

**PENAKSIRAN DIAMETER BATANG
DI HUTAN JATI DENGAN PARAMETER
TINGGI POHON DAN DIAMETER TAJUK
PADA FOTO UDARA**

(Studi Kasus di KPH Cepu, Perhutani Unit I Jawa Tengah)

Oleh :

Herry Tri Putranto, *) Imam Abdul Rochman**)

ABSTRACT

The purpose of this research was to find out the relationship between stem-diameter and other parameters of stand namely crown diameter and stand height. Unlike crown diameter and stand height, stem diameter was not measurable through aerial photograph. They influenced stem diameter growth and had relationship with it. Therefore it was possible to predict stem diameter.

This research was carried out in teak plantation of Pasarsore Forest Resort, Cepu Forest District, Forest State Enterprise Unit I Central Java. Data were collected from various stand age and site index classes such as from IV and sample plots of 0,1256 ha each, were distributed proportionally over the whole stand area. Plots made on the aerial photographs were cross checked on the ground. Stem diameter was measured on ground plot, while crown diameter and stand height were measured on aerial photographs.

The result was a regression equation

$$Db = 1,3712 (Dt * T) - 0,0201 (Dt * T^2) - 15,9013 Dt - 6,1574$$

with $R^2 = 63,90 \%$ and $SE = 8,2317$ cm per tree.

Key words : teak plantation, stem diameter, crown diameter and stand height, regression analysis.

*) Mahasiswa Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.

***) Staf pengajar Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.

PENDAHULUAN

Potensi kayu suatu hutan dapat diestimasi berdasarkan ukuran pohon-pohon penyusunnya antara lain ukuran-ukuran tentang diameter batang, tinggi batang atau pohon, dan jumlah batang per satuan luas, sehingga dengan mengamati parameter-parameter tersebut dapat diestimasi volume kayu dari suatu hutan.

Parameter-parameter yang digunakan untuk mengestimasi volume kayu biasanya diukur langsung di lapangan. Sementara dengan berkembangnya aplikasi foto udara di dalam inventore hutan parameter tersebut diestimasi lewat foto udara, namun dijumpai kendala bahwa beberapa parameter yang sangat penting tidak terlihat pada foto udara seperti diameter dan tinggi (panjang) batang sehingga tidak dapat diukur langsung. Untuk dapat menaksir ini harus digunakan cara mengkorelasikan dengan parameter-parameter yang dapat langsung diukur lewat foto udara seperti diameter tajuk dan tinggi pohon (total).

Diameter batang suatu pohon diduga sangat dipengaruhi oleh diameter tajuk dan tinggi pohon (total), maka untuk mengetahui ukuran dari suatu diameter batang dapat melalui suatu bentuk model persamaan matematik yang variabel-variabel bebasnya dari parameter yang dapat diukur langsung dari foto udara tersebut diatas.

TINJAUAN PUSTAKA

Diameter Batang

Diameter batang merupakan salah satu parameter pohon yang dapat memberikan indikasi mengenai besarnya volume kayu dari suatu hutan (Baker, 1987). Di dalam menaksir volume lazimnya dipilih diameter batang (pohon) setinggi dada (Loetsch dan Haller, 1973), karena antara lain adalah : mudah ditaksir, dapat dipakai sebagai dasar banyak perhitungan seperti luas bidang dasar dan volume, dapat menghasilkan pandangan mengenai struktur hutan dan kepadatan *growing stock*.

Menurut Wulfing (1932), diameter setinggi dada menjadi faktor penting sebagai standar pembuka tabel volume dan tabel-tabel lainnya. Banyak tabel-tabel volume seperti tabel volume lokal atau tarif menggunakan diameter setinggi dada sebagai pembuka. Hal ini terutama disebabkan karena pada kenyataannya faktor-faktor penyusun seperti tinggi pohon dan bilangan bentuk batang sulit diukur di lapangan.

