



Penentuan Model Persamaan Regresi Alometrik Terbaik Untuk Menduga Biomassa Pohon Cempaka (*Elmerrillia ovalis*) Di Kecamatan Tareran Kabupaten Minahasa Selatan

Wandy Tato' Appi¹, Mans L. Mananohas¹, Yohanes A. R. Langi^{1*}

¹Jurusan Matematika–Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam–Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

*Corresponding author : yarlangi@gmail.com

ABSTRAK

Hubungan alometrik merupakan hubungan antara suatu variabel terikat yang diduga oleh satu atau lebih variabel bebas, yang dalam hal ini diwakili oleh karakteristik yang berbeda dalam pohon. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan persamaan regresi alometrik terbaik penduga biomassa batang dan biomassa total pohon cempaka serta menentukan besarnya potensi biomassa batang dan total pohon cempaka pada luas 1 ha. Sebanyak 20 pohon contoh dengan diameter 15-30 cm yang digunakan untuk menyusun persamaan regresi alometrik biomassa batang dan total pohon cempaka. Persamaan regresi alometrik terbaik penduga biomassa batang dan total pohon cempaka hanya terdiri dari satu variabel bebas yaitu variabel diameter setinggi dada (Dbh). Adapun persamaan alometriknya yaitu untuk biomassa batang : $\text{Log } B_{\text{bat}} = 1.5371 + 0.721 \text{ LogDbh}$ dan biomassa total : $\text{Log } B_{\text{tot}} = -7.08 + 2.391 \text{ LnDbh} + 56.17(1/\text{Dbh})$. Besarnya potensi biomassa batang dan total pohon cempaka pada luas 1 ha dengan Dbh 18-32 cm sebesar ± 218224.472 kg dan ± 486757.831 kg.

INFO ARTIKEL

Diterima : 8 Maret 2019

Diterima setelah revisi : 23 Maret 2019

Tersedia online : 31 Maret 2019

Kata Kunci:

Hutan Rakyat
Model Alometrik
Biomassa
Elmerrillia ovalis

1. PENDAHULUAN

Hutan sebagai suatu ekosistem merupakan kekayaan alam yang sangat potensial untuk digali bagi kepentingan manusia. Prinsip kelestarian hutan menjadi sesuatu yang sangat penting dalam pengusahannya yang cenderung berskala besar. Dalam pemanfaatan hutan, aspek-aspek yang harus dipertimbangkan di antaranya : aspek lingkungan, sosial dan ekonomi. Hal yang perlu dikaji dalam pertimbangan aspek lingkungan yaitu potensi hutan melalui pendekatan besarnya biomassa pohon sebagai salah satu komponen penting dalam pengusahaan hutan.

Biomassa adalah berat bahan organik per satuan unit area pada waktu tertentu yang dinyatakan dengan istilah berat kering (*dry weight*) atau biomassa dapat pula diartikan sebagai berat bahan organik suatu organisme tertentu per satuan unit luas [1].

Biomassa pohon merupakan ukuran yang paling sering digunakan dalam mempelajari dan menggambarkan pertumbuhan tanaman. Hal tersebut didasarkan pada kenyataan bahwa pendugaan biomassa relatif lebih mudah diukur dan merupakan akumulasi dari total proses metabolisme yang dialami oleh tanaman.

Hampir 50% dari biomassa hutan tersusun atas karbon [2]. Biomassa tumbuhan bertambah karena tumbuhan menyerap CO₂ dari atmosfer dan mengubah

senyawa tersebut menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis [3].

Pendugaan biomassa dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan tanpa pemanenan (*non destructive*) ataupun dengan pemanenan (*destructive*). Menurut [4] metode paling akurat dalam pendugaan biomassa ialah melalui pendekatan pemanenan (*destructive*) yaitu dengan menebang pohon-pohon dan menimbang bagian-bagian pohon tersebut secara keseluruhan.

Dalam penelitian [5] tentang Model Penduga Biomassa dan Karbon pada Tegakan Hutan Rakyat Cempaka (*Elmerrillia ovalis*) dan Wasian (*Emerrillia celebica*) di Kabupaten Minahasa Sulawesi Utara dengan model persamaan alometrik terpilih untuk menduga biomassa total pohon jenis cempaka adalah $Y = 0.064D^{2.71}$ dan jenis wasian adalah $Y = 0.1991D^{2.40}$.

