

## Model Estimasi Volume Tegakan *Eucalyptus Urophylla* di Hutan Lindung Lelogama, Nusa Tenggara Timur

Meilyn Renny Pathibang, Jeriels Matatula\*, Aah Ahmad Almulqu, Adrin, Yudhistira Ora, Maria Patrisia Ari, Mitha Rabiyyatul Nufus, Dina Tiara Kusumawardhani  
Jurusan Kehutanan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Kupang, Indonesia  
\*Email: [Jerielsforestry@gmail.com](mailto:Jerielsforestry@gmail.com)

Artikel diterima : 20 Juni 2025. Revisi diterima : 1 September 2025.

### ABSTRACT

This study aimed to calculate the stand potential, to develop a model for estimating the volume of the ampupu stand, and to calculate the stand potential based on the best model. The model for estimating the volume of ampupu (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) stands in the Lelogama Protection Forest area was prepared based on 130 sample trees, 70 trees as model trees and 60 trees as model validation. The results of this study showed that the potential of ampupu stands in the Lelogama Protection Forest ranged from 41.133.28 m<sup>3</sup> – 42.123.58 m<sup>3</sup> with an average volume per Ha = 269.02 m<sup>3</sup>. The best model in modeling was selected based on the maximum coefficient of determination (R<sup>2</sup>), least bias (SEE), and model validation based on the average deviation (SR), aggregate deviation (SA), root mean square of deviation and bias (e). Based on the best model for estimating the volume of ampupu is  $V=5.81D1.678T-0.032$ , with a value of R<sup>2</sup> = 81.5%, SEE= 0.123, SR= 0.214%, SA=-0.267%, RMSE=-0.205 and e=-0.183. The estimated Stand volume calculated based on the best model ( $V=5.81D1.678T-0.032$ ) ranged from 47.109,49 m<sup>3</sup> - 48.190,96 m<sup>3</sup> with an average volume per hectare of 307,94 m<sup>3</sup>.

**Key words:** Ampupu, Estimation model, Lelogama, Regression equation, Stand potential.

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung potensi tegakan, mengembangkan model estimasi volume tegakan ampupu, dan menghitung potensi tegakan berdasarkan model terbaik. Model estimasi volume tegakan ampupu (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) di kawasan Hutan Lindung Lelogama disusun berdasarkan 130 pohon contoh, 70 pohon sebagai pohon model, dan 60 pohon sebagai validasi model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi tegakan ampupu di Hutan Lindung Lelogama berkisar antara 41.133,28 m<sup>3</sup> – 42.123,58 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume per Ha = 269,02 m<sup>3</sup>. Model terbaik dalam pemodelan dipilih berdasarkan koefisien determinasi maksimum (R<sup>2</sup>), bias terkecil (SEE), dan validasi model berdasarkan simpangan baku (SR), simpangan agregat (SA), akar kuadrat rata-rata simpangan baku dan bias (e). Berdasarkan model terbaik untuk estimasi volume ampupu adalah  $V=5,81D1,678T-0,032$ , dengan nilai R<sup>2</sup> = 81,5%, SEE= 0,123, SR= 0,214%, SA=-0,267%, RMSE=-0,205 dan e=-0,183. Estimasi volume tegakan yang dihitung berdasarkan model terbaik ( $V=5,81D1,678T-0,032$ ) berkisar antara 47.109,49 m<sup>3</sup> - 48.190,96 m<sup>3</sup> dengan volume rata-rata per hektar sebesar 307,94 m<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** Ampupu, Lelogama, Model estimasi, Persamaan Regresi, Potensi tegakan.

### PENDAHULUAN

Ampupu (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) merupakan tumbuhan endemik yang berperan sangat penting di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) dan merupakan salah satu komponen flora sabana di Nusa Tenggara Timur. Tumbuhan ampupu memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi dan dimanfaatkan sebagai bahan baku pulp, bahan bangunan, minyak atsiri, dan pakan lebah (Pathibang dkk., 2024). Sehubungan dengan hasil tegakan yang diperoleh, diperlukan data potensi tegakan hutan. Data potensi tegakan didasarkan pada penilaian akurat, yang bisa tercapai dengan

menggunakan parameter dan perangkat estimasi yang tepat. Almulqu (2025); Matatula dkk., (2021); Wirabuana dkk., (2021) penggunaan teknik yang tepat dalam estimasi volume kayu berguna dalam pengelolaan potensi tegakan, evaluasi tegakan, dan perhitungan hasil kayu yang efisien.

Model estimasi volume kayu merupakan salah satu pendekatan kuantitatif yang digunakan untuk menduga volume pohon atau tegakan tanpa harus melakukan penebangan. Model ini biasanya dibentuk berdasarkan hubungan matematis antara variabel bebas, seperti diameter setinggi dada (*diameter breast height/dbh*) dan tinggi pohon dengan variabel terikat berupa volume pohon.

Melalui model yang dihasilkan, perhitungan potensi tegakan dapat dilakukan secara lebih efisien, akurat, dan berkelanjutan (Akindele & LeMay, 2006). Selain itu, model estimasi volume juga menjadi dasar dalam perencanaan pengelolaan hutan, penentuan potensi hasil hutan, serta sebagai acuan dalam penyusunan kebijakan pengelolaan sumber daya hutan.