Diameter Tajuk

Menurut Baker (1987) ukuran dan bentuk tajuk dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan tempat tumbuh. Pohon dikotil cenderung mempunyai bentuk tajuk

yang tidak teratur akibat dari cabang lateral tumbuh lebih cepat dari pada puncak sehingga dengan adanya percabangan yang berulang-ulang tajuk menjadi menyebar dan luas. Perilaku percabangan juga dipengaruhi oleh umur dan kualitas tempat tumbuh.

Diameter batang dan diameter tajuk mempunyai hubungan yang dekat karena ukuran tajuk menggambarkan kemampuan pohon untuk melakukan asimilasi atau fotosintesis yang menentukan pertumbuhan tiap pohon tersebut.

Tingkat hubungan antara pertumbuhan diameter tajuk dengan diameter batang tidak bersifat tetap tetapi berubah-ubah tergantung pada banyak faktor yang mempengaruhi seperti jenis pohon, umur, tempat tumbuh, teknik tanam, pemeliharaan dan lain-lain. Tajuk suatu pohon yang tampak pada foto udara mempunyai bentuk yang lebih teratur dari pada bentuk sesungguhnya di lapangan karena adanya bagian-bagian dari tajuk yang tidak tergambar sehingga hal ini memudahkan pengukuran (Avery, 1989).

Tinggi Pohon

Faktor yang berperan terhadap volume pohon selain diameter pohon adalah tinggi pohon. Menurut Baker (1987) pertumbuhan tinggi pohon tidak seragam karena faktor keturunan dan faktor lingkungan, sementara Wulfin (1932) menyatakan bahwa suatu jenis pohon yang sama, tumbuh pada bonita yang sama akan mempunyai rata-rata pertumbuhan tinggi kurang lebih sama pula.

Dalam inventore hutan dikenal dua istilah tentang tinggi yakni tinggi total dan tinggi batang. Tinggi total disebut juga tinggi pohon yang diukur dari permukaan tanah sampai dengan puncak dari pohon, sedangkan tinggi batang diukur dari tonggak sampai pada tempat yang ukurannya masih dapat diperdagangkan (Loetsch dan Haller, 1973). Tinggi batang bebas cabang diartikan sebagai panjang yang diukur dari pangkal pohon diatas tonggak sampai permulaan tajuk.

Baik tinggi pohon maupun tinggi batang lazimnya secara mudah diukur langsung di lapangan. Pengukuran lewat foto udara hanya mungkin dilakukan terhadap tinggi total saja, karena tinggi batang tidak dapat diamati pada foto udara, namun juga tidak mudah karena beberapa persyaratan harus dipenuhi agar hasil pengukuran menjadi cukup cermat. Faktor-faktor yang penting untuk diperhatikan adalah bahwa pangkal dan puncak pohon harus dapat diamati dengan jelas, spesifikasi foto udara yang memenuhi syarat pengukuran, bentuk medan, teknik pengukuran, formula dan piranti yang digunakan.

Penaksiran Diameter Batang

Menurut Cochran dan Snedecor (1980) analisis regresi adalah suatu metode statistik yang membicarakan hubungan antara variabel bergantung dan variabel tak

bergantung (bebas). Hubungan ini dirangkum dalam persamaan matematis yang dapat diperoleh secara empiris yang dicirikan oleh besarnya nilai koefisien determinasi dan koefisien korelasi. Setelah hubungan ini diterapkan maka rumusan yang diperoleh dapat digunakan untuk meramalkan nilai variabel bergantung apabila telah tersedia variabel tak bergantung.

Penaksiran diameter batang melalui penggunaan perubah bebas diameter tajuk dan tinggi pohon diajukan dua alternatif persamaan regresi sebagai berikut :

Bentuk regresi linier berganda

$$Db = b_0 + b_1T + b_2Dt, \text{ dan}$$

Bentuk eksponensial

$$Db = b_0 \cdot T^{b_1} \cdot Dt^{b_2}$$

Keterangan

- Db = Diameter batang setinggi dada (centimeter)
 T = tinggi pohon total, dari foto udara (meter)
 Dt = Diameter tajuk, dari foto udara (meter)
 b_0, b_1, b_2 = Koefisien garis regresi

Menurut Loetsch dan Haller (1973) penggunaan regresi untuk menaksir diameter batang secara tidak langsung telah dilakukan oleh banyak pengamat antara lain Kruttsch (1925), Zieger (1928), Hollerwoger (1954), dimana hasilnya menunjukkan nilai koefisien korelasi antara + 0,55 - 0,82.

