

Model Penduga Produksi Kopal *Prediction Model for Copal Production*

Wien Setya Budhi Irawan¹, Endang Suhendang², dan Juang R. Matangaran^{3*}

¹⁾ Alumnus Fakultas Kehutanan IPB

^{2),3)} Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Kotak Pos 168 Darmaga, Bogor 16680

Abstract

*The objective of this study was to find out the prediction model for copal production (Y) by the use of prediction variables. The variables were diameter (X₁), bark thicknesses (X₂), stand density (X₃), slope (X₄), and direction of the slope (X₅). The study was conducted at Senduro Forest District, Probolinggo Forest Management Unit of Perum Perhutani, Unit II East Java. Data was collected from 80 sample trees of *Agathis loranthifolia* Salis which were tapped on August 2006. The result of the study showed that there were several regression prediction models for copal production: doubled linear, multiplicative, exponential and quadratic regression models. Multiplicative regression model with the highest R²-adj value was then chosen as the best prediction model for copal production. Thereby, production estimation model of copal production of *Agathis loranthifolia* Salis. was $\text{Log}Y = 0.397 + 1.54 \text{Log}X_1 + 0.496 \text{Log}X_2 - 0.528 \text{Log}X_3 + 0.201 \text{Log}X_4$; or $Y = 2.4945X_1^{1.54}X_2^{0.496}X_3^{-0.528}X_4^{0.201}$; R-Sq = 84.7%, R-Sq(Adj) = 83.7%.*

Keywords: multiplicative regression model, copal, diameter, bark thickness, stand density, slope

Pendahuluan

Kopal sebagai komoditi hasil hutan bukan kayu merupakan senyawa harsa (resin) alami yang mempunyai senyawa yang kompleks, tidak larut dalam air, larut dalam beberapa pelarut organik, meleleh bila dipanaskan dan mudah terbakar dengan mengeluarkan asap (Sumadiwangsa, 1978). Di Indonesia kopal dihasilkan dari penyadapan kulit pohon damar atau *agathis* yang sebagian besar tersebar di luar Pulau Jawa dan sebagian kecil terdapat di Pulau Jawa yang dikelola oleh Perum Perhutani.

Menurut Munajat (2004), produksi kopal sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kualitas tempat tumbuh, umur pohon, kerapatan tegakan, sifat genetik, ketinggian tempat tumbuh di atas permukaan laut, ketebalan kulit batang, besarnya diameter batang, topografi, kualitas tajuk dan arah penyadapan.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi kopal ini dapat dipergunakan untuk membuat model penduga produksi kopal. Pendugaan produksi kopal sangat diperlukan dalam penyusunan rencana pengelolaan tegakan hutan untuk menghasilkan kopal secara lestari. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model penduga produksi kopal yang nantinya diharapkan dapat membantu pihak Perum Perhutani dalam penentuan target produksi kopal di Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Senduro Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Probolinggo Perum Perhutani Unit II Jawa Timur.

Tujuan penelitian adalah menyusun model penduga produksi kopal di BKPH Senduro KPH Probolinggo Perum Perhutani Unit II Jawa Timur dengan peubah penduga berupa diameter pohon, ketebalan kulit batang, kerapatan tegakan, kelerengan dan arah menghadap lereng.

*Penulis untuk korespondensi,
email: jrmatangaran@yahoo.com

Metode Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah tegakan Agathis (*Agathis loranthifolia* Salisb) yang telah mencapai umur sadap (21 tahun). Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *phi-band*, *abney level*, *bark-gauge*, pita ukur, *tally sheet*, alat kowakan (kudikoni), timbangan digital, dan plastik label.

Dalam penelitian ini data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan pada petak-petak tegakan Agathis di BKPH Senduro KPH Probolinggo Perum Perhutani Unit II Jawa Timur. Data primer yang diambil adalah peubah-peubah yang digunakan dalam penyusunan model yaitu produksi kopal, diameter pohon, ketebalan kulit batang, kerapatan tegakan, persentase kelerengan dan arah kemiringan lereng. Data sekunder diperoleh dari data keadaan umum lokasi penelitian yaitu di BKPH Senduro KPH Probolinggo Perum Perhutani unit II Jawa Timur.

