

ISBN 978-602-95842-0-2

REVIEW OF THE EXISTING METHODS AND DESIGN FOR RAMIN INVENTORY IN PEAT SWAMP FOREST

Prosiding Technical Workshop

BOGOR, 12 MEI 2009



Ministry of Forestry
Forestry Research and Development Agency
in Cooperation with ITTO-CITES Project
Bogor, 2009



REVIEW OF THE EXISTING METHODS AND DESIGN FOR RAMIN INVENTORY IN PEAT SWAMP FOREST

Editor:

Samsuri
Tien Lastini
Edwine Setia Purnama

Nara Sumber/*National Expert* :

Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr

Prosiding Technical Workshop

Bogor, 12 Mei 2009

MINISTRY OF FORESTRY
FORESTRY RESEARCH AND DEVELOPMENT AGENCY
IN COOPERATION WITH
ITTO – CITES PROJECT
Bogor, 2009



Prosiding Technical Workshop “Review of the Existing Methods and Design for Ramin Inventory in Peat Swamp Forest”

Copyright © 2009

The publication is under the work Program of ITTO CITES Project “Ensuring International Trade in CITES – Listed Timber Species is Consistent with Their Sustainable Management and Conservation”

Activity Document 1 “Exploratory Assessment on the Population Distribution and Potential Uses of non-*Gonystylus bancanus* Species in Indonesia”
Activity 1.1.1

ISBN 978-602-95842-0-2

Published by

Indonesia’s Work Programme for 2008 ITTO CITES Project
Center for Forest and Nature Conservation Research and Development
Forestry Research and Development Agency, Ministry of Forestry, Indonesia
Jl. Gunung Batu No.5 Bogor-Indonesia
Phone : 62-251- 8633234
Fax : 62-251-8638111
E-mail : raminpd426@yahoo.co.id

Printed by

CV. Biografika, Bogor

KATA PENGANTAR

Publikasi ini merupakan kompilasi dari beberapa artikel yang disampaikan oleh para narasumber dalam kegiatan *technical workshop* serta rumusan hasil diskusi selama kegiatan workshop berlangsung dengan tidak mengubah keaslian arti dan cara pandang para penulis.

Workshop ini merupakan salah satu kegiatan dari proyek ITTO – CITES: “Ensuring International Trade in CITES-Listed Timber Species is Consistent with Their Sustainable Management and Conservation” Indonesia’s Workprogramme for 2008, Activity document 1 “Improving Inventory Design to Estimate Growing Stock of Ramin (*Gonystylus bancanus*) in Indonesia.

Mudah-mudahan prosiding ini bermanfaat sebagai sumber informasi dalam merencanakan dan melaksanakan kegiatan inventarisasi hutan rawa gambut khususnya bagi para praktisi kehutanan, peneliti, akademisi dan para pembaca pada umumnya.

Kami juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dari persiapan penyelenggaraan sampai dengan terbitnya prosiding ini.

Bogor, Oktober 2009

Pengelola Proyek

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. TINJAUAN UMUM LAHAN GAMBUT DI INDONESIA	1
Kondisi Lahan Gambut Indonesia dan Upaya-upaya Restorasi yang telah Dilakukan <i>I Nyoman N. Suryadiputra</i>	3
II. INVENTARISASI DI HUTAN RAWA GAMBUT	15
Inventarisasi Hutan Terestris <i>Suwarno Sutarahardja</i>	17
Pengolahan Citra Digital untuk Keperluan Inventarisasi Sumberdaya Hutan <i>Muhamad Buce Saleh</i>	45
<i>Quick Forest Resources Inventory Techniques Using Remotely Sensed Data: A Multistage and Multiphase Approaches</i> <i>I Nengah Surati Jaya</i>	75
<i>Conventional Forest Inventory Techniques for Peat Swamp Forest; Method for Estimating Spatial Distribution and Standing Stock</i> <i>Iwan Tri Cahyo Wibisono</i>	99
III. RUMUSAN WORKSHOP	119
LAMPIRAN	131

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
1.1.	Luas, sebaran dan simpanan karbon di lahan gambut Indonesia (<i>Area, distribution and carbon stores in Indonesia's peatlands</i>)	4
2.1.	<i>Tally sheet</i> pengukuran dengan sistematik sampling	40
3.1.	Pertambahan kebutuhan informasi tentang sumberdaya hutan di Amerika Serikat (<i>after</i> Lund and Smith, 1997) ..	46
3.2.	Fungsi-fungsi penajaman spatial	52
3.3.	Hubungan antara peubah data penginderaan jauh dengan tinggi rata-rata, basal area dan volume	63
3.4.	Beberapa algoritma klasifikasi yang banyak digunakan dalam perangkat lunak komersial (<i>modified from Smits, P.C. et al., 1999</i>)	66
3.5.	Strategi sampling yang dapat digunakan untuk melaksanakan evaluasi akurasi hasil klasifikasi (<i>modified after Maling, 1989 in Smits, P.C. et al., 1999</i>)	69
3.6.	Beberapa metoda untuk menilai akurasi hasil klasifikasi (Smits, P.C. <i>et al.</i> , 1999)	70
4.1.	Citra satelit sumberdaya alam	83
4.2.	Model-model penduga potensi tegakan	96

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1.1.	"Kubah gambut" yang menggambarkan tingginya akumulasi bahan organik (<i>peatland dome describes the height of organic matter accumulation</i>)	5
1.2.	Grafik korelasi antara jumlah emisi CO ₂ terkait dengan kedalaman air tanah gambut (<i>correlation between CO₂ emission and average water table depth</i>)	9
2.1.	Hubungan antara <i>sampling error</i> dengan <i>non sampling error</i>	28
2.2.	Parameter dan statistik	29
2.3.	Parameter pada populasi dengan 3 strata	33
2.4.	Populasi 3 strata dengan luas berbeda	37
4.1.	Kedudukan inventarisasi hutan	81
4.2.	Kerangka kerja <i>multistage</i> dan <i>multiphase sampling</i>	86
4.3.	Ilustrasi pengambilan contoh dengan dua tingkat (<i>Two-stage sampling</i>)	89
5.1.	Formasi hutan rawa gambut dari tepi hingga ke "kubah gambut"	101
5.2.	Profil vegetasi di Hutan Rawa Gambut berdasarkan survey lapangan EMRP (Kec. Mentangai) - Kalteng (<i>powered by SLIM-ICRAF</i>)	106
5.3.	Penampang melintang yang dibuat secara konvensional	113
5.4.	Visualisasi 3 D yang dihasilkan dari program SLIM-ICRAF.....	114

DAFTAR LAMPIRAN

1.	Bahan presentasi paper Kondisi Lahan Gambut Indonesia dan Upaya-upaya Restorasi yang telah Dilakukan <i>I Nyoman N. Suryadiputra</i>	133
2.	Bahan presentasi paper <i>Conventional Forest Inventory Techniques for Peat Swamp Forest; Method for Estimating Spatial Distribution and Standing Stock</i> <i>Iwan Tri Cahyo Wibisono</i>	151
3.	Bahan presentasi paper Inventarisasi Hutan Teristris <i>Suwarno Sutarahardja</i>	164
4.	Bahan presentasi paper Pengolahan Citra Digital untuk Keperluan Inventarisasi Sumberdaya Hutan <i>Muhamad Buce Saleh</i>	174
5.	Bahan presentasi paper <i>Quick Forest Resources Inventory Techniques Using Remotely Sensed Data: A Multistage and Multiphase Approaches</i> <i>I Nengah Surati Jaya</i>	192
6.	Bahan presentasi paper <i>National Forest Monitoring by Means of Remote Sensing Technology in Indonesia</i> <i>Directorate Forest Resource Inventory and Monitoring (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan SDH) - Directorate General Forestry Planning, The Ministry of Forestry of Indonesia</i>	212
7.	Notulen Workshop	236
8.	Daftar Peserta	246

**I. TINJAUAN UMUM LAHAN GAMBUT
DI INDONESIA**

KONDISI LAHAN GAMBUT INDONESIA DAN UPAYA-UPAYA RESTORASI YANG TELAH DILAKUKAN

I Nyoman N. Suryadiputra

Director Wetlands International Indonesia Programme

e-mail: nyoman@wetlands.or.id

Abstract

There are 40 million hectares of tropical peatland in the world, with 50% (20 million hectares) found in Indonesia (Sumatra, Kalimantan, Papua, and a small amount in Sulawesi). Indonesia's peatlands store about 33,7 giga ton carbon (equivalent to 124 gT carbon dioxide), but unfortunately its conditions are severely degraded due to fire and it was reported to contribute large amount of green house gases that made Indonesia become the third largest GHG emitters after USA and China (Hooijer et al., 2006) and this would accelerate the global climate change.

One activity that greatly increases the rate of degradation and loss of peatlands in Indonesia is the digging of canals and ditches, whether they are legal (mostly by private sector) or illegal (by illegal loggers), in and near peat swamp forests. These peatland canals and ditches typically exit into one or more rivers and are used to facilitate the movement of forest or plantation products to nearby villages or gathering areas.

Many of these ditches are no longer in use (they have been abandoned by their "owners") because the remaining trees in the forests have little economic value. The irrigation canals that were dug by the government in 1995-96 in the one million hectare ex-mega rice project in Central Kalimantan have also been abandoned. These ditches and canals are resulting in a drying of the peatland due to uncontrolled drainage, leaving the peat vulnerable to fire.

The ways of addressing this problem is to restore the hydrology of the peatland ecosystem through blocking the ditches and canals and through vegetation rehabilitation. By building blocks and dams, it is expected that the water level and retention in the ditches and canals and nearby peat swamp forests will increase, therefore reducing the danger of fire during the dry season, and improving the success of vegetation rehabilitation in the degraded peatland.

Keywords: *Peatland distribution in Indonesia, carbon stores, peatland degradation and restoration/rehabilitation.*

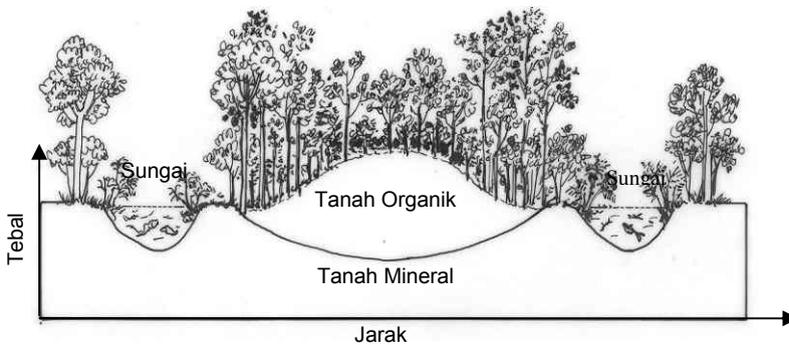
I. Pendahuluan

Indonesia memiliki hutan gambut tropis terluas di dunia yaitu sekitar 21 juta ha (atau sekitar 50% dari total lahan gambut tropis di dunia yang luasnya diperkirakan 40 juta ha). Sebagian besar hamparan gambut tersebut berada di dataran rendah pantai. Papua memiliki hutan gambut seluas 7,97 juta hektar (*Wetlands International, 2006*), Kalimantan seluas 5,77 juta hektar (*Wetlands International, 2004*), dan Sumatra seluas 7,20 juta hektar (*Wetlands International, 2003*), lihat Tabel 1.1. Sedangkan di Jawa (di Rawa Danau, Serang), Halmahera, dan Sulawesi, luas totalnya sekitar 300 ribu hektar.

Tabel 1.1. Luas, sebaran dan simpanan karbon di lahan gambut Indonesia (*Area, distribution and carbon stores in Indonesia's peatlands*)

Nama pulau	Nama provinsi	Luas lahan gambut (ha)	Simpanan carbon (mill ton C)	% area
Papua (2001)				
1	Papua	5,689,992	2,530.84	71.34
2	Irian Jaya Timur	1,311,246	773.90	16.44
3	Irian Jaya Barat	974,217	318.11	12.22
	Total Papua	7,975,455	3,622.84	100.00
Sumatera (2002)				
1	Lampung	87,567	35.94	1.22
2	Sumsel	1,483,662	1,470.28	20.65
3	Jambi	716,839	1,413.19	9.83
4	Riau	4,043,601	14,605.04	56.19
5	Bengkulu	63,052	30.53	0.88
6	Sumbar	210,234	422.23	2.92
7	Sumut	325,295	377.28	4.52
8	Aceh	274,051	458.86	3.81
	Total Sumatera	7,204,301	18,813.37	100.00
Kalimantan				
1	Kalbar	1,729,980.00	3,625.19	29.99
2	Kalteng	3,010,640.00	6,351.52	52.18
3	Kaltim	696,997.00	1,211.91	12.08
4	Kalsel	331,629.00	85.94	5.75
	Total Kalimantan	5,769,246.00	11,274.55	100.00

Ekosistem gambut sangat unik (Gambar 1.1); umumnya terletak di dataran rendah, di antara dua buah sungai besar dengan puncak kubah (*dome*) di bagian tengahnya, ditandai dengan adanya genangan air yang berwarna coklat kehitaman seperti teh atau kopi sehingga sering disebut ekosistem air hitam dan kaya dengan berbagai jenis ikan. Lapisan bawahnya tersusun dari timbunan bahan organik mati yang terawetkan sejak ribuan tahun lalu, sedangkan pada lapisan atasnya hidup berbagai jenis tumbuhan dan satwa liar. Jika bahan organik di bawahnya dan kehidupan di atasnya musnah, maka sulit sekali bagi ekosistem ini untuk dapat pulih kembali. Ekosistem gambut diantaranya berfungsi sebagai pengatur tata air, sehingga daerah di sekitarnya dapat tercegah dari intrusi air laut pada saat musim kemarau dan tercegah dari banjir saat musim hujan.



Gambar 1.1. "Kubah gambut" yang menggambarkan tingginya akumulasi bahan organik (*peatland dome describes the height of organic matter accumulation*).

II. Gambut Penyimpan Karbon

Selain keunikan-keunikan di atas, lahan dan hutan gambut juga mampu menyimpan (*sink*) dan menyerap (*sequester*) karbon sehingga dapat berperan penting dalam mengatur iklim lokal maupun global. Kajian yang dilakukan oleh *Wetlands International-Indonesia Program* terhadap sebaran gambut di seluruh pulau Sumatera didapatkan bahwa telah terjadi penyusutan luas gambut dari 7.204.301 ha dengan kandungan karbon

bawah permukaan (*below ground C*) sebesar 22,28 milyar ton pada tahun 1990 menjadi tinggal 6.849.320 ha dengan kandungan karbon sebesar 18,81 milyar ton pada tahun 2002 (*Wetlands International, 2003*). Jadi, dalam kurun waktu 12 tahun tersebut, sekitar 355.000 ha gambut Sumatera dengan total kandungan karbonnya sebesar 3,5 milyar ton telah lenyap dari daratan Sumatera. Angka-angka ini sangat mencengangkan, karena akan memberikan kontribusi nyata terhadap pelepasan gas rumah kaca (GHG, *green house gasses*) yang akhirnya berdampak kepada perubahan iklim global. Namun bukan hanya perubahan iklim global yang kita khawatirkan, tapi justru hilangnya materi gambut yang umumnya terdapat di pantai timur Sumatera ini (terutama propinsi Riau) yang sangat mengkhawatirkan. Jika laju hilangnya gambut tidak dikurangi, ia akan menimbulkan bencana alam yang akan sulit ditanggulangi. Hilang/habisnya gambut di pulau Sumatera (diperkirakan dalam 50-75 tahun mendatang) akan menyebabkan bentuk pulau ini akan bertambah ramping, sekurangnya/rata-rata 40 km dari pantai timur akan melekok masuk ke dalam daratan, akibatnya air laut akan menggenangi kota-kota sepanjang pantai timur Sumatera dan ini akan diperparah pada musim hujan dengan adanya luapan air dari sungai-sungai besar di sekitarnya. Masih jelas dalam ingatan kita, saat banjir bandang menerpa propinsi Jambi pada musim hujan dari bulan Oktober 2003 s/d Maret 2004 yang lalu. Gejala apakah ini? Apakah bukan sebagai akibat rusaknya hutan rawa gambut? Di pantai timur dari propinsi ini ada 1,5 juta ha lahan gambut yang kini kondisinya sangat memprihatinkan. Karbon yang hilang dari lahan gambut propinsi Jambi antara tahun 1990 dan 2002 adalah sebesar 400 juta ton (memang masih jauh lebih kecil dari Riau yang kehilangan hampir 2,2 milyar ton dalam kurun waktu yang sama). Jika nilai berat jenis gambut $0,1 \text{ t/m}^3$ dan kandungan karbonnya 50%, maka jika karbon yang hilang dari suatu lahan gambut besarnya 1,000 ton, ini sama saja dengan kehilangan volume gambut sebesar $20,000 \text{ m}^3$; atau lenyapnya setiap ton carbon dari lahan gambut menghilangkan volume gambut sebesar 20 m^3 gambut (atau lahan gambut seluas 10 m^2 dengan ketebalan gambut 2 m). Sebagai akibat hilangnya volume gambut tentunya kawasan ini nantinya akan menjadi cekungan-cekungan yang berisi air menyerupai danau dan airnya bisa saja berasal dari pasang air laut. Kejadian ini banyak terlihat di kawasan bekas gambut terbakar di daerah

Mahakam Kalimantan Timur maupun di Jambi (di dalam dan sekitar Taman Nasional Berbak).

III. Protokol Kyoto, CDM dan REDD

Dengan telah diratifikasinya protokol ini oleh DPR-RI pada tgl 16 Juni 2005 yang lalu, maka keinginan pihak Indonesia untuk ikut serta dalam perdagangan karbon hutan melalui mekanisme pembangunan bersih (CDM) atau REDD (*Reduction Emission from Deforestation and Degradation*; dimulai setelah tahun 2012) tentunya harus memperhatikan aspek keringkahan lahan gambut jika proyek-proyek CDM/REDD tersebut nantinya dilakukan di atas lahan gambut. Isue kehilangan karbon yang sangat besar akibat kebakaran lahan dan hutan gambut tentunya akan menjadi faktor pembatas (misal berupa 'kebocoran' *leakages*) yang perlu menjadi pertimbangan utama sebelum kegiatan CDM sektor kehutanan atau proyek REDD diterapkan di atasnya.

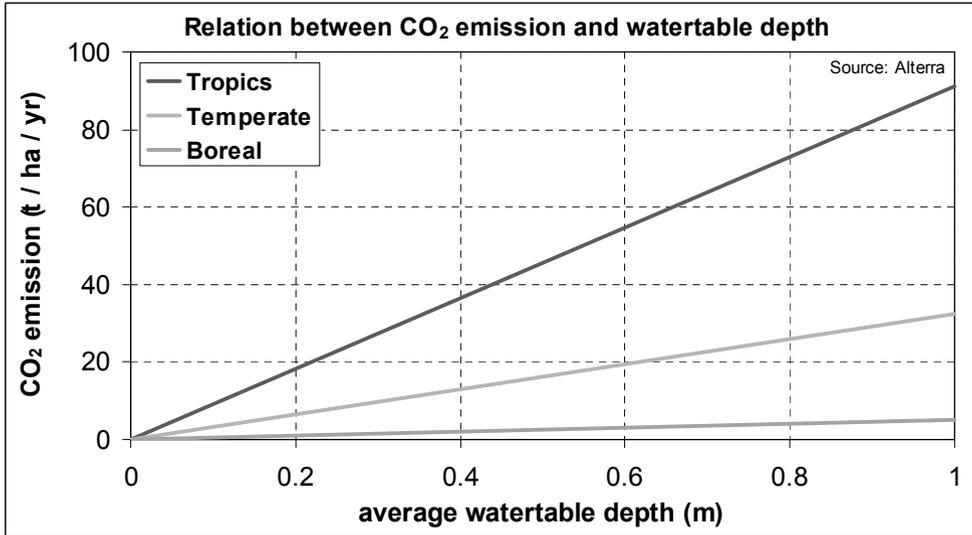
Saat ini pemerintah Indonesia (melalui Departemen Kehutanan RI) tengah mempersiapkan suatu Peraturan Menteri Kehutanan tentang REDD, yang secara garis besar memuat hal-hal sebagai berikut: Definisi tentang Deforestasi dan Degradasi Hutan; Lahan dimana REDD dapat dilakukan; Pemrakarsa REDD; Persyaratan, Tata Cara dan Lamanya Waktu pelaksanaan REDD; Hak dan Kewajiban Pemrakarsa REDD; Penetapan referensi emisi, pengukuran, pemantauan dan pelaporan REDD; verifikasi dan Sertifikasi REDD; Distribusi insentif dan liabilitas serta pendanaan REDD. Selain Permenhut tentang REDD di atas, Menteri Kehutanan juga membentuk Komisi REDD yang secara khusus bertugas untuk menangani penyelenggaraan REDD di Indonesia. Kedua hal di atas (Permenhut dan Komisi REDD) saat ini sedang dalam pembahasan yang intensif.

IV. Apa Penyebab Hilangnya Karbon?

Kebakaran hutan dan lahan gambut yang terjadi pada tahun 1997/1998 kemudian terulang kembali hampir setiap tahun pada musim

kemarau merupakan faktor utama penyebab hilangnya karbon dari lahan gambut Sumatera, demikian pula dengan di Kalimantan. Tacconi (2003) memperkirakan bahwa hutan payau dan gambut Indonesia yang terbakar pada kejadian kebakaran 1997/1998 luasnya mencapai 2.124.000 hektar. Tapi kalau ditelusuri lebih jauh, apa penyebab kebakaran ini, maka akan kita dapatkan segudang penyebab dan latar belakang seperti penggunaan api dalam persiapan lahan pertanian dan perkebunan, memojokkan satwa liar (untuk ditangkap) dengan cara membakar hutan, sengketa lahan dan sebagainya dan bahkan hal ini telah sering diseminarkan baik di tingkat daerah, nasional maupun internasional. Namun ada satu penyebab yang kiranya kurang mendapat perhatian, yaitu adanya kanal/parit-parit buatan yang dibangun untuk media transportasi produk pertanian maupun kayu-kayu tebangan liar dari dalam hutan rawa gabut. Parit/saluran ini menyebabkan lepasnya air dari dalam tanah gambut ke sungai di sekitarnya tanpa kendali dan telah menyebabkan lahan gambut menjadi kering pada musim kemarau dan mudah terbakar. Parit-parit/saluran semacam ini harus segera ditutup atau disekat, jika tidak, ia akan menimbulkan kerusakan yang semakin parah terhadap ekosistem lahan gambut (*Kompas* hari Sabtu, 20 Agustus 2005, dengan topik "Tabat" Cegah Kebakaran Lahan telah membuktikan bahwa parit/saluran yang telah ditabat/dibendung telah mampu mencegah terjadinya kebakaran lahan gambut secara efektif dan murah di Kapuas, Kalteng).

Namun demikian, hilangnya karbon pada lahan gambut tidak semata-mata diakibatkan oleh kebakaran. Penurunan muka air tanah gambut (*ground water*) oleh praktek-praktek perkebunan (misal sawit dan akasia) juga menyebabkan lepasnya karbon melalui proses dekomposisi aerobik oleh jasad-jasad mikro. Gambar 1.2 memperlihatkan adanya korelasi antara jumlah emisi CO₂ (ton/ha/tahun) dengan tinggi muka air tanah gambut pada 3 wilayah geografi berbeda. Dari gambar tersebut terlihat bahwa, semakin dalam air tanah gambut diturunkan dari permukaan, maka semakin besar emisi CO₂ yang ditimbulkan. Kondisi demikian dampaknya semakin besar di negara tropis dibandingkan di wilayah *boreal* dan *temperate*.



Gambar 1.2. Grafik korelasi antara jumlah emisi CO₂ terkait dengan kedalaman air tanah gambut (*correlation between CO₂ emission and average water table depth*). (Hooijer, A. et al., 2006).

V. Tutup Saluran/Parit untuk Mencegah Kebakaran di Lahan Gambut

Dalam rangka menyelamatkan hutan dan lahan gambut tadi, antara bulan September 2003 hingga Juli 2008, *Wetlands International* melalui proyek CCFPI (*Climate Change, Forests and Peatland in Indonesia* selama periode 2003-2006) yang didanai oleh hibah dari CIDA-*Canadian International Development Agency*, kemudian dilanjutkan oleh pendanaan dari DGIS Belanda melalui proyek CKPP (*Central Kalimantan Peatland Project* selama periode 2007-2008) telah melaksanakan penyekatan/penabatan beberapa saluran-saluran dan parit-parit (*canal and ditch blockings*) di lahan gambut Kalimantan Tengah dan Sumatera Selatan. Untuk lokasi di Kalimantan Tengah, penabatan dilakukan pada Saluran Primer Induk dan Saluran Primer Utama (eks PLG) yang terletak di daerah Blok A, yaitu di sebelah utara Desa Mentangai-Kabupaten Kapuas. Jumlah sekat atau tabat yang dibangun pada saluran primer induk ada 4 buah dan pada Saluran Primer Utama ada 21 buah. Ukuran lebar saluran yang

ditabat berkisar antara 20 sampai 30 meter dengan panjang masing-masing tabat sekitar 10 sampai 15 meter (penabatan ini terbukti mampu menahan air di lahan gambut dan mencegah kebakaran di sekitarnya (*Kompas*, 20 Agustus 2005). Sedangkan penabatan saluran/parit-parit berukuran kecil oleh proyek CKPP di Blok E eks PLG (antara tahun 2006-2008) mencapai 263 unit dam.

