

**BIOMASA DAN KANDUNGAN KARBON PADA HUTAN TANAMAN
TUSAM (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) UMUR LIMA TAHUN
DI CIANTEN, BOGOR, JAWA BARAT
(*Biomass and Carbon Stock of Pine Plantation in Cianten, Bogor, West Java*)**

Oleh/By :

N. M. Heriyanto dan/*and* 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 : 23 Mei 2006; Disetujui : 26 Maret 2007

ABSTRACT

This study was designed to formulate pine allometric equations and estimate biomass production and carbon stock. Data collection was done in Resort Pemangkuan Hutan (RPH) Cianten, BKPH Leuwiliang, KPH Bogor, Perum Perhutani Unit III, West Java, from March to April 2005. This research employed destructive sampling method covering 23 representative trees (spacing 2 m x 3 m) located on 16 plots. Size of each plot was 20 m x 30 m. Results obtained from this research indicated that average oven dry matter of plant organ consisting stem, branch and twig, leaves, and roots were 6.04 kg, 3.15 kg, 3.36 kg, and 1.78 kg respectively per plant at age of 5 years. The allometric equation expressing the relationship between above ground biomass and Dbh was $Y = 0.17689 X^{2.0501}$ ($R^2 = 0.9464$), relationship between stem and Dbh was $Y = 0.11467 X^{1.9238}$ ($R^2 = 0.9635$), relationship between roots and Dbh was $Y = 0.020346 X^{2.1291}$ ($R^2 = 0.9163$), and relationship between total biomass and Dbh was $Y = 0.19687X^{2.0611}$ ($R^2 = 0.9472$). The estimation results indicatds that the highest carbon stock originated from plant partition was produced from stem part (5.03 ton/ha), followed by leaves (2.8 ton/ha), branch and twig (2.62 ton/ha), and roots (1.48 ton/ha). The total carbon stock yield from 5 year old pine plantation was 11.93 to C/ha (equivalent to 43.74 ton CO₂/ha).

Key words : Biomass, carbon content, Pinus merkusii Jungh et de Vriese, allometry

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan persamaan alometri dan menduga kandungan karbon pada tegakan hutan tanaman tusam (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) umur lima tahun. Penelitian dilakukan pada bulan Maret sampai April 2005 berlokasi di Resort Pemangkuan Hutan (RPH) Cianten, Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Leuwiliang, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Bogor, Perum Perhutani Unit III Jawa Barat. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode *destructive sampling* melalui pemilihan pohon contoh, dari 16 plot berukuran 20 m x 30 m dan dipilih 23 pohon yang dapat mewakili tegakan tusam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat kering oven rata-rata bagian organ tanaman tusam yaitu bagian batang 6,04 kg, bagian daun 3,36 kg, bagian cabang dan ranting 3,15 kg, dan bagian akar 1,78 kg. Persamaan alometri hubungan antara berat kering bagian atas tanah tusam dengan diameter yaitu $Y = 0,17689 X^{2,0501}$ ($R^2 = 0,9464$), hubungan antara berat kering batang tusam dengan diameter yaitu $Y = 0,11467 X^{1,9238}$ ($R^2 = 0,9635$), hubungan antara berat kering akar tusam dengan diameter yaitu $Y = 0,020346 X^{2,1291}$ ($R^2 = 0,9163$), dan hubungan antara berat kering total tusam dengan diameter yaitu $Y = 0,19687X^{2,0611}$ ($R^2 = 0,9472$). Kandungan karbon tusam paling tinggi diperoleh pada bagian batang yaitu sebanyak 5,03 ton/ha, kemudian berturut-turut bagian daun sebanyak 2,8 ton/ha, bagian cabang dan ranting 2,62 ton/ha, dan bagian akar sebanyak 1,48 ton/ha. Total kandungan karbon pada tegakan tusam umur lima tahun yaitu sebanyak 11,93 ton/ha atau setara dengan 43,74 ton CO₂/ha.

