

**MODEL PERTUMBUHAN DAN HASIL HUTAN TANAMAN
Eucalyptus grandis HILL EX MAIDEN
DI AEK NAULI SIMALUNGUN SUMATRA UTARA**

**GROWTH AND YIELD OF *Eucalyptus grandis* HILL EX
MAIDEN AT AEK NAULI SIMALUNGUN NORTH SUMATRA**

Aswandi

Balai Penelitian Kehutanan Aek Nauli Kementerian Kehutanan
Jln. Raya Parapat Km 10,5 Sibaganding Parapat Sumatra Utara
e-mail: andiasw@yahoo.com

ABSTRACT

*Sustainable forest management need an effective yield regulation. This is depend on precision of growth and yield prediction on determination of rotation, harvesting intensity, thinning regime and another silviculture option. The objective of the study was to develop growth and yield model and defined optimum cutting rotation for *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden timber estate at Aek Nauli Simalungun North Sumatra. Current growth estimation and yield prediction models were studied using data from 15 permanent sampling plots. Data from annual measurement were used to formulate the models which include stand diameter and height function, basal area and stand volume function. Site quality was calculated using site index equation $SI = H^* \{ (1 + 10.03 * e^{-0.59A}) / (1 + 10.03 * e^{-0.59 * 1/8}) \}$. This equation was developed based on relationship dominant height with stand age. Site index in that region have varies from 18.99 to 35.26. According on interception of curva Current Annual Increment (CAI) and Mean Annual Increment (MAI) were defined optimum cutting rotation at 6 year. Volume yield at this end rotation is 165,24 m³/ha with MAI (Mean Annual Increment) 27,54 m³/ha/yr. Yield prediction model were developed by regression analysis. The optimum of equations of mean of diameter, height, basal area and stand volume showed as follow: a. Stand dbh model : $\ln D = 0.743 + 0.363 \ln A + 0.142 \ln S + 0.313 \ln B$; b. Stand mean height model : $\ln H = -0.206 + 0.247 \ln A + 0.100 \ln B + 0.822 \ln S$; c. Volume yield model : $\ln V = -1.96 + 0.526 \ln A + 0.548 \ln B + 1.38 \ln S$. Where D : dbh (cm), H : mean height (h), V : stand volume (m³ ha⁻¹), A : age (yr), B: basal area (m²), and S : site index.*

Keywords: Forest management, *Eucalyptus grandis*, Aek Nauli, Simalungun, North Sumatra.

ABSTRAK

*Pengelolaan hutan berkelanjutan perlu pengaturan hasil yang efektif. Ini tergantung pada ketepatan pertumbuhan dan hasil prediksi pada penentuan rotasi, intensitas panen, rezim penipis, dan pilihan silvikultur lain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan pertumbuhan dan model hasil dan memotong rotasi didefinisikan optimal untuk real *Eucalyptus grandis* Hill, kayu bekas Maiden di Aek Nauli Simalungun Sumatra Utara. Estimasi model pertumbuhan saat ini dan model hasil prediksi dipelajari menggunakan data dari 15 plot sampel permanen. Data dari pengukuran tahunan digunakan untuk merumuskan model yang meliputi diameter tegakan dan fungsi tinggi, basal area, dan fungsi volume tegakan. Kualitas situs dihitung menggunakan persamaan indeks situs $SI = H^* \{ (1 + 10.03 * e^{-0.59A}) / (1 + 10.03 * e^{-0.59 * 1/8}) \}$. Persamaan ini dikembangkan berdasarkan pada tinggi hubungan yang dominan dengan usia tegakan. Situs indeks di wilayah yang bervariasi 18,99 sampai 35,26 menurut pada intersepsi Curva Current Annual Increment (CAI) dan Mean Annual Increment (MAI) didefinisikan Volume hasil optimal memotong rotasi pada 6 tahun. Pada akhir rotasi. adalah 165,24 m³/ha dengan Mean Annual Increment (MAI) 27,54 m³/ha/yr. Model prediksi dikembangkan dengan analisis regresi optimal dari persamaan mean diameter, daerah tinggi, basal dan volume tegakan menunjukkan sebagai berikut: a. Model dbh tegakan: $\ln D = 0.743 + 0.363 \ln A + 0.142 \ln S + 0.313 \ln B$; b. Berdiri berarti model yang tinggi: $\ln H = -0.206 +$*

$0.247 \ln A + 0.100 \ln B + 0.822 \ln S$ LNS; c. Volume hasil model: $\ln V = -1,96 + 0,526 \ln A + 0,548 \ln B + 1,38 \ln S$, di mana D : dbh (cm), H : mean tinggi (h), V : Volume tegakan (m^3 ha $^{-1}$), A : usia (tahun), B : basal area (m^2), dan S : indeks situs.

Kata kunci: Pengelolaan hutan, *Eucalyptus grandis*, Aek Nauli, Simalungun, Sumatra Utara.