Namun demikian, penutupan saluran saja tidaklah cukup untuk mengatasi lepasnya CO₂ ke atmosfer. Kebijakan-kebijakan yang mengizinkan berkembangnya/ekspansi perkebunan sawit (juga tanaman lain yang memerlukan drainase) ke lokasi lahan gambut perlu ditinjau kembali, karena komoditi ini memerlukan adanya penurunan air tanah gambut yang menyebabkan teroksidasinya materi gambut menjadi CO₂. Kebijakan tersebut antara lain Peraturan Menteri Pertanian No. 14/Permentan/PL.110/2/2009 yang diterbitkan tanggal 16 Februari 2009.

Cerita dari Lapangan

Beberapa masyarakat yang tinggal di dusun Muara Puning, Kalteng, membangun kolam-kolam memanjang di lahan gambut (ukuran: panjang 10–50 m; lebar 1,5-3 m dan dalam 1–2 m), dan menggunakan kolam-kolam ini (nama lokalnya disebut “BEJE”) sebagai perangkap ikan alami saat air sungai di sekitar kolam meluap di musim hujan (sekitar Oktober – Februari). Selanjutnya ikan-ikan di dalam kolam akan dibiarkan selama beberapa bulan hingga akhirnya dipanen (sekalian dikeduk lumpurnya) menjelang dan selama musim kemarau (Juli – September).

Penyekatan parit-parit sehingga terbentuk beberapa ruas kolam di dalamnya, sebenarnya dapat disamakan seperti “BEJE”. Tapi usaha penyekatan parit juga diharapkan akan memberikan keuntungan lain, misalnya sebagai sekat bakar/ pencegah menjalarnya api ke lokasi lain, memperbaiki tata air sehingga proses peremajaan vegetasi di sekitarnya dapat pulih serta mencegah kebakaran lahan dan hutan di musim kemarau. Dari hasil pemantauan selama tahun 2004, ternyata di dalam parit-parit yang disekat ini tidak kurang dari 16 jenis ikan yang terperangkap (diantaranya ikan Gabus *Chana sp.*, Lele *Clarias sp.*, Betok *Anabas testudineus*, Sepat *Trichogaster sp.*, dan Tambakan *Helostoma sp.*) dan akhirnya dipanen masyarakat untuk menambah pendapatan mereka. Jumlah ikan yang terperangkap selama satu musim hujan dilaporkan tidak kurang dari 200 kg untuk ruas parit yang disekat sepanjang 500 meter, lebar 1,5 meter dan dalam sekitar 70 cm.



a. Kolam 'beje' di lahan gambut



b. Jenis-jenis ikan yang tertangkap dalam saluran yang disekat/tabat



c. Saluran eks PLG yang ditabat



d. Ikan dipanen dari dalam parit yang ditabat

VI. Penutup/Kesimpulan dan Saran

- Tujuan utama dari penyekatan saluran atau parit adalah untuk memperbaiki tata air di lahan gambut, yaitu agar air tidak terkuras dari lahan gambut pada musim kemarau sehingga gambut tetap basah dan sulit terbakar (dan karbonnya tidak hilang).
- Akibat sampingan dari penyekatan saluran adalah terbentuknya ruas-ruas berair yang menyerupai kolam-kolam memanjang yang dapat dijadikan sebagai sekat bakar sehingga membatasi penjaralan api ke lokasi lainnya atau bahkan di dalam ruas-ruas yang tersekat ini dapat juga dijadikan kolam ikan yang nantinya dapat memberikan tambahan nilai ekonomi bagi masyarakat di sekitarnya (hal ini terbukti efektif pada lahan gambut yang telah di sekat/tabat di Barito Selatan).
- Konsep pemanfaatan parit yang disekat sebagai kolam ikan sesungguhnya mengadopsi dari sistem beje, yaitu kolam-kolam tradisional yang banyak dibangun di lahan gambut oleh masyarakat di pedalaman Kalimantan Tengah (Adinugroho *et al.*, 2004). Kolam-kolam semacam ini ternyata mampu memerangkap ikan yang berasal dari luapan air sungai di sekitarnya ketika musim banjir dan sekaligus juga sebagai pencegah penjaralan api di lahan gambut dan hal ini terlihat dari utuhnya vegetasi di sekitar kolam beje tersebut.
- Dengan melakukan penyekatan-penyekatan terhadap saluran dan parit-parit di lahan gambut yang diikuti pula dengan usaha-usaha rehabilitasi di kiri-kanan saluran dengan berbagai jenis tanaman asli lahan gambut kita berharap semoga lahan gambut tetap menjadi lahan basah yang dapat memberikan manfaat luas bagi kehidupan di atas maupun di sekitarnya.
- Kegiatan perkebunan (seperti kelapa sawit dan akasia) di lahan gambut wajib menurunkan (drainase) muka air tanah gambut sekitar 60–80 cm dari permukaan. Kondisi demikian berpotensi melepaskan CO₂ yang cukup besar (sekitar 93 ton CO₂/ha/tahun jika air tanah gambut turun hingga 1 m) akibat teroksidasinya materi gambut oleh hilangnya air dari gambut. Untuk itu, penanaman vegetasi asli (seperti jelutong, ramin) yang tahan genangan air (tidak perlu

menurunkan muka air tanah gambut) untuk tujuan-tujuan rehabilitasi lahan gambut yang telah rusak sangat dianjurkan.

- Peluang bisnis karbon melalui mekanisme REDD (atau mekanisme lain seperti CDM kehutanan, pasar bebas/*voluntary market*) khususnya di lahan gambut, diharapkan dapat menarik para investor dan mencegah perusakan/alih fungsi gambut di Indonesia.

Daftar Pustaka

- Adinugroho, W.C., I.N.N. Suryadiputra, B.H. Saharjo dan L. Siboro, 2004. Panduan Pengendalian Kebakaran Hutan & Lahan Gambut, Wetlands International dan CIDA, x + 93. 2004 (English version is available). ISBN 979-95899-8-3.
- Hooijer, A., M. Silvius, H. Wösten and S. Page, 2006. PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943 (2006).
- Suryadiputra, I.N.N., Alue Dohong, Roh S.B. Waspodo, Lili Muslihat, Irwansyah R. Lubis, Fery Hasudungan and Iwan T.C. Wibisono, 2005. A Guide to the blocking of canals and ditches in conjunction with the community. CCFPI Project. Wetlands International-Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor. ISBN 979-99373-5-3.
- Tacconi, L., 2003. Kebakaran Hutan di Indonesia: Penyebab, Biaya dan Implikasi Kebijakan, CIFOR, vi + 28.
- Wetlands International, 2003. Maps of peatland distribution and carbon content in Sumatera, 1990-2002.
- Wetlands International, 2004. Maps of peatland distribution and carbon content in Kalimantan, 2000-2002.
- Wetlands International, 2006. Maps of peatland distribution and carbon content in Papua, 2000-2001.
- Informasi lebih lanjut tentang upaya-upaya WIIP dalam restorasi lahan gambut di Indonesia dapat dibuka pada website [Http://www.wetlands.or.id](http://www.wetlands.or.id).

II. INVENTARISASI DI HUTAN RAWA GAMBUT

INVENTARISASI HUTAN TERESTRIS

Suwarno Sutarahardja

Bagian Perencanaan Kehutanan Departemen Manajemen Hutan

Fakultas Kehutanan IPB

e-mail: s_sutarahardja@yahoo.com

Abstrak

Inventarisasi secara terestris akan menghasilkan ketelitian yang relatif tinggi pada areal yang sempit (*small area*), karena dalam pengukuran dapat langsung berhubungan dengan obyek yang diukur. Pada areal yang luas (*large area*) lebih cenderung akan menghasilkan ketelitian yang rendah, karena faktor kesalahan non sampling memberikan peranan yang tinggi sebagai akibat faktor kelelahan pengukur (*human error*).

Pemilihan teknik sampling yang tepat misalnya menggunakan teknik sampling dengan melakukan stratifikasi dan penggunaan bentuk unit contoh yang sesuai akan dapat memberikan ketelitian hasil yang tinggi dalam inventarisasi hutan, khususnya pada areal yang luas.

Inventarisasi hutan menyeluruh berkala dapat menjamin data *timber standing stock* secara menyeluruh petak per petak, sehingga akan dapat membantu untuk penyusunan rencana pengusahaan hutan secara terarah dan akurat untuk menjamin kelestarian hasil dan kelestarian tegakan.

I. Pendahuluan

1.1. Inventarisasi Hutan

Hutan merupakan sumberdaya alam yang dapat diperbaharui yang mempunyai fungsi produksi, perlindungan dan konservasi. Hutan merupakan kekayaan alam sebagai karunia dan amanah Tuhan Yang Maha Esa bagi umat manusia. Hutan harus dikelola dan dimanfaatkan secara optimal dengan memperhatikan prinsip-prinsip pengelolaan hutan lestari (*sustainable forest management*) untuk menjamin kontinuitas manfaat sumberdaya hutan bagi kesejahteraan masyarakat, baik manfaat secara langsung, berupa kayu dan non kayu, maupun manfaat secara tidak langsung karena terjaminnya pula kontinuitas manfaat sumberdaya alam

lainnya, yaitu berkaitan dengan berfungsinya peran secara optimal dari fungsi perlindungan sumberdaya hutan tersebut. Pengelolaan hutan harus dilakukan sesuai dengan fungsinya secara berkesinambungan, bagi generasi sekarang maupun generasi yang akan datang.

Untuk menjamin kontinuitas manfaat-manfaat tersebut, maka sumberdaya hutan perlu dikelola secara baik, melalui proses perencanaan pengelolaan sumberdaya hutan yang matang dan terarah. Perencanaan pengelolaan sumberdaya hutan, agar sumberdaya hutan tersebut lestari, terjamin secara kontinyu manfaatnya, maka perlu diketahui besarnya potensi/*standing stock* sumberdaya tersebut secara akurat, baik potensi luas, volume kayu dan non kayu, tanah dan unsur-unsur lain yang berkaitan dengan sumberdaya tersebut, melalui kegiatan inventarisasi hutan.

Inventarisasi hutan mempunyai pengertian sebagai suatu aplikasi metode ilmiah dalam memperoleh data dan informasi mengenai kekayaan sumberdaya hutan, sebagai bahan dasar dalam perencanaan pengelolaan sumberdaya hutan (Sudiono, 1969). Dalam pengertian spesifik, inventarisasi hutan, biasanya dianggap sebagai sinonim dari penaksiran massa kayu. Dalam pengertian ini, inventarisasi hutan adalah suatu kegiatan atau usaha untuk menerangkan kuantitas dan kualitas massa kayu dalam tegakan hutan serta berbagai karakteristik tempat tumbuhnya (Husch, 1971).

Mengingat pemanfaatan sumberdaya hutan menyangkut hajat kehidupan masyarakat, terutama untuk meningkatkan juga taraf kehidupan masyarakat setempat atau sekitar hutan, maka dalam inventarisasi hutan, perlu diperoleh informasi tentang keadaan sosial dan ekonomi serta budaya masyarakat sekitar hutan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2004 tentang Perencanaan Kehutanan, pelaksanaan inventarisasi hutan adalah untuk mengetahui dan memperoleh data dan informasi tentang sumberdaya, potensi kekayaan alam hutan serta lingkungannya secara lengkap. Sedang berdasar jenisnya, inventarisasi hutan dibedakan atas inventarisasi hutan tingkat nasional, inventarisasi hutan tingkat

wilayah, inventarisasi hutan tingkat Daerah Aliran Sungai dan inventarisasi hutan tingkat unit pengelolaan.

Inventarisasi hutan pada kawasan hutan yang belum tertata (*metode independent*), dimana inventarisasi hutan dilakukan pada unit contoh terpilih dari unit-unit tertentu yang mungkin dapat dibuat dalam kawasan tersebut dan setiap unit contoh mempunyai peluang yang sama untuk terpilih sebagai unit contoh.

Inventarisasi hutan pada unit contoh yang tetap/permanen (*permanent sampling system*). Pengukuran dilakukan pada petak-petak permanen secara periodik dengan tujuan untuk penelitian *growth and yield* dan membutuhkan jangka waktu panjang.

Di bidang kehutanan, kegiatan inventarisasi hutan yang berfungsi menghimpun data dan informasi tentang situasi dan kondisi sumberdaya hutan, merupakan salah satu kegiatan yang sangat penting dalam perencanaan hutan. Dengan kata lain inventarisasi hutan merupakan suatu kegiatan dalam rangka mendeskripsikan kualitas dan kuantitas kayu, organisme lain dan karakteristik lahan hutan.

Dalam kegiatan inventarisasi hutan, pada prinsipnya mengaplikasikan ilmu-ilmu statistika dalam pendugaan keadaan atau karakteristik suatu populasi tegakan hutan, yaitu menggunakan metoda sampling (*sampling methods* atau *sampling techniques*), dimana dalam pendugaan karakteristik populasi dilakukan pengukuran atau pengamatan terhadap sebagian kecil dari karakteristik populasi tersebut. Pemilihan bagian populasi yang akan diukur atau diamati ini, dilakukan dengan cara teknik pengambilan contoh (*sampling techniques*).

Dalam tulisan ini, hanya akan disajikan beberapa teknik dalam pengambilan contoh yang berkaitan dalam penaksiran potensi volume kayu.

1.2. Sasaran Inventarisasi Hutan

Dalam kegiatan inventarisasi hutan terutama di luar Jawa, dititik-beratkan kepada hutan-hutan produktif. Oleh karena itu sasaran kegiatan inventarisasi hutan adalah ditujukan pada hutan-hutan produktif. Dengan demikian berarti bahwa jumlah unit contoh yang harus dibuat, diperhitungkan berdasarkan pada besarnya luas hutan produktif tersebut. Untuk mengetahui luas dari hutan-hutan produktif ini perlu adanya pengamatan pendahuluan dengan bantuan data penginderaan jauh terbaru.

Selanjutnya, sesuatu areal hutan produktif sebagai sasaran inventarisasi hutan, akan mempunyai bentuk/konfigurasi lapangan yang tidak selalu datar yang menyebabkan adanya heterogenitas tegakan hutan. Dalam keadaan lapangan yang bagaimanapun juga, maka hasil inventarisasi hutan yang diperoleh selalu diharapkan mempunyai nilai keragaman (*variance*) yang kecil, sehingga ketelitian samplingnya tinggi. Untuk mewujudkan tercapainya ketelitian yang tinggi ini, apabila heterogenitas tegakannya kontinyu yang artinya tidak dapat dipisahkan menjadi blok-blok homogen, maka cara yang harus ditempuh dalam pelaksanaan sampling tersebut adalah meletakkan unit-unit contoh sejajar dengan heterogenitas tegakan atau tegak lurus dengan bentuk topografi lapangan. Apabila heterogenitas tegakan tersebut dapat dipisahkan secara nyata, maka tindakan pendahuluan sebelum kegiatan inventarisasi hutan adalah berupa stratifikasi terhadap tegakan hutan yang bersangkutan, sehingga hasil inventarisasi hutan mempunyai ketelitian yang tinggi.

Kegiatan inventarisasi hutan dengan menggunakan teknik sampling, baik dengan cara *random sampling* (sampling acak) maupun dengan cara *systematic sampling* (sampling sistematis), dilakukan untuk mengamati keadaan vegetasi hutan baik berupa tegakan maupun permudaan alamnya (pada hutan alam). Pengamatan dan pengukuran tegakan dilakukan terhadap semua jenis pohon baik komersial maupun non komersial berdiameter 20 cm dan ke atas yang terdapat di dalam areal hutan yang bersangkutan. Sedangkan pengamatan permudaan alam pada hutan alam dilakukan terhadap anakan pohon tingkat semai (*seedling*), tingkat pancang (*sapling*), maupun tingkat tiang (*poles*) dari semua jenis pohon.

II. 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.

1. Metode berdasarkan obyek atau sarana yang digunakan

Metode ini dapat dilakukan dengan 3 (tiga) cara pendekatan (Loetsch, Zohrer and Haller, 1973), yaitu:

- a. Inventarisasi hutan secara terestris (*terrestrial forest inventory*), dimana kegiatan pengukuran dan pengamatan langsung dilakukan di lapangan (*direct forest inventory*).
- b. 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. Kombinasi atau gabungan antara inventarisasi secara terestris dengan inventarisasi 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 (Jaya, 2002a dalam Badan Planologi, 2007):

- 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.

2. Teknik 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 secara acak (*random sampling techniques*) dan teknik sampling sistematis (*systematic sampling techniques*).

- a. Teknik sampling secara acak adalah suatu cara pemilihan unit contoh dalam suatu populasi, dimana unit-unit contoh dalam populasi mempunyai kesempatan (peluang) yang sama untuk terpilih sebagai contoh (*sample*).
- b. Teknik sampling sistematis, dimana unit-unit contoh dalam populasi tidak mempunyai kesempatan yang sama untuk terpilih sebagai contoh, sehingga ragam yang dihitung dengan cara ini, secara statistik menjadi tidak sah. Berkaitan dengan hal tersebut, maka untuk mengusahakan agar ragam yang diperoleh secara statistik sah, maka dalam teknik sampling sistematis, pemilihan unit-unit contohnya dikombinasikan dengan cara acak (*random*). Dalam cara pemilihan unit-unit contohnya, maka pemilihan contoh pertama dilakukan secara acak dan pemilihan unit-unit contoh berikutnya dilakukan secara

sistematik dengan jarak contoh pertama interval tertentu. Metode ini dikenal dengan sebutan metode sistematik sampling dengan pemilihan unit contoh pertama dilakukan secara acak (*systematic sampling with random start*).

III. Populasi dan Contoh

Dalam kegiatan inventarisasi hutan terlebih dahulu harus didefinisikan, apa yang akan dianggap atau dinyatakan sebagai populasinya dan berupa apa serta bagaimana bentuk dan ukuran contohnya, sehingga lingkup dari kegiatan inventarisasi hutan sudah terarah sebelumnya.

1. Populasi (*population*)

Populasi atau *universum* adalah merupakan sekumpulan atau sejumlah unit atau individu yang sedang kita pelajari atau sedang dibicarakan. Dalam populasi dikenal adanya parameter-parameter yang merupakan karakteristik populasi, yaitu ukuran populasi (*population size*), rata-rata populasi (*mean of population*) dan ragam populasi (*variance of population*).

Populasi dapat dibedakan atas dua macam jenis populasi, yaitu *unrestricted population*, apabila populasi tidak dibagi kedalam bagian-bagian populasi atau sub-sub populasi, dan *restricted population*, apabila populasi dibagi kedalam bagian-bagian atau sub-sub populasi. Populasi dalam inventarisasi hutan ini adalah dapat berupa areal hutan atau tegakan hutan dari suatu unit manajemen hutan. Sedang bagian populasi atau sub populasi dapat berupa blok hutan, kelas kesuburan lahan hutan (bonita), kelas umur, kerapatan bidang dasar, dan lain sebagainya tergantung pendefinisian berdasarkan tujuan dari inventarisasi hutan yang dilakukan.

Populasi memiliki parameter-parameter yang mencirikan karakteristik dari suatu populasi, antara lain nilai rata-rata populasi (*mean of population*) dan ragam populasi (*variance of population*).

2. Contoh (*sample*)

Contoh dapat berupa individu-individu ataupun kumpulan individu-individu yang merupakan bagian dari populasi (bagian yang diambil dari populasi) untuk diamati atau diukur. Contoh yang terdiri atas kumpulan individu-individu disebut juga sebagai unit contoh atau satuan contoh (*sample unit*). Dalam contoh dikenal adanya statistik yang merupakan karakteristik dari contoh, yaitu antara lain ukuran contoh (*sample size*), rata-rata contoh (*mean of sample*) dan ragam contoh (*variance of sample*).

3. Bentuk dan Ukuran Satuan Contoh

Unit contoh atau satuan contoh (*sample unit*) mempunyai bentuk dan ukuran. Bentuk unit contoh atau satuan contoh antara lain:

- a. Lingkaran (*circular plot; circular sampling unit*)
- b. Empat persegi panjang/bujur sangkar (*rectangular plot*)
- c. Jalur ukur atau jalur coba (*strip sampling/line sampling*)
- d. Tanpa petak (*plotless sampling*), antara lain *Point sampling* (metoda Bitterlich)
- e. Contoh Pohon (*tree sampling*)
- f. Petak ukur dalam jalur (*line plot sampling/strip plot sampling*).

Ukuran unit contoh atau satuan contoh dapat berupa:

- a. Dinyatakan dalam ukuran luas (umumnya dalam satuan hektar), antara lain: 0,02 ha; 0,04 ha; 0,05 ha; 0,10 ha, dan sebagainya. Ukuran ini digunakan untuk unit contoh berbentuk lingkaran, empat persegi panjang dan bujur sangkar.
- b. Dinyatakan dalam ukuran lebar jalur (dalam meter), antara lain: 10 meter dan 20 meter. Ukuran ini digunakan untuk unit contoh berbentuk jalur ukur/jalur coba.
- c. Dinyatakan dalam satuan faktor bidang dasar atau *Basal Area Factor (BAF)*, antara lain: BAF 1, BAF 2, BAF 4, BAF $\frac{1}{4}$, dan sebagainya. Ukuran faktor bidang dasar ini digunakan untuk unit contoh berbentuk *point sampling*.
- d. Dinyatakan dalam satuan jumlah pohon yang tercakup dalam unit contoh, antara lain: 5-pohon, 6-pohon, 7-pohon, 8-pohon, dan

sebagainya. Ukuran jumlah pohon ini digunakan untuk unit contoh berbentuk *tree sampling*.

IV. Teknik Sampling dalam Inventarisasi

Dengan memperhatikan macam populasi, teknik pengambilan unit contoh dan pengelompokan contoh atau unit contoh, maka dikenal macam-macam teknik sampling.

1. Pada *unrestricted population*

- a. Contoh atau unit contoh pada populasi dipilih secara acak, maka menghasilkan teknik sampling yang disebut *simple random sampling*.
- b. Contoh atau unit contoh pada populasi dipilih secara sistematis, maka menghasilkan teknik sampling yang disebut *simple systematic sampling* atau *simple systematic sampling with random start*.

2. Pada *restricted population*.

- a. Contoh atau unit contoh dikelompokkan lebih dahulu dengan cara stratifikasi dan contoh dipilih secara acak, maka menghasilkan teknik sampling yang disebut *stratified random sampling*.
- b. Contoh atau unit contoh dikelompokkan lebih dahulu dengan cara stratifikasi dan contoh dipilih secara sistematis, maka menghasilkan teknik sampling yang disebut *stratified systematic sampling with random start*.
- c. Contoh atau unit contoh dikelompokkan lebih dahulu dengan cara klasterisasi dan contoh dipilih secara acak, maka menghasilkan teknik sampling yang disebut *clustered random sampling*.
- d. Contoh atau unit contoh dikelompokkan lebih dahulu dengan cara klasterisasi dan contoh dipilih secara sistematis, maka

menghasilkan teknik sampling yang disebut *clustered systematic sampling with random start*.

V. Kesalahan Sampling dan Stratifikasi

1. Macam-macam kesalahan

Dalam inventarisasi hutan yang dilakukan dengan cara pengambilan contoh atau *sample*, maka dalam pengukuran contoh akan diperoleh empat macam kesalahan yang mengakibatkan terjadinya bias pada hasil pengukuran, antara lain:

- a. Kesalahan yang disebabkan oleh faktor alat ukur (*equipment error*).
- b. Kesalahan yang disebabkan oleh faktor pengukur (*human error*).
- c. Kesalahan yang disebabkan oleh faktor lingkungan (*environmental error*).
- d. Kesalahan yang disebabkan oleh pemilihan teknik sampling (*sampling techniques error*).

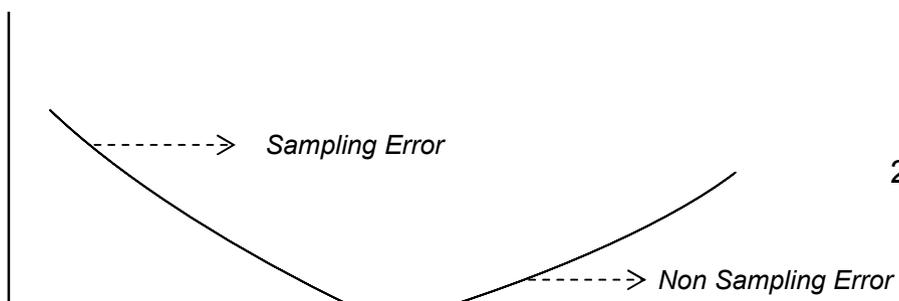
Kesalahan-kesalahan yang disebabkan oleh faktor alat ukur, faktor pengukur (manusia) dan kesalahan oleh faktor lingkungan tersebut diatas disebut sebagai *non sampling error*, sedangkan kesalahan yang disebabkan oleh pemilihan teknik sampling disebut sebagai *sampling error*. Atas dasar kesalahan yang mungkin dibuat dalam pengukuran tersebut diatas, maka dalam melakukan pendugaan suatu populasi dilakukan dengan cara pengukuran pada contoh (*sampling methods*), yaitu dengan teknik-teknik pengambilan contoh (*sampling techniques*). Dengan cara ini memungkinkan besarnya kesalahan yang dihasilkan dari suatu metoda yang dipilih dapat ditentukan. Cara ini sekurang-kurangnya dapat menekan besarnya *non sampling error* yang sulit dihitung nilainya. Keuntungan cara sampling dibandingkan dengan cara sensus (*full enumeration*), antara lain:

- a. Dapat mengurangi biaya, karena yang diukur hanya sebagian kecil dari populasi.
- b. Waktu pengukuran relatif singkat, hal ini berkaitan pula dengan kecilnya bagian populasi yang diukur, sehingga waktu pengukuran lebih cepat.

