

TECHNICAL REPORT

ACTIVITY 1.1.4

RE-EVALUATION OF METHOD



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

Bogor, 2009



TECHNICAL REPORT ACTIVITY 1.1.4.

RE-EVALUATION OF METHOD

Oleh

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

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

Bogor, 2009



Technical Report Activity 1.1.4. Re-evaluation of Method

Hak cipta © 2009

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

Activity Document 1 "Improving Inventory Design to estimate Growing Stock of Ramin (*Gonystylus bancanus*) in Indonesia"
Activity 1.1.4.

Diterbitkan oleh

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

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-----------|
| DAFTAR ISI..... | i |
| DAFTAR TABEL..... | ii |
| DAFTAR GAMBAR | iii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Ruang Lingkup | 2 |
| 1.3. Tujuan | 2 |
| II. METODE..... | 3 |
| 2.1. Data utama | 3 |
| 2.1.1. Citra Resolusi Sedang | 3 |
| 2.1.2. Citra Resolusi Tinggi | 5 |
| 2.1.3. Data Lapangan..... | 6 |
| 2.2. Lokasi kajian..... | 6 |
| 2.3. Metode pelaksanaan | 7 |
| 2.3.1. Teknik analisis data..... | 7 |
| 2.3.1.1. Model-model yang akan dibangun | 7 |
| 2.3.1.2. Peubah yang digunakan..... | 11 |
| 2.3.2. Tahapan analisis..... | 12 |
| 2.3.2.1. Pengumpulan data | 12 |
| 2.3.2.2. Analisis data | 17 |
| III. HASIL dan PEMBAHASAN | 21 |
| 3.1. Model yang telah dikembangkan | 21 |
| 3.1.1. Hubungan antara Clap vs Ccitra..... | 21 |
| 3.1.2. Hubungan antara Dclap vs Dcitra | 22 |
| 3.1.3. Hubungan antara volume tegakan dengan C dan D | 23 |
| 3.2. Model hasil kajian | 24 |
| 3.3. Model penduga potensi ramin | 30 |
| IV. PENUTUP..... | 32 |
| DAFTAR PUSTAKA | 33 |

DAFTAR TABEL

| No. | Teks | Halaman |
|-----|--|---------|
| 1. | Beberapa model penduga volume tegakan menggunakan peubah potret udara..... | 10 |
| 2. | Prosedur analisis keragaman..... | 19 |
| 3. | Hasil Analisis Statistik Regresi Hubungan Antara Ccitra dan Clapangan untuk Hutan Rawa di Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan..... | 21 |
| 4. | Hasil Analisis Statistik Regresi Hubungan Antara Dcitra dan Dlapangan untuk Hutan Rawa di Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan..... | 22 |
| 5. | Model-model Terpilih pada Hutan Rawa Pulau Sumatera | 23 |
| 6. | Model-model Terpilih pada Hutan Rawa Pulau Kalimantan | 24 |
| 7. | Koefisien korelasi peubah-peubah penduga volume hutan rawa di Riau | 24 |
| 8. | Koefisien korelasi peubah-peubah penduga volume hutan rawa di Kalimantan Tengah | 24 |
| 9. | Hasil kajian model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Riau | 25 |
| 10. | Hasil kajian model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Kalimantan Tengah | 27 |
| 11. | Hasil kajian model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Riau | 29 |
| 12. | Hasil kajian model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Kalimantan Tengah | 29 |
| 13. | Hasil rangking model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Riau | 29 |
| 14. | Hasil kajian model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Kalimantan Tengah | 30 |
| 15. | Rasio antara volume ramin dan volume seluruh jenis pada tegakan hutan rawa | 31 |

DAFTAR GAMBAR

| No. | Teks | Halaman |
|-----|---|---------|
| 1. | Citra Landsat 7 TM Lokasi di Taman Nasional Sebangau. | 3 |
| 2. | Citra Landsat 7 TM Lokasi di PT Diamond Raya Timber.. | 4 |
| 3. | Citra ALOS AVNIR Lokasi di Taman Nasional Sebangau | 4 |
| 4. | Citra ALOS AVNIR Lokasi di PT Diamond Raya Timber. . | 5 |
| 5. | Citra SPOT 5 Lokasi di Taman Nasional Sebangau | 5 |
| 6. | Areal Kerja PT. Diamond Raya Timber..... | 6 |
| 7. | Wilayah Taman Nasional Sebangau, Provinsi Kalimantan Tengah | 7 |
| 8. | Hasil Penafsiran Karapatan Tajuk dan Penempatan Klaster Pada Citra ALOS AVNIR di Lokasi Taman Nasional Sebangau Provinsi Kalimantan Tengah..... | 13 |
| 9. | Hasil Penafsiran Karapatan Tajuk dan Penempatan Klaster Pada Citra ALOS AVNIR di Lokasi PT Diamond Raya Timber Provinsi Riau | 13 |
| 10. | Hasil Penafsiran Karapatan Tajuk dan Penempatan Klaster Pada Citra ALOS AVNIR di Lokasi PT Diamond Raya Timber Provinsi Riau. | 14 |
| 11. | Hasil Penafsiran Karapatan Tajuk dan Penempatan Klaster Pada Citra ALOS AVNIR di Lokasi PT Diamond Raya Timber Provinsi Riau | 14 |
| 12. | Cara pengukuran dimensi tajuk (tampak samping)..... | 16 |
| 13. | Diagram pencar hubungan antara potensi tegakan dengan penutupan tajuk pada hutan rawa di Riau | 26 |
| 14. | Diagram pencar hubungan antara potensi tegakan dengan penutupan tajuk pada hutan rawa di Kalimantan Tengah | 27 |

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam rangka penaksiran sumberdaya hutan terutama untuk mengetahui sebaran ramin (*Gonystylus bancanus*) di hutan rawa gambut, maka untuk mewakili kondisi tersebut dipilihlah lokasi penelitian di PT. Diamond Raya Timber (DRT) Riau dan TN. Sebangau Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. Penelitian ini menggunakan kombinasi antara inventarisasi secara tidak langsung dan inventarisasi secara langsung, yaitu dengan memanfaatkan citra penginderaan jauh dan *survey teristris*. Kegiatan ini diawali dengan menginterpretasi citra satelit untuk mendapatkan gambaran kerapatan tegakan yang direpresentasikan oleh kerapatan tajuk hasil interpretasi. Berdasarkan data kerapatan tajuk dilakukan kegiatan pengecekan lapangan dan pengukuran dimensi pohonnya.

Teknologi inventarisasi hutan secara tidak langsung tersebut memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan teknologi inventarisasi secara langsung atau secara terestris (*direct forest inventory, terrestrial forest inventory technology*), antara lain karena :

1. Memerlukan sedikit tenaga
2. Dapat dilaksanakan secara cepat
3. Memerlukan sedikit dana/biaya terutama bila digunakan untuk banyak bidang kegiatan atau keperluan
4. Hasilnya lebih teliti atau minimal sama dengan hasil cara langsung

Meskipun inventarisasi hutan secara tidak langsung memiliki banyak keunggulan, pengecekan lapangan harus dilakukan untuk mengetahui kebenaran hasil interpretasi citra satelit. Data hasil pengecekan lapangan selanjutnya digunakan untuk mengoreksi kembali hasil interpretasi sebelumnya.

Penelitian mengenai pendugaan potensi tegakan di hutan rawa sebelumnya pernah dilakukan di Pulau Sumatera dan Kalimantan menggunakan Citra Satelit resolusi sedang dan tinggi. Untuk menduga potensi tegakan hutan rawa di Pulau Sumatera tersebut, maka terdapat 2 (dua) macam peubah penduga sebagai penyusun model penduganya. Peubah penduga yang bertindak sebagai peubah bebas (*independence variables*) yang dimaksud adalah diameter tajuk (D) dan/atau persen penutupan tajuk (C), yang masing-masing dapat diperoleh melalui penafsiran pada citra yang digunakan, atau melalui pengukuran di lapangan. Pada hutan rawa terpilih 3 (tiga) model yang dianggap layak untuk menduga volume tegakan. Peubah penutupan tajuk relatif lebih berperan dibanding diameter tajuk rata-rata karena dengan hanya menggunakan persentase penutupan tajuk saja koefisien determinasi yang dicapai mencapai > 50% yang dapat digunakan untuk menduga volume pada hutan rawa.

Untuk hutan rawa di wilayah Kalimantan Tengah dan Kalimantan Timur, baik peubah penutupan tajuk maupun diameter tajuk rata-rata sangat mempengaruhi koefisien

determinasi dari model penduga. Terdapat 5 (lima) model yang dapat digunakan untuk mengestimasi potensi hutan pada hutan rawa sekunder. Jika kedua peubah diameter tajuk dan tutupan tajuk dipergunakan secara bersama-sama, maka model linear berganda memberikan koefisien determinasi sebesar $> 60\%$ dibandingkan model-model lain yang hanya mempunyai koefisien determinasi $50\% < R^2 < 60\%$. Sedangkan hubungan antara persen penutupan tajuk hasil pengukuran di lapangan dengan hasil pengukuran pada citra di hutan rawa kalimantan diperoleh koefisien determinasi sebesar hampir mendekati 100%, nilai tersebut dapat menjelaskan bahwa variasi perubahan C_{lap} yang dapat dijelaskan oleh C_{sf} , maka dengan kata lain bahwa C_{sf} dapat mewakili C_{lap} . Maka dari hasil yang diketahui diantara dua lokasi tersebut dapat dijelaskan bahwa hubungan antara D dan C tidak konsisten.

Sama halnya seperti di Pulau Sumatera dan Kalimantan, *International Tropical Timber Organization* (ITTO) yang bekerjasama dengan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan dalam rangka, melaksanakan kegiatan **Penaksiran Potensi Ramin (*Gonystylus bancanus*) di Hutan Rawa Gambut** PT. Diamond Raya Timber (DRT) Riau dan TN. Sebangau Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah, melaksanakan kegiatan pengukuran dan pengamatan lapangan untuk dapat di analisis secara statistik serta disajikan dalam bentuk tabular dan spasial.

1.2. Ruang Lingkup

Pengukuran dan pengamatan lapangan merupakan kegiatan penghimpunan data dan informasi tentang situasi dan kondisi sumberdaya hutan yang dilaksanakan melalui pengukuran langsung di lapangan (*direct forest inventory: terrestrial forest inventory*). Hasil survei lapangan selanjutnya digunakan sebagai sarana pembandingan dan sarana verifikasi/pembuktian terhadap hasil kegiatan penafsiran citra resolusi tinggi maupun sedang dalam rangka penaksiran sumberdaya hutan terutama hutan rawa gambut untuk mengetahui sebaran ramin (*Gonystylus bancanus*) di PT. Diamond Raya Timber (DRT) Riau dan TN. Sebangau Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah.

Selanjutnya, ruang lingkup kegiatan pengolahan citra satelit tersebut di atas meliputi beberapa macam kegiatan, yang antara lain adalah :

1. Menganalisis model-model yang telah ada sebelumnya
2. Pengembangan model baru untuk menduga potensi pada hutan rawa gambut di PT. Diamond Raya Timber (DRT) Riau dan TN. Sebangau Pulang Pisau, Kalimantan Tengah.

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari pelaksanaan kegiatan ini yaitu untuk membangun model terbaik dengan pendekatan statistik dan teknis praktis.

