

ISBN 978-602-8964-04-3

TEKNIK INVENTARISASI SEDIAAN RAMIN DI HUTAN RAWA GAMBUT

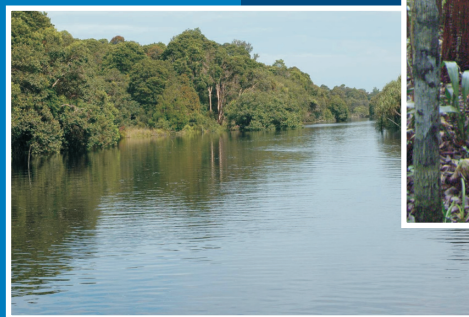
(INVENTORY TECHNIQUE OF RAMIN IN PEAT SWAMP FOREST)

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



TEKNIK INVENTARISASI SEDIAAN RAMIN DI HUTAN RAWA GAMBUT

(Inventory Technique of Ramin 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



Teknik Inventarisasi Sediaan Ramin di Hutan Rawa Gambut (*Inventory Technique of Ramin 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 979-602-8964-04-3

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

KATA PENGANTAR

Buku Teknik Inventarisasi Ramin di Hutan Rawa Gambut (*peat swamp forest*) berisi penjelasan tentang bagaimana mendesain tahapan inventarisasi tegakan ramin mulai dari perencanaan, pengambilan data lapangan, analisis data hasil pengukuran lapangan dan penyusunan model serta pendugaan sediaan tegakan ramin. Uji coba metode inventarisasi ini sudah dilaksanakan di pulau Kalimantan (Taman Nasional Sebangau) dan pulau Sumatera (area konsesi IUPHHK-HA PT. Diamond Raya Timber) pada bulan Juni 2009.

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

Bogor, Mei 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Ruang Lingkup	3
II. METODE INVENTARISASI RAMIN DI HUTAN RAWA GAMBUT	5
2.1. Ekologi Ramin.....	5
2.2. Metode Inventarisasi Hutan	7
2.2.1. Perkembangan metode inventarisasi	10
2.2.2. Penggunaan citra satelit untuk inventarisasi hutan	11
2.3. Metode Inventarisasi Ramin di Hutan Rawa Gambut.....	11
2.4. Pengembangan Metode Inventarisasi di Hutan Rawa Gambut	14
2.4.1. Dasar pemikiran	14
2.4.2. Metode penyusunan model penduga sediaan ramin ..	15
2.4.3. Metode pendugaan potensi tegakan jenis kayu ramin.	17
2.5. Tahapan Pelaksanaan Inventarisasi	18
2.5.1. Pembuatan rencana bagan sampling	18
2.5.2. Interpretasi citra.....	20
2.5.3. Pengumpulan data di lapangan.....	21
2.5.4. Penyusunan model penduga volume tegakan	23
2.5.5. Pemilihan model	26
2.5.6. Validasi model	26
2.5.7. Efisiensi relatif pengambilan contoh ganda	28
III. UJI COBA TEKNIK INVENTARISASI SEDIAAN RAMIN DI HUTAN RAWA GAMBUT	34
3.1. Lokasi Penelitian.....	34
3.2. Bahan dan Alat	36
3.3. Tahapan Aplikasi	38
3.3.1. Deliniasi ekosistem Ramin	38
3.3.2. Penyediaan citra satelit	38
3.3.3. Interpretasi citra	44

IV. DUGAAN SEDIAAN RAMIN.....	58
4.1. Model Penduga Sediaan Tegakan	58
4.1.1. Model hasil kajian	58
4.1.2. Model penduga sediaan ramin	61
4.1.3. Dugaan sediaan tegakan hutan rawa gambut TN. Sebangau Kalimantan Tengah	61
4.1.4. Dugaan sediaan tegakan hutan rawa gambut PT. Diamond Raya Timber - Riau	63
4.2. Sediaan Tegakan Ramin	64
4.3. Efisiensi Relatif Pengambilan Contoh Ganda	72
4.3.1. Estimasi sediaan tegakan pada pengambilan contoh ganda	72
4.3.2. Efisiensi relatif	72
V. PENUTUP	74
ACKNOWLEDGEMENT.....	76
DAFTAR PUSTAKA	77

DAFTAR TABEL

No.	Teks Halaman	Halaman
1	Nilai kerapatan tajuk tegakan melalui citra satelit	21
2	Karakteristik resolusi beberapa satelit dan sensornya.	39
3	Data umum Citra ALOS.	41
4	Karakteristik sensor AVNIR dari ALOS.	43
5	<i>Tally sheet</i> kegiatan lapangan.	49
6	Hasil kajian model-model penduga sediaan tegakan pada hutan rawa di Kalimantan Tengah dan Riau.	59
7	Hasil skoring dan ranking model-model penduga sediaan tegakan pada hutan rawa gambut di Riau dan Kalimantan Tengah.	60
8	Rasio antara volume ramin dan volume seluruh jenis pada tegakan hutan rawa gambut.	61
9	Hasil pengukuran volume per kelas diameter di areal Taman Nasional Sebangau.	62
10	Kerapatan tegakan berdasarkan kelompok jenis di hutan Taman Nasional Sebangau.	62
11	Hasil pengukuran volume per kelas diameter di areal kerja PT. Diamond Raya Timber	63
12	Kerapatan tegakan berdasarkan kelompok jenis	64
13	Rasio antara volume ramin dan volume seluruh jenis pada tegakan hutan rawa gambut.	65
14	Volume sediaan ramin setiap provinsi di Sumatera dan Kalimantan	66
15	Jumlah pohon sediaan ramin setiap provinsi di Sumatera dan Kalimantan	67

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1	Kombinasi antara kerapatan tajuk dan kedalaman gambut.....	18
2	Bentuk plot pada klaster di lapangan (a) lingkaran, (b, c) jalur persegi	19
3	Sebaran klaster dan plot di wilayah hutan rawa gambut PT. Diamond Raya Timber	20
4	Tahap interpretasi kerapatan tajuk dengan metode <i>Tree Cramming</i>	21
5	Metode dua tahap (<i>Double Sampling</i>).	29
6	Tahapan analisis menggunakan <i>double sampling</i>	29
7	Area kerja PT. Diamond Raya Timber.	34
8	Wilayah Taman Nasional Sebangau Provinsi Kalimantan Tengah....	36
9	Citra Landsat 7 ETM+ di lokasi (a) TN. Sebangau dan (b) PT. Diamond Raya Timber.	40
10	Data Citra ALOS AVNIR Lokasi (a) TN. Sebangau Provinsi Kalimantan Tengah dan (b) PT. Diamond Raya Timber Provinsi Riau	42
11	Citra ALOS AVNIR di area Taman Nasional Sebangau Kalimantan Tengah.	45
12	Kelas kerapatan tajuk tegakan hasil interpretasi di area kerja PT. Diamond Raya Timber - Riau	46
13	Kelas kerapatan tajuk tegakan hasil interpretasi di area Taman Nasional Sebangau – Kalimantan Tengah.....	47
14	Contoh sebaran klaster di areal PT. Diamond Raya Timber.	48
15	Kondisi pohon ramin yang ditemukan pada saat survei lapangan ...	50
16	Profil tegakan dengan kerapatan rapat pada kedalaman gambut 3-6 m.....	51
17	Profil tegakan dengan kerapatan sedang pada kedalaman gambut 3-6 m.....	52

18	Profil tegakan dengan kerapatan jarang pada kedalaman gambut 3-6 m	52
19	Peta sebaran sediaan ramin di hutan rawa gambut Pulau Sumatera.....	68
20	Peta sebaran sediaan ramin di hutan rawa gambut di Provinsi Riau	69
21	Peta sebaran sediaan ramin di hutan rawa gambut Pulau Kalimantan	70
22	Peta sebaran sediaan ramin di hutan rawa gambut di Kalimantan Tengah	71
23	Grafik hubungan antara jumlah contoh dan <i>sampling error</i> yang diharapkan dalam pengambilan contoh ganda.....	73

1.1. Latar Belakang

Tidak terbantahkan bahwa informasi tentang hutan dan kehutanan adalah sangat penting baik untuk menetapkan kebijakan pengelolaan hutan pada level nasional, regional dan atau unit pengelolaan. Lebih lanjut, diketahui juga bahwa kualitas informasi sangat bergantung pada metode survei dan teknik analisis yang digunakan dalam rangka enumerasi data tersebut. Pada bidang penyelenggaraan kehutanan, inventarisasi hutan merupakan kegiatan awal dari perencanaan kehutanan guna mengumpulkan informasi tentang prakondisi hutan dan kehutanan. Oleh karena itu, dapat dipahami bahwa kegiatan inventarisasi hutan merupakan salah satu kegiatan kunci yang sangat menentukan baik buruknya pengelolaan hutan.

Dalam konteks mengumpulkan informasi tentang tegakan hutan (*forest stand*), inventarisasi tegakan hutan didefinisikan sebagai suatu kegiatan mengumpulkan data dan informasi kondisi tegakan, yang dilaksanakan dengan metode dan teknik tertentu yang disesuaikan dengan tujuan penggunaan data, serta ketersediaan sumberdaya pendukung untuk penyelenggaraannya. Tujuan penggunaan data hasil inventarisasi di antaranya adalah untuk menentukan jatah tebangan tahunan (JTT) atau yang lebih dikenal dengan istilah AAC (*annual allowable cut*), teknik pemanenan tegakan yang dapat diaplikasikan untuk penyusunan rencana pengelolaan hutan mulai dari kegiatan perencanaan sampai dengan pemasaran hasil.

Sejalan dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya pengelolaan hutan secara lestari, perlunya akan konservasi jenis-jenis tertentu yang terancam kepunahannya serta ketersediaan teknologi inventarisasi hutan maka kajian ketersediaan teknik inventarisasi hutan yang khusus untuk jenis-jenis tertentu semakin diperlukan.

Sebagai negara tropis kepulauan, maka Indonesia memiliki kekayaan sumberdaya alam berupa keanekaragaman hayati yang tinggi. Beberapa tipe hutan yang tumbuh dan berkembang di Indonesia diantaranya adalah tipe hutan pantai (*coastal forest*), hutan mangrove (*mangrove forest*), hutan rawa (*swamp forest*), hutan rawa gambut (*peat swamp forest*), hutan hujan tropis (*tropical rain forest*), hutan kerangas (*heath forest*) dan hutan musim (*monsoon forest*).

Berbagai tipe hutan tersebut mengandung kekayaan flora dan fauna yang sangat besar. Kekayaan fauna diantaranya adalah 1.531 spesies burung (17% jenis burung di dunia), 511 spesies reptil (7,3% reptil di dunia), 515 spesies mamalia (12% mamalia dunia), 270 spesies amfibi (ranking 5 dunia), 2.837 spesies invertebrata dan 121 spesies kupu-kupu (ranking pertama dunia). Sedangkan dalam hal kekayaan flora, Indonesia diperkirakan memiliki sekitar 38.000 jenis tumbuhan, termasuk diantaranya adalah 4.000 jenis pohon (Departemen Kehutanan, 2005).

Jenis-jenis pohon tersebut tersebar di seluruh tipe hutan yang ada di Indonesia, dimana sebagian diantaranya merupakan jenis-jenis yang laku diperdagangkan dan jenis-jenis kayu indah yang sangat digemari oleh masyarakat internasional. Beberapa jenis kayu indah yang ada di Indonesia diantaranya adalah jenis ulin (*Eusideroxylon zwageri*), ebony (*Dyospyros celebica*), ramin (*Gonystylus* spp.) dan cendana (*Santalum album*). Jenis ramin (*Gonystylus* spp.) adalah salah satu jenis pohon yang tumbuh alami di tipe hutan rawa, berasal dari suku (family Thymelaeaceae).

Di Indonesia terdapat beberapa jenis pohon kayu komersial yang mempunyai nilai ekonomi tinggi tetapi perlu dilindungi keberadaannya, seperti tengkawang, gaharu, ramin, ulin dan jenis lainnya. Ramin salah satu jenis dilindungi termasuk ke dalam Appendix II CITES, karena termasuk tumbuhan dalam kategori kritis (*critically endangered*) atau sudah mulai terancam punah (IUCN, 1994).

Saat ini, ketersediaan data dan informasi tentang sebaran dan sebaran spasial ramin relatif masih kurang. Hal ini tidak terlepas dari belum tersedianya teknik inventarisasi tegakan ramin yang cepat, murah tetapi mempunyai ketelitian yang diandalkan. Untuk mendapatkan data dan informasi yang handal, cepat dan

mudah tersebut maka diperlukan pengembangan suatu teknik dan metode inventarisasi tegakan ramin.

Dalam rangka pengembangan metode dan teknik tersebut, kajian-kajian teoritis dan praktis tentang ekologi ramin telah banyak dilakukan dan didiskusikan baik pada workshop, seminar dan atau studi pustaka guna mendapatkan alternatif-alternatif metode inventarisasi yang dapat diterapkan. Sebagaimana diketahui bahwa ramin mempunyai karakteristik yang khusus, oleh karena itu maka tipe-tipe ekologis tempat tumbuh ramin serta pola spasial penyebarannya perlu dikaji lebih lanjut dan menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan teknik sampling.

Berdasarkan telaah dari beberapa metode yang tersedia, salah satu metode yang prospektif baik secara teknis maupun ekonomis adalah penggunaan kombinasi teknik penginderaan jauh dan survei terestris (ITTO-CITES Project, 2009).

Pada kajian ini, teknik yang digunakan untuk inventarisasi ramin adalah menggunakan kombinasi antara inventarisasi secara tidak langsung (metode penginderaan jauh) dan inventarisasi secara langsung (metode terestris), yaitu dengan memanfaatkan citra penginderaan jauh dan survei terestris. Dengan metode ini, kegiatannya diawali dengan melakukan interpretasi citra satelit resolusi tinggi untuk mendapatkan gambaran kerapatan tegakan melalui pengukuran kerapatan tajuk tegakan. Lebih lanjut, dilakukan kegiatan pengukuran dimensi pohon di lapangan.

1.2. Ruang Lingkup

Dalam mengembangkan teknik inventarisasi tegakan ramin di hutan rawa gambut ini, beberapa pokok kajian yang tercakup di dalamnya adalah identifikasi beberapa jenis citra satelit yang dapat digunakan dalam inventarisasi tegakan ramin di hutan rawa gambut; perkembangan metode inventarisasi tegakan ramin yang optimal di hutan rawa gambut dan secara teknis dapat diimplementasikan; penyusunan model penduga *sediaan tegakan* ramin yang secara teknis dapat diaplikasikan; dan pengujian tingkat efisiensi penggunaan teknik penarikan contoh

ganda dengan memanfaatkan citra satelit. Pada bagian akhir buku ini disampaikan dugaan sediaan tegakan ramin yang dihitung berdasarkan data yang tersedia, dan model penduga yang dihasilkan dari studi kasus di Riau dan Kalimantan Tengah.

METODE INVENTARISASI RAMIN DI HUTAN RAWA GAMBUT

2.1. Ekologi Ramin

Indonesia merupakan negara kepulauan beriklim tropis yang terletak di antara dua benua Asia dan Australia serta berada di antara dua Samudera yaitu Samudera Hindia dan Pasifik. Kondisi ekologis Indonesia banyak dipengaruhi oleh keberadaan kedua benua dan samudera yang mengapit Indonesia tersebut.

Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki hutan tropis seluas 7% dari luas permukaan bumi, dan mengandung lebih dari 50% total jenis yang ada di seluruh dunia. Namun demikian, laju kerusakan hutan yang tinggi menyebabkan hilangnya beberapa jenis yang dikenal maupun jenis yang belum dikenal.

Salah satu jenis yang terancam hilang adalah jenis kayu ramin (*Gonystylus* spp.) karena merupakan salah satu jenis yang digemari masyarakat maka keberadaannya juga terancam kepunahan. Bahkan sejak tahun 1990-an kayu ini sudah dinyatakan sebagai kayu langka. Dengan berbagai pertimbangan untuk mempertahankan keberadaan ramin maka jenis ramin ini diusulkan untuk dimasukkan ke dalam Appendix III CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) dengan *zero quota*, dan disetujui oleh CITES sehingga dinyatakan moratorium penebangan dan perdagangan ramin di Indonesia pada tahun 2001.

Menurut beberapa kajian dinyatakan bahwa di Indonesia diperkirakan terdapat sekitar 10 (sepuluh) jenis ramin yaitu *Gonystylus affinis* A.Shaw, *G. brunnescens* A.Shaw, *G. confusus* A.Shaw, *G. forbesii* Gilg, *G. keithii* A.Shaw, *G. macrophyllus* A.Shaw, *G. maingayi* Hk.f, *G. velutinus* A.Shaw, *G. xylocarpus* A.Shaw dan *G. bancanus* (Miq.) Kurz. Ramin merupakan nama yang ditujukan untuk jenis: *G. xylocarpus* A.Shaw, *G. velutinus* A.Shaw dan *Gonystylus bancanus* (Miq.) Kurz. Jenis-jenis *G. affinis* A.Shaw dan *G. forbesii* Gilg sering disebut sebagai kayu minyak.

Ramin yang paling banyak diperdagangkan di dunia internasional merupakan *Gonystylus bancanus* (Miq.) Kurz.

Saat ini jenis ramin diduga dapat ditemukan di kawasan hutan di Pulau Sumatera, Kepulauan selat Karimata dan Kalimantan. Di Sumatera ramin pernah teridentifikasi di Riau, Bangka Belitung, pesisir timur Pulau Sumatera dan sepanjang Sungai Musi di Pulau Sumatera. Di Pulau Kalimantan ramin diduga menyebar di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan

Di Pulau Sumatera, khususnya Provinsi Riau dan Jambi, kawasan yang teridentifikasi memiliki tegakan pohon ramin antara lain hutan Lindung Giam-Siak Kecil, Suaka Margasatwa Danau Bawah dan Danau Pulau Besar, Suaka Margasatwa Tasik Belat, Suaka Margasatwa Tasik Sekap, Suaka Margasatwa Bukit Batu dan Taman Nasional Berbak di Provinsi Jambi. Di beberapa kawasan hutan produksi yang dikelola oleh perusahaan kehutanan diduga masih terdapat tegakan ramin dalam jumlah yang relatif kecil.

Di Pulau Kalimantan ramin dapat ditemukan di Taman Nasional Tanjung Puting, DAS Sebangau dan DAS Mentaya (Kalimantan Tengah), sementara di Provinsi Kalimantan Barat, tegakan jenis ramin dapat dijumpai di Kabupaten Sambas, Cagar Alam Mandor, Cagar Alam Muara Kaman, Taman Buru Gunung Nyiut, Suaka Margasatwa Pleihari Martapura, Taman Nasional Danau Sentarum dan Taman Nasional Gunung Palung.

Ramin ini tumbuh baik pada tanah podsolik, tanah gambut dan tanah lempung berpasir kuarsa. Secara fisik ramin merupakan jenis pohon dengan bentuk batang umumnya lurus dan tingginya mencapai 45 m, dimana tinggi bebas cabangnya mencapai 20 – 25 m (Samingan, 1980; Wiroatmodjo, 1975). Hal lain yang mencirikan jenis ramin adalah mengeluarkan getah dan gatal bila mengenai kulit sehingga pohon ini juga dinamakan kayu miang.

Selain sebagai tempat tumbuh berbagai jenis vegetasi hutan rawa gambut, ekosistem gambut juga berfungsi sebagai pengatur tata air sehingga daerah di sekitarnya dapat tercegah dari intrusi air laut di musim kemarau dan terhindar dari banjir pada saat musim penghujan. Hutan gambut juga mempunyai peran

yang cukup besar sebagai penyimpan karbon serta menjadi habitat dari flora dan fauna yang dilindungi seperti harimau, buaya, ikan arwana dan kayu ramin. Saat ini pada ekosistem gambut, tipe hutan rawa gambut (*peat swamp forest*) merupakan salah satu tipe hutan tropis yang mendapat ancaman degradasi kualitas lingkungan cukup besar.

2.2. Metode Inventarisasi Hutan

Metode inventarisasi hutan dapat dilihat berdasarkan obyek atau sarana yang digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan kegiatan inventarisasi hutan dan teknik pengambilan unit contoh dalam kegiatan inventarisasi hutan tersebut.

A. Metode berdasarkan sarana yang digunakan

Metode ini dapat dilakukan dengan 3 (tiga) cara pendekatan yaitu:

- a. Metode inventarisasi hutan secara terestris (*terrestrial forest inventory*), dimana kegiatan pengukuran dan pengamatan langsung dilakukan di lapangan (*direct forest inventory*).
- b. Metode inventarisasi hutan dengan penginderaan jauh (*remote sensing forest inventory*), dimana kegiatan pengukuran dan pengamatan dilaksanakan secara tidak langsung (*indirect forest inventory*) menggunakan sarana bantu berupa potret udara maupun citra satelit.
- c. Metode kombinasi atau gabungan antara inventarisasi hutan secara terestris dengan inventarisasi hutan melalui penginderaan jauh, baik dengan cara *stage sampling* maupun dengan cara *phase sampling*.