PENDAHULUAN

Selama beberapa dekade terakhir hutan tanaman telah dibangun di banyak negara untuk memenuhi permintaan industri *pulp* dan kertas. Salah satunya adalah hutan tanaman yang dibangun di daerah dataran tinggi Danau Toba untuk memenuhi suplai kayu serpih pada industri PT Toba Pulp Lestari. Salah satu jenis yang ditanam adalah *Eucalyptus grandis*.

Eucalyptus grandis merupakan salah satu jenis tanaman cepat tumbuh yang banyak ditanam pada hutan tanaman industri. Luas penanaman jenis ini lebih dari 1,5 juta ha di daerah tropis dan subtropis dengan laju penanaman mencapai 100 ribu ha per tahun. Anggota Famili *Myrtaceae* ini telah dimanfaatkan untuk kayu pulp, kayu energi, dan vinir kayu lapis.¹

Dengan karakteristik hutan tanaman industri yang memerlukan kapital besar dengan rentang waktu yang relatif lama, tanpa perangkat perencanaan yang tepat kelestarian pengelolaan tidak akan dapat tercapai. Salah satu perangkat perencanaan yang penting adalah pengaturan hasil yang mencerminkan kelestarian hasil pada jangka waktu tertentu.²

Pengaturan hasil yang tepat dapat diperoleh dari pendugaan pertumbuhan dan hasil tegakan pada periode waktu tertentu. Hasil proyeksi pertumbuhan ini dapat digunakan sebagai dasar pemilihan tindakan silvikultur seperti lamanya rotasi, intensitas pemanenan, periode, dan intensitas penjarangan. Proyeksi pertumbuhan juga dapat digunakan untuk menilai efektivitas dan efisiensi kegiatan pengelolaan hutan yang dilakukan.

Pendugaan pertumbuhan dan hasil tegakan dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan model. Model pertumbuhan dan hasil dibangun berdasarkan hubungan matematika parameter tegakan seperti kerapatan, umur tegakan, dan produktifitas tapak yang menyediakan deskripsi kuantitatif perkembangan tegakan hutan pada

suatu rentang waktu, kondisi, dan tindakan pengelolaan.²

Untuk menyusun model penduga pertumbuhan hutan maka diperlukan informasi dinamika dan pertumbuhan tegakan. Informasi tersebut dapat diperoleh dari pengukuran tegakan pada petak ukur permanen. Pengukuran dilakukan setiap tahun sampai rentang waktu tertentu.³

Studi ini bertujuan untuk membangun model pertumbuhan dan hasil jenis *Eucalyptus grandis* dan menentukan umur atau rotasi tebang optimum pada Hutan Tanaman Industri (HTI) Toba Pulp Lestari (TPL) sektor Aek Nauli Kabupaten Simalungun.

BAHAN DAN METODE

Bahan penelitian yang digunakan adalah data seri pengukuran tahunan tegakan *Eucalyptus grandis* pada 15 petak ukur permanen (PUP) yang telah berumur delapan tahun pada HTI PT TPL Sektor Aek Nauli Kabupaten Simalungun. Petak ukur yang diamati tersebut PUP nomor 452, 455, 456, 457, 460, 461, 465, 468, 469, 470, 473, 474, 475, 476, dan 559. Petak ukur permanen berbentuk lingkaran dengan luas 0,02 ha. Peralatan yang digunakan adalah pita diameter dan *Suunto Clinometer* untuk pengukuran tinggi.

Data dikumpulkan melalui pengukuran diameter dan tinggi pohon dalam petak ukur setiap tahun dengan menggunakan pita diameter dan *Suunto Clinometer*. Volume pohon dihitung berdasarkan persamaan volume dengan angka bentuk 0,42.⁵ Untuk penyusunan model indeks tempat tumbuh dipilih dua pohon tertinggi pada setiap petak ukur sebagai peninggi. Peninggi adalah rata-rata tinggi dari pohon tertinggi petak ukur yang bersangkutan.

Model indeks tempat tumbuh didasarkan pada hubungan matematis antara peninggi dan umur tegakan. Model yang digunakan merupakan persamaan yang telah diuji untuk jenis *Acacia*

*mangium*⁶ dan *Gmelina arborea*.⁷ Model yang digunakan adalah

Model menurut Avery dan Burkhart³

$$\log H = \beta_0 + \beta_1 A^{-1} \quad (1)$$

Jika umur (A) setara dengan umur indeks (A_i), peninggi (H) setara dengan SI (*site index*), yakni

$$\log SI = \beta_0 + \beta_1 A_i^{-1} \quad (2)$$

Substitusi persamaan (2) ke persamaan (1) akan menghasilkan:

$$\log H = \log SI - \beta_1 A_i^{-1} + \beta_1 A^{-1} = \log SI + \beta_1 (A^{-1} - A_i^{-1})$$

