

MODEL PERTUMBUHAN DIAMETER TANAMAN JABON (*Anthocephallus cadamba*)

Wahyudi¹ dan Pamoengkas, P.²

¹Dosen Fakultas Pertanian, Jurusan Kehutanan, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Kalimantan Tengah.

²Dosen Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor

E-mail: isanautama@yahoo.com

ABSTRAK

Jabon (*Anthocephallus cadamba*) adalah tumbuhan komersial asli Indonesia yang mempunyai prospek baik untuk dikembangkan pada kawasan hutan terdegradasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pertumbuhan tanaman jabon dan membuat model pertumbuhannya. Rata-rata diameter pohon dianalisis menggunakan model sigmoid, eksponensial, polinomial, regresi berganda dan logistik. Semua model kemudian dievaluasi menggunakan tes chi kuadrat. Penelitian ini dilakukan di areal penanaman jabon yang terletak di Kecamatan Kapuas Hulu, Provinsi Kalimantan Tengah tahun 2011. Jenis tanah di lokasi penelitian adalah Ultisol bekas kegiatan perladangan dan semak belukar. Berdasarkan hasil tes menggunakan chi square diperoleh tiga model pertumbuhan yang sesuai untuk menggambarkan pertumbuhan diameter tanaman jabon, yaitu model sigmoid dengan persamaan $Y = \frac{(1,954)(2,773) + 24,354X^{1,242}}{(2,773 + X^{1,242})}$, model eksponensial dengan persamaan $Y = 19,916(1,099 - 2,71828^{-0,353X})$ dan model logistik dengan persamaan $Y = 20,645 / ((1 + 6,893(2,71828)^{-1,038X}))$. Diantara ketiga model tersebut model sigmoid adalah terbaik karena mempunyai nilai χ^2 yang terkecil.

Kata kunci: *Anthocephallus cadamba*, model sigmoid, pertumbuhan

ABSTRACT

Anthocephallus cadamba was a Indonesian native species and one of some commercial trees which had a good prospect to develop on the degraded forest. This research was aimed to analyse growth of *Anthocephallus cadamba* plantation and then create its growth modelling. The average of tree diameters were analyzed using some models of sigmoidal, growth, polynomials, multiple regression, and logistic. Then, all models were evaluated using Chi Square test. The research was conducted at *Anthocephallus cadamba* plantation in sub District of Kapuas Hulu, Central Kalimantan Province at 2011. Soil type in the site was Ultisol former shifting cultivation and bush-scrubs. According to the Chi Square test, there three models that suitable for illustrated growth of *Anthocephallus cadamba* diameter, i.e. sigmoidal models: $Y = \frac{(1,954)(2,773) + 24,354X^{1,242}}{(2,773 + X^{1,242})}$, exponential model: $Y = 19,916(1,099 - 2,71828^{-0,353X})$, and logistic model: $Y = 20,645 / ((1 + 6,893(2,71828)^{-1,038X}))$. Sigmoidal model is the best model because its χ^2 value is lowest.

Key words: *Anthocephallus cadamba*, growth, sigmoidal model

PENDAHULUAN

Laju kerusakan hutan di Indonesia sebesar 1,8 juta ha per tahun (1985-1997) dan meningkat menjadi 2,84 juta ha per tahun pada tahun 1997-2000 (Balitbanghut, 2008). Sejalan dengan penurunan luas kawasan hutan serta tingginya laju kerusakannya

hutan, kemampuan produksi kayu bulat nasional juga mengalami penurunan. Pada tahun 1992 produksi kayu bulat nasional sebesar 26,05 juta m³/tahun, namun kemudian menurun tajam pada tahun 2001 menjadi hanya 1,81 juta m³/tahun (APHI, 2010). Sejak saat itu produksi kayu bulat nasional tidak pernah mencapai angka di atas 10 juta m³/tahun.