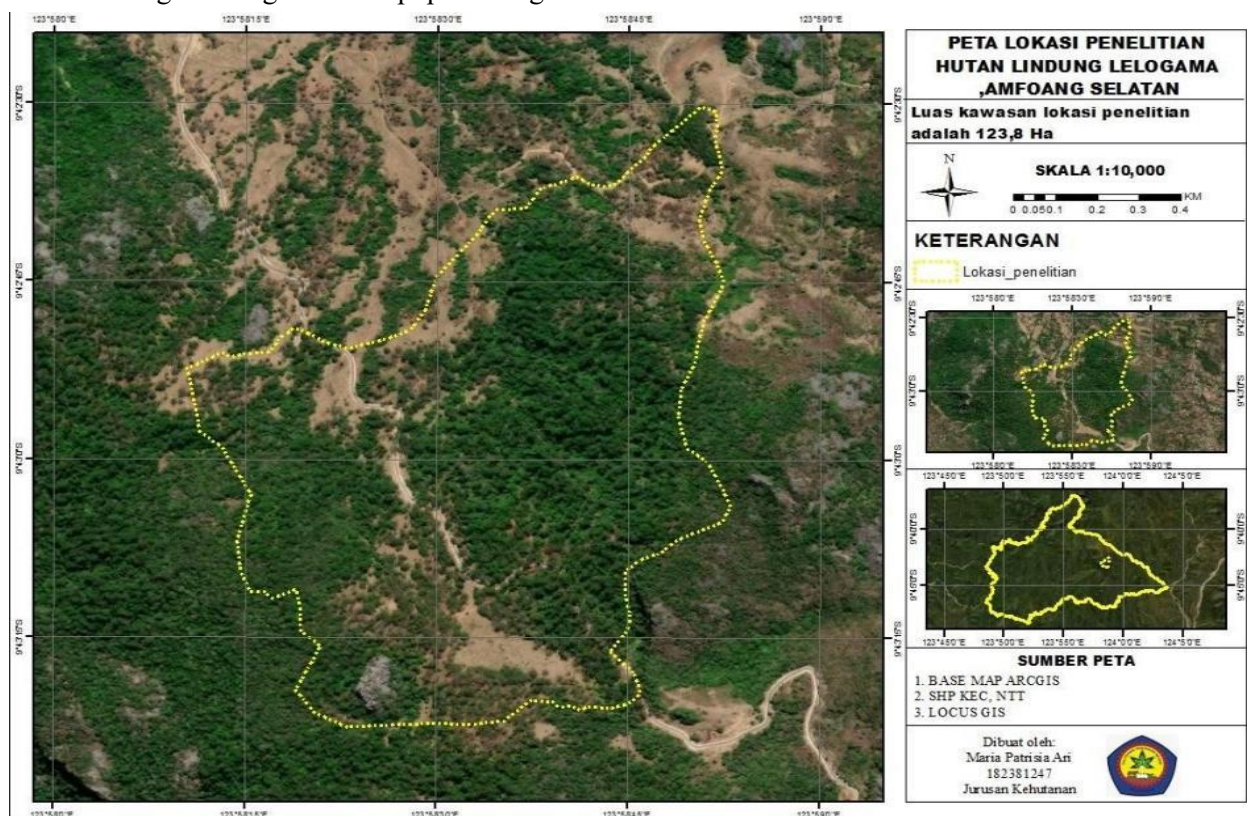
Informasi tentang potensi tegakan umumnya diperoleh melalui estimasi volume pohon menggunakan nomor bentuk. Penggunaan nomor bentuk cukup praktis di lapangan, tetapi memiliki akurasi yang rendah karena variasi pertumbuhan pohon yang dipengaruhi oleh perbedaan jenis, tempat tumbuh dan praktik silvikur, sehingga menghasilkan bentuk dan ukuran batang yang berbeda. Estimasi volume secara umum tidak direkomendasikan untuk digunakan karena menghasilkan estimasi yang kurang akurat dan merupakan sumber kesalahan estimasi (Pathibang dkk., 2023). Hutan Lelogama merupakan kawasan hutan lindung yang didominasi oleh tegakan ampupu. Hutan Lindung Lelogama dikelola oleh Unit Pelaksana Teknis Daerah Kesatuan Pengelolaan Hutan Daerah Kabupaten Kupang yang secara administratif terletak di Desa Lelogama, Kecamatan Amfoang Selatan, Kabupaten Kupang dan memiliki luas 123,8 Ha. Informasi mengenai tegakan Ampupu sebagai

salah satu tegakan yang membentuk kawasan Hutan Lindung Lelogama sangat diperlukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang menghasilkan data potensial dan model estimasi volume tegakan Ampupu. Penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan model estimasi volume kayu yang dapat digunakan untuk menghitung volume kayu Ampupu secara lebih akurat dan memberikan kontribusi data volume tegakan Ampupu untuk keperluan penyusunan rencana pengelolaan, khususnya di Hutan Lindung Lelogama.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di hutan lindung Unit Pelaksana Teknis Dinas Kesatuan Pengelolaan Hutan (UPTD KPH) Lelogama, Kabupaten Kupang. Secara administratif terletak di Desa Lelogama, Kecamatan Amfoang Selatan, Kabupaten Kupang. Waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan penelitian hingga pengolahan data adalah tiga bulan, meliputi persiapan penelitian, pengumpulan data di lapangan, pengolahan data, dan analisis data. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

## Prosedur Penelitian

### Persiapan Peta Kawasan

Peta kerja yang digunakan yaitu peta kawasan hutan lindung Lelogama yang bersumber dari hasil pengukuran luas dengan metode polygon dengan skala peta 1:10.000. Luas kawasan hutan lindung Lelogama adalah 123,8 Ha.

### Penentuan Metode Sampling Pohon

Metode yang digunakan untuk pengukuran potensi adalah *systematic sampling with purposive start*. Pemilihan metode tersebut berdasarkan Petunjuk Teknis Inventarisasi KPHP dan KPHL, yang dimodifikasi dengan awalan *purposive* karena atas dasar pertimbangan plot awal dekat dengan jalan raya, sedangkan plot selanjutnya dipilih secara sistematis.

Metode untuk menentukan pohon model yang akan digunakan dalam menyusun model pendugaan volume adalah metode *purposive sampling*, yang dipilih berdasarkan keterwakilan dari setiap kelas diameter dan sesuai dengan kriteria pohon model.

