

ISBN 978-602-8964-05-0

PANDUAN INVENTARISASI SEDIAAN RAMIN DI HUTAN RAWA GAMBUT

(MANUAL OF RAMIN INVENTORY IN PEAT SWAMP FOREST)

Oleh: I Nengah Surati Jaya, Samsuri, Tien Lastini & Edwin Setia Purnama

Editor:

Suwarno Sutarahardja



ITTO CITES PROJECT
BEKERJASAMA DENGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN DAN KONSERVASI ALAM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN
KEMENTERIAN KEHUTANAN
BOGOR, 2010



PANDUAN INVENTARISASI SEDIAAN RAMIN DI HUTAN RAWA GAMBUT

(Manual of Ramin Inventory in Peat Swamp Forest)

Oleh:

I Nengah Surati Jaya

Samsuri

Tien Lastini

Edwin Setia Purnama

Editor:

Suwarno Sutarahardja

ITTO CITES PROJECT

BEKERJASAMA DENGAN

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN DAN KONSERVASI ALAM

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN

KEMENTERIAN KEHUTANAN

BOGOR, 2010



Panduan Inventarisasi Sediaan Ramin di Hutan Rawa Gambut (*Manual of Ramin Inventory in Peat Swamp Forest*)

Hak cipta©2010

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"

ISBN 978-602-8964-05-0

Tata letak dan desain sampul:

M Fatah Noor

Ilustrasi foto: Tegakan di hutan rawa gambut Riau

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

Percetakan: CV. Biografika, Bogor

KATA PENGANTAR

Buku panduan ini memuat tahapan kegiatan dalam rangka pendugaan sediaan tegakan ramin mulai dari perencanaan, pengambilan data lapangan, analisis data hasil survei dan penyusunan model serta pendugaan potensi tegakan ramin. Uji coba metode inventarisasinya dilaksanakan di pulau Kalimantan (Taman Nasional Sebangau) dan pulau Sumatera (area konsesi HPH PT. Diamond Raya Timber) pada bulan Juni 2009.

Mudah-mudahan buku ini dapat menjadi panduan dan arahan dalam merencanakan dan melaksanakan kegiatan inventarisasi tegakan ramin. Kritik dan saran kami harapkan untuk penyempurnaan isi laporan ini.

Bogor, Mei 2010

Penyusun





SEKILAS INVENTARISASI RAMIN DI HUTAN RAWA GAMBUT

Inventarisasi ramin di hutan rawa gambut ini mengkombinasikan antara pengambilan data secara terestris dengan teknologi penginderaan jauh. Diharapkan dengan cara ini biaya yang dikeluarkan relatif lebih murah, tetapi waktu pelaksanaan dapat lebih cepat dan menjangkau area yang luas. Adapun tujuan dari panduan ini adalah memberikan informasi tahapan-tahapan yang harus dilakukan untuk menduga sediaan tegakan ramin di hutan rawa gambut.

TAHAPAN INVENTARISASI RAMIN

A. Persiapan

A.1. Delineasi ekologi ramin

1. Menyiapkan peta sebaran gambut dan peta tutupan lahan.
2. Mengekstrak hutan rawa gambut (*peat swamp forest*) dengan mengoverlaykan peta sebaran gambut dan peta tutupan lahan.

A.2. Interpretasi kerapatan tajuk pada citra

1. Membatasi citra dengan batas-batas hutan rawa gambut hasil ekstraksi di atas.
2. Menafsir tingkat kerapatan (%) tajuk di citra menggunakan metode *tree cramming*.

A.3. Desain plot contoh

1. Menentukan jumlah klaster atau plot contoh (n) di citra (phase I) berdasarkan tingkat keragaman populasi yang akan disurvei.
2. Mendesain klaster dan plot contoh berdasarkan sistem grid menggunakan ekstension Jaya 2009 yang juga digunakan untuk mendesain sampling IHMB.
3. Menghitung luas berhutan yang akan disurvei (LW).
4. Menentukan jarak antar klaster.
5. Membuat grid titik pusat klaster dengan sistem "*systematic sampling with random start*."



6. Menentukan jumlah klaster atau plot contoh pada fase II (m) berdasarkan pada efisiensi dan *sampling error* yang diharapkan, keterwakilan kedalaman gambut, kerapatan tajuk dan aksesibilitas lapangan.
- A.4. Rencana titik ikat
1. Menentukan titik ikat berupa obyek-obyek di lapangan yang bersifat tetap dan tidak berubah.
 2. Mengunggah (*upload*) titik-titik ikat klaster di GPS.
 3. Membuat peta kerja lapangan yang berisi lokasi klaster dan plot-plot contoh dalam jalur terdekat dan termudah untuk mencapai klaster yang akan diukur.
 4. Menentukan arah dan jarak pusat klaster terdekat dari titik ikat.
- B. Tahapan survei lapangan
- B.1. Mencari titik ikat/titik awal
1. Membaca peta kerja untuk mengetahui posisi surveyor terhadap titik ikat.
 2. Menggunakan GPS pada mode “GO TO” untuk menuju titik ikat klaster atau titik ikat di luar klaster. Jika titik ikat masih di luar klaster, maka gunakan GPS untuk mencari titik koordinat klaster atau kompas dengan patokan arah azimuth.
 3. Mencatat tanda pada titik ikat (misalnya: No klaster yang dituju, jarak dan azimuth ke klaster yang dituju).
- B.2. Pembuatan klaster dan unit contoh (plot) di lapangan
1. Bentuk klaster adalah bujur sangkar dengan ukuran 200 m x 200 m. Dimana pada setiap klaster terdiri atas 4 (empat) plot contoh berbentuk lingkaran atau persegi panjang.
 2. Plot contoh berbentuk lingkaran diletakkan pada setiap sudut bujur sangkar dengan ukuran jari-jari 17,8 m dengan titik pusat plot contoh pada sudut bujursangkar. Dimana arah satu plot contoh dengan plot contoh lainnya adalah 90^0 .



3. Plot contoh empat persegi panjang diletakkan di tengah dan searah/berimpit dengan sisi-sisi bujur sangkar. Sehingga dari setiap sudut bujur sangkar klaster letak pusat plot contoh berada pada sudut-sudut klaster. Diharapkan dengan bentuk plot contoh ini dapat menjangkau kemungkinan adanya perubahan tipe vegetasi pada arah memotong garis kontur.

B.3. Pengukuran dimensi tegakan

1. Mengukur tinggi bebas cabang pohon.
2. Mengukur diameter batang pohon.
3. Mengukur jari-jari tajuk searah empat penjurus mata angin.
4. Mengukur jarak titik pusat plot contoh terhadap pohon.
5. Mengukur kelerengan lapangan.
6. Mencatat kondisi umum plot contoh.
7. Mencatat titik koordinat pusat klaster dan koordinat pusat plot contoh.

C. Analisis

C.1. Estimasi tegakan di citra

Menduga volume tegakan di citra dengan rumus: $V_{\text{citra}} = 1,851 C^{1,05234}$ untuk Sumatera dan $V_{bc} = 3,1163 e^{0,041 Clap}$ untuk Kalimantan.

C.2. Estimasi volume tegakan berdasarkan *double sampling*

1. Menduga volume pohon bebas cabang dengan rumus: $V_{\text{pohon}} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot H \cdot f$.
2. Menduga volume tegakan *double sampling* dengan rumus:

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

C.3. Estimasi sediaan ramin

Sediaan ramin diduga dengan menggunakan metode ratio yaitu:

1. Ramin di Kalimantan: 2,3% volume tegakan semua jenis.
2. Ramin di Sumatera: 5% volume tegakan semua jenis.





DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
SEKILAS INVENTARISASI RAMIN DI HUTAN RAWA GAMBUT	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Maksud dan Tujuan	2
C. Ruang Lingkup	2
TAHAPAN INVENTARISASI RAMIN	3
A. Persiapan inventarisasi ramin	3
A.1. Bahan dan Alat	3
A.2. Delineasi Ekosistem Ramin	5
A.3. Interpretasi di Citra Satelit	9
A.4. Desain Plot Contoh	18
B. Tahapan survei lapangan	22
B.1. Peletakan Titik Ikat/Titik Awal	22
B.2. Pembuatan Klaster dan Unit Contoh di Lapangan	23
B.3. Pengukuran Dimensi Tegakan	26
C. Analisis Data	38
C.1. Estimasi Volume Tegakan di Citra	38
C.2. Estimasi Volume Tegakan Berdasarkan <i>Double Sampling</i>	39
ACKNOWLEDGEMENT	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	49



DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1	Jumlah plot berdasarkan koefisien keragaman dan kesalahan sampling (<i>Sampling Error/SE</i>)	8
2	Nilai kerapatan tajuk tegakan melalui citra satelit	21
3	Contoh <i>tally sheet</i> data pengukuran tinggi pohon	32
4	Contoh <i>tally sheet</i> kegiatan lapangan	34
5	Contoh pengisian <i>tally sheet</i> berdasarkan hasil pengukuran	35
6	Contoh data <i>double sampling</i>	41



DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1	Data Citra (a) Landsat 7 ETM+ dan (b) ALOS AVNIR Lokasi PT. Diamond Raya Timber Provinsi Riau.....	5
2	Contoh ekosistem ramin di areal PT. Diamond Raya Timber	6
3	Kombinasi Antara Kelas Kerapatan Tajuk dan Kelas Kedalaman Gambut.....	7
4	Bentuk Klaster di Lapangan (a) Lingkaran, (b) Jalur Persegi.....	13
5	Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P1), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.	14
6	Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT.DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P2), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.	14
7	Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P3), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan	15
8	Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C2P1), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan	15
9	Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C2P3), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan	16
10	Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut TN. Sebagau pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P2), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.	16
11	Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut TN. Sebagau pada a) Citra ALOS AVNIR (C2P3), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan	17
12	Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut TN. Sebagau pada a) Citra ALOS AVNIR (C2P2), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan	17



13	Tahap perhitungan kerapatan tajuk dengan metode <i>Tree Cramming</i>	20
14	Letak titik ikat dan lokasi plot dalam klaster.	23
15	Ilustrasi posisi pengukuran diameter setinggi dada (pada ketinggian 130 cm) pada berbagai kondisi pohon.....	28
16	Cara pengukuran dimensi tajuk (tampak samping).....	29
17	Cara pengukuran dimensi tajuk (tampak atas).....	30
18	Tinggi pohon vs panjang pohon.....	31
19	Cara pengukuran tinggi pohon	32
20	Cara pembuatan peta pohon (α = sudut azimuth, dan S jarak titik pengamatan ke pohon)	33
21	Contoh pohon-pohon ramin yang pernah ditemukan saat survei lapangan	37
22	Tahapan analisis menggunakan <i>double sampling</i>	38



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1	Daftar rujukan perolehan citra satelit dan peta digital	51
2	Rincian jumlah plot di lapangan dan di citra berdasarkan <i>Sampling Error</i> yang diinginkan	52





PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam perencanaan hutan, kegiatan inventarisasi hutan merupakan kegiatan vital yang sangat menentukan kualitas perencanaan hutan yang akan dihasilkan. Hasil inventarisasi hutan yang baik, yaitu yang memiliki keakuratan dan kecermatan yang baik sangat bergantung pada metode yang dipergunakan, alat-alat ukur yang dipergunakan serta keterampilan dan pengetahuan dari pelaksana (enumerator atau surveyor). Oleh karena itu, diperlukan persiapan pelaksanaan inventarisasi hutan yang mantap, yang mencakup:

- (a) Rancangan pengambilan contoh (*sampling design*),
- (b) Rencana organisasi pelaksana survei,
- (c) Rencana peralatan dan perlengkapan survei yang dibutuhkan,
- (d) Rencana pengambilan data,
- (e) Rencana pengolahan dan analisis data,
- (f) Rencana tata waktu pelaksanaan.

Sejalan dengan kebutuhan tersebut, agar pelaksanaan inventarisasi hutan dapat dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang diperlukan, cermat dan efisien maka perlu adanya sebuah panduan pelaksanaan inventarisasi hutan.

Sebagaimana diketahui, ramin merupakan salah satu jenis dilindungi dan telah masuk ke dalam Appendix II CITES, karena termasuk tumbuhan dalam kategori kritis (*critically endangered*) atau sudah mulai terancam punah (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN 1994*). Ramin termasuk marga (genus) *Gonystylus* dari suku (famili) *Thymelaeaceae* yang banyak tumbuh di daerah rawa gambut dalam hutan alam.



Pada saat ini, sejalan dengan semakin pentingnya informasi tentang ramin, maka perlu disusun panduan pelaksanaan inventarisasi ramin sehingga dapat diperoleh data dan informasi yang handal, cepat dan murah.

Pada panduan ini disajikan panduan inventarisasi ramin secara ringkas, tetapi jelas dan mudah dipahami sehingga dapat dilaksanakan oleh para pihak yang berkaitan langsung dengan penyediaan data tegakan ramin khususnya dan di hutan rawa gambut pada umumnya.

