

TEBANG PILIH TANAM JALUR : PEMODELAN PERTUMBUHAN TANAMAN MERANTI PADA JALUR TANAM

(SELECTIVE CUTTING AND LINE PLANTING SYSTEM : GROWTH MODELLING OF MERANTI IN THE LINE PLANTING)

Wahyudi¹⁾, Andry Indrawan²⁾, Irdika Mansur²⁾, Prijanto Pamoengkas²⁾

ABSTRACT

Selective Cutting and Line Planting (SCLP) silvicultural system can be applied in the logged over forest and low potential forest to improve their productivity . The research was aimed to create the growth modelling of *Shorea* plantations in the line planting system. The research was conducted at research plots of SCLP in logged over forest of PT Gunung Meranti, Central Kalimantan Province. The research plots were divided into three plots of *Shorea leprosula* plantation that planted in 1994 as plot 1, year 1999 as plot 2 and year 2008 in which consisted of 200 samples of trees, respectively. Data of *Shorea leprosula* growth were evaluated by Stella 9.0.2 and SPSS 13, and predicted using table of volume, exponential and polynomial equations. The research result showed that exponential equation was $y = 1,0269.e^{0,012x}$ ($R^2 = 96,02\%$) and estimated cutting cycle at 37 year old, average polynomial equation was $y = 0,0297x^2 + 0,8208x + 0,3728$ ($R^2 = 86,89\%$) and estimated cutting cycle at 30 year old and group polynomial equations ($R^2 > 95\%$) estimated cutting cycle at 32 years old. The best model was group polynomial equations that represented exponential equation and average polynomial equation in the yield of volume.

Keywords : Selective cutting and line planting system, *Shorea leprosula*, exponential and polynomial equations.

ABSTRAK

Sistem silvikultur Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) sangat sesuai diaplikasikan pada hutan bekas tebangan dan hutan dengan potensi rendah untuk meningkatkan produktifitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model pertumbuhan tanaman meranti (*Shorea sp*) pada jalur tanam sistem TPTJ. Penelitian dilakukan di plot penelitian TPTJ di areal bekas tebangan PT Gunung Meranti di Provinsi Kalimantan Tengah. Plot penelitian ini dibagi dalam tiga sub plot tanaman *Shorea leprosula* yang ditanam tahun 1994 (sebagai sub plot 1), tahun 1999 (sebagai sub plot 2) dan tahun 2008 (sebagai sub plot 3) masing-masing terdiri dari 200 ulangan. Data pertumbuhan *Shorea leprosula* tersebut selanjutnya dievaluasi menggunakan perangkat lunak SPSS 13 dan pemodelan menggunakan Stella 9.0.2. dengan pendekatan menggunakan tabel volume lokal, persamaan eksponensial dan polinomial. Hasil penelitian memberikan prediksi yang berbeda. Persamaan eksponensial yang terbentuk adalah $y = 1,0269.e^{0,012x}$ ($R^2 = 96,02\%$) memprediksi siklus tebang ideal pada umur 37 tahun. Persamaan polinomial rata-rata yang terbentuk adalah $y = 0,0297x^2 + 0,8208x + 0,3728$ ($R^2 = 86,89\%$) memprediksi siklus tebang ideal pada umur 30 tahun dan persamaan polinomial kelompok mempunyai $R^2 > 95\%$ memprediksi siklus tebang ideal pada umur 32 tahun. Berdasarkan hasil uji Chi Square, diketahui bahwa model terbaik adalah persamaan polinomial kelompok, dengan demikian siklus tebang sistem TPTJ sebaiknya selama 32 tahun.

Kata kunci : Tebang Pilih Tanam Jalur, *Shorea leprosula*, persamaan eksponensial dan polinomial.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Meranti adalah salah satu jenis pohon dari famili Dipterocarpaceae yang mendominasi hutan alam di wilayah Indonesia bagian Barat dan Tengah

(McKinnon *et al.*, 2000) dengan kualitas kayu yang baik. Jenis ini juga mendominasi target produksi kayu bulat dari hutan alam dan menjadi primadona industri kayu lapis (*plywood*) dan *wood working* di era 80-90an (Wahyudi, 2009). Dengan demikian pengembangan tanaman meranti untuk meningkatkan produktifitas hutan adalah langkah yang tepat.