### Penentuan Intensitas Sampling (IS), Jumlah Klaster, dan Jumlah Plot

Penentuan intensitas sampling didasarkan pada pertimbangan peneliti yaitu dapat mewakili sebagian dari seluruh populasi. IS yang digunakan adalah 0,08%, lebih besar dari IS yang ditentukan berdasarkan Petunjuk Teknis Inventarisasi di KPH. Semakin besar IS yang digunakan, tingkat ketelitian data akan semakin tinggi. Berdasarkan IS yang telah ditentukan, jumlah klaster dan plot yang digunakan dalam kegiatan inventarisasi di Kawasan Hutan Lindung Lelogama adalah :

Luas kawasan Hutan Lindung Lelogama= 123,8 ha

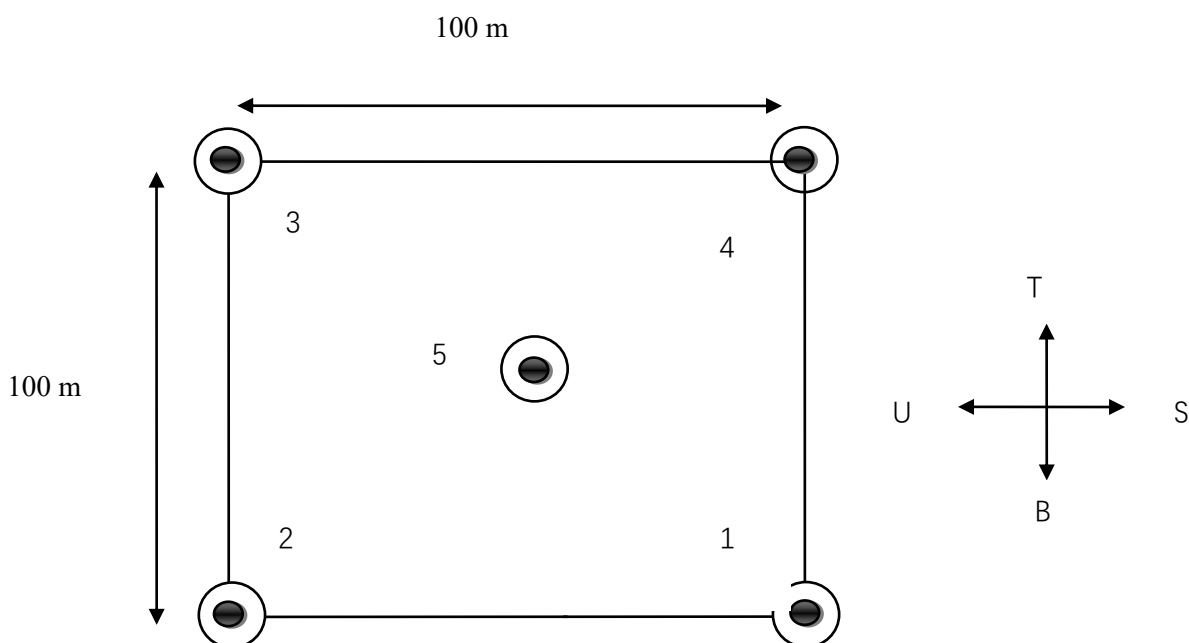
Luas sampel yang akan diinventarisasi = 0,08 % x 123,8 ha = 10 ha.

Ukuran klaster = 100m x 100m atau 10.000m<sup>2</sup> (1 ha)

Jumlah klaster yang diinventarisasi = 10 ha / 1 ha = 10 klaster

- Setiap klaster terdapat 5 plot sehingga jumlah plot keseluruhan adalah 10 x 5 = 50 plot.

Jumlah klaster yang akan diinventarisasi adalah 10 klaster. Klaster adalah satuan unit contoh pengamatan di lapangan yang merupakan sekumpulan dari beberapa plot contoh. Dalam setiap klaster dibuat 5 plot berbentuk lingkaran dengan jari-jari 17,8 m pada setiap sudut klaster dan di tengah klaster. Peta kerja dan desain klaster (Gambar 2)



**Gambar 2.** Desain Klaster Berukuran 100 m x 100 m

Keterangan:

Plot  Klaster 

### Penentuan Titik Koordinat Klaster di Atas Peta dan Perencanaan Klaster

Titik koordinat ditentukan secara sistematis di atas peta kerja menggunakan *Google Earth* kemudian diletakkan secara sistematis. Jarak antar klaster sama yaitu 200 m dan jarak dari titik ikat ke klaster 1 yaitu 100 m.

### Penentuan Titik Ikat

Penentuan titik ikat pada peta berupa bentuk-bentuk fisik permanen seperti simpang sungai, simpang jalan, jembatan dan lain-lain. Tujuan dari pengambilan titik ikat ini adalah untuk mendapatkan posisi awal plot dengan mengukur jarak dan sudut arah atau azimuth. Pada penelitian titik ikat yang diambil yaitu pada jalan raya dalam kawasan dengan koordinat: S= 123° 58' 43,47" dan E = 9° 43' 16,17".

### Pembuatan Klaster dan Plot

Plot inventarisasi hutan pada hutan lahan kering berupa klaster berbentuk persegi dengan ukuran 100 m x 100 m yang di dalamnya terdapat plot berbentuk lingkaran sebanyak 5 buah yang ditempatkan pada setiap sudut klaster dan di tengah klaster dengan masing-masing luas plot 0,1 ha (jari-jari = 17,8 m).

### Pengukuran Tinggi dan Keliling Pohon untuk Menentukan Potensi Tegakan

Parameter yang diukur untuk menentukan potensi tegakan dengan menggunakan rumus volume dan angka bentuk yang umum digunakan adalah tinggi dan diameter. Parameter tersebut diukur pada semua pohon yang ada dalam plot atau petak ukur yang telah ditentukan. Tinggi pohon diukur menggunakan hagameter, sedangkan keliling pohon diukur menggunakan pita meter pada ketinggian 1,3 m di atas permukaan tanah atau diameter setinggi dada (Dbh).

### Pengukuran Tinggi dan Diameter Pohon Model

Parameter yang diukur untuk menentukan volume aktual dan volume silindris adalah diameter dan tinggi pohon model. Diameter pohon model untuk volume aktual diukur menggunakan *spiegel relaskop* yang diukur perseksi mulai pada bagian pangkal pohon sampai ujung bebas cabang yaitu pada pangkal tajuk. Panjang setiap seksi adalah 2 m. Sedangkan diameter pohon untuk volume silindris diukur menggunakan pita meter

pada ketinggian 1,3 m di atas permukaan tanah. Tinggi pohon model diukur menggunakan hagameter.

