



Model Alometrik untuk Menduga Volume Pohon Berdiri *Shorea leprosula* Miq, PT Gunung Muro Wahana Jaya, Kalimantan Utara

*(Allometric Equation for Estimating Volume Standing Stock of *Shorea leprosula* Miq, PT Gunung Muro Wahana Jaya, North Kalimantan)*

Widia Sri Utami^{1*}, Heru Herlambang², Kiswanto³, Aditya Permadi⁴, Oshlifin Rucmana Saud⁵

^{1,2,3,4,5}Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda 75119, Indonesia,

^{*)}Korespondensi: Widia Sri Utami

Diterima: 04 Desember 2024, Direvisi: 06 Desember 2024, Disetujui: 03 Januari 2025

DOI: 10.31849/forestra.v20i1.24512

Abstract

Improper forest management can lead to disruption of sustainability. Utilization of the IUPHHK-HA concession permit at PT Gunung Muro Wahana Jaya must comply with sustainable forest management principles. The potential of timber forest products is usually assessed using ITSP (Inventarisasi Tegakan Sebelum Penebangan) activities. However, ITSP activities require expensive costs and, a long time, and measurement of branch-free height is difficult due to environmental factors such as topography in the field. One way is to create an allometric model of standing tree volume estimation with the independent variable of diameter at breast height. The study used a purposive sampling method and made 19 plots. The measuring plot area is 5 m x 5 m, 10 m x 10 m, 20 m x 20 m. Measurement of diameter at the breast height >10 cm and branch-free height. Conduct R²-adj model fit test, residual standard error, F test, and t-test with 0.05 test level. Validation test using NRMSE and MAPE. The result of the study is the best allometric model to estimate the volume of standing trees is the power model $Y = 0.001 D^{2.380}$, Y as the volume of standing trees and D as the diameter at breast height. The NRMSE validation test value is 1.02% and MAPE is, 0.32% meaning that the power model has excellent estimation capabilities.

Keywords: Diameter, volume estimation, *shorea leprosula*

Abstrak

Pengelolaan hutan yang tidak tepat dapat menyebabkan terganggunya kelestarian. Pemanfaatan izin konsesi IUPHHK-HA di PT Gunung Muro Wahana Jaya harus sesuai prinsip pengelolaan hutan lestari dan berkelanjutan. Potensi hasil hutan kayu biasanya melakukan penaksiran potensi dengan kegiatan ITSP. Namun kegiatan ITSP memerlukan biaya yang mahal, waktu lama, serta pengukuran tinggi bebas cabang menyulitkan karena faktor lingkungan seperti topografi di lapangan. Salah satu cara yaitu dengan membuat model allometrik estimasi volume pohon berdiri dengan variabel bebas yaitu diameter setinggi dada. Penelitian menggunakan metode *purposive sampling* dan membuat plot sebanyak 19 plot. Luas plot ukur yaitu 5 m x 5 m, 10 m x 10 m, 20 m x 20 m. Pengukuran diameter >10 cm dan tinggi bebas cabang. Melakukan uji kecocokan model R²-adj, *residual standar error*, uji F, dan uji t dengan taraf uji 0,05. Uji validasi menggunakan NRMSE dan MAPE. Hasil penelitian yaitu model allometrik terbaik untuk menduga volume pohon berdiri yaitu dengan model power $Y = 0.001 D^{2.380}$, Y sebagai volume pohon berdiri dan D sebagai diameter setinggi dada. Nilai uji validasi NRMSE yaitu 1,02% dan MAPE yaitu 0,32% artinya model power memiliki kemampuan estimasi *excellent*.

Kata kunci: Diameter, estimasi volume, *shorea leprosula*



I. PENDAHULUAN

Meranti merah (*Shorea leprosula* Miq) salah satu jenis hasil hutan kayu di Indonesia yang memiliki manfaat yaitu industri kayu seperti konstruksi, furnitur, mebeul, dan kayu ekspor. Meranti merah merupakan family Dipterocarpaceae yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan sebagai kayu jenis komersial satu (Anam et al., 2024) pada pengusahaan Hak Pengusahaan Hutan (HPH). Estimasi volume pohon berdiri merupakan aspek penting dalam pengelolaan hutan produksi lestari. Volume pohon sebagai indikator potensi hasil hutan menjadi dasar perencanaan hutan sebelum kegiatan pemanenan. Perencanaan hutan berupa kegiatan ITSP (Inventarisasi Tegakan Sebelum Penebangan) selama 2 tahun sebelum penebangan (Dipodiningrat, 2024).

ITSP untuk mengetahui potensi hasil hutan kayu komersial pada hutan alam dengan mengukur diameter setinggi dada dan tinggi bebas cabang. Pengukuran tinggi bebas cabang sangat sulit dan memerlukan waktu yang lama (Utami et al., 2024). Sehingga diperlukanlah alternatif untuk memberikan solusi dalam kegiatan inventarisasi. Salah satu alternatif yaitu menggunakan model allometrik. Model allometrik memiliki peran sebagai dasar pengelolaan sumber daya hutan yang lebih akurat (Sharma et al., 2024). Model allometrik untuk mengestimasi volume pohon berdiri dengan variabel bebas yaitu diameter setinggi dada. Penelitian (Westfall & Coulston, 2024); (Roy & Debbarma, 2024); (Rodda et al., 2024) dan (Pilli et al., 2024) telah menggunakan variabel bebas diameter setinggi dada untuk mengestimasi volume pohon berdiri dan biomassa di atas permukaan tanah.