Kata kunci : Biomasa, kandungan karbon, *Pinus merkusii* Jungh et de Vriese, alometri

I. PENDAHULUAN

Tusam merupakan salah satu spesies konifer yang penting, penghasil kayu bangunan, gondorukem, resin, dan terpenin. Selain itu kayu tusam merupakan material untuk *pulp* dan kertas yang berkualitas baik, karena berserat panjang. Pohon tusam tumbuh secara alami di Indonesia di daerah Aceh dan Kerinci pada ketinggian antara 800 m sampai 2.000 m di atas permukaan laut (Satjapradja, 1983). Menurut Sudiono *et al.* (1993), di Pulau Jawa terdapat 200.000 hektar tanaman tusam produktif. Pohon tusam tergolong pohon yang tumbuh cepat dan banyak menyerap karbon dari udara.

Hutan tropika banyak mengandung biomasa dan menyimpan karbon pada tanaman, baik yang hidup maupun yang sudah mati; demikian pula yang sukar lapuk dalam tanah maupun yang mudah lapuk (Whitmore, 1985).

Biomasa hutan dinyatakan dalam satuan berat kering oven per satuan luas, yang terdiri dari berat daun, bunga, buah, cabang, ranting, batang, akar serta pohon mati (Brown *et al.*, 1989). Besarnya biomasa hutan tanaman ditentukan oleh umur tanaman, diameter, tinggi, kesuburan tanah, dan sistem silvikultur yang diterapkan. Pendugaan biomasa hutan tanaman tropis sangat diperlukan karena berpengaruh pada siklus karbon (Morikawa, 2002). Dari biomasa hutan, kurang lebih sebanyak antara 45 dan 50 persen adalah kandungan karbon (Brown *et al.*, 1997; International Panel on Climate Change, 2003). Selanjutnya dinyatakan oleh Nelson *et al.* (1999), bahwa data biomasa suatu ekosistem sangat berguna untuk mengevaluasi pola produktivitas berbagai macam ekosistem yang ada. Tegakan hutan tanaman mempunyai potensi besar dalam menyerap dan mengurangi kadar karbondioksida di udara melalui kegiatan konservasi dan perbaikan manajemen tegakan hutan tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh persamaan alometri untuk

menduga kandungan karbon pada tegakan hutan tanaman tusam (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) umur lima tahun, sehingga penentuan kandungan karbon selanjutnya cukup mengukur diameter saja tanpa harus menebang pohonnya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk menduga kandungan karbon pada tegakan tusam, yang sekaligus memperkuat pengelolaan hutan.

II. METODOLOGI

A. Deskripsi Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Resort Polisi Hutan (RPH) Cianten, Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Leuwiliang, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Bogor. Luas kawasan tanaman tusam di KPH Bogor yaitu seluas 22.914,69 ha.

Lokasi RPH Cianten mempunyai ketinggian tempat antara 800 m sampai 900 m dpl, iklimnya termasuk tipe A dengan curah hujan rata-rata 4.962 mm per tahun (Schmidt dan Ferguson, 1951). Secara geografis lokasi penelitian terletak pada koordinat 106°37'58" Bujur Timur dan 6°44'25" Lintang Selatan. Keadaan topografi RPH Cianten secara umum berbukit-bukit, dengan kemiringan lahan antara 45 % sampai 80 %. Penelitian dilakukan pada bulan Maret sampai April 2005.

B. Bahan Penelitian

Bahan penelitian adalah tegakan tusam berumur lima tahun dengan jarak tanam 2 m x 3 m. Plot dibuat sebanyak 16 buah pada empat blok, ukuran plot 10 m x 10 m. Semua tanaman dalam plot diukur diameter dan tinggi. Data ini kemudian menjadi dasar dalam menentukan jumlah pohon contoh yang akan diambil.

C. Metode Penelitian

1. Pemilihan pohon contoh. Setelah dilakukan sensus pohon, pohon yang

dipilih berdasarkan distribusi diameter (DBH) pada lokasi tersebut yaitu pohon dengan diameter terbesar dan terkecil yang menyebar merata. Untuk penelitian ini diperlukan 23 pohon contoh yang dapat mewakili tegakan tersebut.