### Pemilihan Pohon Model untuk Pendugaan Model Volume

Pohon model dipilih menggunakan metode *purposive sampling*. Kriteria pemilihan pohon model yang ditetapkan adalah memiliki batang pohon yang lurus, kondisi sehat serta bebas dari serangan hama dan penyakit yang nampak. Selain itu, pohon yang dipilih juga mewakili variasi diameter dan tinggi pohon yang ada di lapangan sehingga mampu menggambarkan kondisi tegakan secara umum dan representatif. Pohon model dibagi atas dua kelompok yaitu pohon model yang digunakan untuk penyusunan model penduga dan pohon model yang digunakan untuk validasi model (Ximenes dkk., 2023; Menendé-Miguéles dkk., 2014; Ardelina dkk., 2015).

Jumlah pohon yang ditetapkan sebagai pohon model tergantung pada banyaknya pohon pada suatu petak ukur dan berkisar antara 50 sampai 100 pohon atau lebih yang dipilih sesuai dengan kriteria (Pathibang dkk., 2024; Menendé-Miguéles dkk., 2014; Ardelina dkk., 2015). Pengukuran terhadap pohon-pohon model tersebut dilakukan dengan cara mengukur tinggi sampai pangkal tajuk, diameter setinggi dada (dbh), dan diameter per seksi. Panjang seksi adalah 2 m yang diukur mulai dari pangkal pohon (Wirabuana dkk., 2024)

## Analisis Data

### Menghitung Volume Tegakan

Analisis yang digunakan untuk menghitung volume tegakan adalah analisis pendugaan nilai tengah menggunakan SPSS 10.3 (*Software statistical program for social science*). Tahapan analisis data meliputi perhitungan:

#### 1. Diameter (d)

$$d = k/\pi$$

Keterangan :

K = keliling (cm)

$$\pi (\text{phi}) = 3,14$$

#### 2. Volume pohon (V)

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 t.f$$

Keterangan:

v = volume pohon ( m<sup>3</sup>)

d<sup>2</sup> = diameter setinggi dada (dbh)

$\pi$  = phi (3,14)

t = tinggi pohon (m)

f = bilangan bentuk (0,7)



### Angka Bentuk

Angka bentuk merupakan suatu faktor koreksi yang diperoleh dari perbandingan antara volume pohon dengan volume silindris yang mempunyai tinggi dan bidang dasar yang sama dan dirumuskan sebagai berikut

$$f = \text{VAVS}$$

Keterangan :

- f = angka bentuk pohon
- VA = volume pohon aktual
- VS = volume silindris

#### 1. Volume Pohon Silindris (VS)

Volume silindris dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_s = \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot t$$

Keterangan :

- V<sub>s</sub> = volume pohon silinder.
- $\pi$  = konstanta phi (3,14).
- d = diameter setinggi dada (1,3 m).
- t = tinggi bebas cabang

#### 2. Volume Pohon Aktual (VA)

Volume pohon aktual merupakan total dari volume per seksi pada pohon model. Dasar perhitungan volume per seksi yang digunakan adalah berdasarkan rumus Smalian yaitu:

$$VA = B_p + B_u \times L$$

Keterangan:

- VA = volume aktual
- B<sub>p</sub> = luas bidang dasar pangkal
- B<sub>u</sub> = luas bidang dasar ujung
- L = panjang seksi

### Model Pendugaan Volume Pohon

Model penduga volume pohon disusun berdasarkan hubungan antara volume pohon sebagai variabel terikat (*dependent variable*) dengan diameter dan tinggi pohon sebagai variabel bebas (*independent variable*). Model persamaan regresi yang akan digunakan dalam pendugaan model volume tegakan ampupu adalah sebagai berikut (Simon, 2009):

1. Model Linear/garis lurus :  $V = a + bD$
2. Model Power/geometrik :  $V = aD^b$
3. Model Eksponensial :  $V = ae^{bD}$
4. Model Logaritma :  $V = \text{Log } a + b \log D$
5. Model Linear berganda :  $V = a + bD + cT$
6. Model Power berganda :  $V = aD^b T^c$
7. Model Kuadrat :  $V = a + bD + cD^2$

Keterangan:

- V : Volume pohon ( $m^3$ )
- D : Diameter setinggi dada (cm)
- T : Tinggi pohon (m)
- a, b, c, d : Konstanta/koeffisien regresi dan  $e = 2,7183$

### Tahap Penyusunan Model Pendugaan Volume

Pemilihan model terbaik dilakukan pada tahap penyusunan validasi model. Tahap penyusunan model dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), kesalahan standar estimasi (*standard error of the estimate*) (SEE), dan bias (e) dari masing-masing model (Riady, 2011). Persamaan dari uji statistik yaitu:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k}}$$

Keterangan:

- $y_i$  : nilai pengukuran ke i
- $\hat{y}$  : nilai pendugaan dari pengukuran ke i
- y : rata-rata nilai pengukuran
- n : jumlah unit contoh / jumlah pohon model
- k : jumlah parameter

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) menunjukkan proporsi variasi total di sekitar nilai tengah yang dapat dijelaskan oleh variasi regresi. Semakin tinggi nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) suatu model maka kualitas model tersebut semakin baik (Guendehou *dkk.*, 2012; Kesuma *dkk.*, 2016).

Kesalahan standar estimasi (SEE) merupakan ukuran yang menunjukkan banyaknya kesalahan suatu model dalam memprediksi variabel terikat (McCormick *dkk.*, 2015). Menurut Kuswandi (2016), kriteria pemilihan model terbaik pada tahapan penyusunan model menggunakan sistem skoring terhadap nilai  $R^2$ , SEE, dan Bias (e)

- Nilai 1 diberikan kepada model dengan nilai  $R^2$ , tertinggi pertama, bias(e) dan SEE terendah pertama.
- Nilai 2 diberikan kepada model dengan nilai  $R^2$ , tertinggi kedua, bias (e) dan SEE terendah kedua.
- Nilai selanjutnya diberikan dengan menggunakan sistem yang sama dan model terbaik adalah model yang memiliki skor terendah.