- c. Lawas cukup luas. Berdasarkan karakteristik unit contoh yang diukur dapat digunakan untuk menyimpulkan karakteristik populasi yang cakupannya lebih luas, asalkan unit contoh yang diambil cukup mewakili keadaan populasi secara keseluruhan (*representatif*).
- d. Ketelitian cukup tinggi. Pemilihan teknik sampling yang tepat akan memperoleh ketelitian yang tinggi dalam menduga karakteristik populasi. Untuk ini, dalam penentuan teknik sampling diusahakan agar kondisi populasi maupun sub-sub populasi dalam kondisi yang seragam (*homogen*).
- e. Pekerjaan di lapangan lebih mudah, karena bagian populasi yang diukur relatif kecil dan dengan teknik sampling tertentu memungkinkan pengukuran di lapangan lebih sederhana dan mudah.

Dalam cara sampling jumlah unit contoh yang diperlukan untuk diukur dapat ditentukan berdasarkan ketelitian (*sampling error*) yang diinginkan dalam pengukuran tersebut. Makin rendah *sampling error* yang diharapkan, maka makin banyak jumlah unit contoh yang diperlukan untuk diukur. Tetapi perlu diperhatikan pula, bahwa makin banyak jumlah unit contoh yang diukur akan dapat mengakibatkan makin rendahnya ketelitian yang dihasilkan sebagai akibat meningkatnya *non sampling error*, baik yang disebabkan oleh faktor manusia, faktor alat ukur maupun oleh faktor lingkungan. Hubungan antara *sampling error* dan *non sampling error* dalam kaitan dengan faktor ketelitian dalam pengukuran dapat digambarkan sebagai berikut:

Kesalahan



Gambar 2.1. Hubungan antara *sampling error* dengan *non sampling error*

2. Pengelompokan contoh atau unit contoh

Contoh atau unit contoh dalam populasi dapat dikelompokkan ke dalam unit-unit contoh yang homogen (stratifikasi) dan ke dalam unit-unit yang heterogen (klusterisasi). Proses stratifikasi (*stratification*) adalah proses pengelompokan contoh atau unit-unit contoh menjadi bagian-bagian populasi atau sub populasi yang seragam (homogen). Setiap bagian populasi atau sub populasi disebut stratum.

Tujuan dari stratifikasi adalah untuk meningkatkan ketelitian dalam pengukuran. Dasar pengelompokan pada stratifikasi dalam kegiatan inventarisasi hutan dapat menggunakan antara lain misalnya kelas-kelas kesuburan lahan hutan (bonita), kelas umur, kerapatan tegakan, kerapatan bidang dasar, dan lain sebagainya.

Proses klusterisasi adalah proses pengelompokan contoh atau unit contoh menjadi bagian-bagian populasi atau sub populasi yang beragam (heterogen). Setiap bagian populasi atau sub populasi disebut *cluster*.

VI. *Random Sampling*

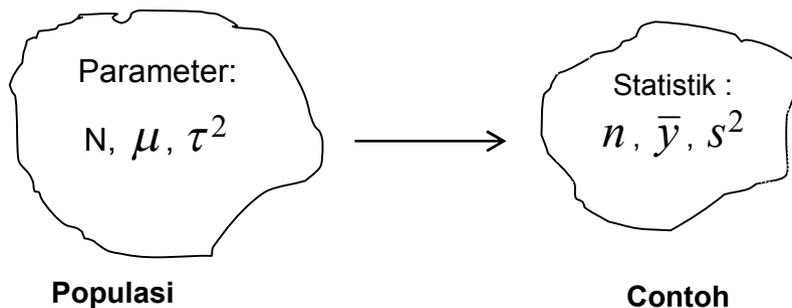
Berdasarkan jenis populasinya, maka teknik *random sampling* dapat dibedakan atas:

- a. *Simple random sampling*, jika dilakukan pada jenis populasi yang *un-restricted (un-restricted sampling)*.
- b. *Stratified random sampling* dan *cluster random sampling*, jika dilakukan pada jenis populasi yang *restricted (restricted sampling)*.

1. Contoh Acak Sederhana (*Simple Random Sampling*)

Merupakan cara pemilihan unit contoh, dimana setiap unit contoh mempunyai kesempatan atau peluang yang sama untuk terpilih sebagai contoh. Pemilihan contoh dapat dilakukan dengan bantuan tabel angka acak maupun dengan cara diundi. Tujuan untuk menghindarkan dari pengaruh subyektivitas yang mengakibatkan bias dalam pemilihan contoh tersebut. Syarat populasi mempunyai unit contoh yang besar/tidak terbatas dan sebarannya normal.

Misal dalam populasi terdapat satuan/unit contoh sebanyak N unit (1, 2, 3,, N). Dari N unit contoh secara acak diambil n satuan contoh (1, 2, 3, ..., n) yang akan di observasi/diukur. Satuan contoh yang diamati ini merupakan contoh (*sample*) yang akan digunakan untuk menduga karakteristik populasi.



Gambar 2.2. Parameter dan Statistik

Parameter merupakan karakteristik dari populasi. Parameter-parameter dalam populasi dapat diduga melalui statistik contoh yang dihitung sebagai berikut:

Statistik merupakan karakteristik contoh. Nilai-nilai statistik dalam contoh (Analisis Data pada Contoh Acak Sederhana) dilakukan dengan menghitung nilai-nilai sebagai berikut:

Rata-rata contoh (\bar{y}) sebagai penduga rata-rata populasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus (6.1):

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \dots\dots\dots (6.1)$$

y_i = karakteristik yang diukur ke-i, misal volume pohon, tinggi pohon, diameter pohon, jumlah pohon, dan sebagainya.

n = banyaknya unit dalam contoh

Ragam contoh (S_y^2) sebagai penduga ragam populasi dapat ditentukan dengan rumus (6.2):

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n-1} - \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right)^2}{n-1} \dots\dots\dots (6.2)$$

Simpangan baku contoh atau *sample standard deviation* (S_y) ditentukan dengan rumus (6.3):

$$S_y = \sqrt{S_y^2} \dots\dots\dots (6.3)$$

Koefisien variasi (CV) ditentukan dengan rumus (6.4):

$$CV = \frac{S_y}{\bar{y}} \times 100 \% \dots\dots\dots (6.4)$$

CV dapat digunakan untuk menilai homogenitas contoh yang diambil. Jika CV rendah, maka contoh yang di ukur adalah homogen atau seragam. Penentuan homogenitas juga dipengaruhi jenis populasinya.

Simpangan baku rata-rata ($S_{\bar{y}}$):

a. untuk $\frac{n}{N} \leq 5\%$

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{S_y^2}{n}} \dots\dots\dots (6.5)$$

b. untuk $\frac{n}{N} > 5\%$

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{S_y^2}{n}} \dots\dots\dots (6.6)$$

Selang kepercayaan rata-rata contoh (*confidence interval of sample mean*).

Dalam pendugaan rata-rata populasi dengan menggunakan contoh, hasil pendugaan sangat tergantung pada nilai-nilai atau besaran dari **N**, τ^2 , **n** dan S^2 . Oleh karena itu dalam menduga nilai populasi digunakan dalam suatu selang :

$$\bar{y} - t_{(\alpha/2, df)} S_{\bar{y}} \leq \mu \leq \bar{y} + t_{(\alpha/2, df)} S_{\bar{y}} \dots\dots\dots (6.7)$$

Kesalahan contoh (*sampling error*).

Dalam pendugaan dengan menggunakan contoh akan menghasilkan kesalahan yang disebut sebagai kesalahan sampling atau kesalahan contoh, yang dinyatakan dalam % terhadap nilai rata-rata contoh.

Sampling error (E) dihitung dengan rumus (6.8) sebagai berikut:

$$E = \frac{t(\alpha/2, df) S_{\bar{y}}}{\bar{y}} \times 100\% \dots\dots\dots (6.8)$$

2. Contoh Acak Berlapis (*Stratified Random Sampling*)

Cara penarikan contoh acak berlapis (*stratified random sampling*), merupakan modifikasi dari cara penarikan contoh acak sederhana (*simple random sampling*). Populasi dibagi dalam kelompok-kelompok atau blok-blok, dimana setiap kelompok/blok disebut stratum. Setiap kelompok/blok merupakan kumpulan anggota populasi (unit atau satuan contoh) yang diusahakan kondisinya seragam (*homogen*). Proses pembagian kelompok atau blok agar seragam tersebut dikenal sebagai kegiatan stratifikasi. Setiap kelompok atau blok tidak boleh tumpang tindih (*overlapping*). Stratifikasi dapat didasarkan pada tipe hutan, bonita, kelas umur, kerapatan tegakan, dan sebagainya.

Tujuan dari cara penarikan contoh acak berlapis adalah untuk memperbesar ketelitian sampling dengan memperkecil kesalahan. Intensitas sampling pada setiap stratum tidak perlu sama besar, tergantung pada penting tidaknya stratum tersebut. Dalam cara ini penarikan contoh secara acak dilakukan pada masing-masing kelompok atau blok yang telah diusahakan dalam kondisi seragam. Pada setiap stratum atau subpopulasi masing-masing mempunyai parameter dan statistik dari stratum tersebut.

Pada stratum A : $N_A, \mu_A, n_a, \bar{y}_a$

Pada stratum B : $N_B, \mu_B, n_b, \bar{y}_b$

Pada stratum C : $N_C, \mu_C, n_c, \bar{y}_c$

$$N_A + N_B + N_C = N \text{ dan } n = n_a + n_b + n_c$$

$$\mu = (\mu_A + \mu_B + \mu_C) / 3 \text{ dan } \bar{y} = (\bar{y}_a + \bar{y}_b + \bar{y}_c) / 3$$

Analisis Data pada Contoh Acak Berlapis ini dapat dilakukan dengan menghitung nilai-nilai statistik sebagai berikut dibawah ini:

Nilai rata-rata karakteristik yang diukur pada setiap stratum:

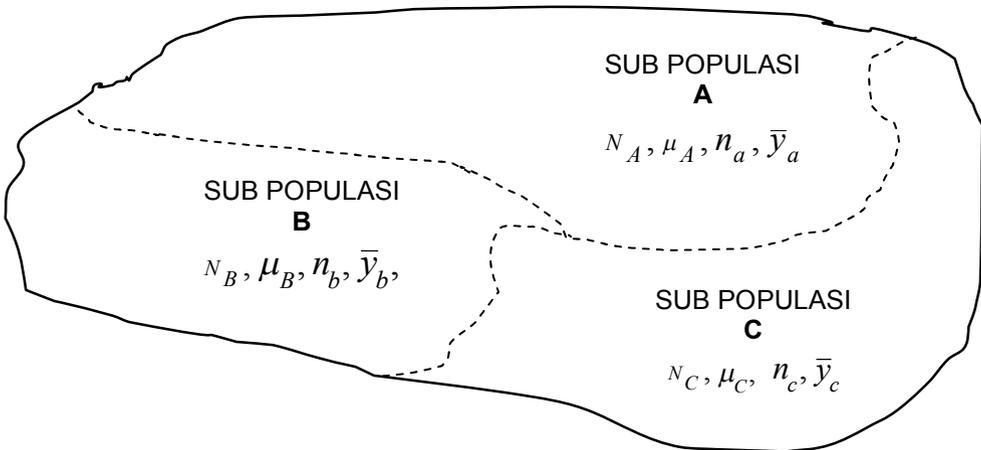
$$\bar{y}_a = \frac{\sum_{i=1}^{n_a} y_{ai}}{n_a}, \bar{y}_b = \frac{\sum_{i=1}^{n_b} y_{bi}}{n_b} \text{ dan } \bar{y}_c = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} y_{ci}}{n_c}$$

atau secara umum dirumuskan:

$$\bar{y}_l = \frac{\sum_{i=1}^{n_l} y_{li}}{n_l} \dots\dots\dots (6.9)$$

Nilai pendugaan total setiap stratum:

$$\hat{y}_A = N_A \cdot \bar{y}_a, \hat{y}_B = N_B \cdot \bar{y}_b \text{ dan } \hat{y}_C = N_C \cdot \bar{y}_c$$



Gambar 2.3. Parameter pada populasi dengan 3 strata

Nilai total pendugaan seluruh strata (populasi) :

$$\hat{y} = \hat{y}_A + \hat{y}_B + \hat{y}_C = N_A \cdot \bar{y}_a + N_B \cdot \bar{y}_b + N_C \cdot \bar{y}_c \text{ atau}$$

$$\hat{y} = \sum_{h=1}^L N_h \cdot \bar{y}_h \dots\dots\dots (6.10)$$

dimana : L = banyaknya stratum

h = sub populasi/ stratum ke-h

h = 1, 2, 3,, L

Ragam total pendugaan populasi ($S_{\hat{y}}^2$):

$$\text{Var } \hat{y} = S_{\hat{y}}^2 = \sum_{h=1}^L \text{var}(N_h \cdot \bar{y}_h) = \sum_{h=1}^L N_h^2 \cdot \text{var } \bar{y}_h$$

$$S_{\hat{y}}^2 = \sum_{h=1}^L N_h^2 \cdot S_{\bar{y}_h}^2 \dots\dots\dots (6.11)$$

Rumus (6.11) berlaku apabila besarnya intensitas sampling adalah

$\frac{n}{N} \leq 5\%$ dan rumus (6.12) berlaku untuk intensitas sampling $\frac{n}{N} > 5\%$

$$S_{\hat{y}}^2 = \sum_{h=1}^L N_h^2 \cdot \left(\frac{N_h - n_h}{N_h} \right) \cdot S_{\bar{y}_h}^2 \dots\dots\dots (6.12)$$

dimana:

$$S_{\bar{y}_h}^2 = \frac{S_{y_h}^2}{n_h} \text{ dan } S_{y_h}^2 = \sum_{i=1}^{n_h} \frac{(y_{hi} - \bar{y}_h)^2}{n_h - 1} \text{ atau}$$

$$S_{y_h}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi})^2}{n_h}}{n_h - 1} \dots\dots\dots (6.13)$$

Selang kepercayaan pendugaan total populasi:

$$\hat{y} - t(\alpha/2, n-L)S_{\hat{y}} \leq \hat{\mu} \leq \hat{y} + t(\alpha/2, n-L)S_{\hat{y}} \dots\dots\dots (6.14)$$

Rata-rata unit contoh stratum (\bar{y}_{str}):

$\hat{y} = \sum_{h=1}^L N_h \bar{y}_h$ dimana : $\sum_{h=1}^L N_h = N$ sehingga diperoleh:

$$\bar{y}_{str} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \bar{y}_h}{N} \dots\dots\dots (6.15)$$

Potensi total populasi dapat diduga dengan menggunakan rata-rata unit contoh stratum sebagai berikut:

$$\hat{y} = N \cdot \bar{y}_{str} \dots\dots\dots (6.16)$$

Ragam rata-rata stratum:

$$\text{Var } \bar{y}_{str} = S_{\bar{y}_{str}}^2 = \sum_{h=1}^L \text{var} \left(\frac{N_h \bar{y}_h}{N} \right) = \sum_{h=1}^L \frac{N_h^2}{N^2} \text{var } \bar{y}_h \dots\dots\dots (6.17)$$

Sehingga ragam rata-rata stratum untuk fpc $\geq 95\%$ dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S_{\bar{y}_{str}}^2 = \sum_{h=1}^L \frac{N_h^2}{N^2} \frac{S_{y_h}^2}{n_h} \dots\dots\dots (6.18)$$

Untuk fpc $< 95\%$ atau $\frac{n}{N} > 5\%$, digunakan rumus:

$$S_{\bar{y}_{str}}^2 = \sum_{h=1}^L \left\{ \frac{N_h^2}{N^2} \left(1 - \frac{n_h}{N_h} \right) \frac{S_{y_h}^2}{n_h} \right\} = \sum_{h=1}^L \left\{ \frac{N_h (N_h - n_h)}{N^2} \frac{S_{y_h}^2}{n_h} \right\} \dots\dots (6.19)$$

Penduga selang rata-rata populasi:

$$\bar{y}_{str} - t_{(\alpha/2, n-L)} S_{\bar{y}_{str}} \leq \hat{\mu} \leq \bar{y}_{str} + t_{(\alpha/2, n-L)} S_{\bar{y}_{str}} \dots\dots\dots (6.20)$$

Kesalahan penarikan contoh (sampling error; E% atau SE%):

$$SE\% = \frac{t_{(\alpha/2, n-L)} S_{\bar{y}_{str}}}{\bar{y}_{str}} \times 100\% \dots\dots\dots (6.21)$$

3. Penentuan Jumlah Contoh Tiap Stratum

Jumlah contoh yang diukur tergantung pada:

- a. Homogenitas populasi
- b. Tingkat ketelitian yang dikehendaki
- c. Biaya dan tenaga yang tersedia

Penentuan jumlah contoh pada tiap stratum dapat dilakukan dengan cara:

- a. Pembagian contoh yang merata (*equal allocation*)

Misal telah ditentukan n contoh yang akan diukur pada L buah stratum, maka banyaknya contoh tiap stratum (n_h) dapat ditentukan sebagai berikut:

$$n_h = \frac{n}{L} \dots\dots\dots (6.22)$$

dimana :

$$h = 1, 2, 3, 4, \dots\dots\dots, L$$

n_h = banyaknya contoh pada stratum ke-h

$$n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + \dots\dots\dots + n_L = n,$$

Pada cara ini akan berlaku, bahwa :

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = \dots\dots\dots = n_L = \frac{n}{L}$$

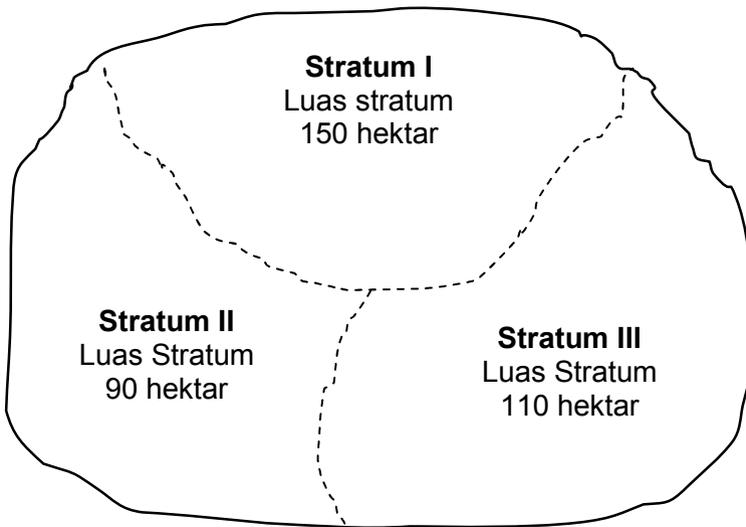
b. Pembagian contoh yang sebanding (*proportional allocation*)

Cara ini menentukan jumlah contoh pada tiap stratum sebanding dengan besarnya stratum.

Jika banyaknya unit contoh dalam populasi yang terdiri atas L buah stratum adalah N dan banyaknya unit contoh yang akan diukur untuk seluruh populasi adalah n unit, maka banyaknya unit contoh yang diukur pada stratum ke-h (n_h) adalah:

$$n_h = \frac{N_h}{N} \cdot n \dots\dots\dots (6.23)$$

N_h = banyaknya unit contoh pada stratum ke-h



Gambar 2.4. Populasi 3 strata dengan luas berbeda

Populasi dengan luas 350 hektar dibagi ke dalam 3 stratum/sub populasi sebagai berikut. Jika unit contoh adalah berupa petak ukur yang luasnya 0,1 Ha, maka populasi dengan luas areal 350 hektar akan mempunyai unit contoh (N) sebanyak: $350 / 0,1 = 3500$, jadi $N = 3500$.

Berdasarkan contoh di atas, maka jumlah unit contoh pada masing-masing stratum adalah sebagai berikut:

$$N_I = \frac{150}{0,1} = 1500; N_{II} = \frac{90}{0,1} = 900 \text{ dan } N_{III} = \frac{110}{0,1} = 1100$$

Jika intensitas ditentukan sebesar 5%, maka banyaknya unit contoh yang akan diamati atau diukur adalah $5\% \times 3500 = 175$.

Jumlah unit contoh yang akan diamati/diukur pada setiap stratum, adalah:

$$n_1 = \frac{1500}{3500} \times 175 = 75; n_2 = \frac{900}{3500} \times 175 = 45 \text{ dan}$$

$$n_3 = \frac{1100}{3500} \times 175 = 55$$

- c. Pembagian contoh yang optimal (*optimum allocation*), yang dapat dihitung atas dasar:

Banyaknya contoh setiap stratum dipengaruhi oleh besarnya stratum dan ragam dari karakteristik yang diukur pada stratum tersebut.

- c.1. Biaya unit contoh yang sama

$$n_h = \frac{N_h \cdot S_h}{\sum_{h=1}^L N_h \cdot S_h} \cdot n \dots\dots\dots (6.24)$$

Makin besar ragam stratum, meskipun besarnya stratum adalah sama, maka akan makin banyak unit contoh yang harus diukur.

- c.2. Biaya unit contoh yang tidak sama

$$n_h = \frac{(N_h \cdot S_h) / \sqrt{C_h}}{\sum_{h=1}^L \{(N_h \cdot S_h) / \sqrt{C_h}\}} \cdot n \dots\dots\dots (6.25)$$

C_h = biaya pengukuran pada stratum ke-h

VII. *Systematic Sampling*

Teknik sistematis sampling mudah dalam pelaksanaannya, tetapi dalam analisis tidak ada ragam yang sah, karena ada unsur kesengajaan dalam pengambilan contoh. Setiap individu (unit contoh) dalam populasi tidak mempunyai peluang yang sama untuk terpilih menjadi contoh. Untuk memperoleh ragam yang sah, maka contoh pertama dipilih secara acak dan contoh berikutnya diambil secara sistematis dengan interval k . Cara ini disebut *systematic sampling with random start*.

1. *Sistematis Sampling Sederhana (simple systematic sampling)*

Karena pemilihan contoh pertama dilakukan secara acak, maka disebut *simple systematic sampling with random start*. Populasi tidak dibagi dalam kelompok-kelompok atau subpopulasi. Pemilihan contoh pertama secara acak dilakukan pada semua unit contoh dalam populasi dan contoh berikutnya ditetapkan dengan selang atau interval k dari contoh terpilih pertama.

Jika N adalah banyaknya unit contoh dalam populasi dan n adalah jumlah contoh yang akan diukur, maka besarnya k adalah:

$$k = \frac{N}{n} \dots\dots\dots (7.1)$$

Contoh:

Jika populasi yang akan diukur dengan luas 100 hektar dan unit contoh berupa petak ukur lingkaran luas 0,1 hektar, maka jumlah unit contoh dalam populasi:

$$N = \frac{100}{0,1} = 1000$$

Jika intensitas sampling ditetapkan 5%, maka jumlah contoh yang akan diamati adalah $n = 5\% \times 1000 = 50$. Interval antar contoh adalah $k = 1000 : 50 = 20$. Jadi setiap 20 unit contoh dipilih satu unit sebagai contoh (contoh pertama dipilih secara acak).

Misal dari nomor urut 1 sampai dengan k, dipilih secara acak dan menghasilkan nilai j (dimana j = 1, 2, 3, 4, 5, 6,, k), maka contoh terpilih berikutnya adalah : j+k, j+2k, j+3k,, dst.

Tabel 2.1. *Tally sheet* pengukuran dengan sistematik sampling

Contoh ke-i	Nomor contoh yang diukur	Nilai karakteristik yang diukur (y _i)
1	j	y ₁
2	j+1k	y ₂
.	.	.
dst	dst.	dst
n	j+(n-1)k	y _n

Selang/interval atau jarak di lapangan (k) antara unit contoh terpilih yang berurutan untuk unit contoh dengan luasan tertentu, misal berupa lingkaran, empat persegi panjang atau bujur sangkar dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$k = \sqrt{\frac{Lx100}{a}} \dots\dots\dots (7.2)$$

dimana:

- k = selang/jarak antara dua unit contoh yang berurutan dalam meter
- L = Luas unit contoh dalam m²
- a = Besarnya nilai intensitas sampling

Contoh:

Dalam inventarisasi hutan pada hutan tanaman menggunakan unit contoh berbentuk lingkaran luas 0.02 ha (200 m²) dan intensitas samplingnya adalah 0,5%, maka jarak antara unit contoh yang diamati/diukur satu dengan lainnya, adalah:

$$K = \sqrt{200 \text{ m}^2 \frac{100}{0,5}} = 200 \text{ m}$$

Analisis data metoda Sistematis Sampling Sederhana (*simple systematic sampling*) digunakan rumus-rumus yang sama dengan metoda Contoh Acak Sederhana (*simple random sampling*) sebagaimana yang sudah diuraikan terdahulu, yaitu rumus-rumus (6.3) sampai dengan (6.16).