Saat ini PT Gunung Muro Wahana Jaya masih menggunakan model umum untuk mengestimasi volume pohon berdiri yang seringkali tidak sesuai dengan spesies lokal. PT Gunung Muro Wahana Jaya berada di Kalimantan Utara, yang memiliki karakteristik

hutan hujan tropis dengan keanekaragaman hayati tinggi dan kondisi ekologi yang berbeda dari wilayah lain. Model alometrik ini menjadi inovasi yang memperhitungkan keunikan faktor lokal seperti tanah, iklim, dan struktur hutan. Penelitian ini mengembangkan model alometrik khusus untuk *Shorea leprosula* Miq, yang merupakan spesies unggulan dari famili *Dipterocarpaceae*. Model ini didasarkan pada data spesifik dari wilayah PT Gunung Muro Wahana Jaya, yang belum banyak diungkap dalam penelitian sebelumnya.

Meranti merah memiliki keragaman spesies dan karakteristik morfologinya sehingga memerlukan model allometrik spesifik untuk meningkatkan keakuratan estimasi volume pohon berdiri. Ketidakakuratan dalam estimasi volume pohon berdiri akan menyebabkan melebihi kemampuan hutan dalam menyediakan hasil hutan kayu. Hal ini berdampak pada kerugian sosial, ekonomi, dan ekologi termasuk kerusakan regenerasi hutan.

Pengelolaan hutan yang tidak tepat menyebabkan terganggunya kelestarian. Spesies meranti merah yaitu *Shorea leprosula* (Rentan/Vulnerable) dan *Shorea parvifolia* (Terancam Punah/Endangered) (Setiarno, 2017). Oleh karena itu penelitian ini mengembangkan model allometrik untuk estimasi volume pohon berdiri dengan diameter setinggi dada agar mencapai prinsip pengelolaan hutan dan berkelanjutan. Model allometrik secara akurat dapat berperan dalam konteks mitigasi perubahan iklim pada hutan hujan tropis di Kalimantan Utara yang dapat menyerap karbon. Penelitian bertujuan untuk mengetahui model allometrik terbaik melalui kecocokan model dan validasi data. Model allometrik diharapkan dapat menjadi referensi dan acuan bagi pengelola hutan, praktisi kehutanan, peneliti, dan pembuat kebijakan dalam menduga volume kayu secara akurat dan berkelanjutan. Model alometrik ini memberikan alat yang penting untuk menduga volume pohon secara non-destruktif. Hal ini



mendukung pengelolaan hutan secara berkelanjutan, terutama dalam perencanaan eksploitasi hutan produksi tanpa merusak ekosistem.