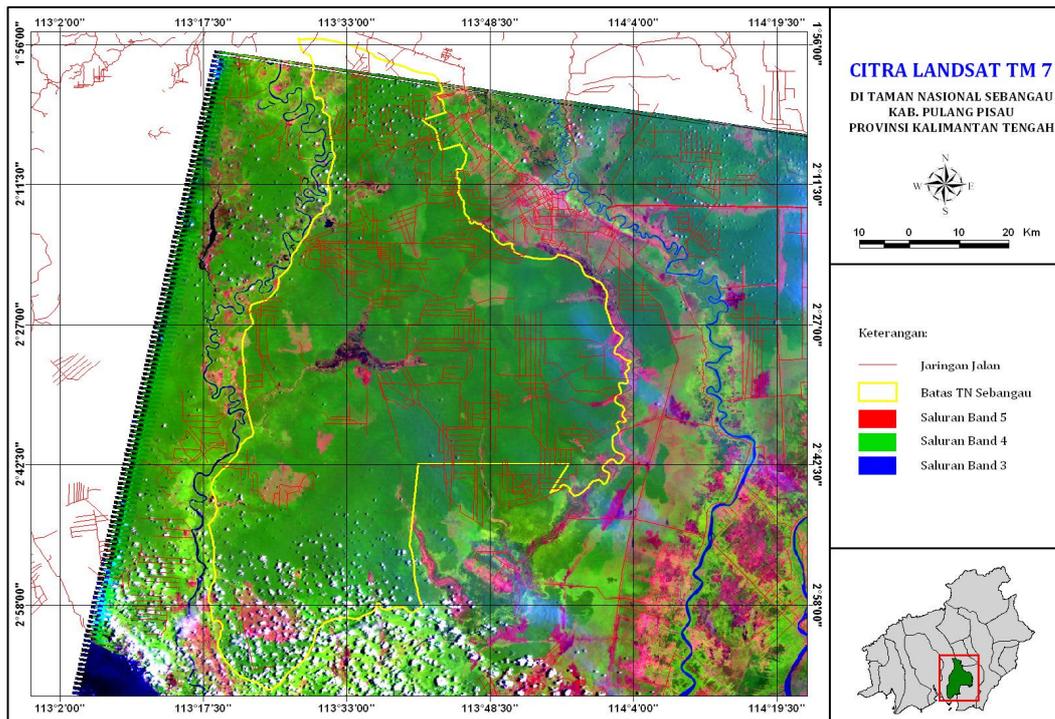
II. METODE

2.1. Data Utama

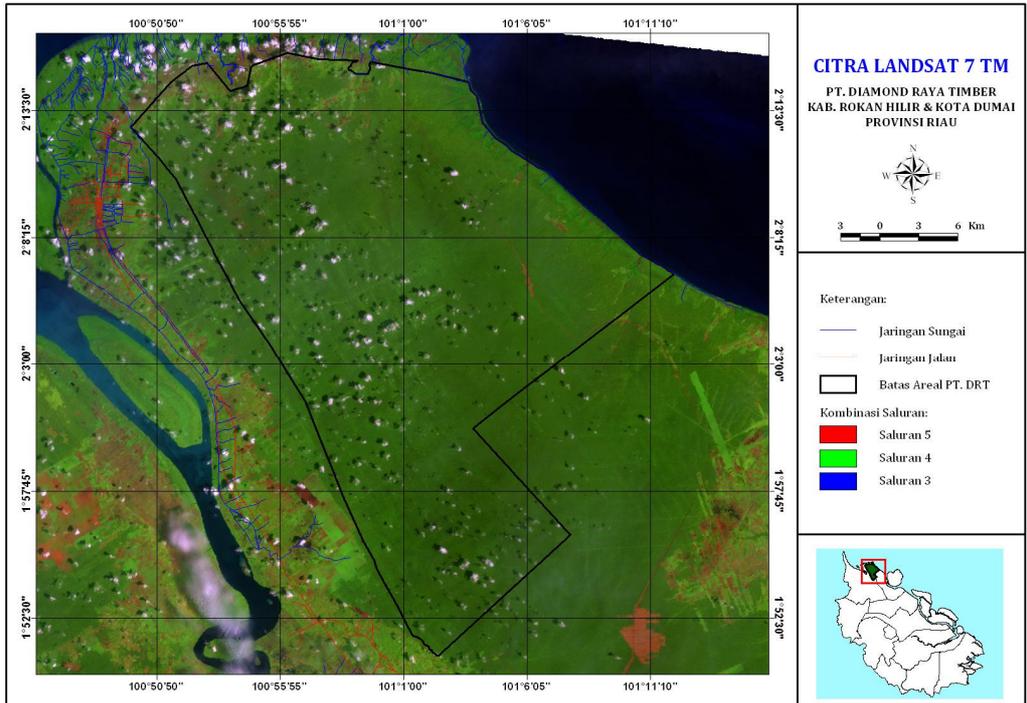
2.1.1. Citra resolusi sedang

Dalam rangka menyusun model-model penduga potensi tegakan hutan khususnya jenis ramin di hutan rawa gambut pada setiap kombinasi kerapatan tegakan dan kedalaman gambut maka diperlukan bantuan Citra Satelit. Citra yang digunakan dalam kegiatan ini, yaitu citra Landsat 7 TM dan ALOS AVNIR yang termasuk mempunyai resolusi sedang.

Penyusunan model ini dilakukan menggunakan peubah-peubah tegakan yang dapat diamati pada citra. Untuk citra Landsat 7 TM yang dapat diamati adalah wilayah-wilayah lahan basah (*wet land*) yang diduga sebagai wilayah hutan rawa gambut, sedangkan pada citra ALOS AVNIR peubah yang dapat diinterpretasi adalah kerapatan tegakan (*crown density*). Secara visual citra Landsat 7 TM dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Sedangkan citra ALOS AVNIR dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

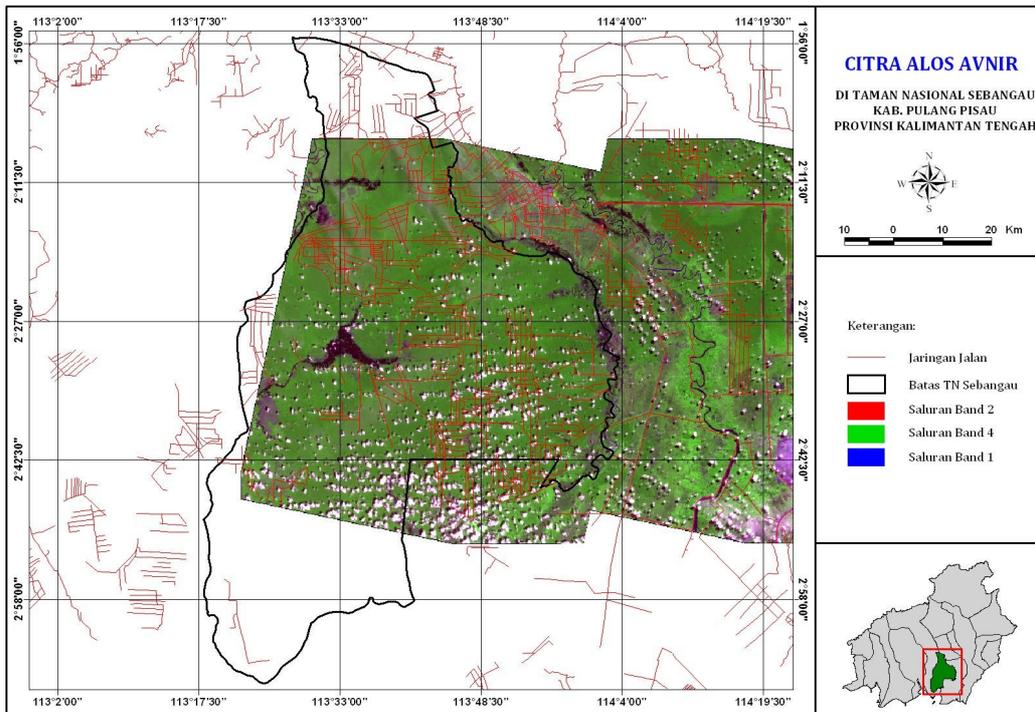


Gambar 1. Citra landsat 7 TM lokasi di Taman Nasional Sebangau.

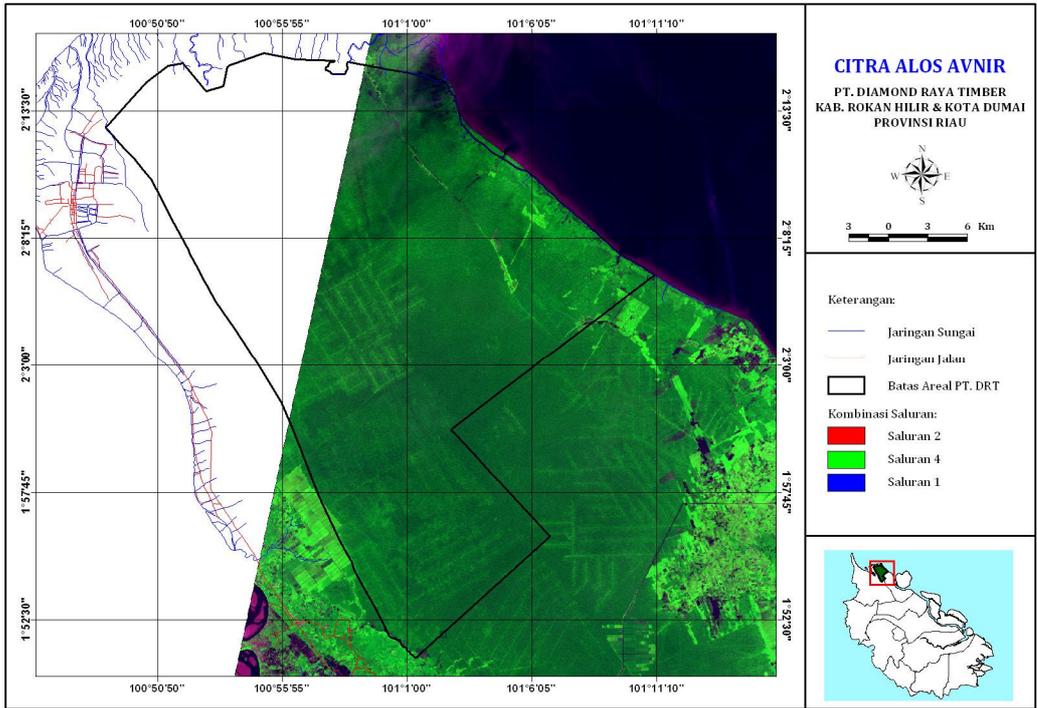


Gambar 2. Citra landsat 7 TM lokasi di PT. Diamond Raya Timber.

Dibanding dengan citra Landsat 7 TM yang memiliki resolusi spasial 30 m, maka citra ALOS AVNIR memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi, yaitu 10 m. Sehingga untuk interpretasi visual relatif lebih detail. Pada citra ALOS AVNIR sudah dapat mendeteksi kerapatan tegakan.



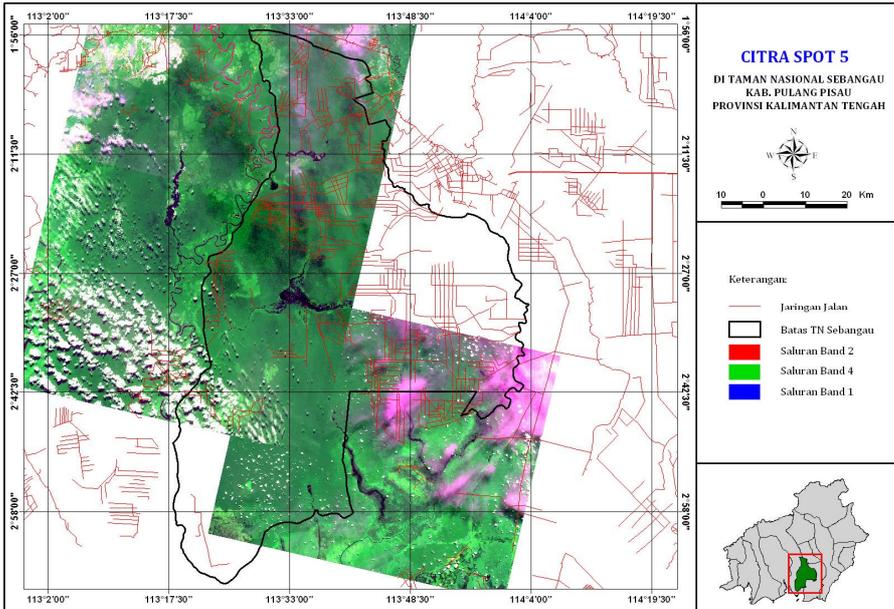
Gambar 3. Citra ALOS AVNIR lokasi di Taman Nasional Sebangau.



Gambar 4. Citra ALOS AVNIR lokasi di PT. Diamond Raya Timber.

2.1.2. Citra resolusi tinggi

Sejalan dengan perkembangan teknologi penginderaan jauh, dengan peningkatan resolusi spasial dan spektralnya, maka penggunaan data penginderaan jauh resolusi sedang dan resolusi tinggi semakin relevan untuk kegiatan inventarisasi hutan.



Gambar 5. Citra SPOT 5 lokasi di Taman Nasional Sebangau.

