



Model Pertumbuhan Tinggi dan Diameter *Eucalyptus sp.*

Tatik Suhartati^{*)}, Sugeng Wahyudiono, Atika Kumala Sari

Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Stiper Yogyakarta

^{*)}email korespondensi: tatik.suhartati@instiperjogja.ac.id

ABSTRACT

Growth models can provide information on how the tree grows with age, and can be used to predict the level of timber production. This study aims to find the growth model of height (H) and diameter (Dbh) and determine the maximum volume cycle of *Eucalyptus sp.* in PT. XYZ. Samples were taken in various compartments with ages of 18 months, 30 months 42 months and 54 months. The total sample of 64 plots was divided into 48 plots for model development and 16 plots for model validation. The four types of models analyzed were Linear, Logarithmic, Inverse and S models. Modeling was done through regression analysis. Model acceptance criteria were significant in F test, R^2 value and SeR, while model validation criteria used RMSE, SR, SA and Bias values. The best growth model in this study for both Height and Dbh was the S model with the equations $Height=e^{(3.0355 - 1.3525/x)}$ and $DBH=e^{(2.6491 - 1.2843/x)}$. The maximum volume cycle was achieved at the age of 4.5 years with a volume of 172.7284 m³/ha and a Mean Annual Increment (MAI) value of 38.3841 m³/ha/year.

Keywords: Growth Model; Maximum Volume Cycle; Mean Annual Increment

PENDAHULUAN

Pengelolaan Hutan Tanaman Industri (HTI) memiliki tujuan utama sebagai penyedia bahan baku pulp. Salah satu jenis tanaman utama yang diusahakan pada HTI adalah *Eucalyptus sp.* Pasaribu et al. (2016) menyebut *Eucalyptus sp.* merupakan jenis *fast growing* dan dikembangkan sebagai salah satu bahan baku pembuatan *pulp* dan kertas.

Pengelola HTI melakukan inventarisasi hutan secara kontinyu dikenal dengan sebutan PMA (*Plantation Monitoring Assessment*) untuk memantau bagaimana pertumbuhan tegakan yang dikelola. Vanclay (1994) menyatakan bahwa pertumbuhan dapat diartikan sebagai suatu pertambahan dimensi suatu pohon atau tegakan hutan selama periode waktu tertentu. Menurut Suhartati & Wahyudiono (2023) monitoring pertumbuhan dilakukan secara *time series* untuk menjaga kualitas dan pertumbuhan agar pada produksi di akhir rotasi mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan.

Tingkat produksi kayu pada HTI sebagai bahan baku pabrik sangatlah penting bagi perkembangan industri. Tingkat produksi kayu dapat diperoleh jika dimiliki informasi tentang pertumbuhan tegakan. Salah satu cara yang dilakukan untuk memperajari pertumbuhan

tegakan yaitu melalui pemodelan pertumbuhan. Pemodelan pertumbuhan dapat membantu menemukan daur volume maksimal dan menaksir produksi pada akhir daur sehingga menjadi informasi penting juga dalam pengaturan hasil kayu. Berbagai metode pengumpulan data dapat dipergunakan baik secara *time series*, *cross section* maupun kombinasi *time series-cross section*.

Penelitian pemodelan pertumbuhan tinggi dan diameter *Eucalyptus urograndis* yang dilakukan oleh Mindawati et al. (2010) memperoleh hasil bahwa model terbaik adalah model eksponensial (model S). Daun volume maksimum pada rotasi 1 pada umur 5,5 tahun sedangkan pada rotasi 2 diperoleh umur 5 tahun. Putri (2013) meneliti daur volume maksimum *Eucalyptus hybrid* memperoleh model S sebagai model terbaik dengan hasil daur volume maksimum 4, 4 tahun. Nasution (2014) dalam pemodelan pertumbuhan *Eucalyptus hybrid* (IND-47) memperoleh riap volume tegakan dicapai pada umur 5 tahun dengan MAI sebesar 39,34 m³/ha/th, CAI sebesar 42,41 m³/ha/th dan daur volume maksimum dicapai pada umur 5,5 tahun. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan model pertumbuhan tinggi (H) dan diameter (Dbh), daur volume maksimal *Eucalyptus* sp dan menaksir produksi kayu pada umur daur tersebut.

