

**PERSAMAAN-PERSAMAAN ALLOMETRIK UNTUK
PENDUGAAN TOTAL BIOMASSA ATAS TANAH PADA
GENERA POMETIA DI KAWASAN HUTAN TROPIS PAPUA**
*(Allometreic Equations for Estimating Total Above Ground Biomass of
Pometia Genera in Papua Tropical Forest)*

Oleh/By :

Sandhi Imam Maulana¹ dan Jarot Pandu P. A.²

^{1,2} Balai Penelitian Kehutanan Manokwari

Jl. Inamberi, Susweni PO BOX 159, Manokwari 98313-Papua Barat

Telp. (0986) 213437, Fax (0986) 213441

E-mail: frost_stick@yahoo.com¹; pandumail@gmail.com²

ABSTRACT

Allometric equations can be used to estimate the biomass and carbon stock of forests. However, so far the allometric equations for commercial species in Papua tropical forests have not been developed in sufficient accuracy. This research aims to produce allometric equations that can be used to estimate total above ground biomass specifically to site and genera of Pometia in Papua tropical forest. In this research, allometric equations were built based on the relation between Diameter at Breast Height (DBH), Commercial Bole Height (CBH), and Wood Density (WD) against Total Above Ground Biomass (TAGB). Allometric equations were built on the basis at exponential growth basic equations. The final result showed that the most proper equation to estimate total above ground biomass for Pometia genera is Log TAGB (Kg/ tree) = -0.8406 + 2.572Log DBH (cm). Based on the application of the proposed equation and the previously published equations to the current data, it can be concluded that the application of site and genera specific equation should be considered.

Key Words: Allometric equation, Pometia, TAGB, Papua, biomass

ABSTRAK

Persamaan-persamaan allometrik dapat digunakan untuk menduga kandungan biomassa dan stok karbon yang ada di hutan. Namun, hingga saat ini persamaan-persamaan allometrik untuk kelompok jenis komersial di kawasan hutan tropis Papua belum dibangun dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan persamaan-persamaan allometrik untuk menduga total biomassa di atas tanah secara spesifik terhadap situs dan genera Pometia di kawasan hutan tropis Papua. Pada penelitian ini, persamaan-persamaan allometrik dibangun berdasarkan hubungan antara diameter setinggi dada (DBH), tinggi bebas cabang (CBH), dan berat jenis kayu (WD) terhadap total biomassa di atas tanah (TAGB). Persamaan-persamaan allometrik tersebut dibangun mengikuti pola pertumbuhan eksponensial. Hasil akhir menunjukkan bahwa persamaan yang paling sesuai untuk menduga total biomassa di atas tanah pada genera Pometia adalah Log TAGB (Kg/tree) = -0.8406 + 2.572 Log DBH (cm). Berdasarkan hasil penerapan persamaan tersebut dengan persamaan-persamaan yang telah dipublikasikan sebelumnya terhadap data aktual, dapat disimpulkan bahwa penerapan persamaan yang spesifik terhadap situs dan genera harus diutamakan.

Kata kunci: Persamaan allometrik, Pometia, TAGB, Papua, biomassa

I. PENDAHULUAN

Kelompok simpanan karbon utama pada ekosistem hutan tropis meliputi biomassa pohon hidup, tumbuhan bawah, nekromasa (batang pohon mati, ranting dan serasah) serta bahan organik tanah. Biomassa di atas tanah pada pohon hidup merupakan kelompok simpanan karbon terbesar dan mempunyai potensi paling rawan terhadap ancaman deforestasi dan degradasi hutan. Oleh karena itu, pendugaan biomassa atas tanah merupakan langkah penting dalam mengkuantifikasi stok karbon pada ekosistem hutan tropis (Post *et al.*, 1999; Brown dan Masera 2003; Pearson 2005; IPCC 2006; Hairiah dan Rahayu, 2007).

Pengukuran biomassa di atas tanah pada pohon hidup dapat dilaksanakan melalui dua metode, yaitu melalui metode *destructive* dan *non-destructive* (Samalca, 2007). Pengukuran biomassa pohon secara langsung di lapangan merupakan metode yang akurat namun hanya dapat dilaksanakan pada pohon-pohon berdiameter kecil. Selain itu, metode ini membutuhkan banyak biaya, tenaga dan waktu (Lu, 2006). Metode *destructive* hanya dipakai sebagai sarana validasi metode lainnya yang cenderung tidak merusak melalui pendekatan *non-destructive* (Clark *et al.*, 2001; De Gier 2003; Wang *et al.*, 2003). Metode *non-destructive* dengan menggunakan persamaan-persamaan allometrik berdasarkan hubungan antara diameter setinggi dada (DBH) atau variabel-variabel pohon lainnya yang mudah diukur terhadap total biomassa yang terkandung dengan tingkat ketelitian yang tinggi lebih praktis digunakan dalam kegiatan inventarisasi potensi stok karbon pada ekosistem hutan dan berbagai studi ekologi lainnya (Brown, 1997).