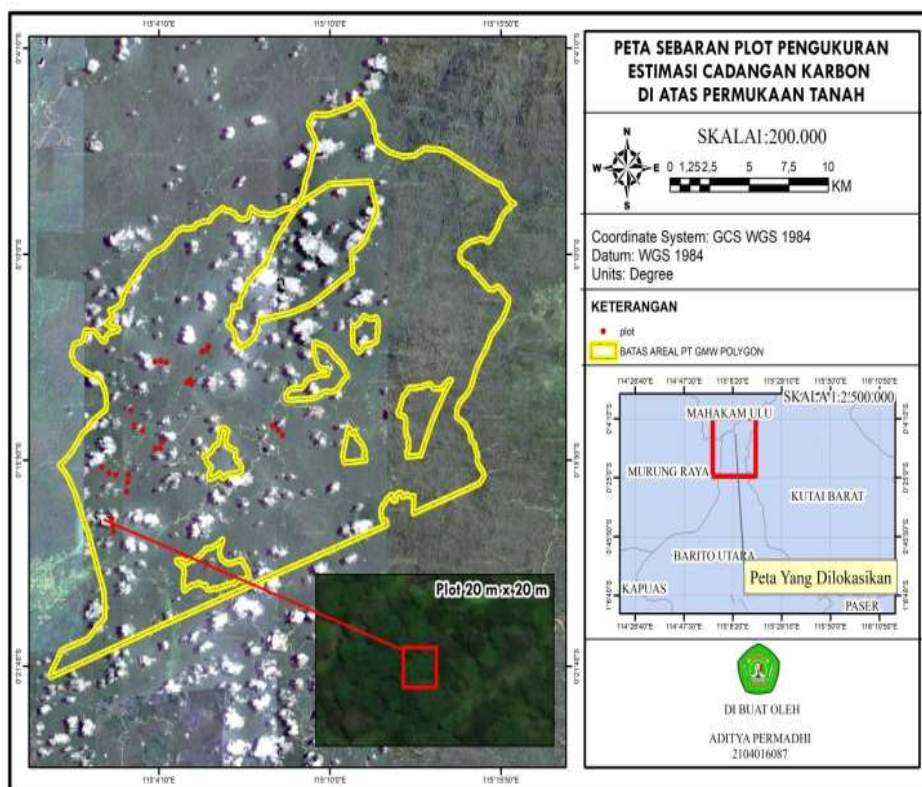
II. METODE PENELITIAN

2.1. Pelaksanaan Penelitian dan Pengumpulan Data

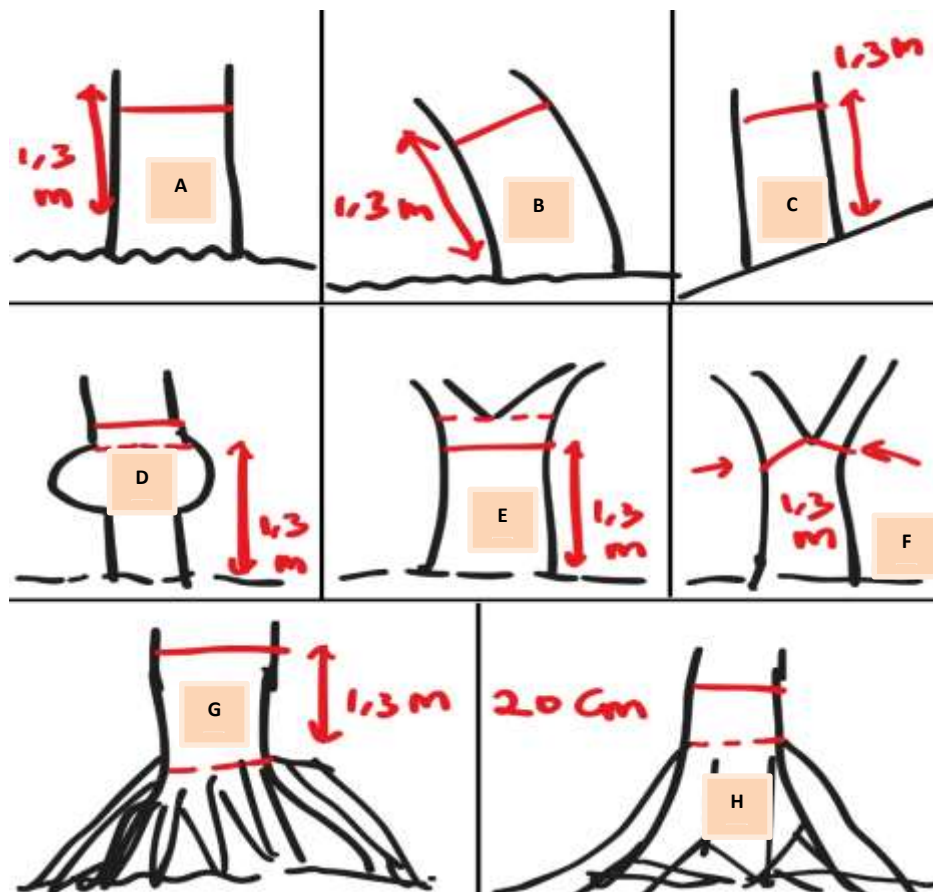
Pelaksanaan penelitian di Blok RKT Tahun 2022 di Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) yang dulunya dikenal dengan nama IUPHHK-HA PT Gunung Muro Wahana Jaya Kalimantan Utara. Lokasi penelitian pada Gambar 1. Pengambilan data dengan metode *purposive sampling* yaitu pemilihan lokasi berdasarkan pertimbangan yaitu memilih sampel berdasarkan Blok RKT Tahun 2022. Plot ukur

dengan luas 5 m x 5 m, 10 m x 10 m, dan 20 m x 20 m sebanyak 19 plot pada tingkatan sapihan, tiang, dan pohon (diameter ± 10 cm).

Model allometrik untuk mengestimasi volume pohon berdiri menggunakan variabel bebas yaitu diameter setinggi dada (130 cm di atas permukaan tanah). Data yang digunakan adalah hasil inventarisasi dengan melakukan pengukuran yaitu diameter setinggi dada dan tinggi bebas cabang. Aplikasi untuk analisis data yaitu dengan IBM SPSS 26 dan oleh Microsoft Excel 2016. Pengukuran diameter menggunakan phiband pohon sesuai dengan Permen LHK No 8 Tahun 2021 pada Gambar 2. Pengukuran tinggi bebas cabang menggunakan clinometer dengan bantuan tongkat 4 meter.



Gambar 1. Lokasi Penelitian PT Gunung Muro Wahana Jaya Kalimantan Utara
Sumber: Pengolahan data primer



Gambar 2. Pengukuran Diameter Setinggi Dada

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional, 2019)

Keterangan: a. Pohon normal diukur 130 cm di atas permukaan tanah; b. Pohon miring sesuai arah kemiringan pohon diukur 130 cm di atas permukaan tanah; c. Pohon pada kemiringan tanah yang berbeda diukur pada kelerengannya tertinggi dari 130 cm di atas permukaan tanah; d. Pohon memiliki cacat atau gembung diukur di atas batas dari 130 cm di atas permukaan tanah; e. Pohon cabang di bawah 130 cm diukur dari batas bawah cabang dari 130 cm di atas permukaan tanah; f. Pohon cabang di atas 130 cm diukur dari 130 cm di atas permukaan tanah, keduanya kemudian dirata – ratakan; g. Pohon dengan akar jangkar diukur 130 cm di atas permukaan tanah dari batas jangkar; h. . Pohon dengan akar banir diukur 20 cm di atas banir.