Sejalan dengan makin tingginya laju degradasi dan deforestasi di Indonesia, maka pengembangan tanaman meranti menjadi sebuah keharusan, khususnya pada hutan sekunder (*logged over forest*)

¹ Jurusan Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Palangka Raya

Penulis Korespondensi : irwahyudimp@yahoo.co.id

² Dep. Silvikultur Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor

dan kawasan hutan yang tidak produktif. Sistem Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) telah menerapkan teknik hutan tanaman pada sebagian areal pengelolaannya. Menurut Ditjen BPK (2005) dan Soekotjo (2009) jenis meranti yang mempunyai riap tertinggi seperti *Shorea leprosula* dapat dikembangkan dalam jalur tanam pada sistem Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ).

Secara umum, pola pertumbuhan tanaman membentuk grafik *sigmoid* (Bukhart 2003; Radonja *et al.* 2003) yang dapat dirumuskan melalui persamaan eksponensial (Brown 1997; Grant *et al.* 1997; Radonsa *et al.* 2003) dan polinomial (Porte & Bartelink, 2001; Vanclay, 2001). Daur ekonomis tanaman dapat dilihat dari perpotongan antara grafik riap tahunan berjalan (CAI) dan riap tahunan rata-rata (MAI).

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh jenis dan genetik (Finkeldey, 1989; Hani'in, 1999), lingkungan atau tempat tumbuh (Fisher & Binkley, 2000) dan teknik silvikultur (Coates & Philip, 1997; Halle *et al.*, 1978). Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu faktor iklim dan faktor tanah. Faktor iklim terdiri dari curah hujan, cahaya, suhu, kelembaban, angin dan letakgeografi berdasarkan garis lintang. Sedangkan faktor tanah terdiri dari sifat fisik, kimia dan biologi tanah, kelerengan, aspek, ketinggian dan drainase.

Sampai dengan tahun 2010 terdapat 29 Izin Usaha pemanfaatan Hasil Hutan Kayu (IUPHHK) yang menerapkan sistem TPTJ (Ditjen BPK 2010) dan menggunakan jenis meranti sebagai tanaman unggulan dalam jalur tanam. Mengingat keberadaannya yang masih relatif baru maka sistem ini masih banyak memerlukan input-input sebagai bagian dari teknik silvikultur dalam rangka memantapkan pelaksanaannya di masa datang. Salah satu input yang cukup penting adalah pemodelan pertumbuhan tanaman meranti di dalam jalur tanam untuk memprediksi pertumbuhan dan hasil yang merupakan gambaran nyata di lapangan. Pemodelan dapat mempermudah kita dalam melakukan evaluasi hasil tanaman dan kemungkinan penerapan rekayasa dan teknik silvikultur yang diperlukan.

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model pertumbuhan tanaman meranti (*Shorea leprosula*) yang *dikembangkan* dalam jalur tanam serta memilih model yang paling baik untuk memprediksi pertumbuhan tanaman tersebut. Penelitian diharapkan dapat bermanfaat bagi para pihak (*stakeholder*), khususnya para pelaksana sistem

TPTJ, dalam memprediksi pertumbuhan tanaman dan perolehan hasil pada saat pemanenan.

BAHAN DAN METODE

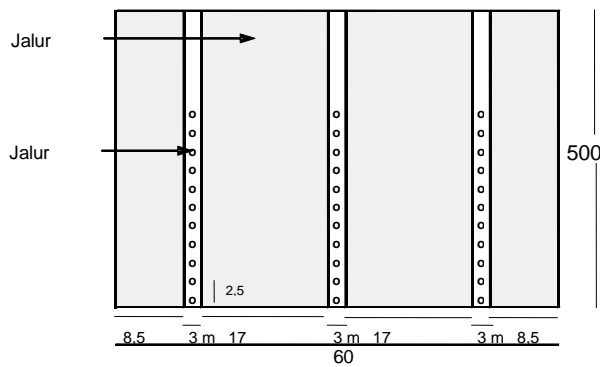
Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada plot-plot penelitian tanaman meranti (*Shorea leprosula*) dalam jalur yang ditanam tahun 1994 dan 1999 serta pada jalur tanam sistem TPTJ yang ditanam tahun 2008. Semua plot penelitian berada di IUPHHK PT Gunung Meranti yang terletak di Kecamatan Kapuas Hulu, Kabupaten Kapuas Provinsi Kalimantan Tengah.