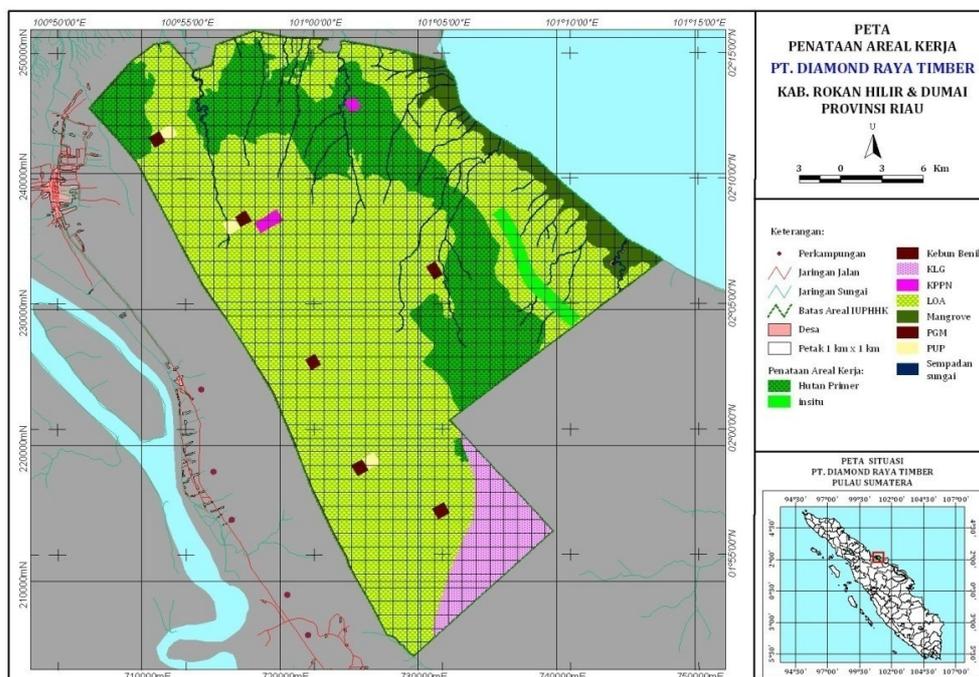
Dalam kegiatan ini dicoba menggunakan citra SPOT 5 dimana yang pankromatik memiliki resolusi 5 m. Sehingga dengan menggunakan citra ini diharap dapat mendeteksi diameter tajuk (D) untuk membantu dalam membuat model-model dugaan potensi di hutan rawa gambut terutama untuk jenis ramin.

2.1.3. Data lapangan

Untuk menunjang data hasil interpretasi di citra satelit perlu dilakukan *ground check* atau survei lapangan. Dimana peubah-peubah yang dapat diinterpretasi di citra diukur juga di lapangan. Tetapi jika peubah yang diperlukan dalam menduga potensi tegakan tidak terlihat di atas citra, maka perlu dicari peubah lain yang berhubungan dengan peubah yang dimaksud. Tentulah peubah-peubah tersebut harus memiliki korelasi yang tinggi satu dengan yang lainnya. Penempatan plot di lapangan perlu juga mempertimbangkan keterwakilan keragaman yang ada.

2.2. Lokasi Kajian.

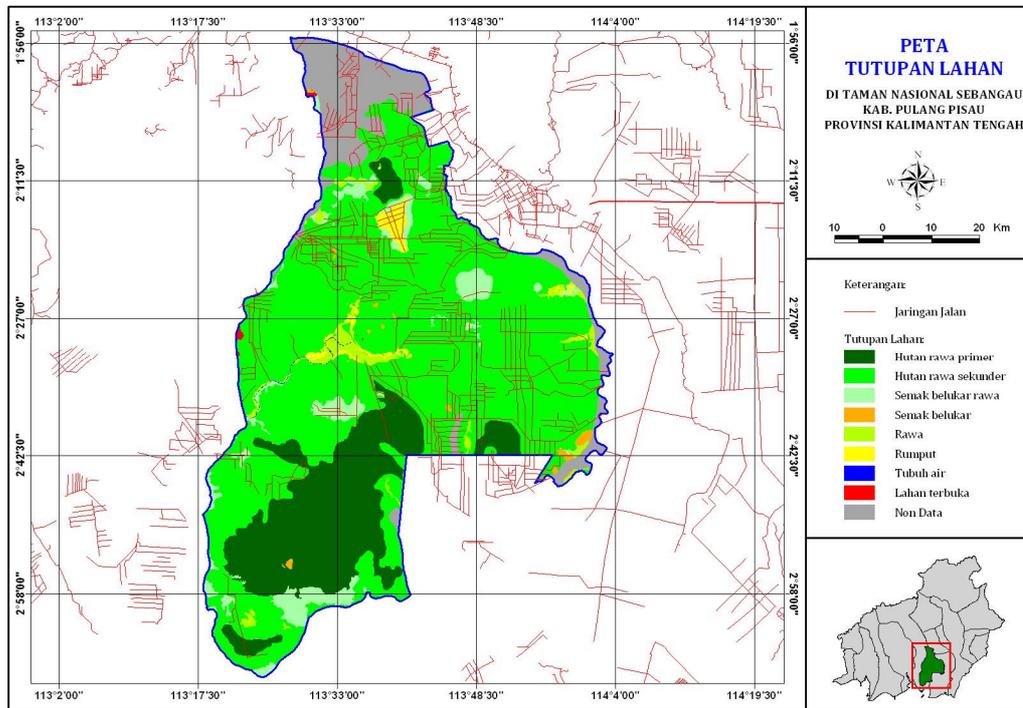
Lokasi kegiatan dilakukan di dua tempat yaitu di wilayah PT. Diamond Raya Timber Provinsi Riau dan Taman Nasional Sebangau Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 6. Areal kerja PT. Diamond Raya Timber.

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

dengan menggunakan *speedboat*. Waktu tempuh secara keseluruhan dari Pekanbaru ke Sei Senepis sekitar \pm 5 jam.



Gambar 7. Wilayah Taman Nasional Sebangau, Provinsi Kalimantan Tengah.

Taman Nasional Sebangau dapat dicapai dari kota Palangkaraya dengan jarak tempuh kurang lebih 15 menit dengan menggunakan jalan darat ke dermaga Kereng Bangkirai. Perjalanan dilanjutkan menuju lokasi pengambilan contoh ke arah hilir dan hulu Sungai Sebangau dengan menggunakan *speed boat* dan klotok. Untuk pengambilan data di wilayah TN. Sebangau bagian hulu Sungai Sebangau menggunakan Pos Sungai Koran sebagai *basecamp*. Lokasi ini dapat ditempuh dari dermaga Kereng Bangkirai selama 1 jam dengan menggunakan *speed boat* dan klotok menempuh jarak 8,5 km. Sedangkan lokasi pengambilan data di bagian hilir menggunakan pos SSI sebagai *basecamp* yang dapat dicapai dari dermaga Kereng Bangkirai dengan waktu tempuh 1 jam sejauh 30 km.

2.3. Metode Pelaksanaan

2.3.1. Teknis analisis data

2.3.1.1. Model-model yang akan dibangun.

Secara umum model volume dapat dibagi atas model penduga volume pohon dan model penduga volume tegakan. Model-model yang umum dipergunakan pada penyusunan model pendugaan volume pohon adalah model linier dan non-linier dengan persamaan umum sebagai berikut:

- (1) Model linear
- (i). Sederhana $V_p = a + bD$
 $V_p = a + bC$
- (ii) Berganda $V_p = a + bD + cH$
- (2) Model non-linear
- (i) Pangkat $V_p = aD^b$
 $V_p = aC^b$
 $V_p = aC^b D^2$
- (ii) Kuadratik $V_p = a + bD^2$
- (iii) Eksponensial $V_p = ae^{bx}$
- (iv) Berganda $V_p = a + bD + cH^2$
 $V_p = a + bD^2 + cH$
 $V_p = a + bD^2 + cH^2$
- (v) Polinomial ordo 2 $V_p = a + bD + cD^2$
 $V_p = a + bH + cH^2$
 $V_p = a + bD + cH + dDH + eD^2 + fH^2$
- (vi) Polinomial ordo 3 $V_p = a + bD + cD^2 + dD^3$
 $V_p = a + bH + cH^2 + dH^3$

Selanjutnya, berdasarkan regresi tersebut dapat disusun suatu tabel volume pohon yang biasanya disebut *tree aerial volume table*. Secara umum, penggunaan tabel volume potret udara mempunyai beberapa keterbatasan, antara lain:

- (1) Hanya dapat dipergunakan pada citra yang mempunyai resolusi spasial yang tinggi, misalnya IKONOS pankromatik atau *Quickbird* Pankromatik atau hasil *pansharpening*-nya sehingga mempunyai resolusi spasial yang berkisar antara 0,6 m sampai dengan 2,4 m atau setara dengan potret udara skala 1: 1200 sampai dengan 1: 5000.
- (2) Hanya efektif dipergunakan pada tegakan-tegakan yang jarang
- (3) Penggunaannya harus hati-hati karena mempunyai *standard error* (kesalahan baku) cukup tinggi yaitu berkisar antara 30-60% terhadap volume rata-ratanya

Sedangkan model penduga volume tegakan merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh pengaruh kesalahan individu pohon adalah menggunakan tabel volume tegakan. Peubah-peubah yang dapat digunakan untuk menduga volume tegakan tersebut diantaranya adalah (Jaya, 2002a), 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 :

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

Model-model persamaan regresi yang menyatakan hubungan antara volume tegakan dengan peubah-peubah tegakan yang diukur pada potret udara tersebut dapat dinyatakan dengan bentuk (a) Persamaan matematis atau persamaan regresi, (b) Tabel volume dan atau (c) Grafik. Regresi yang dibuat akan sangat berguna dalam inventarisasi hutan selanjutnya. Sedangkan jenis peubah yang digunakan untuk menyusun persamaan regresi dapat dihimpun dengan teknik pengambilan contoh berganda (*double sampling*). Model-model persamaan regresi yang dibuat umumnya menggunakan hubungan atau fungsi antara peubah-peubah sebagai berikut :

- (1) Fungsi antara volume tegakan (V_T) dengan diameter tajuk [$V_T = f(D)$], bentuk persamaannya umumnya adalah:

$$V_T = a + bD$$

$$V_T = a + bD^2$$

$$V_T = aD^b$$

$$V_T = ae^{bD}$$

$$V_T = a + bD + cD^2$$

$$V_T = a + b \ln D$$

$$V_T = a + bD + cD^2 + dD^3$$

- (2) Fungsi antara volume tegakan (V_T) dengan persenutupan tajuk, dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$V_T = a + bC$$

$$V_T = a + bC^2$$

$$V_T = aC^b$$

$$V_T = ae^{bC}$$

$$V_T = a + bC + cC^2$$

$$V_T = a + b \ln C$$

$$V_T = a + bC + cC^2 + dC^3$$

- (3) Fungsi antara volume tegakan (V_T) dengan persen penutupan dan diameter tajuk [$V_T = f(C, D)$], bentuk-bentuk persamaan regresinya adalah :

$$V_T = aC^bD^d$$

$$V_T = a + bC + cD$$

$$V_T = a + b \ln C + c \ln D$$

$$V_T = a + bD + cC + dDc + eD^2 + fC^2$$

$$V_T = a + bD^2 + cC^2$$

$$V_T = a + bD^2 + cC$$

$$V_T = a + bD + cC^2$$

Beberapa contoh hasil beberapa penelitian persamaan tabel volume tegakan yang menggunakan potret udara dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa model penduga volume tegakan menggunakan peubah potret udara