2.2. Analisis Penelitian

2.2.1. Analisis perhitungan volume pohon berdiri

Volume pohon berdiri adalah volume pohon diukur saat pohon masih dalam keadaan berdiri sehingga pengukuran diameter setinggi dada dan tinggi bebas cabang pada pohon yang masih hidup dan memiliki kondisi kesehatan pohon

yang sehat dan tidak cacat batang (Wang et al., 2024). Volume pohon berdiri dapat dihitung pada persamaan (1).

$$\text{Volume pohon berdiri} = \frac{1}{4} \pi D^2 t f$$

.....(1)

Sumber: (LHK RI, 2021)

Keterangan:

π : 3,14

D : diameter (m)

t : tinggi bebas cabang untuk kayu komersial

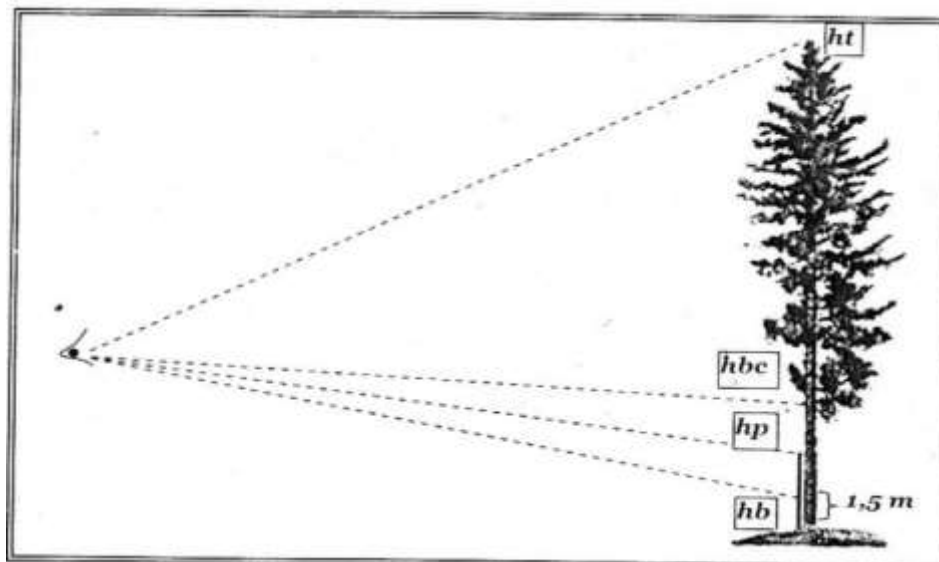
di HPH

f : faktor bentuk (0,6)

pohon tempat tumbuhnya cabang atau dahan utama yang dapat dilihat pada gambar 3. Ketinggian ini mewakili bagian batang pohon yang tidak mempunyai cabang yang besar dan biasanya dianggap sebagai bagian batang yang paling murni dan lurus, serta mempunyai nilai ekonomi yang tinggi untuk pemanfaatan kayunya (Wang et al., 2024)

2.2.2. Analisis perhitungan tinggi bebas cabang

Tinggi cabang adalah jarak vertikal dari permukaan tanah ke titik pertama pada batang



Gambar 3. Pengukuran Tinggi Bebas Cabang

Sumber: (LHK RI, 2021)

$$Tbbc = \left(\frac{hbc - hb}{hp - hb} \times 4 \right) + 1,5 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

Tbbc : tinggi bebas cabang

hbc : angka pembacaan clinometer (%) pada tinggi bebas cabang

hb : angka pembacaan clinometer (%) pada ketinggian 1,5 m

hp : angka pembacaan clinometer (%) pada ujung tongkat

2.2.3. Analisis Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif adalah metode untuk menganalisis distribusi data dan mengetahui data apakah memiliki bias atau error dan tidak (Ravid, 2024). Penentuan data memiliki bias atau tidak yaitu dari nilai standar deviasi dan nilai mean. Standar deviasi memiliki nilai yang lebih kecil dari nilai mean maka data tersebut valid dan tidak memiliki bias atau error. Sedangkan nilai standar deviasi lebih besar dari nilai mean artinya data memiliki bias atau error (Utami et al., 2024).



2.2.4. Uji Pencilan (Boxplot)

Data pencilan atau disebut *outlier* yaitu data yang menyimpang jauh dari kumpulan data sehingga menyebabkan *error* yang besar. Data pencilan ditandai dengan simbol berupa lingkaran dan data ekstrim ditandai dengan simbol bintang (Menéndez-García et al., 2023). Data pencilan dapat dipertimbangkan dengan beberapa pertimbangan berikut:

- Mengeliminasi data pencilan ketika data tidak mewakili sebaran data. Hal ini disebabkan karena kesalahan dalam pengambilan data misalnya *human error* dan kesalahan alat.
- Mempertahankan data pencilan karena data yang dimiliki terbatas.

2.2.5. Uji Kecocokan Model

Uji kecocokan model untuk mengetahui apakah suatu model persamaan memenuhi beberapa kriteria yaitu koefisien determinasi terkoreksi (R^2 -adj), residual standar error, uji F, dan uji T.

a. Koefisien determinasi terkoreksi (R^2 -adj)

Koefisien determinasi (R^2) adalah ukuran dari seberapa besar keragaman variabel terikat terhadap variabel bebas. Koefisien determinasi terkoreksi (R^2 -adj) adalah nilai koefisien determinasi yang telah dikoreksi terhadap variabel bebas dan variabel terikat. Koefisien ini memiliki nilai berkisar 0 – 1. Nilai koefisien 1 artinya menggambarkan variabel bebas terhadap variabel terikat semakin kuat. Kriteria koefisien determinasi terkoreksi pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Koefisien Determinasi Terkoreksi (R^2 -adj)

