapat disebabkan meningkatnya kandungan partikel liat yang mengisi ruang pori dan hal ini berhubungan erat dengan terbentuknya horizon Bt (horizon B di mana terjadi akumulasi partikel liat).

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 100 cm secara kumulatif berkisar antara 20,80-195,43 ton/ha. Selanjutnya, produksi serasah bervariasi antara 49,04 kg/ha-94,23 kg/ha dengan rata-rata sebesar 74,10 kg/ha. Kirakira 50 % dari produksi biomasa serasah

ini adalah kandungan karbon serasah. Dengan perjalanan 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 *Pinus merkusii* Jungh et de Vriese adalah  $Y = 0,0936X^{2,4323}$ ,  $R^2 = 0,9536$ ; persamaan allometri untuk biomasa bagian bawah adalah  $Y = 0,0103X^{2,6036}$ ,  $R^2 = 0,9424$ , dan persamaan allometri untuk biomasa total adalah  $Y = 0,1031X^{2,4587}$ ,  $R^2 = 0,9541$ , di mana X = diameter setinggi dada. Persamaan allometri ini dapat digunakan dalam mengestimasi biomasa tanaman pinus dengan memperhatikan selang diameter yang valid yaitu antara 0,4 cm sampai 44,0 cm, dan lebih baik jika dibandingkan dengan persamaan allometri yang diajukan oleh Brown (1997).
2. Kerapatan tegakan pada umur tanaman satu tahun, empat tahun, lima

tahun, 11 tahun, 19 tahun, dan 24 tahun masing-masing adalah sebesar 1.667 pohon/ha, 1.667 pohon/ha, 1.667 pohon/ha, 1.250 pohon/ha, 625 pohon/ha, dan 625 pohon/ha. Dengan kerapatan tegakan tersebut maka produksi biomasa total pada umur tegakan 1, 4, 5, 11, 19, 24 tahun masing-masing adalah sebesar 0,25 ton/ha; 25,43 ton/ha; 29,84 ton/ha; 159,35 ton/ha; 411,89 ton/ha; dan 421,60 ton/ha.

3. Jumlah kumulatif konservasi karbon tanah pada kedalaman 0-100 cm adalah sebesar 195,43 ton C/ha dan produksi serasah berkisar 49,04-94,23 kg/ha dengan rata-rata 74,10 kg/ha.

## B. Saran

Penelitian ini perlu dikembangkan dengan membuat persamaan allometri pinus di daerah geografis yang berbeda, dengan tujuan perbandingan parameter statistik persamaan allometri. Jika tidak terdapat perbedaan secara statistik maka persamaan allometri dari beberapa tempat berbeda 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.
- Djumakking, W. 2003. Potensi *Acacia mangium* dalam Mengikat Karbon (Studi Kasus di RPH Maribaya, BKPH Parungpanjang, Jawa Barat). Fakultas MIPA. IPB. Skripsi. Tidak dipublikasikan.
- IPCC. 1995. IPCC Guidelines for Nation Greenhouse Inventories : Reference Manual. International Panel on Climate Change.
- 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. p. 1-34. *dalam* N.J. Rosenberg, R.C. Izaurrealde, and E.L. Malone. Carbon Sequestration in Soils. Science, Monitoring, and Beyond. Battelle Press, Columbus-Richland.
- 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.
- Schmidt, F.G. and J.H.A. Ferguson. 1951. Rainfall Types Based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia with Western New Guinea. *Verhand.* 42. Direktorat Meteorologi dan Geofisika. Djakarta.
- 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.
- Siahaan, H. 2003. Pendugaan Kandungan Biomasa dan Karbon pada Tanaman *Pinus merkusii* di RPH Cianten, BKPH Leuwiliang, Jawa Barat. Fakultas MIPA. IPB. Skripsi. Tidak dipublikasikan.
- 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.