Berhubung karena kurangnya penelitian mengenai biomassa hutan pada Hutan Rakyat Minahasa maka diperlukan penelitian-penelitian untuk mendorong kemajuan informasi mengenai kandungan biomassa hutan rakyat. Informasi kandungan biomassa ini juga akan digunakan untuk membangun model penduga biomassa pada bagian pohon yaitu: batang dan total pohon. Melalui penelitian ini, akan ditentukan model persamaan regresi alometrik terbaik untuk menduga biomassa pohon cempaka (*Elmerrillia ovalis*) di Kecamatan Tareran Kabupaten Minahasa Selatan.

1.1. Hutan Rakyat

Hutan rakyat dalam pengertian menurut [6] adalah hutan yang tumbuh di atas tanah yang dibebani hak milik maupun hak lainnya dengan ketentuan luas minimum 0,25 ha dan penutupan tajuk tanaman kayu-kayuan lebih dari 50%.

Praktek hutan rakyat di Indonesia telah lama diusahakan dengan beragam bentuk. Berdasarkan jenis tanaman dan pola penanamannya hutan rakyat dapat digolongkan ke dalam bentuk hutan rakyat murni, hutan rakyat campuran dan hutan rakyat dengan pola wanatani (*agroforestry*) [5].

Beberapa definisi tentang agroforestry, yaitu suatu sistem penggunaan lahan dimana (a) tanaman tahunan dan tanaman perdu tumbuh bersama-sama dalam campuran dengan pembagian tapak dan atau secara berurutan dengan atau tanpa hewan, (b) menghasilkan lebih besar keuntungan pada penggunaan lahannya daripada mengusahakan tanaman pertanian atau hutan saja [7].

Empat komponen utama sebagai ciri khas agroforestry, yaitu: (1) menghasilkan beragam keluaran yang dikombinasikan dengan perlindungan sumberdaya, (2) menggunakan jenis lokal, tumbuhan bawah dan pohon serba guna yang bertujuan agar agroforestry sesuai dengan lingkungannya, (3) lebih mengedepankan nilai- nilai sosial budaya, (4) praktek yang dilakukan lebih rumit daripada jenis monokultur [8].

1.2. Persamaan Regresi

Persamaan Regresi (*regression equation*) adalah suatu persamaan matematis yang mendefinisikan hubungan antara dua variabel.

Ada dua jenis Persamaan Regresi Linear, yaitu sebagai berikut :

1. Analisis Regresi Linear Sederhana
2. Analisis Regresi Linear Berganda

Analisis Regresi Linear Sederhana

Regresi linear sederhana merupakan suatu proses untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas tunggal dengan variabel bebas tunggal atau dengan kata lain, regresi linear yang hanya melibatkan satu peubah bebas X yang dihubungkan dengan satu peubah tak bebas Y. Bentuk umum model regresi linier sederhana yaitu:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

dimana :

- Y_i = nilai peubah respons dalam amatan ke-i
- β_0 dan β_1 = parameter/koeffisien regresi
- X_i = konstanta yang diketahui
- ε_i = galat yang bersifat acak

Analisis Regresi Linear Berganda

Regresi linear berganda adalah analisis regresi yang menjelaskan hubungan antara variabel terikat dengan faktor-faktor yang mempengaruhi lebih dari satu variabel bebas. [9] Bentuk umum persamaan regresi linier berganda yang mencakup dua atau lebih variabel, yaitu :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_{p-1} X_{i,p-1} + \varepsilon_i \quad (2)$$

dimana :

- Y_i = nilai peubah respons dalam amatan ke-i
- $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{p-1}$ = parameter/koeffisien regresi
- $X_{i1}, \dots, X_{i,p-1}$ = konstanta yang diketahui
- ε_i = galat
- $i = 1, \dots, n$

1.3. Persamaan Alometrik Biomassa

Istilah alometri (*allometry*) berasal dari bahasa Yunani, yaitu "allos" yang berarti "lain" dan "metron" yang berarti "ukuran" [10].

Model alometrik merupakan model yang sangat umum digunakan dalam biologi untuk menggambarkan perubahan dalam bentuk secara sistematis [11]. Alometri merupakan hubungan antara ukuran atau pertumbuhan dari salah satu komponen makhluk hidup dengan keseluruhan komponen dari makhluk hidup tersebut [12]. Alometri digunakan untuk menunjukkan adanya proporsi antara laju pertumbuhan relatif dari komponen-komponen yang berbeda dari individu pohon.

Hubungan alometrik merupakan hubungan antara suatu variabel terikat yang diduga oleh satu atau lebih variabel bebas, yang dalam hal ini diwakili oleh karakteristik yang berbeda dalam pohon. Contohnya hubungan antara volume pohon atau biomassa pohon dengan diameter dan tinggi total pohon, yang disebut sebagai variabel bebas. Hubungan ini biasanya dinyatakan dalam suatu persamaan alometrik [13].