Beberapa kelebihan dan kekurangan yang dimiliki masing-masing metode atau cara inventarisasi hutan tersebut di atas, antara lain adalah:

- a. Metode terestris
 - Cocok untuk luasan yang relatif kecil (*small areas*) dengan hasil penaksiran lebih akurat, dapat kontak langsung dengan obyeknya, sehingga dapat melihat situasi dan kondisi sebenarnya dari obyek.

- Untuk luasan yang besar (*large areas*) memerlukan waktu dan dana yang besar. Selain itu, kemungkinan akan mendapatkan banyak macam kesalahan, terutama yang disebabkan *non sampling error*, antara lain yang cenderung besar pengaruhnya adalah akibat kelelahan tenaga ukur (*human error*).
- b. Metode penginderaan jauh (*remote sensing*)
- Dibandingkan dengan metode terestris, ketelitian yang diperoleh relatif lebih rendah.
 - Metode ini cocok untuk luasan yang besar, pengukuran dapat dilakukan lebih cepat, kebutuhan tenaga lebih sedikit, sehingga *human error* dapat dikurangi.
- c. Metode kombinasi terestris dan penginderaan jauh
- Untuk luasan yang relatif besar, metode ini lebih banyak disukai karena dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi kegiatan.
 - Data yang diperoleh lebih teliti dengan jumlah tenaga, biaya dan waktu yang diperlukan relatif sedikit.
 - Hasil yang diperoleh cenderung setara dengan pengukuran yang semata-mata menggunakan metode terestris.

B. Metode pengambilan unit contoh

Metode pengambilan unit contoh dalam kegiatan inventarisasi hutan (*sampling techniques for forest inventory*) dikenal secara umum ada dua bentuk teknik sampling, yaitu teknik sampling acak (*random sampling techniques*), dan teknik sampling sistematis (*systematic sampling techniques*).

Teknik sampling secara acak dapat dilakukan, baik tanpa stratifikasi (*simple random sampling*), yaitu apabila populasi yang diukur adalah kondisinya relatif homogen, maupun dengan cara stratifikasi (*stratified random sampling*), yaitu apabila populasi yang diukur kondisinya heterogen. Sedangkan teknik sampling sistematis dilakukan dengan pemilihan unit contoh pertama secara acak dan

pemilihan unit contoh berikutnya dilakukan secara sistematis (*systematic sampling with random start*) dan dapat dilakukan baik tanpa stratifikasi (*simple systematic sampling with random start*) maupun dengan stratifikasi (*stratified systematic sampling with random start*).

Metode pengambilan contoh ini dapat dikembangkan pula menjadi berbagai metode, yaitu antara lain *sampling bertahap (phase sampling)* dan *sampling bertingkat (stage sampling)*.

Pada metode *sampling bertahap (phase sampling)*, umumnya digunakan untuk menduga karakteristik dari suatu populasi yang didasarkan pengukuran unit contoh pada dua *phase* atau lebih. Pengukuran karakteristik populasi pada *phase* pertama dilakukan dengan pendugaan secara kasar, sehingga ketelitiannya lebih rendah dibandingkan dengan pengukuran karakteristik pada *phase* berikutnya. Pengukuran karakteristik pada *phase* terakhir dilakukan dengan mengusahakan agar ketelitian yang diperoleh cukup tinggi. Jumlah unit contoh yang dipilih pada *phase* pertama jauh lebih besar dibandingkan dengan banyaknya unit contoh pada *phase* berikutnya. Teknik *sampling* yang termasuk pada metode *phase sampling*, antara lain adalah *double sampling* dan *list sampling (a priori list sampling dan a posteriori list sampling)*.

Metode *sampling bertingkat (stage sampling)* digunakan untuk menduga karakteristik dari suatu populasi yang didasarkan pengukuran secara bertingkat. Pada pengukuran tingkat pertama, dilakukan pemilihan unit contoh pada populasi. Unit contoh yang terpilih pada tingkat pertama, dinyatakan sebagai unit contoh primer (*primary sampling unit*). Pada unit contoh primer yang terpilih tersebut dilakukan pemilihan sejumlah unit contoh sekunder (*secondary sampling unit*). Jumlah unit contoh sekunder dipilih lebih kecil dari jumlah unit contoh primer dan seterusnya pada unit contoh sekunder yang terpilih dilakukan pemilihan unit contoh tertier. Jumlah unit contoh tertier lebih kecil dari jumlah unit contoh sekunder. Jika pendugaan populasi dilakukan dengan banyak tingkat, disebut *multi stage sampling*.

2.2.1. Perkembangan metode inventarisasi

Sebagaimana diuraikan di atas, secara teknis pendugaan sediaan tegakan dapat dilakukan dengan salah satu dari ketiga metode berikut yaitu (1) metode terestris, (2) metode penginderaan jauh dan (3) kombinasi antara metode terestris dan metode penginderaan jauh. Masing-masing metode mempunyai beberapa keunggulan dan keterbatasan. Metode terestris umumnya memberikan hasil yang relatif lebih teliti dan lebih akurat dibandingkan metode lainnya. Akan tetapi, untuk cakupan areal yang lebih luas, metode terestris ini umumnya tidak efisien karena timbulnya kesalahan-kesalahan dalam pengukuran, baik yang disebabkan oleh cara pengukurannya (*measurement error*) maupun yang disebabkan oleh pengukurnya (*human error*) yang relatif lebih besar. Di lain pihak, metode penginderaan jauh umumnya memberikan keunggulan biaya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan metode terestris dan sangat cocok untuk luasan areal yang relatif besar. Namun demikian, akurasi dari metode yang mengandalkan teknik ini umumnya relatif lebih rendah. Dengan memperhatikan keunggulan dan keterbatasan dari 2 metode yang telah disebutkan terdahulu, maka metode inventarisasi hutan dengan mengkombinasikan metode penginderaan jauh dan survei terestris menjadi sebuah pilihan, dengan harapan mendapatkan data dan informasi yang relatif lebih teliti, sementara dapat menekan biaya serta cocok untuk luasan yang relatif besar.

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 detil tidak ada maka metode penarikan contoh ganda (*double sampling* atau *two phase sampling*) menjadi sangat efisien (Sudjiatmiko, 1998). Penggunaan metode *double sampling* ini cenderung lebih efisien apabila biaya pengukuran peubah pada fase pertama lebih murah dan lebih cepat dibandingkan dengan fase kedua. Oleh karenanya sebagai pertimbangan dalam penentuan metode inventarisasi sediaan tegakan ramin di hutan rawa gambut maka dilakukan juga pengkajian efisiensi penerapan teknik pengambilan contoh ganda di hutan alam dengan menggunakan citra satelit ALOS AVNIR dan SPOT.

2.2.2. Penggunaan citra satelit untuk inventarisasi hutan

Data penginderaan jauh (*remote sensing*) dengan citra satelit dapat digunakan untuk:

- a. Mendeteksi hutan rawa gambut yang terbakar dengan menggunakan metode rasio dan NDVI.
- b. Citra SAR band L dapat digunakan untuk mendeteksi deforestasi dan mendeteksi banjir yang terjadi di sekitar sungai.
- c. Teknologi satelit dapat digunakan untuk mengklasifikasi tutupan hutan.
- d. JERS-1 dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan tutupan hutan lahan gambut.
- e. Penggunaan ALOS PALSAR dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi vegetasi hutan rawa gambut.
- f. Citra satelit resolusi sedang dan resolusi tinggi dapat digunakan untuk menduga volume tegakan pada hutan tropis (Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, Papua, dan lain-lain).
- g. Untuk menduga volume tegakan jati dan pinus di Jawa.

2.3. Metode Inventarisasi Ramin di Hutan Rawa Gambut

Ekosistem gambut merupakan salah satu ekosistem yang unik. Gambut umumnya terletak di dataran rendah, di antara dua buah sungai besar dengan puncak kubah (*dome*) di bagian tengahnya. Ekosistem gambut ini biasanya ditandai dengan adanya genangan air yang berwarna coklat kehitaman sehingga disebut juga “ekosistem air hitam” dan kaya dengan berbagai jenis ikan. Lapisan bawahnya tersusun atas timbunan bahan organik mati yang terawetkan selama ribuan tahun, sedangkan lapisan atasnya sebagai habitat berbagai jenis tumbuhan dan satwa liar.

Luas hutan gambut tropis di Indonesia merupakan yang terbesar di dunia yaitu sekitar 21 juta ha atau 50% dari total lahan gambut tropis dunia yang luasnya diperkirakan 40 juta ha. Sebagian besar hamparan gambut ini berada di dataran rendah pantai. Berdasarkan luasnya, gambut terluas di Indonesia terdapat di Papua yaitu 7,97 juta ha (Wetland Internasional, 2006), selanjutnya disusul Sumatera seluas 7,20 juta ha (Wetland International, 2004) dan Kalimantan seluas 5,77 ha (Wetland International, 2003). Hanya sebagian tersebar di Jawa yaitu di Rawa Danau (Serang), Halmahera, dan Sulawesi.

Umumnya aksesibilitas pada hutan rawa gambut (*peat swamp forest*) adalah rendah, sehingga kegiatan inventarisasi secara terestris pada hutan rawa gambut ini membutuhkan biaya tinggi (*high cost*) sehingga data dan informasi tentang sifat-sifat tanah gambut untuk mendukung pertumbuhan ramin secara optimal sampai saat ini belum banyak diketahui.

Cara pengambilan data yang dilakukan pada inventarisasi ramin untuk analisa vegetasi dilakukan dengan cara jalur berpetak dengan arah jalur dimulai dari pinggir sungai dan tegak lurus menjauhi sungai. Penentuan awal jalur dilakukan secara *purposive sampling*. Di dalam jalur analisis dibuat petak-petak ukur dengan jarak tertentu dan di dalam petak ukur dibentuk empat sub-plot, yaitu sub plot berukuran 2 m x 2 m untuk pengukuran jumlah dan jenis permudaan tingkat semai (*seedling*), sub-plot berukuran 5 m x 5 m untuk pengukuran jumlah dan jenis permudaan tingkat pancang (*sapling*), sub plot berukuran 10 m x 10 m untuk pengukuran tinggi dan diameter pohon serta jenis permudaan tingkat tiang (*poles*) dan sub-plot berukuran 20 m x 20 m untuk pengukuran tinggi dan diameter pohon serta jenis pada tingkat pohon.

Ramin diduga mulai dapat ditemukan pada ketebalan gambut 120 cm sampai ketebalan gambut lebih dari 600 cm. Semakin tebal lapisan gambut diduga semakin banyak ramin ditemukan. Pada ketebalan gambut 120 – 500 cm, jenis kayu ramin belum termasuk dominan, sedang pada ketebalan gambut > 500 cm pohon ramin termasuk jenis yang dominan. Selain itu penyebaran ramin pada gambut dalam (> 500 cm) mempunyai pola penyebaran yang seragam (*uniform*),

sedangkan pada gambut yang dangkal (< 500 cm) mempunyai pola penyebaran acak (*random*).

Dalam teknik inventarisasi ramin menggunakan kombinasi penginderaan jauh dan survei terestris, dilakukan pula analisis stratifikasi dan analisis struktur tegakan ramin. Analisis stratifikasi untuk melihat posisi ramin dibandingkan jenis lain dalam suatu komunitas baik secara vertikal maupun horizontal. Dalam stratifikasi tajuk, pohon ramin biasanya menempati stratum A, tetapi bukan merupakan pohon yang tertinggi. Pohon ramin berada dibawah tajuk pohon meranti batu (*Shorea uliginosa*) dan kempas (*Kompasia malaccensis*). Analisis struktur tegakan tersebut adalah untuk melihat hubungan antara jumlah batang rata-rata per hektar (N/ha) dengan kelas-kelas diameter.

Penggunaan teknologi penginderaan jauh dalam inventarisasi ramin sampai saat ini tidak dapat (belum dapat) dilakukan secara khusus untuk mengenali jenis ramin, melainkan hanya dapat dilakukan melalui pendeteksian keberadaan ekosistem hutan rawa gambut yang merupakan habitat dari jenis ramin.

Pendugaan *sediaan tegakan* hutan alam, termasuk hutan rawa gambut, yang merupakan habitat ramin, telah dilakukan oleh Badan Planologi Kehutanan, Departemen Kehutanan dengan menggunakan citra satelit resolusi tinggi secara akurat, tetapi juga belum mampu secara khusus untuk menduga *sediaan tegakan* ramin. Pendugaan ini dilakukan dengan kombinasi cara pengukuran pada citra satelit dan pengukuran di lapangan. Untuk mendapatkan pendugaan potensi ramin perlu pengembangan metode yang dapat dilakukan pada areal hutan yang aksesibilitasnya masih sulit dengan biaya yang relatif cukup rendah (Departemen Kehutanan, 2007).

Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala (IHMB) yang dilaksanakan oleh Direktorat Jenderal Bina Produksi Kehutanan, Departemen Kehutanan dengan salah satu tujuannya adalah untuk mengetahui *sediaan tegakan* hutan pada unit-unit manajemen (IUPHHK-HA dan IUPHHK-HT) menggunakan teknik inventarisasi secara terestris. Teknik inventarisasi ini berbasis pada petak (*compartment*), sehingga *sediaan tegakan* pada setiap petak akan dapat diketahui.

Untuk ekosistem hutan rawa gambut yang berada pada unit manajemen (IUPHHK-HA atau IUPHHK-HT), maka dengan sendirinya akan dapat diketahui sediaan tegakan jenis kayu ramin yang berada di dalam areal tersebut, baik untuk tingkat permudaan, pancang dan pole maupun untuk sediaan tegakan tingkat pohon ramin. Untuk areal hutan di luar IUPHHK-HA dan IUPHHK-HT perlu dilakukan inventarisasi tersendiri.

2.4. Pengembangan Metode Inventarisasi di Hutan Rawa Gambut

2.4.1. Dasar pemikiran

Dengan mengacu pada hasil inventarisasi jenis kayu ramin pada hutan rawa gambut yang pernah dilaksanakan dan pemikiran-pemikiran dalam kegiatan pengelolaan jenis kayu ramin dapat diketahui bahwa:

1. Aksesibilitas di hutan rawa gambut, yang merupakan habitat jenis kayu ramin (*Gonystylus bancanus* Kurz) adalah sangat rendah.
2. Jenis kayu ramin merupakan salah satu jenis kayu yang termasuk ke dalam Appendix II CITES, yang perlu dijaga kelestarian dan konservasinya.
3. Jenis kayu ramin dijumpai mulai pada kedalaman tanah gambut 120 cm, dan makin dalam tanah gambut, ramin makin banyak dijumpai, dalam pengertian jumlah pohon ramin per ha semakin besar.
4. Informasi tentang sifat-sifat tanah gambut untuk mendukung pertumbuhan ramin secara optimal sampai saat ini belum banyak diketahui.
5. Untuk keperluan perencanaan pengelolaan jenis kayu ramin serta untuk tujuan konservasinya, data dan informasi tentang ramin adalah mutlak diperlukan, antara lain sediaan tegakan dan penyebaran ramin pada ekosistem hutan gambut.
6. Kelestarian kayu ramin akan dipengaruhi juga oleh kelestarian dari hutan rawa gambut.

Penggunaan citra satelit dalam inventarisasi hutan dapat dipertimbangkan karena beberapa hal berikut:

1. Citra satelit dapat digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan hutan termasuk di dalamnya untuk klasifikasi vegetasi hutan rawa gambut dan mendeteksi perubahan hutan rawa gambut.
2. Citra satelit resolusi sedang dan resolusi tinggi dapat digunakan untuk menduga volume tegakan pada hutan tropis.
3. Metode kombinasi atau gabungan antara inventarisasi hutan secara terestris dengan inventarisasi hutan melalui penginderaan jauh, dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi kegiatan, hasilnya cukup teliti dengan jumlah tenaga, biaya dan waktu yang diperlukan relatif sedikit.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka untuk melakukan inventarisasi ramin di hutan rawa gambut disarankan menggunakan metode kombinasi antara penggunaan citra satelit dengan metode terestris, baik dengan metode *stage sampling*, maupun dengan metode *phase sampling*.

2.4.2. Metode penyusunan model penduga sediaan tegakan ramin

Untuk menyusun model pendugaan sediaan tegakan ramin digunakan teknik sampling bertingkat (*stage sampling*). Dalam hal ini dipilih teknik sampling tiga tingkat (*three stage sampling*). Pada citra satelit resolusi sedang pengambilan unit sampel utama ditujukan untuk melakukan klasifikasi hutan rawa gambut (menggunakan landsat). Pengukuran unit sampel sekunder dilakukan pada citra satelit resolusi tinggi. Pada citra satelit resolusi tinggi dilakukan pengukuran-pengukuran peubah tegakan pada hutan rawa gambut, yaitu: kerapatan tajuk (*crown density; C*); diameter tajuk (*crown diameter; D*) dan jumlah pohon per hektar; *N*). Pengukuran unit sampel tersier dilakukan secara terestris atau pengukuran lapangan pada hutan rawa gambut yang lokasinya sesuai dengan klaster yang diukur pada citra satelit resolusi tinggi (pada *secondary sampling unit*). Peubah-peubah (*variables*) yang diukur antara lain yaitu diameter tajuk (D_c),

diameter pohon (D), tinggi pohon (H), volume pohon (V), dan volume tegakan (V_{teg}).

Pengukuran peubah-peubah tegakan di lapangan (secara terestris), adalah dilakukan pada lokasi klaster yang telah ditetapkan pada citra satelit (*secondary sampling unit*). Titik awal pengukuran di lapangan dipilih secara *purposive*, yaitu dimulai pada titik dimana jenis ramin mulai dapat ditemukan.

Hasil pengukuran peubah-peubah pada citra satelit dan hasil pengukuran terestris dianalisa, dengan menggunakan analisis regresi, terhadap model-model yang direncanakan. Model-model yang dipilih berdasarkan pada fungsi hubungan peubah-peubah (*variables*) yang diukur pada citra satelit dan yang diukur di lapangan. Fungsi hubungan yang dimaksud antara lain adalah:

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

$$V_{teg_c} = f(C)$$

$$V_{ramin} = f(V_{teg_c})$$

Dimana:

$$V_{teg_c} = \text{Volume tegakan di citra (m}^3/\text{ha)}$$

$$C = \text{Kerapatan tajuk citra (\%)}$$

$$D = \text{Diameter pohon di lapangan (m)}$$

$$H = \text{tinggi pohon (m)}$$

$$f = \text{angka bentuk pohon rata-rata (f = 0,65)}$$

$$V_{ramin} = \text{Volume tegakan ramin (m}^3/\text{ha)}$$

$$V_{teg_f} = \text{volume tegakan terestris (m}^3/\text{ha)}$$

$$V_{teg_f} = V_{plot}/\text{Luas plot (m}^3/\text{ha)}$$

$$V_{plot} = \sum_{i=1}^n V_i$$

$$V_i = \text{volume pohon (m}^3\text{)}$$

$$n = \text{jumlah pohon dalam plot}$$

Kerapatan tajuk (C) dibuat dalam kelas-kelas yang relatif cukup rapat atau lebar kelas yang sempit. Hasil analisa diharapkan dapat menghasilkan model penduga sediaan tegakan ramin pada hutan rawa gambut berdasarkan peubah-peubah yang diukur pada citra. Model penduga tersebut diterjemahkan dalam bentuk Tabel Volume Citra Satelit untuk jenis kayu ramin, yang diharapkan dapat digunakan untuk seluruh areal hutan rawa gambut.

2.4.3. Metode pendugaan sediaan tegakan jenis kayu ramin

Untuk menduga sediaan tegakan (*standing stock*) jenis kayu ramin digunakan teknik sampling bertahap (*phase sampling*). Dalam hal ini dipilih teknik sampling dua tahap (*two phase sampling*) atau disebut juga dengan *double sampling*. Pada citra satelit resolusi tinggi dibuat klaster-klaster yang dibuat secara sistematis yang dipilih sedemikian rupa (*purposive*) dengan arah tegak lurus terhadap aliran sungai menuju ke arah daratan. Klaster yang dibuat pada teknik sampling dua tahap (*double sampling*) ini adalah klaster yang sama yang digunakan pada teknik sampling untuk menyusun model penduga potensi kayu ramin (*stage sampling*) yang telah diuraikan di atas.

Seluruh klaster yang dibuat pada citra resolusi tinggi, diduga dengan menggunakan model penduga yang telah disusun sebelumnya. Dari sejumlah klaster yang dibuat pada citra satelit resolusi tinggi dan telah ditaksir sediaan tegakannya, dipilih beberapa klaster (klaster yang dipilih lebih sedikit dari klaster yang telah dibuat) untuk dilakukan pengukuran sediaan volume tegakan hutan rawa gambut di lapangan, melalui pengukuran-pengukuran terhadap peubah-peubah sediaan tegakannya. Dari hasil pengukuran sediaan tegakan hutan rawa gambut dari klaster-klaster pada citra satelit resolusi tinggi dan pengukuran sediaan tegakan yang sama di lapangan terhadap klaster-klaster terpilih, maka diperoleh pasangan data hasil pengukuran pada citra satelit dan hasil pengukuran di lapangan.