2. Pengukuran tinggi dan diameter batang pohon. Setelah pohon ditebang, diameter batang diukur berturut-turut pada posisi 0 m, 0,3 m; 1,3 m (DBH); 3,3 m; 5,3 m; 7,3 m; 9,3 m; dan seterusnya setiap dua meter. Selain itu juga diukur diameter bebas cabang (Db).
3. Pengukuran berat basah pohon. Cabang dan ranting dipisahkan dari batang dan batang dipotong dalam bentuk log, di mana masing-masing log diberi nomor dan ditimbang. Cabang dan ranting yang hidup kemudian dipisahkan dari cabang dan ranting mati. Daun juga dipisahkan dari cabang dan ranting.
4. Contoh dipilih dan ditimbang untuk diukur berat kering dan kandungan karbonnya. Pengambilan contoh log dilakukan dari setiap bagian yaitu log 0 m-0,3 m; 0,3 m-1,3 m; 1,3 m-3,3 m; 3,3 m-5,3 m; 5,3 m-7,3 m dan seterusnya; akar, cabang dan ranting hidup, cabang dan ranting mati serta daun, masing-masing sebanyak kurang lebih 200 gram.
5. Untuk mengetahui berat kering, contoh dimasukkan dalam kantong kertas dan dioven pada suhu 85° C selama 48 jam.

D. Analisis Data

Untuk mengetahui berat kering contoh digunakan rumus dari JICA (2002) sebagai berikut:

$$BKT = \frac{BKC}{BBC} \times BBT$$

Dimana :

- BKT = Berat kering total (kg)
- BKC = Berat kering contoh (gram)
- BBC = Berat basah contoh (gram)
- BBT = Berat basah total (kg)

Kandungan karbon dalam tanaman, dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kandungan Karbon} = \text{Berat Kering Pohon} \times 50 \%$$

Pendugaan persamaan alometri dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$Y = aX^b, \text{ dimana :}$$

- Y = Berat kering pohon
- X = Dbh/Diameter pohon setinggi dada (1,3 m)
- a,b = Koefisien

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sebaran Kelas Diameter

Pada empat plot berukuran 20 m x 30 m di hutan tanaman dengan jarak tanam 2 m x 3 m, diambil pohon contoh sebanyak 23 pohon yang dapat mewakili tegakan tersebut. Sebaran kelas diameter pohon contoh tanaman tusam di RPH Cianten disajikan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa tinggi bebas cabang rata-rata relatif rendah yaitu 1,53 m. Hal ini dikarenakan dalam pengelolaan silvikultur tidak ada tindakan pemangkasan seperti pada umumnya untuk tujuan kayu produksi. Kerapatan tegakan pada lokasi ini sebesar 1.667 tanaman per hektar.

B. Biomasa Tegakan

Biomasa tegakan dapat dibedakan ke dalam dua kategori, yaitu biomasa di atas tanah (batang, cabang, ranting, daun, bunga, dan buah) dan biomasa di dalam tanah (akar). Kusmana *et al.* (1992) menyatakan bahwa besarnya biomasa ditentukan oleh diameter, tinggi pohon, berat jenis kayu, dan kesuburan tanah. Selanjutnya dinyatakan untuk menduga biomasa pada hutan pohon dapat digunakan parameter diameter dan tinggi pohon, akan tetapi diameter merupakan parameter yang paling akurat untuk menduga biomasa tegakan dibandingkan dengan tinggi pohon.

Diameter setinggi dada (DBH) pohon berkaitan erat dengan biomasa, di mana semakin besar diameter maka semakin besar biomasanya. Data berat kering, yang merupakan penduga biomasa pohon contoh disajikan pada Tabel 2.

Tabel (Table) 1. Sebaran kelas diameter pohon contoh tusam berumur lima tahun di RPH Cianten, BKPH Leuwiliang, KPH Bogor (*Class diameter distribution of five year old pine sample trees at RPH Cianten, BKPH Leuwiliang, KPH Bogor*)