Pengambilan contoh dilakukan terhadap tegakan Agathis dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Pohon contoh yang disadap sebanyak 80 pohon dengan kondisi pohon yang sehat, memiliki tajuk yang normal dan berbatang lurus. Pohon-pohon contoh dipilih sedemikian rupa sehingga sebaran diameter, sebaran ketebalan kulit, dan sebaran kelerengan terwakili.

Jumlah pohon per hektar diperoleh dengan membuat plot-plot contoh seluas 0,1 ha pada setiap pohon contoh. Berdasarkan Surat Keputusan Direksi Perum Perhutani No.710/KPTS/DIR/1985 tentang Pedoman Penyadapan Getah Damar (Kopal), metode penyadapan yang digunakan adalah kowakan atau *quarre*, dimana luka sadapannya berbentuk persegi dengan ukuran 10 cm x 140 cm. Pembaharuan kowakan dilakukan setiap 3 hari sekali dengan melukai kulit pada bagian atas *quarre* awal sepanjang 0,8–1 cm, sedalam 1 cm (tidak sampai kayu) dan selebar 10 cm. Untuk penelitian ini dilakukan pemungutan getah 9 hari sekali selama 4 kali pengukuran.

Pemeriksaan data dilakukan untuk melihat atau memeriksa ketidakwajaran data (*outlier*) akibat kesalahan pada waktu pengumpulan data seperti kesalahan penulisan data.

Model umum persamaan regresi yang digunakan adalah:

$$Y = f X_1, X_2, X_3, X_4, X_{51}, X_{52}, X_{53}, X_{54}$$

Keterangan :

X_1 : diameter (cm) X_{51} : arah menghadap lereng Utara

X_2 : ketebalan kulit (cm) X_{52} : arah menghadap lereng Timur
 X_3 : kerapatan (pohon/ha) X_{53} : arah menghadap lereng Selatan
 X_4 : kelerengan (%) X_{54} : arah menghadap lereng Barat
 Y : produksi kopal (g/phn/9hari)

Persamaan regresi yang diujikan dalam menduga produksi kopal adalah:

a. Regresi Linier Berganda

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_{51} X_{51} + \beta_{52} X_{52} + \beta_{53} X_{53} + \beta_{54} X_{54}$$

b. Regresi Multiplikatif

$$Y = \beta_0 X_1^{b_1} X_2^{b_2} X_3^{b_3} X_4^{b_4} \quad \text{atau}$$

ditransformasikan menjadi:

$$\text{Log} Y = \text{Log} \beta_0 + \beta_1 \text{Log} X_1 + \beta_2 \text{Log} X_2 + \beta_3 \text{Log} X_3 + \beta_4 \text{Log} X_4$$

c. Regresi Eksponensial

$$Y = \beta_0 e^{b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_{51} X_{51} + b_{52} X_{52} + b_{53} X_{53} + b_{54} X_{54}} \quad \text{atau}$$

$$\text{Ln} Y = \text{Ln} \beta_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_{51} X_{51} + b_{52} X_{52} + b_{53} X_{53} + b_{54} X_{54}$$

d. Regresi Kuadrat

$$Y = \beta_0 + b_1 X_1^2 + b_2 X_2^2 + b_3 X_3^2 + b_4 X_4^2 + b_{51} X_{51}^2 + b_{52} X_{52}^2 + b_{53} X_{53}^2 + b_{54} X_{54}^2$$

Pemilihan model terbaik didasarkan atas beberapa pertimbangan berikut (Drapper dan Smith, 1992):

1). Model terbaik dengan kriteria Cp-Mallows dilakukan dengan memilih model yang memiliki $C_p \approx p$ dan dengan memperhatikan kepraktisan dalam pengukuran peubah bebas yang masuk di dalam model.

$$C_p = \frac{\text{JKSp}}{S^2} - n - 2p$$

keterangan:

$JKSp$: Jumlah kuadrat sisa persamaan regresi dengan p parameter, dimana p adalah jumlah parameter di dalam model termasuk β_0 .