METODE PENELITIAN

Data yang dipergunakan merupakan data sekunder dari kompartemen yang memiliki kualitas tempat tumbuh yang sama. Data berasal dari 64 plot hasil PMA 18 bulan, 30 bulan, 42 bulan dan 42 bulan. Luas masing-masing plot 0,04 ha. Karakteristik yang dimodelkan adalah tinggi pohon total (H) dan diameter setinggi dada (Dbh). Data dibagi menjadi dua bagian yaitu 75% plot (48 plot) sebagai data model, sisanya 25 % plot (16 plot) sebagai data validasi. Model-model yang dianalisis meliputi (Qirom and Supriyadi 2013)

1. Model Linier : $Y = aX + b$
2. Model Logarithmic : $Y = a + b \text{ Log}(X)$
3. Model Inverse : $Y = a + \frac{b}{X}$
4. Model S : $Y = \text{Exp} \left(a + \frac{b}{X} \right)$

Keterangan : X = umur; a, b = koefisien regresi; Y = Tinggi atau Dbh

Kriteria dalam penerimaan model meliputi hasil uji F signifikan, nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati 1, nilai standar error regresi (SeR) kecil. Standar error regresi merupakan suatu nilai yang digunakan sebagai ukuran atau ketepatan taksiran. Apabila nilai SeR semakin kecil maka pemodelan atau pendugaan semakin tepat (Ghozali, 2018). Kriteria validasi model meliputi RMSE, SR, SA dan Bias. Nilai ideal untuk RMSE dan bias adalah 0 digunakan untuk menunjukkan besarnya tingkat kesalahan dalam dugaan (Arifiandy, 2006). Nilai SA dan SR berguna untuk mengukur keakuratan suatu model dengan cara membandingkan hasil nilai dugaan dengan nilai aktual, semakin kecil nilai SA dan SR semakin akurat dugaannya (Achmad, Nursanti, dan Manalu 2018).

Hasil dugaan tinggi dan diameter digunakan untuk menghitung volume pohon. Menurut Mardiatmoko (2014) volume pohon berdiri dapat dihitung jika diketahui diameter dan tinggi dari pohon tersebut, rumus volume pohon adalah:

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 T f$$

Keterangan: V = volume $\pi = 3,14$ f = faktor foreksi
 D = diameter setinggi dada (Dbh) T = tinggi

Penentuan daur volume maksimal dapat dilakukan dengan menghitung *Current Annual Increment* (CAI) dan *Mean Annual Increment* (MAI) volume, menggambarkan kurva CAI dan MAI untuk mencari titik potong kedua kurva. Titik potong tersebut merupakan daur volume maksimal. CAI dan MAI dapat dihitung dengan persamaan (Suhartati dan Pebriansyah, 2021):

$$CAI = \frac{V_t - V_{t-1}}{t - (t-1)} ; MAI = \frac{V_t}{t}$$

Keterangan: t = umur ; V_t = volume pada umur t

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Tinggi dan Diameter

Uji *outlier* dilakukan melalui *boxplot* dan hasilnya digunakan sebagai dasar melakukan eliminasi terhadap outlier, deskripsi data setelah eliminasi outlier dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data Untuk Penyusunan Model

Umur (tahun)	Tinggi (m)			DBH		
	Rata-rata	Std. dev	CV (%)	Rata-rata	Std. dev	CV (%)
1,5	8,5782	2,0725	24	6,0345	1,9680	33
2,5	12,1837	3,0226	25	8,5319	2,7338	32
3,5	13,9072	3,2600	24	9,7837	3,5859	37
4,5	15,6205	3,8498	25	10,6790	3,6387	34

Sumber: Analisis Data Sekunder

Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa pada ke empat macam umur, maka tinggi memiliki CV berkisar 22-27 % yang berarti pertumbuhan tinggi mendekati homogen namun tidak demikian dengan Dbh yang memiliki kondisi pertumbuhan heterogen. Suhartati et al. (2022) menyebutkan jika nilai CV kurang dari 25% maka kondisi populasi homogen, jika nilai CV lebih dari 25% maka kondisi populasi heterogen.