Lampiran (Appendix) 1. Diameter setinggi dada (DBH), biomasa bagian atas, bagian bawah, biomasa total, dan nisbah biomasa pucuk-akar *P. merkusii* di Cianten, Jawa Barat (DBH, aboveground, belowground total biomass, and top root ratio of *P. merkusii* plantation at Cianten, West Java)

No.	Umur (Tahun) (Age) (Year)	DBH (cm)	Biomasa bagian atas (Aboveground biomass) (kg)	Biomasa bagian bawah (Belowground biomass) (kg)	Biomasa total (Total biomass) (kg)	Nisbah biomasa pucuk-akar (Top-root ratio)
1.	1	0,4	0,13	0,02	0,15	6,3
2.	4	8,3	11,47	2,28	13,76	5,0
3.	4	9,4	18,19	3,86	22,04	4,7
4.	4	8,5	10,45	1,43	11,87	7,3
5.	4	1,9	1,30	0,16	1,47	8,0
6.	4	9,1	14,39	1,58	15,97	9,1
7.	4	8,4	14,18	1,97	16,15	7,2
8.	4	7,1	9,71	0,97	10,68	10,0
9.	4	8,9	14,93	2,86	17,78	5,2
10.	4	2,9	1,14	0,12	1,26	9,1
11.	4	2,5	0,86	0,11	0,97	8,1
12.	4	3,9	2,36	0,27	2,63	8,7
13.	4	5,4	5,75	1,00	6,75	5,7
14.	4	8,7	14,30	1,90	16,20	7,5
15.	4	8,2	12,10	1,45	13,55	8,3
16.	4	8,8	13,79	1,66	15,44	8,3
17.	4	9,5	20,06	2,27	22,33	8,9
18.	4	11	33,15	3,26	36,41	10,2
19.	4	8,6	16,67	2,42	19,09	6,9
20.	4	9,2	15,25	2,13	17,38	7,2
21.	4	8,1	11,19	1,79	12,99	6,2
22.	4	9,6	27,78	3,67	31,45	7,6
23.	4	9,3	19,13	1,83	20,96	10,4
24.	4	9,7	20,30	3,49	23,79	5,8
25.	5	6,2	4,93	0,45	5,37	11,0
26.	5	12,4	28,84	6,60	35,44	4,4
27.	5	9	17,93	2,50	20,43	7,2
28.	5	5,4	3,84	0,56	4,39	6,9
29.	5	15	48,40	9,44	57,84	5,1
30.	5	12,3	23,66	4,59	28,24	5,2
31.	5	9,4	14,89	4,45	19,34	3,3
32.	5	3,4	1,14	0,13	1,27	8,6
33.	5	7,7	7,02	1,29	8,31	5,5
34.	5	5,8	4,37	0,61	4,98	7,1
35.	5	10,1	13,89	2,60	16,49	5,3
36.	5	6,9	6,26	1,02	7,29	6,1
37.	5	8	11,02	1,88	12,90	5,9
38.	5	11,4	24,34	4,00	28,33	6,1
39.	11	11,6	31,29	8,02	39,31	3,9
40.	11	15,1	50,32	10,84	61,16	4,6
41.	11	19,5	145,43	40,34	185,77	3,6
42.	11	21,8	133,76	34,60	168,36	3,9
43.	11	23,2	167,45	43,03	210,47	3,9
44.	11	15,9	72,53	13,03	85,56	5,6
45.	11	24,1	222,92	43,15	266,07	5,2
46.	11	24,7	178,60	47,29	225,89	3,8
47.	11	13,4	43,43	7,89	51,32	5,5

Lampiran (*Appendix*) 1. Lanjutan (*Continued*)

No.	Umur (Tahun) (Age) (Year)	DBH (cm)	Biomasa bagian atas (Aboveground biomass) (kg)	Biomasa bagian bawah (Belowground biomass) (kg)	Biomasa total (Total biomass) (kg)	Nisbah biomasa pucuk-akar (Top-root ratio)
48.	11	20	96,38	35,25	131,62	2,7
49.	11	20	119,67	19,01	138,67	6,3
50.	11	11,9	33,24	4,87	38,10	6,8
51.	11	9,3	18,96	2,88	21,84	6,6
52.	11	16,8	87,53	20,79	108,33	4,2
53.	11	22,5	146,37	33,40	179,77	4,4
54.	19	19,9	136,05	24,72	160,77	5,5
55.	19	21	184,75	52,40	237,16	3,5
56.	19	34,8	584,67	107,04	691,71	5,5
57.	19	22,6	260,63	45,35	305,98	5,7
58.	19	25,9	336,16	65,35	401,51	5,1
59.	19	26,7	363,89	60,01	423,90	6,1
60.	19	38,7	769,40	164,84	934,24	4,7
61.	19	44	1190,71	236,34	1427,05	5,0
62.	19	27	403,59	66,66	470,25	6,1
63.	19	27,3	497,42	100,12	597,54	5,0
64.	19	34,4	1196,27	94,71	1290,98	12,6
65.	19	26,5	394,59	76,23	470,82	5,2
66.	19	37,4	837,02	318,35	1155,37	2,6
67.	24	22	195,45	34,07	229,51	5,7
68.	24	28,6	415,76	134,50	550,26	3,1
69.	24	36,5	940,09	133,37	1073,45	7,0
70.	24	27,2	349,42	46,96	396,39	7,4
71.	24	24,3	267,74	34,37	302,10	7,8
72.	24	34,4	664,96	142,22	807,18	4,7
73.	24	35	595,54	130,75	726,29	4,6
74.	24	32,2	571,13	90,85	661,98	6,3
75.	24	29,3	506,08	134,20	640,28	3,8
76.	24	32,7	733,12	114,24	847,37	6,4
77.	24	36,1	657,85	138,89	796,74	4,7
78.	24	29	554,84	119,12	673,97	4,7
79.	24	31,3	625,38	169,64	795,02	3,7
80.	24	35,5	834,05	109,24	943,29	7,6