S^2 : Penduga tidak bias dari ragam respon (kuadrat tengah sisa dari model paling lengkap).

2). Model yang terbaik adalah model yang memiliki nilai PRESS (*The Predicted Residual Sum of Square*) terkecil.

$$PRESS = \sum e_i^2 / (1 - h_{ii}), \text{ dimana } e_i = y_i - \hat{y}_i$$

keterangan:

e_i = nilai sisaan pengamatan ke- i

h_{ii} = nilai baris dan lajur ke- i dari hat matrik

e_i^2 = nilai sisaan pengamatan ke- i untuk model tanpa pengamatan ke- i

3). Model dipilih yang memiliki nilai R^2 terbesar.

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT}$$

4). Model dipilih yang memiliki R^2 -adjusted terbesar.

$$R_a^2 = 1 - \frac{(JKS)/(n-p)}{(JKT)/(n-p)} = 1 - (1 - R^2) \left[\frac{n-1}{n-p} \right]$$

keterangan:

p = banyaknya parameter di dalam regresi (termasuk β_0)

n = banyaknya objek (kasus) yang dianalisis

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan *best subsets* regresi dapat diketahui bahwa untuk persamaan regresi linier berganda, regresi eksponensial, dan regresi kuadratik terpilih 3 subset model, sedangkan untuk persamaan regresi multiplikatif terpilih 2 subset model. Subset model kandidat dari masing-masing model persamaan regresi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan nilai PRESS terkecil dapat dilihat bahwa untuk persamaan regresi linier berganda, regresi eksponensial dan regresi kuadratik, subset model terpilih yaitu subset model dengan peubah bebas $X_1, X_2, X_3, X_4, X_{51}, X_{52}, X_{53}, X_{54}$, sedangkan untuk persamaan regresi multiplikatif terpilih subset model dengan peubah bebas X_1, X_2, X_3, X_4 .

Pemilihan model terbaik dilakukan dengan pertimbangan R^2 -adj terbesar (Tabel 2).

Tabel 1. Nilai PRESS Subset-subset Model Kandidat dari Masing-masing Persamaan Regresi

Model regresi	Peubah Bebas (X)	R^2	Cp	Nilai PRESS
Linier Berganda	$X_1 X_2 X_4$	72,1	9,2	142834
	$X_1 X_4 X_{51}$	71,2	11,8	149283
	$X_1 X_2 X_3 X_4 X_{51} X_{52} X_{53} X_{54}$	75,6	9,0	141497
Multiplikatif	$X_1 X_2 X_4$	78,8	7,7	1,00268
	$X_1 X_2 X_3 X_4$	80,2	5,0	0,960302
Eksponensial	$X_1 X_2 X_4$	77,1	13,0	5,98331
	$X_1 X_2 X_4 X_{51}$	77,9	11,8	5,96074
	$X_1 X_2 X_3 X_4 X_{51} X_{52} X_{53} X_{54}$	80,9	9,0	5,74831
Kuadratik	$X_1 X_2 X_4$	72,7	9,9	141974
	$X_1 X_2 X_3 X_4$	73,5	9,2	139091
	$X_1 X_2 X_3 X_4 X_{51} X_{52} X_{53} X_{54}$	76,3	9,0	138924

Tabel 2. Perbandingan Nilai R^2 dan R^2 -adj pada Semua Model Persamaan Regresi Setelah Pengujian

Model Regresi	R^2 (%)	R^2 -adj (%)	Peubah Bebas
Linier Berganda	83,4	81,4	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_{51}, X_{52}, X_{53}, X_{54}$
Multiplikatif	84,7	83,7	X_1, X_2, X_3, X_4
Eksponensial	84,5	82,6	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_{51}, X_{52}, X_{53}, X_{54}$
Kuadratik	84,0	82,0	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_{51}, X_{52}, X_{53}, X_{54}$