B. Maksud dan Tujuan

Panduan inventarisasi ramin di hutan rawa gambut ini disusun dengan maksud:

1. Memberikan arahan dan pedoman tahapan dalam inventarisasi tegakan ramin di *peat swamp forest*.
2. Menjadi pedoman dalam menduga sediaan tegakan ramin di *peat swamp forest*.

Tujuan yang ingin dicapai dengan disusunnya panduan inventarisasi ramin ini adalah dapat diperolehnya data dan informasi yang handal, cepat dan murah.

C. Ruang lingkup

Dalam buku panduan ini disajikan seluruh tahapan pelaksanaan inventarisasi ramin di hutan rawa gambut, mulai dari perencanaan, pelaksanaan di lapangan, analisis data dan proses pendugaan potensi sediaan ramin.



TAHAPAN INVENTARISASI RAMIN

A. Persiapan Inventarisasi Ramin

Tahapan persiapan inventarisasi ramin terdiri dari persiapan bahan dan alat, pelatihan tenaga kerja (surveyor) untuk mendapatkan kesamaan persepsi dalam pengukuran, penentuan lokasi, penentuan bagan sampling, dan pengolahan awal citra. Semua kegiatan ini dilakukan sebelum kegiatan ke lapangan.

A.1. Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan dalam kegiatan inventarisasi tegakan ramin adalah:

1. Data Utama

- a. Citra satelit resolusi sedang, misalnya Landsat 7 TM, ALOS AVNIR, ASTER.
- b. Citra resolusi tinggi (SPOT 5 Pankromatik, IKONOS, SPOT Supermode, Quickbird, Alos PRISM, Worldview, NORAD).
- c. Peta RBI/Peta Topografi, SRTM resolusi 30 m.
- d. Peta Tutupan Lahan dan Tipe hutan (Baplan).

2. Data Pendukung

- a. Peta Sebaran Gambut (Wetlands Internasional, BKSDA).
- b. Hasil-hasil survei yang pernah dilakukan di lokasi yang akan diinventarisasi, baik survei vegetasi, tanah, geologi maupun survei lainnya.
- c. Peta Kerja Lapangan.
- d. Buku-buku yang mengupas lokasi contoh.
- e. Data dan informasi lain yang dapat dipergunakan sebagai referensi.



Sebagai contoh rujukan, data utama dan data pendukung dapat diperoleh melalui sumber-sumber sebagaimana tersaji dalam Lampiran 1. Sedangkan alat yang digunakan meliputi:

1. Piranti keras/*Hardware*

- a. Komputer dengan spesifikasi minimum PC Pentium 4, RAM 512 MB, Harddisk minimal 60 GB,
- b. Printer,
- c. Eksternal Hardisk,
- d. Plotter cetak warna ukuran A0,
- e. Media penyimpanan data lainnya.

2. Piranti lunak

Macam piranti lunak minimum yang digunakan dalam pelaksanaannya antara lain:

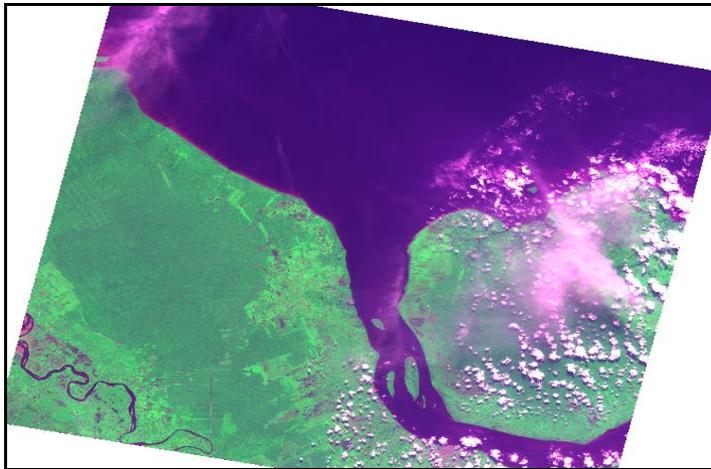
- a. Piranti lunak GIS ArcView versi 3.2 up, ArcGIS, MapInfo yang dilengkapi *plug-in* untuk membaca *file* citra dengan format ER Mapper versi 7.0 dan Erdas Imagine versi 8.7 up,
 - b. Piranti lunak untuk pengolahan citra (ERDAS Imagine versi 8.7 dan 9.0, ENVI, Global Mapper),
 - c. Piranti lunak lainnya yang dianggap perlu yaitu pengolah data seperti SPSS, Spreadsheet MS Excel dan Minitab.
3. Alat survei lapangan yang diperlukan adalah *phi band*, kompas, GPS, clinometer, meteran, galah bantu pengukur tinggi, kamera, dan alat tulis lainnya.



Beberapa contoh citra satelit dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



(a)



(b)

Gambar 1. Data Citra (a) Landsat 7 ETM+ dan (b) ALOS AVNIR Lokasi PT. Diamond Raya Timber Provinsi Riau.

A.2. Delineasi Ekosistem Ramin

Tegakan ramin secara ekologis tumbuh di tipe hutan rawa gambut, oleh karena itu berdasarkan peta sebaran gambut dan peta tutupan lahan hasil interpretasi citra dapat ditentukan perkiraan lokasi tegakan ramin.

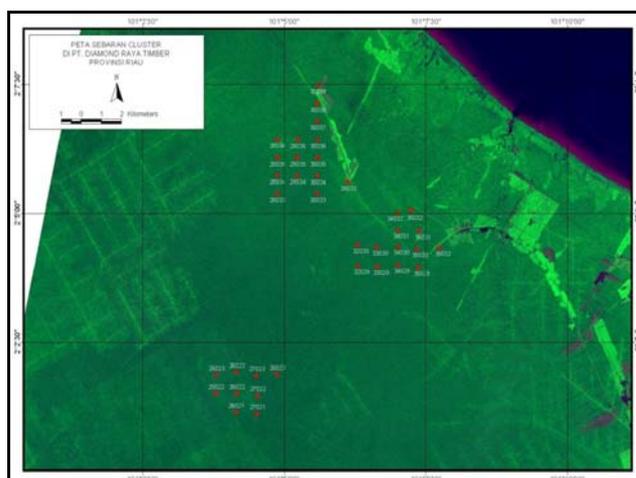


Secara teknis, untuk mendapatkan perkiraan lokasi ekosistem ramin dapat dilakukan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Siapkan peta kedalaman gambut,
2. Siapkan peta tutupan vegetasi,
3. Siapkan peta hidrologi,
4. Overlay antara peta kedalaman gambut, tutupan vegetasi, dan hidrologi,
5. Berdasarkan hasil overlay, lokasi ekosistem ramin ditentukan melalui query dengan kriteria tanah bergambut, vegetasi berhutan, dan berada pada ekosistem air tawar.

Masing-masing sensor pada satelit memiliki keragaman resolusi spasial dan resolusi spektral dalam menangkap obyek yang terekam di permukaan bumi. Tegakan ramin di hutan rawa gambut (*peat swamp forest*) dapat diturunkan dari proses delineasi dengan menggunakan citra satelit resolusi rendah. Hasil interpretasi tutupan lahan berdasarkan citra tersebut dapat menunjukkan tipe hutan rawa. Salah satu tipe hutan rawa yang didelineasi adalah hutan rawa gambut. Di dalam hutan rawa gambut ini berdasarkan referensi yang ada diduga merupakan habitat yang baik bagi jenis ramin.

Contoh penentuan lokasi di hutan rawa gambut dengan memanfaatkan citra satelit dapat dilihat pada Gambar 2.



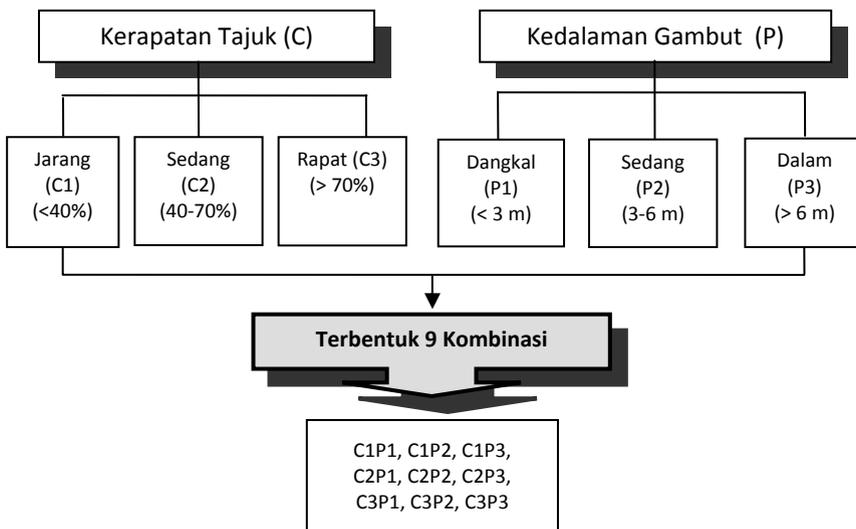
Gambar 2. Contoh ekosistem ramin di areal PT. Diamond Raya Timber

Lokasi hutan rawa gambut juga dapat diduga dengan menggunakan peta sebaran gambut seluruh Indonesia. Peta sebaran gambut menyajikan informasi tentang kedalaman gambut. Informasi ini cukup penting untuk menentukan lokasi habitat ramin, karena ramin ada kecenderungan keberadaannya berkorelasi dengan kedalaman gambut.

Contoh:

Kegiatan yang dilakukan di hutan rawa gambut yang digunakan sebagai satuan contoh merupakan kombinasi antara 3 (tiga) kelas kerapatan tegakan yaitu jarang (< 40%), sedang (41% - 70%) dan rapat (> 70%) dengan kelas kedalaman gambut, yaitu dangkal (< 3 m), sedang (3-6 m), dan dalam (> 6 m). Dengan asumsi kelas kerapatan tegakan dan kelas kedalaman gambut lengkap, maka unit-unit tegakan yang akan dipergunakan akan mencakup semua kelas hasil interpretasi di citra.

Jumlah kelas yang dapat dibentuk dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Kombinasi antara kelas kerapatan tajuk dan kelas kedalaman gambut.



Jumlah plot contoh optimal yang perlu dibuat di citra dapat diketahui dengan menentukan koefisien keragaman (CV) dan berapa besar kesalahan contoh yang diterima.

Jumlah plot contoh dengan mengabaikan faktor populasi terbatas (f_{pc}) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah plot contoh di citra berdasarkan Koefisien Keragaman dan Kesalahan Sampling (*Sampling Error/SE*)

No	Koefisien Keragaman (CV)	Jumlah Plot	
		SE _{5%}	SE _{10%}
1	25	100	25
2	30	144	36
3	35	196	49
4	40	256	64
5	45	324	81
6	50	400	100
7	55	484	121
8	60	576	144
9	65	676	169
10	70	784	196
11	75	900	225
12	80	1024	256
13	85	1156	289

Keterangan:

Setiap klaster dalam citra satelit berukuran 200 m x 200 m terdiri atas 4 (empat) buah plot contoh. Sebagai contoh, apabila keragaman tegakan adalah 50% dan SE yang diharapkan 5%, maka jumlah plot contoh yang harus diukur di lapangan adalah 400 plot contoh dan jumlah klaster pada citra satelit adalah 100 klaster (400 plot contoh: 4 plot contoh per klaster).

Keragaman contoh dihitung dengan formula:

$$CV = \frac{S_{vdslr}}{\bar{V}_{dslr}} \times 100\%$$

dimana:

S_{vdslr} : simpangan baku pengambilan contoh ganda

\bar{V}_{dslr} : volume rata-rata dugaan berdasarkan *double sampling*

Untuk menentukan koefisien keragaman (CV) pada tahap awal dapat melalui pendugaan cepat dengan melakukan pengukuran pendugaan volume pada citra menggunakan peubah penduga kerapatan tajuk (C) pada wilayah yang diduga memiliki volume paling tinggi (V_{\max}) dan volume paling rendah (V_{\min}). Dari dua data tersebut, maka dapat diduga nilai simpangan baku (s) dan volume rata-ratanya (\bar{V}), yaitu:

$$s = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{4}, \text{ untuk selang kepercayaan 95\%}$$

$$s = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{5}, \text{ untuk selang kepercayaan 99\%}$$

$$\bar{V} = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{2}$$

Jumlah contoh pada Tabel 1 tersebut diperoleh dengan menggunakan rumus yang secara detail dapat dilihat pada buku Teknik Inventarisasi Sediaan Ramin di Hutan Rawa Gambut (Jaya, dkk., 2010).