| No. | Diameter setinggi dada/ <i>Diameter at breast height (1,3 m)</i> (cm) | Diameter bebas cabang/ <i>Diameter at the lowest branch</i> (cm) | Tinggi bebas cabang/ <i>Height of free branch</i> (m) | Tinggi total/ <i>Total height</i> (m) |
|-----|---|---|--|--|
| 1. | 1,9 | 3,9 | 0,44 | 2,35 |
| 2. | 2,5 | 2,2 | 1,74 | 3,05 |
| 3. | 2,9 | 2,8 | 1,59 | 2,98 |
| 4. | 3,9 | 3,6 | 1,53 | 3,05 |
| 5. | 5,4 | 4,9 | 1,94 | 4,47 |
| 6. | 7,1 | 6,4 | 1,83 | 4,95 |
| 7. | 8,1 | 7,7 | 1,64 | 5,30 |
| 8. | 8,2 | 8,1 | 1,70 | 5,30 |
| 9. | 8,3 | 7,8 | 1,60 | 6,05 |
| 10. | 8,4 | 8,0 | 1,62 | 5,67 |
| 11. | 8,5 | 7,9 | 1,52 | 5,75 |
| 12. | 8,6 | 8,1 | 1,55 | 5,56 |
| 13. | 8,7 | 8,0 | 1,54 | 6,00 |
| 14. | 8,8 | 8,2 | 1,40 | 5,55 |
| 15. | 8,9 | 8,4 | 1,50 | 6,82 |
| 16. | 9,1 | 9,0 | 1,50 | 5,54 |
| 17. | 9,2 | 8,5 | 1,55 | 6,17 |
| 18. | 9,3 | 8,7 | 1,54 | 6,60 |
| 19. | 9,4 | 9,2 | 1,38 | 6,60 |
| 20. | 9,5 | 9,8 | 1,22 | 7,25 |
| 21. | 9,6 | 9,1 | 1,45 | 6,17 |
| 22. | 9,7 | 9,2 | 1,53 | 6,40 |
| 23. | 11,0 | 10,5 | 1,86 | 6,38 |

Tabel (Table) 2. Berat kering biomasa pohon contoh tusam di RPH Cianten, BKPH Leuwiliang, KPH Bogor (*Dry biomass of pine sample trees at RPH Cianten, BKPH Leuwiliang, KPH Bogor*)

| No. | Diameter/Dbh (cm) | Biomasa/Biomass (kg) | | | | Berat total/ <i>Total dry weight</i> (kg) |
|-------------------|----------------------|-----------------------|---|------------------------|----------------------|---|
| | | Daun/ <i>Leave</i> | Cabang & ranting/ <i>Branch & twig</i> | Batang/ <i>Stem</i> | Akar/ <i>Root</i> | |
| 1. | 1,9 | 0,45 | 0,29 | 0,56 | 0,16 | 1,46 |
| 2. | 2,5 | 0,24 | 0,12 | 0,52 | 0,11 | 0,99 |
| 3. | 2,9 | 0,28 | 0,14 | 0,68 | 0,13 | 1,23 |
| 4. | 3,9 | 0,75 | 0,26 | 1,33 | 0,27 | 2,61 |
| 5. | 5,4 | 1,33 | 0,92 | 3,27 | 1,01 | 6,53 |
| 6. | 7,1 | 2,20 | 1,57 | 5,25 | 0,96 | 9,98 |
| 7. | 8,1 | 3,19 | 2,77 | 5,73 | 1,79 | 13,48 |
| 8. | 8,2 | 3,74 | 2,25 | 6,14 | 1,45 | 13,58 |
| 9. | 8,3 | 3,15 | 2,08 | 5,75 | 2,29 | 13,27 |
| 10. | 8,4 | 3,74 | 2,53 | 7,14 | 1,97 | 15,38 |
| 11. | 8,5 | 2,50 | 2,00 | 4,99 | 1,42 | 10,91 |
| 12. | 8,6 | 4,94 | 4,33 | 6,72 | 2,42 | 18,41 |
| 13. | 8,7 | 4,06 | 2,55 | 7,20 | 1,90 | 15,71 |
| 14. | 8,8 | 3,93 | 3,71 | 5,80 | 1,66 | 15,10 |
| 15. | 8,9 | 3,13 | 2,96 | 8,19 | 2,86 | 17,14 |
| 16. | 9,1 | 3,62 | 3,02 | 7,20 | 1,58 | 15,42 |
| 17. | 9,2 | 4,02 | 3,71 | 7,33 | 2,13 | 17,19 |
| 18. | 9,3 | 4,54 | 3,39 | 10,47 | 1,83 | 20,23 |
| 19. | 9,4 | 3,64 | 3,48 | 10,54 | 3,85 | 21,51 |
| 20. | 9,5 | 5,73 | 6,12 | 8,01 | 2,26 | 22,12 |
| 21. | 9,6 | 4,45 | 4,86 | 6,94 | 2,00 | 18,25 |
| 22. | 9,7 | 4,74 | 5,54 | 9,22 | 3,50 | 23,00 |
| 23. | 11,0 | 8,95 | 13,78 | 9,98 | 3,30 | 36,01 |
| Rata-rata/Average | | 3,36 | 3,15 | 6,04 | 1,78 | 14,33 |