Untuk meningkatkan kembali produksi kayu bulat nasional dapat ditempuh melalui pembangunan hutan tanaman, baik yang dilakukan oleh perusahaan dalam bentuk izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu-Hutan Tanaman (IUPHHK-HT) maupun dilakukan oleh masyarakat dalam bentuk Hutan Tanaman Rakyat (HTR), Hutan Rakyat dan lain-lain. Pemilihan jenis tanaman merupakan komponen penting untuk menunjang keberhasilan program hutan tanaman. Jenis-jenis intoleran yang dapat tumbuh di daerah terbuka merupakan pilihan yang tepat untuk dikembangkan dalam kawasan hutan yang telah terdegradasi (*degraded forest*).

Salah satu jenis intoleran dan komersial lokal (*native species*) yang dapat dikembangkan dalam hutan tanaman adalah jabon (*Anthocephallus cadamba*). Menurut Dephut (1989) kayu jabon mudah dikerjakan, lunak dan ringan, berwarna putih krim sampai sawo kemerah-merahan, bersinar dan sedikit berpori dengan berat jenis rata-rata 0,42 atau berkisar antara 0,29 sampai 0,56. Memiliki kelas kuat III (sedang) dan kelas awet IV sampai V.

Di India, Pilipina dan Malaysia jabon banyak ditanam untuk industri vinir dan kayu lapis sedangkan di Jawa kayu jabon digunakan untuk pembuatan peti dan korek api. Menurut Dirjenhut (1980) kayu jabon baik digunakan untuk pembuatan peti, papan tipis, korek api, pensil, vinir dan kayu lapis serta untuk pulp dan kertas. Sejak tahun 1998, sebagian besar hutan rakyat di pulau Jawa menggunakan jenis sengon (*Paraserianthes falcataria*) dan jabon (*Anthocephallus cadamba*).

Dalam rangka mendukung pengembangan hutan tanaman kelas perusahaan kayu jabon, maka diperlukan model persamaan yang mampu menggambarkan pertumbuhan tanaman jabon di masa depan. Model tersebut sangat membantu para praktisi di lapangan dalam menyusun perencanaan dan perhitungan input-output proyek penanaman tanaman jabon di lapangan.

B. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pertumbuhan diameter tanaman jabon (*Anthocephallus cadamba*) selama 20 tahun serta membuat model yang paling sesuai dalam menggambarkan pertumbuhan

tanaman jabon. Model yang dihasilkan diharapkan dapat bermanfaat bagi parapihak, khususnya para praktisi yang akan membudidayakan tanaman jabon dalam skala luas.

BAHAN DAN METODE

A. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan pada areal penanaman jabon PT Gunung Meranti di Kecamatan Kapuas Hulu, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah. Pengambilan data dilakukan pada tahun 2011 terhadap tanaman jabon (*Anthocephallus cadamba*) yang berumur 1 sampai 20 tahun.

B. Prosedur Penelitian

1. Pengambilan data diameter dilakukan masing-masing pada 100 tanaman jabon (*Anthocephallus cadamba*) yang berumur 1, 2, 4, 8, 12, 14, 16 dan 20 tahun yang ditanam dengan jarak tanam 3 m x 3 m pada areal bekas perladangan dan semak belukar oleh PT Gunung Meranti pada kegiatan penanaman lahan kosong dan reboisasi. Jenis tanah Ultisol berwarna kuning kemerahan (PT. GM, 1995).
2. Perawatan tanaman jabon berupa pemulsaan dan pembersihan dari gulma dan tumbuhan pengganggu dilakukan setiap tahun sampai tahun ke-3. Selanjutnya dilakukan secara sporadis pada tanaman yang diserang tumbuhan pengganggu.
3. Pengambilan data dilakukan terhadap diameter (cm) setinggi dada pada tahun 2011.