A.3. Interpretasi di Citra Satelit

1. Pengolahan Awal Citra

Pengolahan awal citra digital dilakukan jika kondisi citra yang ingin dianalisis belum memperoleh koreksi awal apapun. Kegiatan pemrosesan dan pengkelasan citra dapat menggunakan perangkat lunak ERDAS dan ERMAPPER. Tahapan sebagai berikut:

- a. **Rektifikasi** dilakukan agar citra mempunyai koordinat sama dengan peta (*planimetri*) dengan datum WGS84 serta sistem koordinat UTM. Persamaan transformasi yang digunakan adalah persamaan *affine* dengan metode resampling berupa *nearest neighbourhood*. Resampling adalah suatu proses melakukan ekstrapolasi nilai data untuk piksel-piksel pada sistem grid yang baru dari nilai piksel citra aslinya. Untuk citra Landsat, ukuran resampling



yang digunakan adalah 30 m x 30 m, sedangkan untuk citra ALOS resolusi tinggi digunakan resampling 2,5 m x 2,5 m.

- b. **Registrasi (*image-to-image registration*)** dilakukan untuk menyamakan koordinat antara citra yang satu dengan citra lainnya. Penyamaan posisi ini kebanyakan dimaksudkan agar posisi piksel yang sama dapat dibandingkan. Dalam hal ini penyamaan posisi citra satu dengan citra lainnya untuk lokasi yang sama sering disebut dengan registrasi. Registrasi juga dilakukan antara citra dengan vektor atau antara vektor dengan vektor.
- c. **Georeferensi** umumnya dilakukan pada citra-citra hasil scanning dan telah mempunyai bidang planimetri. Georeferensi adalah suatu proses memberikan koordinat peta pada citra yang sesungguhnya sudah planimetris. Sebagai contoh, pemberian sistem koordinat suatu peta hasil dijitasi peta atau hasil scanning citra. Hasil dijitasi atau hasil scanning yang langsung tersebut sesungguhnya sudah datar (*planimetri*), hanya saja belum mempunyai koordinat peta yang benar. Georeferensi semata-mata merubah sistem koordinat peta dalam file citra, sedangkan grid dalam citra tidak berubah.

2. Pengelompokan dan Pengkelasan Populasi di Citra Satelit

Data citra berisi obyek pengamatan yang sangat beragam. Untuk mempermudah dalam analisis maka perlu dilakukan pengelompokan atau pengkelasan di atas citra. Cara pengkelasan dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan kuantitatif dan kualitatif.

a. Pendekatan Kuantitatif

Menggunakan komputer untuk memeriksa setiap piksel atau citra, dan mengevaluasinya berdasarkan atribut kuantitatif dan setiap piksel, hanya sedikit interaksi manusia (*interpreter*). Cara yang sering digunakan adalah dengan analisis klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) dan klasifikasi tak terbimbing (*Unsupervised Classification*).



Tahapan pengolahan citra satelit secara lengkap dapat dilihat dan dipelajari dalam buku “Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam” (Jaya, 2010).

b. Pendekatan Kualitatif

Memerlukan seorang *interpreter* untuk mengekstraksi informasi dari citra melalui pemeriksaan visual (memerlukan interaksi *intrepreter* secara langsung, perlu pengambilan keputusan yang tinggi). Untuk menganalisis perlu data yang terlihat di citra sendiri maupun data tambahan dari luar. Metode ini baik digunakan pada citra satelit beresolusi tinggi. Data yang sering digunakan di citra adalah kerapatan tajuk (*crown density*) dan diameter tajuk (*crown diameter*), sedangkan data sekunder dapat diambil dari peta-peta tutupan lahan seperti tipe hutan, jenis tanah, kedalaman gambut, dan lainnya.

Oleh karena individu pohon tidak mungkin diamati pada citra resolusi rendah sampai sedang, maka penentuan satuan tegakan bisa dilakukan dengan pendekatan biomassa tegakan (melalui kehijauan vegetasi secara visual dengan kombinasi beberapa *band*) yang selanjutnya dikonversi atau disetarakan dengan kelas kerapatan tegakan.

Hasil kajian penggunaan citra satelit, menunjukkan bahwa kerapatan tajuk merupakan peubah penduga *standing stock* yang baik. Kerapatan tajuk dapat diukur di citra satelit dan pengukuran langsung di lapangan. Pengukuran kerapatan tajuk di citra satelit akan memberikan hasil yang baik, jika menggunakan citra satelit resolusi sedang sampai tinggi. Oleh karena itu dipilih salah satu citra satelit resolusi tinggi dan sedang yaitu citra ALOS sensor AVNIR, citra SPOT 5 dan Landsat 7 ETM+.

Selanjutnya dilakukan estimasi terhadap volume tegakan dengan menggunakan model penduga volume tegakan. Pada buku panduan ini contoh model yang digunakan adalah model yang pernah terpilih hasil kajian sebelumnya pada hutan rawa di wilayah PT. Diamond Raya Timber Riau,



yaitu $Vbc = 1,851 C^{1,05234}$. Model ini memiliki koefisien determinasi paling baik yaitu sebesar 62%.

Model terpilih hasil kajian di wilayah Taman Nasional Sebangau Kalimantan Tengah adalah $Vbc = 3,1163 e^{0,041 Clap}$. Model ini memiliki koefisien determinasi paling baik yaitu sebesar 62% juga.

Sedangkan untuk kegiatan di wilayah yang berbeda disarankan untuk membuat model tersendiri sesuai dengan kondisi wilayah yang dihadapi. Untuk mempermudah interpretasi citra satelit maka dapat dilihat dari monogram yang telah dibuat sebelumnya. Pada Gambar 5 sampai Gambar 12 disajikan beberapa contoh monogram kerapatan tajuk di citra, foto lapangan dan profil tegaknya. Monogram tersebut bisa menjadi panduan dalam melakukan interpretasi di citra.

3. Bagan Sampling (*Sampling Frame*) dan Bentuk Contoh (*Sample*)

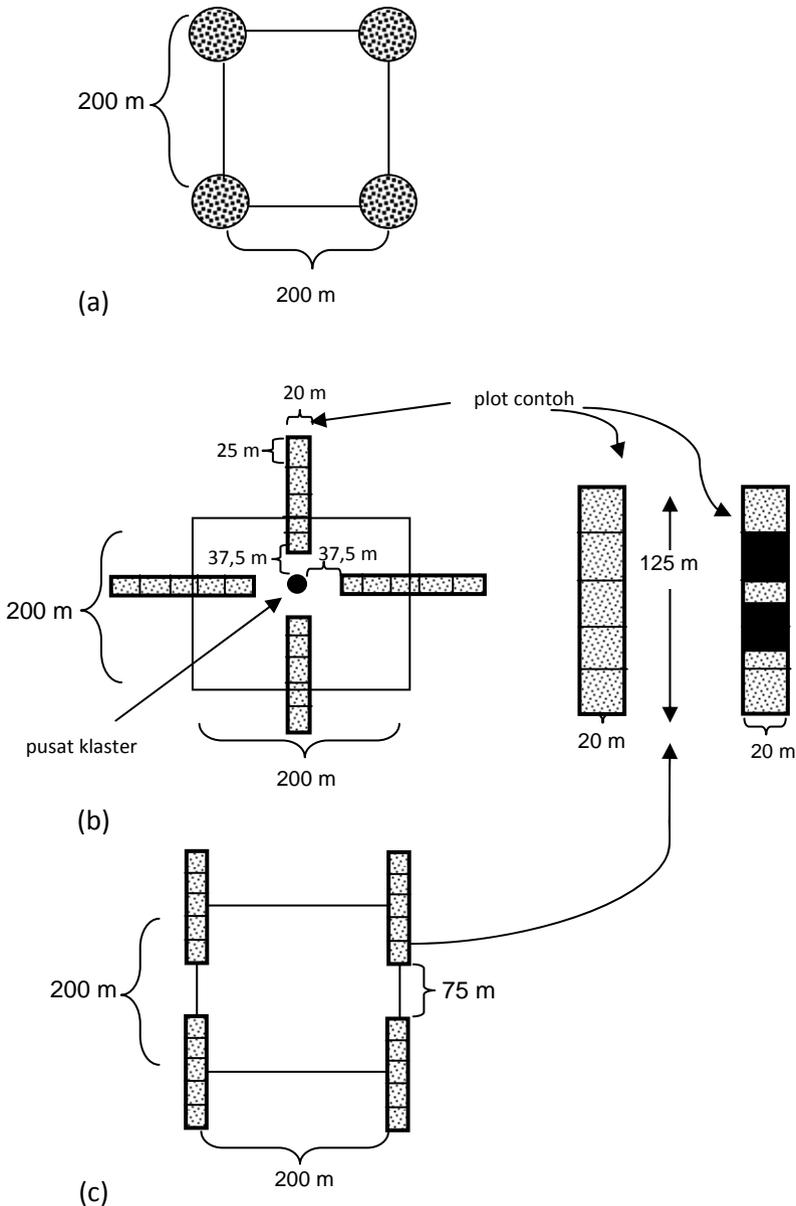
Data hasil pengukuran akan diolah dan dianalisis secara statistik dengan menggunakan teknik penarikan contoh (*sampling technique*), sehingga perlu dibuat suatu rencana penempatan contoh di lapangan berupa bagan sampling (*sampling frame*). Pembuatan bagan sampling ini juga mempertimbangkan kelas yang dibentuk sebelumnya di atas citra.

Contoh:

Ada dua bentuk plot contoh dalam klaster 200 m x 200 m yang digunakan dalam kegiatan pendugaan potensi di hutan rawa gambut, yaitu bentuk plot lingkaran (circular plot) dengan ukuran luas 0,1 ha dan bentuk persegi panjang (rectangular plot) berukuran 20 x 125 m (Gambar 4). Gambar 4 (a) adalah plot contoh (elemen) klaster berbentuk lingkaran yang diletakkan pada sudut-sudut bujursangkar, Gambar 4 (b) adalah plot contoh (elemen) klaster berbentuk persegi panjang yang diletakkan tegak lurus di tengah-tengah keempat sisi bujursangkar, sedangkan Gambar 4 (c) adalah plot contoh (elemen) klaster berbentuk persegi panjang yang diletakkan pada sudut-sudut klaster yang sejajar dengan dua sisi bujursangkar.

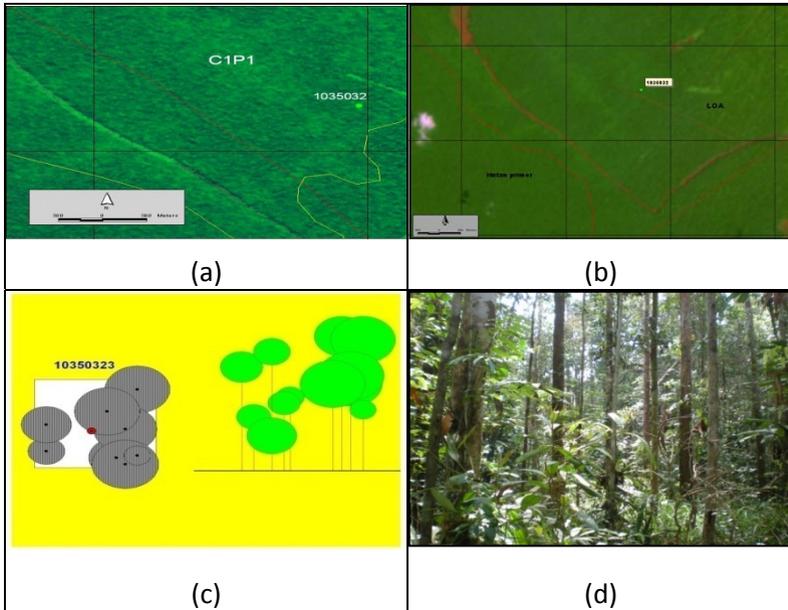


Khusus untuk bentuk plot persegi panjang, dapat menggunakan seluruh persegi panjang sebagai plot atau menggunakan teknik plot berselang-seling dengan ukuran 25 m x 20 m.

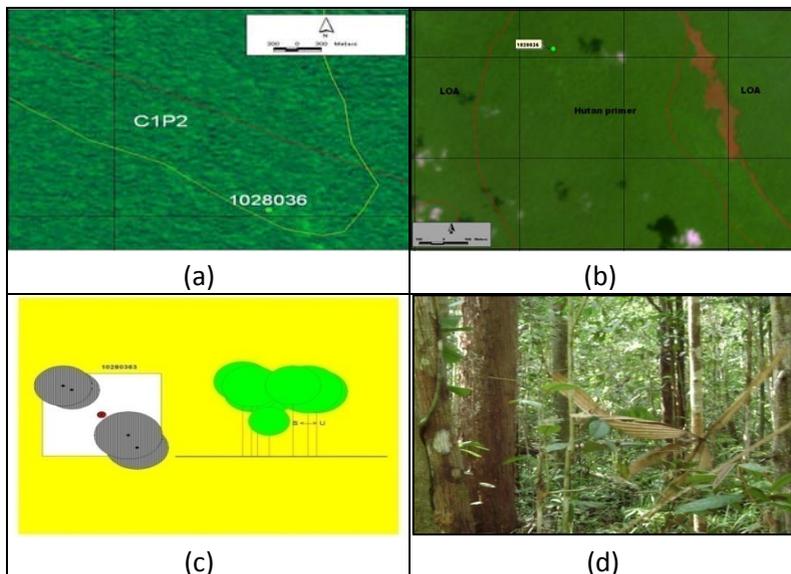


Gambar 4. Bentuk Klaster di Lapangan (a) Lingkaran, (b) persegi panjang alternatif 1 dan (c) persegi panjang alternatif 2.