Sehingga perhitungan SI akhirnya diperoleh dari rumus:

$$\log SI = \log H - \beta_1 (A^{-1} - A_i^{-1}) \quad (3)$$

Model menurut Alder²

$$H = \beta_0 + \beta_1 (\ln A)^k \quad (4)$$

Jika umur (A) setara dengan umur indeks (A_i), peninggi (H) setara dengan SI , yakni

$$SI = \beta_0 + \beta_1 (\ln A_i)^k \quad (5)$$

Jadi hubungan antara indeks tempat tumbuh dengan peninggi adalah

$$SI = (H - \beta_0) (\ln A / \ln A_i)^k + \beta_0 \quad (6)$$

di mana β_0 , β_1 dan k adalah parameter-parameter penciri model.

Selain kedua model di atas juga dirumuskan model matematis hubungan peninggi dengan umur lainnya dengan bantuan perangkat lunak komputer *CurveExpert 1.3*.

Model pertumbuhan dan hasil disusun berdasarkan hubungan matematis antara umur, diameter, kerapatan tegakan, basal area, dan volume tegakan. Prediksi masing-masing model ini dilakukan dengan menguji berbagai persamaan dari kombinasi variabel bebas.

Untuk mengetahui hubungan matematis parameter tegakan dilakukan analisis regresi linear dan nonlinear dengan bantuan perangkat lunak *CurveExpert 1.3* dan *MINITAB 14 for Windows*. Riap tegakan yang dihitung adalah riap tahun berjalan (*Current Annual Increment, CAI*) dan riap rata-rata tahunan (*Mean Annual Increment, MAI*). Model terbaik dipilih berdasarkan kriteria nilai koefisien determinasi (R^2) yang

tinggi dan nilai simpangan agregat (*Aggregate of Difference - AgD*) yang lebih kecil dari 5%.⁸

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran menunjukkan terdapat rentang data yang sistematis setiap parameter tegakan terhadap kelas umur tegakan. Sebaran data rata-rata peninggi, diameter, tinggi, dan volume masing-masing petak ukur permanen dapat dilihat pada Gambar 1.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa pertumbuhan rata-rata peninggi, diameter, tinggi, dan volume tegakan cenderung logistik dan linear. Kondisi ini mendukung prinsip biologi perkembangan tegakan di mana pada awal pertumbuhan cenderung lambat dan linear pada pertengahan umur daur. Hingga umur delapan tahun, pertumbuhan volume tegakan cenderung linear dan terdapat rentang perbedaan rata-rata yang cukup signifikan parameter pertumbuhan pada setiap umur tegakan. Kondisi ini dapat diakibatkan oleh perbedaan produktivitas tempat tumbuh (kualitas tapak).

Dengan menggunakan analisis regresi nonlinear, diperoleh model-model peninggi sebagai berikut

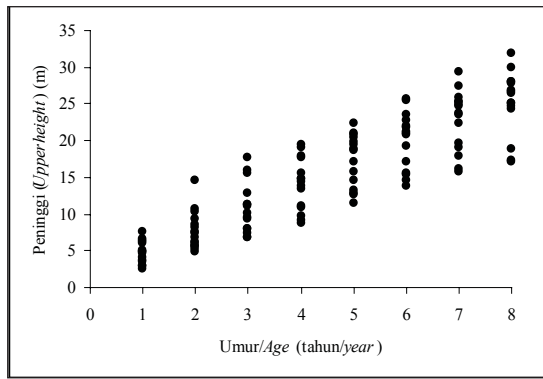
$$1. \log H = \beta_0 + \beta_1 A^{-1} \\ \log H = 1,390 - 0,816 A^{-1} \quad (7)$$

$$2. H = b_0 + b_1 (\ln A)^k \\ H = 4,725 + 5,121 (\ln A)^{1,88} \quad (8)$$

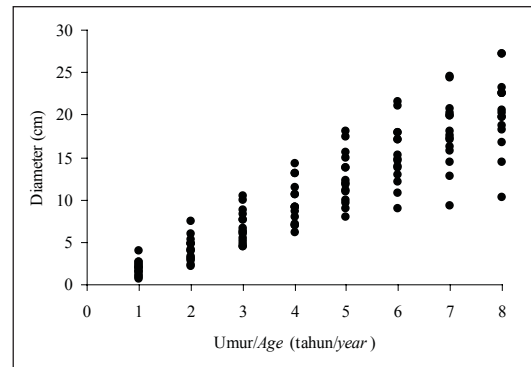
$$3. \text{Model logistic : } H = a / (1 + b * e^{-cA}) \\ H = 26,55 / (1 + 10,03 * e^{-0,59A}) \quad (9)$$

Model penduga indeks tempat tumbuh terbaik dipilih berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) dan simpangan agregat (AgD). Besarnya nilai untuk masing-masing kriteria tersebut untuk kedua model yang diuji seperti disajikan pada Tabel 1.