Penerapan persamaan-persamaan allometrik yang spesifik terhadap spesies dan lokasi sangat disarankan, karena pohon-pohon dengan spesies dan lokasi yang berbeda akan memiliki bentuk arsitektur pohon, berat jenis dan pola pertumbuhan yang berbeda pula (Ketterings *et al.*, 2001). Dalam rangka mencapai tingkat ketelitian yang tinggi, perlu dibangun persamaan-persamaan allometrik yang secara khusus mewakili suatu kelompok spesies dari lokasi tertentu (Samalca 2007; Basuki *et al.*, 2009). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan persamaan-persamaan allometrik spesifik genera dan lokasi untuk pendugaan biomassa atas tanah genera *Pometia* pada hutan tropis Papua.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada wilayah konsesi Ijin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu-Hutan Alam (IUPHHK-HA) PT. Batasa yang ada di Kabupaten Keerom Provinsi Papua pada bulan September 2010 dengan genera dominan *Pometia*. Lokasi penelitian terletak antara 1400 15' 0" - 1410 0'0" Lintang Selatan dan 20 37' 0" - 40 0' 0" Bujur Timur berada pada ketinggian maksimum 1000 mdpl dengan suhu udara harian 21.9C - 33.0C. Curah hujan tahunan berkisar antara 1.096mm/th - 4.151mm/th, jenis tanah berupa podsolik coklat kelabu dan podsolik merah kuning (BPS, 2009).

Pada lokasi tersebut 15 pohon dengan selang diameter 5-40 cm ditebang sebagai dasar pengukuran parameter pohon yang dijadikan sebagai *predictors* dalam penyusunan persamaan. Pemilihan pohon yang ditebang dilaksanakan berdasarkan data inventarisasi yang dimiliki pemegang IUPHHK-HA serta hasil *ground check*. Dalam rangka memperoleh sampel pohon-pohon yang representatif, distribusi diameter dan pengelompokan genera dilaksanakan pada saat pemilihan pohon.

Perangkat data yang dikumpulkan adalah berupa satu perangkat data genera *Pometia*, dimana perangkat data tersebut terdiri atas data parameter pohon yang diukur dengan selang diameter 5-40 cm. Perangkat data tersebut dihasilkan dari penarikan contoh destruktif pada pohon-pohon terpilih. Sebelum melaksanakan penebangan, DBH diukur terlebih dulu. Setelah penebangan, tinggi pohon diukur. Diameter pohon diukur tiap interval 2 m untuk batang dan cabang utama. Sebagai tambahan, tinggi dan diameter tunggak juga diukur. Pengukuran tersebut digunakan untuk menaksir volume dan berat kering. Volume tiap seksi dihitung berdasarkan rumus Smalian seperti yang disarankan oleh De Gier (2003), yaitu:

$$v = [(g_1 + g_2)/2] * l$$

Dimana: v = volume sortimen tiap seksi (m^3)
 g_1 = luas penampang lintang batang bagian pangkal (m^2)
 g_2 = luas penampang lintang batang bagian ujung (m^2)
 l = panjang sortimen yang diukur (m)

Timbangan meja dengan kapasitas 2000 g digunakan untuk menimbang specimen yang lebih kecil. Sampel yang diambil dikumpulkan dengan ulangan dua kali dan disimpan dalam kantong plastik bersegel untuk dibawa ke laboratorium dalam rangka pengukuran kadar air.

Berat kering didapatkan melalui pengeringan sampel pada temperatur 105°C hingga berat konstan diperoleh (Ketterings *et al.*, 2001; Stewart *et al.*, 1992). Untuk menentukan berat jenis kayu, beberapa sampel diambil dari bagian terbawah, tengah dan teratas dari batang. Sampel-sampel tersebut diambil dalam bentuk silinder, sehingga bagian luar dan dalam batang tercakup hingga kulit kayu (Nelson *et al.*, 1999). Berat jenis kayu dihitung berdasarkan metode *water replacement*. Berat jenis kayu merupakan berat kering oven dibagi volume saturasi.