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa model persamaan regresi yang memiliki nilai R^2 -adj terbesar adalah model persamaan regresi multiplikatif dengan nilai R^2 -adj = 83,7% dan R^2 = 84,7%. Peubah-peubah bebas yang membentuk model tersebut antara lain diameter, ketebalan kulit batang, kerapatan pohon, dan kemiringan lereng. Dengan demikian, maka model penduga produksi kopal jenis *Agathis loranthifolia* Salisb. di BKPH Senduro KPH Probolinggo Perum Perhutani Unit II Jawa Timur adalah model regresi multiplikatif.

$$\text{LogY} = 0,397 + 1,54 \text{LogX}_1 + 0,496 \text{LogX}_2 - 0,528 \text{LogX}_3 + 0,201 \text{LogX}_4$$

$$S = 0,09706 \quad R\text{-Sq} = 84,7\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 83,7\% \\ P\text{-value} = 0,000$$

Model persamaan tersebut merupakan model penduga produksi kopal terbaik dari keempat model yang telah dibuat, dimana model tersebut tidak memasukkan peubah arah kemiringan lereng. Dalam penelitian ini arah kemiringan lereng hanya digunakan sebagai peubah *dummy*. Oleh karena itu supaya bisa dibuat model berdasarkan masing-masing arah kelerengan, dalam penelitian ini khususnya untuk model regresi multiplikatif dilakukan pemisahan pohon contoh berdasarkan arah kemiringan lerengnya, sehingga model dibuat berdasarkan masing-masing arah kemiringan lereng, dan model yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

- a). Tanpa aspek arah menghadap lereng/lapangan datar (persen kemiringan lapangan 0–4%)

$$\text{LogY} = -0,13 + 2,56 \text{LogX}_1 + 0,239 \text{LogX}_2 - 0,981 \text{LogX}_3 + 0,220 \text{LogX}_4$$

$$S = 0,08085; \quad R\text{-Sq} = 94,5\%; \quad R\text{-Sq(adj)} = 89,0\%; \\ P\text{-value} = 0,009$$

atau

$$Y = 0,7413X_1^{2,56}X_2^{0,239}X_3^{-0,981}X_4^{0,220}$$

- b). Arah menghadap lereng ke utara (aspek utara)

$$\text{LogY} = 0,64 + 1,34 \text{LogX}_1 + 0,525 \text{LogX}_2 - 0,530 \text{LogX}_3 + 0,256 \text{LogX}_4$$

$$S = 0,1133; \quad R\text{-Sq} = 70,5\%; \quad R\text{-Sq(adj)} = 59,8\%; \\ P\text{-value} = 0,006$$

atau

$$Y = 4,365X_1^{1,34}X_2^{0,525}X_3^{-0,530}X_4^{0,256}$$

- c). Arah menghadap lereng ke timur (aspek timur)

$$\text{LogY} = 0,24 + 1,90 \text{LogX}_1 + 0,639 \text{LogX}_2 - 0,83 \text{LogX}_3 + 0,372 \text{LogX}_4$$

$$S = 0,09465; \quad R\text{-Sq} = 95,5\%; \quad R\text{-Sq(adj)} = 90,9\%; \\ P\text{-value} = 0,006$$

atau

$$Y = 1,7378X_1^{1,90}X_2^{0,639}X_3^{-0,83}X_4^{0,372}$$

- d). Arah menghadap lereng ke selatan (aspek selatan)

$$\text{LogY} = 0,66 + 1,54 \text{LogX}_1 + 0,494 \text{LogX}_2 - 0,676 \text{LogX}_3 + 0,296 \text{LogX}_4$$

$$S = 0,1040; \quad R\text{-Sq} = 84,4\%; \quad R\text{-Sq(adj)} = 80,7\%; \\ P\text{-value} = 0,000$$