Tabel 2. Data Untuk Validasi Model

Umur (tahun)	Tinggi (m)			DBH		
	Rata-rata	Std. dev	CV (%)	Rata-rata	Std. dev	CV (%)
1,5	8,3625	1,9227	23	6,6315	1,9198	29
2,5	12,8405	2,8941	22	8,5342	3,3477	40
3,5	13,2227	3,4772	27	10,0082	3,7225	38
4,5	16,1974	3,9562	25	10,4788	3,5418	35

Sumber: Analisis Data Sekunder

B. Penerimaan Model

Hasil analisis regresi model linier, logarithmic, inverse dan S. dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil dari ranking penerimaan model tinggi dan diameter disajikan dalam Tabel 4 dan 5.

Tabel 3. Persamaan Regresi yang Dihasilkan

Jenis Model	Persamaan	Variabel		Hasil
		X	Y	
Linier	$Y = a+bX$	Umur	Tinggi	$Y=2,2297*X+5,8843$
			Dbh	$Y=1,4708*X+4,3502$
Logarithmic	$Y=a+b*\text{Log}(X)$	Umur	Tinggi	$Y=6,1412+6,2987*\text{log}(X)$
			Dbh	$Y=4,4804+4,1905*\text{log}(X)$
Inverse	$Y=a+b/X$	Umur	Tinggi	$Y=18,6572-15,4325/X$
			Dbh	$Y=12,8344-10,3422/X$
S	$Y=\text{Exp}(a+b/X)$	Umur	Tinggi	$Y=\text{Exp}(3,0335-1,3525/X)$
			Dbh	$Y=\text{Exp}(2,6491-1,2843/X)$

Sumber: Analisis Data Sekunder

Tabel 4. Ranking Penerimaan Model Tinggi

Model	Sig F	R ²	SeR	Ranking
Linier	0,0000*	0,7790	1,3275	4
Logarithmic	0,0000*	0,8063	1,2430	2
Inverse	0,0000*	0,7949	1,2788	3
S	0,0000*	0,8090	0,1072	1

Keterangan: * Signifikan pada taraf Uji 5%

Sumber: Analisis Data sekunder

Nilai sig. F pada Tabel 4 dan 5 menunjukkan kurang dari 0,05 pada semua jenis model tinggi maupun diameter, sehingga semua jenis model memenuhi syarat uji signifikansi. Apabila dilihat dari nilai R² tertinggi pada model tinggi sebesar 0,8090 dan model Dbh sebesar 0,8508 adalah jenis model S. Pada nilai SeR untuk tinggi maupun Dbh nilai yang paling kecil terdapat pada jenis model S dengan nilai 0,2072 untuk memodelkan tinggi dan 0,0878 untuk memodelkan Dbh. Berdasarkan ketiga kriteria tersebut maka jenis model S memperoleh ranking 1, sehingga model yang diterima adalah jenis model S baik untuk memodelkan tinggi maupun diameter.