| No. | Tipe Hutan | Lokasi | Persamaan Regresi dan Koefisien Determinasi |
|-----|-----------------------|--|--|
| 1. | Hutan Jati | Cikampek, Purwakarta (Suar, 1993) | $V = -10,2 + 0,169 N + 8,20 D$ ($R^2 = 53,8\%$) |
| 2. | Hutan Jati | Jawa dan Jawa Timur {Madiun, Nganjuk dan Jombang;Hadjopra-jitno, dkk. (1996a), dan Hardjoprajitno,dkk. (1996)} | Bonita ≤ 3 $Ln V = -1,65 + 0,798 Ln C + 1,58 Ln D$ ($R^2 = 74,5\%$) |
| | | | Bonita ≥ 4 $Ln V = -0,713 + 1,206 Ln C + 0,219 Ln D$ ($R^2 = 64,90\%$) |
| 3. | Hutan Jati | KPH Jombang (Effendi, 1998) | $V = 0,0013182 C^{0,989} D^{2,50}$ ($R^2 = 85,90\%$) |
| 4. | Hutan Pinus | KPH Pekalongan (Hidayatullah, 1996) | $V = 0,000147 H^{1,42} D^{0,35} N^{2,21}$ ($R^2 = 81\%$) |
| 5. | Hutan Pinus | Jawa (Lawu DS, Kediri, Malang, Sukabumi dan Cianjur ; Hardjoprajitno, dkk., 1996b) | Bonita ≤ 3 $Log V = 0,598 + 0,728 Log C + 0,387 Log D$ ($R^2 = 42,59\%$) |
| | | | Bonita ≥ 4 $Log V = 0,955 + 0,513 Log C + 0,526 Log D$ ($R^2 = 76,80\%$) |
| 6. | Hutan Pinus | - Jawa Barat (Sukabumi, Cianjur) | Bonita ≤ 3 $Ln V = 2,11 + 0,496 Ln C + 0,629 Ln D$ ($R^2 = 56,5\%$) Bonita ≥ 4 $Ln V = 7,56 + 0,184 Ln C - 1,23 Ln D$ ($R^2 = 98,6\%$) |
| | | - Jawa Timur (Kediri, Lawu DS, Malang) (Hardjoprajitno, dkk., 1996) | Bonita ≤ 3 $Ln V = 3,61 + 0,525 Ln C - 0,434 Ln D$ ($R^2 = 39,3\%$) Bonita ≥ 4 $Ln V = 2,49 + 0,570 Ln C + 0,230 Ln D$ ($R^2 = 57,9\%$) |
| 7. | Hutan Pinus | KPH Pekalongan (Somad, 1997) | $V = 13,6 + 0,000040 D^2$ ($R^2 = 77,7\%$) |
| 8. | Hutan Alam Tropis | Penajam, Kaltim (Santoso, 1991) | $V = -219,13 + 11,07 C + 5,82 D + 0,963 H$ ($R^2 = 45,09\%$) |
| 9. | Hutan Alam Tropis | Muarakaman, Kaltim (Atmosoemarto, 1993 dalam Jaya, 2002a) | $Ln V = -5,577 + 0,427 Ln N + 2,591 Ln H$ ($R^2 = 67,4\%$) |
| 10. | Hutan Alam Tropis | HPH Sura Asia, Riau (Budi, 1998) | $Log V = 0,60 + 1,11 Log C + 0,133 Log D$ ($R^2 = 69,2\%$) |
| 11. | Hutan Alam Tropis | PT. Batasa Kalbar (Yamin, 1996 dalam Sujiatmoko, 1998) | $V = 14 + 1,11C + 0,583 H + 5,77 D$ ($R^2 = 71,5\%$) |
| | | | $V = 0,393C^{0,555} H^{0,158} D^{0,503}$ ($R^2 = 67,9\%$) |
| | | | $V = 621,1 + 1,25 C + 0,0120 D^2 H$ ($R^2 = 73,8\%$) |
| 12. | Hutan Alam Tropis | Hutan Penajam & Bongen Hulu, Kaltim (Santoso, 1991 dalam Sujiatmoko, 1998) | $V = 20,7205C^{0,5443} D^{-1,7398} H^{1,2745}$ ($R^2 = 23,63\%$) |
| | | | $V = -219,1344 + 11,0713 C + 5,8119 D + 0,9627 H$ ($R^2 = 45,09\%$) |
| 13. | Hutan Alam Tropis | Hutan Penajam & Bongen Hulu, Kaltim (Sitompul, 1996 dalam Sujiatmoko, 1998) | $V = 9,79 + 0,23 C + 0,299 H + 0,586 D$ ($R^2 = 66,3\%$) |
| | | | $Log V = -1,2 + 0,783 Log C + 0,362 Log H + 0,576 Log D$ ($R^2 = 68,50\%$) |
| 14. | Hutan Tanaman Agathis | Hutan pendidikan Gunung Walat (Darmawangsa, 1975) | $V = -31,3985 + 0,453 N - 0,01070 + 1,977 H$ ($R^2 = 0,8635^2$) |
| | | | $V = -33,1323 + 0,4349 N - 1,7906 H$ ($R^2 = 0,8589^2$) |
| | | | $V = 2,1041 + 0,00075 ND^2 H$ ($R^2 = 0,8101^2$) |
| | | | $V = -26,7028 + 0,0519 D + 0,4632 N$ ($R^2 = 0,7547^2$) |

Sumber: Jaya (2006)

Selain itu, volume tegakan juga dapat ditaksir dengan cara membandingkan kenampakan pada citra dengan monogram suatu tegakan yang sama dan telah diketahui volumenya.

Regresi untuk menduga volume 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. Pengujian korelasi (r) tersebut dilakukan dengan menggunakan rumus :

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

Perlu diingat bahwa regresi yang dibuat sesederhana mungkin, tetapi mempunyai ketelitian yang cukup tinggi. Demikian pula dalam pemilihan parameter-parameter tegakan di potret, yang akan dijadikan peubah bebasnya. Pertimbangan ini perlu diperhatikan mengingat 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.

2.3.1.2. Peubah yang digunakan

Pada awalnya, sebelum berkembangnya teknologi citra satelit, potret udara sebagai sarana bantu pelaksanaan inventarisasi hutan digunakan untuk mengukur peubah-peubah berikut :

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

Sedangkan peubah-peubah tegakan lainnya seperti diameter pohon, volume pohon, volume tegakan, bentuk pohon, kualitas tegakan, kualitas tapak dan lain-lainnya hanya dapat ditaksir berdasarkan korelasi antara parameter-parameter yang dapat secara langsung diamati melalui potret udara dengan parameter-parameter tegakan yang diinginkan. Ketelitian dari hasil penaksiran tersebut tergantung kepada ketepatan pengukuran peubah-peubah di potret dan pemeriksaan lapangan serta korelasi antar peubah bersangkutan.

Ide dasar tentang estimasi volume pohon menggunakan citra resolusi tinggi (umumnya potret udara) berangkat dari pengalaman-pengalaman bahwa:

- (1) Peubah-peubah pohon seperti tinggi pohon (H) dan diameter tajuk (D) adalah peubah-peubah yang dapat diukur pada citra resolusi tinggi (potret udara, IKONOS dan *Quickbird*). Pada citra, umumnya yang diukur adalah *visible crown diameter* (VCD) dan *visible tree height* (VTH).
- (2) Ditemukan adanya korelasi yang erat antara volume pohon dengan H dan D . Dalam hal ini, seperti telah dijelaskan bahwa, diameter tajuk (D) mempunyai korelasi yang erat dengan diameter batang pohon (dbh). Dengan demikian maka volume pohon (V_p) dapat diduga atas dasar tinggi pohon (H) dan/atau diameter tajuk (D) yang dapat diukur langsung pada potret udara. Secara umum model matematisnya adalah :

$$V_p = f(H, D)$$

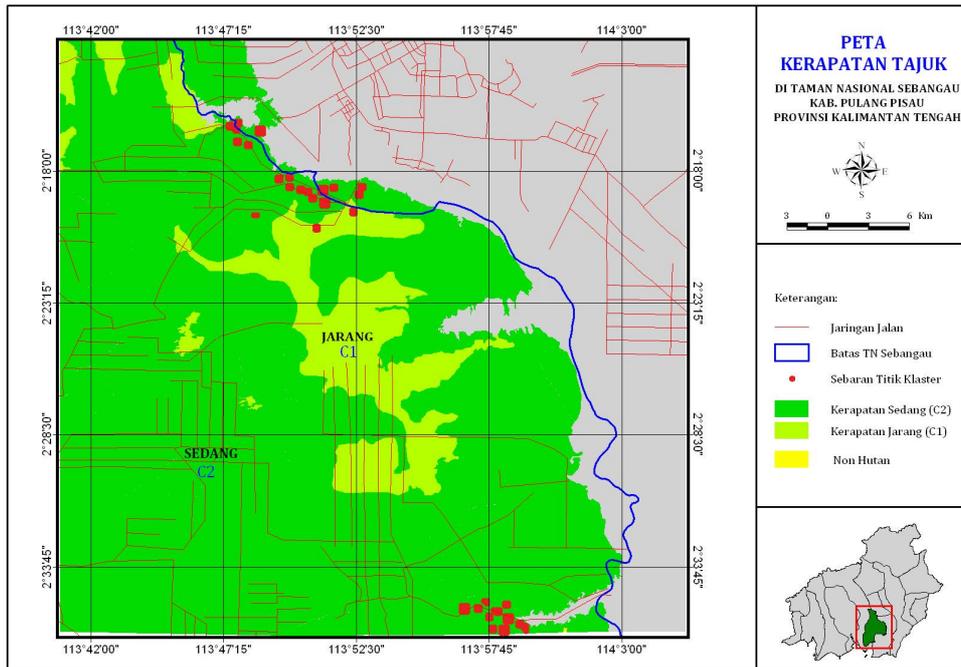
2.3.2. Tahapan analisis

2.3.2.1. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan di citra dan di lapangan karena menggunakan metode gabungan antara metode terestris dan penginderaan jauh satelit. Metode ini sudah terbukti memberikan efisiensi waktu dan biaya. Pertama dilakukan interpretasi di citra kemudian berdasarkan hasil interpretasi tersebut dilakukan penempatan klaster dan plot di lapangan. Pengukuran dimensi pohon di lapangan dilakukan pada setiap plot-plot contoh yang sudah direncanakan dan ditetapkan berdasarkan hasil interpretasi pada citra ALOS AVNIR. Pengukuran dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya potensi volume tegakan berdasarkan perbedaan dimensi-dimensi tegakan yang dapat diukur/ditafsir melalui citra-citra satelit tersebut

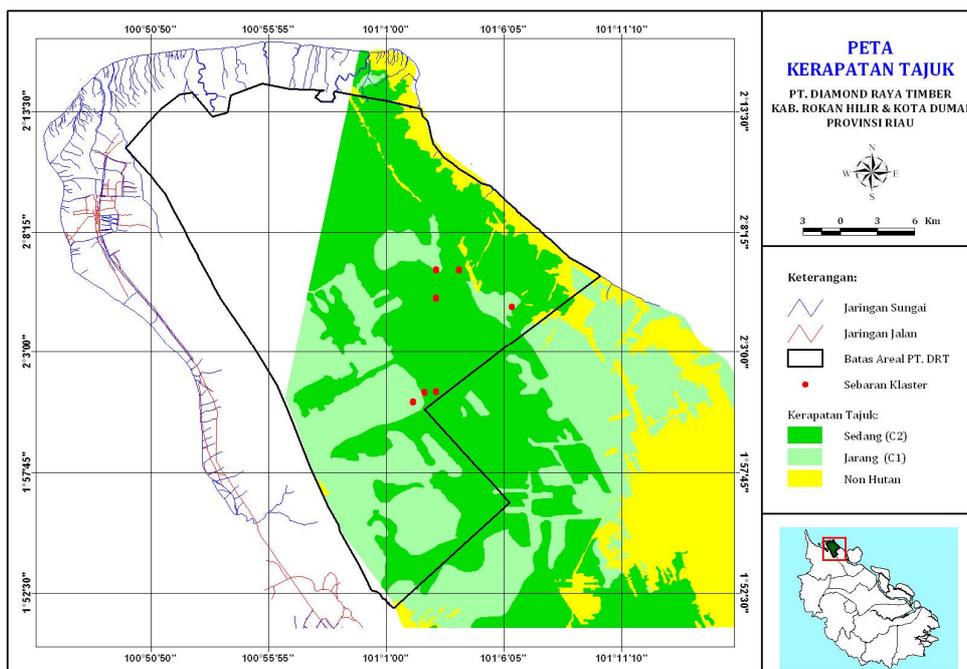
(i) Interpretasi data citra dan peta.