atau

$$Y = 4,5708X_1^{1,54}X_2^{0,494}X_3^{-0,676}X_4^{0,296}$$

- e). Arah menghadap lereng ke barat (aspek barat)

$$\text{LogY} = 1,10 + 1,47 \text{LogX}_1 + 0,399 \text{LogX}_2 - 0,786 \text{LogX}_3 + 0,207 \text{LogX}_4$$

$$S = 0,07728; \quad R\text{-Sq} = 87,4\%; \quad R\text{-Sq(adj)} = 82,4\%; \\ P\text{-value} = 0,000$$

atau

$$Y = 12,589X_1^{1,47}X_2^{0,399}X_3^{-0,786}X_4^{0,207}$$

Untuk menguji peranan peubah bebas terhadap peubah tidak bebasnya dari persamaan tersebut, dapat dilihat pada analisis ragam, yaitu dengan membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} pada tingkat nyata tertentu. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada taraf nyata tertentu ($\alpha = 5\%$ dan $\alpha = 1\%$) atau nilai p (*probability value*) lebih kecil dari taraf nyata tertentu ($\alpha = 5\%$ dan $\alpha = 1\%$), maka H_0 ditolak, artinya terdapat sedikitnya satu peubah bebas yang memiliki hubungan fungsional dengan peubah tidak bebasnya sehingga persamaan regresi dapat diterima.

Dari hasil analisis ragam, dapat dilihat bahwa P -value untuk model regresi terpilih ini (regresi multiplikatif) sebesar 0,000 artinya nilai P lebih kecil dari taraf nyata 5% dan 1%. Maka H_0 ditolak, artinya terdapat sedikitnya satu peubah bebas yang memiliki hubungan fungsional dengan peubah tidak bebasnya sehingga persamaan regresi dapat diterima.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *Variance Inflation Factor* diketahui bahwa model regresi multiplikatif ini tidak mengandung multikolinearitas (hubungan yang sangat erat antara satu peubah bebas dengan peubah lainnya). Oleh karena itu tanda pada setiap koefisien regresi bermakna sebagai arah kecenderungan hubungan antara produksi kopal dengan peubah penduganya, yaitu diameter, tebal kulit batang, kerapatan pohon dan kelerengan. Keempat model persamaan regresi multiplikatif yang berdasarkan aspek arah menghadap lereng yaitu utara, timur, selatan dan barat mempunyai pengaruh yang berbeda-beda dalam menduga produksi kopal. Hal ini dapat diketahui dari nilai produksi kopal (Y) pada masing-masing persamaan regresi berdasarkan arah menghadap lereng dengan memasukkan nilai rata-rata pada peubah-peubah bebasnya (X_1, X_2, X_3, X_4). Sehingga nilai Y pada arah menghadap lereng utara, timur, selatan dan barat secara berurutan adalah 119,12 g/phn/9hari; 120,78 g/phn/hari; 136,77 g/phn/9hari; dan 116,68 g/phn/9hari. Berdasarkan nilai Y tersebut dapat diketahui bahwa nilai Y terbesar diperoleh dari model persamaan regresi multiplikatif dengan aspek arah menghadap lereng selatan. Hal ini berarti pada penelitian ini produksi kopal yang dihasilkan dapat lebih besar apabila kemiringan lereng menghadap ke arah selatan. **Intensitas cahaya matahari yang kurang pada lereng yang menghadap ke arah selatan diduga menjadi penyebab produksi kopal yang lebih besar. Kurangnya intensitas cahaya menyebabkan getah yang keluar tidak cepat membeku dan menutupi saluran getah sehingga saluran getah tetap mengeluarkan getah.**

Dari model penduga tersebut dapat dilihat bahwa peubah-peubah bebas yang mempunyai koefisien positif antara lain diameter, tebal kulit batang dan kelerengan, sedangkan peubah bebas yang memiliki koefisien negatif yaitu kerapatan pohon. Artinya semakin besar diameter, tebal kulit dan kelerengan, serta semakin kecil kerapatan pohon, maka semakin besar produksi kopal.