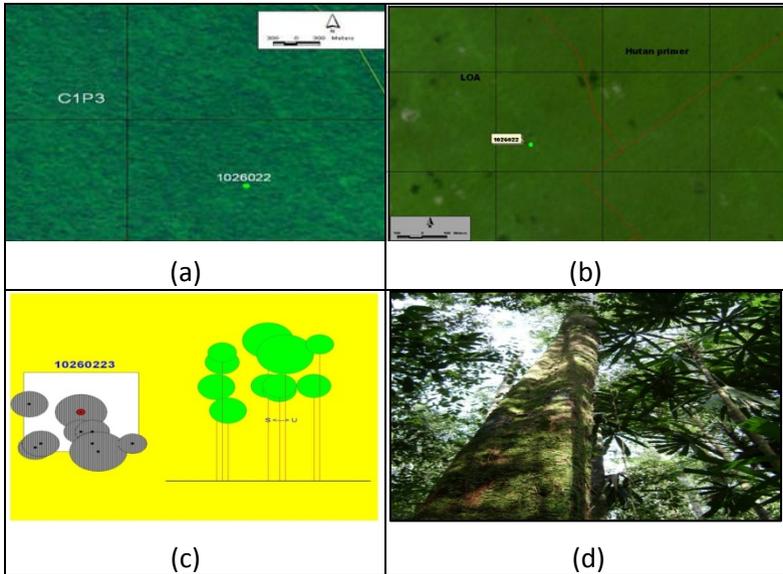




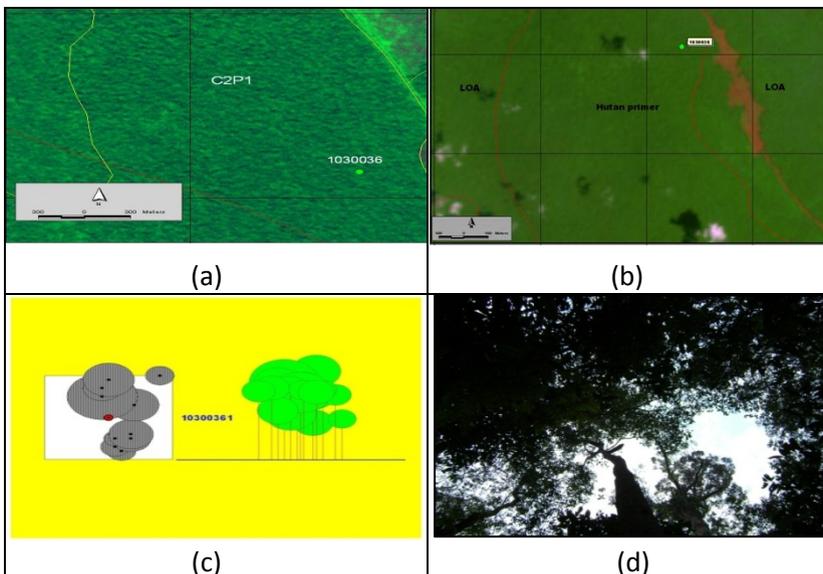
Gambar 5. Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P1), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.



Gambar 6. Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P2), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.

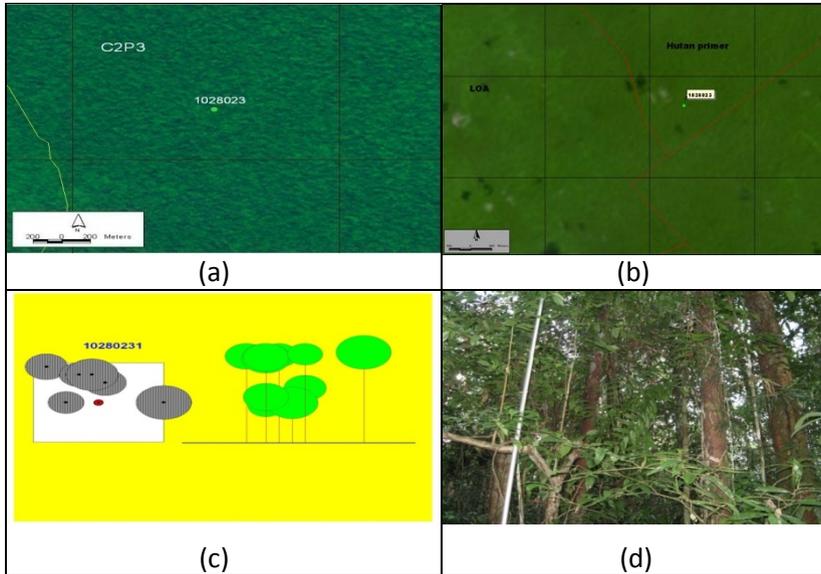


Gambar 7. Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P3), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.

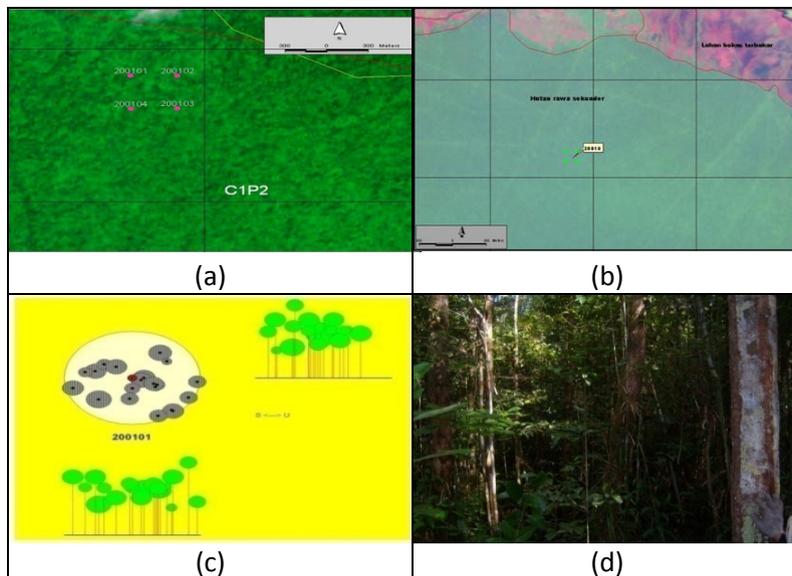


Gambar 8. Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C2P1), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.



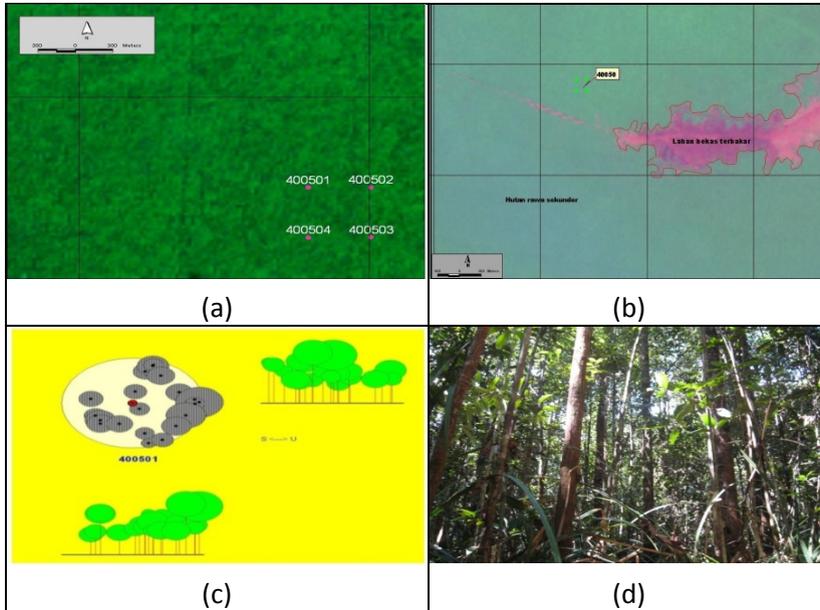


Gambar 9. Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C2P3), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.

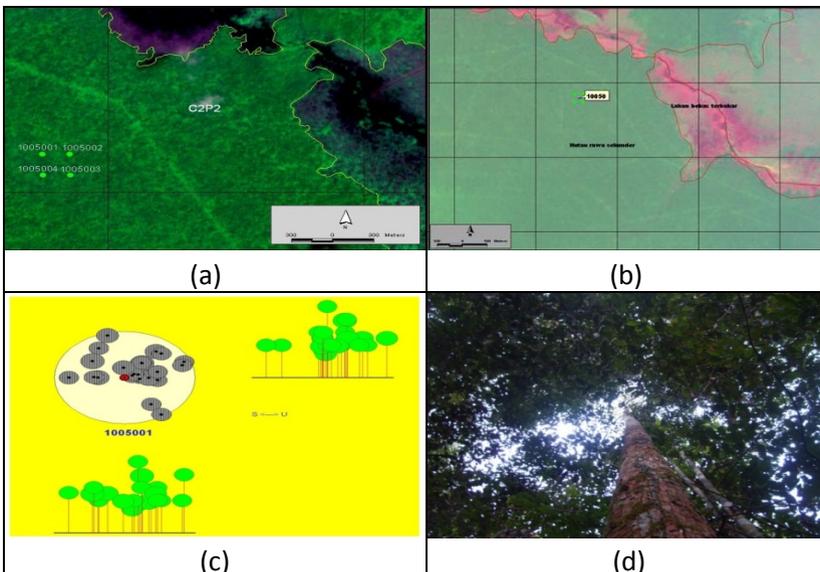


Gambar 10. Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut TN. Sebangau pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P2), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.





Gambar 11. Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut TN. Sebagau pada a) Citra ALOS AVNIR (C2P3), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.



Gambar 12. Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut TN. Sebagau pada a) Citra ALOS AVNIR (C2P2), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.



A.4. Desain Penempatan Klaster pada Citra

A.4.1. Penentuan klaster di citra

Volume tegakan pada fase I diduga dengan menggunakan peubah kerapatan tajuk di citra. Kerapatan tajuk di citra diukur atau diinterpretasi pada sejumlah klaster di citra.

Untuk menempatkan klaster yang akan diukur pada citra, sulit dilakukan secara langsung pada citra. Untuk itu, pusat-pusat klaster yang akan diukur pada citra dipilih secara sistematis dengan pusat klaster pertama dipilih secara acak (*systematic sampling with random start*) pada peta kerja yang sudah dijitasi.

Tahapan-tahapan untuk menentukan volume tegakan citra sebagai berikut:

1. Pembuatan titik pusat klaster di citra

Pembuatan titik pusat klaster di citra, dilakukan terlebih dahulu dengan cara menentukan titik-titik pusat klaster pada peta kerja yang sudah dijitasi. Penempatan titik-titik pusat klaster tersebut dilakukan dengan menggunakan extension IHMB Jaya pada software ArcView. Titik pusat klaster ditempatkan secara sistematis dengan permulaan yang diacak (*systematic sampling with random start*). Dengan asumsi koefisien variasi sebesar 40-50% dan kesalahan sampling yang diijinkan sebesar 5%, maka jumlah plot yang harus dibuat pada citra berkisar antara 256~400 plot atau 64~100 klaster.

Langkah dalam pembuatan titik pusat klaster di citra melalui peta adalah sebagai berikut:

- a. Siapkan peta batas, peta penataan areal (jika ada), peta tutupan hutan dan lahan, peta jaringan jalan, peta jaringan sungai wilayah yang akan disurvei.
- b. Hitung luas wilayah berhutan yang akan disurvei.



- c. Penentuan jumlah klaster pada hutan sekunder di Kalimantan dan Sumatera misalnya digunakan $CV = 50\%$, $SE = 5\%$, sehingga diperoleh $n = 400$ plot contoh atau $n = 100$ klaster.
- d. Tentukan jarak antar pusat klaster dengan menggunakan rumus:

$$K = \sqrt{\frac{Lw \times 10000}{n}}$$

dimana:

- K : Jarak antar klaster
 Lw : Luas wilayah berhutan
 N : Jumlah klaster

Contoh:

Jika diketahui luas areal yang akan diinventarisasi adalah 40000 ha ($Lw = 40\ 000$ ha).

$$\begin{aligned} \text{Maka } K &= \sqrt{\frac{40000 \times 10000}{100}} \\ &= \sqrt{4000000} \\ &= 2000 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan demikian jarak antar pusat klaster di citra adalah 2000 m.

- e. Untuk areal survei yang relatif kecil luasannya, agar tidak terjadi overlap antara klaster paling tidak jarak antar klaster di citra adalah 200 m.