C. Analisis Data

1. Rata-rata diameter ditentukan menggunakan rumus: $\sum_{i=1}^n \mu_i \cdot f$
 $\mu = 1/n \cdot \sum Xi$, Dimana :
 $\sum Xi$ = jumlah data dari X_1 sampai X_n =
 μ = nilai tengah atau rata-rata
 n = banyak data
2. Prosentase hidup tanaman ditentukan menggunakan pendekatan: Prosen hidup = $(\sum \text{tanaman hidup} / \sum \text{tanaman yang ditanam}) \times 100\%$
3. Model-model pertumbuhan tanaman yang digunakan adalah:
 - a. Model sigmoid (Burkhart, 2003; Radonsa et al., 2003), yaitu: $y = \frac{ab + cx^2}{b + x^2}$
 - b. Model pertumbuhan eksponensial (Grant et al., 1997), yaitu: $y = a(b - e^{-cx})$
 - c. Model polinomial (Brown, 1997), yaitu: $y = a + bx + cx^2$
 - d. Model regresi (Burkhart, 2003), yaitu: $y = a + bx + cx^2 + dx^2 + \dots$
 - e. Model logistik (Husch et al., 2003; Forss et al., 1996), yaitu: $y = \frac{a}{1 + be^{-cx}}$
 Dimana: y = diameter pada tahun ke- i
 x = tahun ke- i
 $e = 2,71828$ (eksponensial)
 a, b, c, d = konstanta

4. Uji antar model digunakan untuk membandingkan data hasil pengukuran (*observed*) dengan data yang diperoleh dari pemodelan (*expected*) menggunakan Chi Kwadrat (Sudjana, 1988), yaitu:

dimana: O_i : data aktual hasil pengukuran (*observed*) ke- i
 E_i : data dugaan/hasil pemodelan (*expected*) ke- i
 n : jumlah pasangan data

Kriteria uji: $\chi^2_{hit} < \chi^2_{tabel}$: Terima H_0 (model handal)
 $\chi^2_{hit} \geq \chi^2_{tabel}$: Terima H_1 (model tidak handal)

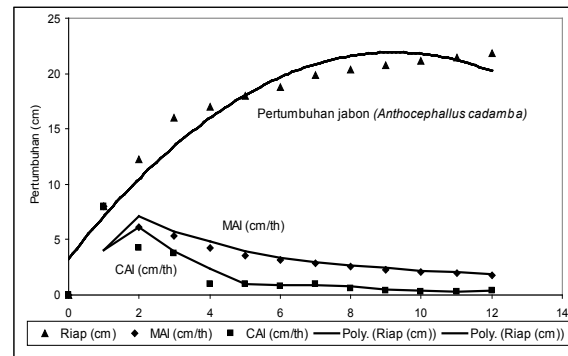
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertumbuhan Tanaman Jabon

Tanaman jabon (*Anthocephallus cadamba*) pada umur 2, 4, 8, 12, 16 dan 20 tahun mempunyai riap diameter tahunan rata-rata (*Mean Annual Increment*) masing-masing sebesar 6,13 cm/tahun; 4,25 cm/tahun; 2,55 cm/tahun; 1,82 cm/tahun; 1,58 cm/tahun dan 1,44 cm/tahun (Tabel 1). Makin bertambah umur tanaman maka kecepatan pertumbuhannya semakin berkurang. Namun demikian sebaran data diameter dan tinggi tanaman cukup tinggi karena banyak tanaman yang telah mencapai diameter 45,6 cm dan tinggi 23 m, namun ada pula yang baru mencapai diameter 13,4 cm dan tinggi 8,33 m pada umur 20 tahun. Sebaran diameter tanaman yang tinggi ini tercermin pada keragaman data (δ) diameter dan tinggi masing-masing 0,58 dan 0,35.

