

PENAFSIRAN LUAS BIDANG DASAR TEGAKAN PINUS MERKUSII MENGUNAKAN FOTO UDARA DI KESATUAN PEMANGKUAN HUTAN (KPH) KEDU PERUM PERHUTANI UNIT 1 JAWA TENGAH

Sahid

Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan UGM
E-mail: fkt@ugm.ac.id

ABSTRACT

The research aim to estimate the basal area of Pinus merkusii combined comprises measurement by aerial photograph with scale of 1 : 20.000 field and to measurement field. The stand parameters measured are the number of the trees per hectare (N), the tree height (H) and crown diameter (D). Whereas, estimation of the stand basal area was based on the measurement of the stem diameter in the permanent plots. The result of the regression analysis showed that the based area of the Pinus merkusii stand (lbs) had correlation with the number of the trees per hectare (N), the tree height (H) and crown diameter (D), the regression is as follows: Basal areas or tree densities of compartement 100 and 102 have been optimum . Therefore, resin production compartement 100 and 102 is higher than compartement 101 having lower basal are or tree density. It is for those reasons, the compartement 101 needs action to cut the suppressed trees to make optimum basal area.

Keywords: *stand parameters, regression, basal area, Pinus merkusii, aerial photograph.*

PENDAHULUAN

Hutan adalah suatu masyarakat tumbuhan kompleks yang secara keseluruhan merupakan persekutuan hidup alam hayati dan lingkungannya (Paimin, 2005). Di samping sebagai komponen utama hutan, tumbuhan juga merupakan sumber plasma nutfah yang dapat menjamin kesejahteraan manusia (Sunarhadi dan Kartikawati, 2005). Salah satunya adalah pemanfaatan getah Pinus merkusii dalam berbagai bidang industri. Getah Pinus merkusii termasuk salah satu produksi hutan non kayu yang harus

dikelola dengan bijaksana, berwawasan lingkungan dan berasaskan kelestarian. Hal tersebut dapat terwujud bila penyadapan getah pinus, direncanakan dengan tepat. Salah satu faktor yang mempengaruhi banyaknya getah pada saat penyadapan adalah pengaturan jarak antar pohon atau kerapatan pohon (Siswanto, 1993). Lebih lanjut dia mengatakan bahwa tegakan Pinus merkusii yang akan disadap dianjurkan setiap hektarnya berjumlah 152 pohon saja, atau jarak tanam antar pohon 8m x 8m. Kerapatan pohon tersebut menurut Hardjosoediro (1974) dapat diketahui melalui besarnya luas bidang

dasar (lbds) tegakan. Pengaturan lbds akan berpengaruh terhadap iklim mikro, getah tidak membeku dan saluran getah tidak tertutup pada saat penyadapan, sehingga sadapan lancar.

Data tentang kondisi tegakan yang obyektif dan akurat sangat diperlukan guna menyusun perencanaan, pengelolaan penyadapan *Pinus merkusii* yang optimal (Anggono, 1978). Informasi tentang kondisi tegakan dapat diperoleh dengan cara inventarisasi atau risalah. Untuk areal hutan yang sempit, cara ini merupakan cara mudah dan efektif. Namun untuk areal yang luas dan lokasinya terpencar, cara ini membutuhkan waktu, dana dan tenaga yang tidak sedikit. Oleh karena itu Direktur Jenderal Inventarisasi dan Tata Guna Lahan (Dirjen INTAG, 1989) menganjurkan untuk inventarisasi hutan dengan mempergunakan udara skala 1 : 20.000. Parameter tegakan yang dapat diukur langsung melalui foto udara adalah jumlah pohon per hektar (N), tinggi pohon (H) dan diameter tajuk (D).

Penggunaan foto udara untuk menaksir potensi kayu, khusus pada *Spesies Scotch Pine* di beberapa negara termasuk Amerika dan benua Eropa sudah banyak dilaksanakan. Indonesia sendiri sudah banyak peneliti yang membuat tabel udara hutan tropis luar jawa. Pada penelitian ini, penulis memanfaatkan foto udara untuk menaksir luas bidang dasar (lbds) pada tegakan *Pinus merkusii*. Cara yang digunakan yaitu dengan bantuan statistik, yakni menggunakan analisis regresi dari parameter tegakan yang diukur pada foto udara skala 1:20.000. Parameter tegakan yang dimaksud adalah jumlah pohon per hektar (N), tinggi pohon (H) dan diameter tajuk (D).