2. Membuat titik ikat/titik awal

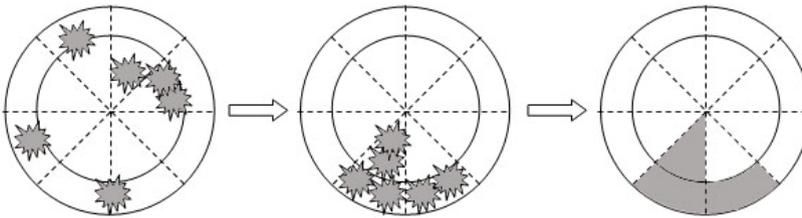
Untuk memilih titik pusat klaster pada ekosistem ramin, lakukan *overlay* (*intersect*) antara titik pusat klaster dengan ekosistem ramin yang berhutan.



3. Interpretasi citra pada klaster terpilih (fase 1)

Interpretasi citra dilakukan pada citra berdasarkan klaster terpilih. Interpretasi terutama dilakukan untuk mendapatkan persentase penutupan tajuk pada klaster terpilih.

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengukuran persentase penutupan tajuk pada citra satelit ialah metode *Tree Cramming* (penjejalan pohon). Pengukuran persentase penutupan tajuk menggunakan metode ini dilakukan dengan cara memvisualisasikan posisi dan ukuran masing-masing tajuk yang terlihat pada klaster pengukuran, kemudian dikumpulkan menjadi satu kelompok. Hasil pengelompokan tersebut kemudian dihitung persentasenya. Secara visual, cara perhitungan menggunakan metode *tree cramming* tersebut disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Tahap perhitungan kerapatan tajuk dengan metode *Tree Cramming*

Agar lebih detail dalam menginterpretasi kerapatan tajuk, maka setiap klaster dibagi menjadi 16 bagian. Setiap bagian tersebut diamati wilayah yang tertutup tajuk dengan yang tidak tertutup tajuk. Perbandingan (rasio) tersebut akan menghasilkan nilai kerapatan tajuknya. Dimana rasio kerapatan merupakan perbandingan bagian yang tertutup tajuk dengan satu klaster yang diamati seperti tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Kerapatan Tajuk Tegakan Melalui Citra Satelit

No	Rasio Kerapatan	Nilai C (%)
1	1/16	6,25
2	2/16	12,50
3	3/16	18,75
4	4/16	25,00
5	5/16	31,25
6	6/16	37,50
7	7/16	43,75
8	8/16	50,00
9	9/16	56,25
10	10/16	62,50
11	11/16	68,75
12	12/16	75,00
13	13/16	81,25
14	14/16	87,50
15	15/16	93,75
16	16/16	100,00

A.4.2. Penentuan klaster di lapangan

Contoh sejumlah “n” klaster yang telah diukur (diinterpretasi) di citra, sejumlah “m” klaster diukur di lapangan. Peletakan klaster di lapangan menggunakan metode *purposive sampling* (populasi diperkecil).

1. Pengukuran lapangan pada klaster terpilih fase 2

Dalam penentuan klaster yang akan diukur di lapangan, pilih klaster dengan urutan kriteria keterwakilan sebagai berikut:

- a. Kedalaman gambut (diperoleh dari peta sebaran kedalaman gambut).
- b. Persentase tutupan tajuk (hasil interpretasi citra satelit).
- c. Aksesibilitas (pembuatan buffer dari jaringan jalan dan atau sungai).



Adapun jumlah klaster pada fase 2 ditentukan berdasarkan pada efisiensi dan *sampling error* yang diharapkan, sebagaimana tertera dalam Tabel dan Grafik pada **Lampiran 2**.

2. Rencana titik ikat

Buat rencana titik ikat sebagai patokan lokasi di lapangan untuk mengawali pengukuran.

3. Daftar koordinat rencana

Buat daftar koordinat rencana yang akan digunakan di lapangan, baik koordinat pusat klaster maupun koordinat titik ikat. Untuk mempermudah dalam pencarian lokasi (koordinat) yang dituju di lapangan, unggah (*upload*) koordinat tersebut ke GPS.

4. Pembuatan peta kerja

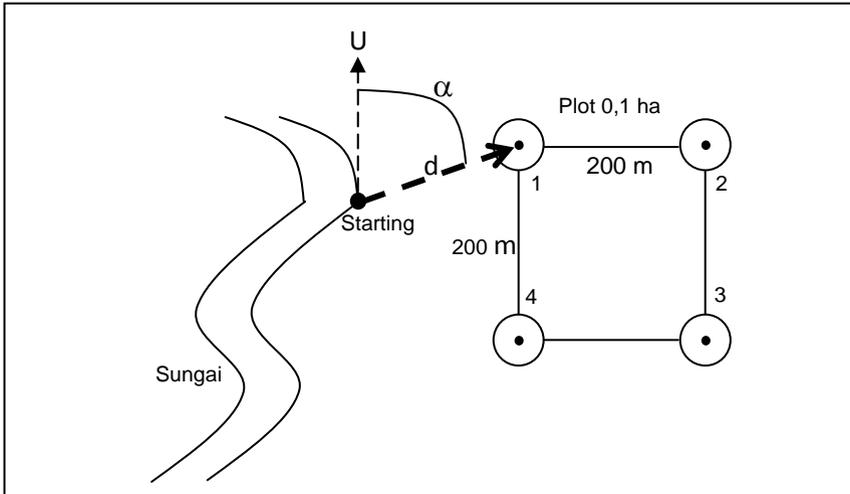
Untuk mempermudah dalam pelaksanaan pengukuran di lapangan, terutama untuk orientasi medan, diperlukan suatu peta kerja yang memuat peta batas wilayah yang diinventarisasi, jaringan jalan, jaringan sungai, pusat pemukiman, titik pusat klaster, dan titik ikat.

B. Tahapan Kegiatan di Lapangan (*GroundCheck*)

B.1. Peletakan Titik Awal/Titik Ikat

Titik awal atau titik ikat pengukuran adalah suatu titik atau tempat yang lokasinya dapat ditentukan/diketahui dengan pasti, baik di lapangan maupun di peta. Titik ini digunakan sebagai pedoman dan permulaan gerak dalam rangka penentuan/peletakan lokasi-lokasi klaster yang telah direncanakan.





Gambar 14. Letak titik ikat dan lokasi plot contoh dalam klaster

Titik ikat tersebut dapat terletak atau diletakkan baik di dalam maupun di luar klaster atau *training area*. Titik ikat "di luar" dapat dipilih apabila lokasi *training area* atau salah satu *training area* yang tergambar di dalam peta rancangan bagan sampling dapat secara mudah didatangi di lapangan. Kondisi ini memungkinkan apabila lokasi klaster yang direncanakan mudah dikenali di lapangan berdasarkan peta kerja. Titik awal di "dalam" dipilih apabila lokasi klaster sulit ditentukan di lapangan karena lokasinya tidak memiliki ciri-ciri yang jelas, yang mudah dikenali baik di peta maupun di lapangan. Posisi di "dalam" ini perlu mencari lokasi terbuka sehingga sinyal GPS tidak terganggu. Posisi titik awal tersebut di lapangan ditentukan atas dasar gambaran tentang titik awal di peta, atau menggunakan *Global Positioning System* (GPS).

B.2. Pembuatan Klaster dan Plot Contoh di Lapangan

Klaster dan plot contoh adalah *Training area* yang bagan lokasinya sudah direncanakan berdasarkan hasil pengolahan data di citra satelit. Posisinya di lapangan dicari dengan berpedoman pada titik awal yang sudah di ukur dan diketahui secara pasti lokasinya. Pada setiap plot contoh tersebut, dilakukan



pengukuran dimensi pohon, yaitu diameter pohon, tinggi pohon, jari-jari tajuk pohon serta pengukuran koordinat-koordinat pohon yang diukur.

Secara teknis, pembuatan klaster dan plot contoh di lapangan dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Peletakan titik ikat/titik awal
 - a. Membaca peta kerja untuk mengetahui posisi surveyor terhadap titik ikat.
 - b. Cari titik ikat yang dimaksud pada GPS dengan menekan tombol “FIND” pada GPS (Nomor/nama titik ikat beserta koordinatnya akan tampil pada layar GPS).
 - c. Gunakan mode “GO TO” pada GPS untuk menuju titik ikat klaster yang dimaksud.
 - d. Ikuti arah yang ditunjukkan pada layar GPS menuju titik ikat yang dimaksud hingga “monitor jarak” menunjukkan 0 (nol).

2. Menentukan letak klaster yang akan diukur
 - a. Membaca peta kerja untuk mengetahui posisi surveyor terhadap klaster yang akan diukur.
 - b. Cari nomor klaster yang dimaksud beserta koordinat titik pusatnya dengan menekan tombol “FIND” pada GPS. Nomor klaster beserta koordinatnya akan tampil pada layar GPS.
 - c. Gunakan mode “GO TO” pada GPS untuk menuju titik pusat klaster yang dimaksud sampai posisi seperti pada **butir 1 d** di atas tercapai.
 - d. Dari titik pusat klaster tersebut, maka klaster beserta 4 buah plot contohnya dapat dibuat dengan menggunakan pengukuran-pengukuran jarak dari titik pusat klaster yang dimaksud.



3. Pembuatan klaster dan unit contoh di lapangan
 - a. Bentuk klaster adalah bujur sangkar dengan ukuran 200 m x 200 m. Dimana pada setiap klaster terdiri atas 4 (empat) plot contoh berbentuk lingkaran atau persegi panjang (lihat Gambar 4).
 - b. Plot contoh bentuk lingkaran diletakkan pada setiap sudut bujur sangkar dengan ukuran jari-jari 17,8 m dengan titik pusat plot contoh pada titik sudut bujursangkar. Dimana arah satu plot contoh dengan plot contoh lainnya adalah 90° .
 - c. Plot contoh bentuk persegi panjang bagian tengahnya diletakkan di sudut-sudut bujur sangkar sejajar kedua sisi bujursangkar. Sehingga masing-masing plot contoh (elemen) klaster berjarak 75 m. (lihat Gambar 4c). Diharapkan dengan bentuk plot contoh ini dapat menjangkau kemungkinan adanya perubahan tipe vegetasi pada arah memotong garis kontur. Ada dua alternatif pengukuran contoh pada plot contoh persegi panjang yaitu (1). diukur seluruh area persegi panjang dan (2). membuat plot contoh berselang ukuran 20 m x 25 m dengan jarak 25 m.

4. Pengukuran dimensi tegakan
 - a. Mengukur tinggi bebas cabang pohon;
 - b. Mengukur diameter batang pohon;
 - c. Mengukur jari-jari tajuk berpatokan arah empat penjurus mata angin (lihat Gambar 16 dan 17);
 - d. Mengukur jarak titik pusat plot contoh terhadap pohon;
 - e. Mencatat titik koordinat plot contoh;
 - f. Mengukur kelereng lapangan.

