

TECHNICAL REPORT

ACTIVITY 1.2.1 RELATIVE EFFICIENCY OF DOUBLE SAMPLING IN PEAT SWAMP FOREST



**ITTO CITES PROJECT
BEKERJASAMA DENGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN DAN KONSERVASI ALAM
KEMENTERIAN KEHUTANAN**

Bogor, 2009



TECHNICAL REPORT ACTIVITY 1.2.1

RELATIVE EFFICENCY OF DOUBLE SAMPLING IN PEAT SWAMP FOREST

Oleh

I Nengah Surati Jaya
Samsuri
Tien Lastini
Edwin Setia Purnama
M Fatah Noor

**ITTO CITES PROJECT
BEKERJASAMA DENGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN
DAN KONSERVASI ALAM
KEMENTERIAN KEHUTANAN**

Bogor, 2009



Technical Report Activity 1.2.1; Relative Efficiency of Double Sampling in Peat Swamp Forest

Hak cipta © 2009

Publikasi ini disusun atas kerjasama International Tropical Timber Organization (ITTO) - CITES untuk meningkatkan kapasitas dalam implementasi masuknya jenis-jenis pohon ke dalam daftar appendix. Donator untuk program kerjasama ini adalah EU (donor utama), Amerika Serikat (USA), Jepang, Norwegia, Selandia dan Swiss

Activity Document 1 " Improving Inventory Design to estimate Growing Stock of Ramin (*Gonystylus bancanus*) in Indonesia"
Activity 1.2.1.

Diterbitkan oleh

Indonesia's Work Programme for 2008 ITTO CITES Project
Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam
Badan Litbang Kehutanan, Kementerian Kehutanan, Indonesia
Jl. Gunung Batu No.5 Bogor-Indonesia
Telepon : 62-251- 8633234
Fax : 62-251-8638111
E-mail : raminpd426@yahoo.co.id

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	2
1.3. Keluaran	2
II. METODE	3
2.1. Lokasi Penelitian.....	3
2.2. Bahan dan Alat	3
2.3. Metode	4
2.3.1. Desain penarikan contoh	4
2.3.2. Interpretasi citra.....	6
2.3.3. Pengukuran lapangan	7
2.3.4. Rekapitulasi data hasil pengukuran	7
2.3.5. Pembangunan model.....	9
2.3.6. Alokasi optimum.....	11
III. HASIL dan PEMBAHASAN	13
3.1. Estimasi potensi (Double Sampling)	13
3.2. Efisiensi relatif.....	14
IV. PENUTUP	18
PUSTAKA	19

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Nilai Kerapatan Tajuk Tegakan Melalui Citra Satelit.....	6
2.	Data No Klaster dan Jumlah Plot yang Diamati di Citra dan Lapangan	8
3.	Nilai rata-rata, ragam contoh dan ragam pengambilan contoh ganda dengan regresi.....	13
4.	Komponen biaya yang dikeluarkan saat melaksanakan survey terestris.....	14
5.	Komponen biaya pelaksanaan pengambilan contoh ganda.....	15
6.	Hasil penghitungan efisiensi relatif pengambilan contoh ganda menggunakan citra ALOS AVNIR.....	16

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Areal Kerja PT. Diamond Raya Timber.....	3
2.	Citra ALOS AVNIR Lokasi di PT Diamond Raya Timber.....	4
3.	Metode <i>Multiphase (Double Sampling)</i>	5
4.	Tahapan Analisis Menggunakan <i>Double Sampling</i>	5
5.	Sebaran Klaster dan Plot di Wilayah Hutan Rawa Gambut PT. Diamond Raya Timber.	9
6.	Grafik hubungan antara jumlah contoh dan sampling error yang diharapkan dalam pengambilan contoh ganda.....	17

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada awalnya pelaksanaan inventarisasi hutan lebih banyak dilaksanakan secara teristris. Namun ada beberapa kendala, diantaranya adalah untuk luasan yang relatif lebih besar survei teristris memerlukan waktu lebih lama dan biaya yang diperlukan juga relatif lebih besar.

Salah satu cara yang ditempuh untuk meningkatkan efisiensi pelaksanaan inventarisasi hutan adalah dengan menggunakan teknik kombinasi antara survei terestris dan penginderaan jauh. Untuk penggunaan skala luas, teknik inventarisasi menggunakan sarana penginderaan jauh ternyata dapat menghemat waktu sekaligus menurunkan biaya yang harus dikeluarkan. Apalagi perubahan terhadap hutan terjadi sangat cepat, perlu dimonitor secara kontinu dan data serta informasinya harus cepat didapatkan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh.

Informasi kondisi hutan yang dapat diperoleh dengan teknik penginderaan jauh diantaranya adalah volume tegakan. Secara teknis pendugaan potensi hutan dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu (1) metode terestris, (2) metode penginderaan jauh dan (3) kombinasi antara metode terestris dan metode penginderaan jauh. Metode terestris diyakini dapat memberikan hasil yang relatif lebih detail yang dapat digunakan untuk operasional sebuah unit manajemen, namun untuk skala yang lebih luas, metode ini tidak efisien karena masuknya *human error* yang lebih besar. Namun metode penginderaan jauh juga memiliki akurasi lebih rendah dibandingkan dengan terestris, oleh karenanya dikombinasikan antara penginderaan jauh dan survei teristris untuk mendapatkan informasi yang relatif lebih teliti, biaya yang relatif lebih murah dan dalam waktu yang lebih cepat.

Metode kombinasi ini lebih banyak digunakan untuk menghemat biaya tetapi tidak mengurangi ketelitian yang diharapkan. Untuk inventarisasi hutan dimana informasi tentang potensi yang lengkap dan detail tidak ada, maka metode penarikan contoh ganda (*double sampling* atau *two phase sampling*) menjadi sangat efisien. Diduga penggunaan metode akan lebih efisien apabila biaya pengukuran peubah pada fase pertama lebih murah dan lebih cepat dibandingkan dengan fase kedua.