Pengambilan data diameter dan tinggi tanaman pada plot 1 dan 2 dilakukan tahun 2010 (umur 11 dan 16 tahun) sedangkan pada plot 3 dilakukan setiap bulan Pebruari tahun 2008, 2009 dan 2010 atau pada saat tanaman berumur 0, 1 dan 2 tahun.

Metode Penelitian

1. Penelitian dilakukan pada tiga plot tanaman meranti (*Shorea leprosula*) dalam jalur tanam masing-masing berukuran 500 m x 60 m (=30.000 m²). Lebar jalur tanam 3-5 m dan jarak antar tanaman dalam jalur 2,5 m. Lebar jalur antara 17 m sehingga jarak tanam keseluruhan 2,5 x 20 m (Gambar 1). Ketiga plot penelitian mempunyai kondisi tapak yang relatif sama, yaitu jenis tanah podsolik merah kuning dengan struktur tanah gumpal beragregat kurang serta mempunyai permeabilitas yang rendah. Tekstur tanah berupa geluh lempung pasir dan pada lapisan bawah (>25 cm) didominasi lempung. Dengan demikian ketiga plot penelitian dianggap mempunyai tapak yang sama serta perlakuan silvikultur yang sama pula berupa pembukaan kanopi secara memanjang.
2. Plot 1 adalah tanaman meranti yang ditanam tahun 1994 (umur 16 tahun), plot 2 ditanam tahun 1999 (umur 11 tahun) dan plot 3 ditanam tahun 2008. Masing-masing plot diambil sample tanaman secara acak sebanyak 200 tanaman
3. Pengukuran dilakukan terhadap diameter (dbh) dan tinggi bebas cabang tanaman
4. Siklus tebang ditentukan pada saat tanaman meranti telah mencapai diameter 50 cm ke atas (Ditjen BPK 2005, Soekotjo, 2009).



Gambar 1. Layout penelitian tanaman meranti dalam jalur tanam sistem TPTJ

Analisis Data

Pertumbuhan dan hasil tanaman meranti (*Shorea leprosula*) diprediksi dengan menggunakan beberapa analisis sebagai berikut:

1. Volume pohon *Shorea leprosula* ditentukan berdasar diameternya menggunakan persamaan tabel volume lokal (Wahyudi & Matthews, 1996) sebagai berikut:
 $V = 0,0001175D^{2,56177}$, dimana: V: volume pohon berdiri (m³) dan D: dbh (cm)
2. Model 1: Pertumbuhan tanaman *sigmoid* menggunakan persamaan eksponensial (Brown, 1997; Grant *et al.*, 1997; Radonsa *et al.*, 2003), yaitu $y = c_1 \cdot e^{c_2x}$, dimana: x: diameter awal, y: diameter akhir, c_1, c_2 : konstanta
3. Model 2: Pertumbuhan tanaman rata-rata berdasarkan fungsi riap dan waktu menggunakan persamaan polinomial rata-rata (Porte & Bartelink, 2001; Vanclay, 2001) dengan persamaan $y = c_1 + c_2x + c_3x^2$, dimana y: diameter akhir rata-rata, x: waktu dalam tahun dan c_1, c_2, c_3 : konstanta
4. Model 3: Pertumbuhan tanaman dipisahkan menjadi lima kelompok (5 sub model) tanaman berdasarkan riap, yaitu kelompok pertumbuhan sangat lambat, lambat, sedang, cepat dan sangat cepat. Interval riap (5) ditentukan melalui formula (Pollet & Nasrullah, 1994) $Ir = rb - rk / 5$, dimana: Ir : interval berdasarkan riap, rb : riap terbesar, rk: riap terkecil. Model-model pertumbuhan tanaman pada lima kelompok tersebut adalah $y_i = ci1 + ci2x + ci3x^2$, dimana: y_i :diameter akhir rata-rata kelompok ke-i, x: waktu (tahun) dan $ci1, ci2, ci3$: konstanta