### Validasi Model

Penentuan validasi model dilakukan untuk melihat dan memastikan kembali apakah model pendugaan tersebut telah sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Untuk menentukan validasi model ada beberapa nilai yang digunakan yaitu:

akar rata-rata kuadrat simpangan (RMSE), simpangan rata-rata (SR), simpangan agregatif (SA) dan nilai bias (e). Nilai RMSE menggambarkan ketepatan dari pendugaan, nilai SR merupakan rata-rata jumlah dari nilai mutlak selisih antara volume aktual dan volume dugaan, proposional terhadap volume dugaan. Sementara itu nilai SA memberikan simpangan volume dugaan dengan volume sebenarnya, dan nilai bias (e) menggambarkan kesalahan yang secara sistematis dapat terjadi akibat kesalahan teknis dalam pengukuran (Sahuri, 2017). Semakin kecil nilai RMSE, SR, SA dan bias maka model yang dihasilkan semakin baik. Nilai RMSE, SR, SA, dan bias dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$e = \frac{\sum(Vd - Va)}{n} \times 100\%$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Vd - Va)^2}{n}} \times 100\%$$

$$SR = \frac{\sum|Vd - Va|}{n} \times 100\%$$

$$SA = \frac{\sum(Vd - Va)}{n} \times \frac{\sum(Vd - Va)}{\sum Vd}$$

Keterangan:

e = bias

RMSE = akar rata-rata kuadrat simpangan

Vd = volume dugaan berdasarkan persamaan (m<sup>3</sup>)

Va = volume aktual (m<sup>3</sup>),

**Table 1.** Data Perhitungan Volume Hasil Inventarisasi Tegakan Ampupu di Hutan Lindung Lelogama

NO PU	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3	Klaster 4	Klaster 5	Klaster 6	Klaster 7	Klaster 8	Klaster 9	Klaster 10	Total
1	15,12	23,56	43,81	29,98	25,48	29,48	56,10	16,98	36,61	30,34	307,47
2	28,82	23,26	46,56	26,06	32,95	15,03	24,82	30,52	33,07	15,15	276,24
3	19,19	26,99	32,56	21,99	13,28	28,05	14,88	19,54	53,92	24,00	254,40
4	43,11	28,68	21,99	21,05	13,98	27,44	42,60	32,70	23,91	22,09	277,54
5	9,64	12,70	18,74	24,44	32,52	14,84	20,43	30,04	13,14	52,95	229,45
<b>Total(m<sup>3</sup>)</b>	<b>115,88</b>	<b>115,20</b>	<b>163,66</b>	<b>123,51</b>	<b>118,21</b>	<b>114,85</b>	<b>158,83</b>	<b>129,76</b>	<b>160,65</b>	<b>144,53</b>	<b>1.345,10</b>

Berdasarkan hasil analisis data pada Tabel 1, diketahui bahwa total volume tegakan untuk 10 klaster adalah 1345,10 m<sup>3</sup> dengan rata-rata 134,51 m<sup>3</sup> per klaster atau 26,90 m<sup>3</sup> per PU. Volume tegakan terbesar terdapat pada klaster 3, yaitu 163,66 m<sup>3</sup> dan volume tegakan terkecil terdapat pada klaster 1, yaitu 115,20 m<sup>3</sup>. Berdasarkan analisis data menggunakan SPSS, diketahui bahwa volume pohon minimum per PU adalah 9,64 dan volume pohon maksimum adalah 56,10 m<sup>3</sup>, nilai simpangan baku adalah 11,06 m<sup>3</sup>, dan nilai galat baku adalah 1,56 m<sup>3</sup>. Estimasi rata-rata volume tegakan per petak ukur berkisar antara 23,75 m<sup>3</sup> - 30,04 m<sup>3</sup> atau 237,5 m<sup>3</sup> - 300,4 m<sup>3</sup> per hektar sehingga estimasi total volume tegakan ampupu pada areal seluas 123,8 Ha adalah 41.133,28 m<sup>3</sup> - 42.123,58 m<sup>3</sup>.

SR = simpangan rata-rata

SA = simpangan agregatif.

Menurut Kuswandi (2016), model terbaik dalam tahap validasi ditentukan melalui sistem skoring pada nilai nilai tersebut. Nilai 1 diberikan pada model dengan nilai RMSE SR, SA, dan e terendah pertama, nilai 2 diberikan kepada model dengan nilai RMSE SR, SA, dan e terendah kedua, dan dengan sistem yang sama nilai terendah diberikan kepada model terendah selanjutnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Volume Tegakan Ampupu di Hutan Lindung Lelogama

Parameter yang diukur untuk menentukan potensi tegakan ampupu di hutan lindung Lelogama menggunakan rumus volume yang umum digunakan adalah diameter setinggi dada (dbh) dan tinggi bebas cabang pohon. Berdasarkan hasil perhitungan lapangan, jumlah pohon ampupu di semua klaster pengamatan adalah 625 pohon. Rekapitulasi hasil perhitungan volume tegakan ampupu di setiap Petak Ukur (PU). Data keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

### Perhitungan Angka Bentuk

Angka bentuk merupakan suatu faktor koreksi yang diperoleh dari perbandingan antara volume silindris yang mempunyai tinggi dan bidang dasar yang sama (Susila, 2012). Angka bentuk batang ampupu (f) merupakan perbandingan antara volume aktual yang dihitung berdasarkan diameter per seksi dan tinggi pohon sampai pangkal tajuk dengan volume silindris yang dihitung berdasarkan diameter setinggi dada (130 m) dan tinggi pohon sampai pangkal tajuk. Jumlah pohon yang dipilih untuk menentukan angka bentuk di hutan lindung Lelogama sebanyak 70 pohon, dengan sebaran diameter berkisar antara 33,44 cm – 62,74 cm dan tinggi pohon berkisar antara 8 m-19 m. Hasil perhitungan angka bentuk (f) tegakan ampupu di hutan lindung Lelogama, dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pehitungan Angka Bentuk