Pertumbuhan diameter tanaman jabon membentuk grafik parabola terbalik, yaitu lambat pada awal pertumbuhan, kemudian cepat dan mengalami perlambatan kembali. Grafik pertumbuhan diameter tanaman jabon, riap diameter tahunan rata-rata (MAI) dan riap diameter rata-rata berjalan (*Current Annual Increment*) tanaman jabon dilukiskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik pertumbuhan, MAI dan CAI diameter tanaman jabon

Sutisna dan Ruchaemi (1995) mencatat MAI diameter dan tinggi tanaman jabon di Kalimantan Timur masing-masing sebesar 3,11 cm/th dan 1,35 m/th pada umur 5 tahun. Berdasarkan Tabel 1, tanaman jabon umur 4 tahun di lokasi penelitian mempunyai MAI diameter sebesar 4,25 cm/tahun dan tanaman jabon umur 8 tahun mempunyai MAI diameter sebesar

Tabel 1. Rata-rata pertumbuhan diameter tanaman jabon serta hasil pemodelan menggunakan model sigmoid, pertumbuhan eksponensial, polinomial, regresi dan logistik

Umur Tanaman (tahun)	Data aktual (cm)	MAI diameter (cm/Th)	Prediksi diameter (cm) menggunakan model				
			Sigmoid (cm)	Tumbuh (cm)	Polinomial (cm)	Regresi (cm)	Logistik (cm)
0	3,91	0,00	1,95	1,97	2,01	2,68	2,62
1			7,89	7,90	7,59	6,75	6,00
2	12,25	6,13	12,27	12,06	11,89	10,36	11,07
3			15,06	14,98	15,06	13,51	15,81
4	16,98	4,25	16,93	17,04	17,29	16,21	18,63
5			18,24	18,48	18,73	18,44	19,88
6			19,19	19,49	19,55	20,21	20,37
7			19,91	20,20	19,92	21,53	20,55
8	20,4	2,55	20,47	20,71	20,02	22,38	20,61
9			20,92	21,06	20,00	22,77	20,63
10			21,28	21,30	20,04	22,71	20,64
11			21,58	21,48	20,30	22,18	20,64
12	21,88	1,82	21,84	21,60	20,96	21,19	20,64
13			22,05	21,69	22,17	19,74	20,64
14			22,23	21,75	24,12	17,84	20,64
15			22,39	21,79	26,96	15,47	20,64
16	25,21	1,58	22,53	21,82	30,86	12,64	20,64
17			22,65	21,84	35,99	9,36	20,64
18			22,76	21,85	42,53	5,61	20,64
19			22,86	21,86	50,63	1,40	20,64
20	27,44	1,44	22,94	21,87	60,47	-3,27	20,64

2,55 cm/tahun. Dengan demikian pertumbuhan diameter tanaman jabon pada lokasi penelitian tidak jauh berbeda dengan data yang disajikan oleh peneliti di atas. Namun kecenderungan menurunnya pertumbuhan diameter rata-rata tahunan, seperti yang terjadi pada penelitian ini, belum dilaporkannya.

Pertumbuhan rata-rata tahunan diameter tanaman jabon semakin menurun disebabkan oleh semakin menurunnya tingkat kesuburan tanah karena penyerapan hara yang dilakukan secara terus menerus. Tanaman jabon pada umur di atas 5 tahun sudah bercampur dengan bermacam-macam tumbuhan liar tingkat tiang seperti *Macaranga triloba*, *Tristanopsis* sp, *Dillenia* sp, *Canarium* sp dan lain-lain, dan pada umur 10 tahun banyak terdapat pohon yang tumbuh di sekitarnya, seperti *Macaranga macroptera*, *M.giganthea*, *Vitex pubescens*, *Drypetes kikir*, *Ptenandra* sp dan lain-lain.