Dari Tabel 2 dapat dilihat adanya kecenderungan semakin besar diameter pohon maka semakin besar pula biomasa yang dimiliki oleh tanaman tersebut. Dari nilai rata-rata diketahui bahwa untuk tanaman tusam umur 5 tahun biomasa terbesar berada pada bagian batang (6,04 kg atau 42,15 %), disusul oleh daun (3,36 kg atau 23,45 %), cabang dan ranting (3,15 kg atau 21,98 %), dan akar (1,78 kg atau 12,42 %). Hal ini dapat dijelaskan bahwa biomasa berkaitan erat dengan proses fotosintesis, hasil dari fotosintesis tersebut digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan, baik ke arah vertikal (tinggi) maupun horizontal (diameter) dan sisanya disimpan dalam batang.

C. Persamaan Alometri dan Kandungan Karbon Tegakan Tusam

1. Persamaan Alometri

Pengukuran berat biomasa pohon hutan yang dilakukan dengan cara menebang seluruh pohon memerlukan waktu lama dan biaya yang besar. Untuk mempermudah diperlukan adanya persamaan alometri, yang berguna untuk menduga berat total biomasa tegakan. Setelah di-

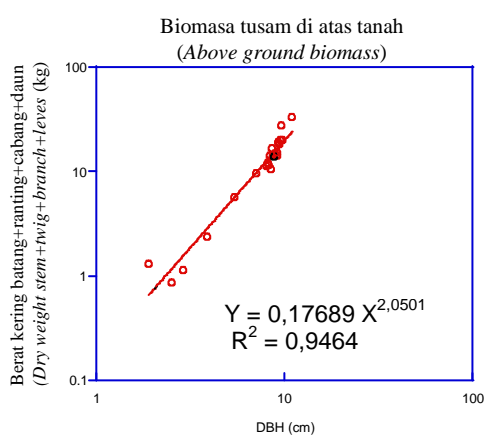
temukan alometri maka berat biomasa tegakan dapat dihitung hanya dengan mengukur diameternya saja.

Berdasarkan 23 pohon contoh, dapat dibuat alometri untuk pohon tusam berumur lima tahun seperti terlihat pada Gambar 1 sampai Gambar 4.

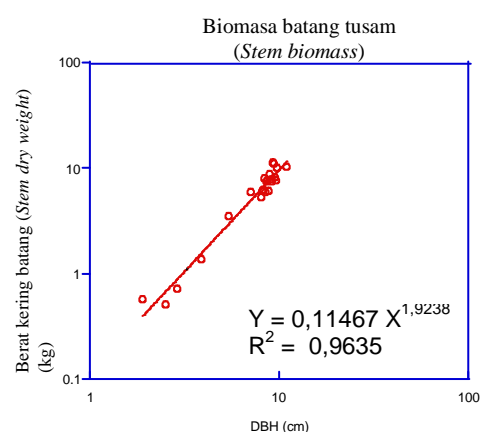
Dari Gambar 1 sampai dengan Gambar 4, terlihat hubungan antara nilai biomasa pada tiap bagian tegakan tusam (akar, batang, bagian di atas tanah, dan total) dengan diameter. Nilai koefisien determinasi (R^2) untuk semua hubungan didapatkan di atas 0,9, yang berarti hubungan tersebut sangat erat. Dengan demikian untuk menduga biomasa tusam dapat dilakukan dengan cara mengukur diameter saja tanpa harus melakukan penebangan pohon (*sampling destructive*).