No	VS (m <sup>3</sup> )	VA (m <sup>3</sup> )	F	No	VS (m <sup>3</sup> )	VA (m <sup>3</sup> )	F	
1	1,32	1,01	0,76	36	3,55	1,05	0,29	
2	2,04	0,81	0,40	37	3,21	1,79	0,56	
3	1,79	1,39	0,78	38	2,71	2,31	0,85	
4	1,72	0,88	0,51	39	3,21	1,07	0,33	
5	2,39	1,56	0,65	40	2,60	1,58	0,61	
6	2,32	0,80	0,34	41	2,38	1,30	0,55	
7	1,92	1,03	0,54	42	3,47	1,04	0,30	
8	2,47	1,01	0,41	43	1,97	1,00	0,51	
9	2,17	1,62	0,75	44	4,22	1,50	0,36	
10	1,63	0,97	0,59	45	2,13	1,08	0,50	
11	2,18	1,42	0,65	46	2,27	1,02	0,45	
12	1,49	1,02	0,69	47	2,67	1,56	0,59	
13	2,62	1,22	0,47	48	2,81	1,62	0,58	
14	2,37	1,36	0,57	49	2,77	1,34	0,48	
15	1,38	0,57	0,42	50	3,10	1,73	0,56	
16	2,71	1,29	0,47	51	1,25	1,07	0,85	
17	2,83	0,98	0,35	52	1,98	1,04	0,53	
18	2,21	0,79	0,36	53	1,57	1,07	0,68	
19	2,58	1,65	0,64	54	2,24	1,44	0,64	
20	2,38	1,70	0,71	55	1,26	1,30	0,66	
21	2,87	1,36	0,47	56	3,25	1,42	0,44	
22	2,58	1,42	0,55	57	2,78	1,60	0,58	
23	3,20	1,78	0,56	58	3,41	1,34	0,39	
24	3,17	1,10	0,35	59	1,96	1,77	0,90	
25	2,53	1,65	0,65	60	1,86	1,42	0,70	
26	3,03	2,08	0,69	61	3,26	1,44	0,44	
27	2,56	1,23	0,48	62	2,09	0,98	0,47	
28	2,44	1,05	0,43	63	1,87	1,12	0,60	
29	2,14	1,07	0,50	64	3,52	1,94	0,55	
30	2,30	1,66	0,72	65	1,91	2,04	0,88	
31	2,91	0,91	0,42	66	2,78	1,91	0,69	
32	2,28	1,30	0,57	67	1,23	0,62	0,51	
33	2,27	1,42	0,63	68	1,67	1,12	0,67	
34	2,16	1,05	0,49	69	2,97	1,97	0,66	
35	2,48	0,97	0,39	70	1,40	1,12	0,80	
							Σf	39,17
								0,56

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3, angka bentuk tegakan ampupu di lokasi penelitian berkisar antara 0,53 - 0,60 dengan rata-rata 0,56. Rata-rata tersebut lebih besar bila dibandingkan dengan hasil penelitian Susila dan Darwo (2015) pada tegakan ampupu di kawasan hutan Wolobobo, Bajawa, yang memperoleh hasil 0,40 dengan kisaran 0,36 – 0,45. Perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan kondisi tempat tumbuh yang mempengaruhi pertumbuhan tegakan serta jarak antara pohon. Hasil perhitungan angka bentuk pada lokasi penelitian serta hasil penelitian Susila dan Darwo (2015) sama-sama menunjukkan bahwa angka bentuk yang umumnya digunakan pada hutan alam, yaitu 0,7 akan memberikan

*overestimasi* jika digunakan pada hutan alam yang disusun oleh tegakan ampupu.

*Model Persamaan Pendugaan Volume Tegakan Ampupu*

Model persamaan pendugaan volume merupakan suatu persamaan yang digunakan untuk menentukan volume suatu tegakan. Model persamaan tersebut disusun berdasarkan hubungan antara variabel terikat (*dependent variable*) yaitu volume pohon dengan variabel bebas (*independent variable*) yaitu diameter dan tinggi pohon. Persamaan yang digunakan untuk menentukan model pendugaan volume tegakan ampupu yaitu model linear/garis lurus :  $V = a + bD$ , model power/geometrik :  $V = aD^b$ , model eksponensial :  $V = aD^b$

=  $ae^{bD}$ , model logaritma :  $V = \text{Log } a + b \log D$ , model linear berganda :  $V = a + bD + cT$ , model power berganda :  $V = aD^bT^c$ , model kuadrat :  $V = a + bD + cD^2$ . Pada model linear/garis lurus, model linear berganda dan model Kuadrat regresi dilakukan secara langsung pada data asli sedangkan pada model power/geometrik, model logaritma, model eksponensial, dan model power berganda regresi dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan penyederhanaan logaritma artinya model power/geometrik, model logaritma, model eksponensial, dan model power berganda harus diubah menggunakan logaritma natural sebelum melakukan analisis regresi (Bustomi, dkk. 1998). Model persamaan pendugaan volume bertujuan untuk menaksir volume pohon berdiri dari suatu tegakan yang memiliki ketelitian tinggi (Sumadi, dkk 2010). Untuk mendapatkan model terbaik yang

memiliki ketelitian tinggi maka ada beberapa komponen yang digunakan dalam penyusunan model terbaik yaitu model pendugaan, validasi model dan pemilihan terbaik berdasarkan skoring.

*Penyusunan Model Estimasi Volume*

Hubungan antara diameter dan tinggi pohon merupakan komponen yang sangat penting untuk diperhatikan dalam membangun model estimasi untuk melihat representasi kedua variabel tersebut dalam membangun model estimasi volume pohon yang secara bersama-sama atau representasi satu variabel menggantikan variabel lainnya (Krisnawati & Bustomi, 2004; Yulianti, 2012; Qirom, 2018). Hasil analisis data pada tahap penyusunan model estimasi volume tegakan Ampupu di hutan lindung Lelogama dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Analisis Data Tahap Penyusunan Model Penduga Volume Pohon Tegakan Ampupu di Hutan Lindung Lelogama