Luas bidang dasar hutan (lbds) per hektar merupakan penampang melintang

dari diameter batang setinggi dada (1,3 m dari permukaan tanah). Besarnya luas bidang dasar individu (lbd) pohon dihitung dengan rumus :

$$lbd = 0,25 \times p \times d^2 \text{ ----- (1)}$$

Dalam hal ini :

lbd = luas bidang dasar individu pohon (m²)

p = konstanta (3,14)

d = diameter batang (1,3 m dari permukaan tanah)

Hardjosoediro (1974) menjelaskan lbds per hektar merupakan hasil penjumlahan dari lbd individu pohon yang terdapat dalam kawasan 1 hektar. Penggunaan lbds ini sebagai petunjuk kerapatan suatu hutan. Dengan demikian rumusnya menjadi :

$$lbds = \sum_{n=1}^{n=0} \frac{\pi}{4} d^2 N \text{ ----- (2)}$$

Keterangan :

$lbds$ = luas bidang dasar tegakan *Pinus merkusii* (m²/ha)

d = diameter batang (1,3 meter dari dasar pohon)

N = banyak pohon per ha

Bertitik tolak dari penjelasan di atas, maka tujuan penelitian ini mengawinkan antara interpretasi foto udara di laboratorium, yakni pengukuran parameter tegakan dan pengukuran lbds lewat analisis diameter pohon, dengan bantuan statistik yakni dengan cara menyusun model regresi untuk menaksir luas bidang dasar (lbds) *Pinus merkusii* dengan mempergunakan parameter tegakan hasil pengukuran pada foto udara.

METODE PENELITIAN

Daerah Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Resort Pemangkuan Hutan (RPH) Katerban, Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Purworejo, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Kedu Selatan, Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah (Gambar 1).

Kawasan RPH Katerban ini seluas 534 ha, yang rincian penggunaannya disajikan di dalam Tabel 1.

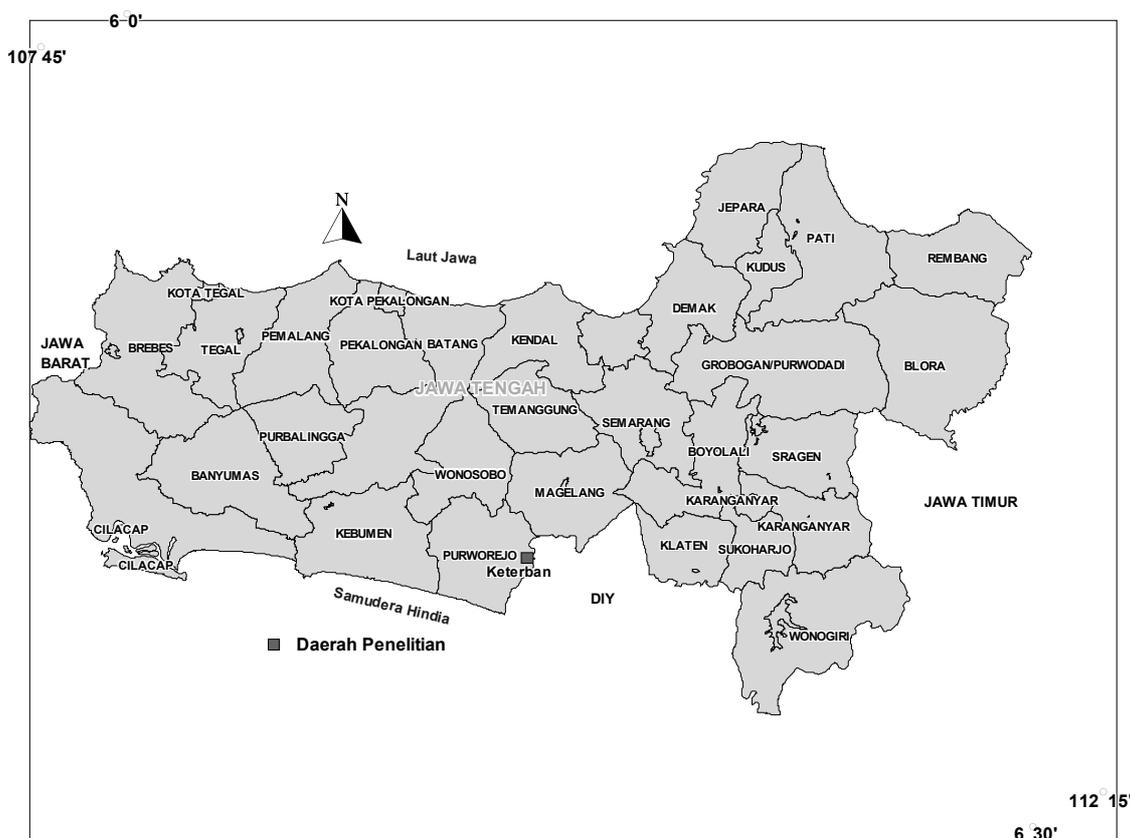
Dari tegakan *Pinus merkusii* seluas 509 ha itu dirinci ke dalam 3 petak, yang disajikan pada Tabel 2.