Hasil perhitungan dari ketiga model tersebut dilakukan uji beda (*LSD test*) untuk menentukan model pertumbuhan tanaman yang paling baik. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah Stella 9.0.2 dan SPSS.13.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi hasil pengukuran tanaman meranti (*Shorea leprosula*) pada plot 1 dan 2 tahun 2010 dan plot 3 tahun 2008, 2009 dan 2010 disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil pengukuran tanaman meranti (*Shorea leprosula*)

Data tahun	Umur (tahun)	Jumlah tanaman	Prosen hidup (%)	Diameter				Tinggi rata2 (cm)
				Min (cm)	Mak (cm)	Rata2 (cm)	MAI (cm/th)	
2008	0	200	100	0.30	0.66	0.50	0.00	0.35
2009	1	200	89.50	0.36	3.62	1.05	1.08	1.50
2010	2	200	84.22	0.40	7.14	2.13	1.08	2.80
2010	11	200	61.87	3.10	28.23	13.50	1.25	9.20
2010	16	200	61.21	12.91	36.42	21.22	1.36	13.10

Model 1: Persamaan eksponensial

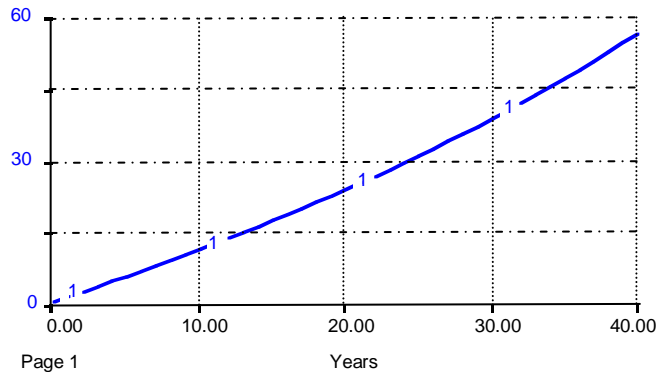
Pertumbuhan diameter merupakan fungsi dari diameter sebelumnya yang tumbuh membesar dipengaruhi oleh jenis dan sifat genetik (Finkeldey, 1989), kondisi lingkungan, baik edafis maupun klimatis (Fisher & Binkley, 2000, Kozlowski & Pallardy, 1997) serta perlakuan yang diberikan (*silvicultural treatment*) (Coates & Philip, 1997, Halle *et al.*, 1978). Perkembangan diameter pohon yang dihasilkan dapat menggambarkan dinamika pertumbuhan tegakan dalam luasan tertentu yang dicerminkan melalui jumlah pohon/ha, luas bidang dasar/ha atau volume/ha (Gadow & Hui, 1999; Vanclay, 1995, 2001) dan pada tahap ini faktor kematian (*mortality*) dapat disertakan dalam model pertumbuhan untuk mendapatkan gambaran potensi hutan yang lebih baik (Bettinger *et al.* 2009; Fyllas *et al.* 2010).

Pola pertumbuhan tanaman dalam jalur tanam, seperti pada sistem TPTJ, menyerupai model pertumbuhan hutan seumur (*even-aged stand forest*) yang berbentuk *sigmoid growth* dengan persamaan eksponensial (Brown, 1997; Grant *et al.* 1997; Radonsa *et al.*, 2003). Pemodelan tanaman meranti (*Shorea leprosula*) berumur 0, 1, 2, 11 dan 16 tahun menggunakan persamaan eksponensial menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$Y = 1,0269 \cdot e^{0,012X}$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 96,02% 1)
 dimana y : diameter akhir; x : diameter awal

Model ini memprediksi pencapaian diameter akhir tanaman meranti (*Shorea leprosula*) sebesar 50 cm ke atas (51,09 cm) pada umur 37 tahun (Gambar 2).