Tabel 5. Ranking Penerimaan Model Dbh

Model	Sig F	R ²	SeR	Ranking
Linier	0,0000*	0,7898	0,8483	4
Logarithmic	0,0000*	0,8314	0,7596	3
Inverse	0,0000*	0,8317	0,7589	2
S	0,0000*	0,8508	0,0878	1

Keterangan: * Signifikan Pada Taraf Uji 5%

Sumber: Analisis Data sekunder

C. Validasi Model

Hasil validasi pemodelan tinggi dan Dbh dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7. Berdasarkan Tabel 6, nilai RMSE yang paling kecil (mendekati nol) dicapai jenis model S dengan nilai 1,6391 untuk memodelkan tinggi dan 1,871 untuk memodelkan Dbh. Pada pemodelan Dbh maka urutan nilai bias dari yang terkecil yaitu model linier, inverse, S dan logarithmic, sedangkan untuk tinggi urutannya model inverse, S, linier dan logarithmic. Apabila dilihat dari nilai SR maka jenis model S pada pemodelan Dbh memiliki nilai paling kecil sedangkan untuk SA paling kecil pada model logarithmic. Pada validasi pemodelan tinggi untuk nilai SR paling kecil model inverse sedangkan nilai SA pada model *logarithmic*. Berdasarkan ranking validasi, pada pemodelan tinggi maka model inverse diberikan ranking 1.

Hasil validasi pemodelan Dbh memperoleh pada kriteria RMSE, SR dan SA yang dihasilkan oleh model S lebih kecil daripada model inverse meskipun biasanya sedikit lebih tinggi, oleh karenanya model S diberikan ranking 1. Model S sebagai model yang memiliki nilai R^2 cukup tinggi, serta nilai SA yang lebih kecil dari 1 tau lebih besar dari -1, serta nilai SR yang lebih kecil dari 1%.

Tabel 6. Validasi Model Tinggi

Model	RMSE	SR	SA	Bias	Ranking
Linier	1,7011	0,1175	-0,0249	-0,3195	3
Logarithmic	4,3319	0,3852	-0,3998	-3,7611	4
Inverse	1,6641	0,0997	-0,0037	-0,0483	1
S	1,6391	0,1011	-0,0081	-0,1059	2

Sumber: Analisis Data sekunder

Tabel 7. Validasi Model Dbh

Model	RMSE	SR	SA	Bias	Ranking
Linier	1,2328	0,1092	-0,0126	-0,1154	4
Logarithmic	3,0620	0,4149	-0,4226	-2,7464	3
Inverse	1,1896	0,1083	-0,0133	-0,1214	2
S	1,1871	0,1044	-0,0011	-0,1491	1

Sumber: Analisis Data sekunder

D. Model Terpilih

Ranking penerimaan model dan validasi model dirangkum pada Tabel 8. Berdasarkan kedua ranking tersebut maka model terbaik untuk memodelkan tinggi maupun diameter adalah model S. Persamaan penaksir tinggi dan diameter yang dihasilkan adalah :

$$Tinggi = e^{(3,0355 - \frac{1,3525}{Umur})} \quad Dbh = e^{(2,6491 - \frac{1,2843}{Umur})}$$

Tabel 7. Penentuan Model Terpilih

Model	DBH (Ranking)			Tinggi (Ranking)		
	Penerimaan	Validasi	Ranking Akhir	Penerimaan	Validasi	Ranking Akhir
Linier	4	4	4	4	3	4
Logarithmic	3	3	3	2	4	3
Inverse	2	2	2	3	1	2
S	1	1	1	1	2	1