2. Sistematis Sampling Berlapis (*stratified systematic sampling*).

Dikenal sebagai *stratified systematic sampling with random start*. Populasi dibagi dalam kelompok-kelompok atau blok atau subpopulasi, dimana setiap kelompok/blok/subpopulasi disebut sebagai **stratum**. Dalam cara ini dilakukan penarikan contoh pertama secara acak pada setiap stratum. Untuk contoh selanjutnya ditentukan secara sistematis dengan interval **k**, dimana **k** ditetapkan untuk setiap stratum.

Untuk menganalisis hasil pengukuran dengan menggunakan teknik sampling atau metoda Sistematis Sampling Berlapis (*stratified systematic sampling*), digunakan rumus-rumus yang sama dengan rumus-rumus pada metoda Contoh Acak Berlapis (*stratified random sampling*), yaitu rumus-rumus (6.17) sampai dengan (6.33) seperti yang telah diuraikan terdahulu.

VIII. Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala

Inventarisasi hutan menyeluruh berkala (IHMB) pada prinsipnya berbasis keragaman potensi hutan, dimana pengambilan petak contoh (unit contoh) adalah berbasis petak pada areal yang berhutan.

Tujuan inventarisasi hutan menyeluruh berkala adalah untuk mengetahui sediaan tegakan hutan (*timber standing stock*) secara berkala, sebagai bahan untuk penyusunan RKU sepuluh tahunan dari suatu unit manajemen dan sebagai bahan untuk pementauan kecenderungan (*trend*) kelestarian standing stock dari suatu unit manajemen.

Hasil IHMB dapat menyajikan pendugaan potensi tegakan hutan petak per petak (*compartment*), baik potensi volume kayu dan jumlah batang setiap tingkatan pohon, jenis dan kelompok jenis pohon, kondisi biofisik, sehingga dapat direncanakan lebih terarah dalam pengelolaannya.

Hasil IHMB dengan bantuan data PUP dapat pula digunakan untuk menaksir perkembangan potensi tegakan pada beberapa periode mendatang dengan merumuskan model pertumbuhannya (*growth models*).

IX. Inventarisasi Permudaan Alam

Kegiatan inventarisasi permudaan alam hanya dilakukan pada tegakan hutan alam dengan tujuan terutama untuk mendapatkan informasi mengenai permudaan alam sebagai bahan di dalam menyusun rekomendasi tentang tindakan silvikultur yang sesuai sehubungan dengan kegiatan penebangan hutan yang akan dilakukan terhadap areal yang bersangkutan. Intensitas sampling untuk inventarisasi permudaan alam ini sebesar 0,02% - 0.05%. Sasaran pengamatan permudaan alam adalah anakan pohon tingkat semai dari semua jenis pohon yang terdapat didalam unit contoh. Apabila diperlukan, pengamatan permudaan dapat pula dilakukan terhadap anakan pohon tingkat pancang maupun tingkat tiang. Bentuk unit contoh berupa petak ukur bujur sangkar berukuran 2 m x 2 m untuk permudaan tingkat semai; berukuran 5 m x 5 m untuk tingkat pancang dan berukuran 10 m x 10 m untuk tingkat tiang.

Penentuan presentase permudaan alam, dilakukan pada kegiatan inventarisasi hutan pada hutan alam. Besarnya presentase permudaan alam dihitung berdasarkan pada jumlah plot permudaan alam setiap unit contoh (jalur ukur), blok/stratum ataupun kelompok/keseluruhan areal hutan yang diamati/diukur. Nilai presentase permudaan alam ini merupakan hasil perbandingan antara jumlah unit contoh (plot) yang berisi anakan setiap jenis pohon dengan jumlah seluruh plot yang dibuat.

Rumus perhitungan presentase permudaan ini secara umum dapat ditulis sebagai berikut:

$$P = \frac{P_a}{P_s} \times 100\% \dots\dots\dots (8.1)$$

dimana:

- P = presentase permudaan alam
- P_a = jumlah plot yang berisi anakan jenis pohon tertentu, untuk setiap unit contoh jalur ukur, blok/stratum maupun kelompok/keseluruhan areal hutan.
- P_s = jumlah plot permudaan alam yang dibuat pada setiap jalur ukur, blok/stratum maupun kelompok/keseluruhan areal hutan.

Hasil perhitungan yang diperoleh nanti akan digunakan sebagai dasar pertimbangan di dalam penentuan pengusahaan hutan dan sistim silvikultur yang akan digunakan.

Daftar Pustaka

- Avery, T.E. 1967. Forest Measurement. McGraw Hill Book Company. New York.
- Avery, T.E. 1975. Natural Resources Measurement. McGraw Hill Book Company, NY.
- Badan Planologi Kehutanan, 2007. Pengolahan citra resolusi tinggi dalam rangka penaksiran sumber daya hutan pulau Sumatera. Jakarta.
- Departemen Kehutanan. 1992. Manual Kehutanan. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- de Vries, P.G. 1986. Sampling Theory for Forest Inventory. A Teach-Yourself Course. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Draper, N.R. and H. Smith. 1981. Applied Regression Analysis. John Wiley & Sons, Inc.
- FAO. 1973. Manual of Forestry With Special Reference to Mixed Tropical Forest. Food and Agricultural Organization. Rome.
- FAO. 1980. Forest Volume Estimation and Yield Prediction. Volume 1 and 2. Food and Agricultural Organization. Rome.
- Husch, B. 1963. Forest Mensuration and Statistics. The Ronald Press Company. NY.

- Husch, B. 1971. Planning of Forestry. Food and Agricultural Organization. Rome.
- Loetsch, F and K.E. Haller.1970. Forest Inventory, Volume I. BLV Verlagsgessellschaft. Muenchen.
- Loetsch, F., F. Zohrer and K.E. Haller. 1973. Forest Inventory, Volume II. BLV Verlagsgessellschaft. Muenchen.
- Philip, M.S. 1994. Measuring Trees and Forest, 2nd ed. CAB International Wallingford.
- Simon, H. 1996. Metode Inventore Hutan. Aditya Media. Yogyakarta.
- Shiver, B.D. and B.E. Borders. 1996. Sampling Techniques for Forest Resource Inventory. John Willey & Sons, Inc. New York.
- Spur, S.H. 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company. New York.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1981. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. McGraw-Hill International Book Company.
- Van Laar, A. and A. Akca. 1997. Forest Mensuration. Cuviller Verlag. Gottingen.

PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK KEPERLUAN INVENTARISASI SUMBERDAYA HUTAN

Muhamad Buce Saleh

Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

e-mail: buce_w@indo.net.id

Abstrak

Pengolahan citra digital merupakan rangkaian proses yang penting dan digunakan dalam kegiatan inventarisasi hutan. Proses pengolahan citra digital untuk inventarisasi hutan perlu disesuaikan dengan bentuk inventarisasi hutan yang akan dilaksanakan, yaitu: pendugaan kuantifikasi parameter hutan, klasifikasi hutan dan monitoring hutan. Proses pengolahan citra digital yang harus dilakukan dalam setiap bentuk inventarisasi hutan adalah koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Sedangkan proses lainnya seperti perbaikan citra, ekstraksi dan klasifikasi dapat disesuaikan dengan kebutuhan setiap bentuk inventarisasi hutan yang akan dilaksanakan. Perkembangan pengolahan citra digital mendorong diaplikasikannya *multi resources forest inventory* dengan lebih mudah dan praktis.

Kata kunci: Pengolahan citra, inventarisasi hutan, *multi resources forest inventory*.

I. Pendahuluan

Inventarisasi hutan merupakan upaya untuk melakukan penilaian dan memperoleh informasi tentang sumberdaya hutan (SDH) baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif, serta menjadi hal yang mendasari dalam melaksanakan perencanaan maupun kebijakan kehutanan. Pada awalnya pengelolaan hutan lestari dan inventarisasinya berfokus kepada produksi berupa kayu (Hartig, 1795; Cotta, 1804), namun dalam era modern sekarang ini, konsep inventarisasi hutan mendukung pandangan holistik terhadap hutan sebagai suatu ekosistem yang tidak hanya melihat produksi kayu namun juga manfaat lainnya dari keberadaan hutan (multi fungsi) dan sekaligus untuk memahami mekanisme dan fungsi-fungsi dalam sebuah ekosistem hutan (von Gadow *et al.*, 2002; Corona *et al.*, 2003). Perkembangan kebutuhan informasi tentang sumberdaya hutan dari waktu ke waktu senantiasa bertambah sesuai dengan kebutuhan praktek

pengelolaan yang dilakukan atas sumberdaya hutan tersebut serta dampak yang dihasilkannya. Berikut ini sebuah contoh perkembangan kebutuhan informasi sumberdaya hutan yang terjadi di Amerika Serikat.

Tabel 3.1. Pertambahan kebutuhan informasi tentang sumberdaya hutan di Amerika Serikat (after Lund and Smith, 1997)

1950an	1960an	1970an	1980an	1990an	2000an
Timber	Multiple Resources Timber	Biomass Multiple Resources Timber	Global warming Biomass Multiple Resources Timber	Ekosistem Kehati HHBK Global warming Biomass Multiple Resources Timber	Lahan non hutan Habitat Hutan primer/tua Ekosistem Kehati HHBK Global warming Biomass Multiple Resources Timber

Dalam melaksanakan inventarisasi hutan, penilaian terhadap SDH harus menghasilkan hal-hal berikut:

1. Informasi yang dihasilkan harus memenuhi kebutuhan pengguna.
2. Informasi yang diperoleh disajikan dalam bentuk peta maupun pendugaan statistik.
3. Informasi harus bersifat objektif.
4. Informasi harus reliabel.
5. Informasi diperoleh dengan biaya yang efisien.
6. Hasil inventarisasi harus jelas bagi semua pengguna potensial.
7. Inventarisasi berulang harus mempunyai istilah dan pengertian yang tetap, dapat berubah apabila manfaatnya lebih besar dibandingkan dengan masalah yang ditimbulkannya.
8. Perencanaan inventarisasi hutan harus melibatkan banyak keahlian.

Inventarisasi hutan mempunyai tujuan yang berbeda-beda, misalnya inventarisasi hutan nasional, inventarisasi hutan wilayah dan inventarisasi hutan di tingkat unit manajemen mempunyai maksud dan tujuan yang berlainan, bukan menjadi bentuk agregasi dari bawah. Penetapan tujuan-tujuan tersebut dalam pelaksanaan inventarisasi hutan perlu memperhatikan hal-hal berikut:

1. Tujuan perlu ditetapkan bersama dengan semua pengguna.
2. Tidak semua tujuan mempunyai tingkat kepentingan yang sama.
3. Tujuan-tujuan tersebut harus memperhatikan sumberdaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan inventarisasi, organisasi, biaya dan waktu, pengetahuan, teknologi dan kapasitas kelembagaan.
4. Semua tujuan harus memenuhi **SMART** (**Specific**: Well defined, **Measurable**: They provide quantifiable measures of achievement and variance from set objectives. **Agreed upon**: There is agreement between the users and the project team on what the objectives should be. **Realistic**: Looking at the resources, knowledge, and time available, can the objective be accomplished? **Time-framed**).

Maksud penggunaan penginderaan jauh dalam kegiatan inventarisasi hutan dimulai sebagai alat bantu berupa peta (klasifikasi hutan), yang kemudian berkembang untuk pendugaan parameter-parameter hutan dan monitoring. Pada saat ini hampir semua data penginderaan jauh sudah dalam format digital (atau mudah untuk diubah kedalam digital) sehingga pengolahan datanya sudah sangat berkembang yang ditunjang oleh berkembangnya komputer, algoritma maupun perangkat lunaknya. Perkembangan tersebut membuat pengolahan data digital citra makin beragam. Oleh karena itu dalam penggunaan penginderaan jauh untuk melaksanakan inventarisasi hutan perlu dikenali pengolahan data digital yang sesuai untuk setiap maksud inventarisasi hutan (klasifikasi, pendugaan parameter atau monitoring). Perkembangan data citra satelit, algoritma dan metoda sampai dengan saat ini mendorong diterapkannya pendekatan "Multi resources forest inventory". Tulisan ini merupakan review dari beberapa perkembangan terakhir mengenai pengolahan citra digital dan diselarskan dengan perkembangan kebutuhan inventarisasi hutan.

II. Pengolahan Citra

Citra dihasilkan oleh sensor dan wahana pembawanya. Citra dapat dibedakan menjadi citra analog (seperti hasil photo udara) dan citra digital (seperti hasil sensor satelit). Citra tersebut perlu diolah terlebih dahulu untuk memperoleh data/informasi yang diinginkan. Citra analog harus dikoreksi melalui proses optik, kecuali citra tersebut diubah terlebih dahulu menjadi format digital (melalui proses scanning atau digitizing) barulah dapat dikoreksi melalui proses digital. Citra analog yang telah dikoreksi dapat digunakan untuk ekstraksi informasi dan klasifikasi melalui proses interpretasi visual. Sedangkan citra digital dapat dikoreksi melalui proses digital dan selanjutnya dapat digunakan untuk mendapatkan informasi melalui proses ekstraksi dan klasifikasi secara digital. Dengan demikian proses pengolahan citra diperlukan sejak memperbaiki penampilan citra sampai dengan menghasilkan data/informasi yang diinginkan.

Pengolahan citra dilakukan secara bertahap sebagai berikut:

1. Koreksi geometrik dan radiometrik: koreksi dilakukan karena adanya kesalahan yang berasal distorsi geometrik, noise, atmosferik dan lain-lain selama pengambilan gambar oleh sensor dan wahana pembawanya.
2. Perbaikan citra: dimaksudkan untuk mendapatkan penampakan citra yang sesuai dengan tujuan.
3. Ekstraksi informasi dan klasifikasi: dimaksudkan untuk memperoleh informasi sesuai dengan tujuan melalui penggunaan algoritma tertentu. Secara garis besar metodologi untuk memperoleh informasi dapat dilakukan secara visual dan digital.

2.1. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik melibatkan kegiatan registrasi dan perbaikan bentuk geometri. Perbaikan bentuk geometri dilakukan untuk menghilangkan distorsi geometri sensornya, kelengkungan bumi, topografi permukaan bumi dan lain-lain:

- Geometri sensor;
- Rotasi bumi pada waktu perekaman;
- Pengaruh kelengkungan bumi;
- Efek panoramik (sudut pandang);
- Pengaruh topografi;
- Pengaruh gravitasi bumi (perubahan kecepatan, ketinggian satelit dan kestabilan platform).

Kegiatan koreksi geometri penting dilakukan karena akan mempengaruhi proses pengolahan citra selanjutnya, yaitu dalam hal kesalahan posisi dan luas yang akan mempengaruhi hasil pendugaan dalam kegiatan inventarisasi hutan. Kegiatan koreksi geometri terutama penting apabila kita bekerja menggunakan:

- Beberapa scene sekaligus
- Beberapa citra antar waktu
- Beberapa jenis citra

Koreksi geometrik melibatkan 2 proses yaitu interpolasi spasial dan intensitas. Interpolasi spasial biasanya menggunakan transformasi affine atau polynomial. Untuk citra skala besar sebaiknya menggunakan koreksi topografi dengan *Digital Terrain Model* (DTM). Interpolasi intensitas biasanya menggunakan metode resampling seperti Nearest neighbor, bilinear atau kubik convolution.

Koreksi geometrik pada citra berskala kecil seperti NOAA, SPOT *Vegetation*, cukup sulit dikerjakan karena adanya pengaruh kesulitan mendapatkan titik kontrol yang tepat, kelengkungan bumi dan geometri sensor. Demikian pula sebaliknya pada citra yang berskala besar seperti Ikonos, Quickbird karena pengaruh topografi yang semakin besar.

2.2. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dimaksudkan untuk memperoleh nilai reflektan/*radiance* yang sebenarnya dari sebuah objek. Karena nilai reflektan yang ditangkap oleh sensor dipengaruhi antara lain oleh respon detektor/sensor, efek atmosferik dan efek topografik. Kesalahan respon detector akan mengakibatkan citra mempunyai *line drop*, *banding* dan *line*

start. Kesalahan seperti dapat diperbaiki dengan cara sederhana, namun apabila kejadian acak dan cukup massive maka perbaikannya akan sangat makan waktu dan butuh ketelitian tinggi. Efek atmosferik terutama terjadi pada citra optik, dapat dihilangkan dengan beberapa cara:

- pembedahan histogram (*histogram adjustment - dark pixel subtraction*)
- *radiance to reflectance conversion*
- pembedahan regresi (*linear regressions*)
- *atmospheric modeling*: koreksi Minnaerts.

Efek topografik pada citra bisa dihilangkan dengan cara sederhana seperti menggunakan *band ratio*. Untuk citra radar pengaruh topografi terhadap nilai backscatternya sangat terasa, antara lain mengakibatkan *foreshortening* dan *noise/speckle*, sehingga pemakaian radar di daerah bertopografi berat seringkali tidak/sulit dilakukan. Sampai saat ini belum diperoleh metoda yang tepat untuk melakukan koreksi radiometrik citra radar yang dapat menghilangkan pengaruh topografi.

2.3. Perbaiki Citra:

Teknik perbaikan citra dapat dilakukan dengan metode penajaman radiometrik, penajaman spektral dan penajaman spasial yang masing-masing mempunyai fungsi dan kegunaan sendiri.

2.3.1. Penajaman radiometrik:

Penajaman radiometrik dilakukan untuk memperoleh kontras yang lebih baik sehingga secara visual, objek-objek dapat dilihat lebih jelas. Hal ini penting ketika kita akan melakukan interpretasi visual, atau identifikasi objek untuk keperluan membuat training area dan titik kontrol, pembuatan mosaik citra, demikian pula apabila kita ingin membandingkan citra antar waktu.

Pada dasarnya teknik ini menggunakan histogram, kemudian histogram tersebut diubah menjadi lebih lebar dengan menggunakan beberapa metoda berikut:

- Dengan menggunakan nilai minimum dan maksimum citra (min-max)
- Berdasarkan standar deviasi citra
- Pendekatan bentuk sebaran normal (menggunakan fungsi Gaussian ~ Gaussian *stretch*)
- Menggunakan fungsi2 logaritmik dan atau eksponensial
- Menggunakan ekualisasi histogram
- Modifikasi kontras *linier piecewise*.

2.3.2. Penajaman Spasial

Penajaman spasial mempunyai fungsi untuk: Penghalusan (*smoothing*), Deteksi batas (*edge detection*), Deteksi garis (*line detection*), Penajaman (*Enhancement*) dan Fusi citra. Pada umumnya, metode yang digunakan adalah menggunakan teknik template (*template techniques*), dimana template, box atau jendela didefinisikan kemudian bergerak ke seluruh bagian dari citra. Pada penajaman radiometrik hanya menggunakan satu piksel itu sendiri, sementara pada penajaman spasial menggunakan juga nilai-nilai piksel yang ada di sekitarnya. Prinsip kerjanya adalah menurunkan kontras (mengurangi kontras – menghilangkan-kan *noise* – *low pass filter*) dan meningkatkan kontras (meningkatkan perbedaan antara penampakan obyek satu dengan lainnya – *high pass filter*).

Untuk pembuatan fusi citra yang berbeda resolusi spasialnya dapat digunakan high pass filtering dan penjumlahan band. Citra yang memiliki resolusi tinggi difilter dengan *High Pass Filter*, kemudian hasilnya ditambahkan ke band yang resolusinya rendah (Tauch dan Kauchler, 1988; Shettigara, 1992; Jutz and Chorowicz, 1993). Namun demikian metoda HPF mempunyai keterbatasan dalam menyampaikan informasi penting yang dimiliki citra resolusi tinggi ke yang lebih rendah (Shettigara, 1992). Beberapa fungsi dari penajaman spasial atau filtering tersebut dapat dilihat dalam Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2. Fungsi-fungsi penajaman spasial

Function	Description
Convolution	Uses a matrix to average small sets of pixels across an image.
Non-directional Edge	Averages the results from two orthogonal 1st derivative edge detectors.
Focal Analysis	Enables you to perform one of several analyses on class values in an image file using a process similar to convolution filtering.
Texture	Defines texture as a quantitative characteristic in an image.
Adaptive Filter	Varies the contrast stretch for each pixel depending upon the DN values in the surrounding moving window.
Statistical Filter	Produces the pixel output DN by averaging pixels within a moving window that fall within a statistically defined range.
Resolution Merge	Merges imagery of differing spacial resolutions.
Crisp	Sharpens the overall scene luminance without distorting the thematic content of the image.

2.3.3. Penajaman Spektral:

Penajaman spektral menggunakan beberapa piksel dari *band/* saluran yang berbeda. Kegunaannya bermacam-macam, antara lain untuk penajaman objek, pemilihan band, fusi citra, kuantifikasi parameter objek, dan lain-lain.

2.3.3.1. *Optimum Index Factor (OIF):*

Dalam klasifikasi atau ketika kita ingin membuat fusi citra seringkali beberapa metoda tertentu membatasi pemakaian jumlah band, misal metoda RGB-HIS atau membuat komposit citra untuk visualisasi. Untuk melakukan hal ini dapat digunakan metoda OIF yang dikembangkan oleh Chavez *et al.* (1982). Metoda ini berdasarkan pendekatan statistik yang memilih data yang paling tinggi variannya.

$$\text{OIF} = \frac{\sum_{i=1}^3 \sigma_i}{\sum_{j=1}^3 |c_{cj}|}$$

σ_i = standar deviasi band ke i , c_{cj} = koefisien korelasi

Pendekatan lain untuk memilih *band* adalah dengan mempertimbangkan aplikasi tertentu. Hal ini membutuhkan pengetahuan apriori dari pengguna (Sheffield, 1985). Kaufmann dan Buchroithner (1994) menyarankan untuk memilih band yang memiliki varian tertinggi. Pendekatan lain adalah dengan *principle component analysis*.

2.3.3.2. Transformasi RGB-IHS dan IHS-RGB:

Terdapat beberapa teknik untuk menyajikan data citra dalam bentuk berwarna. Secara umum warna dapat dijelaskan secara matematik dalam dua cara:

- Nilai tristimulus: Tristimulus didasarkan atas tiga kurva spektral.
- Kromatocity: terdiri dari luminosity objek dan dua faktor hue dan saturation.

Dari penjelasan tersebut akan didapat 1) RGB: menggunakan 3 saluran monitor, dan 2) HIS: merumuskan warna secara matematis dengan sistem bola (*spherical*) atau silindris.

Terdapat 3 warna aditif yaitu red, green dan blue (RGB) yang membentuk komposit warna dan dapat ditayangkan melalui media visual. Dengan prinsip RGB ini setiap band dapat ditempatkan menjadi saluran warna R atau G atau B sehingga dapat membentuk komposit warna secara matematis setiap band sebaiknya mempunyai nilai 0-255. Penggunaan

komposit warna antara data citra optik dan radar menghasilkan visualisasi yang baik seperti dijelaskan oleh Aschbacher dan Lichtenegger (1990), Dallemand *et al.* (1992), Vornberger and Bindschadler (1992), Comhaire *et al.* (1994), Hinse and Coulombe (1994), Marek and Schmidt (1994), Oprescu *et al.* (1994), and Pohl *et al.* (1994).

Penggunaan komposit multi sensor optik dapat ditemukan dalam Welch *et al.* (1985), dan Chavez (1987). Fusi multisensor SAR dengan RGB dilakukan oleh Marek and Schmidt (1994). Komposit Multitemporal ERS-1 SAR digunakan oleh Comhaire *et al.* (1994). Informasi dari spektral reflectivity dan SAR (kekasaran permukaan) dapat meningkatkan penampilan citra. Dalam bidang geologi antara lain dipelajari oleh Daily *et al.* (1979), Zobrist *et al.* (1979) dan Yesou *et al.* (1993).

Transformasi RGB-HIS dan HIS-RGB sering dilakukan untuk penajaman warna dari data yang berkorelasi (Gillespie *et al.*, 1986), penajaman feature (Daily, 1983), peningkatan resolusi spasial (Welch and Ehlers 1987, Carper *et al.*, 1990) dan fusi citra (Harris *et al.*, 1990, Ehlers 1991). Penggunaan transformasi HIS dalam fusi citra banyak dijelaskan oleh Rast *et al.* (1991), Jutz and Chorowicz (1993), Koopmans and Richetti (1993), Oprescu *et al.* (1994), Smara *et al.* (1996), dan Yildimi *et al.* (1996).

Rumusan matematik transformasi RGB-HIS adalah sebagai berikut (Harrison dan Jupp, 1990):

$$\begin{pmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{2}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (a)$$

$$H = \tan^{-1} \left(\frac{v_2}{v_1} \right) \quad (b) \quad S = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \quad (c)$$

Sedangkan bentuk persamaan matematik transformasi HIS-RGB (Hinse and Proulx, 1995) adalah:

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{2}{\sqrt{6}} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{pmatrix}$$

2.3.3.3. Kombinasi Aritmetik:

Kombinasi tertentu dari beberapa band dapat meningkatkan ketajaman citra, misal antara SPOT Pan dengan XS atau SPOT Pan dengan Landsat TM, demikian juga dengan citra SAR. Beberapa cara kombinasi tersebut antara lain:

- Penjumlahan dan perkalian:

$$DN_f = A(w_1 DN_a + w_2 DN_b) + B$$

$$DN_f = A DN_a DN_b + B$$

A dan B merupakan faktor skala, sedangkan w_i adalah bobot.