Bertitik tolak dari hal tersebut, dalam kegiatan penyusunan metode inventarisasi potensi rammin di hutan rawa gambut, maka dilakukan pengkajian efisiensi penerapan teknik pengambilan contoh ganda di hutan alam dengan menggunakan citra satelit ALOS AVNIR.

1.2. Tujuan

Tujuan dari kajian efisiensi pengambilan contoh ganda ini adalah untuk mengetahui tingkat efisiensi penggunaan teknik penarikan contoh ganda dengan memanfaatkan citra satelit

1.3. Keluaran

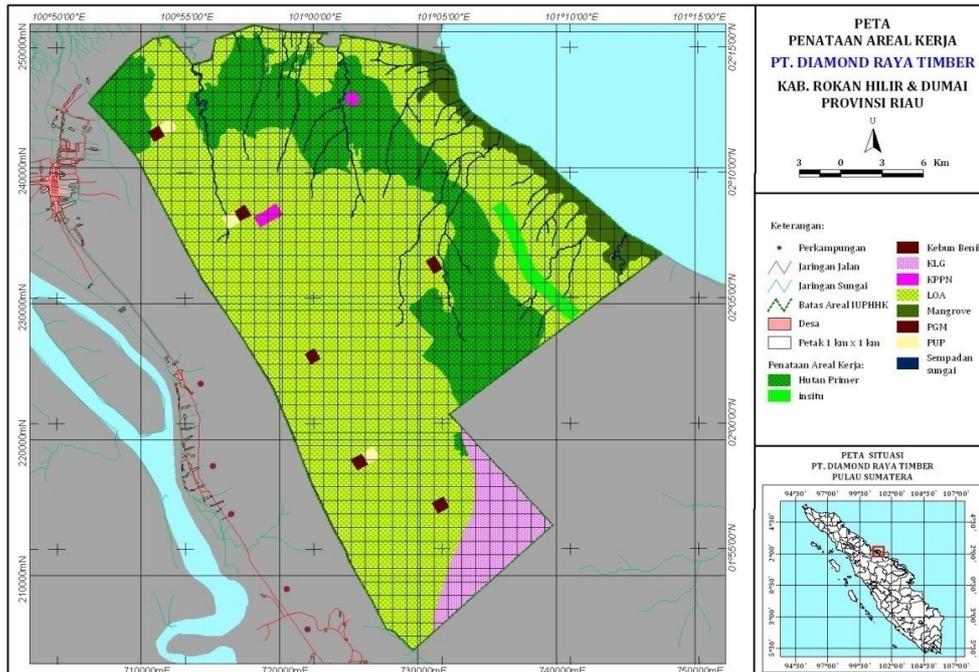
Keluaran dari kegiatan ini adalah :

1. Estimasi tegakan berdasarkan metode *double sampling*
2. Efisiensi relatif pengambilan contoh ganda

II. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Untuk kegiatan ini digunakan lokasi yang berada di wilayah PT. Diamond Raya Timber Provinsi Riau. Dimana lokasi ini memiliki kelengkapan pada kedalaman gambut dan kerapatan tajuk tegakan pohon.



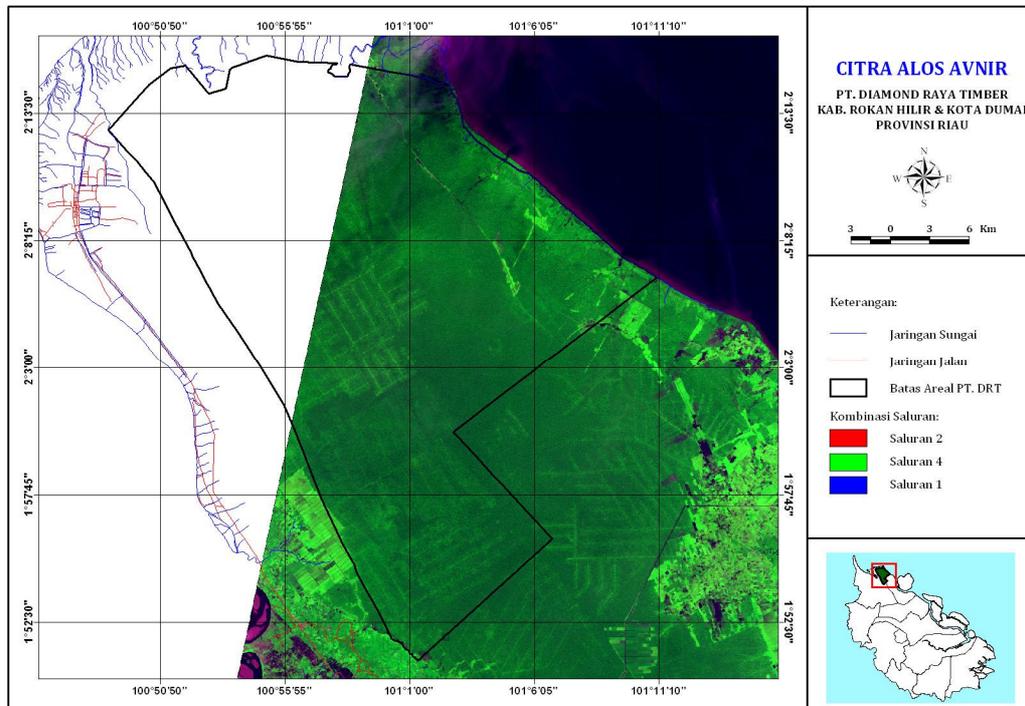
Gambar 1. Areal kerja PT. Diamond Raya Timber.