1: Diameter



Gambar 2. Pertumbuhan diameter *Shorea leprosula* menggunakan model persamaan eksponensial

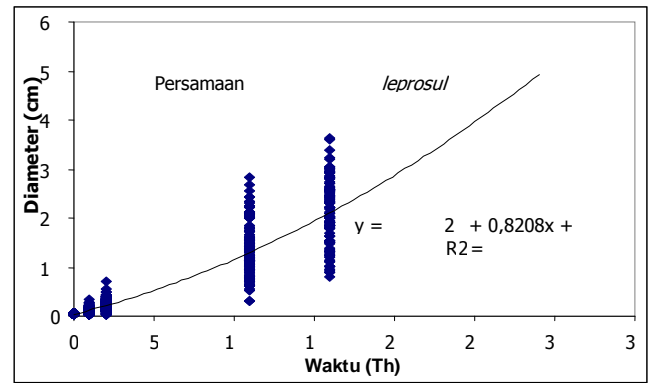
Model 2 : Persamaan polinomial rata-rata

Pertumbuhan tanaman dapat diasumsikan sebagai fungsi dari waktu. Dimensi diameter akan semakin membesar dengan semakin bertambahnya waktu, namun pada periode tertentu harus disertai informasi pembatas sehingga pertumbuhan tidak lagi meningkat atau persamaan hanya berlaku sampai umur tertentu. Bentuk kurva *sigmoid* untuk menggambarkan pertumbuhan pohon dapat diperoleh apabila terdapat data series yang lengkap, oleh karena itu dalam suatu model pertumbuhan harus menyertakan semua informasi yang tersedia dan terpercaya untuk menghasilkan prediksi yang dapat dipertanggungjawabkan (Vanclay 2001). Pemodelan dapat memudahkan perhitungan yang rumit yang disusun oleh beberapa persamaan dalam waktu bersamaan dengan berbagai simulasi yang kita kehendaki.

Pemodelan menggunakan persamaan polinomial dengan fungsi riap dan waktu (Porte & Bartelink, 2001; Vanclay, 2001) menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$y = 0,0297x^2 + 0,8208x + 0,3728$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 86,89%.... 2) dimana y : diameter akhir; x : waktu dalam tahun.

Model ini memprediksi pencapaian diameter tanaman meranti (*Shorea leprosula*) sebesar 50 cm ke atas (51,73 cm) pada umur 30 tahun (Gambar 3).



Gambar 3. Pertumbuhan diameter *Shorea leprosula* menggunakan model persamaan polinomial rata-rata

Model 3 : Persamaan polinomial pada 5 kelompok riap tanaman

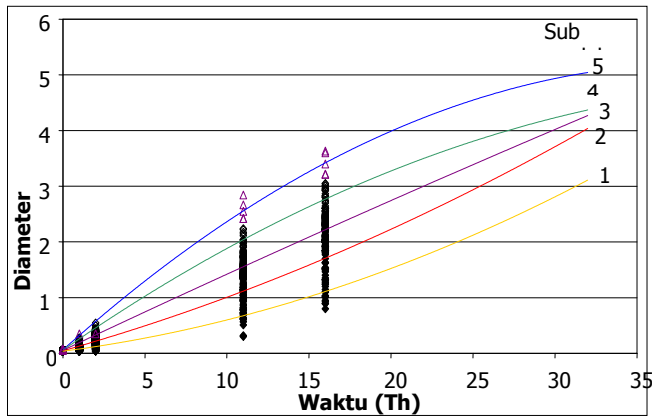
Penentuan persamaan polinomial pada 5 kelompok riap tanaman meranti (*Shorea leprosula*) (5 sub model) didasarkan pada kecepatan pertumbuhannya (Pollet dan Nasrullah 1994). Sub model 1 adalah pertumbuhan sangat lambat, sub model 2 adalah lambat, sub model 3 adalah sedang, sub model 4 adalah cepat dan sub model 5 adalah sangat cepat. Prosentase pohon yang terdapat pada masing-masing kelompok (sub model) serta bentuk persamaan pertumbuhannya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Lima sub model pertumbuhan tanaman berdasarkan kelas riapnya

Kelas pertumbuhan	Jumlah tnm (%)	MAI ? (cm/th)	Persamaan	R ²
Sangat lambat	17,36	0,69	$y = 0,0181 x^2 + 0,3801x + 0,3627$	95,50%
Lambat	25,62	1,16	$y = 0,0131 x^2 + 0,8299x + 0,4547$	97,91%
Sedang	27,27	1,63	$y = -0,0023 x^2 + 1,3906x + 0,5198$	99,12%
Cepat	25,62	1,89	$y = -0,0217 x^2 + 2,0425x + 0,5739$	99,57%
Sangat cepat	4,13	2,30	$y = -0,0339 x^2 + 2,6408x + 0,6353$	99,51%