Garis yang paling mewakili sejumlah pengamatan adalah garis yang mempunyai *error* sekecil mungkin. Pengujian kecermatan persamaan yang dipakai pada suatu gugus data dilakukan dengan melihat besarnya koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan oleh tiap persamaan tersebut. Semakin besar harga R^2 akan semakin besar pula ragam pengamatan yang dapat diterangkan oleh garis regresi (Snedecor & Cochran, 1980).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan penelitian berupa foto udara tipe pankromatik hitam putih. Gambar diambil pada bulan September 1992 dengan skala 1 : 20.000. Tinggi terbang pesawat udara pengambil gambar adalah 3058 m dari permukaan laut rata-rata atau 2938 m dari bidang rujukan (daratan). Peta yang dipakai sebagai penunjang adalah peta kawasan dan topografi dengan skala 1 : 10.000 dan 1 : 25.000.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk penelitian adalah stereoskop cermin yang dilengkapi dengan binokuler (10 x) dan paralak-bar merek Top Con untuk mengukur tinggi tegakan. Diameter tajuk diukur dengan alat yang disebut *crown-diameter gauge*. Kompas digunakan untuk menentukan arah, tali plastik (20 m) untuk menentukan jarak, pita diameter untuk mengukur diameter pohon setinggi dada. Pencatatan diameter ini dilakukan pada buku pengamatan (*tally sheet*).

Pelaksanaan Penelitian

Lokasi

Penelitian dilakukan di wilayah BKPH Pasarsore, KPH Cepu, Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah, pada tanaman jati klas umur IV keatas dengan variasi bonita 3,5; 4; 4,5 dan 5. Jumlah petak ukur (PU) yang digunakan untuk pengambilan sampel sebanyak 54 buah masing-masing luasnya 0,1256 hektar.

Petak ukur tersebut dibagi secara merata dan proporsional dengan menggunakan rumus dari Loetsch dan Haller (1973) sebagai berikut :

$$\frac{\text{Jumlah PU } i, \text{ bon } j}{\text{Jumlah total PU}} = \frac{\text{Luas area KU } i, \text{ bon } j}{\text{Luas total petak sampel}}$$

Luas total petak sampel diperoleh dengan menjumlahkan seluruh luas petak (anak petak) yang akan dijadikan sampel. Petak ukur yang diperoleh dari tiap klas umur ditempatkan secara sistematis pada petak/anak petak yang memuat klas tersebut.

Pengukuran Tinggi Pohon

Pengukuran tinggi pohon dilakukan dengan paralaks-bar dan dihitung dengan persamaan selisih paralak. Ada dua macam persamaan yang berbeda penggunaannya tergantung pada elevasi pangkal pohon terhadap elevasi bidang rujukan sbb :

$$h = \frac{H * dP}{P + dP},$$

adalah selisih elevasi pangkal pohon dengan elevasi bidang rujukan $\leq 5\%$ tinggi terbang pesawat udara H,

$$h = \frac{H * dP}{P + \left(\frac{P * (\pm \Delta E)}{H} \right) + dP},$$

apabila selisih elevasi pangkal pohon dengan elevasi bidang rujukan $\geq 5\%$.

Keterangan :

- h : Tinggi pohon (meter)
 H : Ketinggian terbang pesawat udara di atas bidang rujukan (meter)
 P : Paralaks absolut rata-rata dua ujung garis basis yang diukur sebagai jarak rata-rata antara foto udara (PP) dengan pusat foto udara pindahan/penghubung (CPP) dari sepasang foto udara yang stereoskopis (milimeter).
 ΔE : Selisih antara elevasi pangkal pohon dan elevasi rata-rata dua titik dasar (PP) diberi tanda plus jika lebih tinggi dan minus jika lebih rendah (meter)
 dP : Selisih paralaks antara puncak dan pangkal pohon (milimeter).