Berat kering ranting, cabang dan batang dengan diameter ≥ 15 cm dihitung dengan mengalikan volume basah tiap seksi dengan berat jenis kayu. Untuk bagian-bagian pohon lainnya, berat kering dihitung dengan mengalikan berat basah terhadap rasio berat kering/berat basah dari sampel-sampel yang diambil. Berat kering total suatu pohon didapatkan dari penjumlahan berat kering batang, cabang, ranting dan dedaunan. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, persamaan-persamaan allometrik dibangun berdasarkan model dasar persamaan seperti yang telah disarankan Basuki *et al.* (2009), yaitu $\ln TAGB = c + \alpha \ln(DBH)$; $\ln TAGB = c + \alpha \ln(DBH) + \beta \ln(CBH)$; dan $\ln TAGB = c + \alpha \ln(DBH) + \beta \ln(WD)$, dimana TAGB = total biomassa di atas tanah (*Total Above-Ground Biomass*, Kg/pohon); DBH = diameter setinggi dada (*Diameter at Brest Height*, cm); CBH = tinggi bebas cabang (*Commercial Bole Height*, m); WD = berat jenis kayu (*Wood Density*, gr/cm³).

Sebelum persamaan allometrik disusun, hubungan antara variabel independen dan dependen diperiksa menggunakan *scatter plot*, apakah kedua variabel tersebut berhubungan secara eksponensial. Variabel bebas mencakup diameter setinggi dada (DBH), tinggi bebas cabang (CBH) dan berat jenis kayu (WD), sedangkan variabel tidak bebas adalah total biomassa atas tanah (TAGB). Perbandingan dan seleksi model dilaksanakan berdasarkan nilai *standard error of coefficient*, F hitung, R-sq, R-sq (adj) dengan *software Minitab 14.0*, sedangkan simpangan rata-ratanya yang dinyatakan dalam satuan persen (%) dan dihitung berdasarkan rumus seperti yang disarankan oleh Basuki *et al.* (2009), yaitu:

$$\bar{S}(\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\hat{Y}_i - Y_i|}{Y_i}$$

Dimana: $\bar{S}(\%)$ = simpangan rata-rata (%)
 $\hat{Y}_i$ = bobot kering (biomassa) prediksi (kg)
 Y_i = bobot kering (biomassa) aktual (kg)
 n = jumlah sampel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Persamaan-Persamaan Allometrik

Penentuan variabel-variabel bebas yang dapat digunakan sebagai *predictors* pada persamaan penduga dilaksanakan berdasarkan pola hubungan masing-masing variabel bebas (*Diameter at Breast Height*/DBH, *Commercial Bole Height*/CBH, *Wood Density*/WD) terhadap variabel tidak bebasnya (*Total Above Ground Biomass*/TAGB). Pola hubungan tersebut seperti yang terlihat pada *scatterplot* pada Gambar 1 yang dibangun berdasarkan data pengukuran aktual yang tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter dasar penyusunan persamaan allometrik genera *Pometia*
Table 1. Basic parameter for developing allometric equation for Pometia genera

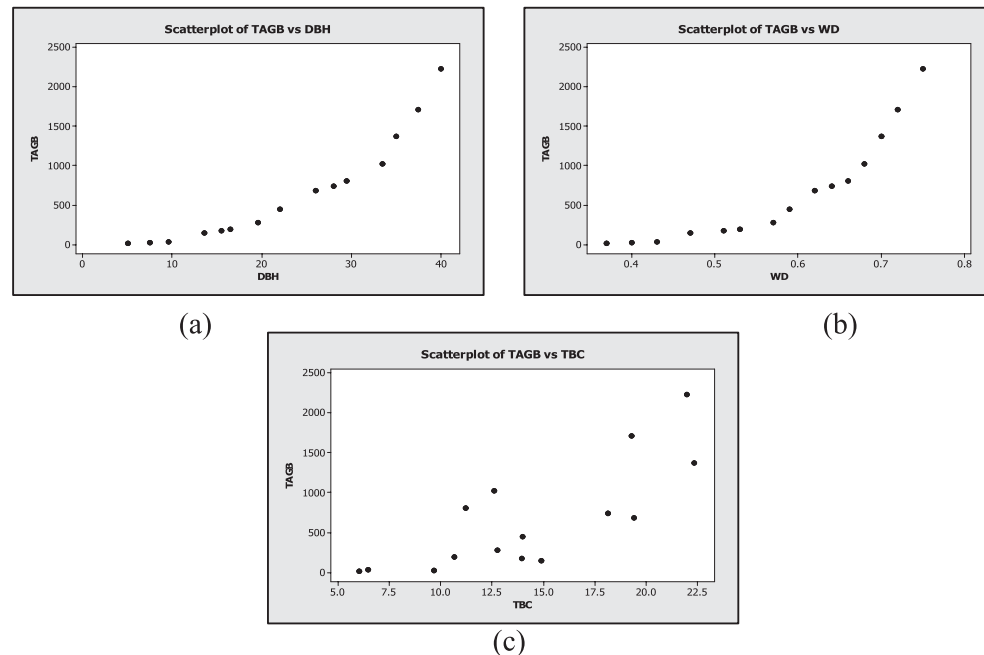
No.	DBH (cm)	CBH (m)	Wood Density (gr/cm ³)	TAGB (kg/pohon)
1	5	6.01	0.37	12.74
2	7.5	9.65	0.40	20.93
3	9.6	6.47	0.43	32.85
4	13.6	14.91	0.47	142.18
5	15.5	13.95	0.51	172.61
6	16.5	10.65	0.53	193.36
7	19.6	12.74	0.57	276.98
8	22	14	0.59	446.36
9	26	19.4	0.62	685.17
10	28	18.15	0.64	741.15
11	29.5	11.2	0.66	803.60
12	33.5	12.6	0.68	1023.25
13	35	22.35	0.70	1368.18
14	37.5	19.3	0.72	1713.16
15	40	22	0.75	2228.07