Sumber: Analisis Data Sekunder

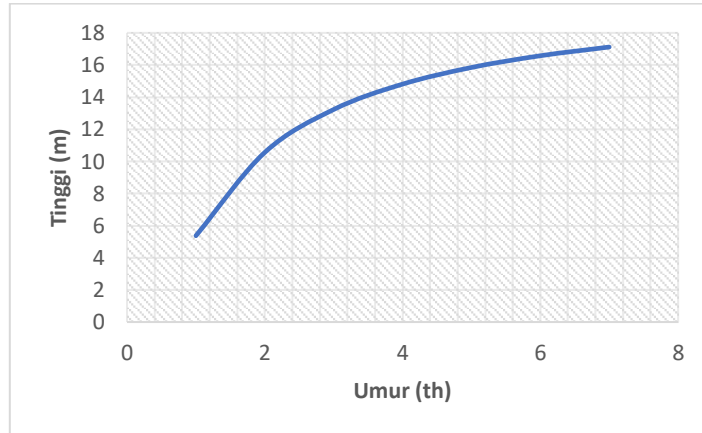
Tabel 8. Taksiran Tinggi dan Diameter

Umur (th)	Dbh (cm)	Tinggi (m)
1	3,9151	5,3709
2	7,4408	10,5617
3	9,2168	13,2322
4	10,2580	14,8108
5	10,9383	15,8471
6	11,4167	16,5778
7	11,7712	17,1204

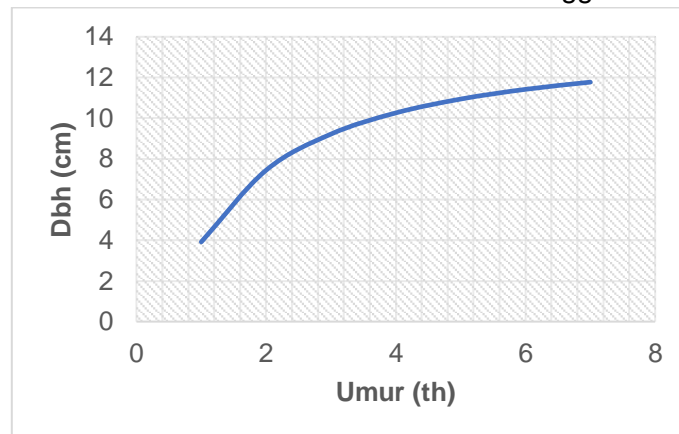
Sumber: Analisis Data Sekunder

Hasil penelitian ini selaras dengan Mindawati et al. (2010) yang melakukan penaksiran pada tinggi, diameter dan volume *Eucalyptus urograndis* juga memperoleh model eksponensial (model S) sebagai model yang memiliki kemampuan terbaik untuk mendekati pertumbuhannya.

Tabel 8 menunjukkan taksiran tinggi dan diameter yang diekstrapolasi sampai dengan umur 7 tahun, sementara Gambar 1 merupakan kurva pertumbuhan tinggi dan Gambar 2 menunjukkan kurva pertumbuhan diameter.



Gambar 1. Kurva Pertumbuhan Tinggi



Gambar 2. Kurva Pertumbuhan Diameter

E. Penentuan Daur Volume Maksimal

Taksiran volume dilakukan ekstrapolasi sampai dengan umur 7 tahun agar diperoleh gambaran lebih jelas kapan daur volume maksimum tercapai. Konversi volume per pohon menjadi volume per hektar dilakukan menggunakan asumsi jumlah pohon per hektar 1.666 pohon (jarak tanam 2 x 3 m). Taksiran volume per hektar, CAI dan MAI dapat dilihat pada Tabel 9. Kurva pertumbuhan volume disajikan pada Gambar 3 dan kurva CAI-MAI volume dapat dilihat pada Gambar 4.