No	Model Regresi	Model Persamaan	R <sup>2</sup> (R Square %)	SEE (Std. Error of the Estimate)
1	Linear	$V = -0,852 + 5,073D$	81,3 %	0,159 %
2	Power	$V = 5,414D^{1,648}$	81,5 %	0,122 %
3	Exponential	$V = 0,24 e^{3,911D}$	80,0 %	0,127 %
4	Logaritma	$V = 3,172 + 4,947 \text{ Log } D$	80,4 %	0,163 %
5	Linear berganda	$V = -0,806 + 5,055D - 0,003T$	81,3 %	0,160 %
6	Power berganda	$V = 5,81D^{1,678}T^{-0,032}$	81,5 %	0,123 %
7	Kuadrat	$V = 0,218 + 2,027D + 3,575D^2$	81,6 %	0,159 %

Tabel 3. menunjukkan bahwa ketiga model yang disusun memiliki R<sup>2</sup> yang cukup tinggi (>80%). Hal ini sesuai dengan pernyataan (Sahuri, 2017) yang mengatakan bahwa model yang disusun dengan menggunakan kombinasi diameter dan tinggi pohon menghasilkan R<sup>2</sup> lebih dari 80%. Nilai R<sup>2</sup> model estimasi volume pohon yang diperoleh pada penelitian ini lebih besar dibandingkan beberapa model estimasi volume pohon yang terdapat pada Qirom (2018). Dilihat dari standar error estimasi, model 2 dan 6 memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan model 1, 3, 4, 5, dan 7, yang menunjukkan bahwa model 2 dan 6 lebih akurat. dibandingkan dengan model 1, 3, 4,

5, dan 7. Sementara itu, sistem skoring untuk nilai R dan SEE pada masing-masing model (Tabel 3) menunjukkan bahwa model 2 dan 6 merupakan model dengan skor terendah, dengan demikian, model 2 dan 6 merupakan model terbaik.

*Validasi Model*

Validasi model dilakukan untuk melihat dan memastikan model pendugaan telah sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Untuk menentukan validasi model ada beberapa nilai yang digunakan yaitu simpangan rata-rata (SR), simpangan agregatif (SA), RMSE dan bias (e). Hasil analisis data validasi model dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Analisa Data Tahap Validasi Model Pendugaan Volume Pohon Tegakan Ampupu di Hutan Lindung Lelogama

No	Model Regresi	Model Persamaan	SA	SR	E	RMSE
1	Linear	$V = -0,852 + 5,073D$	-0,355	0,168	0,260	0,264
2	Power	$V = 5,414D^{1,648}$	-0,358	0,237	0,237	0,262
3	Exponential	$V = 0,24 e^{3,911D}$	-14,42	0,933	-0,933	2,356
4	Logaritma	$V = 3,172 + 4,947 \text{ Log } D$	-0,361	0,242	-0,242	0,276
5	Linear berganda	$V = -0,806 + 5,055D - 0,003T$	-0,342	0,253	-0,230	0,254
6	Power berganda	$V = 5,81D^{1,678}T^{-0,032}$	-0,267	0,214	-0,183	0,205
7	Kuadrat	$V = -0,218 + 2,027D + 3,575D^2$	-0,350	0,115	-0,233	0,257



Sumber : Data Primer Setelah Diolah 2022

Validasi terhadap model pada Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai SA yang dihasilkan dari ke tujuh model tersebut berkisar antara -0,267 % sampai -14,42 %, nilai SR berkisar antara 0,115 % sampai 0,933 %, bias (e) berkisar antara -0,183% sampai 0,933 % dan RMSE yang dihasilkan dari ketujuh model tersebut berkisar antara 0,205 % sampai 2,356 %. Menurut Kuswandi (2016), model terbaik dalam tahap validasi ditentukan melalui sistem skoring dan model dengan skor terendah. Berdasarkan pernyataan tersebut maka nilai SA, SR, e dan RMSE dari model power berganda yang terbaik daripada model linear, model power, model exponential, model logaritma, model linear berganda dan kuadrat, berdasarkan kriteria validasi model hanya model power berganda yang layak digunakan untuk menduga volume pohon ampupu karena model penduga volume pohon dikatakan cukup valid apabila nilai SA kurang dari 1% dan SR kurang dari 10% (Sumadi & Siahaan, 2010; Sahuri, 2017). Skoring terhadap nilai SA, SR, e dan RMSE menunjukkan model power berganda merupakan model dengan skor terendah. Dengan demikian, model power berganda merupakan model terbaik dalam tahap validasi.

### KESIMPULAN

Total volume tegakan ampupu di Hutan Lindung Lelogama adalah 123,8 Ha menggunakan persamaan volume pohon umum dan angka 0,7, yang berkisar antara 41.133,28 m<sup>3</sup> – 42.123,58 m<sup>3</sup>. Model terbaik untuk memperkirakan volume tegakan ampupu adalah Model Daya berganda  $V=5,81D1,678T-0,032$  dengan nilai  $R^2=81,5\%$ ,  $SEE = 0,123$ ,  $SR = 0,214$ ,  $SA = -0,267\%$ ,  $e = -0,183$ , dan  $RMSE = 0,205$ .

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Politeknik Pertanian Negeri Kupang yang sudah mendanai penelitian kami melalui dana PNBP. Kami juga mengucapkan terimakasih untuk KPH Kabupaten Kupang yang sudah memberikan ijin untuk kami melaksanakan penelitian pada areal kawasan KPH.

### DAFTAR PUSTAKA

Almulqu, A. A. (2025). Volume equations for tree species in the tropical dry forest of East Nusa Tenggara, Indonesia. *Ulin - J Hut Trop*,

9(1):138-146. DOI: 10.32522/ujht.v9i1.14649.