Data hasil pengukuran pada citra satelit dan hasil pengukuran lapangan dianalisis dengan analisis regresi, baik regresi linier maupun regresi berganda. Berdasarkan

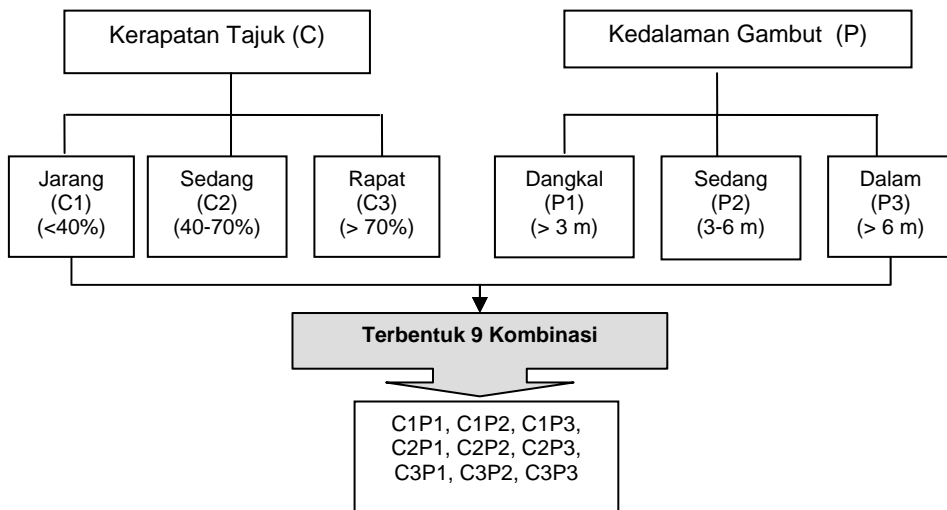
regresi yang diperoleh maka dapat digunakan untuk menduga sediaan tegakan hutan ramin atau untuk menduga sediaan kayu ramin dalam tegakannya.

2.5. Tahapan Pelaksanaan Inventarisasi

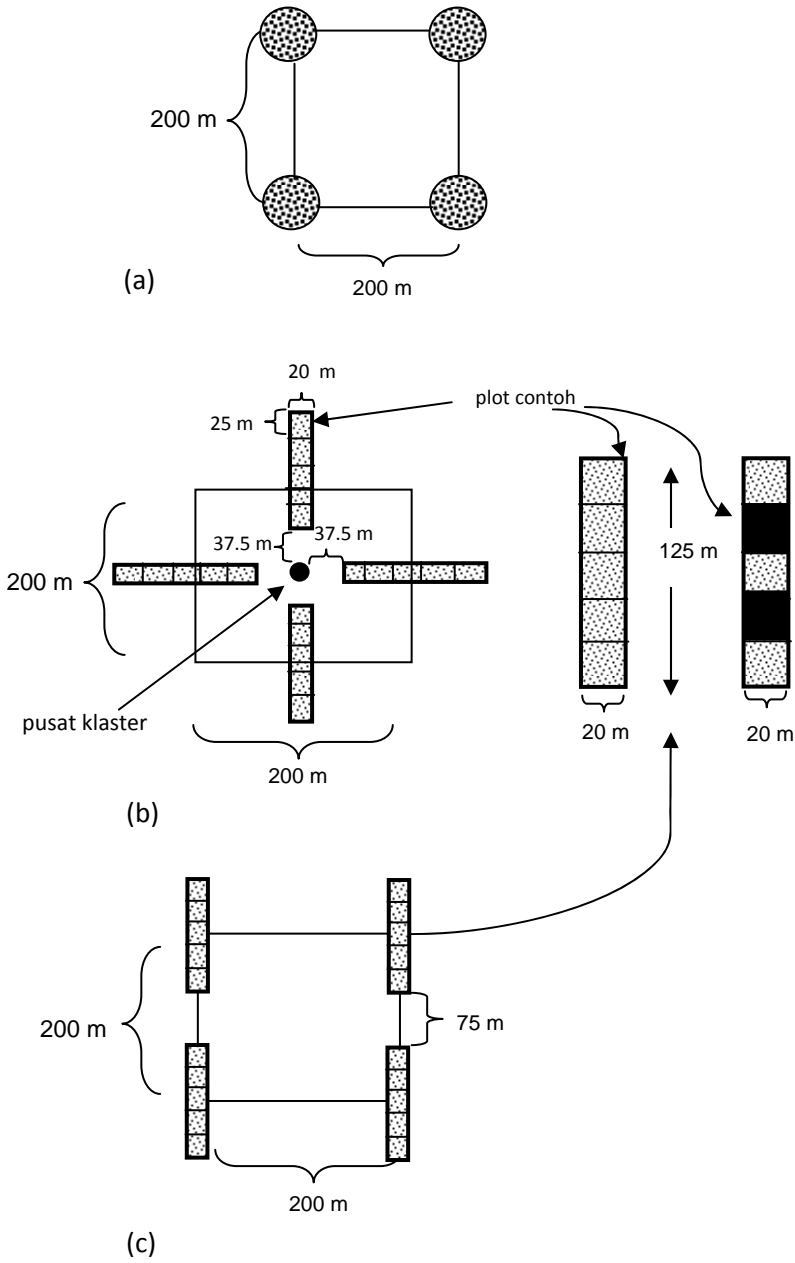
2.5.1. Pembuatan rencana bagan sampling

Data hasil pengukuran akan diolah dan dianalisis secara statistik dengan menggunakan teknik penarikan contoh (*sampling tehniqe*) maka perlu dibuat suatu rencana sampling berupa bagan sampling. Pembuatan bagan sampling ini juga mempertimbangkan sebaran peta kerapatan tajuk dan kedalaman gambut. Sebaran tersebut merupakan kombinasi antara 3 (tiga) kelas kerapatan tajuk tegakan (jarang, sedang dan rapat) dan 3 (tiga) tipe kedalaman gambut (< 3 m, 3 - 6 m, dan > 6 m) sehingga terdapat 9 (sembilan) kombinasi tipe (Gambar 1).

Ada dua bentuk plot contoh sebagai elemen klaster yang digunakan dalam kegiatan ini, yaitu plot contoh berbentuk lingkaran (*circular plot*) dengan luas 0,1 ha dengan jarak antar plot dalam klaster 200 x 200 m dan plot contoh berbentuk empat persegi panjang (*rectangular plot*) berukuran 20 m x 125 m. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



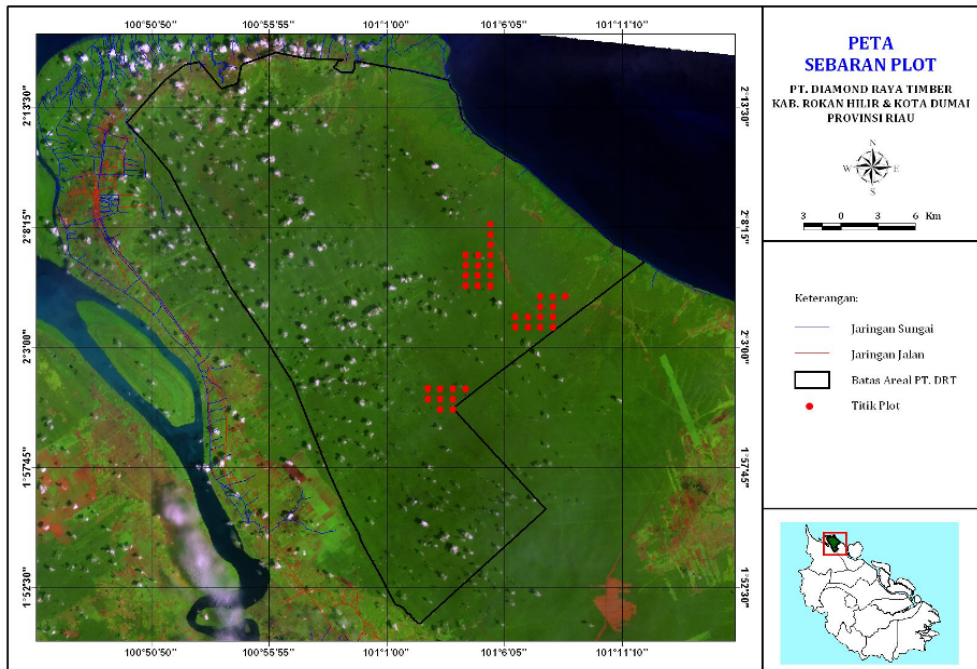
Gambar 1. Kombinasi antara kerapatan tajuk dan kedalaman gambut.



Gambar 2. Bentuk plot contoh sebagai elemen kluster di lapangan (a) lingkaran, (b dan c) empat persegi panjang.

2.5.2. Interpretasi citra

Kegiatan ini menggunakan citra satelit Landsat 7 TM untuk menduga lokasi lahan basah. Sedangkan citra ALOS AVNIR digunakan sebagai estimasi sediaan volume tegakan menggunakan peubah kerapatan tajuk tegakan (C), yang diamati pada setiap klaster yang berukuran 4,0 ha. Interpretasi tersebut menggunakan metode visual dengan kombinasi band 341.



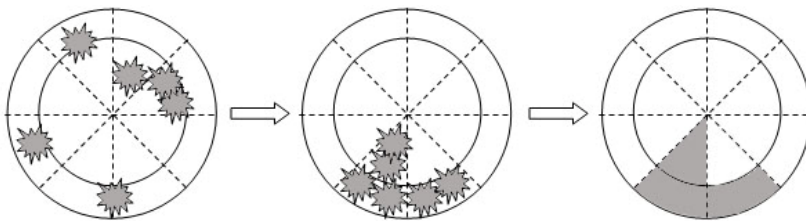
Gambar 3. Sebaran klaster di wilayah hutan rawa gambut PT. Diamond Raya Timber.

Agar lebih detail dalam menginterpretasi kerapatan tajuk, maka setiap klaster 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 tertutup tajuk dengan seluruh areal klaster seperti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kerapatan tajuk tegakan melalui citra satelit

No	Rasio Kerapatan	Nilai C (%)	No	Rasio Kerapatan	Nilai C (%)
1	1/16	6,25	9	9/16	56,25
2	2/16	12,5	10	10/16	62,50
3	3/16	18,75	11	11/16	68,75
4	4/16	25,0	12	12/16	75,0
5	5/16	31,25	13	13/16	81,25
6	6/16	37,5	14	14/16	87,50
7	7/16	43,75	15	15/16	93,75
8	8/16	50,0	16	16/16	100,0

Secara visual, tahap interpretasi menggunakan metode *tree cramming* tersebut disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tahap interpretasi kerapatan tajuk dengan metode *Tree Cramming*.

2.5.3. Pengumpulan data di lapangan

Kegiatan pengumpulan data di lapangan untuk mengumpulkan beberapa data peubah dimensi pohon dan tegakan sebagai berikut:

(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*).

(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). Dalam pengukuran diameter tajuk ini diperhatikan posisi tajuk yang terlebar sebagai patokan awal.

(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. Tinggi yang diukur mencakup :

- a. Tinggi total yaitu tinggi sampai dengan puncak tajuk;
- b. Tinggi bebas cabang.

(iv) Pengukuran volume pohon berdiri dan volume tegakan

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

$$V_i = 1/4 \times \pi \times D^2 \times H \times f$$

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

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

Volume tegakan per hektar berdasarkan volume tegakan per plot contoh dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{\text{teg}} = V_t/L$$

Dimana:

V_i = volume pohon ke- i (m^3)

V_t = volume tegakan dalam plot contoh (m^3)

V_{teg} = Volume tegakan per hektar (m^3/ha)

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

D = diameter setinggi dada (m)

H = tinggi bebas cabang (m)

L = Luas plot contoh (ha)

f = angka bentuk (*form factor*) = 0,60

n = banyaknya pohon dalam plot contoh

2.5.4. Penyusunan model penduga volume tegakan

Model penduga volume tegakan atau sediaan tegakan merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh pengaruh kesalahan individu pohon. Peubah-peubah yang dapat digunakan untuk menduga sediaan tegakan tersebut diantaranya adalah persen penutupan tajuk (C), diameter tajuk (D) dan jumlah pohon (N).

Secara matematis hubungan fungsi antara peubah-peubah yang diukur pada citra dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$V_T = f(C, D, N)$$

Regresi untuk menduga sediaan tegakan dapat menggunakan sebuah atau lebih peubah bebas. Regresi dengan sebuah peubah pada umumnya menggunakan tinggi rata-rata atau diameter tajuk rata-rata. Namun demikian, pada keadaan-keadaan tertentu peubah bebas persen penutupan tajuk rata-rata ternyata lebih baik. Untuk itu perlu melakukan pengujian terhadap korelasi antara peubah-peubah dalam regresi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa model penduga sediaan tegakan di hutan rawa melibatkan beberapa peubah, baik peubah yang diukur di lapangan

maupun peubah pada citra satelit. Dua peubah yang dapat digunakan dalam pembangunan model pendugaan sediaan tegakan, yaitu diameter tajuk (D) dan persen penutupan tajuk (C). Pengujian terhadap peubah penutupan tajuk (C) antara citra satelit dengan hasil pengukuran di lapangan memiliki korelasi dan konsistensi yang cukup baik. Untuk menghitung besarnya korelasi (r) antar peubah tersebut dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$r = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sqrt{\left(\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}\right) \left(\sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n}\right)}}$$

Suatu uji untuk menyatakan besarnya nilai r berada pada nilai ρ (koefisien korelasi populasi) tertentu yang diharapkan adalah melalui pengujian koefisien korelasi dengan *Uji Z-Fisher* (Walpole, 1993). Dalam uji Z-Fisher ini dilakukan transformasi nilai-nilai r dan ρ ke dalam Z-Fisher. Sutarahardja (1982) mensyaratkan bahwa nilai ρ harus lebih besar dari 0,7071 atau $\rho > 0,7071$ yang berarti jika $\rho > 0,7071$ maka hubungan antara kerapatan tajuk lapangan dan kerapatan tajuk citra dianggap cukup kuat. Jika $\rho > 0,7071$ artinya ρ^2 adalah $> 50\%$, artinya sekurang-kurangnya keragaman volume pohon yang disebabkan oleh pengaruh keragaman tajuk lapangan dapat dicakup oleh pengaruh keragaman kerapatan tajuk citra.

Hipotesis yang akan diuji:

$$H_0 : \rho \geq 0,7071$$

$$H_1 : \rho < 0,7071$$

Kriteria Uji:

$$Z_{hit} = \frac{(Z_r - Z_\rho)}{\tau_{zr}}$$

Dimana:

$$Z_\rho = 0.5 \times \ln \frac{1 + \rho}{1 - \rho} \quad Z_r = 0.5 \times \ln \frac{1 + r}{1 - r} \quad \tau_{zr} = \frac{1}{\sqrt{n - 3}}$$

Jika $Z_{hitung} < Z_{tabel}$ maka tolak H_0 , berarti antara peubah tidak bebas (Y) dan peubah bebas (X) memenuhi persyaratan yang diberikan yaitu mempunyai nilai $p > 0,707$ pada tingkat nyata tertentu, sehingga asumsi yang dimaksud terpenuhi.

Tujuan dari pembuatan regresi tersebut adalah untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan dalam menduga volume tegakan melalui citra satelit. Dimensi setiap peubah yang dipergunakan di atas dapat diperoleh, baik dengan cara melakukan pengukuran pada citranya atau menggunakan tabel-tabel dimensi yang sudah ada atau melakukan pengukuran di lapangan.

Model yang digunakan untuk menduga potensi tegakan melalui pendekatan regresi linier sederhana maupun berganda. Peubah tak bebas (*dependent variable*), dinotasikan dengan Y, yang digunakan adalah volume tegakan (m^3/ha) yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan. Sedangkan peubah bebas (*independent variable*), dinotasikan dengan X, yang digunakan adalah diameter (D) atau persen penutupan tajuk (C) yang diperoleh dari citra resolusi tinggi.

Model matematis untuk regresi linier sederhana adalah sebagai berikut:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i$$

dengan model penduganya adalah sebagai berikut:

$$y_i = a + b x_i + e_i$$

Nilai a dan b dalam persamaan di atas dihitung sebagai berikut:

$$b = \frac{JHK_{xy}}{JK_x}$$

$$JHK_{xy} = \sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}$$

$$JK_x = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

$$b = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

dimana: a = intercept regresi

b = koefisien regresi

Sedangkan model regresi linier berganda adalah regresi dengan dua atau lebih peubah bebas. Model penduga dari regresi linear berganda adalah sebagai berikut:

$$y_i = a + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + b_3X_{3i} + \dots + e_i$$

Secara umum kesahihan model dinilai melalui proses evaluasi model, yaitu proses verifikasi (*model criticism*) [Vanclay, 1994]. Verifikasi model mempertimbangkan ukuran-ukuran kebaikan model regresi [F_{hitung} , R^2 , $R^2_{adjusted}$, dan simpangan baku sisaan (s)] serta pemenuhan asumsi-asumsi dalam analisis regresi (normalitas sisaan, RMSE (*root mean square error*), χ^2 (*Khi-Square*), ϵ (bias), homoskedatisitas (*homoscedaticity*), serta ada tidaknya otokorelasi dan multikolinieritas).

2.5.5. Pemilihan model

Untuk memilih model-model yang terbaik untuk pendugaan sediaan tegakan maka ada beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Model penduga yang dibangun cukup sederhana dengan peubah-peubah tegakan yang mudah diukur pada citra serta peubah yang hasil pengukurannya relatif konsisten. Secara praktis, model-model ini akan mudah diaplikasikan untuk menduga sediaan tegakan.
2. Model terpilih adalah model yang juga mudah diaplikasikan menggunakan metode pendugaan sediaan tegakan.
3. Model terpilih memiliki koefisien determinasi (R^2) yang tinggi, simpangan baku (s) yang terendah dan regresi nyata yang diketahui dari hasil ANOVA.

2.5.6. Validasi model

Tahapan selanjutnya, model penduga sediaan tegakan terpilih atau terbaik yang sudah didapatkan pada masing-masing lokasi akan diuji validitasnya sebelum

model tersebut digunakan dalam kegiatan pendugaan sediaan tegakan. Kriteria penentuan kevalidan model menggunakan nilai simpangan agregat (SA), simpangan rata-rata (SR), *Root Mean Square Error* (RMSE), bias (e) dan uji beda nyata antara volume hasil pendugaan dengan volume sebenarnya melalui uji Chi-kuadrat (χ^2) atau *Chi-Square*.

Kriteria uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Nilai simpangan agregat

$$SA = \left(\frac{\sum V_{i(m)} - \sum V_{i(a)}}{\sum V_{i(m)}} \right)$$

2. Nilai simpangan rata-rata (Bustomi *et al.*, 1998)

$$SR = \left\{ \frac{\sum \left| \frac{V_{i(m)} - V_{i(a)}}{V_{i(m)}} \right|}{n} \right\} \times 100\%$$

3. *Root mean square error* (RMSE)

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum \left(\frac{V_{i(m)} - V_{i(a)}}{V_{i(a)}} \right)^2}}{n} \times 100\%$$

4. Bias (e)

$$e = \left[\sum \left\{ \frac{\left(\frac{V_{i(m)} - V_{i(a)}}{V_{i(a)}} \right)}{n} \right\} \right] \times 100\%$$

5. Uji beda nyata (Chi-Square)

$$\chi^2_{hitung} = \sum \frac{(V_{i(m)} - V_{i(a)})^2}{V_{i(a)}}$$

Dimana:

$V_i (m)$ = volume pohon hasil dari model

$V_i (a)$ = volume pohon hasil dari pengukuran lapangan

Dalam uji *Chi-Square*, hipotesa yang diuji adalah

$H_0 : V_m = V_a$

$H_1 : V_m \neq V_a$

Dengan kaidah keputusan sebagai berikut:

- a. Jika $\chi^2_{hit} < \chi^2_{tabel}$, maka H_0 diterima artinya volume yang diduga dengan model penduga volume yang disusun tidak berbeda nyata dengan volume sebenarnya. Artinya model terpilih cukup valid untuk dapat digunakan.
- b. Jika $\chi^2_{hit} > \chi^2_{tabel}$, maka H_1 diterima artinya volume yang diduga dengan model penduga volume yang disusun berbeda nyata dengan volume sebenarnya, sehingga model penduga yang telah disusun tidak valid untuk digunakan.