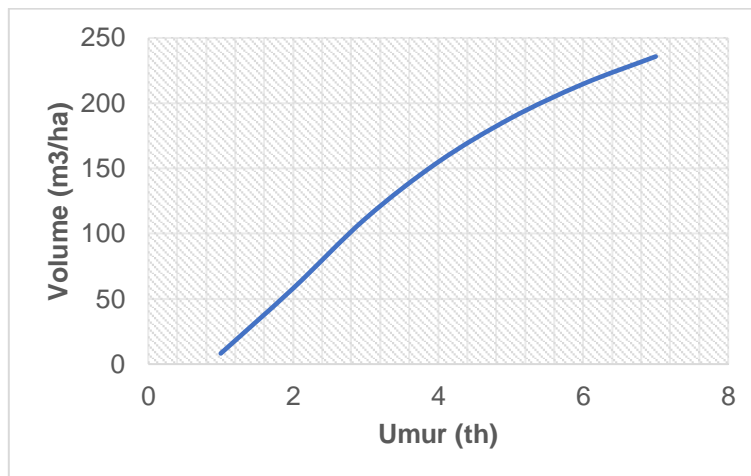
Berdasarkan Gambar 3 maka dapat diketahui fase pertumbuhan pada tanaman *Eucalyptus sp.* memiliki fase cepat sampai umur 3 tahun dan melambat mendekati konstan sampai umur 4,5 tahun setelah itu pertumbuhannya menurun yang ditandai dengan CAI dan MAI sudah menurun. Pada Gambar 4 titik perpotongan kurva CAI dan MAI pada umur 4,5 tahun dan volume yang dihasilkan sebesar 172,7284 m³/ha dengan nilai MAI 38,3841

$\text{m}^3/\text{ha}/\text{th}$. Jika dibandingkan dengan penelitian Mindawati et al. (2010) untuk jenis *Eucalyptus urograndis* di Sumatera Utara, maka daur volume maksimal pada lokasi penelitian lebih cepat 1 tahun. Sementara itu Nasution (2014) memperoleh MAI sebesar 39,34 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{th}$ pada *Eucalyptus hybrid* umur 5 tahun.

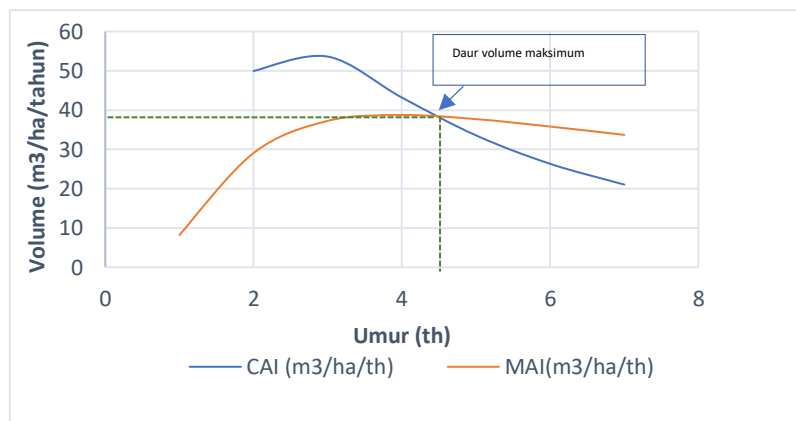
Tabel 9. Taksiran CAI dan MAI

Umur (th)	Volume per pohon(m^3)	Volume per hektar (m^3/ha)	CAI ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{th}$)	MAI($\text{m}^3/\text{ha}/\text{th}$)
1	0,0049	8,1826		8,1826
2	0,0349	58,1215	49,9390	29,0608
3	0,0671	111,7257	53,6042	37,2419
4	0,0930	154,9034	43,1777	38,7259
5	0,1131	188,4542	33,5508	37,6908
6	0,1289	214,7677	26,3135	35,7946
7	0,1415	235,7839	21,0162	33,6834

Sumber: Analisis Data Sekunder



Gambar 3. Kurva Pertumbuhan Volume



Gambar 4. Kurva CAI dan MAI Volume

Berdasarkan Gambar 3 maka dapat diketahui fase pertumbuhan pada tanaman *Eucalyptus sp.* memiliki fase cepat sampai umur 3 tahun dan melambat mendekati konstan