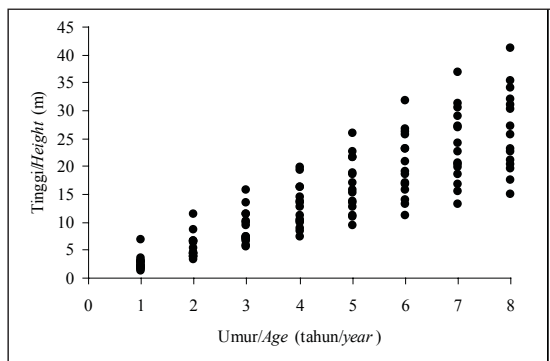
Menurut Husch⁸ suatu model dapat diandalkan apabila memiliki nilai simpangan agregat (AgD) lebih besar dari -5% dan lebih kecil dari 5%. Tabel 1 menunjukkan bahwa ketiga model memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai penduga indeks tempat tumbuh. Akan tetapi, model 3 a memiliki kelebihan dalam menerangkan hubungan antara umur dengan peninggi tegakan karena memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) yang lebih tinggi. Nilai uji t juga menunjukkan



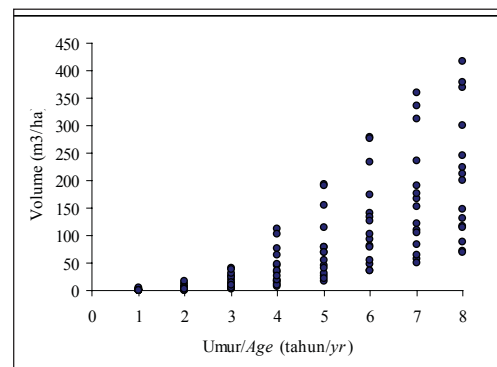
(a)



(b)



(c)



(d)

Keterangan : (a) Sebaran data peninggi, (b) Sebaran data diameter, (c) sebaran data tinggi, dan (d) sebaran data volume tegakan

Gambar 1. Sebaran Data Rata-rata Variabel Pertumbuhan Tegakan.

Tabel 1. Nilai Koefisien Determinasi, Simpangan Agregat dan Nilai t Hitung Ketiga Model yang Diuji

No	Model Prediksi	R ²	AgD	t _{-value}
1	$\log H = 1,390 - 0,816 A^{-1}$	73,0	6,73	2,44
2	$H = 4,725 + 5,121 (\ln A)^{1,88}$	79,9	0,44	0,22
3	$H = 26,55 / (1 + 10,03 * e^{-0,59A})$	90,6	2,79	1,35

(Nilai $t_{\text{-tabel}(0.05,120)} = 1,980$)

bahwa kecuali model 1, nilai prediksi kedua model lainnya tidak berbeda signifikan dengan nilai aktualnya.

Jika umur (A) setara dengan umur indeks (A_i), peninggi (H) setara dengan SI (site index), yakni :

$$SI = a / (1 + b * e^{-cA_i}) \quad (10)$$

$$H = a / (1 + b * e^{-cA}) \quad (11)$$

Substitusi persamaan (12) ke persamaan (13) akan menghasilkan :

$$H = SI / \{(1 + b * e^{-cA}) / (1 + b * e^{-cA_i})\} \quad (12)$$

Sehingga perhitungan SI akhirnya diperoleh dari rumus :

$$SI = H * \{(1 + b * e^{-cA}) / (1 + b * e^{-cA_i})\} \quad (13)$$

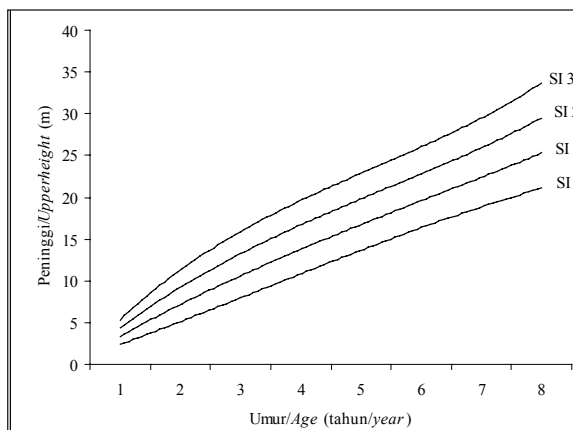
Jika umur indeks yang digunakan adalah 8 tahun, persamaan indeks tempat tumbuh yang terbentuk akan menjadi :

$$SI = H * \{(1 + 10,03 * e^{-0,59A}) / (1 + 10,03 * e^{-0,59 * 8})\} \quad (14)$$