Pengukuran Diameter Tajuk

Tajuk yang nampak ditaksir diameternya menggunakan *Crown diameter gauge* atau skala diameter tajuk berskala 1 : 20.000. Tajuk yang diukur adalah tajuk yang seluruhnya masuk dalam petak ukur. Tajuk yang berbentuk lonjong diukur dua kali pada sumbu panjang dan sumbu pendek kemudian dirata-ratakan, karena pada dasarnya bentuk tajuk pohon pada foto udara diasumsikan berbentuk bulat.

Pengukuran Lapangan

Petak ukur yang telah dibuat pada foto udara dicari dan dibuat di lapangan dengan memperhatikan titik mula *starting point*, azimut, dan jarak. Pada petak ukur yang dibuat di lapangan selain dilakukan pengukuran diameter batang setinggi dada juga dilakukan verifikasi hasil pengukuran yang telah dilakukan pada foto udara berupa diameter tajuk dan tinggi pohon.

HASIL, ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

Penelitian menggunakan 54 buah petak ukur dengan ukuran 0,1256 ha. Di dalam mengukur tinggi pohon pada foto udara setiap petak ukur harus diketahui elevasinya untuk menentukan rumus persamaan selisih paralaks yang digunakan,

ternyata selisih elevasi terbesar antara elevasi petak ukur dengan bidang rujukan adalah 2,09 %, harga ini kurang dari 5 % sehingga persamaan yang digunakan adalah persamaan medan datar.

Pengukuran meliputi tinggi total tegakan (T), diameter tajuk tegakan (Dt) yang diukur pada foto dan diverifikasi di lapangan, sedangkan pengukuran di lapangan adalah diameter batang tegakan (Db)

Analisis Hasil

Model utama persamaan regresi yang diajukan adalah : $Db = b_0 + b_1T + b_2Dt$

Berdasarkan data yang dihimpun, hasil perhitungan regresi dengan model tersebut diatas adalah :

$$Db = 1,9592T + 6,1826Dt - 58,1377 \dots\dots\dots (1)$$

$$R^2 = 59,58 \%, \text{ Koef. Korelasi ganda} = 0,7719$$

Standart error estimasi 8,6242 cm perpohon

Tabel 1. Pengujian Peran Variabel Bebas Terhadap Diameter Batang

Sumber	Jumlah kuadrat	db	Kuadrat tengah	F hitung
R_1	6170,9578	5		
R_2	6030,9285	4		
T	140,0293	1	140,0293	2,09 ns
Sisa	3213,5025	48	66,9480	
R_2	6030,9285	4		
R_3	5996,4092	3		
T	34,5193	1	34,5193	0,0103 ns
Sisa	3353,5318	49	68,4394	
R_3	5596,4092	3		
R_4	5563,1056	2		
Dt	433,1056	1	433,3036	6,39*
Sisa	3388,0511	50	67,7610	

Keterangan :

R_1 untuk persamaan regresi dengan variabel-variabel Dt * T, Dt * T², Dt, T, T²

R_2 untuk persamaan regresi dengan variabel-variabel Dt * T, Dt * T², Dt, T

R_3 untuk persamaan regresi dengan variabel-variabel Dt * T, Dt * T², Dt

R_4 untuk persamaan regresi dengan variabel-variabel Dt * T, Dt * T²

ns : tidak signifikan pada taraf uji 0,05

* : Signifikan pada taraf uji 0,05

Untuk meningkatkan kecermatan yang diperoleh tersebut diatas, maka dilakukan dengan menambahkan variabel bentukan berupa perkalian antar variabel yang didapatkan, sehingga diperoleh persamaan berikut :

$$Db = 1405,2014 - 96,2820 T + 1,6357 T^2 - 176,7138 Dt + 12,2848 (Dt * T) - 0,2046 (Dt * T^2) \dots\dots\dots (2)$$