sumber (*source*): Pengolahan data primer (*Primary data processed*)

Pada Gambar 1, terlihat bahwa variabel independen tinggi bebas cabang (CBH) membentuk pola acak terhadap variabel dependen total biomassa atas tanah, sehingga variabel CBH tidak dapat digunakan sebagai *predictor* dalam model persamaan. Berdasarkan *scatterplot* tersebut juga terlihat bahwa variabel independen diameter setinggi dada (DBH) dan berat jenis kayu (WD) membentuk hubungan *exponential growth* terhadap variabel dependen

total biomassa atas tanah (TAGB). Pola hubungan *exponential growth* tersebut menunjukkan bahwa sampel pohon dengan selang diameter 5-40 cm masih berada pada masa pertumbuhan, karena apabila sampel telah mencapai puncak pertumbuhan, maka hubungan yang terbentuk berupa pola sigmoid.

Berdasarkan pola hubungan pertumbuhan eksponensial yang terlihat pada Gambar 1, terdapat dua pendekatan penyusunan model persamaan dalam rangka mencapai ketelitian yang tinggi, yaitu membangun model persamaan mengikuti pola logaritmik dan pola kuadratik berdasarkan model persamaan dasar yang disarankan oleh Basuki *et al.*, (2009).



Gambar 1. Hubungan antara variabel independen terhadap variabel dependennya persamaan allometrik genera *Pometia*; (a) TAGB vs DBH; (b) TAGB vs WD; (C) TAGB vs CBH

Figure 1. The relation between independent variable against their dependent variable of allometric equations of *Pometia* genera

Hubungan antar variabel yang membentuk pola pertumbuhan eksponensial dapat digambarkan melalui model persamaan kuadratik, namun untuk meningkatkan akurasi hasil pendugaan maka model persamaan tersebut dapat diregresikan dengan mengikuti pola logaritmik (Grant *et al.*, 1997; Stewart 1998). Hasil penyusunan persamaan berdasarkan kedua pola hubungan tersebut tersaji pada Tabel 2.

Untuk memperjelas hubungan antar variabel dalam masing masing persamaan yang telah dibangun, maka dibangunlah *fitted line plot* seperti yang tersaji pada Gambar 2. Berdasarkan hasil yang termuat dalam Tabel 2, maka model persamaan yang dipilih berdasarkan ukuran kedekatan variabel independen terhadap variabel dependennya adalah persamaan pertama, yakni $\text{Log TAGB} = -0,8406 + 2,572 \text{ Log DBH}$. Nilai F hitung persamaan

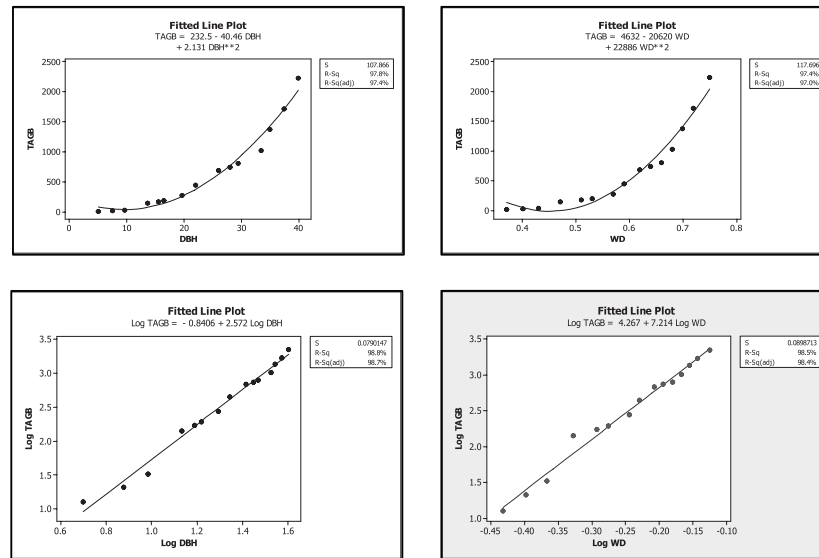
pertama sebesar 1.090,05; melebihi nilai F tabel pada selang kepercayaan 99% sebesar 3,51; yang berarti sisi penduga/*predictor* berpengaruh sangat nyata terhadap sisi *response* atau hasil dugaan. Selain itu nilai R-sq (adj) persamaan pertama tersebut menunjukkan bahwa hasil pendugaan berdasarkan variabel DBH mampu mendekati nilai nyata 98,70%.