Hasil pendugaan menunjukkan bahwa indeks tempat tumbuh dari petak-petak ukur

di lokasi penelitian memiliki variasi antara 18,99–35,26. Oleh karena itu, grafik indeks tempat tumbuh *E. grandis* disusun dengan besar indeks tempat tumbuh mulai dari 18,9 hingga 32,3 dengan selang 3,2 m. Secara rinci perkembangan peninggi tegakan pada setiap batas indeks tempat tumbuh dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan grafik indeks tempat tumbuh pada Gambar 2 secara umum terlihat adanya indikasi bahwa kualitas tempat tumbuh di lokasi studi relatif baik yang ditunjukkan oleh kelerengannya grafik yang tinggi. Tempat tumbuh yang memiliki kualitas yang tinggi biasanya memiliki bentuk hubungan peninggi dengan umur yang cenderung sigmoid. Berdasarkan klasifikasi indeks tempat tumbuh, lokasi studi dapat digolongkan atas empat kelas indeks tempat tumbuh (*SI*) yakni kelas *SI* 21 dengan selang *SI* 18,9–22,9, kelas *SI* 25 dengan selang *SI* 23,0–27,0, kelas *SI* 29 dengan selang *SI* 27,1–31,1, dan kelas *SI* 33 dengan selang *SI* 31,2–35,3.



Gambar 2. Indeks Tempat Tumbuh *E. grandis* di Aek Nauli Sumatra Utara

Perbedaan indeks tempat tumbuh ini mencerminkan perbedaan respons pertumbuhan tanaman terhadap tapak. Konsekuensi perbedaan ini mengakibatkan perbedaan teknik silvikultur yang diterapkan pada suatu kualitas lahan tertentu. Lahan dengan indeks tempat tumbuh yang lebih tinggi akan memiliki potensi pertumbuhan yang lebih tinggi sehingga jarak tanam perlu diatur untuk memaksimalkan pertumbuhan.

Rata-rata pertumbuhan diameter, tinggi, luas bidang dasar, dan volume tegakan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata hasil volume tegakan pada umur tegakan delapan tahun mencapai 201,12 m³/ha dengan riap rata-rata tahunan (*MAI*) sebesar 25,14 m³/ha/tahun. Adapun rata-rata tiap tahunan berjalan tertinggi terdapat pada umur lima tahun sebesar 55,90 m³/ha/tahun. Gambar 3 menunjukkan bahwa kurva *CAI* dan *MAI* volume tegakan berpotongan pada umur 6 tahun yang menandakan bahwa pertumbuhan optimal dicapai pada umur tersebut sehingga kebijakan untuk melakukan pemanenan dapat dipertimbangkan untuk memperoleh hasil yang optimum.

Besarnya *MAI* pada lokasi studi relatif sama dengan di Dehra Dun dengan *MAI* 22 m³/ha/tahun serta lebih kecil dari riap rata-rata 30 m³/ha/tahun dengan rotasi enam tahun di Kenya. Tegakan yang mendapat irigasi baik di Zimbabwe menghasilkan 40 m³/ha/tahun, hutan tanaman di Uganda dengan *MAI* 17–45 m³/ha/tahun, dan sebesar 35 m³/ha/tahun di Afrika Selatan. Riap rata-rata tahunan *E. grandis* berkisar antara 24–70 m³/ha/tahun.⁴

Dalam kegiatan pengelolaan hutan, kedua grafik ini memiliki arti yang penting. Manipulasi

Tabel 2. Perkembangan Peninggi *E. grandis* pada Berbagai Kelas Indeks Tempat Tumbuh

Umur	Peninggi			
	SI 21	SI 25	SI 29	SI 33
1	1,7–2,5	2,6–3,4	3,5–4,3	4,4–5,3
2	4,4–6,5	6,6–8,8	8,9–11,0	11,1–13,3
3	6,7–9,3	9,4–12,0	12,1–14,7	14,8–17,5
4	9,0–11,7	11,8–14,7	14,7–17,4	17,5–20,3
5	12,2–15,0	15,1–17,9	18,0–20,8	20,9–23,8
6	14,8–18,0	18,1–21,3	21,4–24,5	24,6–27,9
7	17,2–20,9	21,0–24,6	24,7–28,4	28,5–32,2
8	18,9–22,9	23,0–27,0	27,1–31,1	31,2–35,3

perlakuan terhadap tegakan untuk memperoleh riap tegakan maksimal seperti penjarangan dan penentuan tata waktu tindakan silvikultur lainnya dapat dilakukan berdasarkan besarnya nilai MAI dan CAI. Hal ini juga akan memberikan peluang peningkatan nilai manfaat dari hutan seperti diversifikasi hasil untuk kayu pertukangan selain kayu pulp.

