

Inventarisasi Biomassa Komponen Vegetasi Untuk Membangun Persamaan Allometrik (Studi Kasus pada Tanaman Agroforestry Dusun di Maluku)

(Biomass Inventory of Vegetation Components to Build Allometric Equations (Case Study of "Dusun" Agroforestry Plants in Maluku))

Syarif Ohorella^{1*}, Fitriyanti Kaliky¹

¹Fakultas Pertanian Universitas Darussalam Ambon

*Email korespondensi: agrohut@gmail.com

Abstract

To support emission reduction activities, through the Regional Action Plan for Reducing Greenhouse Gas Emissions (RAD-GRK) it is necessary to measure carbon stocks on various types of land, one of which is land managed by communities with "dusun" agroforestry patterns. This study aims to obtain allometric equations to estimate plant biomass with diameter parameters at breast height (dbh) in order to help local governments prepare academic agendas related to the REDD ++ Program in Maluku and the development of knowledge in the field of forest carbon. Data collection was done by destructive sampling method by purposive sampling and 3 samples of nutmeg diameter with dbh diameter were different but the same age ie 27 years representing nutmeg stands in "dusun" agroforestry land in Liang village, Salahutu District, Central Maluku Regency. Based on the results of the study obtained allometric equations to estimate stem biomass content in nutmeg (*Miristica pragens*) in hamlet agroforestry land, namely $B. \text{stem} = 0.456 \text{ dbh}^{4.542}$ (kg / tree) (R^2 0,918) and the content of root biomass (below ground) is $B. \text{akar} = 7.359 \text{ dbh}^{2.889}$ (kg / tree) (R^2 0.996). The number of Biomass Expansion Factor (BEF) is 1.94 and the number of Root to shoot ratio (R / S) is 0.08.

Keywords: Agroforestry, Carbon stocks, types of land

Abstrak

Untuk mendukung aktifitas pengurangan emisi maka melalui program Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK) perlu dilakukan pengukuran cadangan karbon pada berbagai tipe lahan, salah satu diantaranya yaitu lahan yang dikelola oleh masyarakat dengan pola agroforestri *dusun*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan persamaan allometrik untuk menduga biomassa tanaman dengan parameter diameter setinggi dada (dbh) dalam rangka membantu pemerintah daerah mempersiapkan agenda akademik terkait Program REDD++ di Maluku serta pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang karbon hutan. Pengumpulan data dilakukan dengan metode destruktif sampling dengan pemilihan pohon sampel secara *purposive* dan dipilih 3 sampel pohon pala dengan diameter setinggi dada (dbh) yang berbeda namun berumur sama yaitu 27 tahun yang mewakili tegakan pala pada lahan agroforestri *dusun* di desa Liang Kecamatan Salahutu Kabupaten Maluku Tengah. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh persamaan allometrik untuk mengestimasi kandungan biomassa batang pada tanaman pala (*Miristica pragens*) di lahan agroforestri *dusun* yaitu $B. \text{batang} = 0,456 \text{ dbh}^{4.542}$ (kg/pohon) (R^2 0,918) dan kandungan biomassa akar (*below ground*) adalah $B. \text{akar} = 7,359 \text{ dbh}^{2.889}$ (kg/pohon) (R^2 0,996). Angka *Biomass Expansion Factor* (BEF) adalah 1,94 dan angka *Root to shoot ratio* (R/S) adalah 0,08.

Kata kunci: Agroforestri Dusun, Biomassa, Persamaan Allometrik

I. Pendahuluan

Emisi GRK dari sektor pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan lainnya (*land use, land-use change and forestry*, LULUCF) berkontribusi secara signifikan yaitu sekitar 17% terhadap total emisi GRK secara global. REDD+ merupakan pendekatan kebijakan dan insentif positif pada isu-isu yang berkenaan dengan pengurangan emisi yang berasal dari penurunan kerusakan hutan dan tutupan hutan di negara berkembang, peran

konservasi, pengelolaan hutan secara lestari serta peningkatan cadangan karbon hutan di negara berkembang.

Maluku, salah satu Propinsi kepulauan di Indonesia sebagian besar (80%) dari luas daratannya berupa hutan yang antara lain pengelolaannya oleh masyarakat dengan pola agroforestri *dusun*. Agroforestri *dusun* merupakan suatu sistem pola tanam berbasis pohon dapat mempertahankan cadangan karbon (*C-stock*) karena adanya akumulasi C yang cukup tinggi dalam biomasa pepohonan. Selain dari pada itu sistem ini dapat mengurangi emisi gas bila dibandingkan dengan sistem pertanian monokultur.