2. Kandungan Karbon Tegakan Tusam

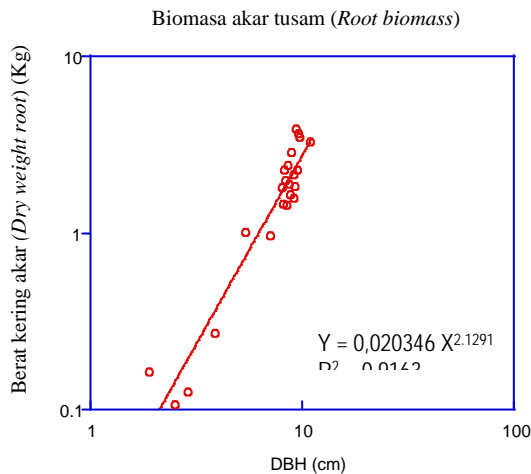
Berdasarkan asumsi/rumus Brown *et al.* (1997) yang menyatakan bahwa 45 % sampai 50 % bahan kering pohon terdiri dari kandungan karbon, maka kandungan karbon pada bagian batang, cabang dan ranting, dan akar dalam tegakan tusam umur lima tahun (ton/ha) disajikan pada Gambar 5.



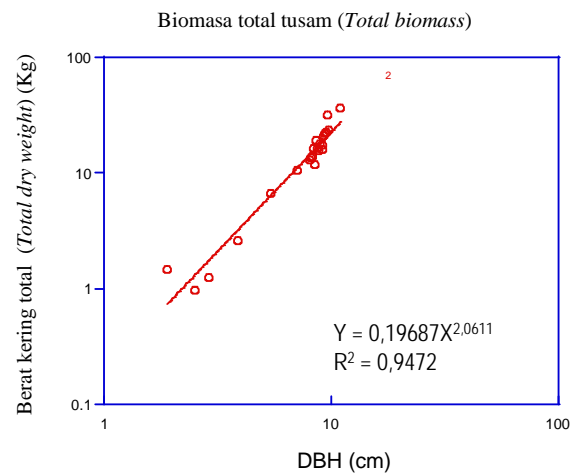
Gambar (Figure) 1. Grafik hubungan antara berat kering bagian atas tanah tusam dengan diameter, beserta persamaan alometrinya (*Allometric equation of the relationship between above ground biomass and diameter at breast height*) (B/W)



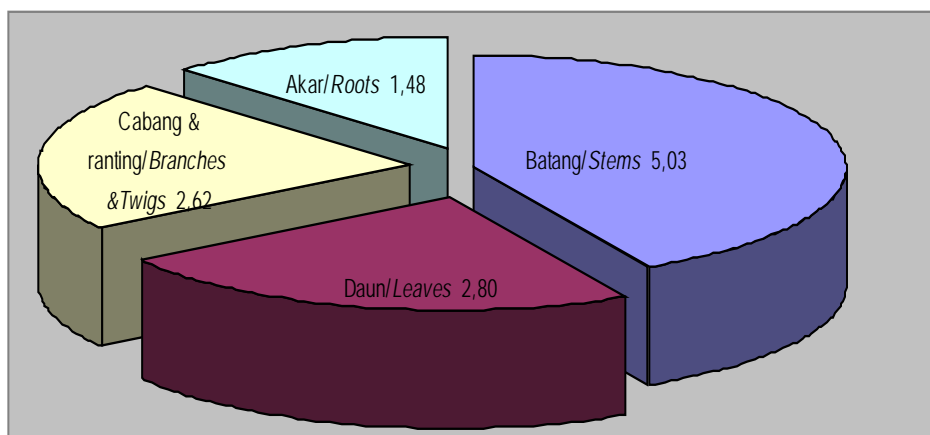
Gambar (Figure) 2. Grafik hubungan antara berat kering batang tusam dengan diameter, beserta persamaan alometrinya (*Allometric equation of the relationship between dry weight stem and diameter at breast height*) (B/W)



Gambar (Figure) 3. Grafik hubungan antara berat kering akar tusam dengan diameter, beserta persamaan alometrinya (*Allometric equation of the relationship between dry weight root and diameter at breast height*) (B/W)



Gambar (Figure) 4. Grafik hubungan antara berat kering total tusam dengan diameter, beserta persamaan alometrinya (*Allometric equation of the relationship between total dry weight and diameter at breast height*) (B/W)