$$R^2 = 65,76 \%$$

Standart error estimasi = 8,1822 cm per pohon

Untuk menyederhanakan persamaan (2) ini perlu diketahui variabel bebas yang berpengaruh maka dilakukan prosedur eliminasi langkah mundur dengan uji F secara bertahap, yaitu dengan mengeluarkan variabel tak bergantung yang memberikan nilai R^2 parsial terkecil. Hasil pengujian pada variabel bebas yang berpengaruh terhadap diameter batang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa analisis yang memanfaatkan uji eliminasi mundur secara bertahap menetapkan Dt berperan sebagai variabel bebas yang signifikan pada taraf uji 0,05, sehingga model persamaan yang dapat dibuat dari analisis adalah sebagai berikut :

$$Db = 1,3712 (Dt * T) - 0,0201 (Dt * T^2) - 15,9013 Dt - 6,1574 \dots\dots\dots (3)$$

Dengan koef. determinasi R^2 sebesar 63,90 %, 1,78 % lebih rendah dibandingkan R^2 persamaan (2) dan 4,25 % lebih besar dari pada R^2 persamaan (1). *Standart error* estimasi dari persamaan (3) ini 8,2317 cm per pohon.

Kemungkinan untuk mendapatkan R^2 yang lebih tinggi maka dibuat bentuk persamaan eksponensial sbb :

$$Db = b_0 T^{b1} Dt^{b2}$$

Model persamaan eksponensial ini diubah dalam model regresi linier ganda, bentuknya sebagai berikut :

$$\text{Log } Db = 1,2654 \log T + 0,9091 \log Dt - 0,9931 \dots\dots\dots (4)$$

Dengan koefisien determinasi R^2 61,03 % dan *standart error* estimasi 0,0734 cm per pohon.

Pembahasan

Dari hasil penelitian dapat diajukan empat model persamaan untuk menaksir diameter batang yang perlu dikaji. Di dalam memilih model-model terbaik memerlukan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut.

1. Semakin besar harga koefisien determinasi R^2 maka ragam pengamatan yang dapat diterangkan oleh garis regresi ganda semakin besar. Dengan demikian apabila menghadapi lebih dari satu model maka model yang mempunyai kecermatan tertinggi harus mendapatkan prioritas untuk dipelajari terlebih dahulu.
2. Semakin kecil harga *standart error* semakin tinggi kecermatannya.
3. Bentuk model yang sederhana, berarti mempunyai macam variabel bebas yang makin sedikit.

Berdasarkan hasil analisis, 4 (empat) model regresi yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

$$Db = 1,9592 T + 6,1826 Dt - 58,1377 \dots\dots\dots (1)$$

$$Db = 1405,2014 - 96,2820 T + 1,6357 T^2 - 176,7138 Dt + 12,2848 (Dt * T) - 0,2046 (Dt * T^2) \dots\dots\dots (2)$$

$$Db = 1,3712 (Dt * T) - 0,0201 (Dt * T^2) - 15,9013 Dt - 6,1574 \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Log } Db = 1,2654 \log T + 0,9091 \log Dt - 0,9931 \dots\dots\dots (4)$$

Tabel 2. Rangkuman Empat Model Regresi

Model	Variabel	Koefisien Regresi	R2	Standar Error
1.	Konstanta	- 58,1377	59,58 %	8,6242 cm
	T	1,9592		
	Dt	6,1826		
2.	Konstanta	1405,2014	65,76 %	8,1822 cm
	T	- 96,2820		
	T ²	1,6357		
	Dt	-176,7138		
	(Dt * T)	12,2848		
	(Dt * T ²)	- 0,2046		
3.	Konstanta	- 6,1574	63,90 %	8,2317 cm
	(Dt * T)	- 1,3712		
	(Dt * T ²)	- 0,0201		
	Dt	-15,9013		
4.	Konstanta	- 0,9931	61,03 %	0,0734 cm
	Log T	1,2654		
	Log Dt	0,9091		

Sumber : Data primer

dengan data lengkap sebagai hasil dari model-model tersebut tercantum pada Tabel 2.