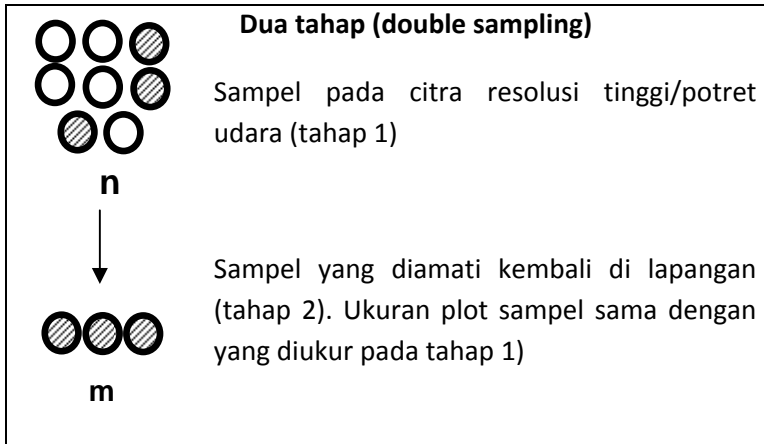
Model dikatakan valid harus memenuhi beberapa persyaratan validasi yaitu nilai simpangan agregat (SA) harus berkisar antara +1 dan -1, simpangan rata-rata (SR) tidak lebih dari 10%, *Chi-Square* terima H_0 , *RMSE* dan bias cukup rendah. Jika persyaratan tersebut di atas terpenuhi, maka model yang diuji adalah valid, sehingga dapat digunakan untuk menduga volume tegakan.

2.5.7. Efisiensi relatif pengambilan contoh *double sampling*

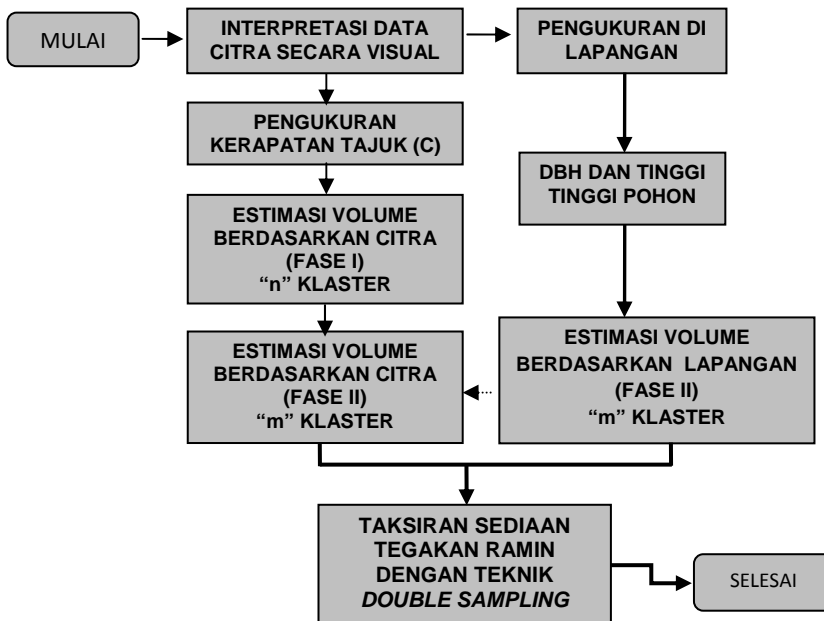
A. Pengambilan contoh *double sampling*

Pendugaan potensi tegakan menggunakan prinsip pengambilan contoh dua tahap (*two phase sampling*), yaitu yang dikenal juga sebagai *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 (Gambar 5). Dimana jumlah plot yang diukur

di lapangan pada fase kedua lebih sedikit dibanding yang diamati pada fase kedua ($m < n$).



Gambar 5. Metode dua tahap (*Double Sampling*)



Gambar 6. Tahapan analisis menggunakan *Double Sampling*.

B. Pembuatan model pengambilan contoh berganda

Hasil interpretasi di citra (m klaster) dan hasil pengukuran di lapangan (m klaster) (Gambar 6) digunakan untuk membentuk model regresi, baik regresi sederhana maupun regresi ganda. Secara matematis, persamaan regresi untuk teknik pengambilan contoh 2 fase 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 (fase kedua)

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

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

\hat{V}_{dslr} = rata-rata dugaan volume dari *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 = Koefisien regresi dari persamaan tersebut dihitung menggunakan metode kuadrat terkecil (*least squared method*), sebagai berikut:

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

Ragam dari pengambilan contoh ganda (Sv_{dslr}^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:

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

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:

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

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

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

C. Penentuan efisiensi relatif

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):

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

$$np = nf(R)$$

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

$$R = \frac{1}{\sqrt{\left[\left(\frac{1 - r^2}{r^2} \right) (C^c/C^f) \right]}}$$

Dimana:

R = rasio optimum antara jumlah plot contoh pada citra terhadap jumlah plot contoh 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 = $[S_y/\bar{y}] \times 100\%$

DSE = kesalahan sampling yang diharapkan (dalam desimal).

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

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

Jika tanpa memperhatikan biaya:

$$ER = \frac{S_{vf}^2 \cdot t_f}{S_{vdslr}^2 \cdot t_{dslr}}$$

Dimana:

t_f : waktu yang diperlukan dalam pengukuran lapangan (terestris)

t_{dslr} : waktu yang diperlukan dalam pengukuran dengan *double sampling*

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

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

Dimana:

CV = koefisien variasi (CV) terestris = $[S_{vf}/\sqrt{\bar{V}_{fm}}] \times 100\%$

DSE = kesalahan sampling yang diharapkan (*Desired Sampling Error*)

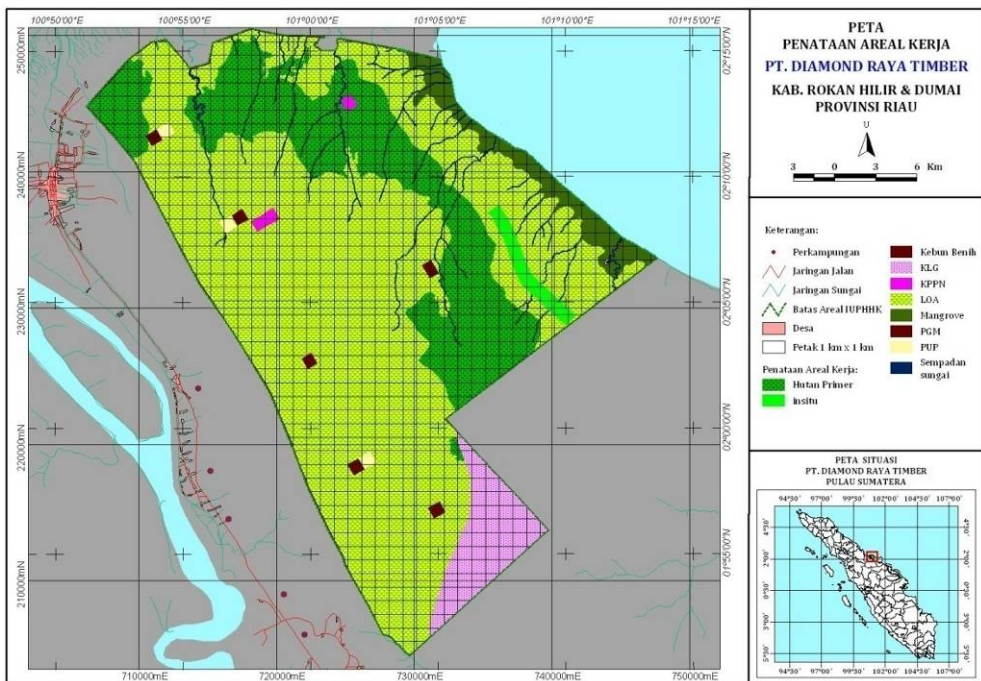
t = $t_{student} = 2$ (untuk $m \geq 20$).

3

UJI COBA TEKNIK INVENTARISASI SEDIAAN RAMIN DI HUTAN RAWA GAMBUT

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi kegiatan dilakukan di dua tempat di wilayah PT. Diamond Raya Timber Provinsi Riau dan Taman Nasional Sebangau Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 7. Areal kerja PT. Diamond Raya Timber.

Areal kerja PT. Diamond Raya Timber berada di Kabupaten Rokan Hilir dan Kota Dumai. Kondisi topografi areal IUPHHK PT. Diamond Raya Timber adalah terdiri dari dataran rendah pantai dan dataran dengan ketinggian 2–8 meter di atas permukaan laut yang pada umumnya merupakan daerah lahan basah tergenang air (rawa).

Areal kerja IUPHHK PT. Diamond Raya Timber yang secara administrasi berada di Kabupaten Rokan Hilir dan Kota Dumai yang terletak di bagian Timur DAS Sungai Rokan dengan beberapa sungai yang mengalir ke bagian Barat dan Selatan, Utara dan Timur (Selat Malaka). Untuk mencapai lokasi ini dapat ditempuh dari Pekanbaru menuju Dumai menggunakan jalan darat sejauh 245 km dan dilanjutkan ke base camp Senepis menggunakan jalan laut sejauh 48 km. Total waktu yang diperlukan lebih kurang 5 jam.

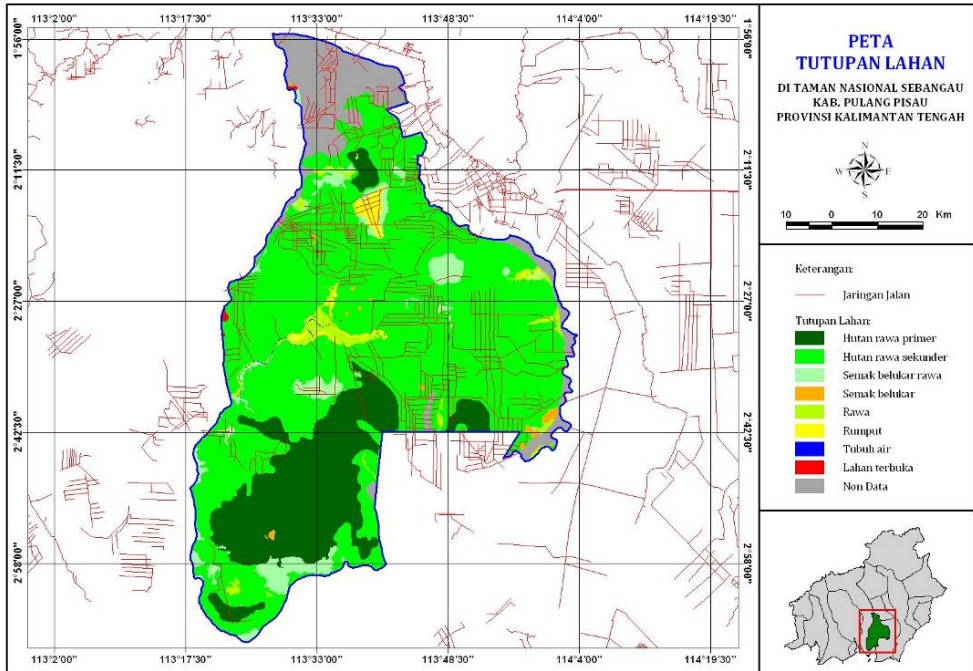
Area DRT merupakan tanah gambut yang memiliki kedalaman antara 2 m sampai lebih dari 8 meter. Berdasarkan hasil interpretasi citra landsat tahun 2007 area DRT terdiri dari hutan primer, hutan bekas tebangan, hutan mangrove, dan area tidak berhutan.

Lokasi yang kedua yaitu Taman Nasional Sebangau mempunyai karakteristik ekosistem yang unik ditinjau dari struktur dan jenis tanah, topografi, hidrologi, flora dan fauna. Taman Nasional Sebangau memiliki hutan rawa gambut dengan luas sementara 567.600 Ha (18,89% dari total hutan rawa gambut di Pulau Kalimantan) dengan kedalaman gambutnya mulai dari 3 meter sampai 12 meter.

Taman Nasional Sebangau merupakan kawasan hutan pada Kelompok Hutan Sebangau, yang terdiri dari Hutan Produksi Tetap dan Hutan Produksi yang dapat dikonversi, yang pada tahun 2004 ditunjuk oleh Menteri Kehutanan menjadi Taman Nasional Sebangau dengan luas ±568.700 hektar. TN. Sebangau terletak di Kabupaten Katingan, Kabupaten Pulang Pisau dan Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.

Kawasan Taman Nasional Sebangau merupakan perwakilan ekosistem rawa gambut di Provinsi Kalimantan Tengah yang relatif masih utuh. Kawasan ini mempunyai karakteristik ekosistem yang unik ditinjau dari struktur dan jenis tanah, topografi, hidrologi, flora dan fauna dengan kedalaman gambut mulai dari 3 meter sampai 12 meter. Kawasan ini juga merupakan habitat satwa langka orangutan (*Pongo pygmeus*) terbesar, yaitu sekitar 14% dari total populasi di Pulau Kalimantan.

Pengambilan contoh dilakukan di sekitar bagian hulu dan bagian hilir sungai Sebangau. Plot contoh bagian hilir dicapai dengan menggunakan *speed boat* selama 1,5 jam dari dermaga Kereng Bangkirai, sedangkan lokasi plot contoh bagian hulu ditempuh dalam waktu 1 jam dari dermaga Kereng Bangkirai.



Gambar 8. Wilayah Taman Nasional Sebangau, Provinsi Kalimantan Tengah.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan dalam kegiatan inventarisasi tegakan ramin adalah:

- Citra satelit resolusi sedang, yaitu Landsat 7 TM dan ALOS AVNIR;
- Citra resolusi tinggi, yaitu SPOT 5 Pankromatik;
- Peta RBI/Peta Topografi;
- Peta Tutupan Lahan dan Tipe hutan (Baplan);
- Peta Sebaran gambut (Wetlands Internasional);

- f. Laporan hasil survei lokasi yang ditaksir, baik survei vegetasi, tanah, geologi maupun survei lainnya;
- g. Peta Kerja Lapangan;
- h. Buku-buku yang mengupas lokasi contoh;
- i. Data dan informasi lain yang dapat dipergunakan sebagai referensi.

Sedangkan alat yang digunakan meliputi:

- 1. Piranti keras
 - a. Komputer PC Pentium 4, RAM 512MB, 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 aplikasi teknik inventarisasi ramin di hutan rawa gambut antara lain:

- a. Piranti lunak GIS ArcView versi 3.3 yang dilengkapi *plug-in* untuk membaca *file* citra dengan format ER Mapper versi 7.0 dan Erdas Imagine versi 8.7 dan 9.0;
 - b. Piranti lunak untuk pengolahan citra (ERDAS Imagine versi 8.7 dan 9.0);
 - c. Piranti lunak lainnya yang dianggap perlu yaitu pengolah data seperti SPSS dan Spreadsheet MS Excel.
3. Alat survei lapangan yang diperlukan adalah phi band, kompas, GPS, clinometer, meteran, tongkat bantu pengukur tinggi, kamera, dan alat tulis lainnya.

3.3. Tahapan Aplikasi

3.3.1. Deliniasi ekosistem ramin

Tegakan ramin secara ekologis tumbuh di tipe hutan rawa gambut (*peat swamp forest*) dan *freshwater swamp forest*, oleh karena itu berdasarkan peta sebaran gambut dan peta tutupan lahan hasil interpretasi citra landsat dipilih sebagai lokasi contoh pendugaan sediaan tegakan ramin adalah peat swamp forest di Sumatera yaitu PT. Diamond Raya Timber - Riau dan Taman Nasional Sebangau Kalimantan Tengah.

3.3.2. Penyediaan citra satelit

Hasil kajian penggunaan citra satelit untuk menduga potensi tegakan, menunjukkan bahwa kerapatan tajuk merupakan peubah penduga sediaan tegakan 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+.

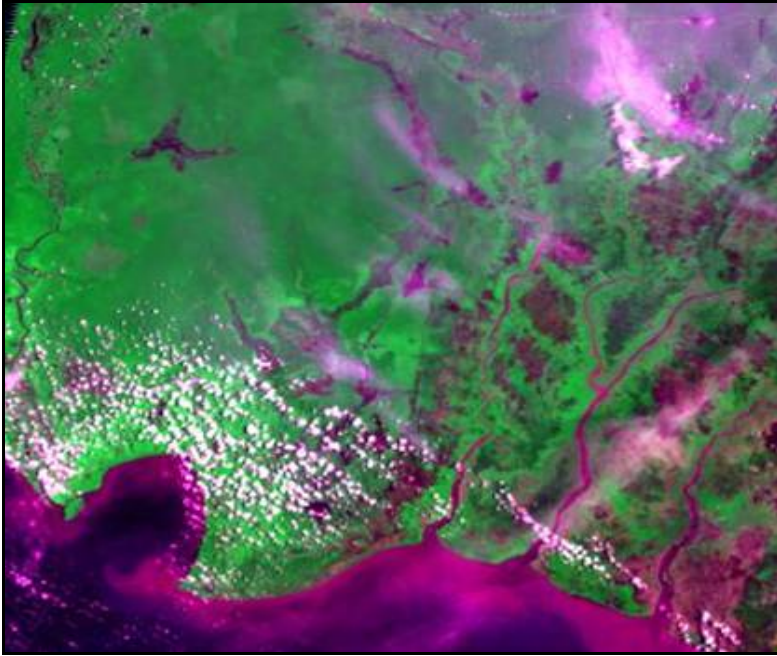
Masing-masing sensor pada satelit tersebut memiliki keragaman resolusi spasial dan resolusi spektral dalam menangkap obyek yang terekam dipermukaan bumi. Secara rinci perbandingan karakteristik spasial dan spektral dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik resolusi beberapa satelit dan sensornya

No.	Satelit dan sensor	Resolusi Spasial	Resolusi Spektral
1.	Landsat 7 ETM+	30 m	Band 1 : 0,45 – 0,52 μm
		30 m	Band 2 : 0,52 – 0,60 μm
		30 m	Band 3 : 0,63 – 0,69 μm
		30 m	Band 4 : 0,76 – 0,90 μm
		30 m	Band 5 : 1,55 – 1,75 μm
		60 m	Band 6 : 10,4 – 12,5 μm
		30 m	Band 7 : 2,08 – 2,35 μm
2.	SPOT 5	5 m	PAN : 0,61 – 0,68 μm
		10 m	Green : 0,50 – 0,59 μm
		10 m	Red : 0,61 – 0,68 μm
		10 m	NIR : 0,79 – 0,89 μm
		10 m	MIR I : 1,58 – 1,75 μm
3.	ALOS AVNIR	10 m (at Nadir)	Band 1 : 0,42 - 0,50 μm Band 2 : 0,52 - 0,60 μm Band 3 : 0,61 - 0,69 μm Band 4 : 0,76 - 0,89 μm

(i) Citra LANDSAT 7 ETM+

Citra Landsat 7 ETM+ dalam kegiatan ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan wilayah lahan basah (*wet land*), dimana area ini diduga merupakan kawasan hutan rawa gambut. Contoh citra satelit Landsat dapat dilihat pada Gambar 9.



(a)



(b)

Gambar 9. Citra Landsat 7 ETM+ di lokasi (a) TN. Sebangau dan (b). PT. Diamond Raya Timber.

(ii) Citra ALOS

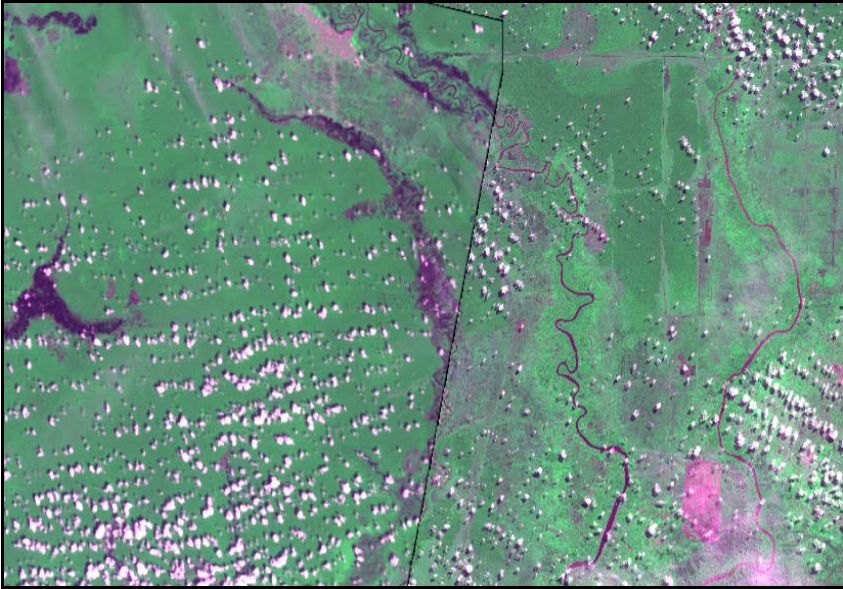
Citra ALOS dibuat di Jepang dan diluncurkan pada tanggal 24 Januari 2006. Data-data umum Citra ALOS ini dapat dilihat pada Tabel 3. Pada kegiatan ini menggunakan sensor AVNIR yang merupakan sensor optik. Sensor AVNIR digunakan untuk menduga kerapatan tajuk (*crown density*), melalui kombinasi band yang digunakan. Contoh citra ALOS AVNIR dapat dilihat pada Gambar 10.