Prosentase hidup tanaman jabon pada umur 12 tahun sebesar 57,7% sehingga kerapatan tanaman pada umur 12 tahun mencapai 641 pohon/ha. Pada umur 20 tahun, prosentase hidup tanaman sebesar 52,03% dengan kerapatan pohon sebesar 578 pohon/ha (Jumlah tanaman jabon pada awalnya penanaman sebesar 1.111 pohon/ha). Beberapa tanaman ada yang mengalami kerontokan daun yang diawali dengan pembusukan akar akibat serangan *Armellaria mellea* dan ada pula yang mati pucuk disebabkan jamur *Gloesporium anthocephali*. Secara umum, penurunan

prosentase hidup tanaman disebabkan adanya persaingan dalam memperoleh unsur-unsur hara dalam tanah dan ruang tumbuh serta serangan hama. Pada areal dengan lapisan tanah yang tipis banyak ditemukan tanaman kerdil karena keterbatasan unsur hara dan pada areal cekungan yang dapat tergenang air secara periodik setelah hujan turun lebih banyak ditemukan tanaman mati.

B. Pemodelan Pertumbuhan Diameter Tanaman Jabon

Berdasarkan data rata-rata diameter tanaman jabon pada umur 1, 2, 4, 8, 12, 16 dan 20 tahun, diperoleh model pertumbuhan diameternya menggunakan beberapa model pertumbuhan tanaman, yaitu:

1. Model sigmoid: $y = \frac{(1,954)(2,773) + 24,354 x^{1,242}}{2,773 + x^{1,242}}$
2. Model pertumbuhan eksponensial :
Y = 19,916 (1,099 – 2,71828 – 0,353X
3. Model polinomial: Y = 2,011 + 6,283 X – 0,728 X² + 0,028 X³
4. Model regresi: Y = 2,675 + 4,303 X – 0,230 X²
5. Model logistik: $y = \frac{20,643}{1 + 6,893 (2,71828)^{-1,099x}}$
Dimana: Y = Diameter tanaman jabon pada umur ke-X
X = Umur tanaman jabon (tahun)

Koefisien korelasi model sigmoid, model pertumbuhan eksponensial dan model logistik masing-masing adalah 98,01%; 98,1 dan 99,01%

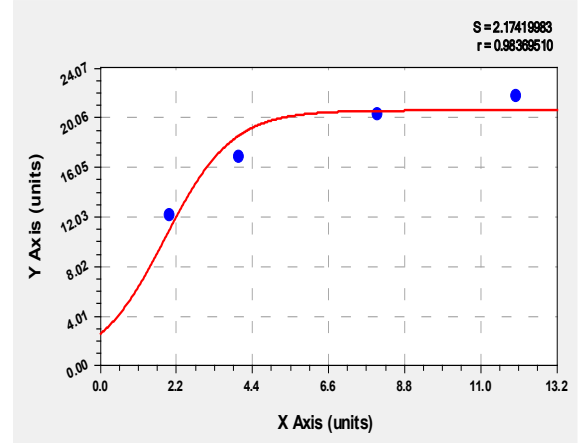
yang menunjukkan bahwa model-model tersebut memberikan korelasi yang baik antara variabel X dan variabel Y, sedangkan model polinomial dan model regresi hanya mempunyai koefisien korelasi di bawah 60%.

Uji chi kwadrat digunakan untuk memilih model yang paling baik diantara model-model yang baik di atas (Tabel 2). Berdasarkan hasil pengujian tersebut, model sigmoid, model pertumbuhan eksponensial dan model logistik dapat digunakan untuk menduga pertumbuhan tanaman jabon. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketiga model ini mempunyai nilai χ^2 hitung yang lebih kecil dibanding χ^2 tabel pada level kepercayaan 95%. Nilai χ^2 hitung pada model sigmoid, model pertumbuhan eksponensial dan model logistik masing-masing sebesar 7,963; 10,844 dan 13,867 sedangkan nilai χ^2 tabel_(0,05) sebesar 14,07. Sementara itu nilai χ^2 hitung pada model polinomial dan regresi masing-masing sebesar 136,079 dan 233,593 yang lebih besar dari nilai χ^2 tabel (Tabel 2). Dengan demikian besaran diameter tanaman jabon yang ditampilkan oleh ketiga model di atas tidak berbeda nyata dengan hasil pengukuran diameter tanaman jabon di lapangan.