Untuk mendukung aktifitas pengurangan emisi maka melalui program Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK) perlu dilakukan pengukuran cadangan karbon pada berbagai tipe lahan, salah satu diantaranya yaitu lahan yang dikelola oleh masyarakat dengan pola agroforestri *dusun*. Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang seberapa besar kandungan biomassa pada lahan agroforestri yang dikembangkan oleh masyarakat dengan cara membangun suatu persamaan allometrik biomassa pada organ pohon untuk menduga produksi biomassa pada komponen vegetasi atau tegakan hutan yang terdapat di lahan agroforestri *dusun*.

Penelitian ini didasarkan pada konsep kuantifikasi karbon yang dikembangkan oleh Brown (1989) yang menyatakan bahwa jika rata-rata 50 % kandungan biomassa tanaman adalah karbon, maka perlu dibangun persamaan allometrik biomassa tanaman untuk mengkuantifikasi besarnya kandungan karbon pada tipe lahan agroforestri *dusun* dalam rangka untuk mendukung program RAD-GRK di Maluku.

II. Metodologi Penelitian

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Tipe lahan agroforestri *dusun* di Negeri Liang Kecamatan Salahutu Kabupaten Maluku Tengah. Obyek yang dikaji pada penelitian ini adalah organ tanaman (batang, cabang/ranting Daun dan akar).

2.2. Variable Penelitian

- Diameter batang setinggi dada (diameter batang pada ketinggian 1,3 m dari permukaan tanah/*diameter breast high*)
- Tinggi pohon total
- Faktor bentuk (*form factor*)
- Volume pohon berdiri
- Volume sortimen
- Berat basah tiap-tiap organ pohon di atas permukaan tanah (batang, cabang/ranting dan daun),
- Berat basah organ pohon di dalam tanah (akar)
- Berat basah sampel organ tanaman (akar, batang, cabang/ranting dan daun)
- Berat kering sampel organ tanaman (akar, batang, cabang/ranting dan daun)
- Biomassa organ pohon di atas permukaan tanah (batang, cabang/ranting dan daun)
- Biomassa organ pohon di dalam tanah (akar)
- *Root to Shoot Ratio* (R/S)

2.3. Pengumpulan dan Analisis Data

2.3.1. Pemilihan dan Penebangan Pohon Sampel

Pemilihan pohon sampel dilakukan secara *purposive* pada setiap jenis pohon yang terdapat di lahan agroforestri *dusun*. Pohon sampel yang terpilih sebelum ditebang dilakukan pengukuran tinggi pohon, dbh dan diameter pangkalnya (*collar*). Selanjutnya ditebang, dikelompokkan organ-organ tanaman (batang, cabang/ranting, daun dan akar) untuk diukur kandungan biomasanya.

2.3.2. Pengukuran Biomassa di Atas Permukaan dan di Dalam Tanah

Kandungan biomassa sampel organ pohon di atas permukaan tanah (batang, cabang/ranting dan daun) dan di dalam tanah (akar) ditimbang dan diukur berat basah dan berat kering tanur. Berat basah diperoleh dengan menimbang sampel sebelum dimasukkan ke dalam oven. Sedangkan berat kering tanur diperoleh dengan cara pengovenan pada suhu $103 \pm 2^\circ \text{C}$ untuk sampel batang, cabang/ranting dan akar sedangkan untuk daun dilakukan pengovenan pada suhu $80 \pm 2^\circ \text{C}$ sampai tercapai berat kering konstan atau berat kering tanur. Tiap bagian organ batang, cabang, daun maupun akar dihitung kandungan biomasanya dengan menggunakan rumus berikut :

$$BO = \frac{BK}{BB} \times BBt$$

Keterangan :

BO = Biomassa organ; biomassa daun , biomassa cabang, biomassa batang dan biomassa akar.

BK = Berat kering konstan sampel (g).

BB = Berat basah sampel (g)

BBt = Berat basah per bagian pohon; berat basah daun, berat basah cabang, berat basah akar dan berat basah batang.