Areal kerja PT. Diamond Raya Timber berada di Kabupaten Rokan Hilir dan Kota Dumai, dimana *basecamp* terletak di Sei Senepis (termasuk wilayah administratif Kota Dumai) yang berjarak ± 245 km dari Pekanbaru atau ± 48 km dari Dumai. *Basecamp* dapat dicapai dari Pekanbaru menggunakan jalan darat menuju Dumai, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan *speedboat*. Waktu tempuh secara keseluruhan dari Pekanbaru ke Sei Senepis sekitar ± 5 jam.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah data utama citra ALOS AVNIR liputan di wilayah kerja PT. Diamond Raya Timber Provinsi Riau (lihat Gambar 2) dan data hasil pengukuran lapangan di beberapa plot yang berbentuk bujur sangkar berukuran 0.04 ha.

Alat yang digunakan dalam pengukuran volume tegakan di lapangan pita ukur, hagameter atau clinometer, GPS dan kompas. Sedangkan alat untuk menginterpretasi citra adalah seperangkat komputer dengan software ERDAS IMAGINE versi 9.1 dan Arc View versi 3.2.



Gambar 2. Citra ALOS AVNIR lokasi di PT. Diamond Raya Timber.

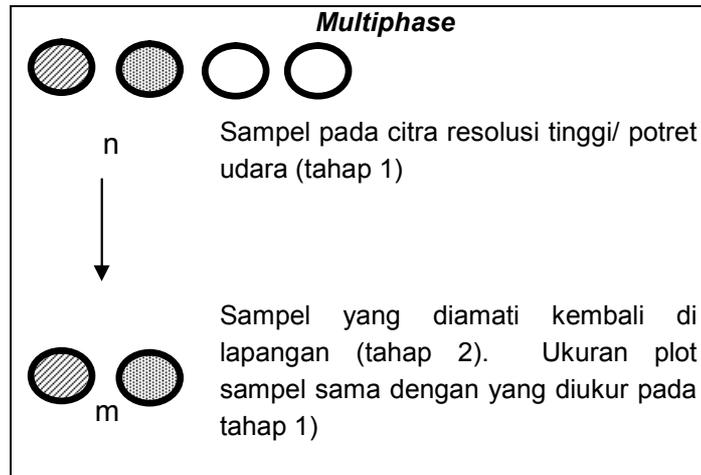
2.3. Metode

2.3.1. Desain penarikan contoh

Pendugaan potensi tegakan menggunakan prinsip pengambilan contoh bertahap (*Multi-phase sampling*), yaitu *double sampling*. Metode double sampling ini dilakukan dengan 2 fase, fase pertama disebut dengan fase induk, sedangkan sampel pada fase kedua merupakan sub-sampel dari fase pertama. Pengukuran pada plot-plot fase pertama biasanya dilakukan dari sejumlah n yang besar. Dari sejumlah n tersebut kemudian diambil lagi sebanyak m untuk diamati/diukur di lapangan. Dimana jumlah plot yang diukur di lapangan pada fase kedua lebih kecil dibanding yang diamati pada fase kedua ($m < n$).

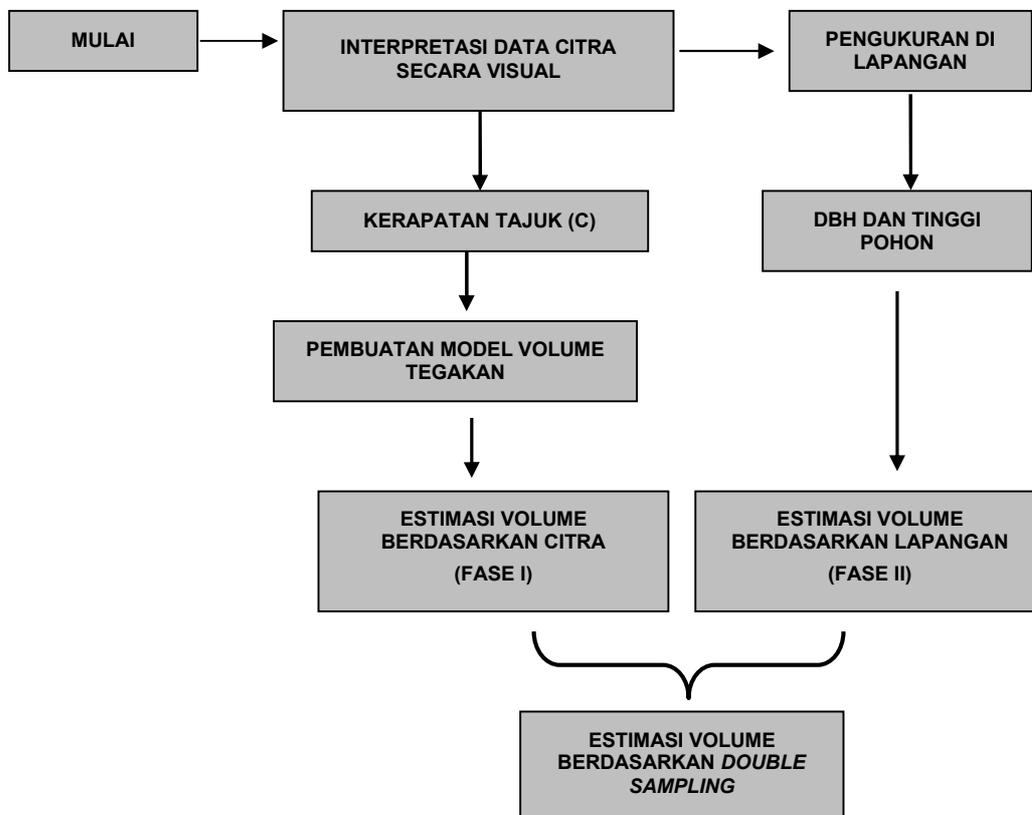
Dalam implementasinya teknik *double sampling* ini akan sangat efisien jika pengukuran parameter tegakan pada fase pertama dilakukan pada citra resolusi tinggi seperti dalam kegiatan ini menggunakan ALOS AVNIR. Pada prinsipnya sebagian contoh yang telah diamati pada fase kesatu, diamati kembali di lapangan. Dengan kata lain, akan ada sejumlah plot yang berpasangan (berganda), dimana untuk lokasi dan nomor plot yang

sama akan mempunyai hasil pengukuran di lapangan (fase kedua) dan hasil pengukuran pada fase kesatu.