Koefisien determinasi terkoreksi (R^2 -adj)	Kriteria
0	Tidak ada pengaruh variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y)
0,1 – 0,25	Koefisien determinasi terkoreksi rendah
0,26 – 0,50	Koefisien determinasi terkoreksi sedang
0,51 – 0,75	Koefisien determinasi terkoreksi tinggi
0,76 – 0,99	Koefisien determinasi terkoreksi sangat tinggi
1	Koefisien determinasi terkoreksi sempurna

Sumber: (Yusandi & Jaya, 2016)

b. Residual standar error (RSE)

Residual standar error (RSE) yaitu alat untuk mengetahui keakuratan suatu model. RSE dapat menggambarkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Model allometrik yang baik memiliki nilai RSE kecil yaitu mendekati nol. RSE masih bisa diterima dengan nilai < 30%.

c. Uji F (Uji Hipotesis Simultan)

Uji F untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Uji ini dapat

mengetahui model allometrik layak digunakan atau tidak layak dengan taraf uji 0,05 artinya memiliki tingkat kepercayaan 95%. Pengambilan keputusan yaitu model allometrik dapat diterima memiliki nilai signifikansi F lebih kecil dari 0,05 (Kabdrakhmanova et al., 2021).

d. Uji t (Uji Hipotesis Parsial)

Uji t untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dengan tidak memperhatikan variabel lain dan mengetahui pentingnya variabel bebas (diameter setinggi



dada) dalam menduga volume pohon berdiri. Pengambilan keputusan yaitu model allometrik dapat diterima memiliki nilai t hitung $> t$ tabel dengan tingkat signifikansi lebih kecil dari 0,05 (Utami et al., 2024).

2.2.6 Uji Validasi Model

Uji validasi model adalah memvalidasi dan menentukan apakah model allometrik benar atau tidak dalam mengestimasi volume pohon berdiri menggunakan diameter setinggi dada. Validasi juga dapat mengetahui kelebihan dan kelemahan suatu model untuk mengestimasi. Validasi model menggunakan NRMSE (*Normalize Root Mean Square Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). NRMSE yaitu hasil dari nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dengan penormalisasian.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (At - Ft)^2}{n}} \quad \text{.....(3)}$$

$$\text{NRMSE} = \frac{\text{RMSE}}{\theta} \quad \text{.....(4)}$$

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \quad \text{.....(5)}$$

Keterangan:

At : volume aktual
 Ft : volume estimasi dengan model allometrik
 n : banyaknya data
 RMSE : *Root Mean Square Error*
 NRMSE : *Normalized Root Mean Square*
 θ : Rata – rata volume aktual

NRMSE dan MAPE yaitu uji validasi dengan menunjukkan seberapa besar kesalahan untuk mengestimasi volume pohon berdiri dengan membandingkan nilai aktual volume pohon berdiri dari data hasil inventarisasi di lapangan. Analisis NRMSE dan MAPE harus memiliki kriteria yang sama dan berdasarkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Koefisien Determinasi Terkoreksi (R^2 -adj)

Range NRMSE dan MAPE	Kriteria
<10 %	Kemampuan model <i>Excellent</i>
11 – 20%	Kemampuan model <i>Good</i>
20 – 50%	Kemampuan model <i>Fair</i>
>50%	Kemampuan model <i>Poor</i>

Sumber: (Maricar, 2019)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3. analisis statistik deskriptif untuk mengetahui apakah sebaran data dari hasil inventarisasi memiliki bias atau kesalahan yang dapat dipengaruhi oleh kesalahan manusia saat mengukur dan kesalahan alat akibat kerusakan alat. Tabel 3. menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dari nilai mean artinya variabel bebas diameter ($27,90 < 29,54$) dan

variabel terikat volume pohon berdiri ($1,33 < 2,41$) tidak memiliki kesalahan. Biasanya data akan menyebabkan model allometrik untuk mengestimasi tidak akurat dan valid. Metode ini merupakan langkah awal sebelum pengolahan data dilakukan sebab jika data memiliki bias maka akan memiliki kesalahan pada langkah pengolahan data selanjutnya beserta analisisnya.



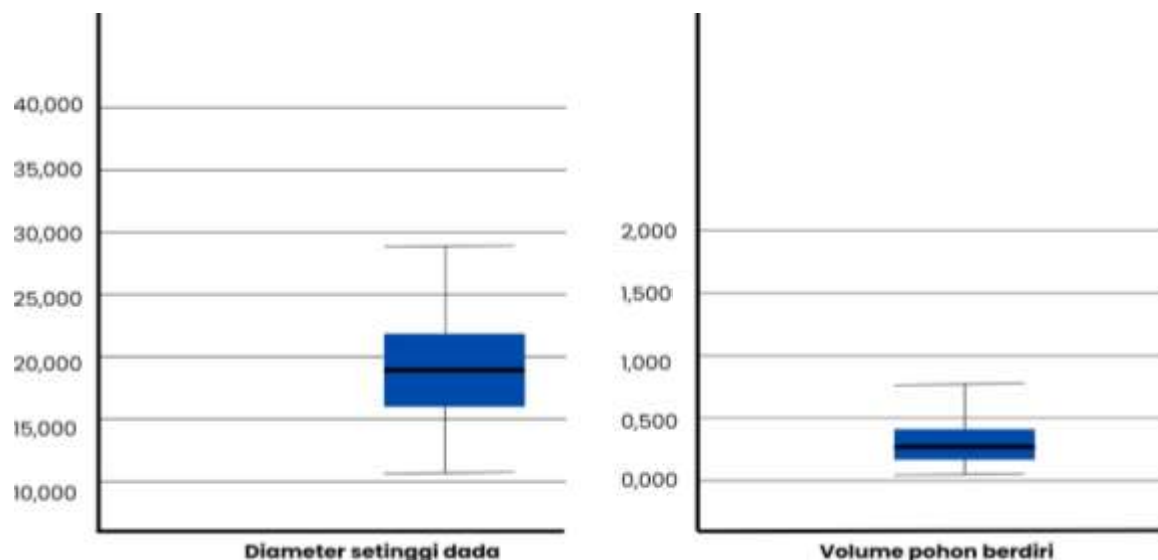
Estimasi tinggi dengan diameter setinggi dada uji penciran menggunakan uji boxplot. Variabel bebas diameter setinggi dada untuk mengestimasi volume pohon berdiri juga dapat digunakan untuk mengestimasi tinggi total