Tabel 2. Persamaan penduga biomassa atas tanah genera *Pometia*

Table 2. Total above ground biomass equations of *Pometia* genera

Persamaan Allometrik	Koefisien	Nilai	Standard Error of The Coefficient	S	R ²	R ² adjusted	F hitung	Simpangan Rata-rata (%)
Log TAGB = $c + \alpha$ Log DBH Persamaan (Equation) 1	c	-0.8406	0.102	0.079	98.80%	98.70%	1090.05	1.56
	α	2.572	0.078					
Log TAGB = $c + \alpha$ Log WD Persamaan (Equation) 2	c	4.267	0.066	0.089	98.50%	98.40%	839.64	1.92
	α	7.214	0.249					
TAGB = $c + \alpha$ DBH + β DBH ² Persamaan (Equation) 3	c	232.5	123.5					
	α	-40.46	12.44	107.846	97.80%	97.40%	267.56	40.72
	β	2.131	0.269					
TAGB = $c + \alpha$ WD + β WD ² Persamaan (Equation) 4	c	4632	771.7					
	α	-20620	2840	117.696	97.40%	97.00%	223.77	43.92
	β	22886	2526					

Sumber (Source): Pengolahan data primer (Primary data processed)



Gambar 2. Fitted line plot persamaan penduga allometric genera *Pometia*

Figure 2. Allometric equation's fitted line plots of *Pometia* genera

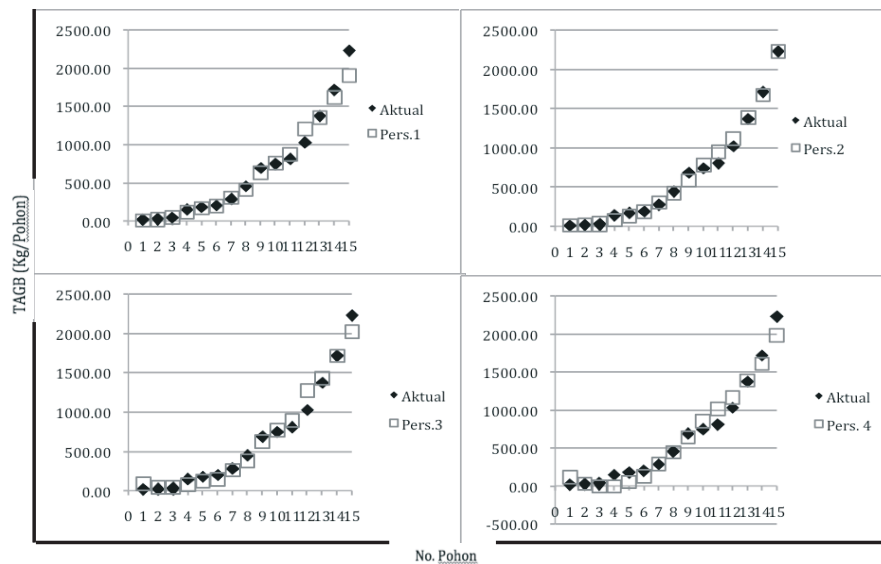
Nilai tersebut lebih besar daripada tiga persamaan lainnya yang berkisar antara 97,00%-98,40%. Nilai simpangan rata-rata yang hanya sebesar 1.56%, menunjukkan bahwa nilai biomassa hasil pendugaan persamaan pertama hanya menyimpang rata-rata sebesar 1,56% dari nilai aktual hasil pengukuran untuk seluruh pohon pada selang 5-40 cm.