Gambar 3. Metode *Multiphase (Double Sampling)*

Penempatan plot di lapangan menggunakan *systematic with random start*, dimana kluster-kluster ditempatkan secara sistematis di lapangan sedangkan plot yang terpilih dalam setiap kluster dilakukan dengan cara acak (random). Secara garis besar tahapan kegiatan pendugaan potensi menggunakan *double sampling* ini dilakukan seperti dalam Gambar 4 berikut ini :



Gambar 4. Tahapan analisis menggunakan *Double Sampling*.

2.3.2. Interpretasi citra

Dalam kegiatan ini menggunakan citra satelit ALOS AVNIR sebagai data tahapan pertama. Data yang digunakan sebagai estimasi volume tegakan menggunakan peubah kerapatan tajuk tegakan (C), yang diamati pada setiap plot yang berukuran 0.04 ha. Interpretasi menggunakan metode visual dengan menggunakan patokan warna pada citra dengan menggunakan kombinasi 341.

Agar lebih detail dalam menginterpretasi kerapatan tajuk, maka setiap plot dibagi menjadi 16 bagian. Dimana setiap bagian tersebut diamati wilayah yang tertutup tajuk dengan yang tidak tertutup tajuk. Perbandingan tersebut akan menghasilkan nilai kerapatan tajuknya. Dimana rasio kerapatan merupakan perbandingan bagian yang terbuka dengan yang tertutup tajuk seperti dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Nilai Kerapatan Tajuk Tegakan Melalui Citra Satelit

No	Rasio Kerapatan	Nilai C (%)
1	1/16	6.25
2	2/16	12.5
3	3/16	18.75
4	4/16	25.0
5	5/16	31.25
6	6/16	37.5
7	7/16	43.75
8	8/16	50.0
9	9/16	56.25
10	10/16	62.50
11	11/16	68.75
12	12/16	75.0
13	13/16	81.25
14	14/16	87.50
15	15/16	93.75
16	16/16	100.0

Selanjutnya dilakukan estimasi terhadap volume tegakan dengan menggunakan model penduga volume tegakan. Model yang digunakan dalam kegiatan ini adalah model yang pernah terpilih hasil kajian sebelumnya pada hutan rawa di wilayah PT. Diamond RayaTimber, yaitu :

$$V_{bc} = 0,1851 C^{1.05234}$$

Model ini memiliki koefisien determinasi paling baik yaitu 61,68%, sehingga sudah dapat menggambarkan keragaman sebesar 61,68%. Pada kegiatan ini, untuk pemeriksaan

lapangan digunakan 211 plot berukuran 0.04 ha untuk menduga potensi tegakan dari kerapatan tajuknya.

2.3.3. Pengukuran lapangan

Plot-plot yang sudah diinterpretasi di atas citra satelit, diamati lagi di lapangan dengan melakukan pengukuran terhadap peubah-peubah untuk menentukan volume tegakan pohon. Peubah yang diukur yaitu: diameter setinggi dada (D) dan tinggi bebas cabang (T), dimana pengukuran dimulai dari individu pohon kemudian volume tegakan sebagai berikut:

(i) Pengukuran Volume Pohon Berdiri

Volume pohon didekati dengan pendekatan volume silender terkoreksi dengan rumus sebagai berikut :

$$V_i = \frac{1}{4} \lambda \times d^2 \times t \times f$$

dimana :

V_i = Volume pohon (m^3)

λ = nilai konstanta (*phi*) sebesar 3,141592654

d = Diameter setinggi dada (m)

t = Tinggi bebas cabang (m)

f = angka bentuk (*form factor*) = 0,65

(ii) Pengukuran Volume Tegakan

Volume tegakan dalam satu plot merupakan gabungan volume pohon yang berada dalam plot tersebut. Sehingga rumusnya adalah:

$$V_t = \sum_{i=1}^n V_i$$

Dimana :