Penafsiran di citra ALOS AVNIR ditekankan untuk mencari kerapatan tajuk (C) melalui proses visual dengan patokan monogram yang telah dibuat. Penafsiran visual dapat dilakukan karena resolusi spasial dari citra ALOS AVNIR sudah relatif tinggi sehingga dapat menangkap tekstur tegakan hutan lebih jelas. Sebaran kelas kerapatan dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

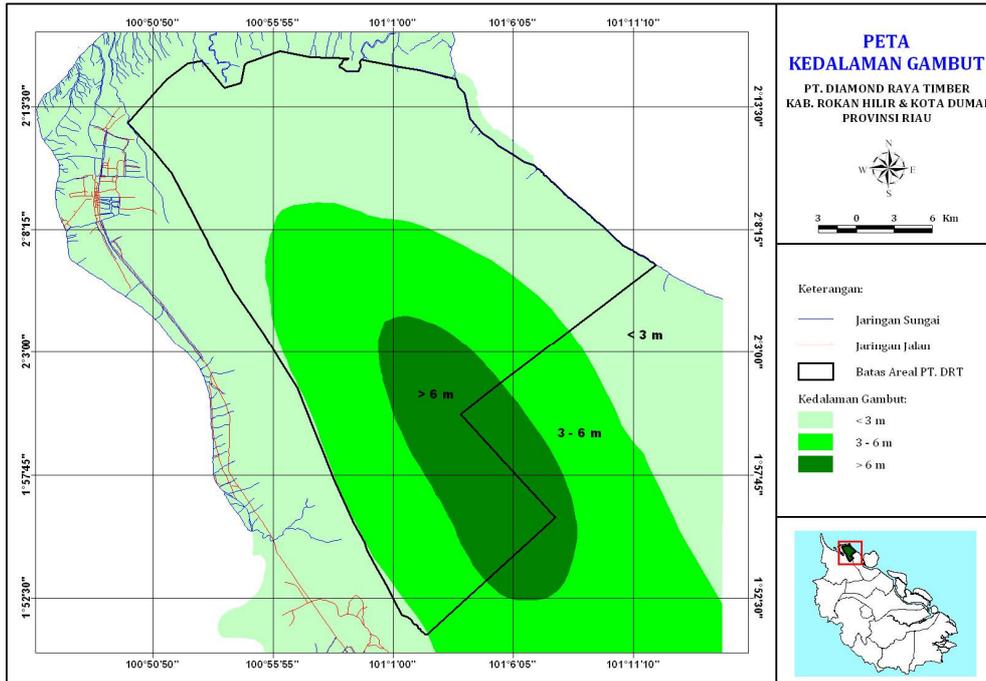


Gambar 8. Hasil Penafsiran Karapatan Tajuk dan Penempatan Klaster Pada Citra ALOS AVNIR di Lokasi Taman Nasional Sebangau, Provinsi Kalimantan Tengah.

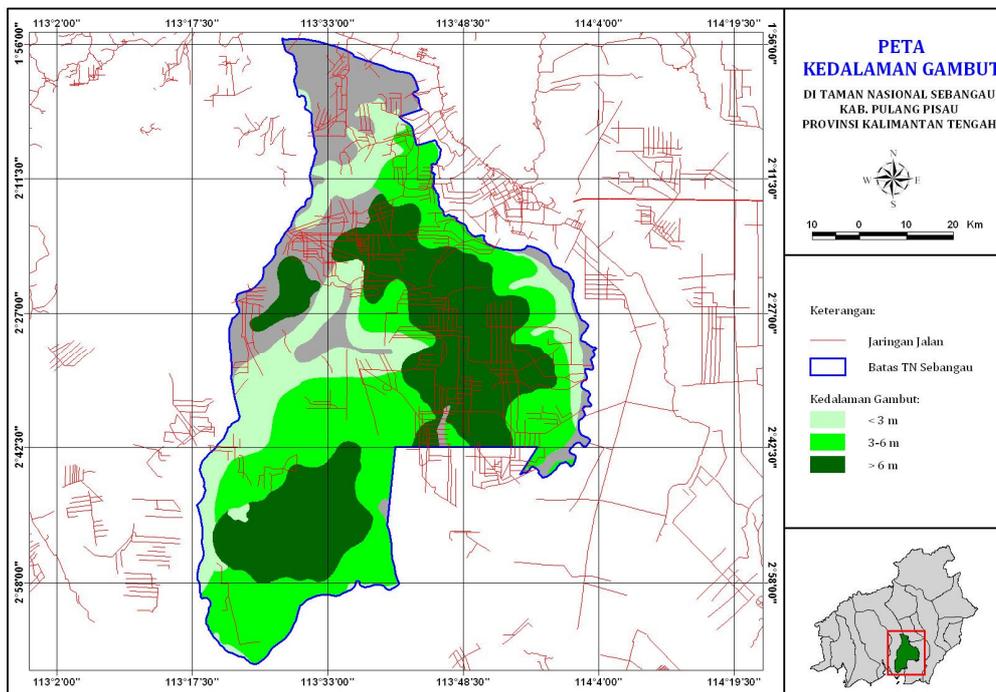
Kemudian dengan bantuan data peta pendukung mengenai sebaran kedalaman gambut, seperti terlihat pada Gambar 10 dan Gambar 11, maka dapat dibuat kombinasi wilayah antara kerapatan tajuk (c) dengan kedalaman gambut (P). Penempatan klaster-klaster di lapangan menyesuaikan perwakilan kombinasi-kombinasi tersebut.



Gambar 9. Hasil Penafsiran Karapatan Tajuk dan Penempatan Klaster Pada Citra ALOS AVNIR di Lokasi PT. Diamond Raya Timber, Provinsi Riau.



Gambar 10. Hasil Penafsiran Karapatan Tajuk dan Penempatan Klaster Pada Citra ALOS AVNIR di Lokasi PT. Diamond Raya Timber, Provinsi Riau.



Gambar 11. Hasil Penafsiran Karapatan Tajuk dan Penempatan Klaster Pada Citra ALOS AVNIR di Lokasi PT Diamond Raya Timber, Provinsi Riau.

(ii) Pengumpulan Data di Lapangan

Metode pengumpulan data di Lapangan sudah dijelaskan secara detail pada laporan sebelumnya (Laporan *Technical Report Activity 1.1.3*). Tetapi secara ringkas akan diulas kembali disini. Data-data yang dikumpulkan di lapangan adalah sebagai berikut :

a. Pengukuran Dimensi Pohon

1) Pengukuran Diameter atau Keliling Pohon

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

Pengukuran dengan menggunakan pita keliling akan menghasilkan keliling pohon sehingga perlu dikonversi menjadi angka diameter (D) dengan rumus berikut :

$$D = \frac{K}{\lambda}$$

dimana π = konstanta (*phi*) sebesar 3,141592654

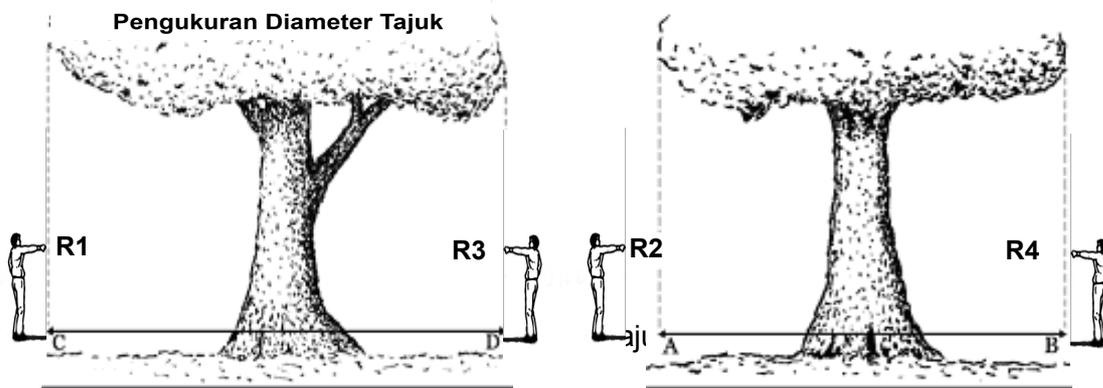
2) Pengukuran Diameter Tajuk Pohon

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

Cara pengukuran diameter tajuk pada di lapangan dapat dilihat pada Gambar 12. Dalam pengukuran diameter tajuk ini diperhatikan posisi tajuk yang terlebar sebagai patokan awal pengukuran diameter atau jari-jari tajuknya dan selanjutnya diukur posisi diameter tajuk yang tegak lurus terhadap posisi pertama, sehingga diperoleh 4 (empat) jari-jari tajuk (R_1 , R_2 , R_3 dan R_4). Untuk memudahkan pencatatan (R_1 , R_2 , R_3 dan R_4).dimulai dari Utara kemudian Timur, Selatan dan Barat.

Semua data tersebut dicatat posisi koordinat pohonnya. Kemudian dapat dibuat peta sebaran pohon. Dari data yang dikumpulkan tersebut dapat dibuat

kerapatan tajuk di lapangan yang merupakan perbandingan antara luas tajuk tegakan setiap plot dengan luas plot.



Gambar 12. Cara pengukuran dimensi tajuk (tampak samping)

3) 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 :

- Tinggi total yaitu tinggi sampai dengan puncak tajuk
- Tinggi sampai dengan titik pada batang berdiameter 7 (tujuh) cm atau 10 cm. Dimensi tinggi ini biasa disebut tinggi kayu tebal atau tinggi kayu pertukangan untuk jenis daun jarum
- Tinggi bebas cabang diukur sampai dengan cabang pertama. Tinggi bebas cabang disebut juga tinggi kayu pertukangan
- Tinggi sampai dengan batas banir
- Tinggi sampai dengan titik pada batang berdiameter sama dengan 0.5 kali diameter setinggi dada.

4) Pengukuran Volume Pohon Berdiri

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

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

dimana :

V_i = Volume pohon (m^3)

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

d = Diameter setinggi dada (m)

t = Tinggi bebas cabang (m)

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

5) Pengukuran Volume Tegakan

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

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

dimana :

V_t = Volume tegakan per plot

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

2.3.2.2. Analisis data

- (1) Model penduga potensi dengan Regresi Linier Sederhana (*Simple Linier Regression*)

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 matematisnya adalah sebagai berikut :

$$y = a + b x$$

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

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

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

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

dimana : a = intersept regresi

b = koefisien regresi

- (2) Model Penduga Potensi dengan Regresi linier berganda (*Multiple Linier Regression*)

Regresi linier berganda adalah regresi dengan jumlah peubah bebas sebanyak dua buah atau lebih. Rumus umum dari regresi linear berganda adalah sebagai berikut :

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_p x_p + e$$

Dalam notasi matriks persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{p1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{p2} \\ 1 & x_{13} & x_{23} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{p3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{pn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ e_n \end{bmatrix}$$

atau secara ringkas : $\underline{y} = \underline{x} \underline{b} + \underline{e}$

Vektor b yaitu nilai-nilai koefisien dari model regresi diperoleh melalui proses sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X'X \ b &= X'Y \\ (X'X)^{-1} X'X \ b &= (X'X)^{-1} X'Y \\ b &= (X'X)^{-1} X'Y \end{aligned}$$

dimana :

$$X'X = \begin{bmatrix} n & \sum x_1 & \sum x_2 & \sum x_3 & \cdot & \cdot & \cdot & \sum x_p \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_1 x_3 & \cdot & \cdot & \cdot & \sum x_1 x_p \\ \sum x_2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_2^2 & \sum x_2 x_3 & \cdot & \cdot & \cdot & \sum x_2 x_p \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \sum x_p & \sum x_1 x_p & \sum x_2 x_p & \sum x_3 x_p & \cdot & \cdot & \cdot & \sum x_p^2 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad X'Y = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum x_1 y \\ \sum x_2 y \\ \sum x_3 y \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum x_p y \end{bmatrix}$$

Untuk mengetahui signifikansi peranan peubah bebas-peubah bebas pada model regresi yang dibuat, maka dilakukan analisis ragam yaitu uji-F (Tabel 2). Analisis ragam pada dasarnya adalah untuk menguji pasangan hipotesis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_0 &: \beta_i = 0 ; \quad i=1,2,3,\dots,p \\ H_1 &: \text{sekurang – kurangnya ada satu } \beta_i \neq 0 \end{aligned}$$

Tabel 2. Prosedur analisis keragaman

| Sumber Keragaman (SK) | Derajat bebas (db) | Jumlah Kuadrat (JK) | Kuadrat Tengah (KT) | F _{hit} |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 1. Regresi | $p - 1$ | JK_{reg} | $KT_{reg} = \frac{JK_{reg}}{p - 1}$ | $\frac{KT_{reg}}{KT_{sisa}}$ |
| 2. Kesalahan Percobaan (sisa) | $(m - 1) - (p - 1)$ | $JK_{tot} - JK_{reg}$ | $KT_{sisa} = \frac{JK_{sisa}}{m - p}$ | |
| 3. Total | $m - 1$ | $JK_{tot} = JK_y$ | | |

dimana: p = jumlah peubah bebas; m = jumlah contoh pengamatan lapangan ;

$F_{0,05}$ = F pada tingkat nyata 5 % atau tingkat kepercayaan 95%; $JK_{reg} = b \cdot JHKxy$

Bila dari hasil analisis keragaman tersebut diperoleh F-hitung lebih besar dari $F_{0,05}$ itu berarti bahwa pada tingkat kepercayaan 95% minimal ada satu koefisien regresi yang signifikan dengan kata lain minimal ada satu peubah bebas yang berpengaruh nyata terhadap peubah tak bebas. Oleh karena itu selanjutnya dilakukan uji signifikansi masing-masing koefisien peubah bebas (x), yaitu menguji pasangan hipotesis:

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0$$

dengan uji t sebagai berikut :

$$t_{hit} = \left| \frac{b_i - \beta_i}{Sb_i} \right|$$

karena $\beta_i = 0$ maka :

$$t_{hit} = \left| \frac{b_i}{Sb_i} \right|$$

dimana :

$$s_{bi} = \sqrt{c_{ii} KT_s}$$

c_{ii} adalah elemen diagonal baris ke- i dan kolom ke- i dari matriks $(X'X)^{-1}$

H_0 ditolak apabila t -hitung lebih besar dari pada t -tabel pada tingkat nyata tertentu dengan derajat bebas sesuai derajat bebas sisa dari tabel analisis keragaman.