Biomassa total untuk setiap individu pohon diperoleh dengan menjumlahkan biomassa di atas permukaan tanah dan biomassa di dalam tanah, dengan rumus :

$$B_{tot} = B_{abg} + B_a$$

Keterangan:

B_{tot} = Biomassa total individu pohon

B_{abg} = Biomassa di atas permukaan tanah

B_a = Biomassa di dalam tanah

2.3.3. Persamaan Allometrik

Data yang telah diperoleh seperti diameter setinggi dada (DBH), tinggi pohon, volume pohon, biomassa organ pohon dan total biomassa pohon, selanjutnya dicari korelasi dan regresinya.

Dalam mencari korelasi dan regresinya dilakukan dengan metode dan analisis regresi yang dikembangkan menjadi persamaan regresi. Secara umum persamaan regresi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$$Y = aX^b$$

Keterangan :

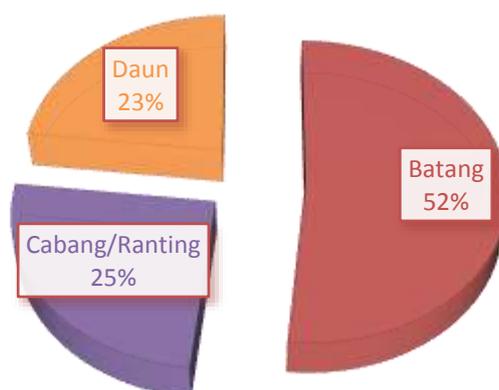
Y = Variabel bergantung (*dependent variable*), berupa total biomassa pohon

- X = Variabel bebas (*independent variable*), berupa diameter setinggi dada (DBH) atau DBH kuadrat dikalikan tinggi pohon (DBH^2H)
a,b = Konstanta

III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kandungan Biomassa Organ Pohon Pala di Atas Permukaan Tanah (*Above Ground*)

Kandungan biomassa organ pohon pala di atas permukaan tanah (*above ground*) pada lahan agroforestri *dusun* di Desa Liang merupakan penjumlahan dari kandungan biomassa batang, cabang/ranting, daun dan buah. Hanya saja dalam penelitian ini perhitungan biomassa buah pala tidak termasuk karena pada saat dilakukan penelitian, pohon pala tidak sedang dalam musim berbuah. Rata-rata kandungan biomassa pada berbagai organ pohon pala di atas permukaan tanah (batang, cabang/ranting dan daun) disajikan pada Tabel 1. Terlihat bahwa biomassa terbesar untuk organ pohon pala di atas permukaan tanah (*Above ground*) terdapat pada bagian batang dan selanjutnya secara berurutan terdapat pada bagian cabang/ranting dan bagian daun. Besarnya persentase masing-masing organ tanaman pala di atas permukaan tanah dapat dilihat pada Gambar 1.



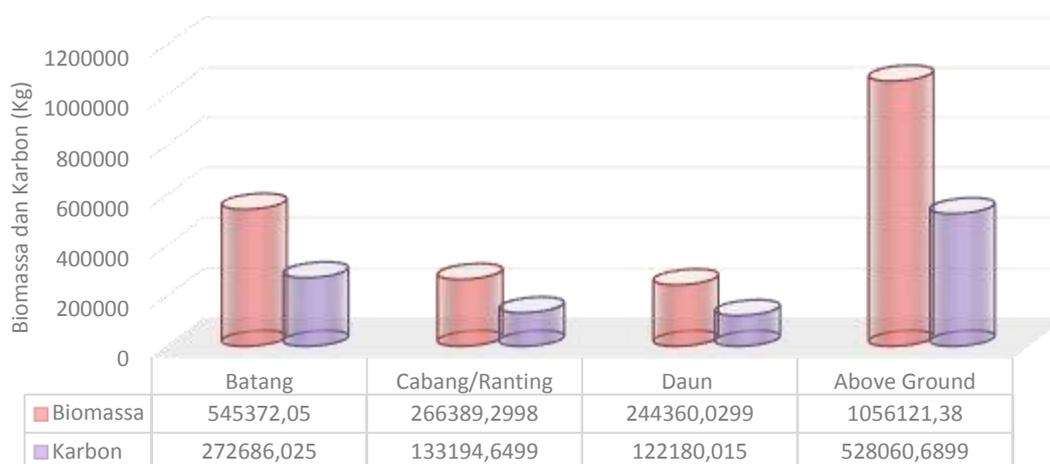
Gambar 1. Persentase kandungan biomassa pada organ tanaman pala *above ground*