Tabel 3. Data umum citra ALOS

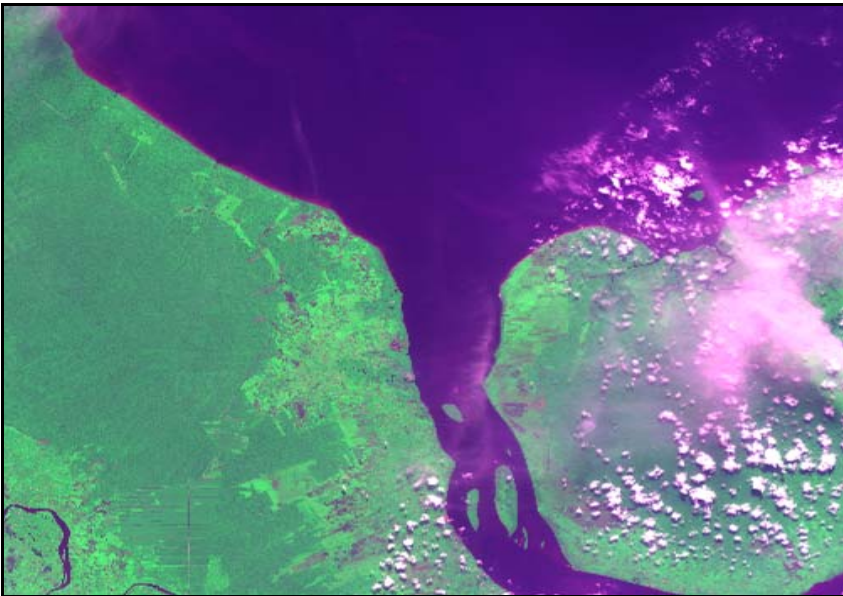
Spesifikasi	Keterangan
Alat peluncur	Roket H-IIA
Tempat peluncuran	Pusat Ruang Angkasa Tanagashima
Berat Satelit	4 000 Kg
Power	7 000 W
Waktu operasional	3 sampai 5 Tahun
Orbit	Sun-Synchronous Sub-Recurr Orbit
	Recurrent Period: 46 hari Sub cycle 2 hari
	Tinggi Lintasan: 692 km di atas equator
	Inclinasi: 98,2°

Sumber: NASDA.

Sensor AVNIR (*Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer*) ini merupakan instrumen pada satelit ALOS yang dilengkapi kanal multispektral untuk pengamatan permukaan daratan dan wilayah pesisir dengan resolusi spasial lebih baik. Sensor ini digunakan untuk tujuan pemetaan dan klasifikasi penutup/penggunaan lahan skala regional, dengan memiliki kemampuan “*cross track pointing*” untuk pemantauan bencana alam. Karakterisasi teknik sensor AVNIR-2 disajikan pada Tabel 4.



(a)



(b)

Gambar 10. Data Citra ALOS AVNIR Lokasi (a) TN. Sebangau Provinsi Kalimantan Tengah, dan (b) PT. Diamond Raya Timber Provinsi Riau.

Tabel 4. Karakteristik sensor AVNIR dari ALOS

Karakteristik	Keterangan
Kanal Observasi	Kanal 1 : 0.42 – 0.50 μm
	Kanal 2 : 0.52 – 0.60 μm
	Kanal 3 : 0.61 – 0.69 μm
	Kanal 4 : 0.76 – 0.89 μm
S/N	> 200
MTF	Kanal 1-3 : > 0.25
	Kanal 4 : > 0.20
Resolusi	10 m (Nadir)
Lebar cakupan	70 km (nadir)
Jumlah Detector	700/Kanal
Sudut Pengambailan	-44 to +44 Derajat
Panjang bit	8 bit

Sumber: NASDA

(iii) Citra SPOT 5

SPOT-5 merupakan satelit pengamatan bumi yang diorbitkan dengan menggunakan Ariane 4 dari Guiana Space Centre, Kourou pada tanggal 4 Mei 2002. Penggunaan citra SPOT 5 dalam kegiatan ini berguna untuk mengukur diameter tajuk karena hasil rekaman citra ini memiliki kemampuan yang meningkat daripada generasi sebelumnya yaitu memiliki resolusi spasial 5 m dan 2,5 m. Sedangkan lebar wilayah yang tercover memiliki ukuran 60 x 60 km² atau 60 x 120 km².

SPOT-5 menyediakan keseimbangan ideal antara resolusi tinggi dan luas tutupan lahan sebagai kunci untuk melakukan aplikasi antara lain untuk pemetaan skala menengah 1:25.000 dan 1:10.000, perencanaan perkotaan dan pedesaan, eksplorasi minyak dan gas bumi, serta pengelolaan bencana alam.

3.3.3. Interpretasi citra

Keberadaan ramin sangat terkait dengan ketebalan gambut di hutan rawa gambut. Ramin adalah termasuk kelompok *Gonystylus* dari famili Tyhmelaeaceae yang banyak ditemukan tumbuh di hutan alam rawa gambut. Ramin umumnya ditemukan di tanah podsolik, lahan gambut, tanah alluvial dan liat yang terbentuk dari bahan sedimen.

Saat ini, ramin seharusnya dapat ditemukan di hutan rawa gambut Sumatera, Kepulauan Selat Karimata dan Kalimantan Indonesia. Ramin dengan diameter besar banyak ditemukan di kawasan konservasi yang dikenal sebagai habitat tersisa ramin.

Secara teoritis hutan rawa gambut dibagi ke dalam beberapa zona, berdasarkan kedalaman gambutnya. Ramin mulai bisa ditemukan pada kedalaman gambut lebih dari 2 meter, sebagian besar dalam "*mixed forest*". Kepadatan ramin secara gradual diduga akan meningkat sejalan dengan semakin dalamnya gambut dan kemudian menurun kembali pada tingkat tertentu.

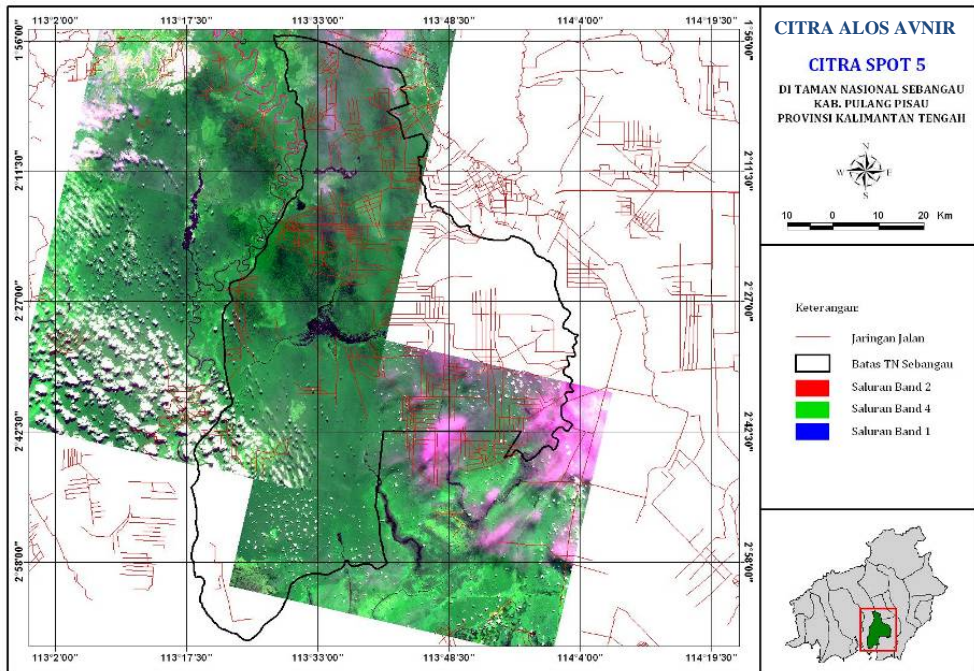
Sediaan tegakan ramin dapat diduga dengan menggunakan kombinasi antara teknik remote sensing dan survei terestris. Berdasarkan karakteristik ekologiinya maka keberadaan ramin dapat didelineasi berdasarkan peta kedalaman gambut dan tipe hutannya.

Pendeliniasian hutan rawa gambut dapat dilakukan dengan menggunakan citra satelit resolusi sedang. Sedangkan untuk mendapatkan diameter tajuk, dan kerapatan tajuk dapat dideteksi dengan menggunakan citra satelit resolusi tinggi.

Citra satelit ALOS diinterpretasi untuk mendapat besaran kerapatan tajuk hutan yang mencakup area contoh. Interpretasi menggunakan metode visual dengan menggunakan perbedaan warna pada citra dengan menggunakan kombinasi band 341 (Gambar 11).

Agar lebih detail dalam menginterpretasi kerapatan tajuk, maka dibuat alat bantu yaitu dengan membuat plot contoh yang dibagi menjadi 16 bagian (lihat Tabel 1). 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.

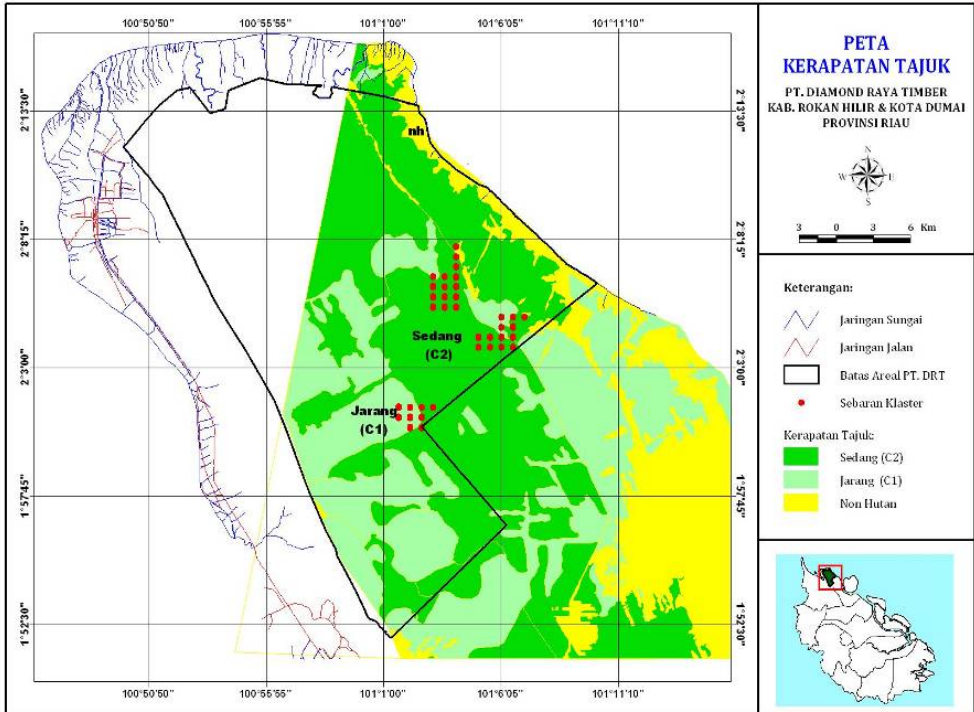


Gambar 11. Citra ALOS AVNIR di area Taman Nasional Sebangau Kalimantan Tengah.

Kerapatan tajuk

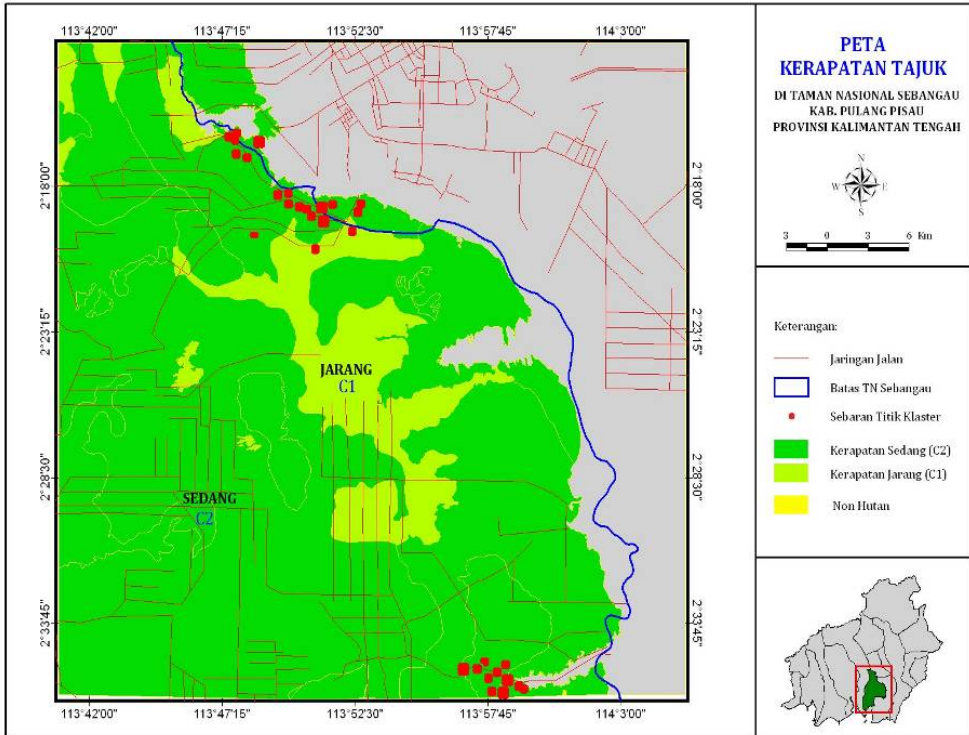
Interpretasi citra dilakukan untuk mendapatkan peta kelas kerapatan tegakan. Citra yang diinterpretasi adalah citra yang mencakup wilayah Taman Nasional Sebangau Provinsi Kalimantan Tengah dan IUPHHK Diamond Raya Timber (DRT) Provinsi Riau. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa citra ALOS AVNIR dapat membedakan tingkat kerapatan tegakan dengan cukup baik.

Hasil interpretasi citra ALOS AVNIR menunjukkan sebagian besar wilayah yang dikaji memiliki kerapatan tegakan rapat C3 ($> 70\%$) yaitu seluas 310.274.058 ha. Sedangkan kelas kerapatan C1 (10% - 40%) memiliki luasan paling kecil yaitu 104.447.045 ha. Kondisi sebaran kelas kerapatan dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kelas kerapatan tajuk tegakan hasil interpretasi di area kerja PT. Diamond Raya Timber – Riau.

Interpretasi citra ALOS AVNIR yang mencakup sebagian wilayah Taman Nasional Sebangau menunjukkan sebagian besar wilayah taman nasional memiliki kerapatan tegakan sedang C2 (40% - 70%) yaitu seluas 113.194,96 ha., dan kelas kerapatan jarang C1 (10% - 40%) seluas 16.646,48 ha. Kondisi sebaran kelas kerapatan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Kelas kerapatan tajuk tegakan hasil interpretasi di area Taman Nasional Sebangau – Kalimantan Tengah.

Pengukuran lapangan

Pengambilan data lapangan dilakukan terhadap 35 klaster di TN. Sebangau, Kalimantan Tengah dan 37 klaster PT. Diamond Raya Timber Provinsi Riau, yang merepresentasikan kelas kerapatan tajuk dan tingkat kedalaman gambut. Contoh diletakkan secara sistematis sehingga mewakili setiap kerapatan tajuk dan kedalaman gambut serta mempertimbangkan aksesibilitas. Peletakan klaster secara sistematis dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Contoh sebaran klaster di areal PT. Diamond Raya Timber.

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 (Jaya, 2009) untuk membuat profil tegakannya. Hasil pengukuran dimasukkan ke *tally sheet* seperti tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. *Tally sheet* kegiatan lapangan

Klaster	Plot	No Pohon	Jenis	Azimuth (^o)	Jarak (M)	DBH (CM)	Ttot (M)	TBC (M)	Jari-jari tajuk (M)				
									U	T	S	B	
1	1	1	R	180	15	45	21	15	3	6	4	4	
		2	M	112	10	36	15	10	5	6	5	7	
	2	2	M	121	5	45	23	17	4	3	5	5	
		3	1	K	12	3	37	19	15	3	3	4	2
		4	1	D	0	9	46	23	18	4	5	4	5
	2	2	M	112	10	36	15	10	5	6	5	7	
		3	K	10	3	32	19	16	3	3	4	2	
		
	3	1	1	B	25	4	35	20	16	0.5	2	3	1.5
..				

Keterangan: U = utara, T = timur, S = selatan, dan B = barat.

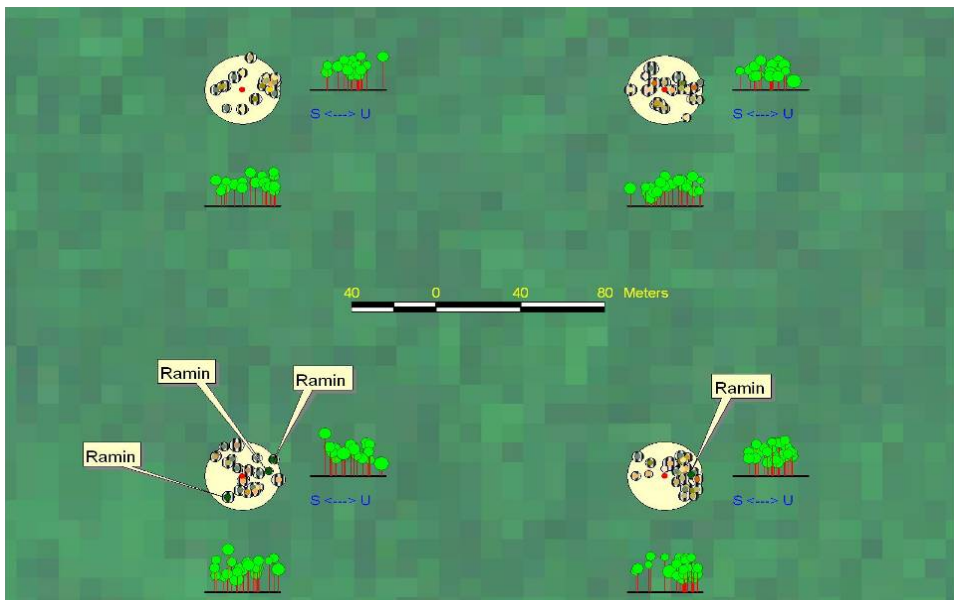


Gambar 15. Kondisi pohon ramie yang ditemukan saat survei lapangan.

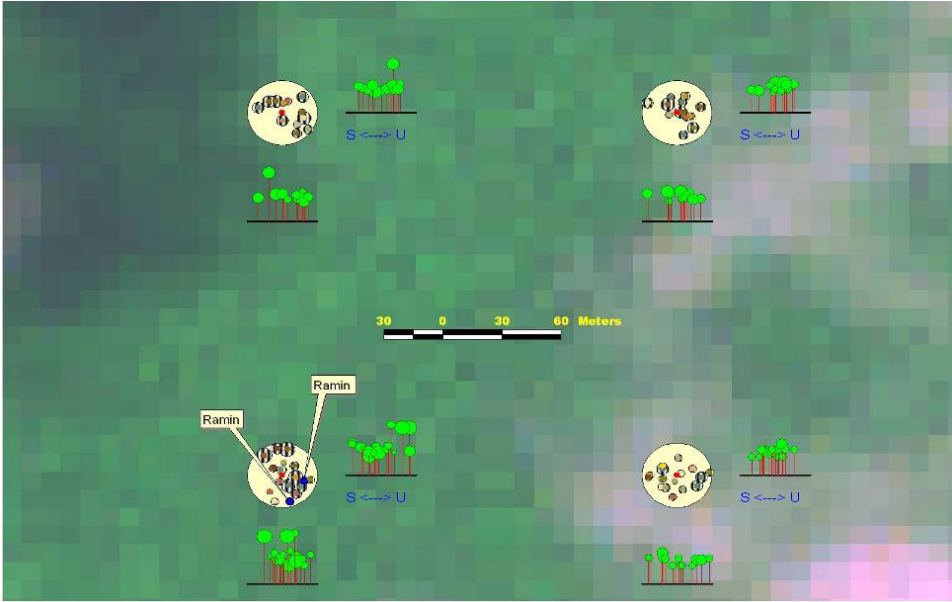
a. Struktur tegakan

Berdasarkan data tinggi pohon, data azimuth dan data posisi relatif pohon terhadap titik pusat elemen klasternya dibuat profil tegakan untuk mengetahui struktur horizontal dan struktur vertikal tegakan dalam plot contoh. Pembuatan profil tegakan menggunakan ekstension Jaya 2009 yang terintegrasi dengan program Arc View 3.2. Berdasarkan hasil plotting profil tegakan menggunakan *ekstension Jaya 2009*, diperoleh gambaran kondisi tegakan di lokasi yang survei seperti pada Gambar 16, Gambar 17 dan Gambar 18.

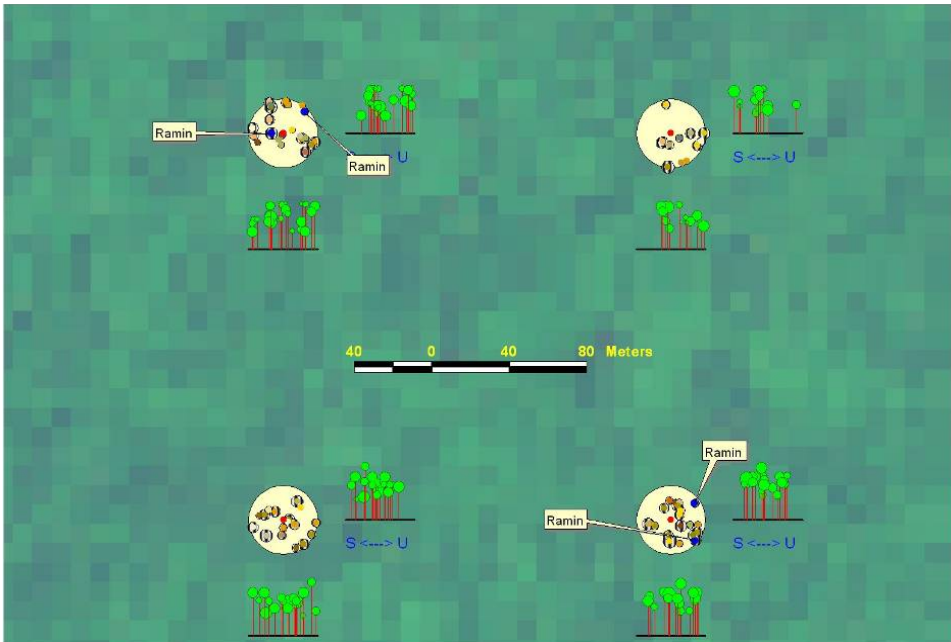
Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada kerapatan tajuk jarang maka profil tegakan yang dihasilkan juga menunjukkan bahwa sebaran dan jumlah pohon relatif lebih sedikit dibandingkan dengan sebaran dan jumlah pohon pada contoh dengan kerapatan tajuk sedang dan rapat. Jika profil tegakan dilihat dari atas (pada Gambar 16 dan 17), tampak jenis ramin tidak bergabung dengan kelompok lainnya (soliter).



Gambar 16. Profil tegakan dengan kerapatan rapat pada kedalaman gambut 3-6 m.



Gambar 17. Profil tegakan dengan kerapatan sedang pada kedalaman gambut 3-6 m.

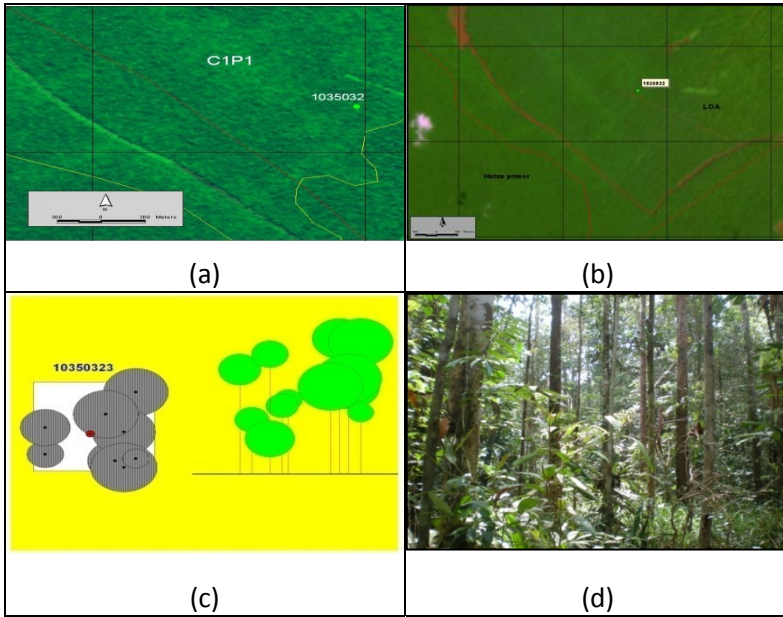


Gambar 18. Profil tegakan dengan kerapatan jarang pada kedalaman gambut 3-6 m.

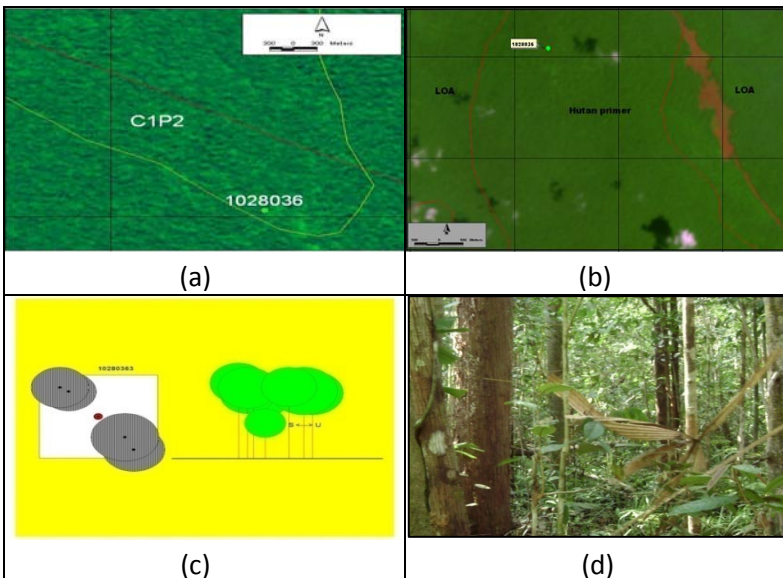
b. Monogram

Untuk kepentingan teknis praktis sebagai panduan maka dibuat kunci penafsiran citra satelit yang disebut dengan **monogram**. Secara ringkas, monogram didefinisikan sebagai kunci interpretasi berupa tampilan cetak (*hardcopy*) citra, yang menyajikan informasi tentang peubah-peubah tegakan (obyek) yang dapat diukur atau ditafsir pada citra. Selanjutnya dengan menggunakan peubah-peubah tersebut, maka dapat ditampilkan informasi tentang kondisi tegakan yang bersangkutan. Pada monogram ini, kondisi tegakan ditampilkan dengan citra komposit dari citra ALOS AVNIR (dengan kombinasi RGB menggunakan kombinasi band 3-4-1). Monogram ini dilengkapi dengan informasi tentang persentase tutupan tajuknya (C) dan ukuran kedalaman gambut (P), potret kondisi lapangan, contoh profil vertikal dan melintang dari tegakan yang ada serta hasil identifikasi tutupan lahan menggunakan citra Landsat 7 ETM+.

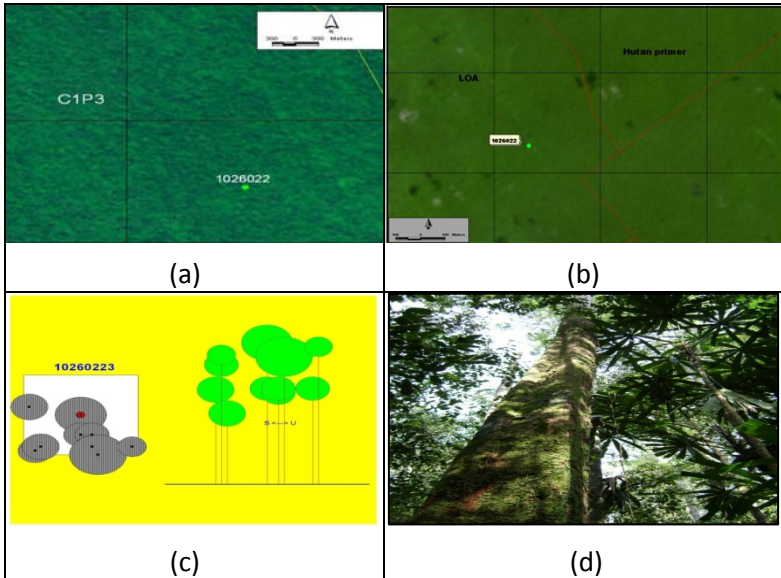
Persentase tutupan tajuk (C) dikelompokkan ke dalam 3 (tiga) kelas kerapatan tajuk tegakan, yaitu jarang (C1) tutupan tajuk berkisar <40%, sedang (C2) tutupan tajuk berkisar 40%-70%, dan rapat (C3) tutupan tajuk berkisar >70%. Ukuran kedalaman gambut (P), dibagi ke dalam kelas gambut dangkal (P1) memiliki kedalaman berkisar < 3 m, kelas gambut sedang (P2) kedalaman gambut berkisar 3 - 6 m, dan kelas gambut dalam (P3) kedalaman gambut dikatakan dalam jika memiliki kedalaman berkisar > 6 m.



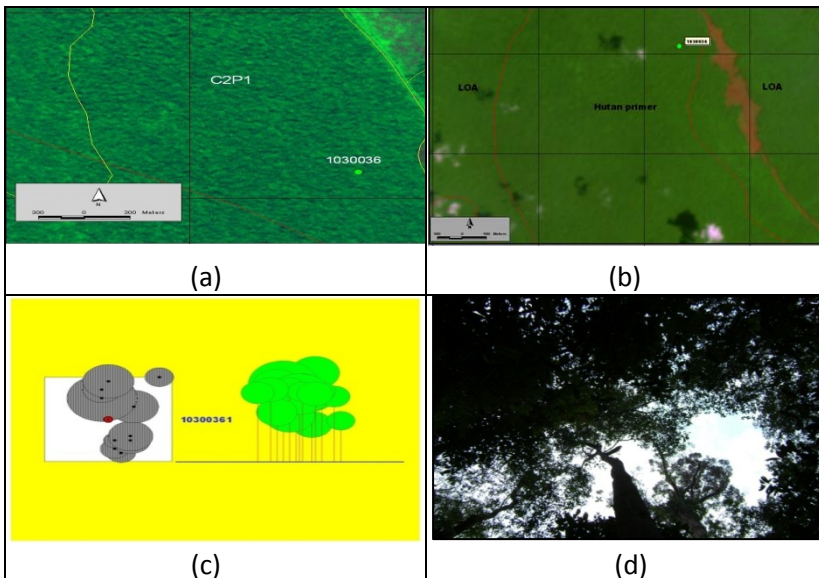
Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P1), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.



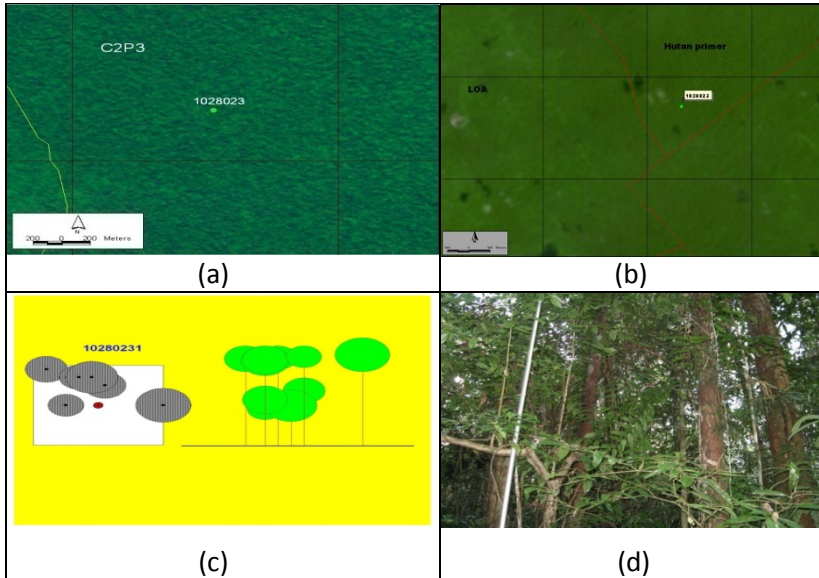
Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P2), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.



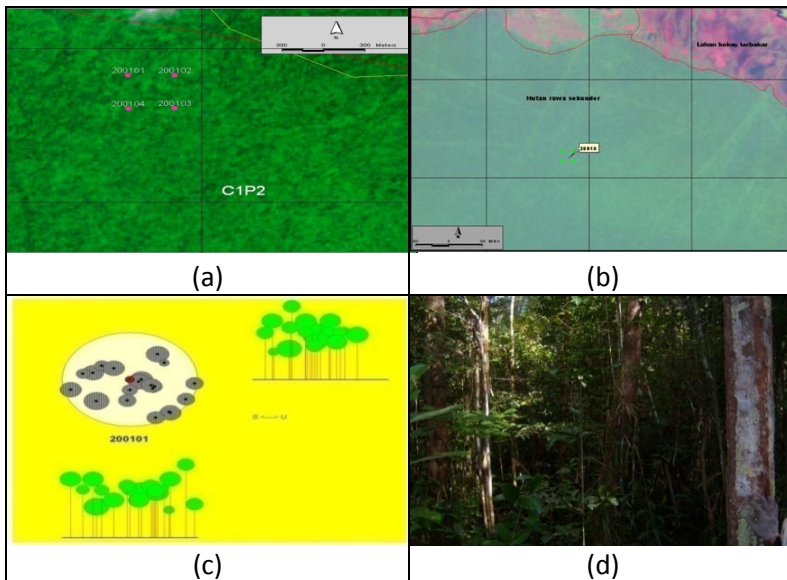
Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C1P3), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.



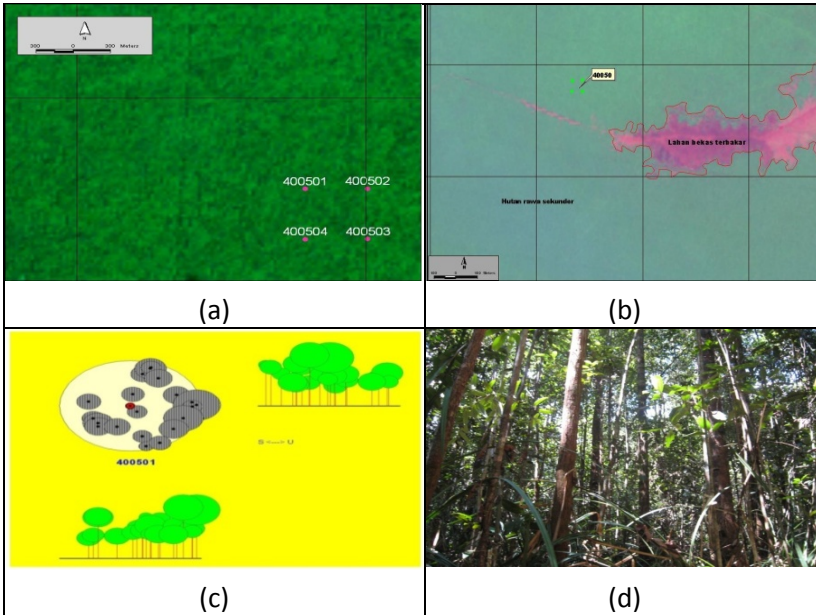
Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C2P1), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.



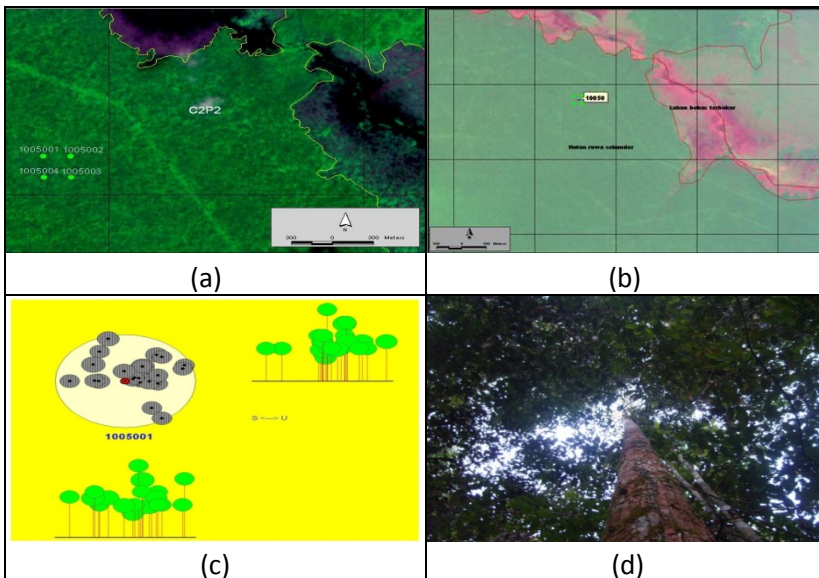
Monogram Kondisi Tegakan Hutan Rawa Gambut PT. DRT pada a) Citra ALOS AVNIR (C2P3), b) Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat, c) Profil Pohon, d) Foto Lapangan.



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.



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



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

4.1. Model Penduga Sediaan Tegakan

Berdasarkan model-model penduga sediaan tegakan pada hutan rawa yang telah dikembangkan, penutupan tajuk (C_{lap}) dan diameter tajuk (D_{lap}) merupakan peubah bebas yang dapat digunakan dalam penyusunan model karena memiliki korelasi dan konsistensi yang cukup baik dalam menduga sediaan tegakan. Untuk itu diperlukan penghitungan besarnya koefisien korelasi dan pengujiannya (Uji Z-Fisher) dengan persyaratan $\rho^2 = 50\%$. Hipotesa yang diuji adalah

$$H_0 : \rho = 0,7071$$

$$H_1 : \rho < 0,7071$$

Hasilnya menunjukkan bahwa penutupan tajuk (C_{lap}) dan diameter tajuk (D_{lap}) mempunyai korelasi yang cukup erat terhadap peubah volume (V_{bc}). Tetapi, karena pengukuran penutupan tajuk lebih praktis dibandingkan pengukuran diameter tajuk, maka penutupan tajuk lebih dipilih sebagai penduga volume tegakan.

4.1.1. Model hasil kajian

Berdasarkan asumsi bahwa sediaan ramin dapat didekati melalui pendugaan sediaan hutan rawa (sebagai habitat ramin), maka persen penutupan tajuk akan digunakan dalam penyusunan model penduga sediaan ramin. Pada hutan rawa gambut Kalimantan (TN. Sebangau) dan PT. Diamond Raya Timber, terdapat beberapa model penduga sediaan tegakan hutan rawa yang diuji sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil kajian model-model penduga sediaan tegakan pada hutan rawa di Kalimantan Tengah dan Riau

Bentuk persamaan	F _{hitung}	S	R ² (%)
1. Sumatera (DRT Riau)			
Vbc = -0,517+0,2629 C _{lap}	87,6983**	3,5851	60
Vbc = 1,4094 e ^{0,0479 C_{lap}}	83,8440**	0,6566	58
Vbc = 1,851 C _{lap} ^{1,05234}	72,2298**	0,6747	62
Vbc = 2,8266 + 0,0043 C _{lap} ²	79,9293**	3,6493	57
2. Kalimantan (TN. Sebangau)			
Vbc = 1,1641 + 0,2878 C _{lap}	87,6983**	1,5673	68
Vbc = 3,1163e ^{0,041 C_{lap}}	83,8440**	0,2575	62
Vbc = 0,363C _{lap} ^{1,0017}	72,2298**	0,2651	55
Vbc = 3,6664 + 0,0068 C _{lap} ²	79,9293**	1,4590	72

Ket: *) berbeda nyata, **) berbeda sangat nyata, R² = koefisien determinasi, S = simpangan baku.

Model-model penduga volume yang diperoleh diuji validitasnya sebelum digunakan untuk pendugaan volume tegakan. Kriteria penentuan kevalidan model menggunakan nilai simpangan agregat (SA), simpangan rata-rata (SR), *Root Mean Square Error* (RMSE), bias (e) dan uji beda nyata antara volume hasil pendugaan dengan volume sebenarnya melalui uji Khi-kuadrat.

Hasil pengujian Khi-kuadrat menyatakan bahwa tidak ada perbedaan antara volume dugaan dengan volume sebenarnya berdasarkan keputusan uji χ^2 hitung terhadap χ^2 tabel (43,77).

Hasil penyusunan dan pengujian model penduga volume berdasarkan peubah penutupan tajuk pada hutan rawa di dua lokasi penelitian, dibuat urutan/ranking model-model penduga tersebut untuk kepentingan pemilihan model yang akan diterapkan. Nilai ranking masing-masing model berdasarkan kriteria ujinya tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil skoring dan ranking model-model penduga sediaan tegakan pada hutan rawa di Riau dan Kalimantan Tengah

Bentuk persamaan	R ² (%)	SA	SR (%)	RMSE	e	χ ²	s	Total skor
1. Sumatera (Riau)								
Vbc = -0,517+0,2629 C _{lap}	60 (3)	-0,185 (2)	66,35 (2)	81,96 (2)	10,18 (2)	136,79 (3)	3,5851 (2)	16
Vbc = 1,4094 e ^{0,0479 C_{lap}}	58 (2)	-0,185 (3)	66,95 (3)	81,26 (3)	6,65 (3)	139,94 (2)	0,6566 (4)	20
Vbc = 1,851 C_{lap}^{1,05234}	62 (4)	-0,307 (1)	67,65 (4)	75,05 (4)	1,98 (4)	131,32 (4)	0,6747 (3)	24
Vbc = 2,8266 + 0,0043 C _{lap} ²	57 (1)	-0,167 (4)	52,94 (1)	119,76 (1)	23,23 (1)	145,58 (1)	3,6493 (1)	10
2. Kalimantan Tengah								
Vbc = 1,1641 + 0,2878 C _{lap}	68 (3)	-0,37 (2)	68,72 (2)	41,22 (2)	22,2 (2)	31,62 (2)	1,5673 (1)	14
Vbc = 3,1163 e^{0,041 C_{lap}}	62 (2)	-0,15 (4)	38,71 (4)	39,12 (3)	5,6 (4)	31,62 (3)	0,2575 (4)	24
Vbc = 0,363C _{lap} 1,0017	55 (1)	-0,41 (1)	122,3 (1)	47,32 (1)	28,5 (1)	40,49 (1)	0,2651 (3)	9
Vbc = 3,6664 + 0,0068 C _{lap} ²	72 (4)	-0,23 (3)	41,14 (3)	37,92 (4)	10,9 (3)	23,07 (4)	1,4590 (2)	23

Ket : Angka dalam kurung menunjukkan skor

SA = simpangan agregat. SR = simpangan rata-rata, RMSE = root mean square errors. e = bias, R² = koefisien determinasi, χ² = Khi-kuadrat, s = simpangan baku

Berdasarkan kombinasi ranking setiap model pada masing-masing kriteria di hutan rawa gambut Riau (PT. DRT), model power mempunyai total skor ranking terbesar sehingga model power dapat menjadi model pilihan untuk menduga sediaan tegakan hutan rawa di Riau dan sekaligus menjadi model penduga sediaan ramin. Sedangkan untuk rawa gambut Kalimantan Tengah (TN. Sebangau), kombinasi ranking setiap model pada masing-masing kriteria menunjukkan model eksponensial mempunyai total skor lebih besar dibandingkan dengan model yang lain. Oleh karenanya, model eksponensial dapat menjadi model pilihan untuk menduga sediaan tegakan hutan rawa di Kalimantan Tengah dan sekaligus menjadi model penduga sediaan ramin.

4.1.2. Model penduga sediaan ramin

Model-model penduga sediaan tegakan hutan rawa gambut di atas digunakan untuk menduga sediaan ramin dengan menggunakan faktor koreksi tertentu yang merupakan rasio antara volume ramin dan volume tegakan (seluruh jenis). Hasil analisis data pengukuran lapangan menunjukkan bahwa volume ramin pada hutan rawa gambut Riau sebesar 5% dari volume seluruh jenis, sedangkan pada hutan rawa gambut TN. Sebangau Kalimantan Tengah sebesar 2,3% (Tabel 8).

Tabel 8. Rasio antara volume ramin dan volume seluruh jenis pada tegakan hutan rawa gambut

Lokasi	Volume		Rasio (%)
	Ramin	Seluruh jenis	
Riau	82,11	1.647,52	5,0
Kalimantan Tengah	32,51	1.439,68	2,3

4.1.3. Dugaan sediaan hutan rawa gambut TN. Sebangau Kalimantan Tengah

Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa semua titik contoh yang diobservasi di Taman Nasional Sebangau berupa hutan bekas tebangan (*log over forest*). Selain ditunjukkan oleh adanya bekas-bekas jalan sarad di dalam hutan, kondisi hutan bekas tebangan dapat dilihat dari lantai hutannya yang banyak ditumbuhi semak belukar dan pandan-pandangan.

Data tinggi pohon dan diameter pohon diperoleh dari 35 klaster atau 140 elemen, sehingga luas total contoh yang berhasil diukur adalah 14 ha. Data tersebut digunakan untuk menduga sediaan tegakan semua jenis maupun jenis ramin.

Berdasarkan perhitungan sediaan, hasil dugaan volume total semua jenis di areal Taman Nasional Sebangau adalah 1.439,68 m³. Ukuran kelas diameter pohon yang diamati di lokasi berada pada kisaran kelas diameter 20 cm sampai 80 *up* dengan jumlah total mencapai 2.225 pohon. Tabel 9 menyajikan hasil pengukuran volume per kelas diameter di areal Taman Nasional Sebangau.

Secara umum dengan menggunakan faktor koreksi sebesar 0,65 sediaan tegakan berdiri untuk semua jenis pohon di wilayah Taman Nasional Sebangau mencapai 97,94 m³/Ha yang terdiri atas 29,26 m³/Ha pohon-pohon berdiameter 40 cm atau lebih. Sisanya 70% terdiri atas 68,68 m³/Ha pohon-pohon yang berdiameter kurang dari 40 cm. Berdasarkan kajian ini maka hutan rawa gambut yang ada mempunyai sediaan yang cukup tinggi.

Tabel 10 menyajikan kerapatan tegakan kelompok jenis ramin dan non-ramin. Tegakan kelompok jenis ramin mempunyai kerapatan 4 pohon/Ha dan sediaan 2 m³/Ha. Sedangkan tegakan kelompok jenis non-ramin mempunyai kerapatan 147 pohon/Ha dan sediaan tegakannya 95,73 m³/Ha. Kondisi ini menunjukkan tingkat kerapatan tegakan kelompok jenis ramin yang rendah.

Tabel 9. Hasil pengukuran volume per kelas diameter di areal Taman Nasional Sebangau

No	Kelas diameter (cm)	Jumlah pohon	Volume total (m ³)	Volume rata-rata (m ³ /Ha)
1	20-30	1.583	610,96	41,56
2	30-40	477	398,66	27,12
3	40-50	104	175,69	11,95
4	50-60	30	91,37	6,22
5	60-70	18	74,93	5,10
6	70-80	9	43,99	2,99
7	80 UP	4	44,08	3,00
Total		2.225	1.439,68	97,94

Tabel 10. Kerapatan tegakan berdasarkan kelompok jenis di hutan Taman Nasional Sebangau

No	Kelompok jenis	Jumlah pohon (N/Ha)	Volume total (m ³)	Volume rata-rata (m ³ /Ha)
1	Ramin	4	32,5	2
2	Non-ramin	147,4	1.407,2	95,73

4.1.4. Dugaan sediaan tegakan hutan rawa gambut PT. Diamond Raya Timber - Riau

Area kerja DRT memiliki tegakan hutan primer dan tegakan hutan bekas tebangan. Hal ini ditunjukkan oleh kondisi lantai hutan rawa gambut di area kerja DRT yang bersih dari tumbuhan bawah, dan sebagian lagi ditumbuhi semak belukar serta pandan-pandangan. Data tinggi pohon dan diameter pohon diperoleh dari 37 klaster atau 222 elemen berukuran 0,04 sehingga luas total contoh yang berhasil diukur adalah 8,88 ha. Data ini digunakan untuk menduga sediaan tegakan.

Setelah dilakukan perhitungan maka total hasil dugaan sediaan (volume) seluruh tegakan di areal kerja PT. Diamond Raya Timber adalah 1.647,52 m³. Volume rata-rata tegakan berdiri dengan menggunakan faktor eksploitasi sebesar 0,65 untuk semua jenis pohon pada areal kerja PT. Diamond Raya Timber mencapai 185,53 m³ yang terdiri atas 139,38 m³/Ha pohon-pohon berdiameter 40 cm atau lebih (Tabel 11). Sisanya 25% terdiri atas 46,14 m³/Ha pohon-pohon berdiameter 20 ~ 40 cm. Berdasarkan kajian ini maka hutan rawa gambut yang ada mempunyai sediaan yang cukup tinggi.

Tabel 11. Hasil pengukuran volume per kelas diameter di areal kerja PT. Diamond Raya Timber

No	Kelas diameter (cm)	Jumlah pohon	Volume total (m ³)	Volume rata-rata (m ³)/Ha
1	20-30	136	45,56	5,13
2	30-40	452	364,19	41,01
3	40-50	260	410,49	46,22
4	50-60	104	281,71	31,72
5	60-70	67	266,27	29,98
6	70-80	29	157,09	17,69
7	80 UP	12	122,21	13,76
TOTAL		1.060	1.647,52	185,531

Di area konsesi PT. Diamond Raya Timber, hasil perhitungan volume tegakan (Tabel 12) menunjukkan bahwa volume total pohon untuk semua jenis non ramin adalah 176,29 m³/ha atau 115 pohon/ha; sedangkan volume total pohon jenis ramin adalah 9,25 m³/ha atau 5 pohon per hektar.

Tabel 12. Kerapatan tegakan berdasarkan kelompok jenis

No	Kelompok jenis	Jumlah pohon (N/Ha)	Volume total (m ³)	Volume rata-rata (m ³ /Ha)
1	Ramin	5	82,11	9,27
2	Non-Ramin	115	1.565,41	176,29

Dengan program *avenue* sederhana pada perangkat lunak sistem informasi geografis *ArcView*, maka peta pohon dan teknik penghitungan tutupan tajuk dapat dibuat. Peta pohon ini dikenal juga dengan istilah profil yang dapat disajikan dalam bentuk profil vertikal maupun melintang.

4.2. Sediaan Tegakan Ramin

Berdasarkan analisis ranking terhadap beberapa model yang digunakan maka model $Vbc = 1,851 Cl_{ap}^{1,05234}$, merupakan model terbaik yang dapat digunakan untuk menduga volume tegakan di hutan rawa gambut dan sekaligus menjadi model penduga sediaan ramin di daerah Sumatera dengan nilai R² sebesar 62%.

Sedangkan model penduga untuk menghitung sediaan tegakan di hutan rawa gambut dan sekaligus menjadi model penduga sediaan ramin di Kalimantan adalah model $Vbc = 3,1163 e^{0,041 Cl_{ap}}$ yang juga memiliki nilai R² sebesar 62%.

Hasil analisis data pengukuran lapangan (Tabel 13) menunjukkan bahwa rasio volume jenis ramin pada hutan rawa PT. Diamond Raya Timber, Riau adalah sebesar 5% terhadap volume seluruh jenis, sedangkan pada hutan rawa Taman Nasional Sebangau, Kalimantan Tengah diperoleh rasio sebesar 2,3%. Sedangkan

rasio jumlah pohon antara jenis ramin dengan seluruh jenis di hutan rawa Riau (Sumatera) dan di hutan rawa Kalimantan masing-masing sebesar 4,19% dan 2,64%.

Tabel 13. Rasio antara volume ramin dan volume seluruh jenis pada tegakan hutan rawa gambut

Lokasi	Ramin		Seluruh jenis		Rasio (%)	
	Individu/ha	m ³ /ha	Individu/ha	m ³ /ha	Pohon	Volume
Riau	5	9,2	119,4	185,5	4,19	5,0
Kalimantan Tengah	4	2	151,4	97,9	2,64	2,3

Model-model penduga sediaan tegakan hutan rawa tersebut dapat digunakan untuk menduga sediaan ramin dengan menggunakan faktor koreksi tertentu yang merupakan rasio antara volume ramin dan volume tegakan (seluruh jenis). Berdasarkan hasil analisis spasial dapat diketahui sediaan tegakan ramin hutan rawa gambut di Sumatera dan Kalimantan. Sediaan ramin diduga berdasarkan luasan tutupan hutan pada masing-masing tingkat kedalaman gambut dan hasil dugaan sediaan ramin pada berbagai tingkat kedalaman gambut.

Volume sediaan tegakan ramin di Sumatera berkisar antara 193.154 m³ sampai dengan 386.308 m³ pada gambut dangkal 1.351.712 m³ sampai dengan 5.406.849 m³ pada gambut dangkal dan 0 sampai dengan 1.879.247 m³ pada gambut dalam. Secara lengkap volume sediaan ramin dapat dilihat pada Tabel 14.

Sedangkan jumlah pohon sediaan tegakan ramin di pulau Sumatera diduga di antara kisaran 378,58 pohon sampai dengan 757,16 pohon pada gambut dangkal dan 2.649.356 pohon sampai dengan 10.597.424 pohon pada gambut sedang, serta 0 sampai dengan 3.683.323 pohon pada gambut dalam. Secara lengkap sediaan jumlah pohon ramin di setiap provinsi di Sumatera seperti tertera pada Tabel 15.

Sediaan tegakan ramin di pulau Kalimantan berkisar antara 2.464.576 m³ sampai dengan 5.750.678 m³ pada gambut dangkal dan 1.244.608 m³ sampai dengan

2.901.159 m³ pada gambut dalam serta 491.345 m³ sampai dengan 1.597.264 m³ pada gambut dalam. Secara lengkap volume sediaan ramın Kalimantan setiap provinsi dapat dilihat pada Tabel 14.

Di Kalimantan, jumlah pohon sediaan tegakan ramın diduga di antara kisaran 2.934.019 sampai dengan 5.868.039 pohon pada gambut dangkal 23.919.780 sampai dengan 9.146.153 pohon pada gambut sedang, dan 932.415 sampai dengan 2.797.246 pohon pada gambut dalam. Secara lengkap sediaan jumlah pohon ramın di setiap provinsi di Kalimantan seperti tertera pada Tabel 15.

Tabel 14. Volume sediaan ramın setiap provinsi di Sumatera dan Kalimantan

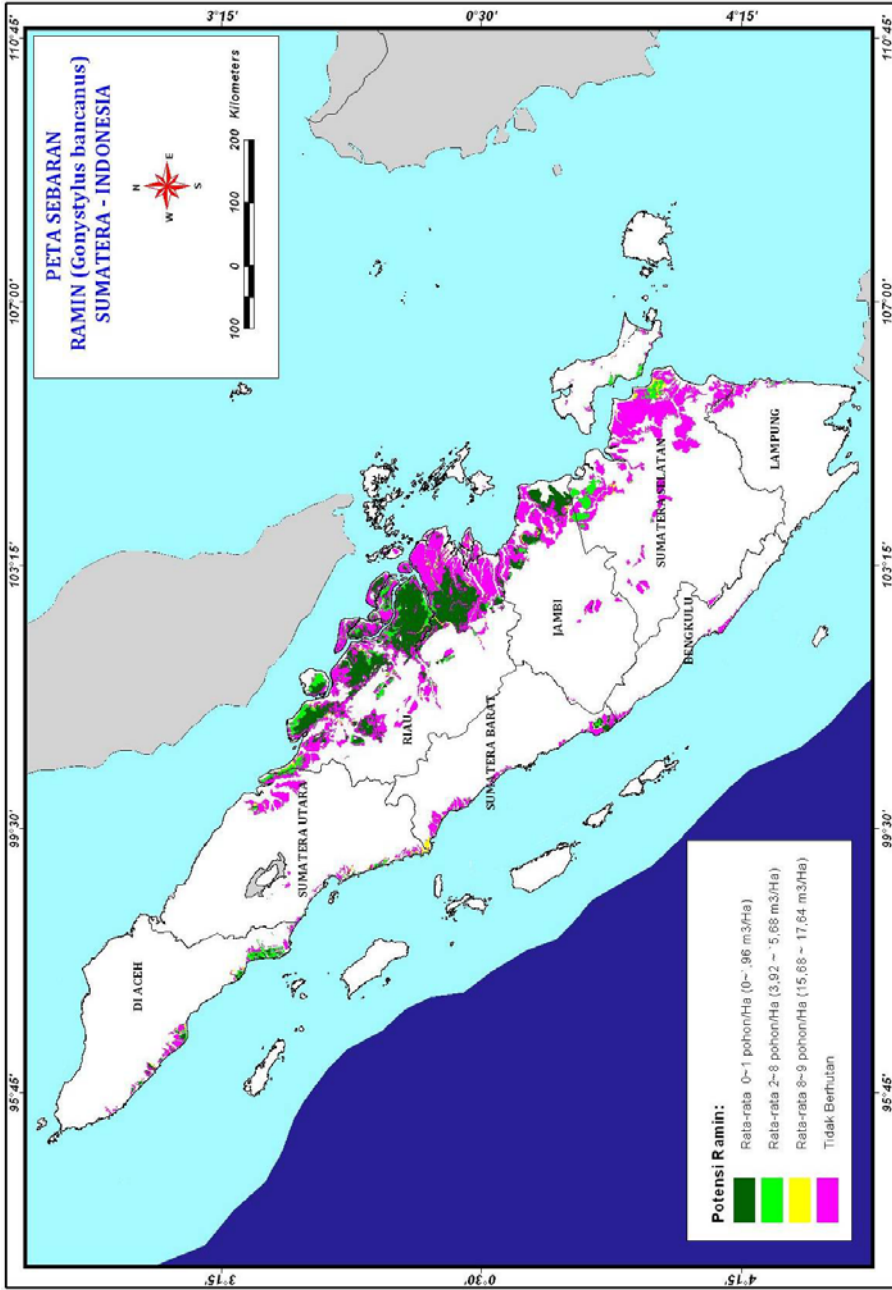
Provinsi	Volume sediaan ramın (m ³)		
	Gambut dangkal	Gambut sedang	Gambut dalam
a. Sumatera			
Bangka Belitung	4.338 - 8.676	106.484 - 425.935	0 - 3.843
Bengkulu	781 - 1.561	-	0 - 1.740
Aceh	29.042 - 58.084	80.742 - 322.969	0 - 400.509
Jambi	248 - 495	1.126 - 4.506	-
Kepulauan Riau	1.356 - 2.713	14.471 - 57.884	-
Lampung	29.741 - 59.481	295.891 - 1.183.565	0 - 91.844
Riau	142.556 - 295.111	1.320.724 - 5.282.895	0 - 3.063.933
Sumatera Barat	34.628 - 69.256	30.829 - 123.315	0 - 55.146
Sumatera Selatan	88.731 - 177.462	613.506 - 2.454.024	0 - 40.539
Sumatera Utara	42.162 - 84.323	185.583 - 742.332	0 - 25.770
Jumlah	378.582 - 757.164	2.649.356 - 10.597.424	0 - 3.683.323
b. Kalimantan			
Kalimantan Barat	1.287.824-3.004.923	412.698-961.992	-
Kalimantan Selatan	11.610-27.090	8.047-18.758	-
Kalimantan Tengah	1.067.421-2.490.650	663.418-1.546.416	491.345-1.597.264
Kalimantan Timur	97.720-228.013	160.444-373.992	-
Jumlah	2.464.576-5.750.678	1.244.608-2.901.159	491.345-1.597.264

Sediaan tegakan ramin di Sumatera diduga sebesar 35.472.363 pohon atau 65.500.563 m³, sedangkan sediaan tegakan ramin di Kalimantan diperkirakan sebesar 12.017.687 pohon atau 6.004.874 m³. Sediaan tegakan di Sumatera dan Kalimantan tersebut dengan asumsi bahwa kondisi hutan rawa gambut di kedua lokasi tersebut dianggap sama dengan kondisi hutan di lokasi contoh.