Tabel 3. Perbandingan tiap hasil pendugaan TAGB terhadap nilai aktualnya

Table 3. Comparison of each TAGB estimation result against its actual value

No.	DBH (cm)	WD (gr/cm ³)	Total Above Ground Biomass (Kg/tree)				
			Aktual (actual)	Pers.1 (Equation 1)	Pers.2 (Equation 2)	Pers.3 (Equation 3)	Pers. 4 (Equation 4)
1	5	0.37	12.74	9.06	15.36	83.48	121.09
2	7.5	0.40	20.93	25.71	26.92	48.92	36.16
3	9.6	0.43	32.85	48.51	40.79	40.48	-1.33
4	13.6	0.47	142.18	118.81	81.74	76.39	-2.36
5	15.5	0.51	172.61	166.32	134.07	117.34	55.72
6	16.5	0.53	193.36	195.33	189.86	145.07	132.39
7	19.6	0.57	276.98	304.15	305.73	258.13	294.20
8	22	0.59	446.36	409.37	420.93	373.78	445.29
9	26	0.62	685.17	629.09	587.09	621.10	644.04
10	28	0.64	741.15	761.19	781.08	770.32	852.39
11	29.5	0.66	803.60	870.53	951.91	893.43	1019.26
12	33.5	0.68	1023.25	1207.30	1115.22	1268.60	1167.17
13	35	0.70	1368.18	1351.27	1383.28	1426.88	1390.24
14	37.5	0.72	1713.16	1613.65	1673.07	1711.97	1609.55
15	40	0.75	2228.07	1905.01	2229.07	2023.70	1983.28

Sumber (source): Pengolahan data primer (Primary data processed)



Gambar 3. Grafik perbandingan hasil pendugaan terhadap nilai actual biomassa genera Pomelia

Figure 3. Comparison graph of estimation values against its actual values of Pomelia genera

Kemudahan dalam pengukuran variabel independen DBH juga menjadi dasar pertimbangan penentuan persamaan pertama sebagai persamaan yang terpilih. Pertimbangan pemilihan persamaan tersebut sejalan dengan hasil penelitian Nelson *et al.*, (1999) yang menyatakan bahwa pembangunan persamaan allometrik spesifik spesies berdasarkan variabel independen DBH akan meminimalisir simpangan rata-rata dengan nilai maksimum 14,7% untuk pohon-pohon pada selang diameter 5,1-38,5 cm.

Adapun hasil perbandingan nilai pendugaan total biomassa atas tanah pada pohon genera *Pometia* terhadap nilai aktualnya dapat dilihat dalam Tabel 3. Data pada Tabel 3 kemudian divisualkan dalam suatu grafik perbandingan untuk memperjelas hasil perbandingan, seperti yang tersaji pada Gambar 3.

B. Perbandingan Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Dari segi aplikasi model, persamaan allometrik bersifat spesifik terhadap spesies dan lokasi. Sehingga persamaan-persamaan allometrik tidak dapat dibandingkan untuk spesies dan lokasi yang berlainan. Akan tetapi dari segi susunan variabel dan bentuk persamaan, berbagai persamaan allometrik dapat dibandingkan sebagai tolak ukur efisiensi pengukuran. Adapun dalam penelitian ini, hasil pemilihan model diujikan terhadap tiga model persamaan allometrik untuk hutan tropis multi spesies di Indonesia yang telah dipublikasikan sebelumnya, yaitu oleh Basuki *et al.* (2009), Brown (1997), dan Ketterings *et al.* (2001).

Basuki *et al.* (2009) telah membangun persamaan allometrik untuk multi-spesies kayu komersial berdasarkan data yang dikumpulkan dari hutan tropis dipterocarp di daerah Kalimantan Timur. Brown (1997) telah membangun berbagai persamaan allometrik untuk hutan tropis berdasarkan data yang sebagian besar dikumpulkan dari Kalimantan. Ketterings *et al.* (2001) telah membangun persamaan allometrik pada hutan sekunder campuran di Sumatra. Perbandingan susunan variabel dan bentuk berbagai model persamaan allometrik tersebut tersaji pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Perbandingan persamaan hasil penelitian dengan berbagai persamaan allometrik yang telah dipublikasikan atas biomassa *Pometia* genera

Table 4. Comparison between research result and published equations of biomass genera *Pometia*

No.	Persamaan (Equation)	Diameter Interval	R ² adjusted
1	Log (TAGB) = - 0.8406 + 2.572 Log (DBH) {hasil penelitian ini}	5-40 cm	98.80%
2	Ln (TAGB) = -1.498 + 2.234 Ln (DBH) {Basuki <i>et al.</i> (2009)}	6-200 cm	98.10%
3	TAGB = 0.139 DBH ^{2.32} {Brown (1997)}	5-40 cm	89.00%
4	TAGB = 0.066 DBH ^{2.59} {Ketterings <i>et al.</i> (2001)}	8-48 cm	95.40%

Keterangan (Remarks): TAGB = Total Above Ground Biomass (Kg/Pohon); DBH=Diameter at Breast Height (cm).

Berdasarkan perbandingan pada Tabel 4 di atas terlihat bahwa persamaan terpilih pada penelitian ini memiliki bentuk persamaan dasar yang sama dengan tiga persamaan allometrik yang telah dipublikasikan sebelumnya, yaitu TAGB = a DBH^b, yang dapat juga dinyatakan dalam bentuk logaritma (apabila kurva hubungan antara TAGB dan DBH membentuk pola pertumbuhan eksponensial) Log (TAGB) = Log (a) + b Log (DBH), atau dalam bentuk logaritma natural (apabila kurva hubungan antara TAGB dan DBH membentuk pola sigmoid) Ln (TAGB) = Ln (a) + b Ln (DBH).