V_t = Volume tegakan per plot

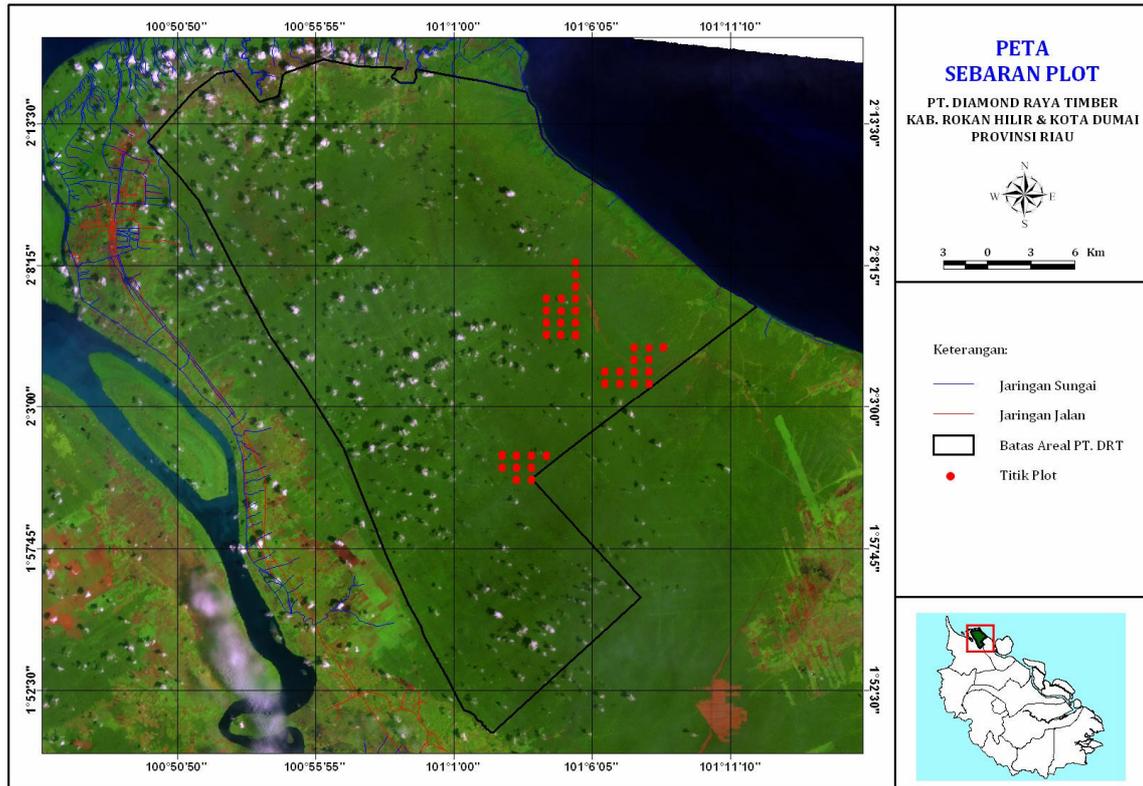
V_i = Volume pohon ke i dalam plot, dimana $i=1,2,3,\dots$

2.3.4. Rekapitulasi data hasil pengukuran

Data yang dikumpulkan dalam menduga potensi tegakan ramin menggunakan dua data utama, yaitu data hasil interpretasi di citra dan data hasil pengukuran di lapangan. Data yang diamati di citra diperoleh dari hasil interpretasi terhadap 211 plot contoh. Kemudian dari 211 plot contoh tersebut, dipilih sebanyak 50% yang diukur di lapangan sejumlah 102 plot. Data dan gambar yang diambil di citra dan di lapangan terinci pada Tabel 2 dan dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 2. Data No. Klaster dan Jumlah Plot yang Diamati di Citra dan Lapangan

No	No.Klaster	Jumlah Plot Yang diamati di citra	Jumlah Plot yg di amati di lapangan
1	1025022	5	2
2	1025023	6	3
3	1026021	6	3
4	1026022	6	3
5	1026023	6	3
6	1027021	6	3
7	1027022	6	3
8	1027023	6	3
9	1028023	5	2
10	1028033	6	3
11	1028034	6	3
12	1028035	6	3
13	1028036	4	1
14	1029033	6	3
15	1029034	6	3
16	1029035	5	3
17	1029036	5	2
18	1030033	6	3
19	1030034	6	3
20	1030035	6	3
21	1030036	6	3
22	1030037	6	3
23	1030038	5	2
24	1030039	6	3
25	1032029	6	3
26	1032030	6	3
27	1033029	6	3
28	1033030	6	3
29	1034029	6	3
30	1034030	6	3
31	1034031	5	2
32	1034032	5	2
33	1035029	6	3
34	1035030	6	3
35	1035031	6	3
36	1035032	4	2
37	1036032	6	3
Jumlah		211	102



Gambar 5. Sebaran Klaster dan Plot di Wilayah Hutan Rawa Gambut PT. Diamond Raya Timber.

2.3.5. Pembangunan model

Hasil interpretasi di citra dan hasil pengukuran di lapangan digunakan untuk membentuk model regresi, baik regresi sederhana maupun regresi ganda. Secara matematis, persamaan regresi untuk teknik pengambilan contoh ganda ini adalah sebagai berikut :

$$\hat{V}_{dslr} = \bar{V}_{fm} + b(\bar{V}_{cn} - \bar{V}_{cm})$$

dimana :

\bar{V}_{fm} = rata-rata volume tegakan hasil pengukuran dari m plot yang diamati di lapangan pada fase kedua.

\bar{V}_{cn} = rata-rata volume tegakan hasil estimasi melalui citra satelit dari n plot yang diamati di citra pada fase pertama.

\bar{V}_{cm} = rata-rata volume tegakan hasil estimasi melalui citra satelit dari m plot yang diamati di citra pada fase kedua.

\hat{V}_{dslr} = volume estimasi menggunakan teknik *double sampling with linear regression* (dslr)

m = jumlah plot yang diukur di lapangan (fase kedua)

n = jumlah plot yang diamati di citra (fase pertama)

b = slope dari regresi dengan rumus sebagai berikut :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ci} v_{fi} - \sum_{i=1}^m v_{ci} \sum_{i=1}^m v_{fi}}{\sum_{i=1}^n v_{ci}^2 - \left(\sum_{i=1}^n v_{ci} \right)^2}$$

Koefisien regresi dari persamaan tersebut dihitung menggunakan metode kuadrat terkecil (least squared method). Ragam dari pengambilan contoh ganda (S_{vdslr}^2) ini dihitung dengan rumus sebagaimana disarankan oleh De Vries (1986) dalam Shiver dan Borders (1996) :

$$S_{vdslr}^2 = \frac{S_{vf}^2}{m} \left(1 - \left(\frac{n-m}{n} \right) r^2 \right), \text{ atau}$$

$$S_{vdslr}^2 = S_{vf}^2 \left(\frac{1-r^2}{m} \right) + \frac{S_{vf}^2 r^2}{n}$$

dimana :