Karena produktivitas tegakan berkaitan dengan kualitas tempat tumbuh, maka pendugaan hasil dan pertumbuhan volume tegakan disusun berdasarkan persamaan indeks tempat tumbuh yang telah dibangun (persamaan 14). Besarnya prediksi hasil dan pertumbuhan volume tegakan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil volume tertinggi pada umur delapan tahun dengan hasil tertinggi terdapat pada indeks tempat tumbuh tertinggi yakni *SI* 33 sebesar 320,12 m³ dengan *MAI* 40,02 m³/ha/tahun. Hasil volume tegakan ini diikuti oleh *SI* 29 dengan hasil volume 249,93 m³ dan *MAI* 31,24 m³/ha/tahun, *SI* 25 dengan hasil volume 189,15 m³ dan *MAI* 23,64 m³/ha/tahun, dan *SI* 20 m³ dengan hasil volume 137,39 m³ dan *MAI* 17,17 m³/ha/tahun.

Berdasarkan analisis regresi terhadap berbagai kombinasi parameter pertumbuhan diperoleh model-model pertumbuhan sebagai berikut

1. Model Diameter Tegakan

$$\log D = 0,231 + 1,202 \log A \quad (R^2 = 88,0\%) \quad (15)$$

$$\log D = 0,983 + 0,430 \log A + 0,335 \log B \quad (R^2 = 98,0\%) \quad (16)$$

$$\ln D = 0,743 + 0,363 \ln A + 0,142 \ln S + 0,313 \ln B \quad (R^2 = 98,1\%) \quad (17)$$

2. Model Tinggi Tegakan

$$\log H = 0,369 + 1,173 \log A \quad (R^2 = 85,7\%) \quad (18)$$

$$\ln H = -0,554 + 0,340 \ln A + 0,955 \log S \quad (R^2 = 95,2\%) \quad (19)$$

$$\ln H = -0,206 + 0,247 \ln A + 0,100 \ln B + 0,822 \ln S \quad (R^2 = 96,0\%) \quad (20)$$

3. Model Luas Bidang Dasar Tegakan

$$\ln B = -2,24 + 2,12 \ln D - 0,213 \ln S \quad (R^2 = 95,5\%) \quad (21)$$

$$B = -5,22 - 0,122 S + 2,87 D - 2,41 A \quad (R^2 = 93,2\%) \quad (22)$$

$$\ln B = -2,61 + 2,50 \ln D - 0,035 \ln S - 0,679 \ln A \quad (R^2 = 96,3\%) \quad (23)$$

Model Volume Tegakan

$$\ln V = -0,857 + 3,00 \ln A \quad (R^2 = 85,8\%) \quad (24)$$

$$\ln V = 0,149 + 1,21 \ln A + 0,790 \ln B \quad (R^2 = 94,5\%) \quad (25)$$

$$\ln V = -2,22 + 0,556 \ln A + 0,568 \ln B + 1,41 \ln S \quad (R^2 = 96,8\%) \quad (26)$$

di mana *D* adalah rata-rata diameter setinggi dada (*cm*), *H* adalah rata-rata tinggi tegakan (*m*), *V* adalah volume tegakan per hektar (*m*³), *A* adalah umur tegakan, *B* adalah luas bidang dasar tegakan, dan *S* adalah indeks tempat tumbuh

Ketelitian statistik dan hasil uji validasi terhadap model-model di atas disajikan pada Tabel 6.

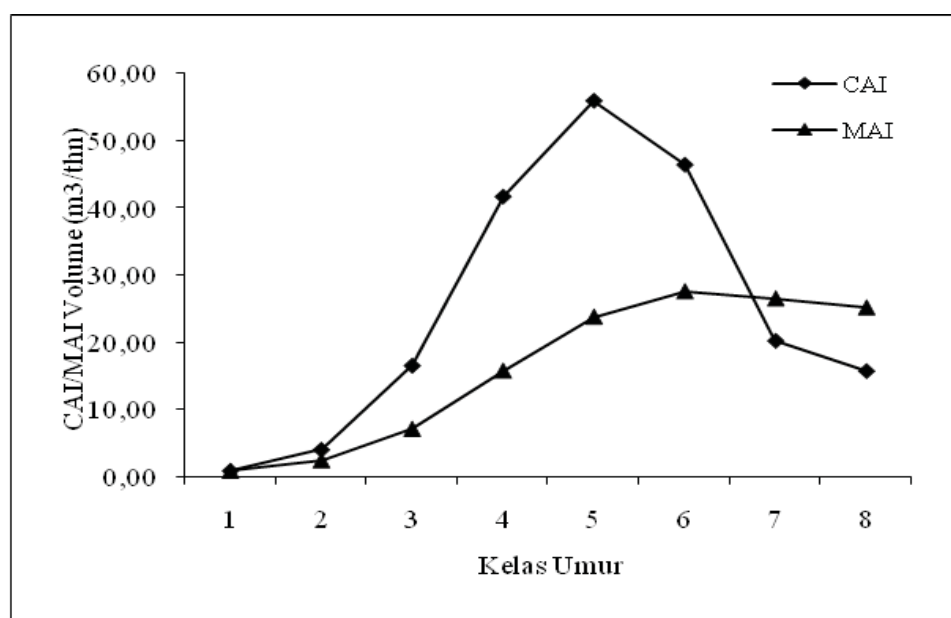
Pada Tabel 6 terlihat bahwa model-model di atas dapat digunakan untuk menduga pertumbuhan tegakan karena memiliki simpangan agregat yang lebih kecil dari 5% serta koefisien determinasi yang lebih besar dari 96%. Hasil perhitungan nilai *t* juga menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai tegakan aktual dengan nilai prediksi dari petak ukur penelitian.