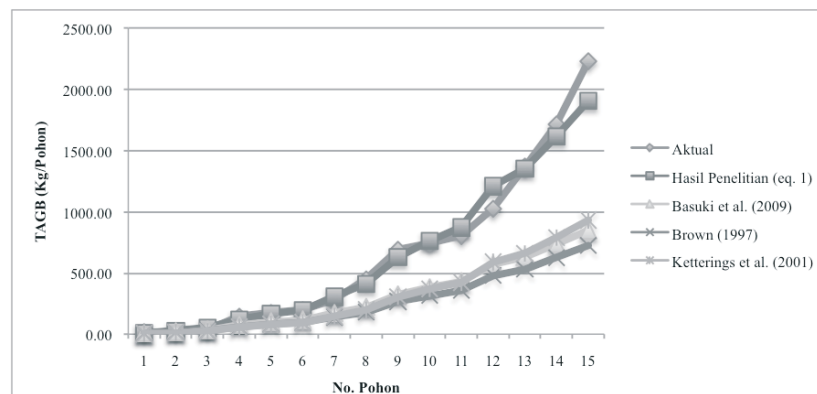
Menurut Ketterings *et al.* (2001), pemilihan variabel DBH akan meningkatkan efisiensi pengukuran dan mengurangi ketidakpastian pada hasil pengukuran berdasarkan persamaan yang telah dibentuk. Sedangkan pemilihan variabel tinggi pohon cenderung akan menurunkan efisiensi pengukuran karena variabel tinggi pohon lebih sulit diukur dari pada DBH. Perbandingan hasil pendugaan total biomassa pohon di atas permukaan tanah (TAGB) masing-masing persamaan allometrik terhadap hasil pengukuran aktual di lapangan tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan hasil pendugaan nilai TAGB berdasarkan persamaan allometrik yang telah dipublikasikan atas biomassa pohon genera *Pometia*

Table 5. The comparison of TAGB estimation values based on published equations of area biomass of *Pometia* Genera

No. Pohon	DB H (cm)	Aktual (actual) TAGB	TAGB (Kg/Pohon)			
			Persamaan (Equation) 1	Basuki <i>et al.</i> (2009)	Brown (1997)	Ketterings <i>et al.</i> (2001)
1	5	12.74	9.06	8.15	5.82	4.26
2	7.5	20.93	25.71	20.15	14.90	12.19
3	9.6	32.85	48.51	34.98	26.42	23.10
4	13.6	142.18	118.81	76.16	59.27	56.94
5	15.5	172.61	166.32	102.01	80.28	79.89
6	16.5	193.36	195.33	117.30	92.81	93.93
7	19.6	276.98	304.15	172.32	138.37	146.72
8	22	446.36	409.37	223.05	180.90	197.89
9	26	685.17	629.09	323.95	266.53	305.02
10	28	741.15	761.19	382.28	316.53	369.56
11	29.5	803.60	870.53	429.55	357.27	423.04
12	33.5	1023.25	1207.30	570.66	479.86	588.04
13	35	1368.18	1351.27	629.32	531.19	658.69
14	37.5	1713.16	1613.65	734.20	623.40	787.56
15	40	2228.07	1905.01	848.06	724.09	930.85

Sumber (source): Pengolahan data primer (*Primary data processed*)



Gambar 4. Grafik perbandingan nilai pendugaan TAGB berdasarkan persamaan allometrik yang telah dipublikasikan atas biomassa pohon genera *Pometia*

Figure 4. The comparison graph of TAGB estimation values based on published equations of area biomass of *Pometia* genera