Lampiran (Appendix) 2. Perbandingan biomasa bagian atas hasil pengukuran langsung, dengan hasil estimasi dari  $Y = 0,0936(DBH)^{2,4323}$  dan  $Y = 42,69-12,8 (DBH) + 1,242 (DBH^2)$  (Comparison of above ground biomass from direct measurement with estimated value originated from  $Y = 0.0936(DBH)^{2.4323}$  and  $Y = 42.69-12.8 (DBH) + 1.242 (DBH^2)$ )

No.	DBH (cm)	Pengukuran langsung biomasa bagian atas (Measurement, above ground biomass) (kg)	$Y = 0,0936(DBH)^{2,4323}$ Biomasa bagian atas (Aboveground biomass) (kg)	$Y = 42,69 - 12,8(DBH) + 1,242 (DBH^2)$ Biomasa bagian atas (Aboveground biomass) (kg)	Simpangan (Deviation) = (d - c) (kg)	Simpangan (Deviation) = (e - c) (kg)
					f	g
a	b	c	d	e	f	g
1	0,4	0,13	0,01	37,77	-0,12	+37,64
2	1,9	1,30	0,45	22,85	-0,86	+21,55
3	2,5	0,86	0,87	18,45	+0,01	+17,59
4	2,9	1,14	1,25	16,02	+0,11	+14,88
5	3,4	1,14	1,84	13,53	+0,70	+12,39
6	3,9	2,36	2,56	11,66	+0,21	+9,30
7	5,4	3,84	5,66	9,79	+1,82	+5,95
8	5,4	5,75	5,66	9,79	-0,09	+4,04
9	5,8	4,37	6,73	10,23	+2,36	+5,86
10	6,2	4,93	7,92	11,07	+2,99	+6,15
11	6,9	6,26	10,27	13,50	+4,01	+7,24
12	7,1	9,71	11,01	14,42	+1,30	+4,71
13	7,7	7,02	13,41	17,77	+6,39	+10,75
14	8,0	11,02	14,72	19,78	+3,70	+8,76
15	8,1	11,19	15,17	20,50	+3,98	+9,31
16	8,2	12,10	15,63	21,24	+3,53	+9,15
17	8,3	11,47	16,10	22,01	+4,62	+10,54
18	8,4	14,18	16,57	22,81	+2,39	+8,62
19	8,5	10,45	17,06	23,62	+6,61	+13,18
20	8,6	16,67	17,55	24,47	+0,88	+7,80
21	8,7	14,30	18,05	25,34	+3,75	+11,03
22	8,8	13,79	18,56	26,23	+4,77	+12,45
23	8,9	14,93	19,08	27,15	+4,15	+12,22
24	9,0	17,93	19,60	28,09	+1,67	+10,16
25	9,1	14,39	20,14	29,06	+5,75	+14,67
26	9,2	15,25	20,68	30,05	+5,43	+14,81
27	9,3	18,96	21,23	31,07	+2,27	+12,11
28	9,3	19,13	21,23	31,07	+2,10	+11,94
29	9,4	14,89	21,79	32,11	+6,90	+17,22
30	9,4	18,19	21,79	32,11	+3,60	+13,93
31	9,5	20,06	22,36	33,18	+2,30	+13,12
32	9,6	27,78	22,93	34,27	-4,84	+6,50
33	9,7	20,30	23,52	35,39	+3,22	+15,09
34	10,1	13,89	25,95	40,11	+12,05	+26,21
35	11,0	33,15	31,93	52,17	-1,22	+19,02
36	11,4	24,34	34,83	58,18	+10,50	+33,84
37	11,6	31,29	36,34	61,33	+5,05	+30,04
38	11,9	33,24	38,67	66,25	+5,43	+33,01
39	12,3	23,66	41,90	73,15	+18,25	+49,50
40	12,4	28,84	42,74	74,94	+13,90	+46,10
41	13,4	43,43	51,61	94,18	+8,18	+50,76
42	15,0	48,40	67,90	130,14	+19,51	+81,74