Gambar (Figure) 5. Kandungan karbon rata-rata bagian organ tusam umur lima tahun (*Carbon stock average of plant organ of 5 year old pine*) (ton/ha) (B/W)

Dari Gambar 5 dapat dikatakan bahwa kandungan karbon pada tegakan tusam umur lima tahun dengan kerapatan 1.667 pohon/ha, paling tinggi diperoleh dari bagian batang yaitu sebanyak 5,03 ton/ha, kemudian berturut-turut bagian daun sebanyak 2,8 ton/ha, bagian cabang dan ranting 2,62 ton/ha, dan bagian akar sebanyak 1,48 ton/ha. Total kandungan karbon pada tegakan tusam umur lima tahun yaitu sebanyak 11,93 ton/ha atau setara dengan 43,74 ton CO₂/ha.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Berat kering oven rata-rata bagian organ pohon tusam berturut-turut yaitu bagian batang 6,04 kg, bagian daun 3,36 kg, bagian cabang dan ranting 3,15 kg, dan bagian akar 1,78 kg.
2. Persamaan alometri antara berat kering bagian atas tanah tusam dengan diameter ialah $Y = 0,17689 X^{2,0501}$ ($R^2 = 0,9464$), antara berat

kering batang tusam dengan diameter ialah $Y = 0,11467 X^{1,9238}$ ($R^2 = 0,9635$), antara berat kering akar tusam dengan diameter ialah $Y = 0,020346 X^{2,1291}$ ($R^2 = 0,9163$), dan antara berat kering total tusam dengan diameter ialah $Y = 0,19687X^{2,0611}$ ($R^2 = 0,9472$).

3. Kandungan karbon tusam paling tinggi diperoleh pada bagian batang yaitu sebanyak 5,03 ton/ha, kemudian berturut-turut bagian daun sebanyak 2,8 ton/ha, bagian cabang dan ranting 2,62 ton/ha, dan bagian akar sebanyak 1,48 ton/ha. Total kandungan karbon pada tegakan tusam umur lima tahun yaitu sebanyak 11,93 ton/ha.

B. Saran

Untuk mengetahui kandungan karbon pada suatu tegakan, selain diukur jenis pohon yang dominan sebagai tanaman pokok juga perlu diukur kandungan karbon tumbuhan bawahnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, S., A.J.R. Gillespie and A.E. Lugo. 1989. Biomass Estimation Methods for Tropical Forest with Applications to Forest Inventory Data. *Forest Science* 35 : 881-902.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. A Primer, FAO. Forestry Paper No. 134. FAO, USA.
- International Panel on Climate Change. 2003. IPCC Guidelines for Nation Greenhouse Inventories : Reference Manual IPCC.
- JICA. 2002. Demonstration Study on Carbon Fixing Forest Management Project. Progress Report of The Project 2001-2002.
- Kusmana, C., S. Sabiham, K. Abe and H. Watanabe. 1992. An Estimation of Above Ground Tree Biomass of A Mangrove Forest in East Sumatera. *Tropics I* (4) : 143-257.
- Morikawa, Y. 2002. Biomass Measurement in Planted Forest in and Around Benakat. Fiscal Report of Assessment on The Potentiality of Reforestation and Afforestation Activities in Mitigating The Climate Change 2001, 58-63. JIFPRO, Tokyo, Japan.
- Nelson, B.W., R. Mesquita, J.L.G. Periera, S.G.A. de Souza, G.T. Batista and L. B. Couto. 1999. Allometric Regressions for Improved Estimate of Secondary Forest Biomass in The Central Amazon. *Forest Ecology and Management* 117 : 149-167.
- Satjapradja, O. 1983. Evaluasi Lahan Tegakan *Pinus merkusii*. Makalah Penunjang Simposium Hutan Pinus.
- Schmidt, F.H and J.H. Ferguson. 1951. Rainfall Types Based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia with Western New Guinea. *Verhand. No. 42*. Kementerian Perhubungan Djawatan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Sudiono, J., K. Soemarna dan A. Suharlan. 1993. Tabel Tegakan Sepuluh Jenis Kayu Industri. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan. Bogor.
- Whitmore, T.C. 1985. Tropical Raint Forest of The Far East. Oxford University Press, New York.