Dari ketiga model (model 1, 2, dan 3) yang disajikan pada Tabel 2, dapat dibandingkan harga *standart errornya*, tetapi model 4 tidak dapat dibandingkan. Model 2 mempunyai *standart error* yang paling kecil 8,1822 cm per pohon, ini berarti model 2 mempunyai tingkat ketepatan yang paling baik.

Untuk menentukan kecermatan model dapat dilihat dari besarnya nilai koefisien determinasinya, ternyata keempat model tersebut mempunyai harga yang hampir sama. Persamaan model 2 memberikan harga koefisien determinasi yang paling tinggi sebesar 65,76 %. Persamaan model 2 dan 3 ternyata mempunyai harga koefisien determinasi dan *standart error* yang hampir sama. Perbedaan harga koefisien determinasi R^2 yang lebih besar untuk model 2 sebesar 1,78 % diperoleh dengan masuknya variabel bebas T dan T^2 tidak sebanding apabila ditinjau dari berkurangnya kepraktisan dan kesederhanaan dari model tersebut dibandingkan model 3. Model 4 merupakan alternatif dari model yang menggunakan persamaan eksponensial hanya memberikan harga koefisien determinasi R^2 61,03 % sehingga tidak perlu dipertimbangkan lagi. Dengan demikian berarti yang dipilih sebagai model adalah persamaan model 3 yakni :

$$Db = 1,3712 (Dt * T) - 0,0201 (Dt * T^2) - 15,9013 Dt - 6,1574$$

Harga koefisien determinasi R^2 dari keempat model tersebut dibandingkan dengan koefisien determinasi hasil penelitian terdahulu yang telah disebutkan pada tinjauan pustaka tidak mengecewakan. Selanjutnya berdasarkan persamaan model 3 ini dapat dibuat tabel diameter batang untuk tegakan jati untuk kelas umur IV keatas pada bonita yang lebih tinggi dari 3 ½.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan empat model yang diajukan diperoleh dua model yang unggul. dan mendapat perhatian khusus, yaitu model 2 dan 3 sebagai berikut.

1. Model 2 :

$$Db = 1405,2014 - 96,2820 T + 1,6357 T^2 - 176,7138 Dt + 12,2848 (Dt * T) - 0,2046 (Dt * T^2)$$

Harga $R^2 = 65,76\%$ dan *Standart Error* = 8,1822 cm

Model kurang sederhana dengan masuknya variabel bebas T dan T^2 .

2. Model 3 :

$$Db = 1,3712 (Dt * T) - 0,0201 (Dt * T^2 - 15,9013 Dt - 6,1574$$

Harga $R^2 = 63,90\%$ dan *Standart Error* = 8,2317 cm

Model cukup sederhana.

Berdasarkan pertimbangan besarnya koefisien determinasi R^2 , standar error, dan bentuk model persamaan regresi yang cukup sederhana maka dipilih model persamaan regresi nomor 3 untuk membuat tabel taksiran diameter batang berdasarkan atas tinggi pohon (total) dan diameter tajuk yang diukur pada foto udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Avery, T.E., 1989. Penafsiran Potret Udara; Terjemahan : Imam Abdul Rochman; Akademika Pressindo, Jakarta.
- Baker, S.F., 1987. Prinsip-Prinsip Silvikultur; Terjemahan : Djoko Marsono, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Cohran, G.W. and W.G. Snedecor, 1980. Statistical Methods; Iowa State University Press Iowa.
- Loetsch, F. and K.E. Haller, 1973. Forest Inventory Volume I, Second Edition; BLV Verlagsgesellschaft, Muenchen.
- Paine, P.D., 1992. Fotografi Udara Dan Penafsiran Citra Untuk Pengelolaan Sumber Daya; Terjemahan : Imam Abdul Rochman; Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Simon, H., 1988. Metode Inventore Hutan; Aditya Media, Yogyakarta.
- Wulfing, W.V., 1932. Tabel Tegakan Tanaman Jati; Pengumuman Singkat Balai Penelitian Kehutanan No. 6; Terjemahan : Soedarwono Hardjosoediro, Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta.