

**PENAKSIRAN VOLUME POHON *Pinus merkusii* MELALUI FOTO UDARA
(Studi Kasus di BKPH Majenang, KPH Banyumas Barat)**

SAHID*

Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta

ABSTRACT

The study aims to compile and analyse the growing stock volume of Pinus merkusii by using stand parameter measured through aerial photographs. The study was conducted by using black-white panchromatic aerial photographs produced in 2005 and the scale was 1 : 20,000. The study was conducted in Pinus merkusii tapping plots in the Majenang BKPH, under the forest districts of west Banyumas, Perum Perhutani using tree height, crown diameter and number of trees per hectare as parameters. Data analysis was done to define the relationship among these parameters in regression equation. The steps of the study were defining measurement plots in aerial photographs, measurement of stand parameters in the aerial photographs and field observation. Data analysis was performed using micro computer. As a result, the regression equation for each location as follows: $V = 72,415 - 0,231 N + 35,242 H - 24,454D - 0,923 (N \times D)$, with the determination coefficient was 0,789 and the significance of 95%. Where: V = growing stock volume (m^3), N = the number of trees per hectare, H = tree height (m) and D = crown diameter (m). It was concluded that number of tree per hectare, tree height and crown diameter were good predictors for standing stock volume of Pinus merkusii.

Keywords: Tree volume, aerial photograph, tree height, crown diameter.

*Alamat korespondensi: Tel: +62-274-548815

PENDAHULUAN

Kawasan hutan di Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Majenang KPH Banyumas Barat Perum Perhutani, merupakan kelas hutan pinus yang didominasi oleh tegakan *Pinus merkusii* dengan kelas umur (KU) VI, VII dan VIII atau sebagian besar dari tegakan pinus itu umurnya di atas 26 tahun. Hasil sadapan getahnya sudah sangat menurun, sehingga petani penyadap getah sudah enggan menyadap. Sebagai akibatnya, pendapatan KPH juga akan semakin rendah. Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas maka KPH mengusulkan ke pihak Direksi Perum Perhutani agar diijinkan untuk meremajakan tegakan yang sudah kurang produktif itu dengan

tanaman yang baru dalam tahun anggaran 2010/2011.

Bersamaan dengan usulan tadi, pihak KPH ingin mengetahui produksi kayu di kawasan yang hendak diremajakan tadi. Oleh sebab itu, untuk mengetahui besarnya volume pohon pinus di BKPH ini yang ber KU V ke atas, perlu segera dilaksanakan penelitian. Bila untuk mengetahui besarnya potensi tegakan pinus ini dipergunakan survei konvensional maka dana yang dikeluarkan akan banyak dan dibutuhkan waktu yang lama. Oleh sebab itu, agar waktunya lebih cepat dan dana yang dikeluarkan lebih hemat, maka penelitian untuk mengetahui besarnya potensi pinus di BKPH Majenang ini digunakan interpretasi foto udara.

Volume tegakan (volume pohon per satuan luas) akan ditaksir dengan persamaan regresi dari parameter tegakan yang diukur melalui foto udara. Adapun parameter tegakan tersebut meliputi jumlah pohon per hektar (N), tinggi pohon (H) dan diameter tajuk (D). Pemanfaatan foto udara untuk menaksir potensi hutan, khususnya pada spesies *scotch pine* di beberapa negara sudah banyak dilaksanakan. Analisis regresi terhadap parameter tegakan seperti jumlah pohon per hektar, tinggi pohon dan diameter tajuk hasil pengukuran dari foto udara digunakan untuk menaksir volume tegakan pinus.

Volume pohon per hektar merupakan salah satu parameter tegakan yang berkorelasi dengan parameter tegakan yang lain. Spurr (1960) mengatakan bahwa volume pohon merupakan parameter tegakan yang tidak dapat diukur secara langsung melalui foto udara, namun dapat ditaksir melalui parameter lain yang diperoleh melalui pengukuran pada foto udara, melalui persamaan regresi.

Telah diketahui bahwa volume pohon merupakan fungsi dari diameter batang setinggi dada, sehingga banyak peneliti pendahulu yang merumuskan hubungan antara diameter batang dan diameter tajuk. Avery (1970) menyatakan bahwa diameter tajuk jenis konifer bila digunakan bersama-sama dengan tinggi pohon mempunyai korelasi dengan diameter batang setinggi dada. Penelitian Spurr (1960) menyatakan bahwa hubungan diameter batang setinggi dada dan diameter tajuk mendekati hubungan linear, yang berupa garis lurus. Beberapa penelitian telah banyak dilaksanakan mengenai hubungan diameter tajuk dan diameter batang setinggi dada pada beberapa spesies, antara lain spesies *Scotch Pine* di Jerman oleh Zieger (1928), *Northern Hardwoods* di USA oleh Ferre (1953), dan *Panderosa Pine* di Oregon oleh Paine (1970).

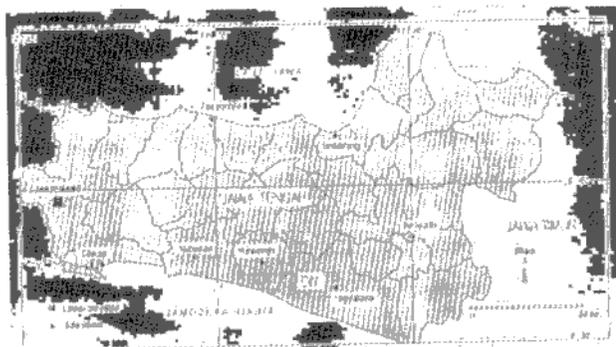
Parameter lain yang berkorelasi dengan volume pohon adalah tinggi pohon. Pada awalnya penaksiran volume pohon pinus dilakukan dengan hanya memakai satu parameter pohon sebagai variabel bebasnya. Avery (1958) dalam menafsir volume pohon pinus hanya mempergunakan diameter tajuk (D) saja, sedangkan Spurr (1960) dalam menafsir volume pohon hanya mempergunakan tinggi pohon (H) saja. Namun demikian, penaksiran volume pohon yang hanya menggunakan satu parameter tegakan, dalam hal ini D atau H saja, memberikan hasil yang kurang baik. Volume pohon hasil perhitungan regresi jauh dibawah hasil perhitungan yang sebenarnya. Barulah pada tahun 1965, Dil Worth dalam menafsir volume pohon mempergunakan 2 parameter tegakan (yaitu D dan H) sebagai variabel bebasnya. Hasilnya mendekati perhitungan sebenarnya, walaupun besar koefisien determinasi (R^2) baru mendekati 60%.

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka penelitian ini bertujuan merumuskan model persamaan regresi untuk menaksir volume tegakan pinus ($m^3/hektar$) di BKPH Majenang, KPH Banyumas Barat. Penaksiran volume pohon pinus dalam penelitian ini menggunakan beberapa variabel bebas yang secara langsung dapat diukur melalui foto udara, yaitu diameter tajuk (D), tinggi pohon (H) dan jumlah pohon per hektar, dengan harapan nilai koefisien determinasi (R^2) dari persamaan regresi yang dihasilkan akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di BKPH Majenang, KPH Banyumas Barat, yang terletak antara $107^{\circ}47'BT$ - $107,59'BT$ dan $6^{\circ}15'LS$ - $6,28'LS$ (Gambar 1). Menurut wilayah pemerintahan, kawasan ini terletak di Kabupaten Banyumas. Pertimbangan pemilihan lokasi ini disebabkan

kawasan BKPH Majenang didominasi dengan tegakan pinus kelas umur VI, VII dan VIII, sehingga produksi sadapan pinus semakin menurun. Oleh sebab itu, pendapatan KPH semakin lama juga semakin turun, maka perusahaan ini pada tahun anggaran mendatang berniat meremajakan tegakan pinus yang sudah tua.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian

Luas hutan BKPH Majenang 10.083,7 ha, meliputi dua wilayah bagian hutan Dayeuhluhur 8.282,3 ha dan lambir 1.851,4 ha. Kawasan ini terdiri dalam 4 Resort Pemangkuan Hutan (RPH) yakni :

1. RPH Majenang : 3.784,7 ha
2. RPH Cimanggu : 1.822,2 ha
3. RPH Pesahangan : 2.625,4 ha
4. RPH Surusunda : 1.851,4 ha

BKPH Majenang bertopografi, bergelombang, bergunung, curam dan sangat curam, dengan

ketinggian antara 200 m sampai dengan 1.200 m dpl. Ikhtisar kelas hutan *Pinus merkusii* di BKPH Majenang tahun 2008 disajikan dalam Tabel 1.

Dari tabel tersebut KU VI, VII dan VIII mendominasi ikhtisar kelas hutan, yakni berjumlah 8.469,50 ha atau sebesar 83,99%.

Bahan utama penelitian adalah foto udara milik DAS Serayu, hasil pemotretan Juli 2005, hitam putih pankromatik, format 23 cm x 23 cm. Pada saat pemotretan, tinggi pesawat 3.100 m dengan panjang fokus kamera 15,50 mm, skala 1:20.000. Foto yang dipergunakan di dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Foto yang digunakan di dalam penelitian

No. Jalur Terbang	No. Foto Udara	Jumlah
XXIII	8, 9, 10 & 11	4
XXIV	20, 21, 22, 23	4
XXV	9, 10, 11 & 12	4
Jumlah semua		12

Sumber: Foto udara milik DAS Serayu tahun 2005

Penelitian dilaksanakan dalam dua tahap yaitu di laboratorium dan pengecekan di lapangan (*field check*). Pekerjaan di laboratorium meliputi penentuan sampel, pengukuran tinggi pohon dan diameter tajuk serta elevasi petak ukur. Alat yang diperlukan untuk pengukuran elevasi petak ukur dan tinggi pohon adalah paralax bar dan stereoskop cermin. Untuk pengukuran diameter tajuk digunakan mistar

Tabel 1. Ikhtisar kelas hutan Pinus di BKPH Majenang

Kelas Hutan Pinus	R P H (Ha)				Jumlah (Ha)
	Majenang	Cimanggu	Pesahangan	Surusunda	
KU I	65,00	25,00	15,00	65,00	170,00
KU II	42,40	30,75	40,10	60,00	173,25
KU III	69,90	78,00	90,60	63,40	301,90
KU IV	136,45	64,30	91,10	54,70	346,55
KU V	130,80	56,60	163,70	76,60	427,70
KU VI	335,90	89,60	890,00	88,00	1.403,50
KU VII	2.424,85	1.047,75	1.086,20	1.124,45	5.683,25
KU VIII	536,00	346,25	208,30	292,20	1.382,75
LDTI	36,40	45,10	18,00	18,00	118,50
TKL	7,00	39,85	22,40	9,05	78,30
TOTAL	3.487,70	1.822,20	2.625,40	1.851,40	10.083,70

Sumber: Monografi BKPH Majenang Tahun 2008

dengan ketelitian 0,5 mm atau dengan baji mikrometer. Untuk menghitung jumlah pohon per petak ukur dipergunakan jarum tusuk. Luas petak ukur di dalam foto 0,5 cm x 0,5 m, atau 100 m x 100 m di lapangan (1 ha). Intensitas sampling penelitian ini adalah 0,25% dari total luas (0,25% x 10,083,7 ha) atau sebesar 25 ha, atau 25 buah petak ukur.

Pengukuran tinggi pohon dilakukan dengan metode selisih paralax. Ada dua rumus pengukuran tinggi pohon yang digunakan sebagai berikut.

1. Persamaan rumus pengukuran tinggi pohon untuk medan datar (selisih elevasi lebih kecil 5% dari tinggi terbang pesawat).

$$h = \frac{H.dp}{P + dp}$$

2. Persamaan rumus pengukuran tinggi pohon untuk medan bergunung (selisih elevasi > 5% dari tinggi pesawat).

$$h = \frac{H.dp}{P + P\left(\frac{\pm \Delta E}{H}\right) + dp}$$

Keterangan :

- h : Tinggi pohon yang diukur (m)
H : Ketinggian terbang pesawat (m)
p : Paralax absolut rata-rata dua ujung garis basis foto (diukur sebagai jarak rata-rata antara pusat foto dan pusat foto pindahan pada sepasang foto yang stereo) (mm).
dp : Selisih paralax absolut antara puncak dan pangkal pohon (ukuran paralax bar) (mm)
 ΔE : Selisih elevasi antara pangkal obyek dengan rata-rata elevasi dua titik dasar (+) bila lebih tinggi dan (-) bila lebih rendah.

Oleh sebab itu agar penaksiran tinggi pohon ini benar, terlebih dahulu harus dicari elevasi petak ukur, dari peta rupa bumi dibandingkan dengan tinggi pesawat terbang. Untuk mengukur diameter tajuk pada foto udara sama dengan mengukur diameter

tajuk yang tampak di dalam foto udara dengan mempergunakan penggaris biasa dan hasilnya dikalikan dengan skala foto. Ukuran diameter tajuk yang terlalu kecil menyebabkan sulitnya mendapatkan diameter tajuk yang benar, maka pengukuran dilakukan dengan cara memakai alat pengukur diameter tajuk yang terdiri atas serangkaian noktah-noktah dengan ukuran bertingkat. Skala yang digunakan harus sesuai dengan skala foto yaitu skala 1:20.000. Cara yang digunakan adalah dengan meletakkan alat di atas diameter tajuk yang diukur. Noktah dipilih yang paling mirip dengan bentuk diameter tajuk. Bila bentuk tajuk tidak beraturan, diameter tajuk merupakan hasil rata-rata pengukuran sumbu yang terpanjang dan terpendek. Jarum tusuk digunakan untuk menghitung jumlah batang per petak ukur pada foto. Untuk menghindari kerusakan pada foto, tusukan dilakukan pada kertas transparan yang dilapiskan pada foto.

Pengukuran di lapangan

Letak petak ukur ditetapkan di lapangan berdasarkan titik ikat yang ditetapkan dengan mengukur azimut dan jaraknya. Untuk memudahkan, petak ukur itu dibatasi dengan tali rafia dan patok batas. Pengukuran dilakukan pada pohon yang tajuknya nampak jelas dari foto udara. Parameter yang diukur adalah:

1. Diameter setinggi dada (1,3 m di atas permukaan tanah) diukur dengan diameter pita.
2. Diameter tajuk, diukur dengan memproyeksikan tajuk terluar ke tanah dengan cermin, kemudian diukur dengan pita ukur.
3. Tinggi pohon, baik untuk tinggi total dan tinggi bebas cabang dengan haga meter.

Analisis data

Rumus yang digunakan untuk menghitung volume pohon adalah:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times t \times 0,7 \times 10^{-4}$$

Keterangan :

- π : konstanta (3,14)
- d : diameter batang setinggi dada (1,3 m permukaan tanah) (cm)
- t : tinggi batang bebas cabang (m) .
- 0,7: bilangan bentuk
- V : volume pohon aktual di lapangan. Volume yang didapatkan masih volume batang kotor (dengan kulit) (m³).

Uji nilai tengah berpasangan

Untuk menguji apakah pohon yang diukur di dalam foto itu juga pohon yang diukur di lapangan, maka secara statistik diuji dengan nilai tengah berpasangan, sebagai berikut :

$$t = \frac{D}{SD}$$

Keterangan :

- D : rata-rata dari selisih pengukuran
- SD : standart deviasi

Nilai t ini untuk membandingkan antara hasil pengukuran tinggi pohon dan diameter tajuk di lapangan. Apabila signifikan pada taraf uji 0,05 berarti hasil pengukuran pada foto udara dan di lapangan tidak berbeda.

Regresi

Hubungan antara volume pohon dengan parameter tegakan melalui foto udara dicari dengan analisis regresi sebagai berikut :

$$V = b_0 + b_1N + b_2H + b_3D$$

Keterangan :

- V : volume pohon (m³/ha)
- b₀, b₁, b₂, b₃ : koefisien regresi
- N : jumlah pohon per hektar
- H : tinggi pohon (m)
- D : diameter tajuk (m)

Jumlah sampel (petak ukur) = 25 buah

Ketepatan model dilakukan dengan analisis varians. Jika F hitung lebih besar daripada F tabel maka model regresi sudah tepat, dan sebaliknya jika lebih kecil maka model regresi belum tepat. Kecocokan model dinilai dari besarnya koefisien determinasi (R²), yang besarnya antara 0 sampai 1. Bila R² nilainya 1 berarti model tersebut sempurna. Oleh sebab itu model regresi yang dipilih yang mempunyai R² mendekati 1.

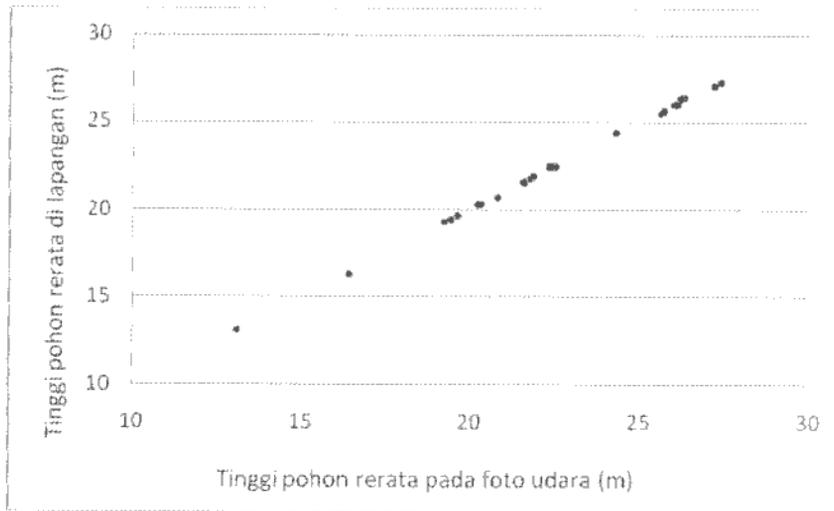
HASIL

Pada penelitian ini, jumlah petak ukur (PU) yang dibuat sebanyak 25 unit pada masing-masing strata hutan. Hasil pengukuran elevasi tiap-tiap PU disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Elevasi petak ukur

PU	Elevasi	Beda elevasi terhadap bidang rujukan	PU	Elevasi	Beda elevasi terhadap bidang rujukan
1	200	15	14	400	215
2	200	15	15	420	235
3	210	25	16	485	300
4	220	35	17	460	275
5	290	105	18	475	290
6	275	90	19	390	205
7	280	95	20	300	115
8	240	55	21	230	45
9	385	200	22	290	105
10	220	35	23	340	155
11	350	165	24	300	115
12	240	55	25	210	25
13	385	200			

Sumber: Data Pengukuran, tahun 2007
Keterangan: Elevasi bidang rujukan 185 m, tinggi pesawat dari bidang rujukan 3100 m



Gambar 2. Hubungan tinggi pohon melalui foto udara dan hasil pengukuran di lapangan

Berdasarkan Tabel 3, beda elevasi petak ukur dengan bidang rujukan terbesar ada pada PU 16, yaitu 300 m atau $300/3100 \times 100\% = 9,68\%$. Oleh sebab itu, untuk pengukuran tinggi pohon digunakan rumus medan bergunung:

$$h = \frac{H.dp}{P + P \frac{\pm DE}{H} + dp} \text{ (mengulangi rumus pengukuran tinggi pohon)}$$

Hasil pengukuran tinggi pohon, diameter tajuk dan jumlah pohon per hektar dari foto, serta hasil pengukuran lapangan tentang tinggi pohon total, tinggi pohon bebas cabang, diameter tajuk, diameter batang setinggi dada (1,3 m dari tanah), jumlah pohon per hektar, dan volume pohon disajikan di dalam Lampiran 1.

Hasil uji nilai tengah berpasangan

Hasil dari nilai tengah berpasangan untuk pengukuran tinggi pohon, diameter tajuk dan jumlah pohon per hektar dari KPH Banyumas Barat disajikan dalam Tabel 4 berikut ini.

Hasil t signifikan pada taraf uji 0,05. Dari Tabel 4 tampak nyata bahwa dari lokasi penelitian untuk pengukuran tinggi pohon dan jumlah pohon per hektar hasil pengukuran di dalam foto dan di lapangan tidak berbeda nyata. Namun demikian, pengukuran diameter tajuk di dalam foto dan di lapangan berbeda nyata. Grafik pengukuran parameter tegakan melalui foto dan di lapangan disajikan pada Gambar 2.

Uji t-nilai tengah berpasangan memperlihatkan bahwa hubungan tinggi pohon hasil pengukuran di lapangan tidak berbeda nyata dengan tinggi pohon

Tabel 4. Hasil t dari uji tengah berpasangan untuk tinggi pohon diameter tajuk dan jumlah pohon per hektar

Uji T	Mean	Std. Dev	Std. Error	T _{hit}	T tabel 0,05 (df19)	Keterangan
Tinggi pohon	-0,4864	1,4246	0,3533	-0,9126	2,861	Group 1 : T foto Group 2 : T lap
Diameter tajuk	0,4686	0,5896	0,1102	4,2510*	2,861	Group 1 : D foto Group 2 : D lap
Jumlah pohon/ha	6,0378	109,1953	24,4168	0,2472	2,861	Group 1 : N foto Group 2 : N lap

*berbeda nyata dengan angka kepercayaan 0,05.

yang diperoleh dari pengukuran pada foto udara dengan probabilitas 0,707 pada taraf uji 95%.

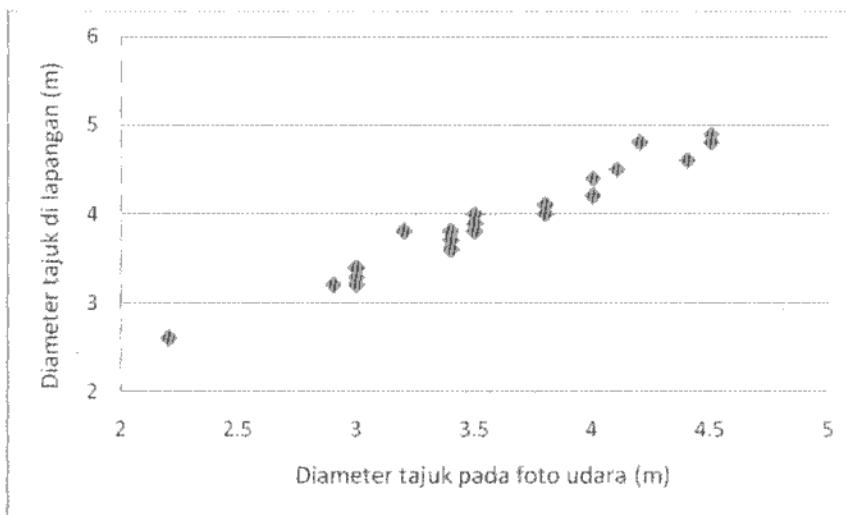
Uji t-nilai tengah berpasangan memperlihatkan bahwa hubungan antara diameter tajuk hasil pengukuran di lapangan berbeda nyata dengan diameter tajuk yang diperoleh dari pengukuran pada foto udara dengan probabilitas 0,04 pada taraf uji 95% (Gambar 3).

Uji t-nilai tengah berpasangan memperlihatkan bahwa hubungan antara jumlah pohon per ha hasil pengukuran di lapangan tidak berbeda nyata dengan jumlah pohon per ha yang diperoleh dari pengukuran

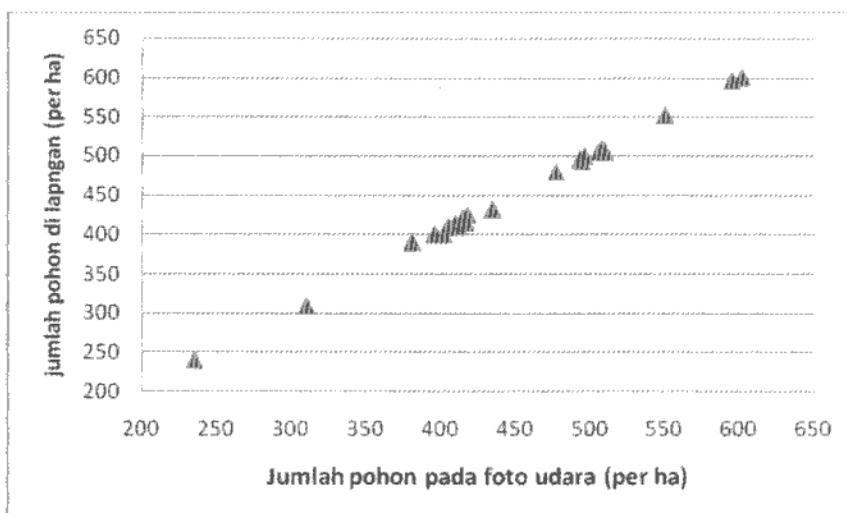
foto udara dengan nilai probabilitas yang diperoleh 0,871 pada taraf uji 95% (Gambar 4).

Analisis regresi

Hubungan kuantitatif antara ubahan kriterium dengan ubahan prediktor dapat dilukiskan dalam suatu garis yang disebut garis regresi. Suatu garis regresi dapat dinyatakan dalam persamaan matematik yang dinamakan persamaan regresi (Sutrisno, 1983). Supranto (1983) mendefinisikan analisis regresi sebagai suatu alat yang digunakan untuk menganalisis bentuk hubungan antara dua variabel



Gambar 3. Hubungan diameter tajuk melalui foto udara dan hasil pengukuran di lapangan



Gambar 4. Hubungan jumlah pohon per hektar melalui foto udara dan perhitungan di lapangan

atau lebih yang terdiri dari variabel bebas (*dependent variable*) dan variabel tidak bebas (*independent variable*) dengan tujuan untuk memperkirakan atau meramalkan nilai rata-rata dari variabel tak bebas apabila nilai variabel yang menerangkan sudah diketahui.

Sejalan dengan pernyataan tersebut, dapat dilakukan percobaan dengan membuat persamaan regresi untuk meramalkan nilai rata-rata dari volume pohon per hektar (sebagai variabel tak bebas) berdasarkan nilai atau besarnya variabel-variabel yang diduga berpengaruh terhadap besarnya volume pohon (sebagai variabel bebas). Untuk mengukur kecocokan antara variabel-variabel tak bergantung dengan variabel dengan variabel bergantung ialah dengan melihat besarnya koefisien determinasi (R^2). Besarnya R^2 ditentukan oleh perbandingan antara jumlah kuadrat regresi (JKR) dengan jumlah kuadrat total terkoreksi (JKT). Makin besar koefisien determinasi, makin besar pula ragam pengamatan yang dapat diterangkan oleh garis regresi yang diperoleh (Setyarso, 1982). Lebih lanjut dikatakan bahwa ukuran lain yang biasa digunakan untuk analisis regresi adalah besarnya nilai rata-rata kuadrat error (RKE). Semakin kecil RKE makin tinggi ketepatannya.

Penelitian sejenis sebelumnya mengenai hubungan parameter tegakan yang berpengaruh pada volume pohon dengan menggunakan metode regresi linier ganda adalah Sahid (2003) pada hutan rakyat di Kabupaten Kulon Progo, DIY. Persamaan model yang telah dibuat menggunakan metode eliminasi langkah mundur dengan mengalikan interaksi antar variabel bebas di dalamnya. Sahid (2003) menyimpulkan bahwa volume pohon per hektar setiap periode dari persamaan tersebut selalu ditunjukkan oleh peranan tinggi pohon, diameter tajuk dan jumlah pohon per hektar. Ini ditunjukkan dengan munculnya

ketiga variabel tersebut dalam setiap persamaan model yang hasilnya dinyatakan sebagai berikut :

$$V = -1418,9629 + 234,3144 D - 1,3164 (H)^2 + 0,0417 (H \times N) - 1,2871 (D \times N)$$

Dengan nilai V = volume pohon per hektar, D = diameter tajuk rata-rata, H = tinggi pohon rata-rata, dan N = jumlah pohon per hektar. Persamaan ini menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 72,37% dengan uji signifikan pada taraf uji 0,05 dan 0,01.

Penyusunan regresi yang dihasilkan dari hubungan antara volume pohon per hektar (variabel bergantung) dengan tinggi pohon dan diameter tajuk serta jumlah batang per hektar pengukuran dari foto udara (variabel bebas) dari lokasi penelitian, berdasarkan ketepatan model dipilih sebagai berikut :

$$V = 72,415 - 0,231 N + 35,242 H - 24,454 D - 0,923 (N \times D)$$

N , H dan D signifikan pada taraf uji 0,05.

Koefisien determinasi (R^2) = 0,789

V = volume pohon per hektar (m^3), N = jumlah pohon per hektar, H = tinggi pohon (m) dan D = diameter tajuk (m). Volume pohon hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan regresi ini bila dibandingkan dengan volume pohon hasil pengukuran lapangan lebih rendah 0,056%.

PEMBAHASAN

Pengukuran diameter tajuk melalui foto udara dan pengukuran diameter tajuk langsung di lapangan memberikan hasil yang berbeda nyata setelah dilakukan uji t (uji nilai tengah berpasangan) yaitu sebesar 4,2510. Ada perbedaan hasil pengukuran yang berarti dalam setiap petak ukur. Perbedaan pengukuran tersebut dapat disebabkan, pertama karena pengukuran dari foto udara hanya bagian tajuk yang kelihatan langsung dari atas yang diukur. Cabang-cabang kecil atau tipis dari pohon tidak kelihatan sehingga tidak diperhitungkan dalam pengukuran, sedangkan pada pengukuran diameter tajuk di lapangan, cabang-

cabang bagian terluar yang tipis tersebut ikut dihitung. Jadi pengukuran diameter tajuk pada foto lebih kecil daripada pengukuran di lapangan.

Penyebab kedua perbedaan pengukuran diameter tajuk yaitu adanya perbedaan selisih umur lima tahun antara saat pengukuran diameter tajuk di foto dan diameter tajuk di lapangan. Ada kemungkinan dalam lima tahun tersebut adanya penambahan ukuran diameter tajuk sehingga terjadi selisih pengukuran. Menurut Spurr (1960) pengukuran diameter tajuk yang diperoleh langsung dari foto udara tidak dapat langsung dibandingkan dengan pengukuran yang sama yang dibuat di lapangan.

Kondisi tegakan yang homogen dan rapat pada daerah penelitian merupakan salah satu penyebab kesulitan dalam pengukuran diameter tajuk. Sulit untuk membedakan antara individu pohon atau tegakan dalam identifikasi. Hal ini mempengaruhi besarnya skala foto udara yang ada. Semakin besar skala foto semakin mudah untuk membaca dan mengukur lebar diameter tajuk pohon pada foto tersebut. Foto udara yang dipakai pada penelitian ini mempunyai skala 1:20.000, dengan kondisi foto yang baik dan cuaca yang cerah sehingga obyek-obyek yang ada dapat dibedakan dengan jelas. Menurut Spurr (1960) pengukuran diameter tajuk pada foto udara pada skala sedang dan besar lebih akurat dibandingkan pengukuran dengan metode cepat di lapangan. Hal ini dikarenakan tajuk yang diamati dari atas pada foto udara menyebabkan ketidakteraturan bentuk yang kecil dapat tersembunyi sehingga yang tampak adalah tajuk yang relatif teratur dan bentuk yang terlihat jadi mudah untuk diukur. Kebanyakan peneliti memang menemukan bahwa pengukuran diameter tajuk pada foto udara cenderung untuk *underestimate* (Spurr, 1960).

Pengukuran jumlah pohon

Penghitungan jumlah pohon dari uji t memberikan hasil yang tidak berbeda nyata dengan pengukuran di lapangan yang memberikan nilai t sebesar 0,2472. Perhitungan jumlah pohon sebenarnya dapat dilakukan langsung di lapangan dan kesalahan yang timbul pun akan kecil. Dengan adanya kenampakan tajuk pohon dari potret udara maka penghitungan jumlah pohon dapat juga dilakukan melalui potret udara sehingga penggunaan waktu, tenaga dan biaya dapat efisien. Namun demikian untuk itu diperlukan kecermatan dan ketelitian dalam penghitungan karena banyak faktor yang mempengaruhi hasil perhitungan. Jumlah pohon hanya dapat dipelajari dengan baik jika diamati langsung di lapangan atau kemungkinan juga pada foto udara berskala sangat besar 1:500 sampai dengan 1:1.000. Pada skala itu pola percabangan atau tajuk akan tampak jelas, apakah tajuk tunggal atau majemuk (Abdulrochman, 1985).

Pengukuran tinggi pohon

Hasil uji t ternyata menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata antara tinggi pohon hasil penafsiran potret udara dengan pengukuran di lapangan yang memberikan nilai t sebesar -0,9126. Kecermatan pengukuran tinggi pohon melalui foto udara tergantung pada sejumlah faktor. Ketajaman citra dan skala mempunyai pengaruh pada pengukuran tinggi pohon. Skala foto yang besar akan memberikan detail yang lebih banyak sehingga pangkal dan puncak pohon dapat diidentifikasi dengan baik. Dengan demikian pengukuran tinggi pohon dengan selisih paralaks tidak akan mengalami kesulitan.

Spurr (1960) memberikan contoh bahwa obyek-obyek yang mempunyai diameter kurang dari tiga kaki tidak dapat diukur dengan baik pada foto udara kualitas baik skala 1:20.000. Dengan demikian pengukuran tinggi pohon dari foto udara tidak dapat

dilakukan pada seluruh bagian pohon tetapi hanya pada pucuk pohon yang mempunyai diameter lebar tajuk bagian bawah minimal 3 kaki. Untuk itu kesalahan penghitungan ini biasanya akan tetap ada dan sebagian besar dapat dikoreksi dengan menggunakan tabel koreksi pohon dengan ketajaman tajuk dan skala yang berbeda, seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Koreksi tinggi pohon pada berbagai skala

Skala	Tajuk runcing	Tajuk sedang	Tajuk lebar
1:10.000	2	1	0
1:15.000	3,5	2	0,5
1:20.000	5	3	1

*Besarnya koreksi dalam satuan kaki (Paine 1970).

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa skala semakin kecil koreksi pengukuran pun makin besar. Struktur hutan dan topografi dapat mempengaruhi pengamat untuk menentukan permukaan tanah yang dijadikan pedoman untuk mengukur dasar pohon. Pengukuran tinggi pohon dilakukan dengan cara mengukur elevasi dasar hutan pada tempat-tempat lain yang terbuka dengan tingkat topografi yang nampak sama jika dasar pohon sulit untuk ditentukan. Struktur hutan yang rapat dan topografi yang bergelombang atau bergunung dapat menghasilkan taksiran yang *overestimate*. Bentuk tajuk dari pohon ternyata juga dapat mempengaruhi ketelitian hasil pengukuran. Kenampakan tajuk pada foto udara adalah bulat teratur, sedangkan jika dilihat di lapangan pucuk pohon akan nampak tidak beraturan, sehingga akan memberikan taksiran yang *underestimate* sebab puncak pohon tidak dapat diamati dengan jelas pada foto udara (Lihat Tabel 5).

Kemampuan pengamat mempunyai pengaruh besar dalam pengukuran tinggi pohon melalui foto udara dan pengukuran-pengukuran yang lain. Hasil pengamatan akan baik jika pengamat selain berpengalaman juga mengenal lebih jauh daerah yang diamati. Pada metode pengukuran tinggi dengan

selisih paralaks, ketepatan dari hasil pengukuran tergantung dari pengamat untuk mengevaluasi pengaruh dari efek slope, tumbuhan bawah, ukuran tajuk, variasi dari dasar pohon dan variabel-variabel lainnya.

Hasil regresi

Penaksiran volume tegakan ini menggunakan metode regresi dengan volume tegakan/ha sebagai variabel bergantung, tinggi pohon rata-rata (H), diameter tajuk rata-rata (I), dan jumlah pohon per hektar (N) sebagai variabel bebasnya. Persamaan regresi yang diajukan menyatakan bahwa ada korelasi sangat erat antara volume tegakan, tinggi pohon rata-rata, diameter tajuk rata-rata dan jumlah pohon per hektar. Hal ini dibuktikan dengan melihat hasil uji analisis varian.

Setelah dilakukan analisis regresi dan analisis varians dengan bantuan komputer program mikrostatis didapatkan persamaan model penaksiran utama sebagai berikut:

$$V = 72,415 - 0,231 N + 35,242 N - 24,454 D - 0,923 (N \times D)$$

Dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,789.

Keterangan :

V = volume tegakan (m^3/ha)

D = diameter tajuk rata-rata (m)

H = tinggi rata-rata (m)

N = jumlah pohon per hektar

Dari persamaan tersebut dapat dibuat tabel volume pohon di lokasi penelitian dan selanjutnya dapat digunakan sebagai arahan untuk pengaturan hasil hutan di BKPH Majenang. Diketahui juga bahwa dalam menaksir volume pohon, penambahan jumlah batang per ha sebagai variabel bebas akan meningkatkan nilai R^2 . Oleh sebab itu pada prinsipnya volume pohon hasil regresi ini dapat dipakai untuk menaksir potensi tegakan selama tegakan itu belum mengalami perubahan.

KESIMPULAN

Persamaan regresi volume pohon yang dihasilkan dalam penelitian ini :

$$V = 72,415 - 0,231 N + 35,242 H - 24,454 D - 0,923 (N \times D)$$

Dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,789

Keterangan :

V = volume pohon per hektar (m^3)

N = jumlah pohon per hektar

H = tinggi pohon (m)

D = diameter tajuk (m)

Karena selisih antara volume pohon hasil regresi dengan hasil pengukuran lapangan cukup rendah, hanya 0,056%, maka persamaan regresi ini dapat dipakai untuk menaksir potensi tegakan selama tegakan itu belum mengalami perubahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Avery TE. 1958. Composite Aerial Volume Tables for Southern Pine and Hardwoods. *Journal of Forestry*. Vol. 56, No.10. pp. 741-745.
- Avery TE. 1970. *Interpretation of Aerial Photographs. Second Edition. Burgess Publishing Company*. Minneapolis. Terjemahan Imam Abdul Rochman. 1990. Penafsiran Potret Udara Cetakan Pertama. Akademika Pressindo Jakarta.
- DAS Serayu Propinsi Jawa Tengah. 2005. Foto Udara Seluruh Kab. Banyumas dan Wilayah Segoro Anakan.
- Dilworth JR. 1965. The Use of Aerial Photographs in Cruising Second-Growth Douglass-fir Stands, Ph. D. Dissertation, University of Washington, Seattle, Wash.
- Ferree MJ. 1953. A Method of Estimating Timber Volumes from Aerial Photographs, Technical Publication 75 of the State University of New York College of Forestry at Syracuse.
- Abdulrochman I. 1985. Menghitung Jumlah Batang Melalui Foto Udara dan Kendala-Kendalanya, *Buletin Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada No.14/1985*.
- Paine DP. 1970. *Aerial Photography and Image Interpretation for Resource Management*. John Wiley & Son, Inc. Terjemahan Imam Abdul Rochman. 1992. Fotografi Udara dan Penafsiran Citra Untuk Pengelolaan Sumber Daya. Cetakan I. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sahid. 2000. Penafsiran Volume Pohon Hutan Rakyat, melalui Interpretasi Foto Udara, di Kec. Samigaluh, Kab. Kulon Progo, Prop. DIY.
- Setyarso A. 1982. *Analisa Kuadrat Terkecil*. Bagian Penerbitan Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Spurr HS. 1960. *Photogrametri and Photo Interpretation with a Section on Application to Forestry, Aerial Photograph in Forestry*. The Roland Press Company. New York.
- Supranto. 1983. Ekonometrik. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI. Jakarta.
- Sutrisno H. 1983. *Analisis Regresi*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.
- Zieger E. 1928. Ermittlung von Bestandesmassen aus Flugbildern mit Hilfe des Hegershoff-Heydeschen Autokartographen (Determination of Stand Volume from Aerial Photographs with the Help of Hegershoff-Heyde Autocartograph). *Mitteilungen aus der Sächsischen Forstlichen Versuchsanstalt zu Tharandt, Vol.3. pp. 97-127*.

Lampiran 1. Pengukuran parameter tegakan pada foto udara dan di lapangan

N	I			II				
	H	D	NI	HI	DI	d	T	V
101	26	6	102	26	6,8	62	19	1,90
88	24	5	89	24	5,9	68	18	1,24
114	26	5	112	25	6,1	65	19	1,86
112	25	5	111	25	5,6	70	20	1,97
110	25	6	110	25	6,3	63	19	1,86
96	24	6	95	23	6,6	68	17	1,14
108	24	5	109	24	5,3	62	17	1,63
97	26	7	98	26	7,4	58	19	1,90
118	24	6	117	25	6,8	61	17	1,71
91	24	7	90	24	7,6	61	16	1,58
96	25	6	97	24	6,6	58	17	1,63
99	23	5	99	24	5,9	71	17	1,63
121	26	7	120	27	7,3	59	20	1,95
89	26	6	90	27	6,5	64	20	1,95
116	25	6	116	24	6,4	65	18	1,24
117	26	5	116	25	5,6	60	18	1,36
112	24	7	112	24	7,3	59	17	1,63
111	25	6	109	26	6,4	58	18	1,82
130	26	7	128	25	7,4	61	17	1,71
105	25	5	106	25	5,6	70	16	1,61
117	24	6	119	24	6,5	70	17	1,63
104	25	6	105	26	6,6	67	17	1,74
120	24	7	119	25	7,6	66	18	1,36
112	23	6	113	22	6,9	70	16	1,02
113	22	4,5	113	23	6,1	65	16	1,08

Sumber: Hasil pengukuran tahun 2008

I. Pengukuran pada foto udara (rata-rata per PU)

N = Jumlah pohon per hektar

H = Tinggi pohon (m)

D = Diameter tajuk (m)

II. Pengukuran lapangan

NI = Jumlah pohon per hektar di lapangan

HI = Tinggi pohon di lapangan (m)

DI = Diameter tajuk di lapangan (m)

d = Diameter batang (cm)

T = Tinggi pohon bebas cabang (m)

V = Volume pohon masih dengan kulit (m³)