Dari model-model yang sudah dikembangkan di Indonesia, model alometrik biomassa pohon umumnya disajikan dalam bentuk pangkat :

$$Y = aX^b \quad (3)$$

dimana X = peubah bebas (Dbh, atau kombinasi dari Dbh dan tinggi), dan Y = peubah tak bebas (biomassa); a = koeffisien model alometrik; dan b = exponent model alometrik.

Sebanyak 27% model disajikan dalam bentuk hubungan matematika "logaritma linear" :

$$\log(Y) = a + b[\log(X)] \quad (4)$$

dimana $\log(Y)$ adalah transformasi logaritma alam (ln) atau logaritma berbasis bilangan 10 ('log₁₀') atau bisa juga dinotasikan dengan 'log') dari data biomassa (biomassa pohon total termasuk akar, biomassa pohon total bagian atas permukaan tanah, maupun biomassa setiap komponen atau bagian pohon secara terpisah), $\log(X)$ adalah Dbh (baik transformasi logaritma alam (ln) ataupun logaritma berbasis bilangan 10 (log)), sedangkan a dan b merupakan koeffisien regresi [14].

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2018 – Maret 2019, bertempat di tegakan hutan rakyat Tareran, Minahasa Selatan. Selanjutnya pengelolaan data dilakukan di Laboratorium Statistika Jurusan Matematika, FMIPA UNSRAT.

Teknik Pengambilan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah tegakan pohon cempaka pada hutan rakyat di Kecamatan Tareran, Kabupaten Minahasa Selatan. Teknik sampling yang digunakan yaitu *stratified random sampling*. Sebanyak 20 pohon contoh terpilih untuk ditimbang.

Penentuan Model Persamaan Regresi Alometrik Terbaik Untuk Menduga Biomassa Pohon Cempaka (*Elmerrillia ovalis*) Di Kecamatan Tareran Kabupaten Minahasa Selatan

d'Cartesian : Jurnal Matematika dan Aplikasi, Vol. 8, No. 1 (Maret 2019) : 69 – 75

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pita ukur, haga hypsometer dan meteran.

Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Variabel 1 = biomassa pohon (kg)
- Variabel 2 = diameter pohon setinggi dada (cm)
- Variabel 3 = tinggi pohon (cm)
- Variabel 4 = luas bidang dasar/basal area (cm)
- Variabel 5 = berat jenis pohon

Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini adalah data primer yang diukur secara langsung di lapangan. Data primer meliputi : diameter pohon setinggi dada (dbh), tinggi total pohon (H_{tot}), tinggi bebas cabang pohon (H_{bc}), luas bidang dasar atau basal area (Lbds) dan berat jenis pohon (BJ).

Pengolahan dan Analisis Data

Penyusunan Persamaan Alometrik Penduga Biomassa

Biomassa pohon dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi biomassa batang dan biomassa total. Untuk tujuan pendugaan biomasanya maka dilakukan penyusunan model penduga biomassa yang terdiri dari model penduga biomassa batang dan model penduga biomassa total. Model yang diujicobakan terdiri dari berbagai model dengan menggunakan satu atau lebih variabel bebas. Variabel bebas yang digunakan yaitu : diameter setinggi dada (dbh), tinggi pohon, luas bidang dasar dan berat jenis pohon.

Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik didasarkan pada :

- Koefisien Determinasi (R^2)
- Simpangan Baku
- Koefisien Determinasi Terkoreksi (R^2_{adj})
- Nilai PRESS
- Nilai F_{hitung}

Uji Keabsahan Model

Uji keabsahan model (*Model Validation*) bertujuan untuk melihat kemampuan model dalam menduga sekelompok data baru (yang tidak diikutsertakan dalam pembentukan modelnya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskripsi Data

Penyebaran Pohon Contoh Menurut Diameter Pohon

Pohon contoh dipilih berdasarkan keterwakilan kelas diameter yang ada di lokasi penelitian. Pohon cempaka didominasi oleh pohon-pohon dengan kelas diameter antara 20 – 30 cm. Penyebaran data pohon contoh berdasarkan kelas diameter dan tinggi totalnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Sebaran Data Pohon Contoh Cempaka Menurut Diameter Dan Tinggi Total

Diameter (Cm)	Tinggi Total (m)			Jumlah
	15.0 – 19.9	20.0 – 24.9	25.0 – 29.9	
20 - 30	1	14	-	15
31 - 40	-	-	5	5
Jumlah	1	14	5	20

Biomassa Pohon-Pohon Contoh

Dalam penelitian ini, kecenderungan nilai biomassa meningkat seiring dengan bertambahnya ukuran diameter pohon. Ketika ukuran pohon semakin besar maka biomassa dari pohon tersebut juga akan besar

3.2. Persamaan Alometrik Pohon

Persamaan Alometrik Penduga Biomassa Batang

Persamaan alometrik penduga biomassa batang yang terbaik ditentukan melalui uji coba terhadap beberapa persamaan regresi linear maupun non linear baik dengan satu atau lebih peubah bebas. Model persamaan alometrik untuk 20 pohon contoh dalam penelitian ini dapat diamati pada Tabel 2.

Tabel 2 Persamaan Alometrik Penduga Biomassa Batang untuk 20 Pohon Contoh Cempaka

No	Persamaan	s	R^2 (%)	R^2_{adj} (%)	PRESS	F_{hitung}
1	$B_Btg = 135.8 + 10.28 Dbh + 0.28 H - 0.353 lbds - 53 BJ$	14.947	93.3	91.52	525199	52.25
2	$B_Btg = 149.7 + 10.48 Dbh - 1.40 H - 0.358 Lbds$	14.56	93.22	91.95	459292	73.35
3	$B_Btg = 126.5 + 9.74 Dbh - 0.82 H$	16.19	91.09	90.05	6272.06	86.93
4	$B_Btg = 127.9 + 10.083 Dbh - 0.351 Lbds$	14.22	93.13	92.33	164.753	115.29
5	$B_Btg = 123.9 + 9.739 Dbh - 43.5 BJ$	16.09	91.21	90.17	6085.19	88.15
6	$Log B_Btg = 1.578 + 0.7582 Log Dbh - 0.031 Log H - 0.0385 Log Lbds - 0.050 Log BJ$	0.016	93.16	91.33	0.263	51.04
7	$Log B_Btg = 1.713 + 0.7716 Log Dbh - 0.127 Log H - 0.0390 Log Lbds$	0.016	93.06	91.76	0.217	71.53
8	$Log B_Btg = 1.623 + 0.7579 Log Dbh - 0.102 Log H$	0.017	91.47	90.47	0.007	91.17
9	$Log B_Btg = 1.6034 + 0.7254 Log Dbh - 0.0378 Log Lbds$	0.016	92.83	91.98	1.705	109.98
10	$Log B_Btg = 1.478 + 0.7454 Log Dbh - 0.0561 Log BJ$	0.017	91.61	90.62	0.007	92.83

Berdasarkan kriteria statistik dari Tabel 2 dapat diamati bahwa persamaan $Log B_Btg = 1.623 + 0.7579 Log Dbh - 0.102 Log H$ merupakan persamaan terbaik. Ketepatan dari sebuah model untuk menduga dapat diperlihatkan dengan melakukan uji validasi persamaan alometrik biomassa pohon cempaka. Dari pengujian validasi model terpilih didapatkan nilai \bar{d} dan CV_d yaitu

sebesar 0.03 dan 1.2 yang berarti model yang terpilih dapat menduga sekelompok data yang baru.

Model yang terpilih kemudian dibandingkan dengan model-model alometrik lain dari berbagai referensi dapat diamati pada Tabel 3.

Tabel 3 Persamaan Alometrik Penduga Biomassa Batang Pohon dari Berbagai Referensi

Model	Persamaan	s	R ² (%)	R ² adj (%)	PRESS	F _{hitung}
Berkhout	$B_Btg = 113.9 + 9.513Dbh$	15.76 3	91.0 6	90.5 7	5799.8	183.4 1
Spurr (1952)	$B_Btg = 260.5 + 0.1497Dbh^2$	16.9 27	89.6 9	89.1 2	6734.9 9	156.6 5
Spurr. Mod (1952)	$B_Btg = 257.5 + 0.1491Dbh^2 + 0.15H$	17.41 7	89.6 9	88.4 8	7433.14	73.98
Stoate	$B_Btg = 120 + 0.347Dbh^2 - 0.00770Dbh^2 H + 5.49H$	17.51 2	90.2 0	88.3 6	7573.8 6	49.06
Hohenadl-Krenn	$B_Btg = 26 + 15.27Dbh - 0.092Dbh^2$	16.01 0	91.2 9	90.2 7	6051.5 8	89.11
Meyer (1953)	$B_Btg = 441 + 8.4Dbh - 0.364Dbh^2 + 0.965DbhH - 27.4H$	16.2 89	92.0 5	89.9 3	8457.18	43.40
Meyer. Mod (1953)	$B_Btg = -273 + 62.9Dbh - 1.38Dbh^2 + 0.0391Dbh^2H - 1.13DbhH$	16.36 5	91.9 7	89.8 3	7762.8 8	42.96
Brenac	$LogB_Btg = 1.66 + 0.286LnDbh - 0.82(1/Dbh)$	0.01 7	91.3 3	90.3 1	0.0067	88.28
Jenkins et al. (2003)	$LnB_Btg = 3.539 + 0.7211LnDbh$	0.03 8	91.3 2	90.8 4	0.0333	189.3 9
Langi (2007)	$LogB_Btg = 1.5371 + 0.7211LogDbh$	0.01 7	91.3 2	90.8 4	0.0063	189.3 9
This Study 1	$LogB_Batang = 1.6034 + 0.7254LogDbh - 0.0378LogLbds$	0.01 6	92.8 3	91.9 8	1.705	109.9 8
This Study 2	$LogB_Batang = 1.623 + 0.7579LogDbh - 0.102LogH$	0.01 7	91.4 7	90.4 7	0.0067	91.17