Berdasarkan tabel dibawah terlihat bahwa sebagian besar tanaman berada pada kelompok sub model pertumbuhan sedang dengan prosentase 27,27%, menyusul sub model kelompok pertumbuhan lambat dan cepat masing-masing 25,62%. Sub model kelompok pertumbuhan sangat cepat yang mempunyai tingkat pertumbuhan tertinggi hanya berada pada urutan terakhir dengan prosentase 4,13%. Diperkirakan jumlah tanaman *Shorea leprosula* yang mempunyai diameter terbesar pada akhir daur hanya sebesar 4,13% tersebut,

menyusul kelompok di bawahnya sebesar 25,62% dan seterusnya. Semua persamaan yang dihasilkan mempunyai nilai koefisien determinasi di atas 95%. Model ini memprediksi pencapaian diameter tanaman meranti (*Shorea leprosula*) sebesar 50 cm ke atas (50,43 cm) pada umur 32 tahun (Gambar 4).



Gambar 4. Pertumbuhan diameter *Shorea leprosula* pada lima sub model pertumbuhan

Uji antar pola model

Pengujian ketiga model persamaan dilakukan terhadap volume pohon per ha yang dihasilkan oleh ketiga persamaan di atas. Berdasarkan hasil uji homogenitas menggunakan SPSS 13 diperoleh nilai Sig.= 0,0000036 yang lebih kecil dari 0,05 (tarap nyata) sehingga data homogen dan dapat dilakukan analisis sidik ragam maupun beda rata-rata. Hasil analisis ragam diperoleh nilai Sig.= 0,0341 yang lebih kecil dari 0,05 (terima H1) sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat satu perlakuan atau lebih yang berbeda nyata terhadap yang lain.

Tabel 3. Uji LSD terhadap volume tanaman yang dihasilkan tiga model persamaan pertumbuhan

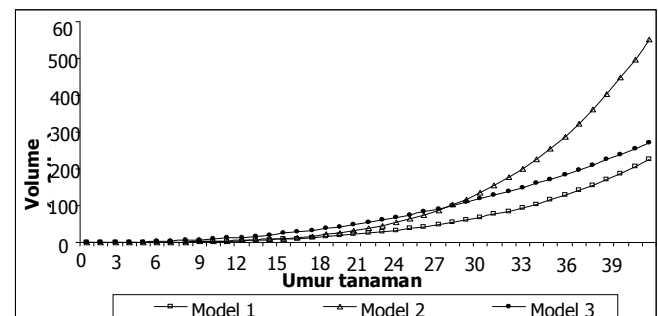
Volume yang dihasilkan	Volume yang dihasilkan	Beda rata-rata	Standar eror	Tingkat kepercayaan 95%
Model 1	Model 2	-63,82	24,21	0,010 *
	Model 3	-30,04	24,21	0,217
Model 2	Model 1	63,82	24,21	0,010 *
	Model 3	33,78	24,21	0,166
Model 3	Model 1	30,04	24,21	0,217
	Model 2	-33,78	24,21	0,166

Keterangan : * berbeda nyata pada tingkat nyata (95%)

Berdasarkan uji antar perlakuan (Tabel 3) volume yang dihasilkan oleh model 3 tidak berbeda

nyata dengan model 1 dan model 2 sedangkan model 1 berbeda nyata dengan model 2. Dengan demikian model 3 (persamaan polinomial pada 5 kelompok riap tanaman) adalah yang paling baik karena dapat mewakili model persamaan 1 dan 2. Keputusan ini diperkuat dengan nilai koefisien determinasi yang tinggi (diatas 95%) pada semua sub model pada model persamaan ke-3 (Tabel 2).