Metoda ini berhasil baik diaplikasi pada data Landsat-TM dan SPOT PAN (Yesou *et al.*, 1993). Pemilihan faktor skala dan bobot dapat meningkatkan hasil citranya. Penjelasan detail mengenai hal ini dapat dijumpai dalam laporan Simard (1982), Cliche *et al.* (1985), Pradines (1986), Price (1987), Welch and Ehlers (1987), Carper *et al.* (1990), Ehlers (1991), Mangolini *et al.* (1993), Munechika *et al.* (1993) dan Pellemans *et al.* (1993).

- Ratio dan Diference:

Citra ratio dan diference sangat sesuai untuk deteksi perubahan (Mouat *et al.* 1993). Ratio dapat digunakan untuk mengurangi pengaruh topografi, dan dapat membedakan tanah, air terhadap vegetasi. Untuk ketajaman citra dapat digunakan persamaan berikut (Brovey Transform):

$$DN_{fused} = \frac{DN_{b1}}{DN_{b1} + DN_{b2} + DN_{bn}} DN_{highres}$$

2.3.3.4. Indeks Vegetasi:

Indeks vegetasi merupakan indeks atau ratio yang dikembangkan menurut sifat-sifat spektral objek permukaan bumi (tanah, air dan vegetasi). Hubungan reflektan dengan sifat-sifat spektral, angular, spasial dan temporal sebuah ekosistem (*pixel level*) dapat dinyatakan dengan (Asner, G.P. *et al.*, 1999):

$$\text{Ref} = f(\text{geometry, structure, biochemistry, geochemistry})$$

dimana:

- *Geometry* merupakan faktor sumber enersi matahari dan orientasi sensornya.
- *Structure* meliputi arsitektur dan materi canopy.
- *Biochemistry* merupakan bahan kimia pembentuk jaringan sel.
- *Geochemistry* termasuk bahan mineral dan kelembaban permukaan tanah.

Kajian mengenai sifat-sifat spektral tumbuhan dimulai sejak 1913 ketika Wilsletter dan Stoll membuktikan bahwa cahaya memasuki daun dan direfleksikan oleh dinding sel dan indeks refraksinya berubah dibandingkan dengan air (1,33) dan udara (1,00). Hal ini terjadi secara efisien pada panjang gelombang cahaya. Gates *et al.* (1965) melakukan pengkajian pertama kali mengenai sifat spektral tumbuhan dari gelombang ultraviolet sampai dengan infra merah termal (Ray, T., 1995).

Kombinasi pengamatan lapangan dan teknik modeling digunakan untuk mengkuantifikasi parameter daun, batang, serasah dan tajuk sehingga terbentuk reflektansinya. Keragaman keadaan jaringan sel sangat tergantung pada panjang gelombang yang mengenainya. Untuk daun segar, variasi terendah dijumpai pada daerah *spektral visible* (VIS) dan tertinggi pada daerah spektral infra merah dekat (NIR). Untuk serasah, variasi terendah pada VIS/NIR dan tertinggi pada SWIR, materi berkayu menunjukkan hal sebaliknya. Sedangkan *leaf area index* (LAI) dan *leaf angle distribution* (LAD) merupakan peubah kontrol pada reflektansi tajuk, kecuali untuk tanah dan tutupan vegetasi sangat jarang. Sifat daun mempengaruhi tajuk pada panjang gelombang NIR, tapi LAI dan LAD kuat mempengaruhi hubungan spektral daun dengan tajuk. Materi berkayu

berpengaruh terutama pada LAI diatas 0,5, serasah berpengaruh terutama pada semak atau padang rumput. Dengan demikian atribut struktur ekosistem akan mempengaruhi reflektan yang terjadi, selain jaringan sel daun, tajuk dan faktor *landscape*-nya.

Beberapa pendekatan telah dicoba pada model data penginderaan jauh, ada yang hasilnya baik namun ada juga yang kurang. Misalnya pola klorofil atau kandungan air dalam tajuk (Tucker, 1979); materi biokimia lignin dan cellulose (Wessman *et al.*, 1989; Elvidge, 1990; Wessman, 1990). Dengan demikian reflektan vegetasi merupakan fungsi jaringan sel (daun, batang, serasah), atribut tajuk, tanah, kelembaban, kondisi dan geometri pencahayaan (Goel, 1988; Myneni *et al.*, 1989; Asner *et al.*, 1998; Gates *et al.*, 1965; Wessman, 1990; Curran *et al.*, 1992; Fourty *et al.*, 1996; Goward and Huemmrich, 1992; Baret *et al.*, 1994; Kupiec and Curran, 1995).

Upaya untuk memahami peran faktor-faktor tersebut dalam indeks vegetasi berbagai spektral telah meningkatkan interpretasi terhadap indeks-indeks tersebut, masing dengan kelebihan dan kekurangannya (Huete, 1988; Asrar *et al.*, 1992; van Leeuwen and Huete, 1996; Huemmrich and Goward, 1997). Pentingnya faktor non vegetative adalah untuk mempelajari ekosistem seperti padang rumput, savanna, semak belukar, hutan monsoon dan kerusakan hutan namun masih sedikit dilakukan (van Leeuwen and Huete, 1996; Huemmrich and Goward, 1997).

Selanjutnya juga dijumpai campuran secara horizontal dari vegetasi dengan materi lain dalam sebuah landscape ternyata merupakan proses yang linier (Roberts *et al.*, 1993). Berdasarkan hal ini, asumsi pencampuran linier (*linear mixing*), maka penutupan tajuk dan jalur tanah terbuka dapat dipisahkan dengan baik (Adams *et al.*, 1995; Wessman *et al.*, 1997). Namun demikian interaksi foton dalam komponen vegetasi bersifat non linier (Myneni *et al.*, 1989; Borel and Gerstl, 1994; Asner and Wessman, 1997).

Hubungan vegetasi, tanah dan lainnya teridentifikasi dalam kurva spektral, bagian vegetasi terlihat dalam ratio spektral merah dengan NIR, sebaliknya untuk tanah. Keadaan ini dilihat oleh Kauth and Thomas (1976)

dan disebut "*tasseled cap-diagram*". Beberapa indeks vegetasi yang telah dikembangkan (Ray, T., 1995) antara lain adalah:

1. Indek vegetasi Perpendicular (PVI) dari Richardson and Wiegand (1977) mempunyai asumsi bahwa jarak perpendicular sebuah pixel dari garis tanah (*soil line*) adalah linier terhadap penutupan vegetasi. Indek ini dihitung sebagai berikut:

$$PVI = \sin \alpha (NIR) - \cos \alpha (red)$$

Dimana: NIR adalah near-infrared reflektan, red adalah red reflektan dan α adalah sudut antara soil line dengan aksis near-infrared axis.

2. Sebuah indek vegetasi menurut Lillesand and Kiefer (1987) yang sering disebut sebagai *difference vegetation index* (DVI) oleh Richardson and Everitt (1992):

$$VI = DVI = NIR - red$$

Kasusnya terjadi apabila soil line mempunyai slope = 1.

3. Dengan asumsi semua isovegetation lines bertemu di satu titik, Jordan (1969) *developed the ratio vegetation index*:

$$RVI = NIR/red$$

4. RVI dikembangkan menjadi *normalized difference vegetation index* (NDVI) yang dirumuskan:

$$NDVI = (NIR - red)/(NIR + red) = (RVI - 1)/(RVI + 1)$$

Baik RVI maupun NDVI pada dasarnya mengukur slope antara ruang red-NIR dengan nilai red-NIR pixel. Perbedaannya hanya dari range nilai yang dihasilkan, NDVI dari -1 sampai 1 sedang RVI bersifat tak terbatas. NDVI juga memperbaiki DVI yang menghilangkan efek albedo red-NIR melalui normalisasi.

5. Crippen (1990) menganggap bahwa pengurangan dengan spectral warna merah pada pembagi NDVI tidak relevan, sehingga dikembangkan *infrared percentage vegetation index* (IPVI):

$$IPVI = NIR/(NIR + red) = 0.5 (NDVI + 1)$$

Fungsi IPVI setara dengan NDVI dan RVI, tapi range nilai yang digunakan lebih sederhana dari 0.0–1.0.

6. Huete (1988) mengajukan indeks vegetasi baru yang meminimalkan efek pengaruh tanah yang disebut *soil-adjusted vegetation index* (SAVI):

$$SAVI = (NIR - red) \times (1 - L) / (NIR + red + L)$$

Huete membuktikan bahwa *isovegetation lines* tidak bertemu di satu titik, dan dia menentukan adanya faktor L yang tergantung dari kepadatan vegetasinya, pada vegetasi padat $L = 1$, sedangkan pada vegetasi jarang $L = 0$. SAVI memperhitungkan aspek NDVI dan PVI.

7. Qi *et al.* (1994a) mengembangkan indeks vegetasi berbasis SAVI, dimana faktor L dibuat dinamis dan disebut *Modified Soil Adjusted Vegetation Index* or MSAVI:

$$L = 1 - 2 \times slope \times NDVI \times WdVI$$

8. WdVI adalah *Weighted Difference Vegetation* dari Clevers (1988) yang mempunyai fungsi setara dengan PVI:

$$WdVI = NIR - slope \times red$$

9. Qi *et al.* (1994a) juga mengembangkan MSAVI2:

$$MSAVI2 = 0.5 (2 \times NIR + 1) - \sqrt{(2 \times NIR + 1)^2 - 8(NIR + red)}$$

Pada banyak kajian apa yang sebenarnya diukur oleh indeks vegetasi tidak pasti. Meskipun jelas berkorelasi dengan klorofil, namun juga berkaitan dengan banyak sifat tumbuhan lainnya seperti LAI, persen penutupan dan biomas, produktifitas dan APAR (Asrar *et al.*, 1984), juga sifat biofisik seperti kapasitas fotosintesis (Sellers, 1985). Indeks vegetasi sensitif terhadap *life form* (rumput, semak dan pepohonan), komposisi komunitas, arsitektur tajuk yang saling berkorelasi satu dengan lainnya.

Elvidge dan Chen (1995) menemukan bahwa SAVI dan PVI merupakan penduga LAI yang lebih baik daripada NDVI atau RVI. Indeks vegetasi akan menghasilkan dugaan yang baik apabila menggunakan band yang lebih sempit, SAVI merupakan yang terbaik dalam band yang sempit. Persen vegetasi di area padang rumput dapat diduga dengan menggunakan NDVI dan TSAVI dari data AVHRR (Purevdorj, T. *et al.*, 1998). Tucker *et al.* (1986) memperlihatkan citra indeks vegetasi global dari AVHRR berkaitan dengan aktifitas biosfir bumi.

Terdapat indeks vegetasi yang tidak hanya menggunakan red- NIR, Pickup *et al.* (1993) menggunakan indeks yang mirip PVI dari MSS band 4 dan 5, disebut PD54, sangat efektif untuk mengenali vegetasi kering dan hijau, dan absorpsi besi dalam tanah.

Apabila menggunakan banyak band dapat digunakan orthogonalisasi Gram-Schmidt untuk memperoleh perpendicular indeks vegetasi dan soil line. Penggunaan data MSS yang terdiri dari 4 band dikembangkan oleh Kauth dan Thomas (1976), untuk TM data yang terdiri dari 6 band dikembangkan oleh Crist dan Cicone (1984). Transformasi *tasseled cap* dari Kauth dan Thomas (1976) merupakan kompresi multi-spektral menjadi unsur *greenness* untuk biomas, *wetness* untuk kelembaban, *brightness* untuk tanah, *yellowness* untuk kondisi vegetasi. Transformasi *tasseled cap* digunakan dengan data resolusi tinggi untuk mempelajari perubahan hutan dan penutupan (Rogan *et al.*, 2002; Seto *et al.*, 2002) dan daerah pasture (Todd *et al.*, 1998).

Sebuah metoda baru untuk analisis multispektral telah dikembangkan oleh ilmuwan Jepang (Fujiwara, N. K. *et al.*, 1996; Furumi, S. *et al.*, 1998; Muramatsu *et al.*, 2000), yang disebut dengan metoda *pattern decomposition*. Metoda ini membuat dekomposisi multispektral menjadi tiga bentuk spektral standar (vegetasi, tanah dan air) dan dinormalisasi menjadi 1, koefisien vegetasi yang terbentuk dapat digunakan sebagai indeks vegetasi.

2.3.3.5. Analisis Prinsipal Komponen (PCA):

PCA sangat bermanfaat untuk kompresi data, penajaman, dan fusi citra. PCA merupakan teknik statistik yang mentransformasi data *multivariate* yang saling berkorelasi kedalam kombinasi linier yang tidak saling berkorelasi. Dalam menghitung PCA dilakukan perhitungan matrik kovarian atau korelasi, *vector eigen value* dan principal komponennya. Pemakaian *filter signal to noise ratio* dapat meningkatkan hasil PCA standar (Singh and Harrison, 1985; Shettigara, 1992). Penggunaan nilai statistik dari seluruh area lebih baik daripada menggunakan subset area (Fung dan LeDrew, 1987). Teknik PCA sering disebut Karhunen Loeve (Zobrist *et al.*, 1979).

Penggunaan PCA untuk menghasilkan citra fusi dapat dilakukan sebagai berikut:

1. *Principle Componen Substitution*: PC 1 dari PCA dari *multichannel* diganti dengan *diference image* (Chavez *et al.*, 1991). Citra resolusi tinggi menggantikan PC1. Pendekatan serupa dengan PCS antara lain *colour stretch* (Rothery dan Francis, 1987) dan D-stretch (*de-correlation stretch*) (Ehlers, 1987; Campbell, 1993; Jutz dan Chorowicz, 1993).
2. PCA dari semua data multi channels (Yesou *et al.*, 1993). Semua channel baik dari citra resolusi tinggi maupun rendah dihitung PCAnya.

Regresi substitusi peubah (*Regression variable substitution*): Regresi berganda menurunkan peubah kedalam fungsi linier dari multi peubah yang mempunyai korelasi maksimum dengan peubah bebasnya. Dalam fusi citra, prosedur regresi digunakan untuk membentuk kombinasi linier dari semua channel yang dapat digantikan oleh channel lainnya.

Substitusi Variate kanonikal (*Canonical variate substitution*): Teknik ini menghasilkan komposit band baru berdasarkan kombinasi linier dari band aslinya (Campbell, 1993).

2. Struktur Hutan dalam Data Satelit

Penggunaan metoda survei lapangan untuk mendapatkan data inventarisasi hutan biasanya sangat mahal dan memakan waktu yang lama. Oleh karena itu perlu metoda yang menggunakan kombinasi survey lapangan dengan penginderaan jauh (Franklin, 1986; Cook dan Iverson, 1989; De Wulf *et al.*, 1990; Ripple *et al.*, 1991; Ardo, 1992; Brockhaus dan Khorram, 1992; Danson dan Curran, 1993). Beberapa hasil kajian untuk keperluan tersebut antara lain telah menghasilkan temuan bahwa tipe tajuk, tinggi dan kerapatan tegakan dapat diukur melalui metoda penginderaan jauh (Nelson *et al.*, 1988). Indek vegetasi dapat digunakan untuk mempelajari penutupan hutan atau biomas (Tucker, 1979; Sellers, 1985; Sellers, 1987; Lillesand dan Kiefer, 1987; Peterson *et al.*, 1988).

Penggunaan data satelit microwave pasif maupun aktif banyak menggunakan panjang gelombang X, C, L dan P serta polarisasinya seperti HH, HV, VH dan VV. Dari beberapa kajian panjang gelombang L radar dan polarisasinya yang paling sesuai untuk kajian penutupan lahan dan vegetasi. Penggunaan L-radar diperkirakan akan lebih bermanfaat untuk mempelajari keadaan struktur (biomas, volume kayu, carbon) dan keadaan kelembaban permukaan bumi (jenis tanah, kedalaman gambut dan lain-lain).

Di hutan boreal penggunaan SPOT dan Landsat TM menggunakan NIR dan MIR ternyata mempunyai hubungan dengan volume tegakan (Ripple *et al.*, 1991; Fransson, J.E.S *et al.*, 2001). Kajian penggunaan citra satelit dalam inventarisasi hutan umumnya cukup signifikan sampai lemah, yang berarti bahwa pendugaan volume akan akurat apabila meliputi area yang sangat luas (Ahern *et al.*, 1991). Di hutan pinus, struktur tegakan dicoba dipelajari, tinggi dan basal area merupakan atribut yang paling kuat berkorelasi dengan TM 3, 5 dan 7 (Puhr, C.B. dan D.N.M.Donoghue, 2000). Lee, N.J. *et al.* (1996) dengan menggunakan data Landsat TM menemukan korelasi antara NDVI dan biomas hutan pinus sebesar 0.85; antara hutan cedar di Jepang dengan DVI sebesar -0,83 dan antara DVI dengan hutan daun lebar di Jepang sebesar 0,80. Kimes, D.S. *et al.* (1999) dengan menggunakan SPOT XS menyatakan bahwa hutan primer tropis, hutan sekunder dan deforestasi dapat dikenali cukup akurat melalui penggunaan band 3 dan tekstur dari band 2 dan 3 dengan metoda *neural network*.

Apabila membandingkan beberapa hasil kajian di hutan temperate yang menunjukkan hasil cukup menggembirakan dalam mengkaji sifat biofisik dengan band merah dan NIR serta NDVI, umumnya menghasilkan korelasi yang rendah untuk hutan tropis. Regenerasi hutan tropis dapat dipisahkan dengan menggunakan MIR dan TIR, dan kemungkinan lebih sensitif dibanding NIR dan visible dalam mengenali sifat-sifat tegakannya (Boyd D.S. *et al.*, 1999).

Hasil pengamatan antara peubah data penginderaan jauh (aerial photo, SPOT, Landsat, SAR) terhadap atribut tegakan hutan boreal di

Finlandia (tinggi rata-rata, basal area dan volume) ditunjukkan dalam Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3. Hubungan antara peubah data penginderaan jauh dengan Tinggi rata-rata, Basal area dan Volume (Hyppa *et al.*, 2000)

Data source	R^2	SE (m)	SE (%)
HUTSCAT	0.77	2.97	18
AISA	0.47	5.10	31
Aerial photograph	0.34	5.43	32
Spot XS	0.37	5.85	36
Landsat TM	0.26	6.05	37
Sopt PAN	0.17	6.41	39
ERS coherence	0.15	6.43	39
JERS SAR	0.08	6.77	41
ERS SAR	0.03	6.97	42
Data source	R^2	SE (m ² /ha)	SE (%)
HUTSCAT	0.59	6.07	32
AISA	0.58	6.42	36
Aerial photograph	0.48	7.01	38
Spot XS	0.44	7.57	42
Landsat TM	0.38	8.00	45
Sopt PAN	0.31	8.39	47
ERS coherence	0.24	8.77	49
JERS SAR	0.14	9.40	52
ERS SAR	0.07	9.78	55
Data source	R^2	SE (m ³ /ha)	SE (%)
HUTSCAT	0.68	55.7	34
AISA	0.55	71.2	45
Aerial photograph	0.48	73.1	46
Spot XS	0.44	78.9	50
Landsat TM	0.35	85.0	54
Sopt PAN	0.31	87.5	56
ERS coherence	0.24	90.9	58
JERS SAR	0.13	98.4	63
ERS SAR	0.06	101.9	65

Hasil penelitian Hyppa *et al.* (2000) yang dilakukan di hutan boreal Finlandia tentang hubungan atribut tegakan dengan data citra

menunjukkan bahwa photo udara (skala 1 : 20,000) memberikan hasil yang setara dengan imaging spectrometer AISA. Sedangkan data satelit yang digunakan memberikan hasil mulai yang terbaik secara berturut-turut adalah SPOT XS, SPOT PAN, Landsat TM, ERS SAR *coherence*, JERS SAR *intensity images* (PRI), dan ERS SAR *intensity images* (PRI).

III. Ekstraksi Informasi dan Klasifikasi:

Berbagai pendekatan dan algoritma untuk mendukung proses identifikasi dan ekstraksi informasi dan digunakan untuk klasifikasi penginderaan jauh sudah banyak tersedia (Franklin, 2001; Nyerges and Green, 2000). Generasi metoda klasifikasi hybrid seperti *neural network*, *fuzzy*, *nonparametrik Bayesian classifiers*, *expert systems* sudah sangat berkembang dan banyak dipakai dalam memanfaatkan data citra satelit.

Klasifikasi untuk menggali informasi dalam penginderaan jauh dapat dilakukan dengan cara visual dan digital. Kedua cara ini dalam inventarisasi hutan masih digunakan karena saling melengkapi. Keragaman hutan tropis yang tinggi antara lain yang membuat metoda klasifikasi visual masih memberikan hasil yang lebih baik dibanding metode digital, terutama dalam klasifikasi level yang lebih detil. Oleh karena itu penggunaan kombinasi kedua pendekatan tersebut sebaiknya dipertimbangkan.

Untuk sekedar mengingatkan, berikut dijelaskan metoda klasifikasi visual atau sering dikenal sebagai interpretasi visual. Interpretasi visual dilakukan dengan mengenali elemen-elemen yang dimiliki oleh objek yang akan ditafsir, elemen tersebut disebut dengan elemen penafsiran, yaitu:

1. *Tone* adalah variasi derajat keabuan yang berkisar dari putih sampai dengan hitam.
2. *Color* adalah nilai warna dari pixel, berkaitan dengan nilai reflektan spektral.
3. *Shape* merupakan bentuk umum, struktur atau kerangka dari kumpulan individu objek. Biasanya teratur atau tidak teratur.
4. *Size* adalah ukuran dari objek biasanya merupakan fungsi dari skala.

5. *Texture* adalah derajat kehalusan atau kekasaran dari objek biasanya terkait dengan perubahan *tone*.
6. *Pattern* adalah pola keteraturan yang berulang dari sekumpulan objek.
7. *Shadow* adalah bayangan dari objek, dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi objek.
8. *Association* adalah hubungan yang dapat dilihat antara objek dengan lingkungan sekitarnya.

3.1. Metoda Klasifikasi Digital:

Identifikasi pola dikenal sebagai klasifikasi pola atau cukup disebut klasifikasi, secara umum merupakan area bidang statistik *multivariate* (Duda dan Hart, 1973; Anderson, 1984; Castleman, 1996) merupakan proses yang berkaitan dengan pengelompokan objek tertentu melalui adanya kesamaan sehingga aturan keputusan dapat dilakukan (Haralick dan Shapiro, 1993). Dalam penginderaan jauh, klasifikasi menggunakan algoritma tertentu untuk memberikan nama sebuah pixel dalam citra yang mencerminkan tipe atau kelas objek tersebut di lapangan (Richards, 1993; Schowengerdt, 1983; Richards, 1993; Jensen, 1996; Schowengerdt, 1997; Congalton and Green, 1998). Tujuan utama dari sebuah prosedur klasifikasi adalah untuk menjelaskan derajat kesamaan atau ketidaksamaan dari semua objek dan keduanya adalah untuk memilih aturan yang cukup (algoritma) sehingga setiap objek dapat dipisahkan menjadi kelompok yang masing-masing mempunyai sifat atau ciri yang sama (Mertikas, P. and M. E. Zervakis, 2001).

Interpretasi digital dibedakan menjadi klasifikasi *supervised* (*maximum likelihood, neural network*, dan lain-lain) dan klasifikasi *unsupervised* (*clustering techniques*). Hasil klasifikasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu metoda yang digunakan (*maximum likelihood, neural network*, dan lain-lain), kapabilitas data satelit (resolusi spasial, spektral dan temporal) dan kondisi objek (*overlapping* objek, kovarian dalam kelas dan sebagainya). Kelebihan dan kekurangan setiap metoda klasifikasi dijelaskan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Beberapa Algoritma Klasifikasi yang banyak digunakan dalam Perangkat Lunak Komersial (*modified from Smits, PC et al., 1999*).

Pengklasifikasi	Kelebihan	Kekurangan
<i>Parallelepiped</i>	Cepat dan sederhana;	Pixel dapat diklasifikasikan diluar nilai rata-rata
<i>Minimum distance</i>	Tidak ada <i>unclassified pixels</i> ; Cepat	Tidak mempertimbangkan kovarian kelas
<i>Mahalanobis</i>	Mempertimbangkan matrik kovarian	Parametrik sehingga harus memenuhi asumsi distribusi normal
<i>Maximum Likelihood/ Bayesian</i>	Relatif akurat;	Biaya komputasi mahal, asumsi distribusi normal; terjadi over klasifikasi pada pixel yang mempunyai nilai besar dalam matrik kovarian
<i>Neural network</i>	Distribution-free;	Proses training lambat; tidak ada teori dasarnya; menggunakan peluang setelah selesai proses training
<i>Theory of evidence</i>	Tidak hanya data statistik juga data nominal; dapat handle data berdimensi tinggi; justifikasi lebih alami (sesuai dengan kebiasaan)	Memerlukan fungsi belief

Pendekatan tradisional statistik parametrik dalam klasifikasi supervised meliputi *Euclidean, minimum distance, maximum likelihood, maximum a posteriori, mahalanobis distance classifiers* (Curran, 1985; Campbell, 1987; Richards, 1993), membutuhkan data digital dan asumsi model statistik parametrik seperti distribusi Gaussian-normal. Metoda ini

tidak didisain untuk menghandle data dari sumber yang berbeda atau mempunyai akurasi yang berbeda dan data yang *non numeric*. Masalah utama yang mungkin dalam pendekatan ini adalah tidak terpenuhinya asumsi model dan membutuhkan non singular matrik kovarian yang spesifik, misalnya hutan daun jarum dengan hutan daun lebar apabila ingin digabung karena level yang lebih global akan sulit dapat dipenuhi.