Untuk memperjelas hasil perbandingan nilai TAGB berdasarkan berbagai persamaan allometrik tersebut, data pada Tabel 5 divisualisasikan dalam sebuah grafik seperti yang tersaji pada Gambar 4. Berdasarkan pada gambar, jelas terlihat bahwa hasil pendugaan berdasarkan persamaan allometrik yang disusun oleh Basuki *et al.* (2009), Brown (1997) dan Ketterings *et al.* (2001) cenderung *underestimate* terhadap hasil pengukuran aktual di lapangan. Kondisi tersebut dapat terjadi karena sifat spesifik dari persamaan allometrik yang terbatas penggunaannya pada spesies dan lokasi tertentu. Persamaan allometrik yang paling sesuai untuk menduga TAGB pada kawasan hutan tropis Papua, adalah persamaan yang disusun berdasarkan data yang dikumpulkan dari dalam kawasan hutan tropis Papua.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, telah tersusun empat persamaan penduga biomassa atas tanah yakni $\text{Log}(\text{TAGB}) = -0.8406 + 2.572 \cdot \text{Log}(\text{DBH})$; $\text{Log}(\text{TAGB}) = 4.267 + 7.214 \cdot \text{Log}(\text{WD})$; $\text{TAGB} = 4632 - 20620 \cdot \text{WD} + 22886 \cdot \text{WD}^2$; $\text{TAGB} = 232.5 - 40.46 \cdot \text{DBH} + 2.131 \cdot \text{DBH}^2$. Persamaan yang paling sesuai untuk genera *Pometia* adalah persamaan pertama, dengan F hitung sebesar 1.090,05 dan R-sq (adj) mencapai 98.80% dan simpangan rata-rata sebesar 1,56%. Persamaan tersebut hanya menggunakan DBH sebagai variabel penduga yang dapat diandalkan karena mudah untuk diukur dan pada umumnya tersedia pada data hasil inventarisasi hutan. Pelibatan variabel tidak bebas WD dan CBH tidak dapat meningkatkan performa persamaan yang telah disusun.

B. Saran

Berdasarkan hasil penerapan persamaan hasil penelitian dengan persamaan-persamaan yang telah dipublikasikan sebelumnya terhadap data aktual, dapat disarankan bahwa penerapan persamaan yang spesifik terhadap situs dan genera harus diutamakan pada kegiatan pendugaan densitas karbon pada tegakan hutan alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, T.M., Van Laake, P.E., Skidmore, A.K., Hussin, Y.A. 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management* 257, 1684-1694
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2009. Papua Dalam Angka Tahun 2009.
- Brown, S. and Masera O. 2003. Supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto Protocol, section 4.3 LULUCF projects Good Practice Guidance For Land Use, Land-Use Change and Forestry, Intergovernmental Panel on Climate Change National Greenhouse Gas Inventories Programme ed J Penman, M Gytarsky, T Hiraishi, T Krug, D Kruger, R Pipatti, L Buendia, K Miwa, T Ngara, K Tanabe and F Wagner (Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies (IGES)) pp 4.89-4.120
- Brown, S., 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO. Forestry Paper 134, Rome, 87 pp.

- Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., Thomlinson, J.R., Ni, J., Holland, E.A., 2001. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Application* 11 (2), 371-384.
- De Gier, A., 2003. In: Roy, P. (Ed.), *A new approach to woody biomass assessment in Woodlands and Shrublands. Geoinformatics for Tropical Ecosystems*, India pp. 161-198.
- Grant, William E., Pedersen, Ellen K., Marin, Sandra L., 1997. *Ecology and Natural Resource Management (System Analysis and Simulation)*. John Willey and Sons, Inc., New York.
- Hairiah, K., dan Rahayu, S., 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. ICRAF. Bogor
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme ed H S Eggleston, L Buendia, K Miwa, T Ngara and K Tanabe (Japan: Institute For Global Environmental Strategies).
- Ketterings, Q.M., Coe, R., van Noordwijk, M., Ambagau, Y., Palm, C.A., 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting aboveground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146, 199-209.
- Lu, D.S., 2006. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. *International Journal of Remote Sensing*, 27(7): 1297-1328.
- Nelson, B.W., Mesquita, R., Pereira, J.L.G., de Souza, S.G.A., Batista, G.T., Couta, L.B., 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the Central Amazon. *Forest Ecology and Management* 117, 149-167.
- Pearson T, Walker S and Brown S. 2005. Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects *Winrock International and the BioCarbon Fund of the World Bank* p 57.
- Post W M, Izaurralde R C, Mann L K and Bliss N., 1999. Monitoring and verification of soil organic carbon sequestration Proc. Symp. Carbon Sequestration in Soils Science, Monitoring and Beyond (December) ed N J Rosenberg, R C Izaurralde and E L Malone (Columbus, OH: Batelle Press) p 41.
- Samalca, Irvin K., 2007. Estimation of forest biomass and its error, A case in Kalimantan-Indonesia [Thesis]. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands.
- Stewart, J. 1998. *Kalkulus*. Edisi Keempat. Susila I. N., H. Gunawan, penerjemah; Mahanani N., W. Hardani, editor. Penerbit Erlangga. Jakarta. Terjemahan dari: Calculus, Fourth Edition.
- Stewart, J.L., Dunsdon, A.J., Hellin, J.J., Hughes, C.E., 1992. Wood biomass estimation of Central American dry zone species. *Tropical Forestry Papers* 26. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford.
- Wang, H., Hall, C.A.S., Scatena, F.N., Fetcher, N., Wu, W., 2003. Modeling the Spatial and temporal variability in climate and primary productivity across the Luquillo mountains, Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 179, 69-94.