Grafik pertumbuhan tanaman *Shorea leprosula* yang menggunakan model 1 memberikan hasil prediksi perolehan volume pohon per ha yang paling rendah sedangkan model 2 yang paling tinggi. Model 3 berada di antara model pertumbuhan ke-1 dan ke-3. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Prediksi volume tanaman per ha pada tiga model pertumbuhan tanaman

Tingkat pertumbuhan setiap individu pohon dalam tegakan hutan seumur (*even-aged stand forest*) dan tidak seumur (*uneven-aged stand forests*) selalu berbeda. Pendekatan umum menggunakan model tegakan harus mencermati penyimpangan (koefisien variasi) yang selalu muncul dalam setiap persamaan. Makin besar keragaman populasi yang diteliti akan semakin besar pula penyimpangan yang didapatkan sehingga dapat mengurangi akurasi prediksi.

Untuk memperkecil penyimpangan yang ada maka perhitungan dinamika tegakan dapat dipecah dalam beberapa kelompok tanaman berdasarkan tingkat pertumbuhannya. Pemodelan individu pohon atau kelompok pohon telah banyak dilakukan dengan mendasarkan pada bermacam-macam fungsi. Rodriguez *et al.*, (2003) menggunakan sub model pertumbuhan pohon *Populus euramericana* pada hutan seumur *monoculture* berdasarkan kelas tapak. Vanclay (1995) dan Radonsa *et al.*, (2003) menyebutkan adanya pengelompokan dalam pemodelan kelas tegakan (sub model) berdasarkan kerapatan, tapak dan lain-lain

Sering ditemukan adanya hutan tanaman seumur (*monoculture*) yang tumbuh pada kondisi tapak dan kerapatan yang relatif seragam, namun

tetap dijumpai adanya perbedaan pola pertumbuhan pada masing-masing individu atau kelompok individu penyusun tegakan tersebut. Beberapa unit manajemen menyiasati fenomena ini dengan melakukan penjarangan agar terbentuk tegakan yang lebih seragam. Apabila jenis tanaman, kondisi lingkungan dan perlakuan silvikultur sama atau telah dianggap sama, maka perbedaan pola pertumbuhan pada masing-masing individu atau kelompok individu tersebut disebabkan oleh faktor genetik (Finkeldey, 1989), yang dikumulatifkan dengan kondisi lingkungan sebagai akibat dinamika tegakan yang terbentuk kemudian.

Dengan berasumsi pada logika dan fenomena di atas, maka pemodelan tanaman dalam jalur tanam pada sistem TPTJ lebih sesuai menggunakan model kelompok tanaman berdasarkan kenampakan (*phenotype*) awal berupa kecepatan pertumbuhan diameter dan tinggi masing-masing.

KESIMPULAN

Beberapa model pertumbuhan tanaman dapat membantu memprediksi pertumbuhan dan hasil tanaman meranti (*Shorea leprosula*) dalam jalur tanam sistem TPTJ, yaitu : (1) Model eksponensial membentuk persamaan $y = 1,0269 \cdot e^{0,012x}$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 96,02% dan memprediksi pencapaian diameter tanaman sebesar 50 cm ke atas (51,09 cm) pada umur 37 tahun; (2) Model polinomial rata-rata membentuk persamaan $y = 0,0297x^2 + 0,8208x + 0,3728$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 86,89% dan memprediksi pencapaian diameter tanaman sebesar 50 cm ke atas (51,73 cm) pada umur 30 tahun; (3) Sub-sub model polinomial pada lima kelompok tanaman mempunyai nilai koefisien determinasi di atas 95% dan memprediksi pencapaian diameter tanaman sebesar 50 cm ke atas (50,43 cm) pada umur 32 tahun. Model ini adalah yang paling baik dalam memprediksi pertumbuhan dan hasil tanaman, karena dapat mewakili model eksponensial maupun model polinomial rata-rata.

DAFTAR PUSTAKA

Bettinger, P., Boston, K., Siry, J.P., Grebner, D.L. 2009. *Forest management and planning*. Academic Press – Elsevier.