sampai umur 4,5 tahun setelah itu pertumbuhannya menurun yang ditandai dengan CAI dan MAI sudah menurun. Pada Gambar 4 dapat dilihat adanya titik perpotongan kurva CAI dan MAI pada umur 4,5 tahun dan volume yang dihasilkan sebesar 172,7284 m³/ha dengan nilai MAI 38,3841 m³/ha/th.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Pertumbuhan tinggi *Eucalyptus sp* dapat didekati menggunakan persamaan $Tinggi = Exp(3,0355 - \frac{1,3525}{Umur})$, sedangkan untuk pertumbuhan diameter setinggi dada menggunakan persamaan $DBH = Exp(2,6491 - \frac{1,2843}{Umur})$
2. Daur volume maksimal dicapai pada umur 4,5 tahun dan volume yang dihasilkan sebesar 172,7284 m³/ha dengan nilai MAI 38,3841 m³/ha/th.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, E., Nursanti, & Manalu, J. H. B. (2018). Model Spasial Pendugaan Biomassa Di Atas Permukaan Tanah Di Hutan Nagari Padang Limau Sundai Kabupaten Solok Selatan Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Silva Tropika*, 2(3), 67–76.
- Arifiandy, N. U. R. M., Hutan, D. M., & Kehutanan, F. (2006). *MODEL PERTUMBUHAN RATA-RATA DIAMETER, RATA-RATA TINGGI DAN VOLUME TEGAKAN Acacia mangium Willd.*
- Ghozali, I. (2011). *Ghozali_Imam_2011_Aplikasi_Analisis_Mult.pdf* (hlm. 129).
- Mardiatmoko, G. J. H. P. A. B. (2014). Ilmu Ukur Kayu Dan Inventarisasi Hutan. Dalam *Suparyanto dan Rosad* (Nomor November).
- Mindawati, N., Indrawan, A., Mansur, I., & Rusdiana, O. (2010). KAJIAN PERTUMBUHAN TEGAKAN HYBRID *Eucalyptus urograndis* DI SUMATERA UTARA Growth of *Eucalyptus urograndis* Hybrid in North Sumatera. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 7(1), 39–50. <https://doi.org/10.20886/jpht.2010.7.1.39-50>
- Nasution, M. I. R. (2014). *Analisis Finansial dan Daur Volume Maksimum Tegakan Eukaliptus Eucalyptus Hybrid (Ind-47) Hutan Tanaman Industri PT. Toba Pulp Lestari, Tbk., Sektor Aek Nauli*. Universitas Sumatera Utara.
- Pasaribu, D. I., Mardhiansyah, M., & Sulaeman, R. (2016). Kualitas pertumbuhan *Eucalyptus sp.* Dari perbanyakan vegetatif dan generatif. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian*, 3(1), 1–6.
- Putri, S. (2013). *Daur Volume Maksimum Tegakan Eucalyptus hybrid (IND- 32) di Hutan Tanaman Industri PT. Toba Pulp Lestari, Tbk., Sumatera Utara*. Universitas Sumatera Utara.
- Qirom, M. A., & Supriyadi. (2013). Model Penduga Volume Pohon Nyawai (*Ficus variegata* Blume) Di Kalimantan Timur (Tree volume estimation model for *Ficus variegata* Blume in East Kalimantan). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(4), 173–184.
- Suhartati, T., & Pebriansyah. (2021). Daur Volume Optimal Jati di Hutan Rakyat (Studi Kasus di Desa Girikarto, Kecamatan Panggang, Kabupaten Gunugkidul). *Journal Wanatropika*, 11(2), 16–25.
- Suhartati, T., & Wahyudiono, S. (2023). *Pemodelan Hubungan Tinggi dan Diameter Eucalyptus pellita Umur 30 Bulan*. 13(01), 9–16.
- Suhartati, T., Wahyudiono, S., Andayani, S. T., Saputro, S. H., Kusumaningsing, K. R., Prijono, A., Suryahadi, D., Suwadji, S., & Woesono, H. B. (2022). *Buku Petunjuk Teknis Praktek Lapangan Fakultas Kehutanan*. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Stiper Yogyakarta.
- Vanclay, J. K. (1994). Modelling forest growth and yield: Applications to mixed tropical forests. *Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests*, June.