Sumber : [15] B_Btg = Biomassa Batang (kg), Dbh = Diameter setinggi dada (cm), H = Tinggi total (m), Lbds = Luas bidang dasar (m²)

Pemilihan model persamaan alometrik terbaik dilakukan dengan melakukan uji terhadap nilai-nilai regresi persamaan tersebut. Pemilihan model persamaan alometrik biomassa terbaik berdasarkan nilai statistik yang ditunjukkan pada Tabel 3 dilakukan pengurutan performansi untuk setiap persamaan berdasarkan persamaan yang mempunyai nilai simpangan baku (s) dan statistik PRESS terkecil sedangkan nilai R² adjusted dan F_{hitung} terbesar. Hasil pengurutan terhadap keempat kriteria ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Urutan Performansi Persamaan Alometrik Penduga Biomassa Batang

Persamaan	Kriteria				Total	Rank
	s	R ² adj (%)	PRESS	F _{hitung}		
$B_Btg = 113.9 + 9.513Dbh$	4	3	5	2	14	5
$B_Btg = 260.5 + 0.1497Dbh^2$	8	9	7	3	27	8
$B_Btg = 257.5 + 0.1491Dbh^2 + 0.15H$	9	10	8	8	35	10
$B_Btg = 120 + 0.347Dbh^2 - 0.00770Dbh^2H + 5.49H$	10	11	9	9	39	12
$B_Btg = 26 + 15.27Dbh - 0.092Dbh^2$	5	6	6	6	23	7
$B_Btg = 441 + 8.4Dbh - 0.364Dbh^2 + 0.965DbhH - 27.4H$	6	7	11	10	34	9
$B_Btg = -273 + 62.9Dbh - 1.38Dbh^2 + 0.0391Dbh^2H - 1.13DbhH$	7	8	10	11	36	11
$LogB_Btg = 1.66 + 0.286LnDbh - 0.82(1/Dbh)$	2	5	2	7	16	6
$LnB_Btg = 3.539 + 0.7211LnDbh$	3	2	3	1	9	2
$LogB_Btg = 1.5371 + 0.7211LogDbh$	2	2	1	1	6	1
$LogB_Btg = 1.6034 + 0.7254LogDbh - 0.0378LogLbds$	1	1	4	4	10	3
$LogB_Btg = 1.623 + 0.7579LogDBH - 0.102LogH$	2	4	2	5	13	4

Berdasarkan kriteria statistik dari Tabel 3 dapat diamati bahwa persamaan $LogB_Btg = 1.5371 + 0.7211LogDbh$ mempunyai performansi yang paling baik.

Persamaan Alometrik Penduga Biomassa Total

Biomassa total pohon di atas tanah merupakan akumulasi dari biomassa batang, biomassa cabang, biomassa ranting, biomassa daun dan biomassa buah pohon cempaka. Pendugaan biomassa total pohon cempaka dilakukan dengan membentuk sebuah model penduga biomassa total pohon bagian atas tanah dengan peubah-peubah seperti diameter setinggi dada (Dbh), tinggi pohon (H_{tot} dan H_{bc}), luas bidang dasar (Lbds). Model persamaan alometrik untuk 20 pohon contoh dalam penelitian ini dapat diamati pada Tabel 5.