- Abdurachman, A. (2013). Model for Estimating the Volume of Dipterocarpus Confertus V. Slooten Trees in Wahau, East Kutai, East Kalimantan. *Journal of Dipterocarp Research*, 7(1), 29–34.
- Akindele, S. O., & LeMay, V. M. (2006). Development of tree volume equations for common timber species in the tropical rain forest area of Nigeria. *Forest Ecology and Management*, 226(1-3), 41–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.01.022>.
- Ardelina, (2015). Sengon Tree Volume Model to Assess Profit Loss of Community Forest Farmers. *Journal of Plantation Forest Research*, 12(2), 131-139.
- Bustomi, S. D Wahjono, Herbagung, and I. P. B Parthama, (1998). Technical Show Procedures for Preparing Tree Volume Tables. Bogor Forestry Research and Development Agency.
- Darjadi L. and Hardjono. (1996). Silvicultural joints. Director General of Forestry.
- Dombro.D.B, (2010). Eucalyptus pellita: Amazona Reforestation's Red Mahogany. Planeta Verde Reforestation S.A.
- Fitriyah, Mala. (2015). *Metode Penelitian*. Jakarta : Pustaka Pelajar.
- Giri, K., Pandey, R., Jayaraj, R. S. C., Nainamalai, R., & Ashutosh, S. (2019). Regression equations for estimating tree volume and biomass of important timber species in Meghalaya, india. *Current Science*, 116(1), 75-81.
- Guendehou, G. H.S., Lehtonen, A., Moudachirou, M., Makipaa, R., & Sinsin, B. (2012). *Stem Biomass And Volume Models Of Selected Tropical Tree Species In West Africa*. *Southern Forest: A Journal Of Forest Science*, 74(2), 77-88. Doi: 10.2989/20702620.2012.701432.
- Harinaldi. (2005). Principles of Statistics for Engineering and Science, Erlangga, Jakarta.
- Hutapea & Kuswandi. (2019). Model for Estimating Volume of Trees for Commercial Type Groups in PT IUPHHK Area. Tunas Timber Sustainable in Boven Digul Regency, Papua.
- Kesuma, R. A., Kustanti, A., & Hilmanto, R. (2016). Rapid Growth in Diameter of Ringworm Mangrove Trees (*Rhizophora mucronata*) in the Lampung Mangrove Center. *Sylva Lestari Journal*, 4(3), 97-106.

- Kuswandi, R. (2016). Model for Estimating the Volume of Trees for Commercial Type Groups in the Sarmi Regency area, Papua. *Wasian Journal*, 3(2), 91-96.
- Latifah, S. (2004). Growth and Yield of *Eucalyptus Gransi* Stands in Industrial Plantation Forests. <http://www.library.usu.ac.id> (11 January 2007).
- Matatula, J., Afandi, A.Y., And Wirabuana, P. 2021. A comparison of stand structure, species diversity and aboveground biomass between natural and planted mangroves in Sikka, East Nusa Tenggara, Indonesia. *Biodiversitas*, 22 (3); 1098-1103. DOI: 10.13057/biodiv/d220303.
- McCormick, K., Salcedo, J., & Poh, A. (2015). *SPSS for Dummies* (Edisi ke-3). New Jersey: John Wiley & Sons.
- McRoberts, R. E., & Westfall, J. A. (2014). Effects of uncertainty in model predictions of individual tree volume on large area volume estimates. *Forest science*, 60(1), 34-42. <http://dx.doi.org/10.5849/forsci.12-141>.
- Menendé-Miguéles, M., Canga, E., Alvarez-Alvarez, P., & Majada, J. (2014). *Stem Taper Function For Sweet Chestnut (Castanea sativa Mill.) Coppice Stands In Northwest Spain*. *Annals of Forest Science*, 71,761- 770. doi: 10.1007/s13595-014-0372-6.
- Muhdin. (2012). Tree Dimensions and Tree Volume Estimation. Sumatra University.
- Nainggolan, Julus. (2011). Study of several basic characteristics of *Eucalyptusurophylla* 7 years old. Thesis. University of Northern Sumatra. Medan
- Pathibang R., Matatula J., & Ari M.P (2023) Potensi Tegakan Ampupu Pada Hutan Lindug Lelogma. Prosiding seminar Nasional ke 6 Politeknik Pertanian Negeri Kupang, 6(1);239-247.
- Pathibang R., Ora Y. A. N. R., Matatula J., & lalus T. (2024) Potensi Cadangan Carbon Hutan MANGrove di Pantai Tanah merah. Prosiding seminar Nasional ke 7 Politeknik Pertanian Negeri Kupang, 7(1);239-247.
- Qirom, M. A. (2018). Preparation and validation of a volume estimation model for the balangeran tree species (*Shorea balangeran* (Korth.) Burck) in Central Kalimantan. *Wasian Journal*, 5(2),89-103
- Sahuri. (2017). Model for Estimating Volume of Rubber Trees During Rejuvenation in Sembawa, South Sumatra. *Journal of Plantation Forest Research*, 14(2), 107-112
- Sein, C.C. and Mitlohner, R. (2011). *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake: *Ecology And Silviculture*. Cifor, Bogor, Indonesia
- Siagian, K. (2011). Table of *Agathis loranthifolia* Tree Volume in the Gunung Walat University Forest, Sukabumi Regency, West Java Province. Unpublished Thesis, Bogor Agricultural Institute, Bogor
- Siagian, T.Y. (2004). Percobaan Provenansi *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. [https://www.Biotiforda.ir.id/artikel/images/41.\(25 oktober 2007](https://www.Biotiforda.ir.id/artikel/images/41.(25%20oktober%202007)
- Sihite, O. (2008). Relationship between Sp Tree Age and Pentosan Content in Pulp Raw Materials at PT Toba Pulp Lestari. Thesis.
- Simon, H. (2007). Forest Inventory Method. Yogyakarta Student Library.
- Sugiyono (2014). Educational Research Methods Quantitative, Qualitative and R&D Approaches. Bandung: Alfabeta.
- Suhendang, E. (1985). Studi Model Struktur Tegakan Hutan Alam Hujan Tropika Dataran Rendah di Bengkulu. Provinsi Daerah Tingkat 1 Lampung Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Wirabuana, P., Setiahad, R., Sadono, R., Lukito, M., Martono, D. S., And Matatula, J. 2020. Allometric equations for estimating biomass of community forest tree species in Madiun, Indonesia. *Biodiversitas*. 21 (9); 4291-4300. DOI: 10.13057/biodiv/d210947.
- Ximenes C.M., Pathibang R., Kleruk F.E., Almuqul A.A., Dako F., Aryani N. K. A.D., Kusuma D.T.W., & Davinsky (2023). *Jurnal Hutan Tropis (Ulin)*; 7 (1): 109-116. DOI: <http://dx.doi.org/10/32522/Ujht.v7;l.10391>.