Bahan Penelitian

Bahan utama penelitian ini adalah foto udara Daerah Aliran Sungai (DAS), milik Das Progo – Bogowanto. Foto udara hasil pemotretan Agustus 2005, pankromatik hitam putih, dengan format 23 cm x 23 cm. Saat pemotretan tinggi pesawat 3.075 m, panjang fokus kamera 15,015 mm, skala 1 : 20.000. Foto udara yang dipergunakan di dalam penelitian ini disajikan di dalam Tabel 3.

Cara Penelitian

Spurr (1980) Paine (1981), Hardjo Prayitno (1992) menyatakan bahwa menaksir parameter tegakan melalui foto udara, dapat dilaksanakan 2 tahap, yaitu



Sumber: RPH Katerban, 2009

Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

Tabel 1. Penggunaan Hutan RPH Katerban

No.	Pemanfaatan	Luas (ha)	Prosen (%)
1.	Tegakan Pinus	509,0	95,32
2.	Tegakan Kayu Lain	20,1	3,76
3.	Penggunaan Lain	3,2	0,60
4.	Bukit Batu	1,7	0,32
Jumlah		534,0	100,00

Sumber: RPH Katerban, 2009

Tabel 2. Petak tegakan Pinus merkusii di kawasan RPH Katerban

No	Petak	Luas (ha)	Umur (Tahun)	Kelas Umur
1.	100	138	18	IV
2.	101	152	21	V
3.	102	219	16	IV
Jumlah		509		

Sumber: RPH Katerban, 2009

Tabel 3. Foto Udara yang Digunakan di Dalam Penelitian

No Jalur Terbang	No. Foto Udara	Jumlah
IV	6 dan 7	2
V	9 dan 10	2
Jumlah		4

Sumber: Foto udara milik DAS Progo (Bogowanto, 2005)

di laboratorium dan pengecekan di lapangan (*field check*). Pekerjaan dimulai dengan menentukan areal efektif (efektif area) di bawah stereoskopis. Pada areal efektif ini dibuat petak ukur berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisi 0,5 cm, yang luasnya di lapangan 100 m x 100 m atau 1 ha. Lokasi petak ukur pada daerah yang

mempunyai *displacement* (kesalahan pergeseran) paling kecil, yaitu pada areal efektif dari foto udara.

Pengumpulan Data

Agar data yang diperoleh dapat mewakili seluruh tegakan, sampel petak ukur harus ditempatkan merata pada

seluruh petak pilihan dan dekat jalan, serta mempunyai tanda-tanda yang dapat dipergunakan sebagai titik ikat untuk memudahkan pengecekan di lapangan. Rumus yang digunakan untuk pengukuran elevasi petak ukur pada foto udara adalah:

$$h = \frac{H_t \cdot dp}{P + dp} \text{ ----- (3)}$$

Keterangan :

- b = beda tinggi antar bidang rujukan dengan lokasi petak ukur
- H_t = tinggi terbang pesawat di atas bidang rujukan
- dp = selisih paralaks antara bidang rujukan dengan petak
- p = paralaks absolut rata-rata

Rumus pengukur tinggi pohon ini, untuk digunakan pada medan datar atau selisih elevasi antara pangkal pohon dengan elevasi bidang rujukan kurang dari 5%. Jika medan bergunung atau selisih pangkal pohon dengan elevasi bidang rujukan lebih dari 5% rumus pengukur tinggi pohon sebagai berikut :

$$h = \frac{H_t \cdot dp}{p + \left\{ p \frac{\pm dE}{H_t} \right\} + dp} \text{ ----- (4)}$$

- dE = Selisih elevasi antara pangkal pohon dengan bidang rujukan (+) jika lebih tinggi dan (-) bila lebih rendah.