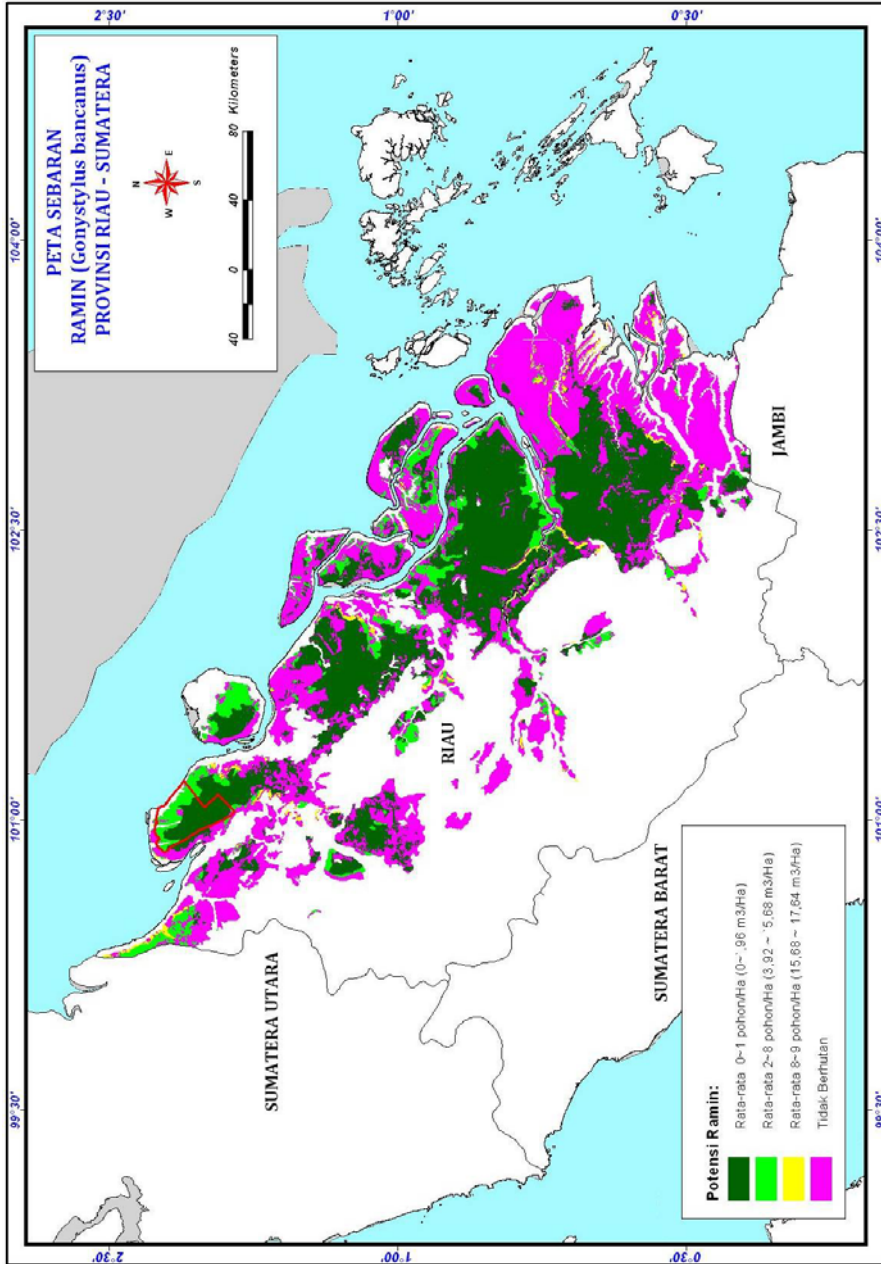
Tabel 15. Jumlah pohon sediaan ramin setiap provinsi di Sumatera dan Kalimantan

Provinsi	Sediaan ramin (jumlah pohon)		
	Gambut dangkal	Gambut sedang	Gambut dalam
a. Sumatera			
Bangka Belitung	2.213 – 4.427	54.328 – 217.314	0 – 1.961
Bengkulu	398 – 796	-	0 – 888
Aceh	14.817 – 29.635	41.195 – 164.780	0 – 204.341
Jambi	126 – 253	575 – 2.299	-
Kepulauan Riau	692 – 1.384	7.383 – 29.533	-
Lampung	29.741 – 59.481	295.891 – 1.183.565	0 – 91.844
Riau	147.556 – 295.111	1.320.724 – 5.282.895	0 - 3.063.933
Sumatera Barat	34.628 – 69.256	30.829 – 123.315	0 – 55.146
Sumatera Selatan	88.731 – 177.462	613.506 – 2.454.024	0 – 40.539
Sumatera Utara	42.162 – 84.323	185.583 – 742.332	0 – 25.770
Jumlah	378.582 – 757.164	2.649.356 – 10.597.424	0 – 3.683.323
b. Kalimantan			
Kalimantan Barat	1.533.124-3.066.249	1.299.756-3.032.765	-
Kalimantan Selatan	13.822-27.643	25.345-59.138	-
Kalimantan Tengah	1.270.740-2.541.480	2.089.375-4.875.209	932.415-2.797.246
Kalimantan Timur	116.333-232.667	505.304-1.179.043	-
Jumlah	2.934.019-5.868.039	3.919.780-9.146.153	932.415-2.797.246

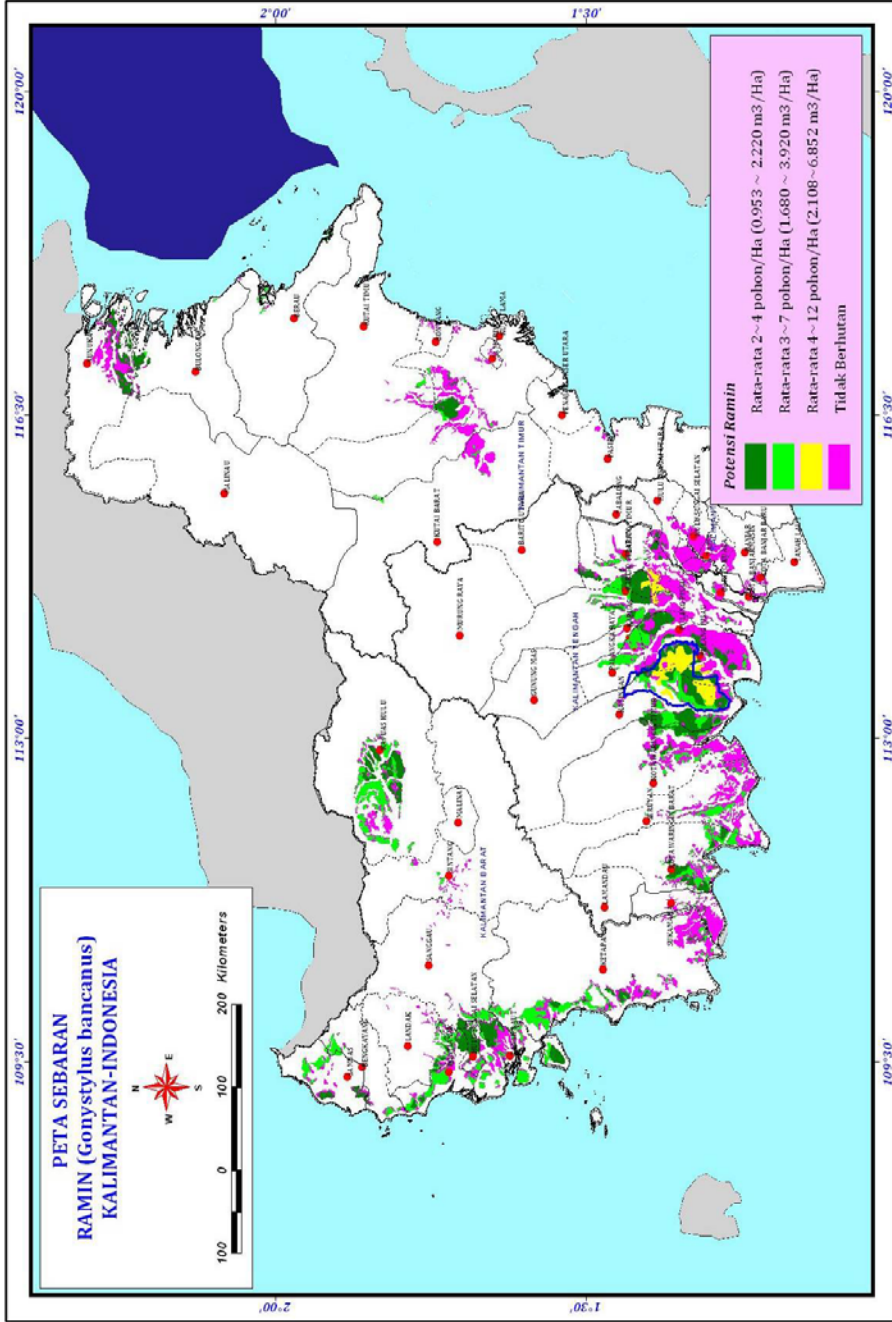
Berdasarkan peta tutupan lahan, peta sebaran gambut dan model penduga sediaan tegakan dapat dibuat peta sebaran sediaan tegakan ramin seperti pada Gambar 19 sampai dengan Gambar 22.



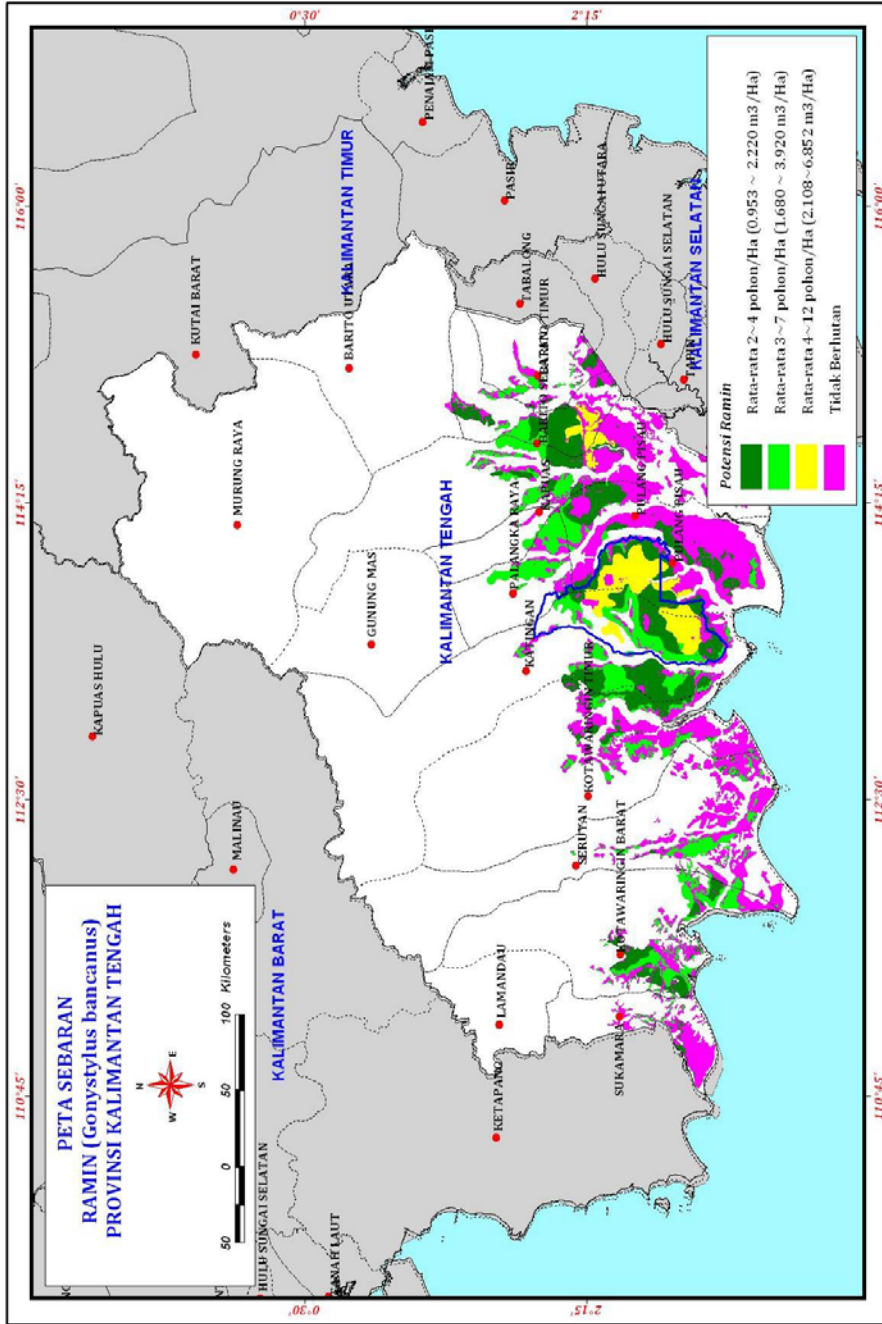
Gambar 19. Peta sebaran sediaan ramin di hutan rawa gambut Pulau Sumatera (Sumber: Peta tutupan lahan tahun 2006, Peta sebaran gambut (Wetland)).



Gambar 20. Peta sebaran sediaan ramin di hutan rawa gambut provinsi Riau (Sumber: Peta tutupan lahan tahun 2006, Peta sebaran gambut (Wetland))



Gambar 21. Peta sebaran sediaan ramin di hutan rawa gambut Pulau Kalimantan (Sumber: Peta tutupan lahan tahun 2006, Peta sebaran gambut (Wetland)).



Gambar 22. Peta sebaran sediaan ramin di hutan rawa gambut Provinsi Kalimantan Tengah (Sumber: Peta tutupan lahan tahun 2006, Peta sebaran gambut (Wetland)).

4.3. Efisiensi Relatif Pengambilan Contoh Ganda

4.3.1. Estimasi sediaan tegakan pada pengambilan contoh ganda

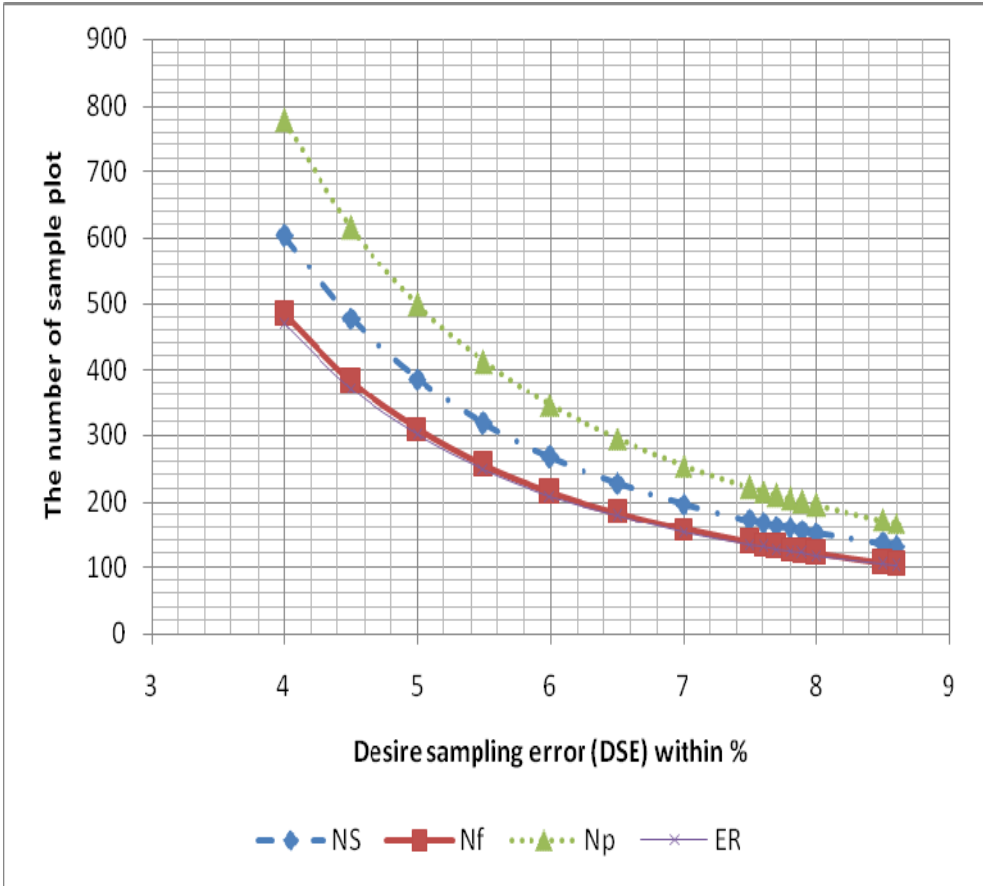
Berdasarkan analisis terhadap 211 contoh pengukuran melalui citra satelit dan 95 plot hasil pemeriksaan lapangan diperoleh persamaan regresi penduga volume tegakan *double sampling* dan koefisien korelasi sebagai berikut:

$$\hat{V}_{dsir} = \bar{V}_{fm} + 0.4175 * (\bar{V}_{cn} - \bar{V}_{cm}), \text{ dengan nilai } r = 0,7213$$

Berdasarkan model tersebut diperoleh nilai dugaan sediaan 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%.

4.3.2. Efisiensi relatif

Hasil perhitungan efisiensi relatif menunjukkan bahwa penarikan contoh ganda memberikan efisiensi sebesar 301,07%, yang berarti bahwa untuk mendapatkan kesalahan sampling yang sama, pada penarikan contoh acak sederhana diperlukan jumlah plot contoh sebanyak 3 (tiga) kali lebih banyak dibandingkan apabila menggunakan metode penarikan contoh ganda. Sedangkan 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.



Gambar 23. Grafik hubungan antara jumlah contoh dan sampling error yang diharapkan dalam pengambilan contoh ganda.

Keterangan: 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 23 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. Alternatifnya adalah dengan menggunakan pengganti citra yang berbiaya lebih ekonomis namun memiliki spesifikasi yang baik. Citra satelit ALOS AVNIR yang harganya lebih ekonomis dapat dijadikan sebagai pengganti citra satelit yang selama ini telah banyak dipakai di Indonesia.

Pada akhir tulisan ini ditegaskan kembali bahwa berdasarkan kajian metode inventarisasi tegakan, kombinasi inventarisasi teristris dan menggunakan teknik penginderaan jauh menjadi pilihan yang paling rasional sampai saat ini. Informasi kerapatan tajuk, dan diameter tajuk dari citra satelit dapat digunakan untuk menduga potensi tegakan.

Penggunaan metode "*multiphase sampling*", yaitu dalam melakukan inventarisasi secara teristris dikombinasikan dengan penggunaan citra satelit, untuk menduga sediaan tegakan akan lebih efisien pembiayaannya, dan secara teknis dapat diaplikasikan. Citra satelit resolusi tinggi memberikan harapan didapatkannya hasil inventarisasi yang memiliki presisi tinggi.

Berdasarkan hasil inventarisasi ramin diperoleh bahwa kondisi lapangan menunjukkan keberadaan ramin, dimana ramin banyak ditemukan pada kondisi lapangan dengan kedalaman gambut antara 3 – 6 meter.

Keberadaan tegakan jenis ramin relatif kecil jika dibandingkan dengan jumlah tegakan untuk semua jenis. Meskipun jumlah pohon ramin relatif sedikit dibandingkan dengan jumlah pohon seluruh jenis, namun di beberapa titik pengamatan di Taman Nasional Sebangau ditemukan banyak anakan ramin. Jika pertumbuhan anakan ini tidak terganggu, dapat diprediksi jumlah tegakan ramin dapat bertambah.

Model penduga sediaan tegakan hutan rawa gambut dapat dibangun dengan menggunakan kerapatan tajuk. Beberapa model yang dicobakan memiliki koefisien determinasi antara 55~70%. Namun demikian berdasarkan teknik ranking terhadap model, maka diperoleh model terbaik yaitu model ekponensial.

Volume ramin diduga dengan menggunakan ratio terhadap volume total semua jenis pohon di hutan rawa gambut. Ratio volume ramin pada hutan rawa gambut PT. Diamond Raya Timber, Riau sebesar 5% dari volume seluruh jenis, sedangkan pada hutan rawa gambut Taman Nasional Sebangau, Kalimantan Tengah sebesar 2,3% dari volume seluruh jenis.

Berdasarkan hasil analisis spasial, dapat diketahui sediaan tegakan ramin hutan rawa gambut di Sumatera dan Kalimantan. Sediaan tegakan ramin di Sumatera diduga sebesar 7.832.175 pohon atau 15.351.063 m³, sedangkan sediaan tegakan ramin di Kalimantan sebesar 12.017.687 pohon atau 6.004.874 m³.

Namun demikian, untuk lebih menyakinkan perlu dilakukan pengujian dan investigasi lebih lanjut tentang sediaan tegakan pada berbagai kondisi hutan yang berbeda.

Analisis efisiensi relatif menunjukkan bahwa penarikan contoh ganda lebih efisien dibandingkan dengan penarikan contoh secara konvensional. 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.

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 PT. Diamond Raya Timber juga disampaikan terima kasih atas ijinnya untuk melaksanakan penelitian di wilayahnya dalam rangka mendesain teknik inventarisasi ramin. Secara khusus, terima kasih kami sampaikan kepada, Ir.Suwarno Sutarahardja atas koreksi dan masukannya dalam penyusunan buku ini.

PUSTAKA

- Badan Planologi Kehutanan. 2007. Pengolahan citra resolusi tinggi dalam rangka penaksiran sumber daya hutan pulau Sumatera. Jakarta.
- Badan Planologi Kehutanan. 2006. Pengolahan Citra Resolusi Tinggi dalam Rangka Penafsiran Sumberdaya Hutan di Pulau Kalimantan. 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 Propinsi 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.
- de Vries, P.G. 1986. Sampling Theory for Forest Inventory. A Teach-Yourself Course. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Departemen Kehutanan. 2005. Rencana Strategis Kehutanan 2006-2025. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Draper, N.R. and H. Smith. 1981. Applied Regression Analysis. Jhon Wiley&Son, Inc.
- 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.
- 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. 2005. Analisis Citra Dijital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Teori dan Praktek Menggunakan Erdas Imagine. Fakultas Kehutanan.
- Jaya, I.N.S. 2002. Fotogrametri dan Penafsiran Potert Udara untuk Kehutanan. Fakultas Kehutanan IPB. 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.
- MacKinnon, K. *et al.* 1996. The Ecology of Kalimantan. Copyright. Dalhousie University. Periplus Editions.
- Marc BOUVET. Preliminary Radiometric Calibration Assessment Of ALOS AVNIR-2.
- 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.

- Samingan, T. 1980. Dendrologi. Bagian Ekologi Departemen Botani, Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Shiver, Barry D. and Bruce E. Borders. 1996. Sampling Techniques for Forest Resource Inventory. John Wiley & Sons Inc.
- Soerianegara, I. dan A. Indrawan. 1982. Ekologi hutan Indonesia. Departemen Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Spurr, S.H. 1960. Photogrammetry and photo Interpretation with a section on application to forestry. The Ronald Press Company. New York.
- Sudjiatmiko. 1998. Penerapan Double Sampling Terstratifikasi dalam Menduga Potensi Hutan Alam melalui Potret Udara (Studi Kasus di Hutan Pendidikan Gunung Walat). Tidak Dipublikasikan.
- Sutarahardja, S. 1982. Studi Penyusunan Tabel Volume Lokal Semua Jenis dan Potensi Tegakan Hutan Hujan Tropis di Propinsi Sulawesi Tengah. Proyek Penelitian Pengembangan Efisiensi Penggunaan Sumber-sumber Kehutanan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Turner, I.M. 2001. The ecology of tress in tropical rain forest. Cambridge University Press. Cambridge.
- Walpole, E.R. 1993. Pengantar Statistik Edisi 3 (Terjemahan). Gramedia. Jakarta.
- Wiroatmodjo, P. 1975. Hutan ramin (*Gonytylus bancanus*) di Kalimantan. Majalah Kehutanan Indonesia. hlm. 886- 892.

ISBN 978-602-8964-04-3



9 786028 964043