Pemilihan model regresi terbaik selain dengan melihat ukuran-ukuran statistik seperti F-hitung dalam analisis keragaman dan koefisien determinasi juga mempertimbangkan kesederhanaan model baik bentuk modelnya atau kesederhanaan dalam hal pengukuran peubah bebas yang digunakan.

Koefisien determinasi (R^2) yang menggambarkan besarnya persentase keragaman peubah tak bebas yang dapat dijelaskan oleh peubah bebas melalui model yang dibuat,

merupakan rasio antara JK_{reg} dengan JK_{total} , sehingga : $R^2 = (JK_{reg}/JK_{total}) * 100\%$ sedangkan koefisien korelasi (r) menggambarkan tingkat keeratan hubungan antar peubah, di mana : $r = \sqrt{R^2}$

Dalam pembuatan model regresi, juga dilakukan pemeriksaan data untuk mendeteksi kemungkinan adanya pengamatan yang bisa jadi merupakan pencilan. Indikasi kemungkinan data pencilan adalah apabila nilai Z_e lebih dari 1,96 di mana: $Z_e = |e_i| / (\sqrt{KTS})$.

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), *homoscedasticity*, serta ada tidaknya otokorelasi dan multikolinieritas).

Untuk memilih model-model yang terbaik untuk pendugaan potensi 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 potensi tegakan.
2. Model terpilih adalah model yang juga mudah diaplikasikan menggunakan metode pendugaan potensi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pendugaan potensi ramin secara bertahap telah dilaksanakan mulai dari perencanaan, pengumpulan data lapangan, dan analisis data hasil survei. Pada tahap ini, dilakukan pembangunan model untuk menduga potensi ramin berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan dan penggunaan citra satelit.

3.1. Model yang Telah Dikembangkan

Sebagaimana dijelaskan pada bab terdahulu, habitat ramin adalah hutan rawa. Model penduga potensi hutan rawa telah dikembangkan dan menunjukkan hasil yang cukup baik pada penelitian-penelitian sebelumnya. Dalam kaitannya dengan pendugaan potensi ramin, dilakukan evaluasi terhadap model-model penduga tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah model yang ada dapat digunakan untuk menduga potensi ramin. Selain itu, model-model yang ada dapat dijadikan sebagai referensi untuk pembangunan model pendugaan ramin tersendiri.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, model penduga potensi tegakan di hutan rawa melibatkan beberapa peubah, baik peubah yang diukur di lapangan maupun peubah pada citra satelit. Menurut laporan kegiatan Pengolahan Citra Resolusi Tinggi, terdapat 2 (dua) peubah yang dapat digunakan dalam pembangunan model pendugaan potensi tegakan, yaitu diameter tajuk (D) dan persen penutupan tajuk (C) (Departemen Kehutanan, 2006 dan 2007).

3.1.1. Hubungan antara Clap vs Ccitra

Menurut kajian Badan Planologi Kehutanan Departemen Kehutanan pada tahun 2006 dan 2007 dalam kegiatan Pengolahan Citra Resolusi Tinggi Dalam Rangka Penaksiran Sumberdaya Hutan, diperoleh bahwa penutupan tajuk (C) antara citra satelit dengan hasil pengukuran di lapangan memiliki korelasi dan konsistensi yang cukup baik.

Tabel 3. Hasil analisis statistik regresi hubungan antara Ccitra dan Clapangan untuk Hutan Rawa di Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan

| Analisis stastistik regresi | | |
|---|----------|------------|
| Intercept $\neq 0$ | Sumatera | Kalimantan |
| Koefisien korelasi (<i>multiple R</i>) | 0.81299 | 0,718005 |
| Koefisien diterminasi (<i>R square ; R²</i>) | 0.66095 | 0,515531 |
| Intercept = 0 | | |
| Koefisien korelasi (<i>multiple R</i>) | 0.97410 | 0,965358 |
| Koefisien diterminasi (<i>R square ; R²</i>) | 0.94887 | 0,931916 |

Sebagaimana disajikan pada Tabel 3. dapat diketahui bahwa peubah penutupan tajuk hasil pengukuran di lapangan dengan citra satelit (SPOT) memiliki korelasi yang cukup

tinggi yaitu 81% di Pulau Sumatera dan 72% untuk Pulau Kalimantan (menggunakan intercept). Namun demikian, berdasarkan hasil uji lanjutan diketahui bahwa nilai koefisien elevasi dari persamaannya tidak signifikan sehingga persamaan regresi antara Clap dan Ccitra dibuat tanpa menggunakan intercept.

Hasil analisis statistik dalam rangka pengujian dengan asumsi koefisien regresinya sama dengan 0 (nol) menghasilkan koefisien korelasi sebesar 97% untuk Pulau Sumatera dan 96% untuk Pulau Kalimantan. Adapun koefisien determinasi yang diperoleh sebesar 95% (Pulau Sumatera) dan 93% (Pulau Kalimantan), artinya lebih dari 90% variasi perubahan penutupan tajuk di lapangan (Clap) dapat dijelaskan oleh peubah penutupan tajuk hasil penafsiran pada citra (Csp).

Selanjutnya, berdasarkan hasil uji beda rata-rata diketahui bahwa ada perbedaan yang cukup nyata antara persen Ccitra dengan persen Clap, baik di Pulau Sumatera maupun Pulau Kalimantan. Hasil pengukuran tajuk di lapangan lebih kecil daripada di citra. Dengan demikian diperlukan faktor koreksi, sebagaimana disajikan pada formula (a) dan (b).

- (a) $Clap = 0,665363 Ccitra$ (Pulau Sumatera)
- (b) $Clap = 0,872967 Ccitra$ (Pulau Kalimantan)

Perbedaan antara persen penutupan tajuk di lapangan dengan hasil penafsiran penutupan tajuk pada citra disebabkan karena:

- (i) Keterbatasan kemampuan interpreter dalam menginterpretir citra
- (ii) Perubahan kondisi tegakan yang dinilai cepat/degradasi hutan sehingga penutupan tajuk hasil pengukuran lapangan cenderung lebih kecil.

Secara umum, dari analisis di kedua lokasi tersebut dapat disimpulkan bahwa penafsiran terhadap persentase penutupan tajuk (C) dapat dilaksanakan secara konsisten dalam penyusunan model penduga potensi hutan rawa. Berangkat dari asumsi bahwa pendugaan potensi ramin dapat didekati dari potensi tegakan di hutan rawa, maka persen penutupan tajuk dapat digunakan dalam pendugaan potensi ramin.

3.1.2. Hubungan antara Dlap vs Dcitra

Selain persen penutupan tajuk, peubah lain yang digunakan Departemen Kehutanan dalam penyusunan model penduga potensi tegakan hutan rawa di Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan pada tahun 2006 dan 2007 adalah diameter tajuk.

Tabel 4. Hasil analisis statistik regresi hubungan antara Dcitra dan Dlapangan untuk Hutan Rawa di Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan

| Analisis stastistik regresi | | |
|---|----------|------------|
| Intercept $\neq 0$ | Sumatera | Kalimantan |
| Koefisien korelasi (<i>multiple R</i>) | 0.713163 | 0,880825 |
| Koefisien diterminasi (<i>R square ; R²</i>) | 0.508601 | 0,775853 |

Hasil kajian Pengolahan Citra Resolusi Tinggi Dalam Rangka Penaksiran Sumberdaya Hutan (Departemen Kehutanan, 2006) pada hutan rawa di Pulau Kalimantan menunjukkan hubungan yang nyata antara diameter tajuk di lapangan dan diameter tajuk pada citra SPOT resolusi 2,5 m x 2,5 m. Hasil analisis hubungan diameter tajuk tersebut menunjukkan korelasi berganda > 0.6 dengan koefisien determinasi yang tinggi yaitu 77,5%. Ini berarti bahwa 77,5% variasi perubahan diameter di lapangan (Dlap) dapat dijelaskan oleh peubah diameter tajuk hasil penafsiran pada citra (D_{SP}).

Sedangkan menurut hasil kajian yang sama pada tahun 2007 pada hutan rawa di Pulau Sumatera juga menunjukkan hubungan yang nyata antara diameter tajuk di lapangan dan diameter tajuk pada citra, memiliki nilai korelasi berganda sebesar 0,71 dengan koefisien determinasi yang relatif bisa diterima yaitu 50,9%. Ini berarti bahwa (50,9%) variasi perubahan diameter di lapangan (Dlap) dapat dijelaskan oleh peubah diameter tajuk hasil penafsiran pada citra (D_{SP}).

Secara matematis, hubungan antara diameter tajuk hasil pengukuran di lapangan dan diameter tajuk pada citra disajikan sebagai berikut:

- (a) $D_{lap} = 0,96946 D_{SP} - 3,32723$ (Pulau Kalimantan)
- (b) $D_{lap} = 0,69809 + 0,76372 D_{SP}$ (Pulau Sumatera)

Berdasarkan persamaan tersebut, pendugaan diameter tajuk pada hutan rawa dapat dikoreksi secara sistematis dimana hasil penafsiran di citra cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan. Hal tersebut dapat diterangkan karena pengukuran diameter tajuk di lapangan termasuk pohon-pohon pada strata B dan C yang pada citra tidak semuanya nampak karena berada di bawah tajuk strata A.

3.1.3. Hubungan antara volume tegakan dengan C dan D

Pada hutan rawa Sumatera terdapat tiga model yang dianggap layak untuk menduga volume tegakan. Di hutan rawa, peubah penutupan tajuk relatif lebih berperan dibanding diameter tajuk rata-rata karena dari tiga model terpilih hanya 1 model yang menggunakan diameter tajuk rata-rata. Dari tiga model yang terpilih yang memiliki koefisien determinasi paling baik yaitu 57,3% adalah $V_{bc} = 2.25355 e^{(0.04343 C_{SPOT})}$

Tabel 5. Model-model terpilih pada Hutan Rawa Pulau Sumatera

| No | Model-model terpilih pada hutan rawa | Koefisien diterminasi (R ² ; %) |
|----|---|--|
| 1 | $V_{bc} = 0.039039 C_{SP}^{1.592406}$ | 47,6 |
| 2 | $V_{bc} = 0.017258 C_{SP}^{1.542377} D_{SP}^{0.547429}$ | 48,6 |
| 3 | $V_{bc} = 2.25355 e^{(0.043430579 C_{SP})}$ | 57,3 |

Di hutan rawa Kalimantan, baik peubah penutupan tajuk maupun diameter tajuk rata-rata sangat mempengaruhi koefisien determinasi dari model penduga. Pada hutan rawa yang umumnya adalah hutan sekunder, ditemukan adanya beberapa lapisan tajuk yang

mencakup stratum A, B dan C dengan kerapatan pohon yang relatif jarang, sehingga hanya sedikit *overlap* antara stratum A dan B. Pada kondisi ini, selain peubah diameter tajuk rata-rata (Dsp), persen penutupan tajuk (*crown closure* ; Csp) juga berpengaruh secara signifikan terhadap variasi potensi tegakan.