Berdasarkan kurva pertumbuhan pada Gambar 3, pertumbuhan volume tegakan memiliki bentuk sigmoid. Hasil ini mendukung prinsip biologi perkembangan tegakan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sampai dengan umur enam tahun laju pertumbuhan tegakan meningkat dan kemudian menunjukkan terjadinya penurunan laju pertumbuhan setelah umur tersebut. Hal ini ditunjukkan perpotongan kurva *CAI* dan *MAI* pada tahun tersebut. Berdasarkan kurva *CAI* dan *MAI* volume tersebut (Gambar 3) umur optimal pemanenan dicapai pada umur enam tahun dengan *CAI* 46,39 m³/tahun dan *MAI* 27,54 m³/tahun serta hasil pemanenan akhir sebesar 165,24 m³. Umur optimal ini relatif lebih pendek dibandingkan rotasi penebangan yang saat ini digunakan oleh perusahaan yakni pada umur delapan tahun.

Penentuan umur pemanenan optimum ini akan menentukan strategi finansial berbagai

Tabel 3. Rata-rata Pertumbuhan Tegakan *E. grandis* di Aek Nauli

Parameter	Umur							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Diameter								
Rata-rata (cm)	1,89	4,1	6,7	9,47	12,28	15,04	17,61	19,93
CAI (cm/thn)	1,89	2,53	3,51	3,49	3,04	2,62	1,44	0,85
MAI (cm/thn)	1,89	2,21	2,64	2,85	2,91	2,86	2,68	2,45
Tinggi								
Rata-rata (m)	2,6	5,6	8,8	12,4	16,0	19,4	22,6	25,5
CAI (m/thn)	2,6	3,3	4,1	4,5	4,1	3,3	1,7	1,2
MAI (m/thn)	2,6	3	3,3	3,7	3,7	3,7	3,4	3,1
Volume								
Rata-rata (m ³ /ha)	0,84	4,82	21,31	62,95	118,85	165,24	185,43	201,12
CAI (m ³ /ha/thn)	0,84	3,98	16,49	41,64	55,90	46,39	20,19	15,69
MAI (m ³ /ha/thn)	0,84	2,41	7,10	15,74	23,77	27,54	26,49	25,14



Gambar 3. Kurva riap tahunan berjalan (*CAI*) dan riap rata-rata tahunan (*MAI*) Volume tegakan *Eucalytus grandis* di Aek Nauli Simalungun Sumatra Utara.

pilihan pengelolaan yang tersedia pada suatu kualitas lahan tertentu. Informasi ini juga dapat digunakan untuk membandingkan berbagai alternatif pengusahaan hutan atau membandingkannya dengan usaha pemanfaatan lahan lainnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Indeks tempat tumbuh pada lokasi studi bervariasi antara 18,99–35,26. Rata-rata diameter, tinggi, dan volume tegakan pada umur delapan tahun

berturut-turut adalah 19,93 cm, 25,5, m dan 201,12 m³/ha dengan riap rata-rata tahunan (*MAI*) sebesar 25,14 m³/ha/tahun.

Umur atau rotasi tebang optimum diperoleh pada umur tegakan enam tahun dengan *CAI* 46,39 m³/tahun dan *MAI* 27,54 m³/tahun serta hasil penebangan sebesar 165,24 m³. Pertumbuhan optimal dicapai pada umur tersebut sehingga kebijakan untuk melakukan pemanenan pada umur enam tahun merupakan pilihan silvikultur yang tepat.

Tabel 4. Pertumbuhan dan Hasil *E. grandis* di Aek Nauli pada Berbagai Indeks Tempat Tumbuh

Umur	SI 21			SI 25			SI 29			SI 33		
	Dbh	H	V	Dbh	H	V	Dbh	H	V	Dbh	H	V
1	0,50	1,19	0,03	0,86	1,67	0,10	1,21	2,14	0,21	1,57	2,60	0,36
2	3,36	3,72	1,57	4,23	5,14	3,14	5,11	6,54	5,37	5,98	7,93	8,33
3	5,88	6,12	6,15	6,94	8,07	10,71	8,01	10,00	16,74	9,07	11,91	24,34
4	8,34	8,64	15,07	9,45	10,86	23,52	10,56	13,06	34,10	11,67	15,25	46,94
5	11,14	12,07	33,72	12,28	14,50	48,04	13,42	16,92	65,19	14,56	19,32	85,31
6	13,77	15,33	60,49	15,06	18,23	84,22	16,34	21,12	112,29	17,63	23,98	144,90
7	16,34	18,62	97,21	17,81	22,10	134,49	19,28	25,56	178,43	20,76	28,99	229,31
8	18,60	21,31	137,39	20,21	25,28	189,15	21,83	29,22	249,93	23,44	33,13	320,12