Persentase kandungan biomassa terbesar adalah terdapat pada bagian batang yaitu 52% dari total biomassa *above ground* dan terkecil terdapat pada bagian daun. Hal ini sesuai dengan penelitian Brown (1997) bahwa biomassa pada bagian berkayu umumnya mempunyai kadar biomassa kurang lebih 60% dari total biomassa pohon bagian atas tanah. Batang memiliki total berat kering organik atau biomassa yang cukup besar dibandingkan bagian-bagian lainnya karena bagian batang adalah bagian berkayu dan merupakan tempat disimpannya cadangan makanan hasil fotosintesis yang digunakan untuk melakukan pertumbuhan baik ke arah vertikal (tinggi) maupun horisontal (diameter). Berbeda dengan daun yang memiliki total biomassa terkecil (23%), hal ini dimungkinkan karena daun merupakan tempat berlangsungnya proses fotosintesis yang hasilnya didistribusikan ke bagian pohon lainnya, selain itu senyawa organik yang terkandung pada daun lebih tinggi kandungan protein dari pada kandungan selulosa. Karena kandungan protein yang tinggi menyebabkan daun lebih cepat terdekomposisi dibandingkan organ batang yang memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi disamping juga mengandung lignin sehingga proses terdekomposisinya membutuhkan waktu yang lama.

Tabel 1. Kandungan Biomassa Organ Pohon Sampel Tanaman Pala di Atas Permukaan Tanah

Pohon Sampel	Jalur	Umur (Thn)	dbh	h	Biomassa (Kg)			
					Batang	Cab/ranting	Daun	Above Ground
1	1	27	15.28	14.9	112235.816	97701.2991	81451.0245	291388.14
2	2	27	17.51	15.2	177935.53	73231.8829	63022.4406	314189.854
3	3	27	18.21	14.0	255200.704	95456.1179	99886.5648	450543.387
Total					545372.05	266389.3	244360.03	1056121.38
Rerata					181790.683	88796.4333	81453.3433	352040.46
Persentase (%)					51.6391449	25.2233602	23.1374949	100

Nilai karbon masing-masing organ tanaman pala di atas permukaan tanah didapat dari penggunaan tetapan Brown yaitu 50% dari kandungan biomassa adalah karbon. Data kandungan karbon organ pohon pala di atas permukaan tanah disajikan dalam bentuk histogram pada Gambar 2.

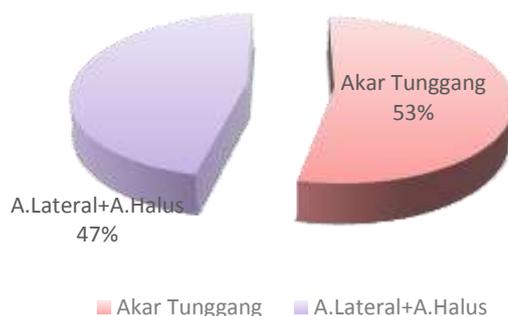


Gambar 2. Kandungan Biomassa dan Karbon organ pohon pala above ground

Salah satu faktor yang memengaruhi perbedaan proporsi biomassa batang antara pohon-pohon sampel tanaman pala (*Miristica pragens*) adalah dimensi pohon (diameter dan tinggi). Semakin tinggi ukuran diameter dan tinggi pohon maka proporsi biomassa batang juga akan besar, sehingga secara otomatis akan berpengaruh terhadap kandungan karbonnya.

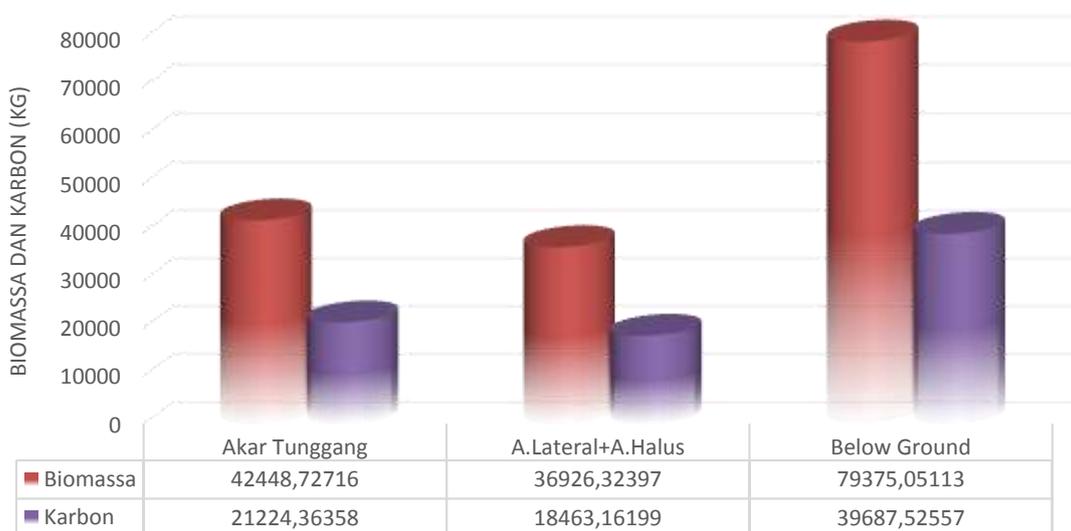
3.2. Kandungan Biomassa Organ Pohon Pala di Bawah Permukaan Tanah (*Below Ground*)