(Balima et al., 2024). Gambar 4. menunjukkan bahwa kumpulan data tidak menyimpang dari sebaran data sehingga tidak ada *outlier* dan nilai ekstrem. Uji boxplot dapat mengetahui nilai mean atau rata – rata dari volume pohon berdiri.

Tabel 3. Analisis Statistik Deskriptif

Parameter	Mean	Standard deviation
Diameter	29,54	27,90
Volume	2,41	1,33

Sumber: Pengolahan data primer



Gambar 4. Analisis Boxplot Volume Pohon Berdiri dengan Diameter Setinggi Dada

Sumber: Pengolahan data primer

Tabel 4. Model Allometrik dengan Persamaan Regresi

Jenis	Persamaan	R ² -Adj	Std Error Estimated	F	Sig	RSS / JKE
Linier	$V = -0.831 + 0.073D$	0.713	1.29	234.524	0,000	154.688
Logaritma	$Y = -2.217 + 1.271 \ln D$	0.409	1.851	66.038	0,000	318.565
Inverse	$Y = 2.256 - 7.613/D$	0.177	2.184	21.2	0,000	443,643
Quadratic	$Y = -0.030 - 0.003D + 0.001D^2$	0.819	1.024	213.746	0,000	96,477
Cubic	$Y = 0,591e-6D^3 + 0.002D^2 - 0.042x + 0.205$	0.823	1.013	146.748	0,000	93.318
Compound	$Y = 0.008 \cdot 1.097^D$	0.778	1.384	329.525	0,000	178.063



Jenis	Persamaan	R ² -Adj	Std Error Estimated	F	Sig	RSS / JKE
Power	$Y = 0.001 D^{2.380}$	0.981	0.406	4819.39	0,000	15.314
Sigmoid	$Y = e^{0.323 - 19.706/D}$	0.836	1.188	479,796	0,000	131,349
Growth	$Y = e^{-4.828 + 0.093D}$	0.778	1.384	329.525	0,000	178.063
Exponential	$Y = 0.008 (e^{0.93D})$	0.778	1.384	329.525	0,000	178.063
Logistic	$Y = (1/u + 124.903 + 0.911D)^{-1}$	0.778	1.384	329.525	0,000	178.063

Sumber: Pengolahan data primer

Tabel menunjukkan bahwa model allometrik untuk mengestimasi volume pohon berdiri dengan variabel bebas diameter bebas cabang yaitu pada model power dengan nilai R²-Adj yaitu 0,981 artinya memiliki hubungan yang sangat tinggi yaitu 98,1% dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Variabel bebas diameter setinggi dada untuk mengestimasi volume pohon berdiri telah banyak digunakan yaitu penelitian Nogueira (2024) R²-Adj yaitu 0,846; (Istikorini & Sari, 2022) R²-Adj yaitu 0,975; (Indrajaya et al., 2024) R²-Adj yaitu 0,937.

Standar error estimated atau residual standard error yang dimiliki model power yaitu 0,406 artinya model ini dapat digunakan karena

memiliki nilai kesalahan yang kecil. Penelitian Balima et al., (2024) menjelaskan standar error untuk model estimasi tinggi dengan diameter setinggi dada memiliki nilai yang kurang dari 30% artinya model dapat diterima.

Keputusan model diterima atau tidak lebih tepatnya saat melihat nilai signifikansi uji F yang nilainya lebih kecil dari nilai taraf uji yaitu 0,05. Tabel 4. menunjukkan pula nilai uji F < taraf uji (0,00 < 0,05). Penelitian Fu et al., (2024) dalam estimasi biomassa menggunakan variabel bebas diameter setinggi dada, penggunaan uji F membantu menentukan apakah perbedaan antara model atau data signifikan atau tidak, sehingga memberikan dasar statistik untuk pemilihan model dan analisis data.