Hasil penelitian Lempang (1997) menunjukkan bahwa semakin besar diameter batang maka akan semakin tebal kulit pohon agathis. Dengan demikian semakin besar diameter batang akan semakin banyak jaringan ephitel pada kulit batang yang memproduksi kopal. Menurut Soemarno dan Idris (1987), umumnya agathis yang berkulit tebal mempunyai tajuk yang lebih rindang dengan daun-daun yang lebih luas dibandingkan dengan agathis berkulit tipis. Agathis yang berkulit tebal mempunyai aktivitas fisiologis yang lebih besar, sehingga diduga menghasilkan kopal yang lebih banyak. Munajat (2004) menyatakan bahwa produksi kopal akan meningkat dengan meningkatnya kelerengan lapangan tempat tumbuh.

Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 84,7% artinya sebesar 84,7% dari seluruh keragaman total Y (produksi kopal) yang dapat dijelaskan oleh regresi atau X , dan masih ada sebesar 15,3% lagi keragaman Y yang tidak dapat dijelaskan oleh model tersebut. Bagian sisanya sebesar 15,3% ini diduga disebabkan oleh faktor lain yang tidak diperhitungkan dalam model. Faktor lain tersebut bisa jadi merupakan peubah-peubah bebas yang tidak dilibatkan dalam penyusunan model seperti musim, waktu penyadapan, kualitas tajuk, ketinggian tempat tumbuh. Faktor lain yang mempengaruhi produksi kopal adalah kelas umur dan pengaruh pemberian stimulan kimia. Menurut Widyarto (1997) kelas umur juga berpengaruh terhadap produksi kopal, sedangkan menurut penelitian Setiyohadi *et al.* 1997, pemberian asam klorida (HCl) meningkatkan produksi getah kopal.

Kesimpulan

Model persamaan regresi terbaik untuk menduga produksi kopal di lokasi penelitian adalah model persamaan regresi multiplikatif. Semakin besar diameter, semakin tebal kulit dan semakin kecil kerapatan pohon, semakin miring kelerengan maka semakin besar produksi kopal. **Lereng menghadap ke arah selatan menghasilkan produksi kopal yang lebih besar dibandingkan arah lainnya.**

Daftar Pustaka

- Drapper, N.R. dan Smith, H.1992. Analisis Regresi Terapan (Edisi Kedua). Alih Bahasa oleh PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Lempang, M. 1997. Uji Beberapa Pola Sadap Untuk Menduga Produksi Kopal dari Pohon *Agathis* (*Agathis hamii*). Buletin Penelitian Kehutanan Vol.2.No1.BPK Ujung Pandang.
- Munajat, I. 2004. Studi Penyusunan Model Penduga Produksi Kopal di Hutan Pendidikan Institut Pertanian Bogor Gunung Walat, Sukabumi, Jawa Barat. Skripsi. Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Setiyohadi, W,S., Rasminah, C.S., dan Hanifa, R.Z. 1997. Pengaruh Pemberian Asam Khlorida (HCl) dalam Peningkatan Produksi dan Kualitas Getah Damar (*Agathis loranthifolia*) di RPH Bayu, BKPH Rogojampi, KPH Banyuwangi Barat. Duta Rimba Hal. 207–208/XXIII. Perum Perhutani.
- Soenarno, M.M. dan Idris. 1987. Copal Production on *Agathis* spp. Of Varying Bark Thicknesses, Cicurug Sub Forest District, Sukabumi Forest District, West Java. Duta Rimba. 81–82/XIII. Perum Perhutani Hal. 3–6.
- Sumadiwangsa, S. 1978. Sifat Fisiko-Kimia Kopal Manila. Laporan Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Bogor.
- Widyarto, E. 1997. Pengaruh Stimulansia Asam Chlorida Cair dan Kelas Umur Terhadap Getah Tegakan *Agathis*. Duta Rimba. Hal. 203–204/XX. Perum Perhutani.