Analisis Data

Karena ukuran diameter tajuk pada foto udara itu terlalu kecil, sulit mendapatkan ukuran yang benar, maka pengukurannya dengan mempergunakan alat *crown diameter scale*, yaitu serangkaian noktah-noktah dengan ukuran bertingkat. Skala yang digunakan harus sesuai dengan skala

foto udara. Caranya alat diletakkan di atas diameter tajuk yang diukur. Noktah dipilih yang paling mirip dengan diameter tajuk. Bila bentuk tajuk tidak beraturan, diameter tajuk merupakan hasil rata-rata pengukuran sumbu terpanjang dan terpendek.

Berdasarkan petak-petak ukur yang dibuat pada foto udara, maka dibuat petak ukur lapangan sesuai dengan letak yang ada pada foto tersebut. Dengan mengukur jarak dan arah dari titik ikat yang telah ditentukan dari foto udara yang dicocokkan di lapangan, selanjutnya pada petak ukur tersebut diberi tanda atau patok batas. Kemudian mulai dilakukan pengukuran-pengukuran tegakan pada petak ukur tersebut. Pengukuran yang dilakukan meliputi tinggi pohon dengan menggunakan Haga meter. Diameter tajuk diukur dengan memproyeksikan bagian tajuk terluar ke tanah kemudian diukur dengan pita ukur. Untuk pengukuran tinggi pohon dan diameter tajuk tersebut selanjutnya dihitung rata-rata pengukuran pada setiap petak ukur. Perhitungan jumlah pohon pada setiap petak ukur tersebut selanjutnya dikonversi ke jumlah pohon per hektar.

Pohon yang diukur di dalam foto itu apakah sama dengan pohon yang diukur di lapangan, maka diperbandingkan dengan menggunakan uji :

$$t = \frac{D}{SD} \text{ ----- (5)}$$

Keterangan :

- D = diameter tajuk
- SD = standar deviasi

Nilai ini untuk membandingkan antar hasil pengukuran tinggi pohon dan diameter tajuk serta jumlah pohon per hektar di lapangan. Apabila signifikan pada taraf uji adalah 0,05 berarti hasil pengukuran pada

foto udara dan di lapangan tidak berbeda. Adapun model regresi untuk menaksir luas bidang dasar (lbds) dengan menggunakan parameter tegakan, hasil pengukuran dari foto udara, adalah :

$$lbds = b_0 + b_1N + b_2H + b_3D \text{ ----- (6)}$$

Keterangan :

$lbds$ = luas bidang dasar per hektar (m^2 /hektar)

N = jumlah tajuk per hektar

H = tinggi pohon rata-rata (m)

D = diameter tajuk rata-rata (m)

b_0, b_1, b_2 dan b_3 = adalah konstanta

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Interpretasi Foto Udara

Pada penelitian ini, banyaknya petak ukur dibuat sebanyak 20 unit pada masing-masing petak. Hasil pengukuran elevasi tiap-tiap petak ukur disajikan di dalam Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, beda elevasi pu dengan bidang rujukan terbesar untuk petak 100, 101 dan 102 adalah :

1. Elevasi tertinggi di petak ukur 9, sebesar 345 m di atas permukaan air laut. Perbedaan elevasi tertinggi dengan bidang rujukan 60 m atau atau $\frac{60}{3000} \times 100\% = 2,0\%$.
2. Elevasi tertinggi di petak ukur 10, sebesar 375 m di atas permukaan air laut. Perbedaan elevasi tertinggi dengan bidang rujukan 90 m atau $\frac{90}{3000} \times 100\% = 3\%$.
3. Elevasi tertinggi di petak ukur 12, sebesar 380 m di atas permukaan air laut. Perbedaan elevasi tertinggi dengan bidang rujukan sebesar 95 m

$$\text{atau } \frac{95}{3000} \times 100\% = 3,17\% .$$

Karena beda elevasi pada masing-masing pu, dengan bidang rujukan dibawah 5%, maka pengukuran tinggi pohon mempergunakan rumus medan datar, sebagai berikut:

$$h = \frac{H_t \cdot dp}{P + dp}$$

Keterangan :

h = tinggi pohon (m)