- Brown, S. 1997. Estimating biomass change of tropical forest a primer. *FAO Forestry Paper* No.134. FAO USA.
- Burkhart, H.E. 2003. Suggestion for choosing an appropriate level for modelling forest stand. In Amaro A, Reed D, Soares P, editors. *Modelling Forest System*. CABI Publishing.
- Coates, K.D., Philip J.B. 1997. A gap-based approach for development of silvicultural system to address ecosystem management objectives. *Journal Forest Ecology and Management* 99 (1997) 337-35.
- [Ditjen BPK] Direktorat Jenderal Bina Produksi Kehutanan. 2005. Keputusan Direktur Jenderal Bina Produksi Kehutanan Nomor SK.226/VI-BPHA/2005 Tentang Pedoman Tebang Pilih Tanam Indonesia Intensif (Silin). Departemen Kehutanan, Jakarta.
- [Ditjen BPK] Direktorat Jenderal Bina Produksi Kehutanan. 2010. Surat Keputusan Direktur Jenderal Bina Produksi Kehutanan No. SK.31/VI-BPHA/2010 tentang Penunjukan Pemegang IUPHHK pada Hutan Alam sebagai Pelaksana Silvikultur TPTJ dengan teknik Silin. Ditjen Bina Produksi Kehutanan, Jakarta.
- Finkeldey, R. 1989. An Introduction to Tropical Forest Genetic. Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Goettingen, Germany.
- Fisher, R.F, Binkley. 2000. Ecology and Management of Forest Soil. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Fyllas, N.M, Politi PI, Galanidis A, Dimitrakopoulo PG, Arianoutsou M. 2010. Simulating regeneration and vegetation dynamics in Mediterranean Coniferous Forest. *Ecology Modelling Journal*. 34.
- Gadow, K.V, Hui, G. 1999. Modelling Forest Development. Kluwer Academic Publishers.
- Grant, W.E., Pedersen, E.K, Marin, S.L. 1997. Ecology and Natural Resource Management. Systems Analysis and Simulation. John Wiley & Sons, Inc.
- Halle F, Oldeman RAA, Tomlinson PB. 1978. Tropical Trees and Forest, An Architectural Analysis. Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York.
- Hani'in, O. 1999. Pemuliaan pohon hutan Indonesia menghadapi tantangan abad 21. Dalam Hardiyanto EB, editor. Prosiding Seminar Nasional Status Silvikultur 1999. *Peluang dan*

- Tantangan Menuju Produktifitas dan Kelestarian Sumberdaya Hutan Jangka Panjang.* Wanagama I. Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.
- Kozlowski, T.T, Pallardy, S.G. 1997. *Physiology of Woody Plants.* Academic Press.
- MacKinnon, K., Hatta, G., Hakimah, H., Arthur, M. 2000. *Ekologi Kalimantan.* Seri Ekologi Indonesia, Buku III. Canadian International Development Agency (CIDA), Prenhallindo, Jakarta
- Pollet, A, Nasrullah. 1994. *Penggunaan Metode Statistika untuk Ilmu Hayati.* Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Porte, A, Bartelink HH. 2001. Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management. *Eco. Model. Journal.*
- Radonsa, PJ, Koprivica, M.J, Lavadinovic, V.S. 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.
- Rodriguez, F, De La Rosa JA, Aunos A. 2003. Modelling the diameter at breast height growth of Populus euramericana plantation timber in Spain. In Amaro A, Reed D, Soares P, editors. *Modelling Forest System.* CABI Publishing.
- Soekotjo. 2009. Teknik Silvikultur Intensif (Silin). Gadjah Mada University Press.
- Vanclay, J.K., 1995. Growth models for tropical forest: A synthesis of models and methods. Royal Veterinary and Agricultural University. Thorvaldsensvej 57. DK-1871 Frederiksberg, Denmark.
- Vanclay, J.K. 2001. *Modelling Forest Growth and Yield. Applications to Mixed Tropical Forest.* CABI Publishing.
- Wahyudi. 2009. Selective cutting and line enrichment planting silvicultural system development on Indonesian tropical rain forest. In: *GAFORN-International Summer School,* Geor-August Universität Göttingen and Universität Dresden, Germany.
- Wahyudi, M. P. 1996. *Tabel Volume Lokal di Areal PT Gunung Meranti.* Proyek Pembentukan KPHP Wilayah Kalimantan Tengah. Kerja sama Departemen Kehutanan RI dengan Overseas Development Administration (ODA) Kerajaan Inggris.