S_{vf}^2 = keragaman contoh yang dihitung dengan rumus :

$$S_{vf}^2 = \frac{\sum_{i=1}^m v_{fi}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^m v_{fi} \right)^2}{m}}{m-1}$$

Sedangkan koefisien korelasi (r) dihitung sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ci} v_{fi} - \frac{\left(\sum_{i=1}^m v_{ci} \right) \left(\sum_{i=1}^m v_{fi} \right)}{n}}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^m v_{ci}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^m v_{ci} \right)^2}{m} \right] \left[\sum_{i=1}^m v_{fi}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^m v_{fi} \right)^2}{m} \right]}}$$

Selanjutnya, selang dugaan potensi, kesalahan penarikan contoh (SE) dan koefisien variasi (cv) diperoleh sebagai berikut :

$$\hat{V}_{dslr} \pm t_{(\alpha; m-1)} S_{vdslr}$$

$$SE = \frac{t_{(\alpha; m-1)} S_{vdsr}}{\hat{V}_{dsr}} \times 100\%$$

$$CV = \frac{S_{vdsr}}{\hat{V}_{dsr}} \times 100\%$$

2.3.6. Alokasi optimum

Tingkat efisiensi teknik pengambilan contoh ganda dibandingkan dengan menggunakan pengambilan contoh sederhana sangat ditentukan oleh jumlah plot contoh optimum yang harus diamati di lapangan dan di citra satelit. Besarnya jumlah contoh yang optimum yang harus diamati di lapangan dan di citra sangat tergantung pada koefisien korelasi serta rasio biaya antara pengamatan per plot pada citra terhadap pengamatan di lapangan.

Secara matematis, rasio jumlah plot di citra dan di lapangan dapat diperoleh sebagai berikut (Paine, 1981):

$$nf = \frac{(CV)^2 (t)^2}{(DSE\%)^2} \left\{ \frac{C_f}{E[C_f + (R)(C_c)]} \right\}$$

$$np = nf(R)$$

$$E = \frac{C_f / C_c}{\left[\sqrt{(1-r^2) \left(C_f / C_c \right)} + r \right]^2}$$

$$R = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1-r^2}{r^2} \right) \left(\frac{C_c}{C_f} \right)}}$$

dimana :

R = rasio optimum antara jumlah plot pada citra terhadap jumlah plot yang diamati di lapangan.

C_f = biaya pengamatan di lapangan per ha.

C_c = biaya pengamatan per ha di citra satelit (termasuk harga citra per ha)

E = efisiensi

CV = koefisien variasi

DSE = kesalahan sampling yang diharapkan.

Sedangkan efisiensi relatif dalam kegiatan ini adalah rasio antara pengorbanan (biaya) yang dikeluarkan menggunakan metode *double sampling* dengan pengambilan contoh sederhana. Untuk mengetahui efisiensi relatif (ER) adalah sebagai berikut:

$$ER = \frac{n_s \cdot C_f}{n_c C_c + n_f C_f} \times 100\%$$

Untuk menghasilkan ketelitian yang sama (SE yang sama) dengan teknik pengambilan contoh acak sederhana, maka perlu membuat plot sebanyak (n_s) sebagai berikut:

$$n_s = \frac{(CV)^2 (t)^2}{(DSE\%)^2}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Estimasi Potensi (Double Sampling)

Estimasi potensi dianalisis menggunakan 211 contoh pengukuran melalui citra satelit dan 95 plot hasil pemeriksaan lapangan. Berdasarkan analisis data tersebut diperoleh persamaan regresi penduga volume tegakan double sampling dan koefisien korelasi sebagai berikut :

$$\hat{V}_{\text{dslr}} = \bar{V}_{\text{fm}} + 0.4175 * (\bar{V}_{\text{cn}} - \bar{V}_{\text{cm}})$$
$$r = 0.7213$$

Nilai koefisien relasinya 0.7213 menunjukkan bahwa model penarikan contoh berganda ini (double sampling) dengan menggunakan citra ini kurang signifikan (minimal koefisien korelasi adalah 80 %). Dari hasil pengambilan contoh lapangan dan pengambilan contoh di citra diperoleh nilai statistik seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata, ragam contoh dan ragam pengambilan contoh ganda dengan regresi

Pengamatan	Rata-rata volume (m ³ per ha)	S ² (v _{lap})	S ² (v _{dsp})
Citra (Fase I)	195.20		
Citra (Fase II)	141.52		
Lapangan	176.12	18,284.43	75.85

Berdasarkan analisis data dugaan potensi tegakan penarikan contoh ganda diketahui bahwa volume tegakan rata-rata adalah 180.84 m³/ha atau berkisar antara 163.70 m³/ha sampai dengan 197.98 m³/ha, pada tingkat kepercayaan 5%.

Jika dilihat dari kesalahan pendugaannya, maka metode ini cukup baik dengan nilai sampling errornya sebesar 7.6%. Penarikan contoh ganda menggunakan citra ini lebih baik jika dibanding dengan penarikan contoh ganda yang dilakukan oleh Sujatmiko (1998) pada penarikan contoh ganda di hutan pendidikan Gunung Walat Jawa Barat dengan kesalahan sampling 10.6%, serta Jaya dan Cahyono (2001) dengan kesalahan sampling sebesar 11.72% dan 8.11% pada studi pendugaan potensi jati di Randublatung Jawa Tengah. Kesalahan sampling yang relatif rendah ini diduga disebabkan oleh lebih banyaknya contoh yang diambil pada fase kedua sebanyak 92 plot contoh dibanding dengan yang dilakukan oleh Jaya dan Cahyono yang hanya menggunakan 60 plot contoh.