H_t = tinggi terbang pesawat

dp = selisih paralaks antara pangkal dan ujung pohon

P = jarak rata-rata antara pusat foto dan pusat foto pindahan dari sepasang foto

Hasil Pengukuran di Lapangan

Perbandingan hasil pengukuran parameter tegakan melalui foto udara, yakni tinggi pohon, diameter tajuk dan jumlah pohon per hektar dari RPH Katerban dan pengukuran lapangan disajikan di dalam Tabel 5.

Hasil t signifikan pada taraf uji 0,05. Dari tabel tersebut 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 untuk pengukuran diameter tajuk di dalam *foto* dan di lapangan berbeda nyata. Grafik pengukuran parameter tegakan baik melalui foto dan di lapangan disajikan pada Gambar 2.

Uji t -nilai tengah berpasangan memperlihatkan bahwa hubungan antara tinggi pohon hasil pengukuran di lapangan tidak berbeda nyata dengan tinggi pohon yang diperoleh dari pengukuran pada foto udara (Gambar 3).

Tabel 4. Elevasi Petak Ukur

Petak PU	Elevasi tiap-tiap Petak (m dal)			Beda Elevasi tiap-tiap Petak		
	100	101	102	(m)	(m)	(m)
1.	290	300	310	5	15	25
2.	315	355	290	30	75	5
3.	330	295	360	45	10	75
4.	335	295	345	50	10	65
5.	330	290	375	45	5	90
6.	340	285	350	55	0	65
7.	325	285	350	40	0	65
8.	300	310	365	15	25	80
9.	345	300	360	60	15	75
10.	285	375	320	0	90	35
11.	305	295	375	20	10	90
12.	310	295	380	25	10	95
13.	285	300	290	0	15	5
14.	285	310	365	0	25	80
15.	285	320	300	0	35	15
16.	295	330	365	5	45	80
17.	295	360	290	10	75	5
18.	285	335	375	0	50	90
19.	290	345	360	5	60	75
20.	285	350	355	0	65	70

Keterangan :

- Elevasi bidang rujukan 285 m, tinggi terbang pesawat dari bidang rujukan 3.075 m (dianalisis dari peta topografi kawasan Purworejo skala 1 : 25.000).
- m dal : meter di atas permukaan air laut