5. Mencatat kondisi umum plot contoh.



B.3. Pengukuran Dimensi Tegakan

B.3.1. Pengukuran Dimensi Pohon

(i) Pengukuran Diameter atau Keliling Pohon

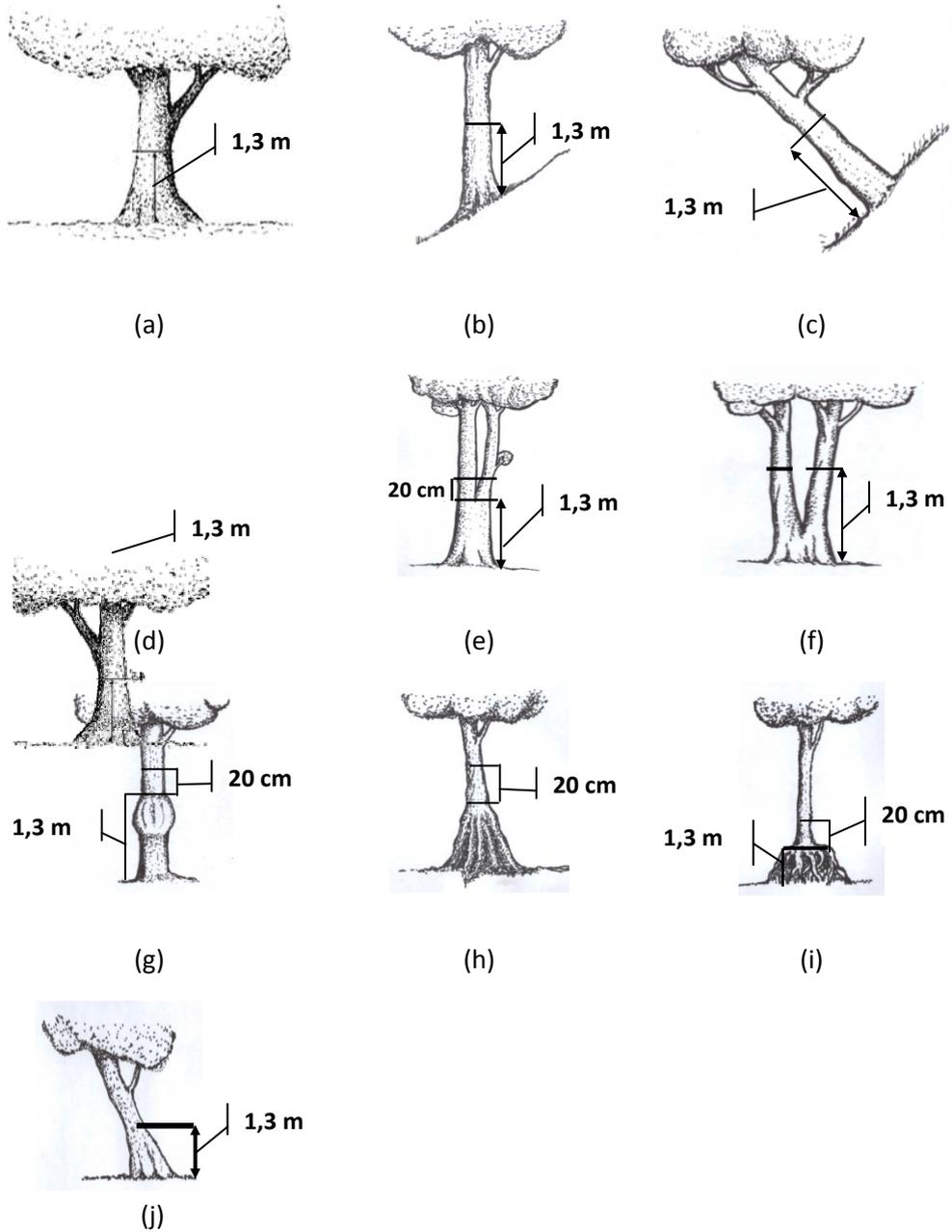
Dalam praktek-praktek pengelolaan hutan, pengukuran diameter pohon umumnya dilakukan pada ketinggian 1,3 meter (atau sekitar 4,5 *feet*) di atas pangkal pohon. Besaran ini dinamakan diameter setinggi dada (*diameter at breast height/dbh*). Pengukuran pada ketinggian tersebut dilakukan terhadap pohon-pohon yang berdiri tegak. Akan tetapi tidak semua pohon memiliki kondisi tegak dan normal, sehingga untuk kepentingan *keseragaman* pengukuran, maka ada kesepakatan-kesepakatan teknis pengukuran diameter pohon. Beberapa ketentuan yang dimaksud antara lain bahwa bagi pohon-pohon yang posisi atau kondisinya sebagai berikut:

- a. Pohon tegak di daerah datar (horisontal), *dbh*-nya diukur pada ketinggian 1,3 m di atas pangkal pohon atau permukaan tanah (Gambar 15a).
- b. Pohon tegak di daerah miring, *dbh*-nya diukur pada 1,3 m dari pangkal pohon atau permukaan tanah pada arah kemiringan yang tertinggi (Gambar 15b).
- c. Pohon miring di daerah miring, *dbh*-nya diukur pada ketinggian 1,3 m dari pangkal pohon atau permukaan tanah tegak lurus dengan permukaan tanah (Gambar 15c).
- d. Pohon bercabang yang tinggi percabangannya > 1,3 m, maka *dbh*-nya diukur pada ketinggian 1,3 m (Gambar 15d).
- e. Pohon bercabang yang tinggi percabangannya = 1,3 m, maka *dbh*-nya diukur 20 cm dari percabangan dan diameter diukur pada cabang a dan cabang b, misal pohon no. 18, jadi 18a dan 18b (Gambar 15e).
- f. Pohon bercabang yang tinggi percabangannya < 1,3 m, maka *dbh*-nya diukur pada kedua percabangannya pada ketinggian 1,3 m. Disini didapatkan 2 (dua) data diameter, misal pohon no 10, jadi hasil pengukuran diameternya ditulis 10a dan 10b (Gambar 15f).



- g. Pohon cacat/menggembung) pada ketinggian 1,3 m, *dbh* diukur pada ketinggian ± 20 cm di atas bagian yang menggembung tersebut (Gambar 15g).
- h. Pohon berbanir yang ketinggian banirnya $> 1,3$ m, *dbh*-nya diukur pada ketinggian ± 20 cm di atas batas banir (Gambar 15h).
- i. Pohon berakar tunjang $> 1,3$ m, *dbh*-nya diukur pada ketinggian ± 20 cm di atas puncak akar tunjang (Gambar 15i).
- j. Pohon miring di daerah datar, maka *dbh*-nya diukur pada ketinggian 1,3 m tegak lurus dari tanah seperti dapat dilihat pada Gambar 15j.



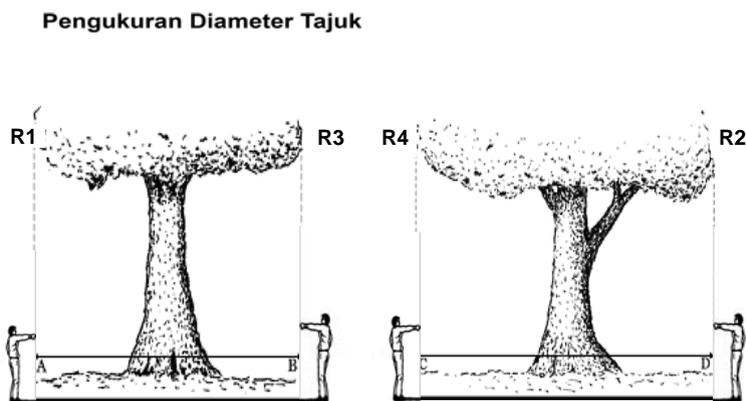


Gambar 15. Ilustrasi posisi pengukuran diameter setinggi dada (pada ketinggian 130 cm) pada berbagai kondisi pohon.

(ii) Pengukuran Diameter Tajuk Pohon

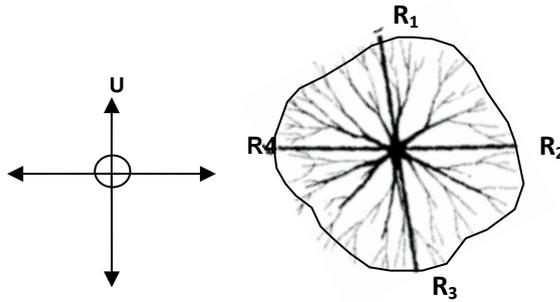
Untuk pohon-pohon tropis pengukuran diameter tajuk dilakukan sebanyak 2 (dua) kali dengan posisi saling tegak lurus. Secara teknis, pengukuran diameter tajuk dilakukan dengan mengukur jari-jari tajuk pohon sebanyak 4 (empat) kali dan saling tegak lurus menurut 4 (empat) arah mata angin utama (Utara, Timur, Selatan, Barat).

Cara pengukuran diameter tajuk pada arah tampak samping dapat dilihat pada Gambar 16 dan pada arah tampak atas dapat dilihat pada Gambar 17. Dalam pengukuran diameter tajuk ini diperhatikan posisi tajuk yang terlebar sebagai patokan awal pengukuran diameter atau jari-jari tajuknya dan selanjutnya diukur posisi diameter tajuk yang tegak lurus terhadap posisi pertama, sehingga diperoleh 4 (empat) jari-jari tajuk (R_1 , R_2 , R_3 dan R_4). Untuk memudahkan pencatatan (R_1 , R_2 , R_3 dan R_4) dimulai dari Utara kemudian Timur, Selatan dan Barat.



Gambar 16. Cara pengukuran dimensi tajuk (tampak samping)





Gambar 17. Cara pengukuran dimensi taju (tampak atas)

(iii) Pengukuran Tinggi Pohon

Tinggi pohon diukur dari permukaan tanah atau pangkal pohon sampai dengan ketinggian tertentu. Tinggi adalah jarak vertikal antara titik pangkal dengan pucuk pohon (Gambar 18). Tinggi yang diukur mencakup:

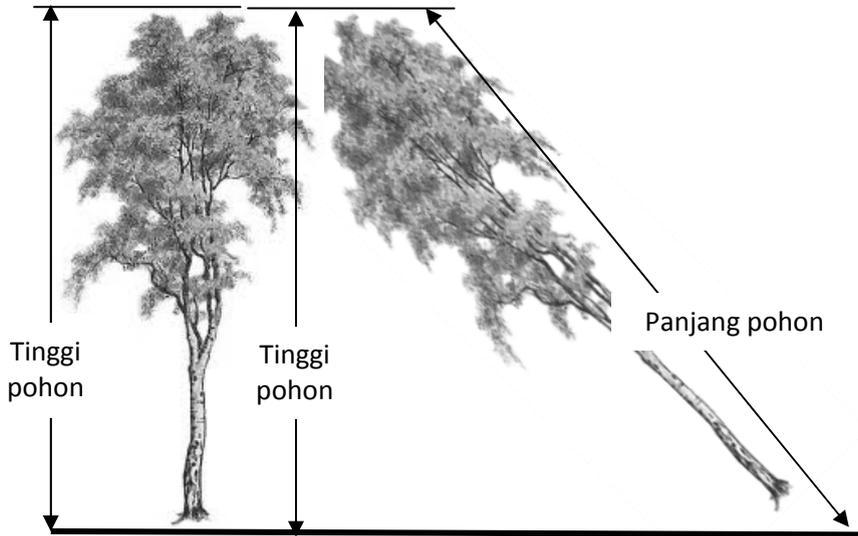
- a. Tinggi total yaitu tinggi sampai dengan puncak taju.
- b. Tinggi bebas cabang diukur sampai dengan cabang pertama, tinggi bebas cabang disebut juga tinggi kayu pertukangan.
- c. Tinggi sampai dengan batas banir.

Cara pengukuran tinggi yang digunakan adalah menggunakan pengukuran secara tidak langsung:

Pengukuran secara tidak langsung menggunakan alat ukur tinggi. Di sini perlu keseksamaan dalam melakukan pembidikan, sebab apabila salah maka akan mendapatkan angka tinggi yang salah pula. Selain itu perlu ketepatan dalam pengukuran jarak bagi alat ukur yang menggunakan jarak datar, misalnya Haga hypsometer. Berkaitan dengan alat ukur tinggi, maka dikenal ada 2 (dua) macam yaitu alat ukur tinggi atas dasar prinsip:

- a. Trigonometri atas dasar unsur jarak datar dan sudut pandang pengukuran (*Haga hypsometer*).
- b. Goniometri atau segitiga sebangun (*Chrystenmeter, Clinometer*).





Gambar 18. Tinggi pohon vs panjang pohon

Berdasarkan prinsip geometri dan trigonometri, tinggi pohon berdiri dapat dihitung menggunakan rumus:

Untuk tinggi total:

$$H = \left[\left(\frac{\%H_t - \%H_b}{\%H_p - \%H_b} \right) \times 2,5 \right] + 1,5$$

Untuk tinggi bebas cabang:

$$H_{bc} = \left[\left(\frac{\%H_c - \%H_b}{\%H_p - \%H_b} \right) \times 2,5 \right] + 1,5$$

dimana:

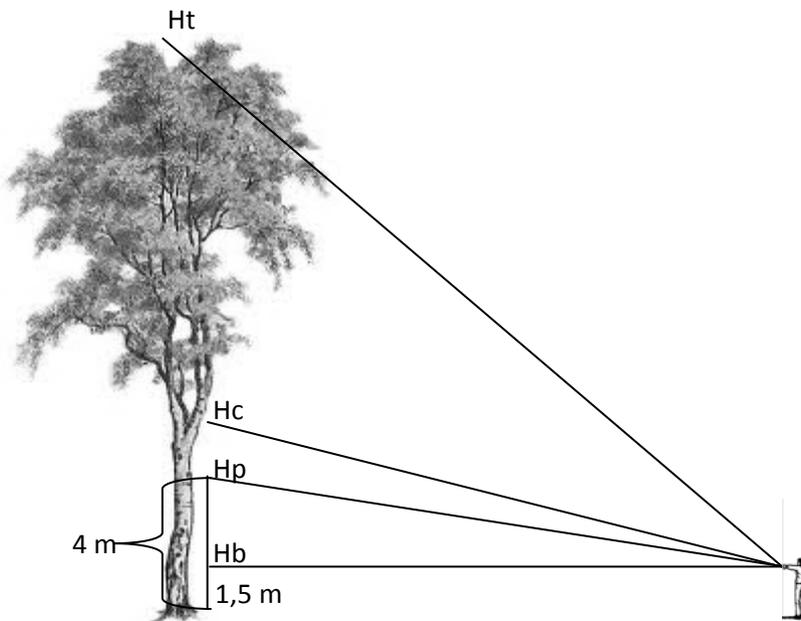
- H = tinggi total hasil pengukuran
- H_{bc} = tinggi bebas cabang hasil pengukuran
- %H_t = bacaan pada tinggi total
- %H_c = bacaan pada tinggi bebas cabang
- %H_b = bacaan pada pangkal
- %H_p = bacaan pada ujung galah



Tabel 3. Contoh *Tally Sheet* Data Pengukuran Tinggi Pohon

No. Klaster	No. Plot	No. Pohon	Jenis Pohon	Ht (%)	Hc (%)	Hb (%)	Hp (%)	Hbc (m)	H (m)
01	01	1							
		2							
		3							
		4							
		dst							
	02	1							
		2							
		3							
		dst.							