Kandungan biomassa dan alokasi karbon ke akar merupakan hal yang sangat penting karena proses pada akar berkaitan dengan produktivitas tumbuhan dan fisiologi tumbuhan. Tanpa system akar yang memadai untuk menyeimbangkan batang maka tanaman tidak akan berkembang dengan normal. Persentase kandungan biomassa pada masing-masing bagian akar disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Persentase kandungan biomassa pada organ pohon pala below ground

Penggunaan tetapan Brown untuk mengetahui nilai karbon yaitu 50% dari kandungan biomassa akar adalah nilai karbon, secara sederhana disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik histogram kandungan biomassa dan karbon organ pohon pala di bawah permukaan tanah (below ground)

Terlihat pada Gambar 3 dan 4, kandungan biomassa dan karbon terbesar terletak pada bagian akar tunggang dibandingkan dengan gabungan akar lateral dan akar halus. Hal ini disebabkan karena volume atau berat akar tunggang lebih besar dibandingkan bagian lain sehingga berpengaruh terhadap besarnya kandungan biomassa dan karbon pada masing-masing bagian akar pohon pala.

Pada penelitian ini, walaupun tidak diketahui berapa banyak biomassa akar yang tetap di dalam tanah atau hilang selama proses penggalian namun kemungkinan kesalahan diasumsikan kecil karena akar tunggang nilainya sudah sekitar 50% dari rata-rata berat kering sampel akar yang dikumpulkan.

3.3. Pengujian biogas dari Empulur Sagu

Untuk memudahkan perkiraan perhitungan biomassa digunakan persamaan allometrik. Allometri didefinisikan sebagai suatu studi dari suatu hubungan antara pertumbuhan dan ukuran salah satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran dari keseluruhan organisme (Sutaryo, 2009). Pendugaan kandungan biomassa menggunakan persamaan allometrik yang dilakukan dengan membuat hubungan regresi antara biomassa organ pohon dari 3 pohon sampel dengan ukuran diameter setinggi dada (dbh).

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 2 (data biomassa organ akar pada pohon pala), maka dihasilkan persamaan allometrik dengan kandungan biomassa sebagai variabel bergantung (*dependent variable*) dan dbh sebagai variabel bebas (*independent variable*). Pemilihan persamaan allometrik terbaik dilakukan dengan menguji beberapa persamaan dengan menggunakan program SPSS 16. Dalam Santoso (2001), menjelaskan bahwa seberapa baik tidaknya persamaan regresi dalam memprediksi dapat dilihat pada deviasi hasil prediksi dengan data sebenarnya. Nilai deviasi pada persamaan regresi dapat dilihat pada nilai kesalahan standar estimasi (SSE). Ukuran lain yang dapat digunakan adalah koefisien determinasi yang merupakan seberapa besar variasi dari variabel bergantung bisa dijelaskan oleh variasi dalam variabel bebas dan untuk menguji kontribusi variabel bebas terhadap variabel bergantung digunakan uji F atau disebut juga uji kelayakan model persamaan. Sedangkan uji t digunakan untuk menentukan apakah variabel-variabel dalam persamaan regresi secara individu signifikan dalam memprediksi nilai variabel bergantung (melihat signifikansi koefisien a dan koefisien pada variabel bebas/koefisien b). Pada Tabel 2 disajikan model persamaan allometrik terpilih untuk menduga biomassa masing-masing organ ataupun untuk menduga biomassa secara keseluruhan. Persamaan allometrik antara dbh dengan biomassa menunjukkan hubungan yang berbentuk pangkat (*power*).