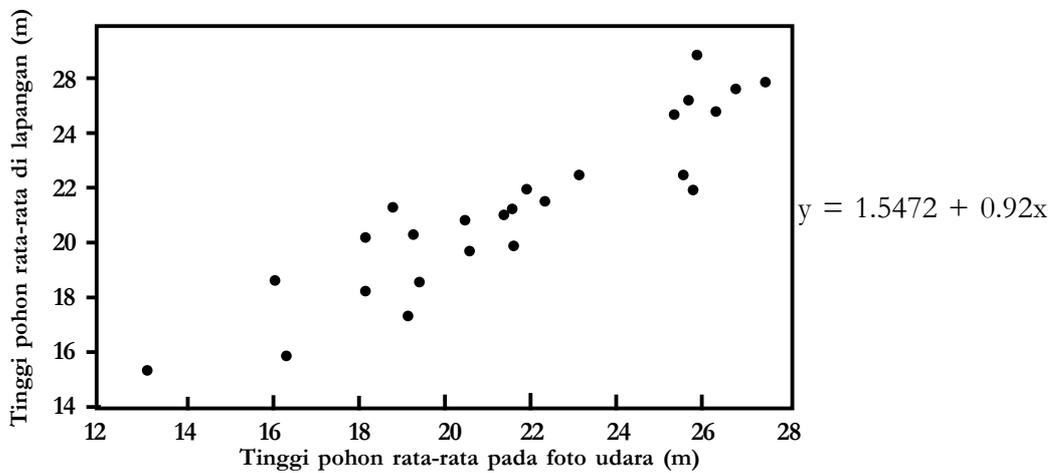
Sumber: Data Pengukuran Tahun 2009

Tabel 5. Petak Tegakan *Pinus Merkusii* di Kawasan RPH Katerban

Uji T	Lokasi	Mean	Std. Dev	Std. Error	Thit.	T Tabel 0,05 (df19)	Keterangan
Tinggi Pohon	Penelitian	-0,4864	1,4246	0,3533	-0,9126	2,861	Group 1 : T foto Group 2 : T Lap
Diameter Tajuk	Penelitian	0,4686	0,5896	0,1102	4,2510*	2,861	Group 1 : D foto Group 2 : D Lap
Prosentase Penutupan Tajuk	Penelitian	6,0378	109,1953	24,4168	0,2472	2,861	Group 1 : N foto Group 2 : N Lap

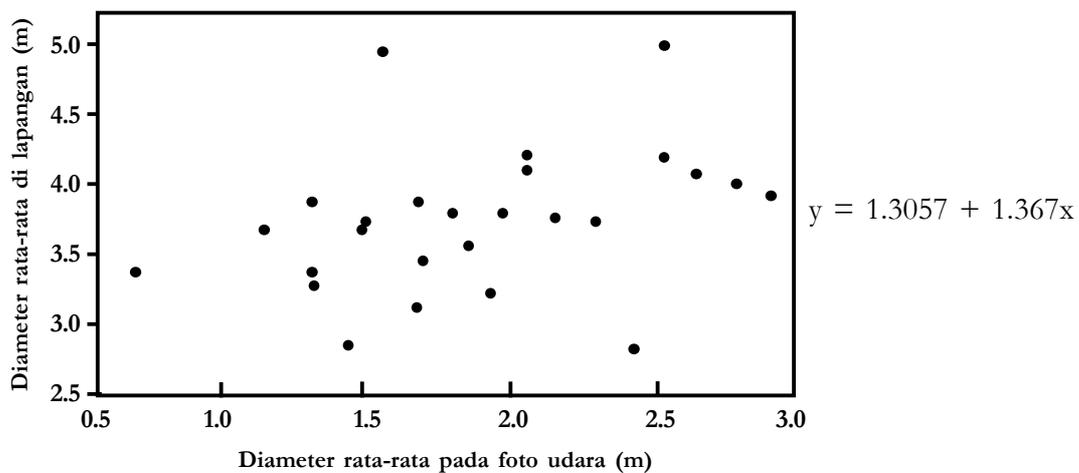
*berbeda nyata dengan angka kepercayaan 0,05

Sumber: Hasil Analisis



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 2. Hubungan Tinggi Pohon Melalui Foto Udara dan Hasil Pengukuran di Lapangan



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 3. Hubungan Diameter Tajuk Melalui Foto Udara dan Hasil Pengukuran di Lapangan

Uji t-untuk 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, probabilitas 0,04 pada taraf uji 95% (Gambar 4).

Uji t-untuk 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.

Persamaan regresi yang dihasilkan dari hubungan luas bidang dasar (lbsd) per hektar (sebagai variabel bergantung) dengan jumlah batang per hektar (N), tinggi pohon (H) dan diameter tajuk (D) hasil pengukuran pada foto udara (sebagai variabel bebas) dari lokasi penelitian, berdasarkan ketepatan model yang dipilih, adalah sebagai berikut:

1. Petak 100

$$\text{lbsd} = -9,1270 + 0,0023N + 0,8618H + 0,2180D$$

N, H dan D signifikan pada taraf uji

0,05, besarnya koefisien determinasi $R^2 = 0,7970$.

2. Petak 101

$$\text{lbsd} = 36,4425 + 0,4796N + 5,4351H + 20,2183D - 3,1458H^2$$

N, H dan D signifikan pada taraf uji 0,05, besarnya koefisien determinasi $R^2 = 0,8138$.