Menurut Balitbanghutbun (1998), Bukhart (2003) dan Radonsa *et al.* (2003), model pertumbuhan pohon umumnya membentuk pola sigmoid, sedangkan menurut Wahyudi (2011), pertumbuhan tanaman *Shorea leprosula* di Kalimantan Tengah membentuk pola pertumbuhan sigmoid. Gunawan & Wartomo (2002) meneliti pertumbuhan diameter pohon *Hopea cernua* di Kalimantan Timur berdasarkan struktur anatomi kayunya dan mendapatkan pola pertumbuhan sigmoid, yaitu pertumbuhan diameter tertinggi terjadi pada saat pohon berdiameter 30 cm, 40 cm dan 50 cm, sedangkan sebelum dan sesudahnya lebih lambat.

Model pertumbuhan tanaman jabon pada penelitian ini yang mempunyai nilai χ^2 hitung yang paling kecil adalah model sigmoid, yaitu sebesar 7,963. Hal ini menunjukkan bahwa model sigmoid adalah model yang paling baik dalam memprediksi

pertumbuhan tanaman jabon, karena hasil prediksinya mempunyai perbedaan yang paling kecil dibanding kondisi sebenarnya. Pola pertumbuhan sigmoid ditandai dengan grafik yang menyerupai huruf S yang menandakan bahwa pertumbuhan tanaman pada awalnya adalah lambat kemudian mengalami percepatan, lalu tumbuh lambat kembali (Gambar 2).



Gambar 2. Model pertumbuhan sigmoid tanaman jabon (*Anthocephalus cadamba*)



Gambar 3. Tanaman jabon (*Anthocephalus cadamba*) di lokasi penelitian

Tabel 2. Uji chi kwadrat terhadap model sigmoid, pertumbuhan eksponensial, polinomial, regresi dan logistik

Umur	Data aktual (O)	Data Model (E1)	Data Model (E2)	Data Model (E3)	Data Model (E4)	Data Model (E5)	$(O_i - E_i)^2 / E_i$ Model 1	$(O_i - E_i)^2 / E_i$ Model 2	$(O_i - E_i)^2 / E_i$ Model 3	$(O_i - E_i)^2 / E_i$ Model 4	$(O_i - E_i)^2 / E_i$ Model 5
1	3,91	1,95	1,97	2,01	2,68	2,62	1,9580	1,9055	1,7932	0,5702	0,6406
2	12,25	12,27	12,06	11,89	10,36	11,07	0,0000	0,0031	0,0110	0,3444	0,1253
4	16,98	16,93	17,04	17,29	16,21	18,63	0,0001	0,0002	0,0055	0,0369	0,1453
8	20,4	20,47	20,71	20,02	22,38	20,61	0,0003	0,0045	0,0073	0,1750	0,0021
12	21,88	21,84	21,60	20,96	21,19	20,64	0,0001	0,0036	0,0405	0,0224	0,0739
14	25,21	22,53	21,82	30,86	12,64	20,64	0,3186	0,5275	1,0341	12,4915	1,0094
16	27,44	22,86	21,86	50,63	1,40	20,64	0,9185	1,4224	10,6231	483,5788	2,2365
18	30,11	23,09	21,88	86,03	-13,98	20,64	2,1322	3,0963	36,3474	-139,0543	4,3394
20	31,1	23,27	21,88	141,59	-33,50	20,64	2,6354	3,8804	86,2173	-124,5719	5,2946
							7,9633	10,8436	136,0793	233,5929	13,8671

Keterangan:

O = data pengukuran (observed)

E = data hasil pemodelan (expected)

Pertumbuhan tanaman jabon dapat diprediksi pada awal kegiatan menggunakan model sigmoid atau model pertumbuhan eksponensial atau model logistik, sehingga dapat membantu perencanaan kegiatan, alokasi anggaran dan prediksi input dan output proyek. Pada kondisi tempat tumbuh (*site*) yang sama dengan lokasi penelitian ini, maka ketiga model tersebut (terutama model sigmoid) dapat digunakan untuk memprediksi pertumbuhan diameter tanaman jabon.