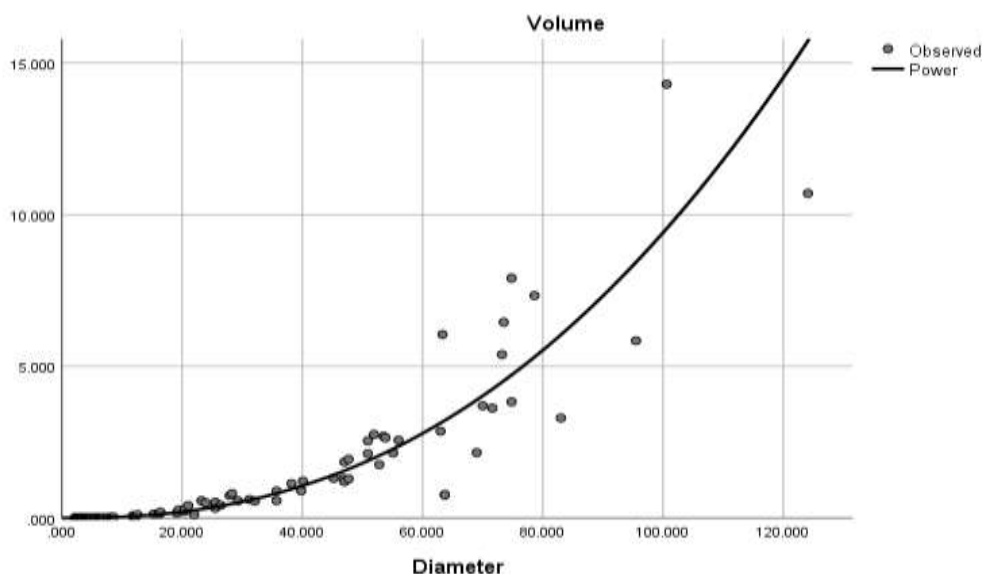
Tabel 5. Uji Validasi Model Terbaik

Uji Validasi	Nilai	Kriteria
NRMSE	1,02	Model peramalan <i>excellent</i>
MAPE	0,32	Model peramalan <i>excellent</i>

Sumber: Pengolahan data primer

Pada tabel 5 menunjukkan hasil uji validasi model power memiliki nilai NRMSE yaitu 1,02 dan MAPE yaitu 0,32 artinya model allometrik estimasi volume pohon berdiri dengan variabel bebas diameter setinggi dada memiliki kriteria validasi model yaitu *excellent*. Model

validasi NRMSE dan MAPE *excellent* sesuai berdasarkan beberapa penelitian dengan nilai NRMSE yaitu 7,41% (Kang et al., 2024) dan MAPE akurat dengan nilai yang kurang dari 5 (Gaikadi & Selvaraj, 2024).



Gambar 5. Kurva Model Power Estimasi Volume Pohon Berdiri dengan Diameter Setinggi Dada

Sumber: Pengolahan data primer

Pada gambar 5 bahwa kurva model power untuk mengestimasi volume pohon berdiri dengan variabel bebas diameter setinggi dada menggambarkan bahwa semakin besar diameter pohon maka akan semakin besar volume pohon berdiri yang akan dihasilkan. Penelitian ini sejalan dengan Kuyah et al., (2024) model power merupakan model unggul yang dapat diandalkan dalam mengestimasi dan memiliki data yang valid.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa model allometrik untuk estimasi volume pohon berdiri (Y) dengan variabel bebas diameter setinggi dada (D) yaitu model power $Y = 0.001 D^{2.380}$. Uji validasi NRMSE dan MAPE memiliki kriteria model peramalan *excellent*. Saran untuk penelitian ini yaitu melakukan penelitian lebih lanjut pada Blok RKT yang berbeda dan jenis yang berbeda. Model allometrik pada penelitian selanjutnya dengan membuat model allometrik penduga

tinggi bebas cabang menggunakan variabel bebas diameter setinggi dada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada PT Gunung Muro Wahana Jaya Kalimantan Utara yang telah mendukung penelitian dalam bentuk materil dan non materil.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, R. A., Pamoengkas, P., & S, S. K. (2024). *Struktur dan Produktivitas Tegakan Hutan Tanaman Shorea mecistopteryx di KHDTK Haurbentes, Kabupaten Bogor (Structure and Productivity of Shorea mecistopteryx Plantation Forests in KHDTK Haurbentes, Bogor Regency)* memiliki kekayaan jenis flora yang sa. 21(1), 18–35.
- Badan Standarisasi Nasional, B. (2019). Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon- Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Berbasis Lahan (land-based carbon accounting). *Badan Standarisasi Nasional, SNI 7724:2*.
- Balima, L. H., Ouoba, F., Marie, B., Nacoulma, I.,