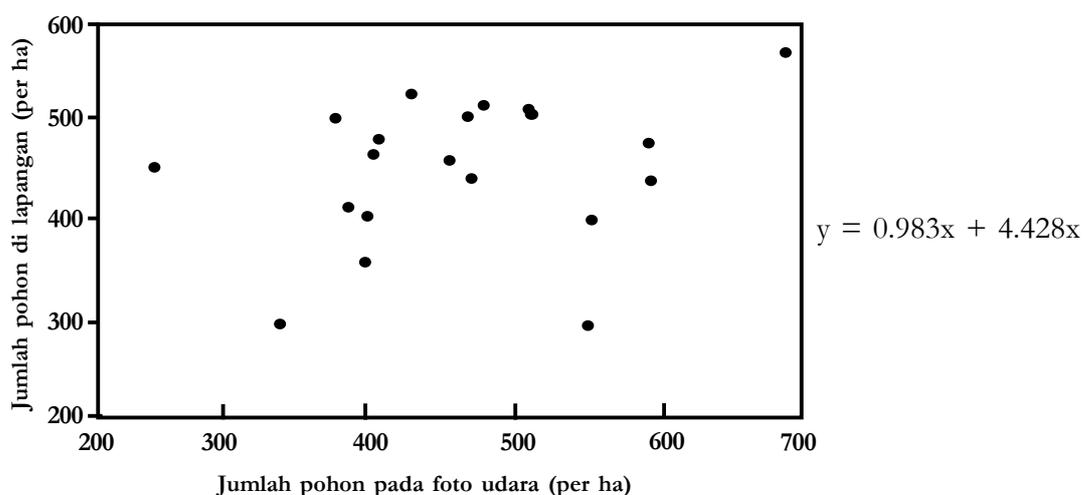
3. Petak 102

$$\text{lbsd} = -6,1243 + 0,2832N + 11,4341H + 6,5173D - 2,8434D^2$$

N, H dan D signifikan pada taraf uji 0,05, besarnya koefisien determinasi $R^2 = 0,8425$.

Hasil uji t (uji nilai tengah berpasangan) dari pengukuran jumlah pohon dan tinggi pohon hasil pengukuran pada foto udara dan pengukuran lapangan tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan beberapa alasan:

1. Umur foto yang baru berumur 4 tahun, pertumbuhan tinggi belum nampak ada perbedaan. Pendapat ini mengacu dari penelitian Priwanto (1999) bahwa pengukuran tinggi pada tegakan *Pinus merkusii* umur 20 tahun atau lebih, tidak



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4. Hubungan Jumlah Pohon Per Hektar Melalui Foto Udara dan Perhitungan di Lapangan

ada perbedaan yang berarti, walaupun umur foto udara sudah 5 tahun.

2. Foto udara pankromatik hitam putih dan filter kuning sedang minus filter biru, mampu menyajikan gambar yang tajam tanpa efek bayangan yang mengganggu serta memperlihatkan kontras zona yang cukup baik, dengan *resolving power* yang cukup dan perbutiran yang rendah (Avery, 1990).

Pengukuran diameter tajuk hasil pengukuran foto udara dan di lapangan, berdasarkan uji t (uji nilai tengah berpasangan) berbeda nyata. Perbedaan ini ada beberapa penyebabnya, antara lain :

1. Pengukuran diameter tajuk melalui foto udara hanya bagian tajuk yang kelihatan. Lebih-lebih dengan skala 1 : 20.000, maka cabang-cabang tipis tidak nampak, dan tidak diperhitungkan dalam pengukuran. Sedangkan pengukuran diameter tajuk di lapangan dilakukan dengan jalan memproyeksikan lingkaran tajuk ke tanah. Kendala metode ini bila menghadapi topografi yang miring, sehingga diperlukan penghitungan goniometri untuk dikonversi menjadi jarak datar.
2. Perbedaan selisih umur dari pengambilan foto udara. Pelaksanaan pemotretan di daerah ini pada tahun 2005, sedangkan pengukuran di lapangan (saat penelitian pada tahun 2009). Dengan demikian selisih waktu 5 tahun ini tajuk-tajuk di lapangan sudah bertambah diameternya sehingga pengukuran diameter tajuk dari foto udara akan lebih kecil bila dibandingkan dengan pengukuran tajuk di lapangan.
3. Kebanyakan dari peneliti pendahulu, pengukuran diameter tajuk hasil pengukuran pada foto udara selalu

lebih kecil bila dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan.