Neural networks serupa dengan algoritma *K-nearest neighbor algorithms*, meskipun *neural networks* lebih efisien dan membutuhkan data training yang lebih sedikit. Keuntungan memakai *neural network* antara lain adalah bebas asumsi distribusi model, yang dalam hal multi band sering kali tidak dapat dipenuhi, misalnya sebuah kelas dapat berupa sekumpulan kluster. Sehingga perbedaan fundamental pendekatan statistik dengan *neural network* adalah pendekatan statistik tergantung pada asumsi model, sedangkan *neural network* tergantung pada data. Oleh karena itu dengan *neural network* dimungkinkan untuk menggabungkan beberapa sumber data sekaligus.

Sekarang ini terdapat kecenderungan penelitian dengan menggunakan teori fuzzy untuk klasifikasi data citra (Gopal and Woodcock, 1994). Pendekatan Fuzzy sangat sesuai apabila batas antar objek tidak begitu tegas. Dalam pendekatan gabungan *neuro-fuzzy*, kekuatan neural network dikombinasikan dengan logika fuzzy yang membuat ketidakpastian dalam klasifikasi dapat diperhitungkan dan diminimalisir (Atkinson *et al.*, 1997). Demikian juga penggabungan pendekatan *neural network* dengan klasifikasi statistik dapat menghasilkan yang lebih akurat dibandingkan dengan melaksanakan masing-masing klasifikasi.

Teori Bayesian klasik berkenaan dengan peluang data dalam asumsi distribusi model tertentu dan logika Bayesian bagi uji hipotesisnya. Pendekatan *neural network* mampu menghilangkan asumsi model distribusinya, tapi masih menerapkan logika Bayesian dalam klasifikasinya. Teori evidence memperkenalkan adanya derajat ignorance kedalam persoalan klasifikasi melalui penjelasan pendekatan (aproksimasi). Dalam sebuah penentuan kelas, biasanya hanya didasarkan atas peluang dari kelas itu saja, padahal apabila ada ketidakpastian maka peluang tersebut bisa saja tidak terjadi. Dalam teori evidence peluang tersebut dibuat dalam bentuk interval yaitu berupa nilai batas bawah dan batas atas peluang.

Sedangkan teori fuzzy menyatakan adanya ketidakpastian dalam bentuk definisi dari setiap kelasnya, dengan demikian juga menghandle adanya ketidakpastian.

Teori evidence diperkenalkan oleh Dempster dan Shafer (Shafer, 1976; Yager *et al.*, 1994; Shafer, 1996) merupakan bidang keilmuan yang berkaitan dengan sumber-sumber ketidaktergantungan secara statistik. Dengan pendekatan ini tidak dibutuhkan spesifikasi yang lengkap mengenai perlunya sebuah model peluang tertentu berkaitan dengan sejumlah hipotesisnya dan dapat menangani data yang mempunyai dimensi tinggi-banyak. Teori evidence menyediakan alat yang dapat menangani ketidakpastian data dalam set data yang kompleks (numeric atau nominal) dengan biaya murah, sehingga mampu untuk melakukan analisis terhadap data set yang berdimensi tinggi. Teori ini banyak digunakan dalam *artificial intelligence* untuk membangun justifikasi subjektif dengan cara yang lebih alami ketimbang teori peluang (Shafer, 1996). Pada dasarnya, penilaian peluang adalah menjelaskan adanya frekuensi pengamatan dari sebuah pola kejadian tertentu, sedangkan fungsi belief dalam teori evidence menunjukkan derajat kepercayaan terhadap pola kejadian tersebut.

3.2. Evaluasi Hasil Klasifikasi

Sumber ketidakkonsistenan dari klasifikasi adalah kelayakan training data, adanya overlap, perubahan batas yang transisional, dinamika wilayah, kovarian, kecukupan training data, topografi dan lain-lain (Smits, P.C. *et al.*, 1999). Kesalahan seperti ini sulit untuk dikuantifikasi, namun dapat dikurangi dengan bekerja lebih teliti. Apabila fenomena penutupan lahan memang cenderung tidak homogen dapat ditanggulangi dengan menggunakan *linear mixture models*, *class probability*, atau *fuzzy membership functions* (Foody and Cox, 1994). Aspek mendasar yang harus dievaluasi adalah (Smits, P.C. *et al.*, 1999) (a) data lapangan, (b) skema klasifikasi dan kategorisasi, dan (c) skema sampel dan ukurannya. Strategi sampling untuk melakukan evaluasi hasil klasifikasi antara lain disajikan dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Strategi sampling yang dapat digunakan untuk melaksanakan evaluasi akurasi hasil klasifikasi (*modified after Maling, 1989 in Smits, P.C. et al., 1999*)

Author	Sampling strategy				
	Unrestricted		Stratified		
	Random	Systematic	Random	Unaligned Systematic	Combined Multistage
Hord and Brooner (1976)	v				
Lins (1978)		v			
Fitzpatrick (1977)			v		
Van Genderen et al. (1978)			v		
Latham (1979)		v			
Hay (1979)	v				v ¹⁾
Ginevan (1979)	v ³⁾				
Rosenfield and Melley (1980)				v	
Strahler (1981)			v		
Fitzpatrick-Lins (1980, 1981)				v	
Aronoff (1982a)	v ³⁾				
Aronoff (1982b)	v ³⁾				v ¹⁾
Card (1982)	v		v		
Rosenfield et al. (1982)					v ²⁾
Stehman (1996)			v		

- 1) *Simple unrestricted random sampling followed by stratification by class and additional random sampling within each category until the minimum sample size has been attained.*
- 2) *Stratified unaligned systematic sampling followed by additional random sampling in the under-represented categories.*
- 3) *Subsequent analyses are based upon acceptance sampling methods.*

3.3. Metoda Penilaian Akurasi:

Dalam pengenalan pola telah banyak diketahui bahwa bila ratio antara jumlah training dengan jumlah objek kecil, maka pendugaan fungsi diskriminannya akan tidak akurat, sehingga hasilnya juga kurang baik. Ini

disebut fenomena Hughes, yang biasanya terjadi dalam data hyperspektral (Shahshahani dan Landgrebe, 1994). Metoda penilaian akurasi dapat dibedakan menjadi (Smits, P.C. *et al.*, 1999): (a) berdasarkan *confusion matrices*, (b) *fuzzy techniques*, (c) *receiver operating characteristics*, dan (d) teknik lainnya. Overview terhadap metoda penilaian akurasi dapat dilihat dalam Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Beberapa metoda untuk menilai akurasi hasil klasifikasi (Smits, P.C. *et al.*, 1999)

Authors	Key words	Overall accuracy	Class accuracy	Classifier comparison
Rosenfield (1981)	Variance techniques	v	-	-
Aronoff (1982a)	Producer's risk and user's risk	v	v	-
Maxim and Harrington (1983)	Pseudo-Bayesian estimates in multivariate analysis	v	-	-
Congalton (1991)	Confusion matrices	v	v	-
Czaplewski (1992), Zhu <i>et al.</i> (1996)	Multivariate composite estimator	v	-	
Gopal and Woodcock 1994), Woodcock (1996)	Fuzzy analysis	v	v	-
Kanungo <i>et al.</i> (1995)	Operating characteristics	-	v	v
Ma and Redmond (1995a)	tau coefficient	v	v	-
Zhuang <i>et al.</i> (1995)	Tukey analysis	v	v	v
Richards (1996)	Bayesian estimates of map accuracy	v	v	-
Smits, P.C. <i>et al.</i> (1999)	Confusion matrices, RS system evaluation estimated absolute cost of error	v	v	v

Secara ringkas Tabel di atas mencoba mendiskusikan beberapa metoda penilaian akurasi yang masing-masing mencoba menilai secara objektif apakah ukuran hasil klasifikasi tersebut akurat secara statistik. Kappa, KHAT, dan Z statistik merupakan ukuran-ukuran akurasi yang

terbaik (Smits, P.C. *et al.*, 1999). Kappa dan KHAT statistik sesuai untuk menjelaskan hasil klasifikasi tunggal, dan Z statistik sesuai untuk membandingkan hasil beberapa klasifikasi.

IV. Penutup

Penggunaan pengolahan citra dalam kegiatan inventarisasi hutan sudah sangat berkembang dan memungkinkan kegiatan ini dilaksanakan dengan lebih mudah, praktis dan terintegrasi dengan kegiatan lainnya. Oleh karena itu perlu dipelajari dan disepakati lebih lanjut bagaimana kemungkinan alur proses yang paling paling memberikan hasil optimum tidak hanya bagi pencapaian tujuan inventarisasi hutan itu sendiri, melainkan juga lebih memberikan kemudahan dan kecepatan bagi kegiatan perencanaan dan pembuatan kebijakan dalam pengelolaan sumberdaya hutan lestari.

Berkembangnya kebutuhan informasi tentang sumberdaya hutan yang lebih beragam dan lebih cepat serta perkembangan sumber data yang makin beragam dan kemampuan pengolahan data citra mendorong untuk mengaplikasikan *multi resources forest inventory* baik pada level nasional, regional maupun unit manajemen.

Daftar Pustaka

- Abe, N., T. Saka, M.B.S. Wirakartakusumah. 2001. Estimating Structural Attributes of The Beech Natural Forest Using Landsat TM data. Research Bulletin of The Niigata University Forests, 34, 17-26pp.
- Asrar, G. 1989. Theory and Applications of Optical Remote Sensing. John Wiley and Sons, New York.
- Atkinson, PM. Tatnall, A.R.L. 1997. Neural networks in remote sensing. International Journal of Remote Sensing, Vol. 18, No. 4, 699-709pp.

- Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37, 35-46pp.
- Congalton, R.G. 1988. A Comparison of Sampling Schemes Used in Generating Error Matrices for Assessing the Accuracy of Maps Generated from Remotely Sensed Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 54, 593-600 pp.
- Congalton, R.G., and Green, K. 1998. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: principles and practices*. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers.
- C. Pohland J. L. Van Genderen. 1998. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, no. 5, 823± 854.
- Haralick, R.M., and L.G. Shapiro, 1985. Survey: image segmentation techniques. *CV G/P*, 29, 100-132pp.
- Hyyppa, Juha, Hannu Hyyppa, Mikko Inkinena, Marcus Engdahla, Susan Linkob, Yi-Hong Zhuc. 2000. Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes. *Forest Ecology and Management* 128 (2000) 109±120. Elsevier.
- Huete, A.R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*. 25:295-309.
- Jensen, J.R. 1996. *Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall. 379 pp.
- Kanellopoulos, I. Wilkinson, G.G. 1997. Strategies and best practice for neural network image classification. *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 18/4, 711-725pp.
- Kimes, D.S., Nelson, R.F, Salas, W.A And Skoles. 1999. Mapping secondary tropical forest and forest age from SPOT HRV data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 20/18, 3625-3640pp.

- Köhl, Michael, Steen Magnussen, Marco Marchetti. 2006. Sampling Methods, Remote Sensing and GIS Multiresource Forest Inventory. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Lillesand, T.M. and R. Kiefer. 1987. Remote Sensing and Image Interpretation. Second Edition. John Willey. New York. 721 pp.
- Murai, H And Omatu, S. 1997. Remote sensing image analysis using a neural network and knowledge-based processing. International Journal of Remote Sensing, Vol.18/4, 811-828pp.
- Muramatsu, K.; Furumi, S.; Fujiwara, N.; Hayasi, A.; Daigo, M.; Ochiai, F. 2000. Pattern decomposition method in the albedo space for Landsat TM and MSS data analysis. International Journal of Remote Sensing, Vol.21/1, 99-119pp.
- Purevdorj, Ts., Tateishi, R., Ishiyamas, T and Honda Y. 1998. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. International Journal of Remote Sensing, Vol.19/18, 3519-3535pp.
- Schowengerdt, R.A. 1997. Remote Sensing: models and methods for image processing. San Diego, California: Academic Press.
- Smits, P.C.S., G. Dellepiane and R.A. Schowengerdt. 1999. Quality assessment of image classification algorithms for land cover mapping: a review and a proposal for a cost-based approach. International journal of Remote Sensing, vol. 20/8, 1461-1486 pp.
- Wirakartakusumah, M.B.S. and N. Abe. 2001. Combining Visual interpretation and Supervised Classification Technique with Optical Satellite Data for Classifying Tropical Forest Cover. Journal of Forest Planning, Vol. 7/1. 39-45 pp.
- Wirakartakusumah, M.B.S. and N. Abe. 2001. The Relationship Between Tropical Forest Stand Variables After a Fire and SPOT XS Satellite Data. Journal of Forest Planning, Vol. 7/2. 49-57pp.
- Wirakartakusumah, M.B.S. 2002. Study On Evaluation Of Lowland Tropical Forest Changes By Using Optical Satellite Data. Dissertation in Doctoral Program in Biosphere Science, Graduate School of Science and Technology, Niigata University.

- Yager, R.R.J., Kacprzyk, J., and Fedrizzi, M. 1994. Advances in the Dempster-Shafer theory of evidence. New York: John Wiley and Sons.
- Zhuang, X., Engel, B.A., Xiong, X., and Johannsen, C.J. 1995. Analysis of classification results of remotely sensed data and evaluation of classification algorithms. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 61, 427-433pp.

QUICK FOREST RESOURCES INVENTORY TECHNIQUES USING REMOTELY SENSED DATA: A MULTISTAGE AND MULTIPHASE APPROACHES

I Nengah Surati Jaya

Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

e-mail: suratijaya@yahoo.com

Abstract

Several projects aiming for a better understanding of the fastest and the most efficient forest inventory techniques had been carried out by many universities, research institutions and non-governmental institutions. Recently, since the advent of the new remote sensing sensors having higher spasial, radiometric and spectral resolution, the use of remote sensing technique either for detecting static and dynamics condition of natural resources had been increase significantly. For forestry sector, the use of medium resolution remote sensing data such as Landsat TM, SPOT 4, SPOT 5, ASTER, IRS are quite common for detecting land cover condition. The use of high resolution data such as IKONOS and Quickbird in forestry sector are still limited since they need particular data handling, topographic correction as well as narrower data coverage. In this paper, the author present the prospect of the use of multiresolution of remotely-sensed data using multistage and multiphase sampling techniques. Some reviews regarding the success and failure of these techniques are also described. This paper noted that the optimum technique for estimating standing stock in speedy and cost-effective manner is by using the combination between low, medium and high spasial resolution data.

Keywords: multistage sampling, multiphase sampling, spasial resolution, remotely sensed data.

I. Pendahuluan

Siapapun tak akan pernah memungkiri terhadap peran hutan yang multi dimensi bagi keseimbangan alam dan kesejahteraan umat manusia. Oleh karena itu hutan yang harus dijaga dan dimanfaatkan sebaik-baiknya sehingga manfaat yang diperoleh menjadi lestari dan meningkat. Hutan menyediakan kebutuhan dasar yang dibutuhkan oleh manusia melalui fungsi-fungsi ekosistemnya seperti mengatur iklim, tata air, sebagai habitat satwa dan tumbuh-tumbuhan. Sebagai fungsi produksinya, hutan

juga menyediakan bahan-bahan kebutuhan pokok seperti kayu, obat-obatan dan makanan (makanan pokok dan buah-buahan), Dalam fungsi sosialnya, hutan menyediakan tempat rekreasi dan wisata spiritual.

Saat ini, hutan telah mendapatkan tekanan yang luar biasa sebagai akibat dari perkembangan jumlah penduduk dan seringkali berakibat pada konversi lahan atau terjadinya degradasi hutan menjadi bentuk-bentuk penggunaan lahan yang dikelola secara tidak lestari. Hutan yang mengalami kerusakan berat dapat berakibat pada hilangnya kemampuan hutannya sebagai pengatur tata air, dan dapat menyebabkan peningkatan terjadinya bahaya banjir dan erosi, penurunan kesuburan tanah serta dapat menyebabkan hilangnya kehidupan tumbuh-tumbuhan dan hewan. Pada akhirnya, persediaan barang-barang dan jasa dari hutan menjadi pada kondisi yang membahayakan.

Sebagai salah satu negara yang luas hutan tropisnya cukup luas, sudah menjadi kewajiban pemerintah Indonesia untuk melakukan monitoring tentang kondisi hutan secara kontinu. Departemen Kehutanan mempunyai mandat melakukan inventarisasi hutan pada skala regional/nasional. Untuk skala manajemen (unit pengelolaan) inventarisasi hutan wajib dilakukan oleh pengelola (pemegang IUPHHK melalui IHMB). Pada tahun 2000, FAO pernah mencanangkan survey hutan global (*global forest survey/GFS*) dalam rangka mengumpulkan dan menganalisis laporan-laporan dan informasi hutan dari setiap negara. FAO mengharapkan setiap negara melakukan inventarisasi hutan secara independen melalui proyek-proyek yang dilakukan oleh negara masing-masing.

Saat ini, salah satu tipe hutan tropis di Indonesia yang mendapatkan ancaman yang cukup serius dari konversi dan degradasi adalah tipe hutan rawa gambut (*peat swamp forest*). Wilayah Asia Tenggara merupakan wilayah yang memiliki luas lahan gambut yang cukup besar yaitu mencapai 25 juta Ha atau sekitar 69% dari lahan gambut tropis dunia. Dari luasan tersebut, sekitar 20 juta hektar atau sekitar 90% ada di wilayah Indonesia terutama di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Di Propinsi Riau saja diperkirakan terdapat 4 juta Ha dengan kedalaman sampai dengan 16 m dan menyimpan sekitar 16,6 milyar ton karbon. Hutan gambut mempunyai peran yang cukup besar sebagai penyimpanan karbon, pengatur tata air

dalam dan di permukaan tanah serta menjadi habitat dari flora dan fauna yang dilindungi seperti harimau, buaya, ikan arwana dan kayu ramin.

Saat ini lahan gambut di Indonesia telah menjadi sorotan dunia. Pada akhir tahun 2007, sebuah lokakarya yang diselenggarakan di Yogyakarta tentang lahan gambut tropis telah menyoroti perubahan besar-besaran lahan gambut. *Greenpeace* bahkan mengeluarkan laporan tentang dampak perubahan iklim yang merusak jika lahan gambut tersebut dialihfungsikan. Jika hutan gambut tersebut rusak, maka akan menyebabkan puluhan bahkan ratusan juta ton karbon akan terlepas ke udara dari gambut yang kering dan teroksidasi. Adanya kemungkinan dampak negatif yang demikian besar, maka pihak-pihak terkait sudah memulai menggalakkan pemanfaatan lahan gambut secara bertanggung jawab dan mencegah terjadinya emisi rumah kaca.

Sejak kebakaran hutan yang cukup besar pada tahun 1997, kebakaran hutan telah merusak ribuan hektar lahan gambut di Sumatera dan Kalimantan (Sunday, 6 July 2008, Hutan Gambut <http://griya-asri.com>,). Dalam periode 10 tahun terakhir, pengrusakan dan konversi lahan gambut sangat signifikan. Pada tahun 1996-1998, sekitar 1 juta ha lahan gambut di Kalimantan Tengah dikonversi menjadi lahan pertanian. Walaupun pada akhirnya proyek tersebut telah dihentikan pada tahun 1998, tetapi perusakan lahan gambut sebagai akibat pembuatan kanal dan penebangan tegakan gambut terus berlanjut. Perubahan ekosistem gambut, telah juga menyebabkan rusaknya ekosistem gambut yang mempunyai sifat tidak dapat pulih (*irreversible*). Gambut yang tidak pulih menyebabkan ekosistemnya menjadi rentan terhadap kebakaran hutan. Sampai dengan saat ini, diperkirakan ada sekitar 5 juta Ha lahan gambut dalam kondisi rusak.

Kebutuhan akan informasi tentang hutan dan kehutanan adalah sesuatu yang sangat urgen dan tidak diperdebatkan. Pada tingkat nasional, kualitas yang baik bagi suatu informasi sangat dibutuhkan bagi pembangunan, implementasi dan pengawasan (monitoring) kebijakan. Tanpa menggunakan data dasar yang relevan sebagai dasar pengambilan keputusan, maka sangat tidak mungkin untuk membuat pilihan-pilihan kebijakan yang benar, serta tidak pula dapat mengevaluasi kebijakan-

kebijakan sebelumnya secara rasional. Pada tingkat internasional, beberapa proses yang terkait dengan siklus karbon, keragaman (*biodiversity*), memerlukan input-input data dengan kualitas yang terkendali serta sistem monitoring. Saat ini informasi seperti itu saat ini tidak tersedia.

Guna mendukung pengelolaan hutan lestari, inventarisasi hutan adalah sebuah keharusan. Untuk tingkat kesatuan pengelolaan (*management unit*), pengaturan kelestarian hasil (*sustained yield regulation*) akan dapat dilakukan dengan baik apabila didukung oleh informasi tegakan berbasis petak. Pengumpulan data berbasis petak ini umumnya dilakukan dengan metode terestris. Di lain pihak, keputusan-keputusan strategis yang pada level skala pulau, nasional maupun regional, penggunaan metode terestris umumnya menjadi tidak efisien. Untuk skala global, inventarisasi sangat dibutuhkan dalam rangka menyediakan informasi untuk tujuan:

1. Pembangunan kapasitas nasional dalam mewujudkan pengelolaan hutan lestari.
2. Pengelolaan pengetahuan kehutanan untuk proses-proses internasional.

Informasi tentang kehutanan yang handal akan dapat digunakan sebagai (a) sumber informasi global dalam rangka memfasilitasi dialog teknis antar Negara, (b) sebagai data dalam menyusun serangkaian skala prioritas pengelolaan hutan dalam pemehuan kebutuhan internasional yang menyangkut istem informasi, pendugaan global dan studi-studi pendahuluan, serta (c) untuk membangun kemitraan antara negara, organisasi internasional, LSM (NGO) dan sektor swasta serta implementasi program-program kehutanan.

Kebutuhan Informasi Kehutanan Tingkat Nasional

Pada tahun 2000, FAO telah melakukan inisiasi inventarisasi hutan skala global menggunakan metode pengukuran secara langsung, yang dikenal dengan "*global field sampling*" Program ini dikaitkan dengan program inventarisasi hutan tingkat nasional di setiap negara. Pada program ini, meskipun pengukuran dilakukan untuk tingkat global,

pengukuran tetap harus dilakukan dengan seksama untuk tingkat unit manajemen yang relevan.

Untuk tingkat nasional, data dan informasi yang dikumpulkan umumnya digunakan dalam rangka mendukung pengembangan kebijakan kehutanan, serta untuk mendukung implementasi pengelolaan hutan baik untuk tingkat lokal maupun tingkat nasional. Beberapa hal khusus yang sangat terkait dengan inventarisasi hutan tingkat nasional.

1. Untuk mendukung rencana kehutanan nasional sebagaimana yang tertuang pada pembangunan kehutanan jangka panjang dengan konsep pengelolaan hutan lestari. Umumnya, informasi dasar yang diperlukan dalam pengelolaan hutan jarang sekali tersedia data dan informasi kehutanan yang handal (akurat, teliti dan tepat waktu).
2. Untuk informasi tegakan skala nasional, Departemen Kehutanan RI saat ini telah memiliki sejumlah data yang diukur melalui plot permanen dan semi permanen (PSP/TSP). Dengan manajemen data dan pengukuran yang akurat, maka data hasil pencatatan melalui pengukuran *permanent sample plot (PSP)* dan *temporary sample plot (TSP)* maka data tersebut dapat diintegrasikan dengan sumber data/informasi lainnya guna menghasilkan informasi yang diperlukan dalam rangka penyusunan kebijakan pengelolaan hutan.
3. Dengan mengintegrasikan data-data dari sampel tersebut maka dapat dilakukan estimasi untuk areal yang lebih luas dengan tetap mempertahankan keunikan data dalam skala lokal tersebut. Resolusi hasil pengamatan yang tinggi seyogyanya tetap dipertahankan sehingga analisis dan skenario yang realistis dapat dilakukan dengan tetap mempertahankan unit-unit geografisnya.