Tabel 5 Persamaan Alometrik Penduga Biomassa Total untuk 20 Pohon Contoh Cempaka

No	Persamaan	s	R ² (%)	R ² adj (%)	PRESS	F
1	$B_Tot = -251 + 40.08 Dbh - 2.6 H + 0.8 Lbds - 167 BJ$	94.826	85.64	81.81	658611643	22.36
2	$B_Tot = -207 + 40.71$	91.954	85.59	82.89	664397320	31.69

Penentuan Model Persamaan Regresi Alometrik Terbaik Untuk Menduga Biomassa Pohon Cempaka (*Elmerrillia ovalis*) Di Kecamatan Tareran Kabupaten Minahasa Selatan

d'Cartesian : Jurnal Matematika dan Aplikasi, Vol. 8, No. 1 (Maret 2019) : 69 – 75

No	Persamaan	s	R ² (%)	R ² adj (%)	PRESS	F
3	Dbh - 8 H + 0.78 Lbds B_Tot = -156 + 42.34 Dbh - 9.2 H	90.876	85.05	83.29	256458	72.69
4	B_Tot = -331 + 38.45 Dbh + 0.818 Lbds B_Tot = -	89.676	85.44	83.77	689805718	49.89
5	246 + 40.95 Dbh - 226 BJ Log B_Tot = 0.967 +	90.88	85.05	83.29	240980	48.35
6	1.201 Log Dbh + 0.094 Log H + 0.0179 Log Lbds - 0.101 Log BJ	0.036	87.2	83.79	346.302	25.54
7	Log B_Tot = 1.241 + 1.228 Log Dbh - 0.102 Log H + 0.0168 Log Lbds	0.037	87.06	84.64	342.491	35.9
8	Log B_Tot = 1.279 + 1.234 Log Dbh - 0.113 Log H Log B_Tot = 1.153 + 1.191	0.036	86.96	85.43	0.038	56.69
9	Log Dbh + 0.0177 Log Lbds Log B_Tot = 1.107 + 1.225	0.036	87.01	85.48	333.844	56.95
10	Log Dbh - 0.074 Log BJ	0.035	87.07	85.55	0.034	57.25

Berdasarkan kriteria statistik dari Tabel 5 dapat diamati bahwa persamaan $\text{LogB_Tot} = 1.279 + 1.234 \text{ Log Dbh} - 0.113 \text{ Log H}$ merupakan persamaan terbaik. Ketepatan dari sebuah model untuk menduga dapat diperlihatkan dengan melakukan uji validasi persamaan alometrik biomassa total pohon cempaka. Dari pengujian validasi model terpilih didapatkan nilai \bar{d} dan CV_d yaitu sebesar 0.08 dan 1.1 yang berarti model yang terpilih dapat menduga sekelompok data yang baru.

Model yang terpilih kemudian dibandingkan dengan model-model alometrik lain dari berbagai referensi dapat diamati pada Tabel 6.

Tabel 6 Persamaan Alometrik Penduga Biomassa Total Pohon dari Berbagai Referensi

Model	Persamaan	s	R ² (%)	R ² adj (%)	PRESS	F _{hitung}
Berkhout	B_Tot = - 298 + 39.78 Dbh h	88.920	84.85	84	230574	100.78
Spurr (1952)	B_Btg = 295.7 + 0.6472Dbh ²	74.763	89.29	88.69	172288	150.02
Spurr. Mod (1952)	B_Btg = 549 + 0.7033Dbh ² - 12.9H	75.439	89.70	88.49	183846	74.01
Stoate	B_Tot = 2100 - 1.532Dbh ² + 0.0871Dbh ² H - 73.3H	63.572	93.11	91.82	183969	72.13

Model	Persamaan	s	R ² (%)	R ² adj (%)	PRESS	F _{hitung}
Hohenadl-Krenn	B_Tot = 2299 - 130.5Dbh + 2.710Dbh ²	49.837	95.50	94.98	93005.3	180.56
Meyer (1953)	B_Tot = 1128 - 106.8Dbh + 3.505Dbh ² - 2.89DbhH + 76.1H	50.862	95.87	94.77	125390	87.01
Meyer.M od (1953)	B_Tot = 2888 - 223Dbh - 5.37Dbh ² - 0.080Dbh ² H + 2.09DbhH LogB_Tot = -7.08 + 2.391LnDbh + 56.17(1/Dbh)	51.819	95.71	94.57	138476	83.69
Brenac	LnB_Tot = 2.728 + 1.193LnDbh LogB_Tot = 1.185 + 1.193LogDbh LogB_Tot = 1.153 + 1.191LogDbh + 0.0177LogLbds	0.020	95.68	95.17	0.0128	188.20
Jenkins et al. (2003)	LnB_Tot = 2.728 + 1.193LnDbh	0.080	86.9	86.17	0.1713	119.38
Langi (2007)	LogB_Tot = 1.185 + 1.193LogDbh LogB_Tot = 1.153 + 1.191LogDbh + 0.0177LogLbds	0.035	86.90	86.17	0.0323	119.38
This Study 1	LogB_Tot = 1.279 + 1.234LogDbh - 0.113LogH	0.036	87.01	85.48	333.844	56.95
This Study 2	LogB_Tot = 1.279 + 1.234LogDbh - 0.113LogH	0.036	86.96	85.43	0.038	56.69