Dengan hanya mengandalkan diameter tajuk rata-rata, koefisien determinasi yang diperoleh dari persamaan linear hanya 55,34% dan dengan model persamaan berbentuk pangkat mencapai 58,23%. Jika kedua peubah diameter tajuk dan tutupan tajuk dipergunakan secara bersama-sama, maka model linear berganda memberikan koefisien determinasi sebesar 69,83%. Model-model yang dapat digunakan untuk mengestimasi potensi hutan pada hutan rawa sekunder di Pulau Kalimantan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Model-model terpilih pada Hutan Rawa Pulau Kalimantan

| No | Model-model terpilih pada hutan rawa | Koefisien determinasi (R ² ; %) |
|----|--|--|
| 1 | $Vbc = -19,7295 + 1,13884 Dsp + 0,513522 Csp$ | 69,83 |
| 2 | $Vbc = 0,011408 (Dsp)^{1,288548} (Csp)^{1,022911}$ | 66,38 |
| 3 | $Vbc = 0,26733 (Dsp)^{1,479911}$ | 58,23 |
| 4 | $Vbc = 3,025622 e^{0,100649 Dsp}$ | 55,44 |
| 5 | $Vbc = - 4,88235 + 1,399198 Dsp$ | 55,34 |

3.2. Model hasil kajian

Berdasarkan model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa yang telah dikembangkan, penutupan tajuk (Clap) dan diameter tajuk (Dlap) merupakan peubah bebas yang dapat digunakan dalam penyusunan model karena memiliki korelasi dan konsistensi yang cukup baik dalam menduga potensi tegakan. Oleh karena itu, dilakukan penghitungan besarnya koefisien korelasi dan pengujiannya menggunakan uji Z-Fisher pada setiap peubah dan hasilnya seperti terlihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Koefisien korelasi peubah-peubah penduga volume hutan rawa di Riau

| Peubah | Vbc | Dlap | Clap |
|--------|--------|-------|------|
| Vbc | | | |
| Dlap | 0,03** | | |
| Clap | 0,63** | 0,30* | |

Ket : *) berbeda nyata; **) berbeda sangat nyata

Tabel 8. Koefisien korelasi peubah-peubah penduga volume hutan rawa di Kalimantan Tengah

| Peubah | Vbc | Dlap | Clap |
|--------|--------|--------|------|
| Vbc | | | |
| Dlap | 0,05** | | |
| Clap | 0,63* | 0,19** | |

Ket : *) berbeda nyata; **) berbeda sangat nyata

Peubah penutupan tajuk (Clap) dan diameter tajuk (Dlap) masing-masing mempunyai korelasi yang cukup erat terhadap peubah volume (Vbc) sehingga kedua peubah tersebut dapat digunakan untuk menduga potensi tegakan. Cukup besarnya korelasi antara diameter tajuk dan penutupan tajuk, mengindikasikan kedua peubah tersebut dapat saling menggantikan posisinya dalam menduga volume sehingga dalam kegiatan pendugaan volume cukup menggunakan salah satu peubah saja, dalam hal ini digunakan peubah penutupan tajuk yang mempunyai nilai korelasi tertinggi dan pertimbangan pengukuran penutupan tajuk lebih praktis dibandingkan pengukuran diameter tajuk.

Dengan asumsi bahwa potensi ramin dapat didekati melalui pendugaan potensi hutan rawa (sebagai habitat ramin), maka persen penutupan tajuk akan digunakan dalam penyusunan model penduga potensi ramin. Model-model yang dicobakan dan diuji pada hutan rawa di Riau disajikan pada Tabel 9.

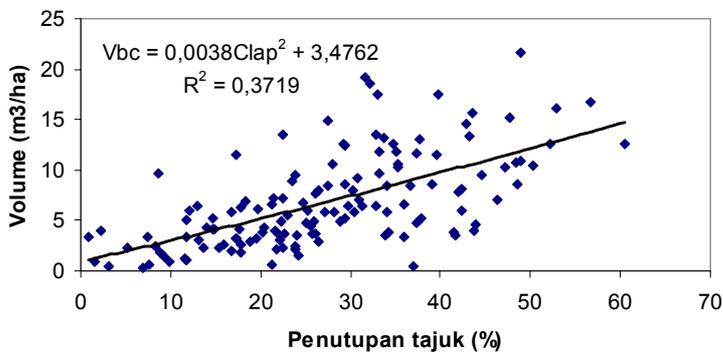
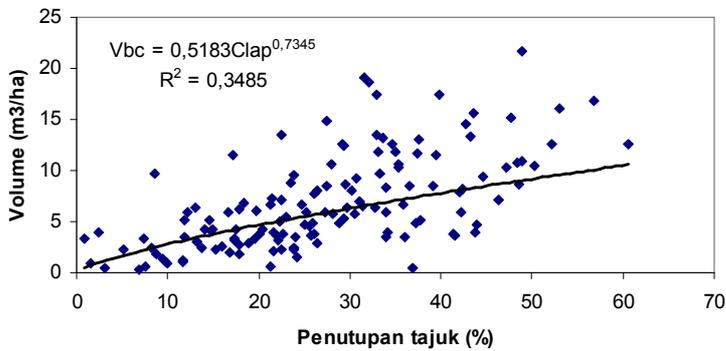
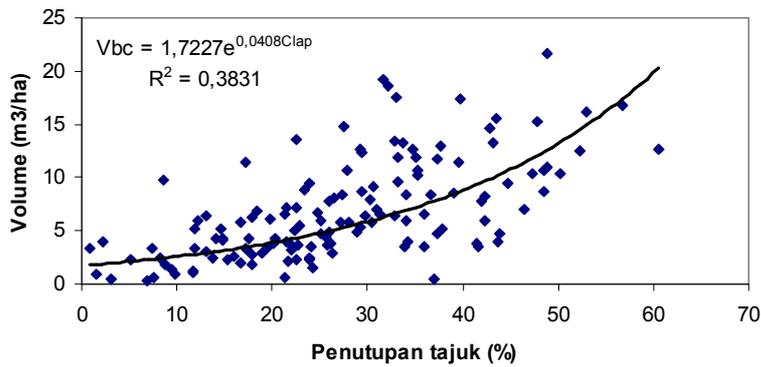
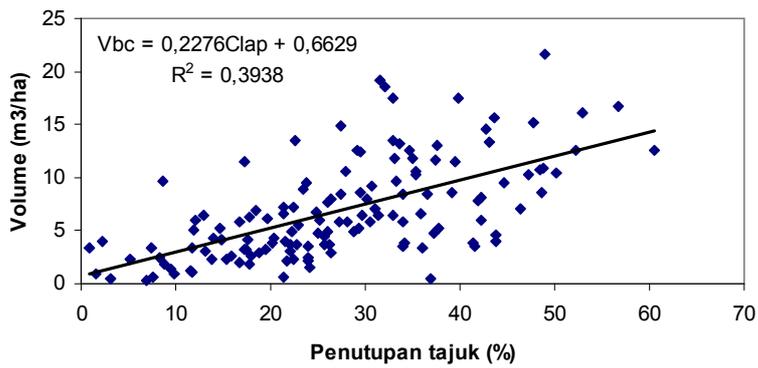
Tabel 9. Hasil kajian model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Riau

| Bentuk persamaan | F _{hitung} | R ² (%) | s | Z _{hitung} |
|---|---------------------|--------------------|--------|---------------------|
| Vbc = 0,6629 + 0,2276 Clap | 87,6983** | 39,38 | 3,5851 | 1,67* |
| Vbc = 1,7227e ^{0,0408 Clap} | 83,8440** | 38,31 | 0,6566 | 1,83* |
| Vbc = 0,5183Clap ^{0,7345} | 72,2298** | 34,85 | 0,6747 | 2,35* |
| Vbc = 3,4762 + 0,0038 Clap ² | 79,9293** | 37,19 | 3,6493 | 1,99* |

Ket: *) berbeda nyata; **) berbeda sangat nyata; s = kesalahan; R² = koefisien determinasi

Pada hutan rawa Riau, model-model penduga volume berdasarkan penutupan tajuk yang dicobakan tersebut cukup berarti jika dilihat dari uji analisis ragamnya yang berbeda sangat nyata. Koefisien keragaman yang diperoleh hampir sama untuk semua model yaitu berkisar dibawah 40%. Besarnya koefisien keragaman ini dapat menggambarkan variasi dari volume yang dapat dijelaskan oleh variasi penutupan tajuk sebesar kurang dari 40% dan sisanya (lebih dari 60%) dijelaskan oleh peubah lain yang tidak digunakan dalam model.

Koefisien determinasi terbesar terdapat pada model linier dan terkecil terdapat pada model pangkat. Kesalahan baku terkecil model yang dicobakan terdapat pada model eksponensial dan pangkat sedangkan terbesar pada model linier dan model kuadrat. Seperti halnya pada pengujian sebelumnya, pengujian korelasi pada masing-masing model diketahui bahwa peubah volume mempunyai keeratan yang signifikan terhadap penutupan tajuk. Secara grafis, keeratan hubungan volume dengan penutupan tajuk pada masing-masing model dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram pencar hubungan antara potensi tegakan dengan penutupan tajuk pada hutan rawa di Riau

Pada hutan rawa Kalimantan (TN. Sebangau), terdapat beberapa model penduga potensi tegakan hutan rawa yang diuji sebagaimana disajikan pada Tabel 10.

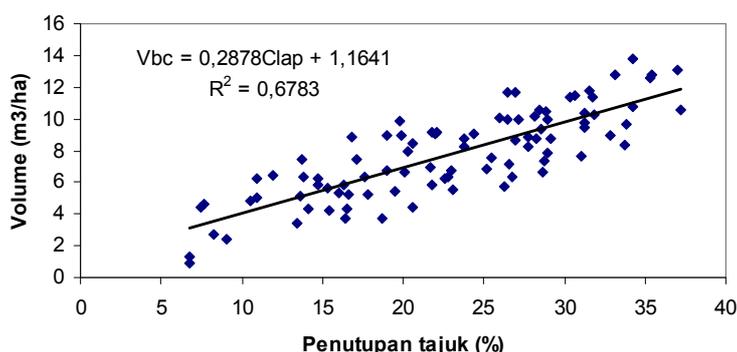
Tabel 10. Hasil kajian model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Kalimantan Tengah

| Bentuk persamaan | F _{hitung} | s | Z _{hitung} | R ² (%) |
|---|---------------------|--------|---------------------|--------------------|
| Vbc = 1,1641 + 0,2878 Clap | 189,7922** | 1,5673 | 2,70* | 67,83 |
| Vbc = 3,1163e ^{0,041 Clap} | 176,4215** | 0,2575 | 1,89* | 62,03 |
| Vbc = 0,363Clap ^{1,0017} | 128,4534** | 0,2651 | 0,78 ^{ln} | 55,26 |
| Vbc = 3,6664 + 0,0068 Clap ² | 212,7659** | 1,4590 | 3,31* | 71,69 |

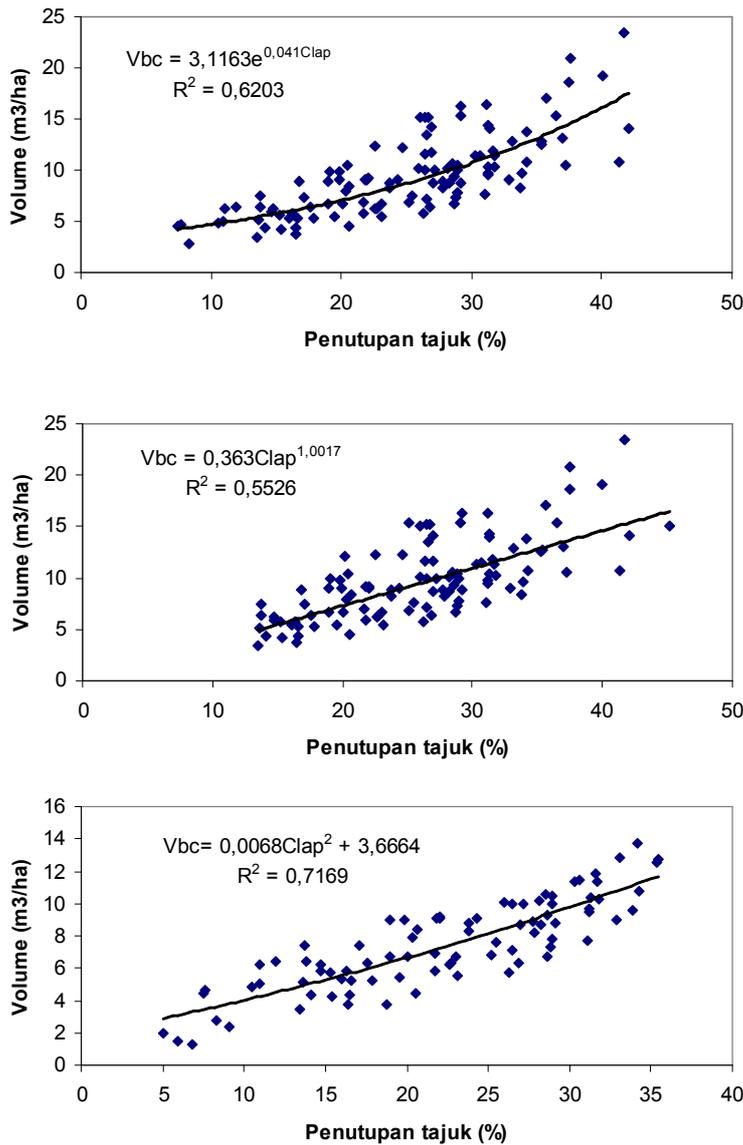
Ket: *) berbeda nyata; **) berbeda sangat nyata; s = kesalahan; R² = koefisien determinasi

Seperti halnya dengan model penduga volume yang dicobakan pada hutan rawa Riau, model penduga volume di hutan Kalimantan cukup menggunakan peubah penutupan tajuk saja. Berdasarkan Tabel 10 di atas, semua model cukup berarti dengan koefisien determinasi (R²) cukup tinggi antara 55 - 70%. Keberartian model ini terlihat pada pengujian analisis ragam yang sangat signifikan pada semua model yang dibuat. Dengan demikian, peubah penutupan tajuk cukup baik untuk menjelaskan variasi volume tegakan yang ada dalam suatu areal hutan dan sisanya sekitar 30 - 45% dapat dijelaskan oleh peubah lain yang tidak diperhitungkan dalam model.