Pentingnya Informasi tentang Hutan Gambut

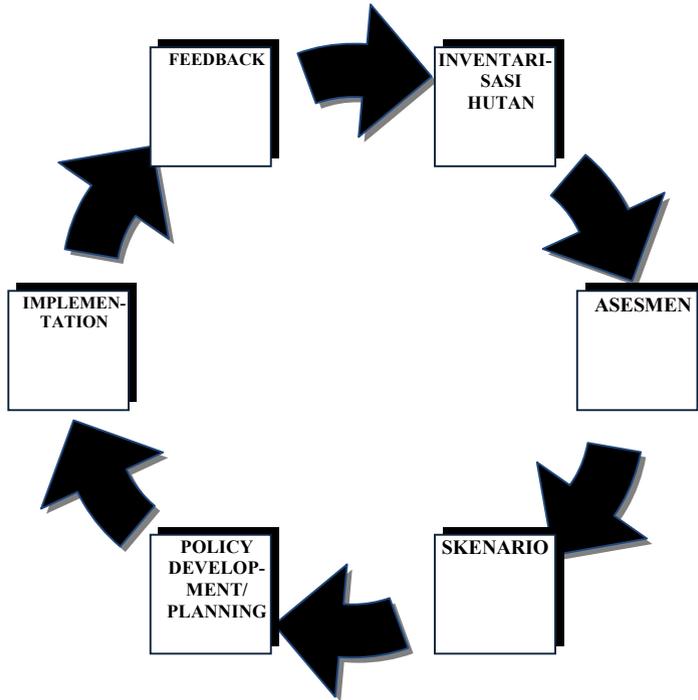
Pada akhir tahun lalu (October 31, Greenpeace Southeast Asia, <http://www.greenpeace.org/seasia/id/news/forests-for-climate-sebuah-sol>, 6 Mei 2009) meluncurkan sebuah prakarsa inisiatif yang disebut dengan "Hutan untuk Iklim (*Forest for Climate*). Prakarsa ini dilakukan agar laju kerusakan hutan dapat ditekan. Sampai saat ini, seberapa luaskah hutan gambut masih tersisa? Seberapa luaskan hutan lahan gambut yang rusak? Sampai sejauh manakah tingkat kerusakannya? Luas hutan gambut yang dinyatakan dalam kondisi rusak pada saat ini ada sekitar 5 juta Ha, seberapa parahkah tingkat kerusakan yang sudah terjadi? Pertanyaan-pertanyaan di atas akan dapat dijawab apabila ada sumber informasi yang dapat dipercaya dan *up-to-date*. Mengumpulkan informasi tentang kondisi hutan bukan perkara yang mudah, karena kehutanan selalu berhadapan dengan (a) cakupan areal yang besar, (b) kondisi topografi areal yang akan disurvei relatif berat atau berawa-rawa, (c) aksesibilitas yang cenderung rendah dan (d) membutuhkan waktu dan biaya yang relatif besar.

Keberadaan data tentang kondisi hutan gambut adalah sebuah kebutuhan dasar bagi kepentingan pelaksanaan (a) penyusunan perencanaan pengelolaan hutan (b) pengelolaan hutan yang mencakup pemanfaatan, pembinaan (rehabilitasi) dan perlindungan hutan, (c) pengawasan/pemantauan. Adanya data tentang kondisi dan distribusi hutan gambut memungkinkan para manajer pengelola kawasan hutan dapat menyusun strategi pengelolaan hutan, sehingga manfaat yang dicapai dapat lestari dan meningkat.

Status Teknologi Penginderaan Jauh dalam Inventarisasi Sumberdaya Hutan

Saat ini teknologi penginderaan jauh telah menjadi bagian yang sangat penting dalam kegiatan pengelolaan hutan. Pada umumnya, inventarisasi hutan dilakukan dengan intensitas pengambilan contoh yang sangat rendah. Untuk membantu pengambil kebijakan pada tingkat nasional, penyusunan skenario dan kebijakan seringkali menggunakan model-model pendugaan skala-makro yang disederhanakan. Untuk kondisi dimana tidak tersedia kelembagaan yang memadai, maka seringkali implementasi kebijakan dan perencanaan tidak dapat berjalan dengan sempurna mengingat data dan informasi yang digunakan kurang memadai.

Pada Gambar 4.1 disajikan kedudukan inventarisasi hutan dalam melakukan assesmen terhadap sumberdaya, penyusunan skenario, penyusunan kebijakan dan perencanaan, pelaksanaan serta masukan (*feedback*) yang diperoleh terhadap implementasi.



Gambar 4.1 Kedudukan inventarisasi hutan

Teknologi informasi telah mengalami perubahan paradigma di hampir semua bidang, termasuk inventarisasi hutan. Saat ini telah tersedianya peranti keras (komputer) dan piranti lunak dengan dukungan sumberdata digital yang murah. Sejak awal dekade 90-an, perkembangan teknologi komputer telah disertai dengan ketersediaan data digital yang handal dan murah. Mungkin sebagian dari kita sudah pernah memanfaatkan teknologi *Google Earth* yang dapat memberikan informasi permukaan bumi dalam sekejap, lengkap dan detail? Pernahkan kita menyadari bahwa telah tersedia data yang demikian lengkap dan detail untuk pengelolaan hutan. Pernahkah kita bertanya bagaimana memanfaatkan ketersediaan data tersebut untuk melakukan inventarisasi hutan secara cepat dan tepat?

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, ada baiknya kita menengok sejenak terhadap ketersediaan satelit sumberdaya alam yang sangat relevan dengan kegiatan inventarisasi hutan.

Saat ini, dengan semakin mudahnya teknologi satelit, baik satelit sumberdaya, GPS maupun satelit telekomunikasi, pekerjaan-pekerjaan inventarisasi hutan di lapangan dapat dilakukan dengan mudah karena sebagian pengukuran dapat dilakukan dengan peralatan digital. Hasil pengukuran selanjutnya dapat disampaikan kepada mesin pengolah data dengan bantuan jaringan internet via satelit. Ketersediaan dan kemampuan alat-alat ukur dan pengolah data bukanlah merupakan suatu hambatan.

Saat ini, teknologi penginderaan jauh telah mengalami kemajuan sangat pesat, yang dicirikan oleh semakin banyaknya satelit sumberdaya alam yang merekam permukaan bumi ini. Di sektor Kehutanan Indonesia, citra satelit yang telah dibuktikan mampu memberikan informasi sumberdaya hutan baik untuk tingkat global maupun tingkat lokal. Beberapa satelit tersebut disajikan pada Tabel 4.1.

Pada pelaksanaan inventarisasi hutan di akhir-akhir dekade ini, banyak perhatian tertuju pada implementasi penginderaan jauh. Meskipun penggunaan potret udara telah dimulai sekitar setengah abad yang lalu, kedatangan penginderaan jauh satelit telah meningkatkan minat untuk melakukan penelitian dan pengembangan aktifitas-aktifitas inventarisasi hutan di berbagai belahan dunia. Meskipun ada tujuan-tujuan promosi, penggunaan citra penginderaan jauh (*remote sensing*) telah memperbaiki teknik-teknik inventarisasi hutan ataupun perencanaan hutan (Holmgren & Thuresson, 1998 *dalam* FAO, 2001). Saat ini penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (GIS) telah memberikan prospek yang luar biasa dalam inventarisasi hutan terestris, utamanya melalui pengujian terhadap sampel lapangan yang secara statistika lebih efisien.

Tabel 4.1. Citra satelit sumberdaya alam

No	Nama satelit dan sensor	Resolusi spasial	Skala peta thematic yang dapat dihasilkan	Keterangan/kegunaan
1	NOAA AVHRR	1000	3,333,333	Pemantauan bomasa vegetasi hijau pada tingkat nasional atau regional (pulau)
2	SPOT VEGETATION	1000	3,333,333	
3	MOS MESSR	100	333,333	Pemantauan tutupan hutan atau kelas hutan pada level propinsi atau kabupaten.
4	LANDSAT MSS	80	266,667	
5	IRS	75	250,000	
6	LANDSAT TM/ETM MS	30	100,000	Saat ini sebagian besar data yang dihasilkan mengandung <i>stripping</i> (banding)
7	LANDSAT ETM + PAN	15	50,000	Pemantauan vegetasi hutan atau kelas-kelas hutan pada skala unit pengelolaan
8	SPOT 2-4 HRV XS	20	66,667	
9	SPOT 2-4 HRV PAN	10	33,333	
10	SPOT 5 HRV XS	10	33,333	
11	SPOT 5 PAN	5	16,667	Identifikasi kelas-kelas tutupan hutan skala detail dan estimasi potensi hutan
12	SPOT 5 SUPERMODE	2.5	8,333	
13	IKONOS MS	4	13,333	
14	IKONOS PAN	1	3,333	
15	QUICKBIRD MS	2.4	8,000	
16	QUICKBIRD PAN	0.6	2,000	
17	Potret udara	6	20,000	
18	ALOS AVNIR	12.5	41,667	
29	ALOS PRISM	5	16,667	

Penggunaan GPS (*the Global Positioning System*) saat ini telah memungkinkan dilakukannya pengukuran lokasi geografis dengan ketelitian yang cukup tinggi, umumnya dengan ketelitian dalam kisaran lebih kecil dari 20 m menggunakan tipe genggam (*hand held*). GPS dapat dengan mudah dikoneksikan dengan PC dan software pencatat rute yang

disurvei di lapangan serta dapat dioverlaykan dengan data penginderaan jauh. Saat ini internet telah menyediakan site berbasis web (www: world wide web) untuk inventarisasi hutan skala besar. Pada tahap survey, internet dapat digunakan untuk melakukan transfer data di seluruh dunia.

Saat ini dilaporkan banyak terjadinya gap informasi tentang hutan dan kehutanan. Sebagaimana yang telah dikemukakan sebelumnya, ditemukannya banyak kesenjangan antara ketersediaan data yang dibutuhkan dalam rangka memperbaiki dan mengimplementasikan kebijakan-kebijakan tingkat internasional. Oleh karena itu, ada suatu kebutuhan yang mendesak dalam mengembangkan teknik inventarisasi hutan pada tingkat nasional. Sebagaimana dilaporkan oleh FAO tahun 2000, informasi tentang kehutanan tingkat nasional hanya sedikit sekali tersedia data dengan keragaman yang lengkap di negara-negara berkembang.

Sekitar 75 persen data hasil inventarisasi memiliki informasi yang sangat terbatas dan kebanyakan merupakan hasil latihan pemetaan yang dilakukan tanpa menggunakan data hasil pengecekan di lapangan. Sisanya sekitar 25 persen mempunyai data yang sudah sangat “*out-of-date*” atau dengan informasi yang sangat subjektif. Seringkali data yang ada tidak bisa dibandingkan (*low comparability between all of the inventories*) karena menggunakan standar klasifikasi yang berbeda-beda.

Pentingnya Informasi Kehutanan

Dalam pengelolaan sumberdaya hutan yang lestari diperlukan adanya pengambilan-pengambilan keputusan yang menggunakan keragaman pengetahuan dan dipertimbangkan dalam jangka panjang. Saat ini, sejak berkembangnya teknologi komputer, citra satelit dan sistem informasi geografis, kebutuhan akan data yang terstruktur dan bereferensi geografis menjadi sebuah kebutuhan dasar. Sejalan dengan perkembangannya, saat ini telah banyak dikembangkan “alat bantu” yang dikenal dengan “sistem informasi kehutanan (*Forestry Information System*).

II. Kerangka Metodologi Inventarisasi Hutan Berbasis Penginderaan Jauh

Dengan data penginderaan jauh, teknik inventarisasi yang sangat relevan digunakan adalah dengan menggunakan sub-sampling. Untuk pendugaan potensi tegakan pada level regional (pulau atau propinsi), metode yang paling cocok digunakan adalah metode pengambilan contoh bertingkat (*multistage sampling*), sedang untuk level unit pengelolaan (*management unit*) umumnya menggunakan teknik pengambilan contoh berganda (*double sampling*). Pemilihan metode tersebut sangat terkait dengan tujuan keakuratan pendugaan yang ingin dicapai serta efisiensi pelaksanaan. Kerangka umum dari metode sub-sampling disajikan pada Gambar 4.2.

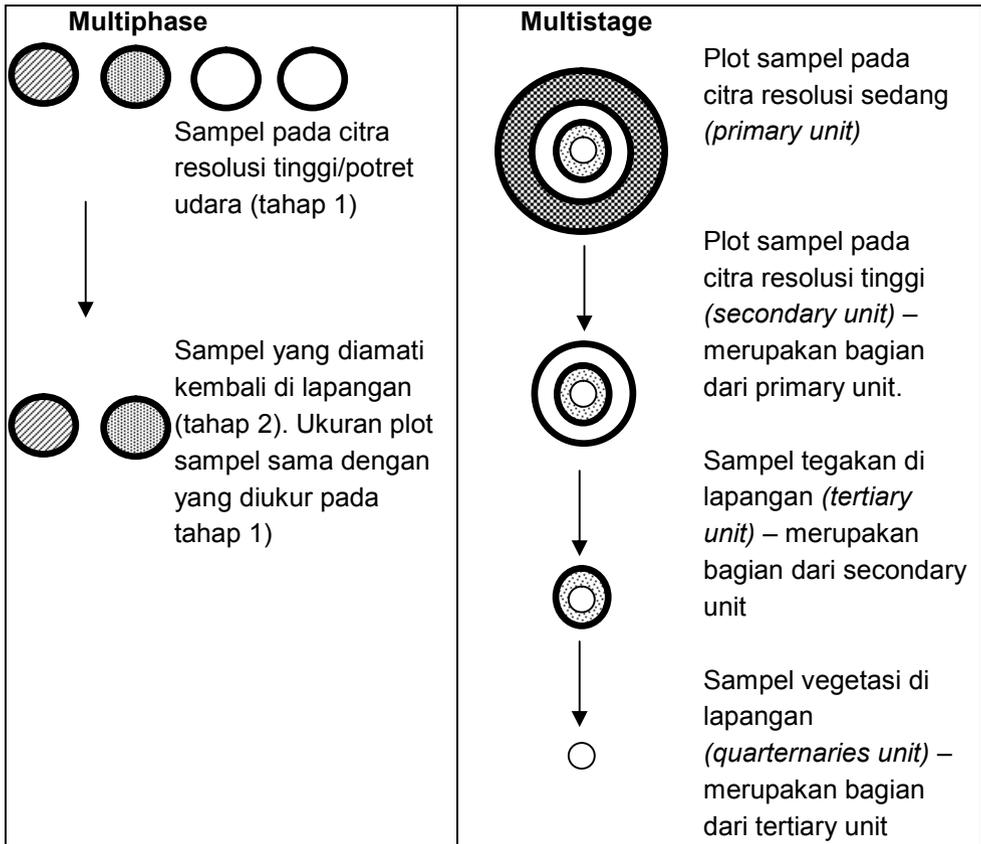
Untuk tujuan pengelolaan hutan pada tingkat unit pengelolaan (*management unit*), inventarisasi hutan pada umumnya dilakukan berbasis unit tegakan (*stand-by-stand based inventory*)¹. Untuk kondisi hutan di Indonesia, unit tegakan ini dapat menggunakan basis petak (suatu kumpulan pohon yang relatif homogen baik dari segi komposisi jenis dan umur). Pada tingkat pengelolaan ini, inventarisasi yang dihasilkan dapat memberikan informasi tentang keragaman dari masing-masing tegakan.

Pengambilan contoh pada citra satelit dan atau potret udara jauh lebih cepat dibandingkan dengan yang dilakukan di lapangan. Oleh karena itu, akan sangat menguntungkan apabila pengamatan di lapangan dilakukan hanya pada sebagian kecil contoh saja dari plot-plot yang diamati pada citra. Metode ini sering disebut dengan **sub-sampling**. Secara umum, sub-sampling yang umum dilakukan di kehutanan adalah menggunakan metode sebagai berikut:

1. *Multiphase sampling - two phase sampling (double sampling)*. Pada metode ini, ukuran plot dipertahankan, Sebagian plot yang telah diamati pada citra atau potret diamati kembali di lapangan.
2. *Multistage sampling*. Pada metode ini, bagian dari plot yang diamati pada citra (unit primer/*primary unit*) diamati kembali di tahap

¹ *Stand: is an easily defined area of the forest that is relatively uniform in species composition or age and can be managed as single unit.*(*Forest Resources Glossary and Definition of Terms: <http://forestry.about.com/library/glossary/blforgsx.htm> December 7, 2008*)

berikutnya. Jadi plot pada tahap berikutnya merupakan bagian dari plot yang diamati pada tahap sebelumnya. Secara skematis, konsep sub-sampling dengan metode multiphase sampling dan multistage sampling disajikan sebagai berikut:



Gambar 4.2. Kerangka kerja multistage dan multiphase sampling

Untuk suatu unit pengelolaan, penggunaan citra satelit resolusi tinggi merupakan suatu alternatif yang prospektif. Metode yang dapat digunakan untuk tingkat manajemen ini adalah menggunakan metode double sampling (pengambilan contoh berganda/rangkap).

Pada kondisi-kondisi tertentu, ketika data dan informasi tentang tegakan hutan dibutuhkan dalam waktu yang cepat misalnya untuk membuat kebijakan tentang pengelolaan hutan di suatu pulau atau pada

saat akan dilakukan lelang (*auction – for sale*) suatu areal konsesi, maka diperlukan informasi tentang potensi hutan yang akurat (*handal*), cepat dan dilakukan dengan biaya yang murah. Untuk kondisi seperti ini maka metode yang cukup *handal* (*reasonable*) dapat dilakukan menggunakan metode multistage sampling. Pihak pembeli tentu saja akan menggunakan data yang dikumpulkannya sendiri, karena akan sangat beresiko jika menggunakan data/informasi yang diberikan oleh penjual. Inti dari penggunaan metode ini adalah untuk memberikan taksiran yang akurat terhadap potensi tegakan untuk suatu areal yang luas, ketika inventarisasi hutan berbasis tegakan tidak dapat dilakukan (misalnya karena kendala waktu dan biaya).

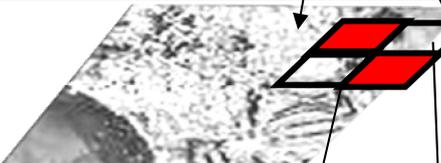
III. Pengambilan Contoh Bertingkat (*Multistage Sampling*)

Pengambilan contoh bertingkat adalah teknik pengambilan contohnya dilakukan secara bertingkat, dimana unit contohnya dibagi ke dalam unit-unit contoh tingkat pertama (*primary unit*), unit contoh tingkat kedua (*secondary unit*), unit contoh tingkat ketiga (*tertiary unit*) dan seterusnya. Unit contoh tingkat kedua dipilih di dalam unit contoh tingkat pertama yang terpilih, demikian pula unit contoh tingkat ketiga dibuat di dalam unit contoh tingkat kedua terpilih. Ukuran unit contohnya dapat sama maupun tidak. Kesalahan sampling dari pengambilan contoh bertingkat ini sangat bergantung kepada heterogenitas dari setiap unit-unit pada setiap tingkat yang terbentuk. Semakin heterogen maka akan semakin besar kesalahan samplingnya. Untuk mengatasi hal ini banyak peneliti mengkombinasikannya dengan cluster sampling sehingga unit-unit dalam setiap tingkat menjadi lebih homogen. Cluster sampling adalah suatu teknik sampling dimana unit contohnya adalah berupa cluster atau sekumpulan elemen cluster.

Pada beberapa studi, penggunaan sampling bertingkat ini dapat menekan kesalahan sampling. Intinya adalah lebih baik melakukan kegiatan pengambilan contoh sedikit tetapi teliti dibandingkan dengan pengambilan contoh banyak tetapi tidak akurat. Untuk luasan yang besar, maka stratifikasi akan lebih rasional menggunakan citra satelit resolusi sedang daripada menggunakan citra satelit resolusi tinggi.

Penelitian Howard (1991) menyebutkan bahwa survei tegakan seluas 4 juta Ha menggunakan multistage sampling hanya menghasilkan kesalahan sampling sebesar 13%. Ketelitian penaksiran mungkin akan dapat ditekan jika telah tersedia tabel volume satelit/udara yang memadai (akurat dan handal). Tanpa melakukan stratifikasi yang diperoleh menggunakan citra satelit maka kesalahan samplingnya dapat mencapai 30%.

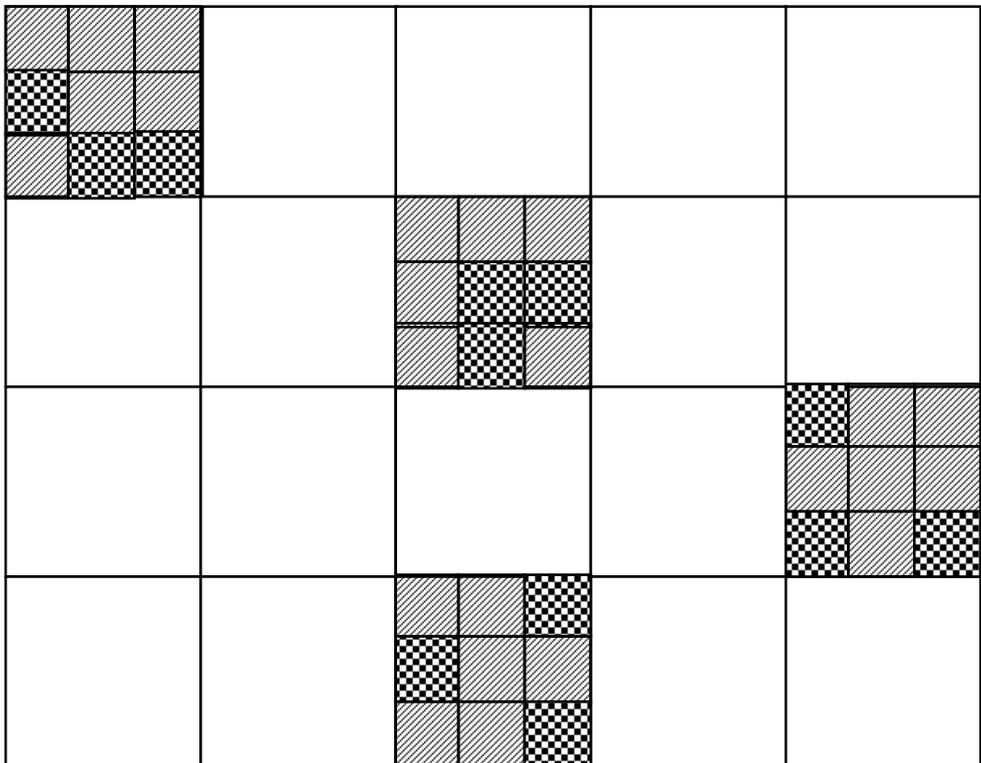
Kerangka kerja *multistage sampling* menggunakan data penginderaan jauh

Tingkat	Kriteria cluster/ unit:	Citra
 <p>1: Primary unit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blok RKT 	kombinasi tipe hutan(mangrove, rawa & lahan kering), hutan primer & hutan sekunder & kerapatan tegakan (rapat, sedang dan jarang)	Citra resolusi sedang: ETM(?), SPOT 3/4/5 XS, ALOS AVNIR
 <p>2: Secondary unit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Petak 	Bisa dengan stratifikasi: <ul style="list-style-type: none"> • Kerapatan tajuk (C), • jumlah pohon (N) dan/ atau • diameter tajuk (D) 	IKONOS QUICKBIRD SPOT 5 SUPERMODE Potret udara CASI
 <p>3: Tertiary unit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plot contoh berukuran tertentu 	Pengamatan potensi tegakan	Lapangan

Two-stage sampling

Two stage sampling adalah suatu metode pengambilan contoh yang dilakukan dua tingkat. Metode two stage sampling juga disebut dengan

metode *two-stage cluster sampling*. *Cluster sampling* merupakan teknik pengambilan contoh yang cukup efisien dimana individu-individu kluster (*cluster*)nya didefinisikan dengan jelas sehingga variabilitas dalam klasternya tinggi sementara variabilitas antar klasternya relatif rendah (konsepnya berbeda dengan stratifikasi). Yang membedakan antara *single-stage sampling* dengan *two-stage sampling* adalah pengukuran unit pada tingkat keduanya. Pada *single-stage sampling*, semua unit-unit contoh pada tingkat keduanya (*secondary unit*) diukur, sedangkan pada *Two-stage sampling*, hanya sebagian saja dari *total secondary unit*-nya diukur (*subset*).



Gambar 4.3. Ilustrasi pengambilan contoh dengan dua tingkat (*two-stage sampling*)

Metode ini merupakan pengembangan dari *single-stage sampling*. Pengacakan dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada unit tingkat pertama (*cluster*) dan pada unit contoh tingkat kedua. Misalnya suatu areal yang

dikover oleh citra satelit SPOT dibagi atas grid berukuran 1 km x 1 km (100 ha) dan diperoleh sejumlah N anggota populasi. Selanjutnya dipilih sejumlah n secara acak. Pada setiap unit contoh yang terpilih pada tingkat kesatu dibagi lagi menjadi plot-plot contoh berukuran 1 Ha, sehingga akan ditemukan sejumlah M pada setiap unit contoh tingkat satu yang terpilih. Dari sejumlah M yang ditemukan pada setiap unit contoh tingkat kesatu dipilih sejumlah m contoh, yang juga dilakukan secara acak. Ukuran unit contoh pada tingkat ke satu dan kedua tidak harus sama.