- Bayen, P., Ganam, M., & Thiombiano, A. (2024). *Modeling Height – Diameter Allometric Relationships of Dominant African Oak (Afzelia africana Sm) From West African Dry Savannas*. 2024, 9–11.
- Dipodiningrat, S. (2024). *Pembelanjaan Perusahaan Hutan*. UGM PRESS.
- Fu, W., Niu, C., Hu, C., Zhang, P., & Chen, Y. (2024). Constructing and Validating Estimation Models for Individual-Tree Aboveground Biomass of *Salix suchowensis* in China. *Forests*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/f15081371>
- Gaikadi, S., & Selvaraj, V. K. (2024). Allometric model based estimation of biomass and carbon stock for individual and overlapping trees using terrestrial LiDAR. *Modeling Earth Systems and Environment*, 10(2), 1771-1782.
- Indrajaya, Y., Siarudin, M., Qirom, M. A., Nirsatmanto, A., Sunarti, S., Kartikawati, N. K., Rimbawanto, A., Haryjanto, L., Herawan, T., Putri, A. I., Lestari, F., Halwany, W., Putra, P. B., & Pratiwi, D. (2024). Nonlinear Height-Diameter Models for *Anthocephalus macrophyllus* in Indonesia. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 19(4), 1099–1108. <https://doi.org/10.18280/ijdne.190401>
- Istikorini, Y., & Sari, O. Y. (2022). Jurnal Sylva Lestari. *Jurnal Sylva Lestari*, 10(2), 211–222. <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JHT/article/view/1064/969>
- Kabdrakhmanova, M., Memon, S. A., & Saurbayeva, A. (2021). Implementation of the panel data regression analysis in PCM integrated buildings located in a humid subtropical climate. *Energy*, 237, 121651. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121651>
- Kang, Y., Wang, Y., Fan, Y., Wu, H., Zhang, Y., Yuan, B., & Li, Z. (2024). Wheat Yield Estimation Based on Unmanned Aerial Vehicle Multispectral Images and Texture Feature Indices. *Agriculture*, 14(2), 167.
- Kuyah, S., Muthuri, C., Wakaba, D., Cyamweshi, A. R., Kiprotich, P., & Mukuralinda, A. (2024). Allometric equations and carbon sequestration potential of mango (*Mangifera indica*) and avocado (*Persea americana*) in Kenya. *Trees, Forests and People*, 15(November 2023), 100467. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100467>
- LHK RI, K. (2021). Permen LHK No.04 Tahun 2021. *Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia*, 3, 1–319.
- Maricar, M. A. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average Dan Exponential Smoothing Untuk Sistem Peramalan Pendapatan Pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem Dan Informatika*, 13(2), 1–10.
- Menéndez-García, L. A., García-Nieto, P. J., García-Gonzalo, E., Lasheras, F. S., Álvarez-de-Prado, L., & Bernardo-Sánchez, A. (2023). Method for the Detection of Functional Outliers Applied to Quality Monitoring Samples in the Vicinity of El Musel Seaport in the Metropolitan Area of Gijón (Northern Spain). *Mathematics*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/math11122631>
- Nogueira, F. C. B. (2024). Improved Allometric Models to Estimate the Aboveground Biomass of Native Woody Trees in the Seasonally Dry Tropical Forest of Northeastern Brazil. *Available at SSRN 4804295*.
- Pilli, R., Blujdea, V. N. B., Rougieux, P., Grassi, G., & Mubareka, S. B. (2024). Volume, increment, and aboveground biomass data series and biomass conversion and expansion factors for the main forest types of EU Member States. *Annals of Forest Science*, 81(1). <https://doi.org/10.1186/s13595-024-01256-5>
- Ravid, R. (2024). *Practical statistics for educators*. Rowman & Littlefield.
- Rodda, S. R., Nidamanuri, R. R., Mayamanikandan, T., Rajashekar, G., Jha, C. S., & Dadhwal, V. K. (2024). Non-Destructive Allometric Modeling for Tree Volume Estimation in Tropical Dry Deciduous Forests of India Using Terrestrial Laser Scanner. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 52(4), 825–839. <https://doi.org/10.1007/s12524-022-01664-y>
- Roy, A., & Debbarma, S. (2024). Comparing the allometric model to machine learning algorithms for aboveground biomass estimation in tropical forests. *Ecological Frontiers*, 44(5), 1069–1078. <https://doi.org/10.1016/j.ecofro.2024.05.010>
- Setiarno. (2017). Keragaman Floristik Dan Status Keterancaman Kepunahan Jenis Tumbuhan Di



- Kawasan Air Terjun Bunbun Kabupaten Murung Raya. *Jurnal Hutan Tropika*, 12(2), 22–31.
- Sharma, S., Mahajan, P. K., Gupta, R. K., Chandel, A., Sharma, S., Sankhyan, N., Sharma, U., Sharma, S., Almutairi, K. F., Avila-Quezada, G. D., & Abdallah, E. F. (2024). Allometric Models for Volume Estimation of Red Cedar (*Toona Ciliata* M. Roem.) in the Northwestern Himalayas of India. *Applied Ecology and Environmental Research*, 22(2), 1577–1590. https://doi.org/10.15666/aeer/2202_15771590
- Utami, Sri W., Hadi Purwanto, R., Sunarta, S., Kehutanan, F., Mulawarman Jl Penajam, U., Gunung Kelua, K., Kalimantan Timur, S., & Gadjah Mada, U. (2024). Model allometrik daun dan ranting kayu putih di bkph subang jawa barat *Jurnal Hutan Tropis*, 12(1).
- Utami, Sri W., Purwanto, R. H., & Sunarta, S. (2024). Strategi Pengelolaan Bahan Baku Minyak Kayu Putih Di Bkph Subang Untuk PMKP Jatimunggul. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 19(1), 74–85. <https://doi.org/10.31849/forestra.v19i1.16793>
- Wang, Y., Kershaw, J. A., Ducey, M. J., Sun, Y., & McCarter, J. B. (2024). What diameter? What height? Influence of measures of average tree size on area-based allometric volume relationships. *Forest Ecosystems*, 11(November 2023), 100171. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100171>
- Westfall, J. A., & Coulston, J. W. (2024). A national-scale tree volume, biomass, and carbon modeling system for the United States. *Gen. Tech. Rep. WO-104*. Washington, DC: US Department of Agriculture, Forest Service., 104. <https://doi.org/10.2737/WO-GTR-104>
- Yusandi, S., & Jaya, I. N. S. (2016). The estimation model of mangrove forest biomass using a medium resolution satellite imagery in the concession area of forest consession company in West Kalimantan. *Bonorowo Wetlands*, 6(2), 69–81. <https://doi.org/10.13057/bonorowo/w060201>