Tabel 2. Persamaan allometrik untuk estimasi biomassa dengan parameter dbh

No	Variabel	Model	Persamaan	R	R ²	JKE	F _{sig}
1	dbh-biomassa batang	Power	0,456 dbh ^{4,542}	0,958	0,918	0,028	sig
2	dbh-biomassa cabang/ranting	Power	785985,6 dbh ^{-0,774}	0,420	0,176	0,042	sig
3	dbh-biomassa daun	Power	38608,4 dbh ^{0,258}	0,097	0,009	0,106	sig
4	dbh-biomassa akar	Power	7,359 dbh ^{2,889}	0,998	0,996	0,000	sig
5	dbh-biomassa above ground	Power	1167,078 dbh ^{2,013}	0,751	0,563	0,047	sig
6	dbh-biomassa total	Power	1054,164 dbh ^{2,075}	0,782	0,611	0,041	sig

3.4. Biomass Expansion Factor (BEF) dan Root to Shoot Ratio (R/S)

Brown (1997) mendefinisikan *Biomass Expansion Factor* (BEF) sebagai ratio antara berat kering pohon bagian atas (daun, batang, dan cabang) dengan berat kering batang. Nilai BEF ini digunakan untuk menghitung nilai biomassa total bagian atas dari data inventarisasi hasil hutan berupa data volume dengan cara mengkonversi biomassa batang ke biomassa total bagian atas (*above ground biomass*). Biomassa total bagian atas dapat dihitung dengan rumus : $VOB \times WD \times BEF$, dimana VOB = Volume kayu, WD = kerapatan kayu dan BEF = *Biomass Expansion Factor*. Rata-rata nilai BEF pohon sampel pala sebesar 1,94.

Nilai Root to shoot ratio dapat digunakan untuk menentukan biomassa bagian bawah pohon (akar) dengan biomassa atas pohon. Berdasarkan perpaduan data pada Tabel 5.1 dan data pada Lampiran 1, maka diperoleh nilai R/S pohon sampel pala yaitu 0,08.

Nilai BEF dan R/S ini dapat digunakan untuk menduga total C-Stock tegakan dengan rumus: $C = (V \times WD \times BEF) \times (1 + R/S) \times CF$, C adalah total C Stock (ton/ha), V adalah volume

tegakan (m^3/ha), WD adalah rata-rata kerapatan kayu (ton/ha), BEF adalah ratio biomassa atas dengan biomassa batang, R/S adalah ratio biomassa akar dengan biomassa atas dan CF adalah nilai kandungan karbon dalam biomassa (*IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme*, 2003)

IV. Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah :

1. Persamaan allometrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengestimasi kandungan biomassa batang pada tanaman pala (*Miristica pragrans*) di lahan agroforestri dusun yaitu $B.batang = 0,456 dbh^{4,542}$ (kg/pohon) ($R^2 0,918$) dan kandungan biomassa akar (below ground) adalah $B.akar = 7,359 dbh^{2,889}$ (kg/pohon) ($R^2 0,996$).
2. Nilai Biomass Expansion Factor (BEF) adalah 1,94 dan nilai Root to shoot ratio (R/S) adalah 0,08

Daftar Pustaka

- Brown, S.,A.J.R. Gillespie and A.E. Lugo. 1989. Biomass Estimation Method for Tropical Forest with Application to Forest Inventory Data. *Forest Science* 35(4): 881-902
- Brown, S.1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. (FAO Forestry Paper - 134). FAO, Rome.
- FAO. 1987. Manual Inventore Hutan (diterjemahkan oleh H. Simon). UI Press. Jakarta.
- Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre. ICRAF Southeast Asia Regional Office. Bogor
- Murdiyarto, D. 2003. Sepuluh Tahun Perjalanan Negosiasi Konvensi Perubahan Iklim. Penerbit Buku Kompas, Jakarta.
- Perum Perhutani. 1997. Pedoman Pembagian Batang Kayu Bundar Rimba. PHT 51-Seri Produksi 96. Jakarta.
- Santoso, S. 2001. SPSS Versi 10: Mengolah Data Statistik Secara Profesional. Penerbit PT. Elex Media Komputindo. Kelompok Gramedia, Jakarta.
- Sulaiman, W. 2004. Analisis Regresi Menggunakan SPSS. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Simon, H. 2007. Metode Inventore Hutan. Pustaka Pelajar, Yogyakarta
- Susanta, G dan Hari, S. 2007. Akankah Indonesia Tenggelam Akibat Pemanasan Global?. Penebar Swadaya, Jakarta
- Sutaryo, D. 2009. Penghitungan Biomassa. Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesia Programme, Bogor.