Sumber : [15] B_BTot = Biomassa Total (kg), Dbh = Diameter setinggi dada (cm), H = Tinggi total (m), Lbds = Luas bidang dasar (m²)

Penentuan persamaan penduga biomassa total pohon cempaka dapat ditentukan dengan performansi terbaik dengan kriteria nilai uji statistik yang tertera pada Tabel 6. Pengurutan performansi untuk persamaan terbaik dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Urutan Performansi Persamaan Alometrik Penduga Biomassa Total

Persamaan	Kriteria				Total	Rank
	s	R ² adj (%)	PRESS	F _{hitung}		
B_Tot = -298 + 39.78 Dbh	11	11	12	5	39	10
B_Btg = 295.7 + 0.6472Dbh ²	9	6	9	3	27	7
B_Btg = 549 + 0.7033Dbh ² - 12.9H	10	7	10	8	35	9
B_Tot = 2100 - 1.532Dbh ² + 0.0871Dbh ² H - 73.3H	8	5	11	9	33	8

Persamaan	Kriteria				Total	Rank
	s	R ² adj (%)	PRESS	F _{hitung}		
B_Tot = 2299 - 130.5Dbh + 2.710Dbh ²	5	2	6	2	15	2
B_Tot = 1128 - 106.8Dbh + 3.505Dbh ² - 2.89DbhH + 76.1H	6	3	7	6	22	5
B_Tot = 2888 - 223Dbh - 5.37Dbh ² - 0.080Dbh ² H + 2.09DbhH	7	4	8	7	26	6
LogB_Tot = -7.08 + 2.391LnDbh + 56.17(1/Dbh)	1	1	1	1	4	1
LnB_Tot = 2.728 + 1.193LnDbh	4	8	4	4	20	4
LogB_Tot = 1.185 + 1.193LogDbh	2	8	2	4	16	3
LogB_Tot = 1.153 + 1.191LogDbh + 0.0177LogLbds	3	9	5	10	27	7
LogB_Tot = 1.279 + 1.234LogDBH - 0.113LogH	3	10	3	11	27	7

Berdasarkan kriteria statistik dari Tabel 5 dapat diamati bahwa persamaan LogB_Tot = -7.08 + 2.391LnDbh + 56.17(1/Dbh) mempunyai performansi yang paling baik. Persamaan ini memenuhi syarat uji kriteria persamaan terbaik.

3.3. Menentukan Besarnya Potensi Biomassa Pohon Cempaka

Menentukan besarnya potensi biomassa batang dan biomassa total pohon cempaka dalam penelitian ini membutuhkan data diameter setinggi dada (Dbh) pohon baru yang diukur pada petak ukur dengan luas 200m² sebanyak 25 pohon. Data Dbh yang diperoleh antara 18-32 cm. Setelah data Dbh tersedia, maka data tersebut dimasukkan ke persamaan regresi alometrik terpilih untuk menduga besarnya potensi biomassa batang : $\text{Log } B_{\text{btg}} = 1.5371 + 0.721 \text{ LogDbh}$ dan biomassa total : $\text{Log } B_{\text{tot}} = -7.08 + 2.391 \text{ LnDbh} + 56.17(1/\text{Dbh})$.

Hasil penjumlahan pendugaan biomassa batang pohon cempaka untuk 25 pohon sebesar 8728.978897 kg. Untuk mengetahui besarnya potensi biomassa batang dalam 1 ha maka dikonversi ke dalam luas 1 ha. Hasil konversinya yaitu 25 petak dikali jumlah dugaan biomassa batang pohon cempaka untuk 25 pohon atau sebesar ±218224.472 kg.

Hasil Penjumlahan pendugaan biomassa total pohon cempaka untuk 25 pohon sebesar 19470.31322 kg. Untuk mengetahui besarnya potensi biomassa total dalam 1 ha maka dikonversi ke dalam luas 1 ha. Hasil konversinya yaitu 25 petak dikali jumlah dugaan

biomassa total pohon cempaka untuk 25 pohon atau sebesar ±486757.831 kg.

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

- Persamaan regresi alometrik terbaik penduga biomassa batang dan biomassa total pohon cempaka hanya terdiri dari satu variabel bebas yaitu variabel diameter setinggi dada (Dbh). Adapun persamaan alometriknya sebagai berikut :
 - Biomassa batang : $\text{Log } B_{\text{btg}} = 1.5371 + 0.721 \text{ LogDbh}$
 - Biomassa total : $\text{Log } B_{\text{tot}} = -7.08 + 2.391 \text{ LnDbh} + 56.17(1/\text{Dbh})$
- Besarnya potensi biomassa batang pohon cempaka pada luas 1 ha dengan diameter setinggi dada (dbh) 18-32 cm sebesar ±218224.472 kg sedangkan besarnya potensi biomassa total pohon cempaka dengan diameter setinggi dada (dbh) 18-32 cm sebesar ±486757.831 kg.