Koefisien determinasi terbesar terdapat pada model kuadrat dan terkecil terdapat pada model pangkat, sedangkan kesalahan baku terkecil terdapat pada model eksponensial dan pangkat sedangkan terbesar pada model linier dan model kuadrat. Seperti halnya pada pengujian sebelumnya, pengujian korelasi pada masing-masing model diketahui bahwa peubah volume mempunyai keeratan yang signifikan terhadap penutupan tajuk kecuali pada model pangkat. Secara grafis, keeratan hubungan volume dengan penutupan tajuk pada masing-masing model dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Diagram pencar hubungan antara potensi tegakan dengan penutupan tajuk pada hutan rawa di Kalimantan Tengah



Gambar 14. (lanjutan) Diagram pencar hubungan antara potensi tegakan dengan penutupan tajuk pada hutan rawa di Kalimantan Tengah

Pada tahapan selanjutnya, model-model penduga volume yang sudah didapatkan pada masing-masing lokasi akan diuji validasinya sebelum model tersebut akan digunakan dalam kegiatan pendugaan volume tegakan. Uji validasi dilakukan menggunakan data plot hasil pengukuran yang sama dengan data plot pada waktu model disusun, yang membedakan hanya lokasinya saja. 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 yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11. Hasil kajian model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Riau

| Bentuk persamaan | SA | SR (%) | RMSE | e | X ² hitung |
|--------------------------------|-------|--------|------|-------|-----------------------|
| $Vbc = 0,6629 + 0,2276 Clap$ | -0,39 | 67,72 | 41,7 | -22,2 | 32,60 |
| $Vbc = 1,7227e^{0,0408 Clap}$ | -0,20 | 39,71 | 38,9 | -5,6 | 21,62 |
| $Vbc = 0,5183Clap^{0,7345}$ | -0,39 | 122,4 | 46,5 | -28,5 | 42,11 |
| $Vbc = 3,4762 + 0,0038 Clap^2$ | -0,25 | 41,21 | 37,9 | -11,3 | 24,12 |

Tabel 12. Hasil kajian model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Kalimantan Tengah

| Bentuk persamaan | SA | SR (%) | RMSE | e | X ² hitung |
|--------------------------------|-------|--------|------|-------|-----------------------|
| $Vbc = 1,1641 + 0,2878 Clap$ | -0,37 | 68,72 | 41,2 | -22,2 | 31,62 |
| $Vbc = 3,1163e^{0,041 Clap}$ | -0,15 | 38,71 | 39,1 | -5,6 | 22,65 |
| $Vbc = 0,363Clap^{1,0017}$ | -0,41 | 122,3 | 47,3 | -28,5 | 40,49 |
| $Vbc = 3,6664 + 0,0068 Clap^2$ | -0,23 | 41,14 | 37,9 | -10,9 | 23,07 |

Hasil pengujian model penduga volume menunjukkan bahwa berdasarkan kriteria simpangan agregat, semua model memenuhi standar yang diharapkan ($-1 \leq SA \leq 1$), demikian pula hasil pengujian Khi-kuadrat yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan antara volume dugaan dengan volume sebenarnya berdasarkan keputusan uji X² hitung terhadap X² tabel (43,77).

Hasil pengujian simpangan rata-rata menunjukkan bahwa semua model mempunyai nilai simpangan rata-rata di atas 10% sehingga berdasarkan kriteria ini, semua model penduga volume tidak valid. Hal ini pula terlihat pada nilai RMSE yang cukup besar dan nilai bias yang besar juga kecuali pada model eksponensial.

Berdasarkan hasil penyusunan dan pengujian model penduga volume berdasarkan peubah penutupan tajuk pada hutan rawa di dua lokasi penelitian, dapat dibuat urutan/rangking model-model penduga tersebut untuk kepentingan pemilihan model yang akan diterapkan.

Tabel 13. Hasil rangking model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Riau

| Bentuk persamaan | R ² (%) | s | SA | SR (%) | RMSE | e | Total |
|--------------------------------|--------------------|---|----|--------|------|---|-------|
| $Vbc = 0,6629 + 0,2276 Clap$ | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 16 |
| $Vbc = 1,7227e^{0,0408 Clap}$ | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 9 |
| $Vbc = 0,5183Clap^{0,7345}$ | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | 21 |
| $Vbc = 3,4762 + 0,0038 Clap^2$ | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 10 |

Berdasarkan kombinasi rangking setiap model pada masing-masing kriteria dapat diketahui bahwa model eksponensial mempunyai total skor rangking paling kecil (Tabel 13). Dengan demikian, model eksponensial dapat menjadi model pilihan untuk menduga potensi tegakan hutan rawa di Riau dan sekaligus menjadi model penduga potensi ramin di lokasi tersebut.

Tabel 14. Hasil rangking model-model penduga potensi tegakan pada hutan rawa di Kalimantan Tengah

| Bentuk persamaan | R ² (%) | s | SA | SR (%) | RMSE | e | Total |
|---|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $V_{bc} = 1,1641 + 0,2878 \text{ Clap}$ | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |
| $V_{bc} = 3,1163e^{0,041 \text{ Clap}}$ | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 9 |
| $V_{bc} = 0,363\text{Clap}^{1,0017}$ | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 22 |
| $V_{bc} = 3,6664 + 0,0068 \text{ Clap}^2$ | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 11 |

Berdasarkan kombinasi rangking setiap model pada masing-masing kriteria dapat diketahui bahwa model eksponensial mempunyai total skor rangking paling kecil (Tabel 14). Dengan demikian, model eksponensial dapat menjadi model pilihan untuk menduga potensi tegakan hutan rawa di Kalimantan Tengah dan sekaligus menjadi model penduga potensi ramin di lokasi tersebut.

3.3. Model penduga potensi ramin

Berdasarkan model-model yang telah diperoleh dan diuji dapat dilihat bahwa persen penutupan tajuk dan diameter tajuk memiliki peranan yang hampir sama dalam pendugaan potensi tegakan hutan rawa. Akan tetapi, jika dilihat dari konsistensi peubah, persen penutupan tajuk (C) berperan lebih banyak dalam pendugaan potensi tegakan dibandingkan dengan diameter tajuk. Hal ini terlihat dari besarnya nilai koefisien korelasi penutupan tajuk terhadap volume dibandingkan nilai koefisien korelasi diameter tajuk terhadap volume.

Oleh karena itu, dalam pendugaan potensi ramin dipilih model-model yang menggunakan penutupan tajuk sebagai peubah bebasnya. Pertimbangan lain penggunaan model pendugaan seperti ini dimaksudkan untuk mendapatkan kesederhanaan model, sehingga meskipun dengan hanya menggunakan peubah bebas penutupan tajuk, potensi tegakan dapat diduga dengan cukup baik.

Model-model penduga potensi tegakan hutan rawa tersebut dapat digunakan untuk menduga potensi ramin dengan menggunakan faktor koreksi tertentu yang merupakan rasio antara volume ramin dan volume tegakan (seluruh jenis). Hasil analisis data pengukuran lapangan sebagaimana tersaji pada Tabel 15 menunjukkan bahwa volume ramin pada hutan rawa Riau sebesar 5% dari volume seluruh jenis, sedangkan pada hutan rawa TN Sebangau Kalteng sebesar 2,3%. Adapun berdasarkan jumlah pohon,

rasio antara Ramin dengan seluruh jenis di hutan rawa Riau dan Kalimantan masing-masing sebesar 4,19% dan 2,64%.

Tabel 15. Rasio antara volume ramin dan volume seluruh jenis pada tegakan hutan rawa

| Lokasi | Ramin | | Seluruh jenis | | Rasio (%) | |
|-------------------|-------|--------|---------------|--------|-----------|------|
| | N/ha | Vbc/ha | N/ha | Vbc/ha | N | V |
| Riau | 5 | 9,2 | 119,4 | 185,5 | 4,19 | 4,98 |
| Kalimantan Tengah | 4 | 2 | 151,4 | 97,9 | 2,64 | 2,04 |

IV. PENUTUP

Model penduga volume tegakan disusun menggunakan peubah bebas kerapatan tegakan. Semua model yang disusun cukup berarti dengan koefisien determinasi (R^2) cukup tinggi yaitu antara 55 - 70%. Berdasarkan kriteria simpangan agregat, semua model penduga volume memenuhi standar yang diharapkan ($-1 \leq SA \leq 1$).

Berdasarkan hasil ranking, model eksponensial dapat menjadi model pilihan untuk menduga potensi tegakan hutan rawa di Kalimantan Tengah maupun di Sumatera dan sekaligus menjadi model penduga potensi ramin di kedua lokasi tersebut.

Volume ramin diduga dengan menggunakan ratio terhadap volume total semua jenis pohon di hutan rawa gambut. Ratio volume ramin pada hutan rawa Riau sebesar 5% dari volume seluruh jenis, sedangkan pada hutan rawa TN Sebangau Kalteng sebesar 2,3% dari volume seluruh jenis.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmawidjaja, R. 1972. Stand volume determination using aerial photographs and the double sampling technique. Dissertation. State University of New York. Syracuse. New York.
- 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)
- 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.
- Jaya, I N. S., A. B. Cahyono. 2001a. 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.
- Jaya, I N. S. 2002a. Fotogrametri dan Penafsiran Potert Udara untuk Kehutanan. Fakultas Kehutanan IPB. Diktat kuliah (Tidak diterbitkan).
- Jaya, I N S. 2005a. Analisis Citra Dijital : Persepektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Teori dan Praktek Menggunakan Erdas Imagine. Fakultas Kehutanan.
- Kessler. P. J. A. 1996. Not only dipterocarps: An overview of tree species diversity in dipterocarp forest ecosystems of Borneo. Dipterocarp forest ecosystems : Towards sustainable management. World Scientific. London : page 74 - 123.
- 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.
- Milton, J.S. dan Arnold, J.C. 1990. *Introduction to Probability and Statistics. Principles and Applications For Engineering and The Computing Sciences*. [Second Edition]. McGraw-Hill. New York.
- Paine, D. P. 1981. Aerial photography and image interpretation for resources management. John Wiley and Sons. New York.
- Soerianegara, I. dan A. Indrawan. 2005. Ekologi hutan Indonesia. Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Spurr, S. H. 1960. Photogrammetry and photo Interpretation with a section on application to forestry. The Ronald Press Company. New York.

- Sujatmoko, S. 1998. Penerapan *double sampling* terstratifikasi dalam menduga potensi hutan alam melalui potret udara ; Studi kasus di HPH PT. Sari Bumi Kusuma Propinsi.Dati I Kalimantan Tengah. Skripsi. Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak diterbitkan).
- Turner, I. M. 2001. The ecology of tress in tropical rain forest. Cambridge University Press. Cambridge.
- Yamada, I. 1997. Tropical rain forest of Southeast Asia; A Forest Ecologist's View. University of Hawai Press. Honolulu.

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