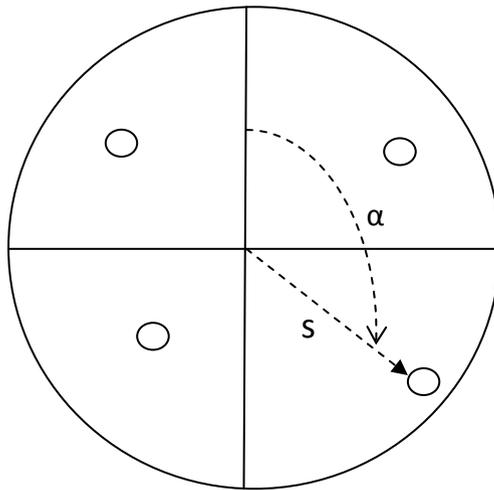
Secara visual, cara pengukuran untuk mendapatkan informasi tinggi pohon berdiri menggunakan rumus tersebut disajikan pada Gambar 19. Pengukuran dapat dilakukan menggunakan alat ukur tinggi seperti clinometer dan galah bantu dengan ukuran tertentu (pada rumus tersebut menggunakan galah bantu dengan panjang 4 m).

**Gambar 19.** Cara pengukuran tinggi pohon.

Pembidikan pada Hb (1,5 m dari permukaan tanah) dengan asumsi tanah di sekitar pohon yang diukur tingginya tertutup tumbuhan bawah atau halangan lain yang tidak memungkinkan untuk melakukan pembidikan pada pangkal pohon secara langsung.

(iv) Pemetaan pohon

Selain pengukuran diameter, tinggi dan diameter tajuk, setiap pohon harus dipetakan. Oleh karena itu perlu mengukur jarak dan azimuth dengan teknik pengukuran sebagaimana Gambar 20.



Gambar 20. Cara pembuatan peta pohon (α = sudut azimuth, dan S jarak datar titik pengamatan ke pohon).

Pengukuran jarak lapangan menggunakan meteran yang pelaksanaannya mempertimbangkan konfigurasi lapangan. Jika kondisi lapangan bertopografi curam atau tidak datar maka pengukuran jarak lapangan harus memperhatikan kemiringan lapangan. Jarak datar ditentukan dengan formula :

$$\text{Jarak datar} = s \times \cos \alpha$$

Dimana "s" adalah jarak lapangan, dan "α" adalah kemiringan lapangan.



(v) Pencatatan Hasil Pengukuran Lapangan

Hasil pengukuran dimensi pohon setiap jenis pohon pada setiap plot contoh dan setiap training area (klaster) dicatat dalam *tally sheet* (buku ukur) yang sudah dirancang sebelumnya. Ukuran koordinat pohon-pohon yang diukur pada setiap plot contoh tersebut, juga dicatat dalam *tally sheet* yang sama.

Kegiatan lapangannya adalah mengukur dimensi pohon (tinggi, diameter batang setinggi dada, diameter tajuk) dan posisi pohon yaitu jarak, dan azimuthnya terhadap titik pengamatan. Data dimensi dan posisi pohon ini dianalisis dengan pengolah data excel dan Extension IHMB yang dikembangkan oleh Jaya 2009 untuk membuat profil tegakannya. Hasil pengukuran dimasukkan ke dalam *tally sheet* seperti pada contoh (Tabel 3 dan Tabel 4).

Tabel 4. Contoh *Tally Sheet* Kegiatan Lapangan

Klaster	Plot	No Pohon	Jenis	Azimuth (°)	Jarak (M)	DBH (CM)	Ttot (M)	TBC (M)	Jari-jari tajuk (M)			
									U	T	S	B
1	1	1										
	1	2										
	1	3										
	1	4										
										
1	2	1										
	2	2										
	2	3										
	2	4										
										
2	1	1										
	1	2										
										
	2	1										
	2	2										
										
	3	1										
	3	2										
...										

Keterangan: U = Utara, T = Timur, S = Selatan, dan B = Barat.

Tabel 5. Contoh Pengisian *Tally Sheet* Berdasarkan Hasil Pengukuran

Klaster	Plot	No Pohon	Jenis	Azimuth (°)	Jarak (M)	DBH (CM)	Ttot (M)	TBC (M)	Jari-jari tajuk (M)			
									U	T	S	B
1	2	1	R	180	15	45	21	15	12	12	11	15
1	2	2	T	90	3	40	21	15	12	12	10	11
1	2	3	B	25	4	35	20	16	7	12	13	11
1	2	4	G	10	5	50	21	21	10	12	8	10
1	2	5	M	0	11	60	21	25	8	12	10	10
...

Keterangan:

DBH = Diameter pohon pada ketinggian 1,3 m

Ttot = Tinggi pohon total

TBC = Tinggi pohon Bebas Cabang

U = Utara, *T* = Timur, *S* = Selatan, dan *B* = Barat

(vi) Pendugaan Volume Pohon Berdiri

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

$$V_i = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times H \times f$$

dimana:

V_i = volume pohon (m^3)

π = nilai konstanta (*phi*) sebesar 3,14

D = diameter pohon setinggi dada (m)

H = tinggi pohon bebas cabang (m)

f = angka bentuk (*form factor*) yaitu 0,6

Contoh:

Misalnya satu pohon yang berdiameter 45 cm dan tinggi bebas cabang 15 m dihitung volumenya, yaitu volume pohon bebas cabang adalah $0,25 \times 3,1415 \times (0,45)^2 \times 15 \times 0,6$ atau $1,43 m^3$.



(vii) Pengukuran Volume Tegakan

Volume tegakan dalam satu plot contoh merupakan gabungan volume pohon yang berada dalam plot contoh 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 contoh, dimana $i=1,2,3,\dots$

Contoh :

Jika keenam pohon seperti tercantun pada data Tabel 5 dihitung volume seluruhnya, maka diperoleh volume bebas cabang tegakan dalam plot contoh tersebut adalah $13,73 \text{ m}^3$ per $0,1 \text{ ha}$ ($137,3 \text{ m}^3/\text{ha}$).



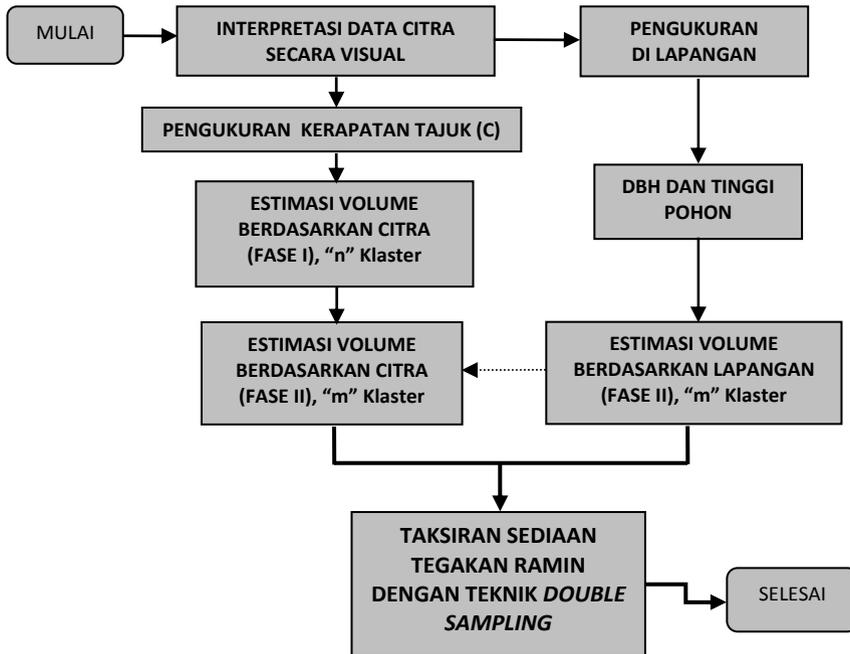


Gambar 21. Contoh pohon-pohon ramin yang ditemukan saat survei lapangan.



C. Analisis Data

Secara garis besar tahapan kegiatan pendugaan potensi menggunakan *double sampling* ini dilakukan seperti dalam Gambar 22 berikut ini:



Gambar 22. Tahapan analisis menggunakan *double sampling*.

C.1. Estimasi Volume Tegakan di Citra

Pendugaan volume tegakan di citra secara teoritis dapat diduga dengan mengukur peubah-peubah berikut:

- (1) Tinggi pohon (H) terutama tinggi totalnya
- (2) Diameter tajuk (D)
- (3) Persentase penutupan tajuk (C)
- (4) Jumlah tajuk atau jumlah (N).

Untuk kegiatan pendugaan volume di citra digunakan contoh model yang pernah terpilih berdasarkan hasil kajian sebelumnya di hutan rawa gambut wilayah kerja PT. Diamond Raya Timber Riau, yaitu:

$$V_{bc} = 1,851 C^{1,05234}$$

Contoh:

Misalnya hasil interpretasi citra satelit menunjukkan bahwa suatu plot contoh memiliki kerapatan tajuk 75%, maka volume tegakan di citra adalah $1,851 (75)^{1,05234}$ atau $174,7 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Sangat disarankan untuk wilayah yang berbeda dapat membuat model pendugaan volume tegakan tersendiri yang mewakili wilayahnya.

C.2. Estimasi Volume Tegakan Berdasarkan *Double Sampling*

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 klaster yang diamati di lapangan pada fase kedua.

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

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

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

m = jumlah klaster yang diukur di lapangan (fase kedua).

n = jumlah klaster yang diamati di citra (fase pertama).

b = slope dari regresi dengan rumus sebagai berikut:



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

Koefisien regresi dari persamaan tersebut dihitung menggunakan metode kuadrat terkecil (*least squared method*). Ragam dari *double sampling* (Sv^2_{dslr}) ini dihitung dengan rumus sebagaimana disarankan oleh De Vries (1986) dalam Shiver dan Borders (1996):

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

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

Dimana :

S^2_{vf} = keragaman kluster yang dihitung dengan rumus:

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

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 atau klaster (SE) dan koefisien variasi (cv) diperoleh sebagai berikut:

$$\hat{V}_{\text{dslr}} \pm t_{(\alpha/2; m-1)} S_{\text{vdslr}}$$

$$SE = \frac{t_{(\alpha/2; m-1)} S_{\text{vdslr}}}{\hat{V}_{\text{dslr}}} \times 100\%$$

$$CV = \frac{S_{\text{vdslr}}}{\hat{V}_{\text{dslr}}} \times 100\%$$

Contoh:

Dari hasil interpretasi citra SPOT wilayah hutan rawa gambut pada fase pertama terhadap 35 klaster ($n = 35$) di citra diketahui dugaan volume tegakan hutan rawa gambut adalah $153,84 \text{ m}^3/\text{ha}$ (lihat tabel 6). Dari sebanyak 35 klaster di citra tersebut dipilih 10 klaster ($m = 10$) untuk diukur di lapangan pada fase kedua. Berdasarkan hasil inventarisasi lapangan diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 6. Contoh pengolahan data *double sampling*

No. Klaster	Kerapatan Tajuk (%) (C_i)	Volume Citra***) (m^3/ha) (V_{cn})	Vbc Citra fase 2 (m^3/ha) (V_{cm})	Vbc Lapangan (m^3/ha) (V_{fm})
1	50,00	113,58		
2	68,75	158,80	158,80	167,00
3	43,75	98,69		
4	81,25	189,32		
5	93,75	220,08	220,08	189,00
6	68,75	158,80	158,80	140,00
7	68,75	158,80		
8	81,25	189,32		
9	62,50	143,64		
10	56,25	128,57		
11	93,75	220,08	220,08	197,00
12	62,50	143,64		
13	43,75	98,69		
14	75,00	174,02		
15	68,75	158,80		
16	62,50	143,64		
17	50,00	113,58		



Tabel 6. (Lanjutan)

No. Klaster	Kerapatan Tajuk (%) (C _i)	Volume Citra** (m ³ /ha) (V _{ci})	Vbc Citra fase 2 (m ³ /ha) (V _{cm})	Vbc Lapangan (m ³ /ha) (V _{fm})
18	56,25	128,57		
19	43,75	98,69		
20	75,00	174,02		
21	62,50	143,64		
22	87,50	204,67		
23	62,50	143,64	143,64	130,00
24	81,25	189,32	189,32	179,00
25	87,50	204,67		
26	75,00	174,02		
27	87,50	204,67		
28	50,00	113,58		
29	93,75	220,08		
30	87,50	204,67	204,67	160,00
31	43,75	98,69		
32	50,00	113,58	113,58	145,00
33	56,25	128,57		
34	43,75	98,69	98,69	105,00
35	56,25	128,57	128,57	110,00
Jumlah		5.384,41	1.636,23	1.522,00
Rata-rata		153,84	163,6233	152,20

*) Ukuran klaster di citra 200 m x 200 m atau 4,0 ha.