3.2. Efisiensi Relatif

Sebagaimana diketahui bahwa pengambilan contoh secara terestris memerlukan biaya per satuan luas yang relatif lebih besar jika dibandingkan dengan penggunaan kombinasi antara pengambilan contoh terestris dan pengambilan contoh di citra. Oleh karena itu perlu dihitung efisien relatif pengambilan contoh berganda :

a. Alokasi optimum jumlah plot

Berdasarkan analisis biaya yang diperlukan dan tingkat kesalahan yang diinginkan dapat dihitung jumlah optimum plot contoh yang diperlukan. Jumlah plot optimum untuk mendapatkan kesalahan sampling 5% adalah 386 plot contoh. Jumlah plot akan semakin besar dengan semakin rendahnya tingkat sampling error yang dikehendaki.

b. Komponen biaya inventarisasi terestris

Biaya-biaya yang diperlukan untuk pemeriksaan lapangan adalah biaya untuk mobilisasi tenaga survei lapangan sekaligus analisis datanya. Kegiatan pemeriksaan lapangan dilakukan terhadap 95 plot contoh di lapangan. Biaya yang tercantum pada Tabel 4. adalah biaya total yang diperlukan selama kegiatan lapangan. Komponen biaya pemeriksaan lapangan dikelompokkan ke dalam:

1. Honor tenaga surveyor
2. Honor pembantu lapangan
3. Biaya transportasi
4. Biaya bahan bakar
5. Biaya akomodasi lapangan
6. Biaya peralatan dan keselamatan survei

Tabel 4. Komponen biaya yang dikeluarkan saat melaksanakan survei terestris

No	Description	Cost (US \$)
A.	Daily Sub-Allowance	
1	Surveyor	4,200
2	Supervisor	420
3	Labour	4,200
B	Transportation	
1	<i>Flight</i>	1,400
2	<i>Local transport</i>	750
3	Bensin dan solar	158
C	<i>Accommodation</i>	
1	Camping unit	36
2	Alat dan bahan masak	155
3	<i>Equipment rent</i>	891
4	<i>Medicine</i>	100
5	<i>Life vest</i>	125
D	<i>Stationary</i>	50
	Jumlah	12,485

c. Komponen biaya *double sampling*

Komponen biaya penarikan contoh ganda terdiri dari biaya pengadaan citra dan interpretasi citra serta biaya pemeriksaan lapangan (seperti tertera pada Tabel 4.). Komponen biaya penarikan contoh ganda pada Tabel 4. adalah biaya rata-rata per hektar.

Tabel 5. Komponen biaya pelaksanaan pengambilan contoh ganda

Item	Rate (US \$)	Item	Rate (US \$)
Pengambilan contoh di citra		Pelaksanaan survey lapangan	
AVNIR	838.10	Daily sub-allowance	
ALOS Handling fee	185.71	- Surveyor	4,200
Landcover	214.29	- Supervisor	420
Base map	214.29	- Labour	4,200
Soil map	142.86	Transportation	
Concession map	214.29	-Flight	1,400
Administration map	142.86	-Local transport	750
Hydrologic map	214.29	-Bensin dan solar	158
Clustering	540.00	Accomodation	
Visual interpretation	720.00	- Camping unit	36
Stationery	100.00	- Alat dan bahan masak	155
Renting computer	300.00	- Equipment rent	891
GIS Technical Expert	350.00	- Medice	100
Remote Sensing Technical	350.00	Live vest	125
Ecology Technical Expert	350.00	Stationary	50
Forest Inventory Technical	350.00		
<i>Total Cost</i>	5,226.67	<i>Total Cost</i>	12,485.00
<i>Cost per ha</i>	619.25	<i>Cost per ha</i>	1,479.25
<i>Cost per plot</i>	24.77	<i>Cost per plot</i>	59.11