Hasil persamaan regresi lbd tegakan *Pinus merkusii* dari masing-masing petak didasarkan pada pertimbangan ketepatan dan kecocokan model, signifikan pada taraf uji 0,05 dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati 1, petak 100, 101 dan 102, masing-masing sebesar 0,7970, 0,8138 dan 0,8425 dengan demikian 79,70%, 81,38% dan 84,25% variasi lbd per hektar dipengaruhi oleh jumlah pohon per hektar, tinggi pohon dan diameter tajuk secara bersama-sama. Sedangkan 20,30%, 18,62% dan 15,75% lainnya disebabkan oleh variabel lain yang belum diketahui. Hasil perhitungan lbd ini lebih rendah 0,0042% bila dibandingkan hasil pengukuran di lapangan.

KESIMPULAN

Penelitian menentukan besarnya lbd dari tegakan *Pinus merkusii* di RPH Katerban, dengan menggunakan foto udara ini, merupakan penggabungan metode pengukuran parameter tegakan pada foto udara dengan hasil pengamatan lapangan untuk menghasilkan model persamaan regresi. Dari beberapa model regresi yang diajukan, akhirnya dipilih model yang dapat memprediksi besarnya lbd per hektar dari tegakan *Pinus merkusii* yang diteliti. Pada petak 100 dan 102, luas bidang dasar atau kerapatan antar pohon sudah optimal, maka produksi getahnya juga lebih banyak bila dibandingkan dengan petak 101 yang luas bidang dasarnya atau kerapatan antar pohon masih terlalu sempit. Oleh karena itu untuk petak 101 perlu tindakan menebangi pohon-pohon yang tertekan untuk membuat luas bidang dasar menjadi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, A. 1978. *Studi tentang Variasi Lokasi terhadap Penaksiran Hasil Getah Pinus merkusii*, Skripsi, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.
- Avery, TE. 1990. *Interpretation of Aerial Photographs*, Second Edition. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Terjemahan Imam Abdul Rochman, 1990. *Penafsiran Potret Udara*, Cetakan Pertama, Akademika Pressindo, Jakarta.
- Das Progo-Bogowanto. 2005. *Foto Udara Pankromatik Hitam Putih, Skala 1 : 20.000*.
- Dirjen INTAG. 1989. Surat Keputusan Dirjen Intag No. 102/Kpts/VII-2/1989 tentang Ketentuan Teknis dan Tata Cara Pelaksanaan Pemotretan Udara, Pemetaan Vegetasi dan Pemetaan Garis Bentuk.
- Hardjosoediro, S.. 1974. *Kelas Hutan*, Bagian Penerbitan Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Hardjo Prayitno, S.. 1993, *Penafsiran Potret Udara*, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Paimin. 2005. Efektifitas Hutan Tanaman Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dalam Mengendalikan Erosi dan Limpasan. *Forum Geografi*. Vol. 19 (1) Juli 2005: 88-102.
- Paine, D.P.. 1981, *Fotografi Udara dan Penafsiran Citra untuk Pengelolaan Sumber Daya*, Terjemahan Bahasa Indonesia oleh Imam Abdul Rochman, Gadjah Mada University Press.
- Priwanto. 1999. Penafsiran Produksi Getah Pinus merkusii melalui Foto Udara di RPH Ngrayun KPH Lawa Ds. *Skripsi*, Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta.
- Sahid. 2006. *Menaksir Produksi Getah Pinus Merkusii Menggunakan Foto Udara*, *Majalah Geografi Indonesia*, Vol. 20 (1), Maret 2006.
- _____. 2007. *Menaksir Luas Bidang Dasar Hutan Rakyat Menggunakan Foto Udara*, *Majalah Geografi Indonesia*, Vol. 21 (1), Maret 2007.
- Siswantoro, J.. 1993. Studi Pengaruh Umur, Bonita, dan Kerapatan Bidang Dasar pada Produksi Getah Pinus merkusii per Satuan Luas di RPH Loano BKPH Purworejo KPH Kedu Selatan. *Skripsi*, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Spurr, HS.. 1980. *Photogrametri and Photo Interpretation with a Section on Application to Forestry, Aerial Photograph in Forestry*, The Roland Press Company, New York.
- Sunarhadi, M.A., Kartikawati S.M.. 2005. Studi Pemanfaatan Hasil Hutan Suku Dayak Meratus di Kawasan Hutan Pegunungan Meratus, Kabupaten Hulu Sungai Tengah. *Forum Geografi*. Vol. 19 (2) Desember 2005: 150.