**) Volume tegakan bebas cabang per hektar di citra dihitung dengan formula :

$$V_{ci} = 1,851 C_i^{1,05234}$$

a. Menghitung nilai "r"

$$\sum_{i=1}^m v_{ci} = 1.636,23 \quad \sum_{i=1}^m v_{ci}^2 = 284.842,3$$

$$\sum_{i=1}^m v_{fi} = 1.522 \quad \sum_{i=1}^m v_{fi}^2 = 240.710$$

$$\sum_{i=1}^m v_{ci} v_{fi} = 259.986,2$$

$$r = 0,879363$$



b. Menghitung nilai “b”

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

$$b = \frac{\left(259.986,2 - \frac{(1.636,233)(1.522)}{10}\right)}{(284.842,3) - \frac{(1.636,233)^2}{10}}$$

$$= 10.951,5374/17.116,45697 = 0,6398$$

c. Menghitung dugaan sediaan tegakan

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

$$= 152,2 + 0,6398(153,8401 - 163,6233)$$

$$= 145,94 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$S_{vf}^2 = \frac{\sum_{i=1}^m v_{fi}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^m v_{fi}\right)^2}{m}}{m-1} = \frac{(240.710) - \frac{(1.522)^2}{10}}{10-1} = 1.006,84$$

$$S_{vdslr}^2 = \frac{S_{vf}^2}{m} \left(1 - \left(\frac{n-m}{n}\right) r^2\right) = \frac{1.006,84}{10} \left(1 - \left(\frac{35-10}{35}\right) 0,879363\right)$$

$$= 37,44$$



$$\hat{V}_{\text{dslr}} \pm t_{(\alpha/2; m-1)} S_{\text{vdslr}}$$

Jika $t_{(\alpha/2; m-1)} \approx 2$

Maka selang dugaan volume tegakan per ha seluruh jenis adalah:

145,94 ± {2.√37,443} m³/ha atau berada pada kisaran 133,70 m³/ha sampai dengan 158,18 m³/ha.

d. Menghitung dugaan sediaan ramin

Sediaan ramin dihitung dengan menggunakan model ratio yaitu untuk hutan rawa gambut di Sumatera adalah 5% volume seluruh jenis dan hutan rawa gambut di Kalimantan 2,3% volume seluruh jenis. Jika data tersebut di atas mencerminkan kondisi hutan di hutan rawa gambut Sumatera maka sediaan raminnnya adalah [0,05 x (145,94 ± {2 x √37,443})] yaitu 6,7 m³/ha sampai dengan 7,9 m³/ha.

Seluruh proses dan tahapan dalam pendugaan sediaan ramin ini secara lengkap dapat dilihat dan dibaca pada buku “Teknik Inventarisasi Ramin di Hutan Rawa Gambut” yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam.



ACKNOWLEDGEMENT

Tim Penyusun mengucapkan terima kasih kepada ITTO – CITES Project 2008 yang telah mendanai pelaksanaan penelitian dan penulisan buku ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Wetland International – Indonesia Program atas bantuan data peta sebaran gambut seluruh Indonesia. Kepada Taman Nasional Sebangau dan HPH PT. Diamond Raya Timber juga disampaikan terima kasih atas ijin melaksanakan penelitian di wilayah kerjanya. Secara khusus, terima kasih kami sampaikan kepada Suwarno Sutarahardja atas koreksi dan masukannya dalam penyusunan panduan ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Planologi Kehutanan. 2006. Pengolahan Citra Resolusi Tinggi dalam Rangka Penafsiran Sumberdaya Hutan di Pulau Kalimantan. Badan Planologi Kehutanan Departemen Kehutanan Republik Indonesia.
- Badan Planologi Kehutanan. 2007. Pengolahan Citra Resolusi Tinggi dalam Rangka Penafsiran Sumberdaya Hutan di Pulau Sumatera. Badan Planologi Kehutanan Departemen Kehutanan Republik Indonesia.
- Budi, C. 1998. Penyusunan model penduga volume tegakan dengan foto udara ; Study kasus di HPH PT. Sura Asia Provinsi Dati I Riau. Skripsi. Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak diterbitkan).
- Bustomi, S., D. Wahjono, Harbagung dan I.B.P. Parthama. 1998. Petunjuk Teknis Tata Cara Penyusunan Tabel Volume Pohon. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Draper, N.R. and H. Smith. 1981. Applied Regression Analysis. Jhon Wiley&Son, Inc.
- Edwards, A.L. 1976. An Introduction to Linear Regression and Correlation. W.H. Freeman and Company. San Francisco.
- Howard, J.A. 1991. Remote sensing of forest resources: Theory and application. Chapman & Hall. New York.
- Husch, B., T.W. Beers and J.A. Kershaw (Jr.). 2003. Forest mensuration. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Indonesia Work Programme for 2008 ITTO-CITES Project-Center for Forest and Nature Conservation Research and Development. 2009. Review of The Existing Methods and Design for Ramin Inventory in Peat Swamp Forest. Bogor.
- Indonesia Work Programme for 2008 ITTO-CITES Project-Center for Forest and Nature Conservation Research and Development. 2010. Teknik Inventarisasi Ramin di Hutan Rawa Gambut. Bogor.



- IUCN. 1994. *IUCN Red List Categories*. As Approved by the 40th Meeting of the IUCN Council. IUCN Gland, Switzerland. 22 pp.
- Jaxa. 2007. *ALOS: User Handbook*. Earth Observation Research Center. Japan Aerospace Exploration Agency. Japan.
- Jaya, I.N.S., dkk., 2010. Teknik Inventarisasi Sediaan Ramin di Hutan Rawa Gambut. Pusat Penelitian Pelestarian Hutan dan Konservasi Alam, Bogor.
- Jaya, I.N.S., 2006. Penuntun Praktikum Dasar-dasar Penginderaan Jauh. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Jaya, I.N.S., 2005. Analisis Citra Dijital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Teori dan Praktek Menggunakan Erdas Imagine. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Jaya, I.N.S., 2002. Fotogrametri dan Penafsiran Potret Udara untuk Kehutanan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Diktat kuliah (Tidak diterbitkan).
- Jaya, I.N.S. dan A.B. Cahyono. 2001. Kajian Teknis Pemanfaatan Potret Udara Non-Metrik Format Kecil Pada Bidang Kehutanan. Jurnal Manajemen Hutan Tropika Vol. VII, No. 1. Jurusan Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Loetsch, F. and K.E. Haller. 1964. Forest inventory. Volume I: Statistics of forest inventory and information from aerial photographs. (English by E.T. Brunig). BLV Verlagsgesellschaft. Munchen Basel. Wien.
- Milton, J.S. dan J.C. Arnold. 1990. *Introduction to Probability and Statistics. Principles and Applications For Engineering and The Computing Sciences*. [Second Edition]. McGraw-Hill. New York.
- Paine, David P., 1981. Aerial photography and image interpretation for resource management. John Wiley and Sons, New York, p.356.
- Shiver, Barry D. and Bruce E. Borders. 1996. Sampling Techniques for Forest Resource Inventory. John Wiley & Sons Inc.
- Sutarahardja, S. 1982. Studi Penyusunan Tabel Volume Lokal Semua Jenis dan Potensi Tegakan Hutan Hujan Tropis di Provinsi Sulawesi Tengah. Proyek Penelitian Pengembangan Efisiensi Penggunaan Sumber-sumber Kehutanan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.





LAMPIRAN



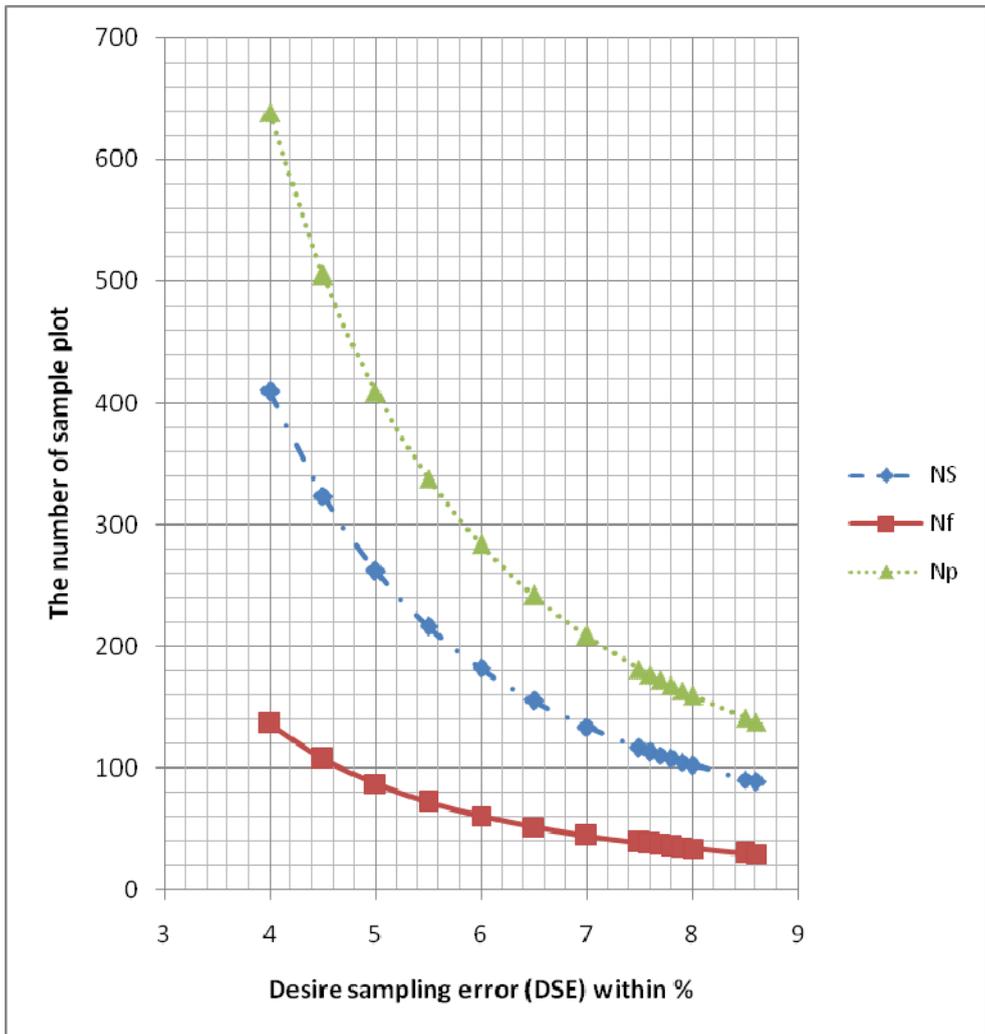


Lampiran 1. Daftar rujukan perolehan citra satelit dan peta digital

No	Situs	Citra/data yang tersedia
1	https://cross.restec.or.jp/	ALOS AVNIR, ALOS PRISM, ALOS PALSAR, Landsat, ERS
2	http://ftp.glcf.umd.edu/data/landsat/	Landsat
3	http://www.digitalglobe.com http://www.waindo.co.id/ (reseller di Indonesia)	Quickbird, Worldview 1, Ikonos, Geoeye 1, SPOT 4, SPOT 5, TerraSAR, ALOS
4	http://www.teraserver.com/	ASTER
5	http://www.geoeye.com/	IKONOS, GeoEye-1
6	http://srtm.csi.cgiar.org/	SRTM
7	http://www.bakosurtanal.go.id/bakosurtanal/peta-rbi/	Peta RBI
8	Badan planologi Kehutanan, Kementerian Kehutanan RI	Peta penutupan lahan
9	Wetlands International	Peta sebaran gambut
10	Balai Konservasi Sumberdaya Alam, Kementerian Kehutanan	Peta sebaran gambut



Lampiran 2. Rincian jumlah plot di lapangan dan di citra berdasarkan *Sampling Error* yang diinginkan



DSE	Nf	Np	ER
4	137	639	213,45
4,5	108	505	168,65
5	87	409	136,61
5,5	72	338	112,90
6	61	284	94,87
6,5	52	242	80,83
7	45	209	69,70
7,5	39	182	60,71
7,6	38	177	59,13
7,7	37	172	57,60
7,8	36	168	56,13
7,9	35	164	54,72
8	34	160	53,36
8,5	30	142	47,27
8,6	30	138	46,18

Keterangan

DSE : Desired Sampling Error (kesalahan sampling yang diharapkan).

Nf : Jumlah pengamatan (plot contoh) di lapangan.

Np : Jumlah pengamatan (plot contoh) di citra.

ER : Efisiensi Relatif.







ISBN 978-602-8964-05-0



9 786028 964050