4.2. Saran

Pendugaan biomassa untuk jenis pohon cempaka (*Elmerrillia ovalis*), model persamaan alometrik batang dan total pohon yang didapatkan dalam penelitian ini cukup valid jika digunakan pada kondisi kisaran data diameter dan umur yang sama.

REFERENSI

- Chapman, V. J. 1976. Mangrove Vegetation. Vaduz, Cramer J. pp: 197.
- Brown, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest*. A Primer. FAO. Forestry Paper No. 134. USA: FAO. Hlm 10-13.
- Whitmore, T. C. 1985. *Tropical Rain Forest of The Far East*. Oxford University Press. New York.
- Ketterings Q. M, Coe R, Noordjwik, M. V, Ambagau, Y., Palm, C. A. 2001. *Reducing Uncertainty in the Use of Allometric Biomass Equations for Predicting Above-Ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forest*. *Forest Ecology and Management* **146**: 199-209.
- Langi, Y. A. R. 2007. Model Penduga Biomassa Dan Karbon Pada Tegakan Hutan Rakyat Cempaka (*Elmerrillia Ovalis*) Dan Wasian (*Elmerrillia Celebica*) Di Kabupaten Minahasa Sulawesi Utara. [tesis]. Sekolah Pascasarjana ITB, Bogor.
- Undang-Undang RI No. 41 tahun 1999 tentang Kehutanan.
- Nair, P. K. R., Editor. 1989. *Agroforestry System in Tropics*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 245 p.
- Nair, P. K. R., Latt Cr, Muschler R, Huettl R, Editor. 1995. *Agroforestry in Industrialized Nations*. *Agroforestry System*. Special Issue, **31**: 97-198.

Penentuan Model Persamaan Regresi Alometrik Terbaik Untuk Menduga Biomassa Pohon Cempaka (*Elmerrillia ovalis*) Di Kecamatan Tareran Kabupaten Minahasa Selatan

d'Cartesian : Jurnal Matematika dan Aplikasi, Vol. 8, No. 1 (Maret 2019) : 69 – 75

- [9] Hatidja, D. 2006. Bahan Ajar : Analisis Regresi. Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT, Manado.
- [10] Niklas, K. J. 1994. Plant allometry : the scaling of form and process. University of Chicago Press, Chicago.
- [11] Huxley, J. S. 1993. Problems of relative growth. John Hopkins University Press, London.
- [12] Parresol, B. R. 1999. Assessing tree and stand biomass : a review with examples and critical comparisons. Forest Science **45** : 573-593.
- [13] Hairiah K, Sitompul SM, Meine van N, Cherly P. 2001. *Methods for sampling carbon stock above and below ground*. Bogor: ICRAF Southeast Asia.
- [14] Krisnawati, H., Adinugroho, W. C., Imanuddin, R. 2012. Monograf : Model-Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- [15] Possu, W. B. 2015. Carbon Storage Potential of Windbreaks on Agricultural Lands of the Continental United States. Dissertation & Theses in Natural Resources. Paper 117.

Wandy Tato' Appi' (wandytatoappi2@gmail.com)



Lahir di Karua, Sulawesi Selatan pada tanggal 25 November 1996. Menempuh pendidikan tinggi Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi Manado. Tahun 2018 adalah tahun terakhir ia menempuh studi. Makalah ini merupakan hasil penelitian skripsinya yang

dipublikasikan.

Mans L. Mananohas (mansmananohas.unsrat.ac.id)



Pada tahun 2006, memperoleh gelar sarjana di Program Studi Matematika, Universitas Sam Ratulangi. Gelar Magister Sains diperoleh dari Institut Teknologi Bandung pada tahun 2013. Menjadi dosen di Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Sam

Ratulangi Manado sejak tahun 2009 sampai sekarang dengan bidang keahlian yang ditekuni diantaranya; Analisis dan Aljabar

Yohanes A. R. Langi (varlangi@gmail.com)



Lahir di Jakarta pada tanggal 13 Juni 1970. Pada tahun 1994 mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si) yang diperoleh dari Universitas Kristen Indonesia - Tomohon. Gelar Master Sains (M.Si) diperoleh dari Institut Pertanian Bogor pada tahun 2007. Ia bekerja di UNSRAT di Program Studi Matematika sebagai pengajar

akademik tetap UNSRAT.