SIMPULAN

Tanaman jabon (*Anthocephallus cadamba*) pada umur 2, 4, 8, 12, 16 dan 20 tahun mempunyai MAI masing-masing sebesar 6,13 cm/tahun; 4,25 cm/tahun; 2,55 cm/tahun; 1,82 cm/tahun; 1,58 cm/tahun dan 1,44 cm/tahun. Makin bertambah umur tanaman maka kecepatan pertumbuhannya semakin berkurang. Model pertumbuhan yang sesuai untuk menggambarkan pertumbuhan diameter tanaman jabon adalah model sigmoid dengan persamaan $Y = ((1,954)(2,773)+24,354X^{1,242}) / (2,773 + X^{1,242})$, model eksponensial dengan persamaan $Y = 19,916(1,099 - 2,71828^{-0,353X})$ dan model logistik dengan persamaan $Y = 20,645 / ((1+6,893(2,71828)^{-1,038X})$. Diantara ketiga model tersebut model sigmoid adalah terbaik karena mempunyai nilai χ^2 yang terkecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Budi Harsono selaku manajer camp PT Gunung Meranti yang memberi fasilitas penelitian serta bantuan tenaga pengukur tanaman di lapangan. $P = 0,95$ dan $dk=7$, maka $\chi^2=14,07$ Model E1, E2, E3, E4 dan E5 masing-masing adalah model sigmoid, pertumbuhan, polinomial, regresi dan logistik

DAFTAR PUSTAKA

- Asosiasi Pengusahaan Hutan Indonesia, 2010. Perkembangan Produktifitas Hasil Hutan Kayu Indonesia dan Permasalahannya. Badan Litbang Kehutanan, IPB ICC, Bogor, 29 November 2010.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. 2008. Profil Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Balitbanghut, Departemen Kehutanan, Bogor.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan. 1998. Buku Panduan Kehutanan Indonesia. Badan Penelitian dan

Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan, Departemen Kehutanan dan Perkebunan, Jakarta.

- Brown S. 1997. Estimating biomass change of tropical forest a primer. FAO Forestry Paper No.134. FAO USA.
- Burkhart HE. 2003. Suggestion for choosing an appropriate level for modelling forest stand. In Amaro A, Reed D, Soares P, editors. Modelling Forest System. CABI Publishing.
- Departemen Kehutanan RI, 1989. *Atlas Kayu Indonesia*. Jilid I dan II. Badan Litbang Dephut, Bogor.
- Direktorat Jenderal Kehutanan. 1980. Pedoman Pembuatan Tanaman. Direktorat Jenderal Kehutanan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Forss ED, Gadow KV, & Saborowski J. 1996. Growth Models for Unthinned *Acacia mangium* Plantations in South Kalimantan, Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science*, 8(4):449-462.
- Grant WE, Pedersen EK, & Marin SL. 1997. Ecology and Natural Resource Management. Systems Analysis and Simulation. John Wiley & Sons, Inc.
- Gunawan HR, & Wartomo. 2002. A wood anatomical structure: A new approach to measure the trees growth. Book 3th. Competitive Award Scheme-2. Berau Forest Management Project, European Union and Ministry of Forestry RI.
- Husch B, Beers TW, & Kershaw JA. 2003. Forest Mensuration. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- PT Gunung Meranti. 1995. Dokumen AMDAL PT Gunung Meranti. PT. Edecon prima Mandiri, Jakarta.
- Radonsa PJ, Koprivica MJ, & Lavadinovic VS. 2003. Modelling current annual height increment of young Douglas-fir stands at different site. In Amaro A, Reed D, Soares P, editors. *Modelling Forest System*. CABI Publishing.
- Wahyudi, 2011. Pertumbuhan Tanaman dan Tegakan Tinggal pada Sistem Silviculture Tebang Pilih Tanam Indonesia Intensif. Disertasi. Program Pascasarjana IPB, Bogor.