Lampiran (*Appendix*) 2. Lanjutan (*Continued*)

No.	DBH (cm)	Pengukuran langsung biomasa bagian atas ( <i>Measurement, above ground biomass</i> ) (kg)	$Y = 0,0936(DBH)^{2,4323}$ Biomasa bagian atas ( <i>Aboveground biomass</i> ) (kg)	$Y = 42,69 -$ $12,8(DBH) +$ $1,242 (DBH^2)$ Biomasa bagian atas ( <i>Aboveground biomass</i> ) (kg)	Simpangan ( <i>Deviation</i> ) = (d - c) (kg)	Simpangan ( <i>Deviation</i> ) = (e - c) (kg)
					f	g
a	b	c	d	e	f	g
43	15,1	50,32	69,01	132,60	+18,69	+82,28
44	15,9	72,53	78,24	153,16	+5,71	+80,63
45	16,8	87,53	89,45	178,19	+1,92	+90,66
46	19,5	145,43	128,54	265,36	-16,89	+119,93
47	19,9	136,05	135,04	279,81	-1,00	+143,77
48	20,0	96,38	136,70	283,49	+40,32	+187,11
49	20,0	119,67	136,70	283,49	+17,03	+163,82
50	21,0	184,75	153,93	321,61	-30,83	+136,86
51	21,8	133,76	168,58	353,90	+34,82	+220,14
52	22,0	195,45	172,37	362,22	-23,08	+166,77
53	22,5	146,37	182,05	383,45	+35,68	+237,08
54	22,6	260,63	184,02	387,77	-76,61	+127,14
55	23,2	167,45	196,13	414,22	+28,69	+246,78
56	24,1	222,92	215,16	455,58	-7,77	+232,65
57	24,3	267,74	219,53	465,04	-48,21	+197,30
58	24,7	178,60	228,42	484,26	+49,82	+305,66
59	25,9	336,16	256,36	544,32	-79,80	+208,16
60	26,5	394,59	271,04	575,68	-123,55	+181,09
61	26,7	363,89	276,04	586,34	-87,85	+222,45
62	27,0	403,59	283,65	602,51	-119,94	+198,92
63	27,2	349,42	288,79	613,41	-60,64	+263,99
64	27,3	497,42	291,38	618,90	-206,04	+121,48
65	28,6	415,76	326,28	692,52	-89,48	+276,75
66	29,0	554,84	337,49	716,01	-217,35	+161,17
67	29,3	506,08	346,05	733,89	-160,03	+227,82
68	31,3	625,38	406,34	858,82	-219,04	+233,44
69	32,2	571,13	435,35	918,29	-135,79	+347,15
70	32,7	733,12	451,97	952,19	-281,15	+219,07
71	34,4	664,96	511,27	1072,10	-153,69	+407,14
72	34,4	1196,27	511,27	1072,10	-685,00	-124,17
73	34,8	584,67	525,85	1101,36	-58,82	+516,69
74	35,0	595,54	533,23	1116,14	-62,31	+520,60
75	35,5	834,05	551,95	1153,52	-282,11	+319,47
76	36,1	657,85	574,91	1199,20	-82,94	+541,35
77	36,5	940,09	590,53	1230,14	-349,56	+290,06
78	37,4	837,02	626,57	1301,23	-210,45	+464,21
79	38,7	769,40	680,87	1407,46	-88,53	+638,06
80	44,0	1190,71	930,35	1884,00	-260,36	+693,29
Jumlah simpangan ( <i>Total deviation</i> )					-3808,90	+10427,64
Rata-rata simpangan ( <i>Deviation mean</i> )					-47,61	+130,35