Tabel 5. Riap Tahunan Berjalan dan Riap Rata-rata Tahunan *Eucalyptus grandis* di Aek Nauli pada Berbagai Indeks Tempat Tumbuh

Umur	SI 21		SI 25		SI 29		SI 33	
	CAI	MAI	CAI	MAI	CAI	MAI	CAI	MAI
1	0,03	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	0,36	0,36
2	1,53	0,78	3,04	1,57	5,17	2,69	7,96	4,16
3	4,58	2,05	7,57	3,57	11,36	5,58	16,02	8,11
4	8,92	3,77	12,81	5,88	17,37	8,53	22,60	11,73
5	18,65	6,74	24,52	9,61	31,09	13,04	38,37	17,06
6	26,77	10,08	36,18	14,04	47,10	18,71	59,59	24,15
7	36,72	13,89	50,27	19,21	66,14	25,49	84,42	32,76
8	40,18	17,17	54,66	23,64	71,51	31,24	90,81	40,02

Tabel 6. Ketelitian Statistik Persamaan Penduga Pertumbuhan dan Hasil

Model Prediksi	R ² (%)	AgD (%)	t-value
Dbh	98,1	0,15	0,18
Tinggi	96,0	1,29	0,77
LBDs	96,3	4,11	1,43
Volume	96,8	0,23	0,05

(Nilai $t_{-tabel(0,05,120)} = 1,980$)

Persamaan optimum pendugaan diameter, tinggi, basal area, dan volume tegakan adalah sebagai berikut

1. Model dbh tegakan: $\ln D = 0,743 + 0,363 \ln A + 0,142 \ln S + 0,313 \ln B$
2. Model rata-rata tinggi: $\ln H = -0,206 + 0,247 \ln A + 0,100 \ln B + 0,822 \ln S$
3. Model luas bidang dasar: $\ln B = -2,61 + 2,50 \ln D - 0,035 \ln S - 0,679 \ln A$
4. Model hasil volume: $\ln V = -1,96 + 0,526 \ln A + 0,548 \ln B + 1,38 \ln S$

di mana D adalah dbh (cm), H adalah rata-rata tinggi (h), V adalah volume tegakan (m^3/ha), A adalah umur (tahun), B adalah luas bidang dasar (m^2), dan S adalah indeks tempat tumbuh.

Penyusunan model pendugaan pertumbuhan dan hasil sebaiknya dilakukan hingga umur tegakan mencapai beberapa rotasi penebangan sehingga perlu dibangun petak ukur permanen selama waktu tersebut. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya bias pendugaan akibat kesalahan interpretasi data pertumbuhan yang singkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada PT Toba Pulp Lestari atas izin penelitian yang diberikan serta kepada Prof. Dr. Bambang Subiyanto atas bimbingannya dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Mariani, E.O., C.E. Mariani, and S.B. Lipinsky. 1981. Tropical Eucalyptus. In: McClure, T.A. and Lipinsky, E.S. (Eds.). Resource materials. *CRC handbook of biosolar resources*, Vol. II: 373–386. Boca Raton, FL: CRC Press, Inc
- ²Alder, D. 1980. *Forest Volume Estimation and Yield Prediction*. Volume 2. Yield Prediction. FAO: Rome.
- ³Avery, T. and H.E. Burkhart. 1994. *Forest Mensuration*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- ⁴Webb, D.E., P.J. Wood, and J. Smith. 1980. *A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantations*. Tropical Forestry Papers 15. CFI: Oxford.
- ⁵Aswandi. 2010. *Model Pendugaan Biomassa Eucalyptus grandis pada Hutan Tanaman Industri PT. Toba Pulp Lestari Kabupaten Simalungun Sumatra Utara*. Laporan Penelitian, Balai Penelitian Kehutanan Aek Nauli. Aek Nauli: Kementerian Kehutanan.
- ⁶Puspasari, D. dan B. Achmad. 2000. Model Penaksiran Tempat Tumbuh Hutan Tanaman *Acacia mangium*. *Buletin Penelitian Kehutanan*, 16 (1).
- ⁷Aswandi dan Cica Ali. 2005. Model Pertumbuhan dan Hasil Hutan Tanaman *Gmelina arborea* Menggunakan Petak Ukur Temporer di Sumatera Utara. *J. Pen. Htn & KA*, (4): 349–360.
- ⁸Husch, B., C.I. Miller, and T.W. Beers. 1971. *Forest Mensuration*. Second Edition. The Ronald Press Company.