d. Efisiensi relatif

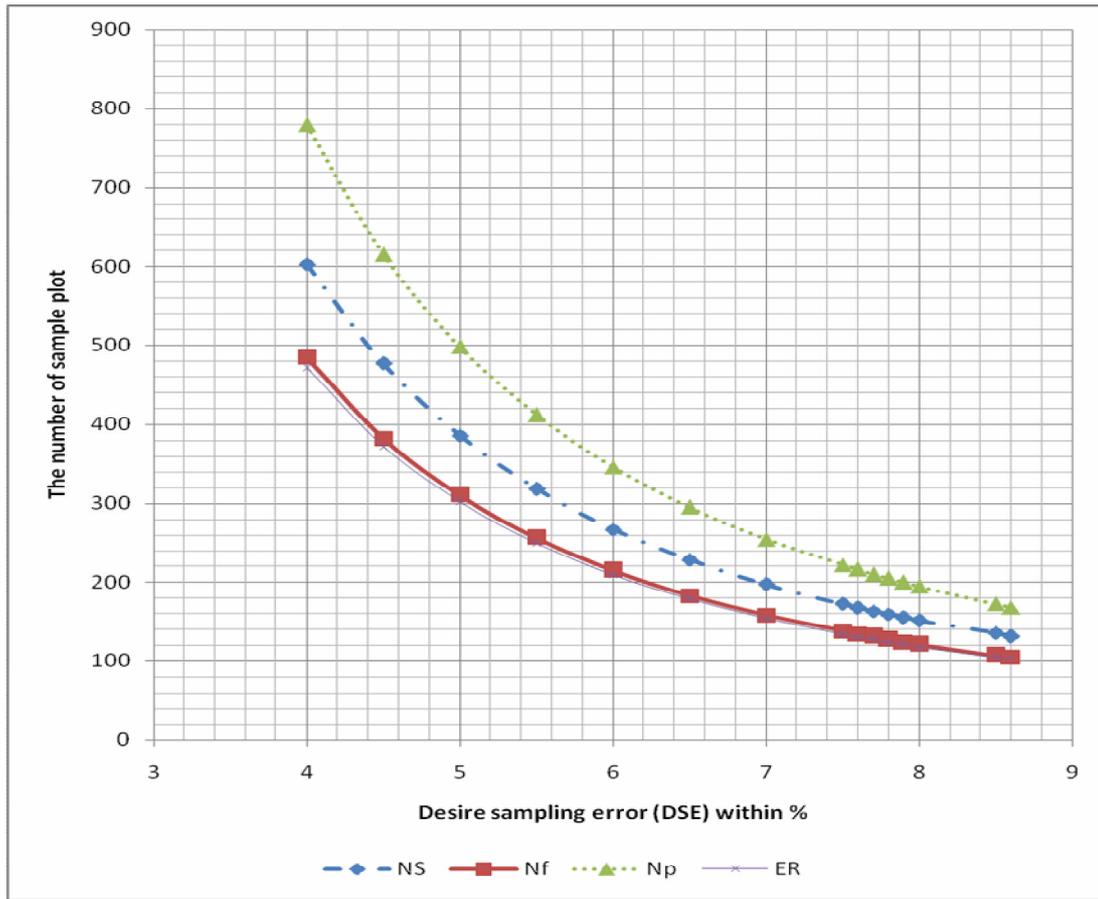
Hasil perhitungan efisiensi relatif menunjukkan bahwa penarikan contoh ganda memberikan efisiensi sebesar 301.07%, yang berarti bahwa penarikan contoh ganda memberikan efisiensi sebesar 201.07% lebih efisien dibandingkan dengan penarikan contoh secara acak sederhana (Tabel 5).

Tabel 6. Hasil penghitungan efisiensi relatif pengambilan contoh ganda menggunakan citra ALOS AVNIR

Efisiensi (%)	Ratio <i>nf/np</i>	SE	ns	Jumlah plot lapangan		Efisiensi
				nf	np	
74.40	1.6	5	386	310	498	301.07
		5.5	318	256	412	248.89
		6	267	215	346	209.08
		6.5	228	183	295	178.15
		7	197	158	254	153.61
		7.5	172	138	222	133.81
		7.6	167	134	216	130.31
		7.7	163	131	210	126.95
		7.8	159	127	205	123.71
		7.9	155	124	200	120.60
		8.0	151	121	195	117.06
		8.5	135	107	172	104.18
		8.6	131	105	168	101.77

Berdasarkan hasil perhitungan alokasi optimum jumlah plot di citra satelit dan di lapangan, diketahui bahwa untuk mendapatkan kesalahan sampling 5% pengambilan 1 plot di lapangan harus diamati sebanyak 2 plot di citra.

Untuk menurunkan sampling error sebesar 2 persen (dari 7,6% menjadi 5%) ternyata harus membuat jumlah plot di lapangan kira-kira dua kali jumlah plot yang digunakan untuk menyusun model (Tabel 6).



Gambar 6. Grafik hubungan antara jumlah contoh dan sampling error yang diharapkan dalam pengambilan contoh ganda (Ket: ns = jumlah n optimum, nf = jumlah contoh yang harus diamati di lapangan, np = jumlah contoh yang harus diamati di citra, dan ER = error yang diharapkan)

Berdasarkan Gambar 6. di atas, diketahui bahwa untuk mendapatkan sampling error lebih rendah maka diperlukan lebih banyak contoh di lapangan dan di citra. Efisiensi relatif dapat ditingkatkan dengan menurunkan biaya penarikan contoh di citra. Iternatifnya adalah dengan menggunakan pengganti citra yang berbiaya lebih ekonomis namun memiliki spesifikasi yang baik.

IV. PENUTUP

Penarikan contoh ganda lebih efisien dibandingkan dengan penarikan contoh acak sederhana. Untuk mendapatkan *sampling error* yang lebih rendah maka jumlah optimum contoh yang diperlukan harus ditambah.

Efisiensi relatif dapat ditingkatkan dengan menurunkan biaya pengadaan citra satelit. Citra satelit Alos Avnir resolusi tinggi yang harganya lebih ekonomis dapat dijadikan sebagai pengganti citra satelit yang selama ini telah banyak dipakai di Indonesia.

PUSTAKA

- Darmawangsa, Teguh. 1975. Penggunaan Potret Udara untuk Menaksir volume Tegakan *Agathis lorantifolia* Salisb. di Hutan Pendidikan Gunung Walat Kabupaten Sukabumi. Skripsi pada Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB.
- Jaya , I. N Surati dan A.B. Cahyono. 2001. Kajian Teknis Pemanfaatan Foto Udara Non Metrik Format Kecil pada Bidang Kehutanan. Jurnal Manajemen Hutan Tropika Vol. VII. No. 1 (55-64).
- Paine, David P., 1981. Aerial photography and image interpretation for resource management. John Wiley and Sons, New York, p.356.
- Sujatmiko, Singgih. 1998. Penerapan Double Sampling Terstratifikasi dalam Menduga Potensi Hutan Alam melalui Potret Udara (Studi Kasus di HPH PT Saribumi Kusuma Propinsi Kalimantan Tengah). Skripsi Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB.

Indonesia's Work Programme for 2008 ITTO CITES Project
Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam
Badan Litbang Kehutanan, Kementerian Kehutanan, Indonesia
Jl. Gunung Batu No.5 Bogor-Indonesia
Telepon : 62-251- 8633234
Fax : 62-251-8638111
E-mail : raminpd426@yahoo.co.id