Nilai dugaan rata-rata dan ragam dari metode ini dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

Nilai rata-rata pada unit contoh tingkat pertama ke-i

$$\bar{y}_{2SRi} = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}$$

Total nilai dugaan untuk setiap unit pengambilan contoh pertama ke-i adalah

$$\hat{T}_{2SRi} = M_i \bar{y}_{2SRi}$$

Nilai rata-rata dari sejumlah n contoh yang dipilih pada tingkat pertama

$$\bar{y}_{2SR} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{T}_{2SRi}}{n}$$

Estimasi total nilai untuk seluruh populasi dihitung dengan rumus berikut:

$$\hat{T}_{2SR} = N \bar{y}_{2SR}$$

Keragaman dari dugaan total adalah sebagai berikut:

$$S_{\hat{T}_{2SR}}^2 = \frac{N^2}{n} S_B^2 + \frac{N}{n} S_w^2$$

$$S_B^2 = \left(\frac{N-n}{N} \right) S_{BT}^2$$

Keragaman dalam unit contoh primer

$$S_{BT}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{T}_{2SR}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \hat{T}_{2SR} \right)^2}{n}}{n-1}$$

Keragaman antar unit contoh primer

$$S_W^2 = \sum_{i=1}^2 \frac{S_{wi}^2}{m_i} M_i^2 \left(\frac{M_i - m_i}{M_i} \right)$$

$$S_{wi}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^{m_i} y_{ij} \right)^2}{m_i}}{m_i - 1}$$

y_{ij} = nilai hasil pengukuran pada satuan contoh sekunder ke-j dan satuan contoh primer ke-i

S_{BT}^2 = keragaman antar unit-unit primer; n = jumlah sampel yang diambil pada tingkat pertama, N = jumlah anggota populasi pada tingkat pertama (*primary unit*), m = jumlah sampel yang diambil pada tingkat kedua, M = jumlah anggota populasi pada tingkat kedua dan m = jumlah sampel yang diambil pada tingkat kedua.

Untuk mendapatkan dugaan yang lebih presisi maka dianjurkan menggunakan penduga rasio, sehingga sering disebut dengan *two-stage sampling ratio estimators for population means and totals*.

$$\bar{y}_{R2SR} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{T}_{2SRi}}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

$$\hat{T}_{R2SR} = M \bar{y}_{R2SR}$$

$$\bar{y}_{R2SR} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{T}_{2SRi}}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

$$S_{yR2SR}^2 = \frac{N^2}{M^2 n} (S_B^2 + S_w^2)$$

Keragaman di dalam contoh primer (tingkat pertama)

$$S_w^2 = \sum_{i=1}^n M_i^2 \left(\frac{M_i - m_i}{M_i} \right) \frac{S_{wi}^2}{m_i}$$

Keragaman antar contoh primer (tingkat pertama)

$$S_{BT}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \bar{y}_{R2SR} \sum_{i=1}^n M_i^2 \bar{y}_{R2SR} + \bar{y}_{R2SR} \sum_{i=1}^n M_i^2}{n - 1}$$

Keragaman dari total dihitung dengan rumus:

$$S_{R2SR}^2 = M^2 S_{yR2SR}^2$$

Three-stage sampling

Dengan tersedianya teknologi satelit, maka penggunaan pengambilan contoh bertingkat ini semakin prospektif. Secara umum, pendugaan potensi dan keragamannya dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$\bar{y} = \frac{\sum_i^n \sum_j^m \sum_z^k y_{ijz}}{n.m.k}$$

$$V(\bar{y}) = \frac{S_b^2}{n} + \frac{S_w^2}{nm} + \frac{S_{ww}^2}{nmk}$$

$$v(\bar{y}) = \frac{1}{n.m.k} \left[\frac{N-n}{N} S_b^2 + \frac{M-m}{m} S_w^2 + \frac{K-k}{k} S_{ww}^2 \right]$$

$$S_b^2 = \frac{m.k \cdot \sum_{i=1}^n (\bar{y}_{ij} - \bar{y})^2}{n-1}$$

$$S_w^2 = \frac{k \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n(m-1)}$$

$$S_{ww}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{z=1}^k (y_{ijz} - \bar{y}_{ij})^2}{n.m(k-1)}$$

dimana:

N = jumlah anggota populasi pada tingkat kesatu (*primary unit*), misalnya jumlah total Blok RKT.

M = jumlah anggota populasi pada tingkat kedua (*secondary unit*), misalnya jumlah petak pada setiap blok RKT.

K = jumlah anggota populasi pada tingkat ketiga (*tertiary unit*), misalnya jumlah plot contoh pada setiap petak.

n = jumlah anggota contoh terpilih pada tingkat satu, misalnya jumlah Blok RKT terpilih.

m = jumlah anggota contoh terpilih pada tingkat kedua, misalnya jumlah petak terpilih.

k = jumlah anggota contoh terpilih pada tingkat ketiga, misalnya jumlah plot terpilih.

Jika tegakan yang diestimasi terdiri atas berbagai macam kondisi (komposisi jenis, kelas umur dan atau lama waktu setelah penebangan (umur lepas terbang), maka jika informasinya tersedia akan lebih bijaksana jika melakukan stratifikasi berdasarkan karakteristik tegakannya yang dapat diklasifikasikan baik menggunakan citra satelit maupun menggunakan data spasial yang tersedia.

$$\bar{y}_{st} = \frac{\sum_h^L M_h N_h \bar{y}_h}{\sum_h^L M_h N_h}$$

$$\bar{y}_h = \frac{\sum_i^{nh} \sum_j^{mh} y_{hij}}{n_h m_h}$$

$$v(\bar{y}_{st}) = \frac{\sum_h^L (M_h N_h)^2}{m_h n_h} S_{bh}^2 \bigg/ \left(\sum_h^L M_h N_h \right)^2$$

$$S_{bh}^2 = \frac{m_h \sum_i^n (\bar{y}_{hi} - \bar{y}_h)^2}{n_h - 1}$$

IV. Pengambilan Contoh Bertahap (*Multi-phase Sampling*)

Untuk tingkat unit pengelolaan, kehadiran citra satelit resolusi tinggi telah membawa ke perspektif baru dalam bidang inventarisasi hutan menjadi lebih mudah untuk dilakukan. Hal penting yang patut diketahui dalam aplikasi *double sampling* ini adalah ketika ketelitian menjadi tujuan utama melalui penambahan jumlah contoh yang diamati pada phase pertama. Penggunaan *double sampling* umumnya lebih luas dibandingkan dengan penggunaan *multi-stage sampling*.

Pada intinya metode *double sampling* ini dilakukan dengan 2 *phase*, *phase* 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. Dalam implementasinya teknik *double sampling* ini akan sangat efisien jika pengukuran parameter tegakan pada fase pertama dilakukan pada citra resolusi tinggi seperti IKONOS, QUICKBIRD, SPOT 5

SUPERMODE dan ALOS AVNIR. Pada prinsipnya sebagian contoh yang telah diamati pada fase ke satu, diamati kembali di lapangan. Dengan kata lain, akan ada sejumlah plot yang berpasangan (berganda), dimana untuk lokasi dan nomor plot yang sama akan mempunyai hasil pengukuran di lapangan (fase kedua) dan hasil pengukuran pada fase ke satu.

Teknik *double sampling* ini akan menjadi lebih mudah dilaksanakan dan lebih praktis apabila telah tersedia model-model pendugaan potensi tegakan (tabel volume satelit resolusi tinggi) menggunakan peubah-peubah tegakan yang mudah diukur di lapangan. Secara garis besarnya, tahapan yang dilakukan pada metode *double sampling* ini adalah sebagai berikut:

- a. Membuat sejumlah n plot pada citra resolusi tinggi (misalnya menggunakan potret udara skala 1: 20.000 atau menggunakan citra satelit resolusi tinggi (IKONOS, Quickbird atau SPOT 5 Supermode).
- b. Melakukan pendugaan dari terhadap hasil pengukuran peubah tegakan menggunakan citra.
- c. Memilih sebanyak m contoh dari n yang telah disediakan, untuk selanjutnya melakukan pengukuran di lapangan ($m < n$).
- d. Mencari persamaan regresi antara peubah/parameter yang diamati di lapangan dengan apa yang ditemukan di lapangan. Model penduga tegakannya selanjutnya dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$Y = \bar{Y}_m + b(\bar{X}_n - \bar{X}_m)$$

- e. Model-model penduga untuk inventarisasi hutan disajikan pada Tabel 4.2.
- f. Mengadakan pendugaan volume tegakan menggunakan model yang telah dibuat. Tahap teakhir adalah melakukan pendugaan menggunakan hasil pengukuran pada citra dan lapangan.

Tabel 4.2. Model-model penduga potensi tegakan

No	Persamaan regresi	Citra yang digunakan	Lokasi	Efisiensi Relatif	Kesalahan sampling	Korelasi var lap vs citra yang baik
----	-------------------	----------------------	--------	-------------------	--------------------	-------------------------------------

1	$V_{bc} = 0.0192 C_s^2 - 0.8331 C_s + 16,963$	SPOT 5 S	Sumatera Barat (Heru S, 2008)	215.57	9.78%	Hanya Clap vs Ccitra
2	$V_{bc} = -11.9 + 0.0118 C_{sp}^2$	SPOT 5 S	Kab Pasaman Sumatera Barat (Setyawan, 2008)	234.79	10.81	Hanya Clap vs Ccitra
3	$V_{bc} = -51.5 + 1.37 C_{sp}$	SPOT 5 S				
4	$V_{bc} = 3.062001 + 0.526548 C_{sp}$	SPOT 5 S & Quikbird	Hutan lahan kering, Tj Redep, Kaltim			Clap vs Ccitra
5	$V_{bc} = 2.264417 + 0.117374 C$	SPOT 5 S & Quikbird	Hutan mangrove, Tj Redep, Kaltim			Clap vs Ccitra

Pada Tabel 4.2 disajikan beberapa contoh tentang model persamaan pendugaan potensi tegakan yang digunakan sebagai alat untuk melakukan kegiatan inventarisasi hutan. Pada penelitian lain juga menyebutkan bahwa teknik *double sampling* ini telah dapat memberikan harapan baru dengan menghasilkan efisiensi yang cukup signifikan (lebih dari 200%). Penelitian kami di laboratorium Fakultas Kehutanan IPB menunjukkan bahwa citra IKONOS dan Quikbird memberikan hasil kajian (konsistensi hasil pengukuran) yang lebih baik jika dibandingkan dengan menggunakan citra satelit SPOT 5 Supermode.

V. Catatan Penutup

1. Kehadiran teknologi satelit telah peluang melakukan estimasi potensi tegakan secara cepat dan murah menggunakan metode pengambilan contoh bertingkat (*multistage sampling*).

2. Dengan melakukan stratifikasi menggunakan data inderaja (*airborne* atau citra satelit), penggunaan *multistage sampling* (citra resolusi rendah, citra resolusi sedang, citra resolusi tinggi dan lapangan - 3 atau 4 tingkat) dapat menghasilkan kesalahan sampling (*sampling error/SE*) yang relatif rendah yaitu sekitar 13%. Jika estimasi dilakukan tanpa stratifikasi maka kesalahan samplingnya dapat mencapai 30%.
3. Penggunaan tabel volume udara atau satelit akan dapat meningkatkan efisiensi estimasi potensi tegakan dengan *double sampling* (*2 phase sampling*) maupun *multistage sampling*.
4. Untuk estimasi potensi secara cepat pada skala unit manajemen, penggunaan *double sampling* menjadi sangat rasional, karena mampu menghasilkan efisiensi relatif yang mencapai 200%.
5. Saat ini, penggunaan metode *multistage* dan atau *multiphase sampling* dengan data penginderaan jauh pada sektor kehutanan menjadi sangat relevan, mengingat Badan Planologi Kehutanan Departemen Kehutanan (Baplan), telah melakukan pengadaan dan pemetaan potensi sumberdaya hutan secara rutin setiap 3 tahun sekali.
6. Ketersediaan model-model penduga potensi tegakan menggunakan data penginderaan jauh resolusi tinggi telah tersedia di hampir semua pulau besar Indonesia, seperti Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi (Pulau Bali dan Maluku dan Papu sedang dikerjakan) di dua tipe hutan (hutan dataran rendah dan hutan mangrove). Keberadaan model-model penduga ini membuka peluang penggunaan teknik menaksir cepat potensi hutan dapat diaplikasikan.

Daftar Pustaka

- Cochran, W.G., 1960. Sampling Techniques. New York. John Wiley and Sons. 330 p.
- Forest Resources Glossary and Definition of Terms: <http://forestry.about.com/library/glossary/blforgsx.htm> December 7, 2008.
- Howard, J.A. Remote sensing of Forest Resources. Theory and Application. London. Chapman and Hall. 420 p.
- Jaya, I N. S. 2006, Laporan Penaksiran Resolusi Tinggi. Kerjasama antara Departemen Kehutanan dengan PT Rasicipta Consultama. Tidak diterbitkan.
- Shiver, B.D and B.E. Borders. 1996. Sampling Tehniques for Forest Resources Inventory. New York. John Wiley and Sons. 356 p.
- Philip, MS., 19 Measuring Trees and Forest. CAB International. Cambridge. University Press.

CONVENTIONAL FOREST INVENTORY TECHNIQUES FOR PEAT SWAMP FOREST; METHOD FOR ESTIMATING SPATIAL DISTRIBUTION AND STANDING STOCK

Iwan Tri Cahyo Wibisono

(Wetlands International Indonesia Programme)

Abstract

The technique of vegetation inventory applied in Peat Swamp Forest (PSF) is relatively same to that used for common typical forest in dry land. However, some improvisation and modification are required as PSF has unique characteristic and locality in term of vegetation distribution, hydrology pattern and substrate. In this inventory, common analysis value such as Relative Density (RD), Relative Frequency (RF), Relative Dominance (RDo), and Important Value Index (IVI) can be taken as basis information to view vegetation condition in the area. Meanwhile for further analysis and deeper understanding, Richness Index of Margalef (R), Index of Shannon-Wiener (H'), Index of evenness (E), Index of Dominance (D) can also be used. Besides vegetation aspect, forest inventory in PSF should also deal with measurement of peat depth and hydrology (ground water level) as those aspect have key role to influence to the vegetation composition and its dynamic. Meanwhile in term of spatial distribution, data generated from field must be integrated into GIS friendly data base that can also be used to do vegetation monitoring etc. Identification of constraints and limited factors should also put into account to smooth whole operation of inventory in PSF.

Keywords: *Peat Swamp Forest, forest inventory, hydrology, peat depth.*

I. Pendahuluan

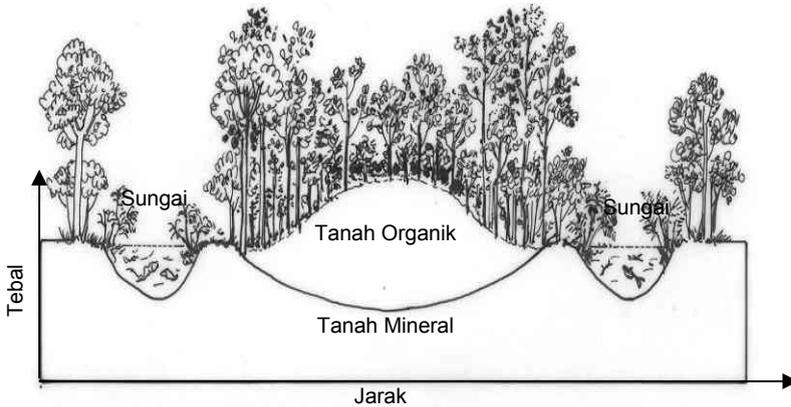
1.1. Ekosistem Hutan Rawa Gambut

Lahan gambut tropis di dunia meliputi areal seluas 40 juta ha dan hampir separuhnya berada di Indonesia, yaitu sekitar 16 – 20 juta ha yang terhampar di dataran rendah pantai (Driessen, 1978; Euroconsult, 1984; Subagjo *et al.*, 1990; Radjagukguk, 1993; Nugroho *et al.*, 1992 dalam Waspodo, 2004; Immirzi & Maltby, 1992). Papua memiliki luasan hutan gambut sekitar 4,6 juta hektar, Kalimantan 4,5 juta hektar, dan Sumatra 7,2 juta hektar. Sedangkan di Jawa, Halmahera, dan Sulawesi, luas totalnya sekitar 300 ribu hektar.

Hutan rawa gambut adalah suatu ekosistem gambut sangat unik, lapisan gambut tersusun dari timbunan bahan organik mati yang terawetkan sejak ribuan tahun lalu, dan di permukaan atasnya hidup berbagai jenis tumbuhan dan satwa liar. Jika bahan organik di bawahnya dan kehidupan di atasnya musnah, maka sulit sekali bagi ekosistem ini untuk dapat pulih kembali.

Ekosistem hutan rawa gambut ditandai dengan adanya kubah gambut di bagian tengah dan mendatar/rata di bagian pinggir serta digenangi air berwarna coklat kehitaman seperti teh atau kopi sehingga sering disebut ekosistem air hitam. Kubah gambut (*peat dome*) diawali oleh pembentukan gambut topogen di lapisan bawah lalu diikuti oleh pembentukan gambut ombrogen di atasnya. Dalam pembentukan gambut ombrogen, vegetasi bergantian tumbuh mulai dari pionir, sekunder, klimaks, mati dan tertimbun disitu, sehingga lama-kelamaan timbunan bahan organik gambut semakin tebal. Situasi ini mengarahkan keadaan lingkungan ekosistem gambut semakin ekstrim asam, miskin hara dan anaerob. Pada kubah gambut, pasokan hara semata-mata hanya datang dari air hujan, tidak ada lagi pasokan hara dari air tanah maupun sungai. Kondisi tersebut menyebabkan semakin sedikitnya jenis tumbuhan yang mampu beradaptasi, dan tumbuh di atasnya.

Pada pinggiran kubah gambut (*peat dome*) dengan lapisan gambut yang masih dangkal terdapat "*mixed forest*" yang tersusun dari pohon-pohon kayu yang besar-besar dan tumbuhan bawah yang lebat.



Gambar 5.1. Formasi hutan rawa gambut dari tepi hingga ke "kubah gambut"

Permukaan gambut semakin naik apabila menuju ke pusat kubah. Di sana terdapat "*deep peat forests*" yang vegetasinya semakin jarang dan keanekaragaman jenisnya menurun seiring dengan semakin ekstrimnya keadaan lingkungan tanah gambut. Di pusat kubah, yang timbunan gambutnya paling tebal, terdapat "*padang forests*" yang tersusun atas pohon-pohon kayu kecil dan jarang, pandan dan semak-semak jarang. Peralihan dari "*mixed forests*" ke "*deep peat forests*", biasanya terdapat pada kedalaman gambut sekitar 3 m (Widjaya-Adhi, 1986a). Di lapangan, kenaikan permukaan ke arah pusat kubah seringkali tidak terasa karena diameter kubah gambut dapat mencapai 3-10 km, sedangkan kenaikan ketinggian permukaan tanah hanya beberapa cm untuk setiap jarak 100 m.

Lahan gambut mempunyai potensi yang cukup baik untuk pengembangan tanaman kehutanan maupun perkebunan. Namun dalam pengembangannya terdapat beberapa kendala seperti ketebalan dan kematangan gambut, bobot isi (BD) sangat rendah, kemasaman tanah, miskin unsur hara makro (K, Ca, Mg, P) dan mikro (Cu, Zn, Mn, dan Bo) serta keracunan asam-asam organik dan/atau pirit yang teroksidasi. Kelebihan air yang umum terjadi (seperti adanya banjir/genangan dalam jangka waktu yang lama pada musim hujan) harus dikendalikan menurut kebutuhan tanaman. Masalah-masalah tersebut, menyebabkan keberhasilan tumbuh tanaman menjadi sangat rendah atau bahkan mengalami kegagalan.

Selain itu, tanah gambut juga memiliki nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang tinggi tetapi Kejenuhan Basa (KB) rendah sehingga menyebabkan pH tanah rendah dan sejumlah pupuk yang diberikan ke dalam tanah relatif sulit terserap oleh akar tanaman. Pada umumnya lahan gambut tropis memiliki pH antara 3-4,5 dimana gambut dangkal mempunyai pH lebih tinggi (pH 4,0–5,1) dari pada gambut dalam (pH 3,1–3,9). Kandungan Al pada tanah gambut umumnya rendah sampai sedang, dan semakin berkurang seiring dengan menurunnya pH tanah. Sebaliknya, kandungan besi (Fe) cukup tinggi. Kandungan N total termasuk tinggi, namun umumnya tidak tersedia bagi tanaman, oleh karena rasio C/N yang tinggi.

Ekosistem gambut memberikan manfaat yang sangat luas bagi kehidupan di muka bumi karena merupakan habitat berbagai flora-fauna dan berperan sebagai pengatur tata air sehingga daerah di sekitarnya dapat terhindar dari intrusi air laut pada saat musim kemarau dan tercegah dari banjir saat musim hujan. Lebih jauh lagi, lahan dan hutan gambut mampu menyimpan dan menyerap gas rumah kaca karbon dalam jumlah besar sehingga secara tidak langsung juga berperan penting dalam mengatur iklim lokal maupun global.

Hutan rawa gambut memiliki keanekaragaman jenis tumbuhan yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan tipe vegetasi hutan dataran rendah lainnya di daerah tropika. Keanekaragaman jenis tumbuhan hutan rawa gambut setara dengan keanekaragaman jenis tumbuhan hutan kerangas dan hutan sub-pegunungan daerah tropika tetapi masih lebih tinggi daripada keanekaragaman jenis hutan pegunungan dan bakau (Simbolon & Mirmanto, 2000). Anderson (1963) mencatat 376 jenis tumbuhan dari hutan rawa gambut di Sarawak dan Brunai sedangkan Simbolon & Mirmanto (2000) mencatat 310 jenis tumbuhan dari berbagai hutan rawa gambut di Kalimantan Tengah. Dari penelitian Mirmanto *et al.*, (2000); Mustaid & Sambas, (1999); Simbolon, (2003); Suzuki *et al.* (2000), hutan rawa gambut alami di berbagai daerah di Kalimantan mempunyai kerapatan 1300 – 3200 individu/ha, dengan jumlah jenis antara 65-141 jenis dan total basal area batang pohon dengan diameter lebih dari 5 cm sebesar 23 – 47 m²/ha.

Di Sumatera, lebih dari 300 jenis tumbuhan dijumpai di hutan rawa gambut namun beberapa jenis tertentu telah jarang dijumpai. Di dalam kawasan Taman Nasional Berbak, Jambi baru tercatat sekitar 160 jenis tumbuhan (Giesen, 1991) akan tetapi jumlah ini diperkirakan masih akan meningkat dengan semakin meningkatnya intensitas eksplorasi jenis tanaman di kawasan ini.

Vegetasi yang tumbuh di hutan rawa gambut sangat unik dan bersifat spesifik, dalam artian tidak dapat dijumpai di tipe hutan daratan lainnya. Sebagai ilustrasi: meskipun sama-sama Jelutung, namun jenis yang tumbuh di Hutan Rawa Gambut adalah jelutung rawa *Dyera lowii* (bukan jelutung biasa yang tumbuh di daratan *Dyera costulata*). Beberapa jenis pohon yang umum dijumpai di hutan rawa gambut antara lain jelutung rawa *Dyera lowii*, ramin *Gonystylus bancanus*, kempas atau bengeris *Kompassia malaccensis*, punak *Tetramerista glabra*, perepat *Combretocarpus rotundatus*, perupuk *Laphopatalum spp.*, pulai rawa *Alstonia pneumatophora*, putat sungai *Barringtonia racemosa*, terentang *Campnosperma macrophylla*, nyatoh *Palaquium rostratum*, bintangur *Calophyllum sclerophyllum*, belangeran *Shorea balangeran*, meranti paya *Shorea pauciflora* dan rengas manuk *Melanorrhoea walichii*. Selain pohon, hutan rawa gambut juga memiliki beraneka ragam jenis palem seperti: kelubi atau salak hutan *Salacca converta*, palem merah *Cyrtoctachys lakka*, palas *Licuala paludosa*, liran *Pholidocarpus sumatranus*, serdang *Livinstonia*, nibung *Oncosperma tiggilarium*, rotan *Calamus spp.*, *Khortalsia spp.*, dan serai hutan *Caryota mitis* (Wibisono, 2004).

Hutan rawa gambut juga merupakan habitat bagi berbagai tumbuhan merambat seperti: tali air *Poikilospermum suavolens*, kantung semar *Nepentes mirabilis*, owar *Flagellaria indica*, gambir hutan *Uncaria schlerophylla*. Berbagai jenis anggrek seperti anggrek vanda *Vanda hokeeriana*, *Geodorum speciosum*, dan anggrek boki/anggrek tebu *Grammatophyllum speciosum* dapat dijumpai di hutan rawa gambut (Wibisono, 2004).

Selain tumbuhan terestrial, hutan rawa gambut juga memberi dukungan untuk tumbuhnya tumbuhan air. Jenis-jenis tumbuhan air seperti teratai *Nyamphaea spp.* dan kantung air kuning *Utricularia aurea* dapat

dijumpai di genangan air di hutan rawa gambut. Sementara itu, rasau *Pandanus helicopus*; *Pandanus atrocarpus* dan bakung *Hanguana malayana* sering terlihat dan mendominasi daerah di sepanjang sungai (Wibisono, 2004).

1.2. Inventarisasi hutan; suatu pengantar

Undang-undang No 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan merupakan dasar kebijakan utama di dalam penyelenggaraan kegiatan inventarisasi hutan. Pada bagian kedua, kebijakan ini mengatur kegiatan inventarisasi hutan secara khusus. Dalam pasal 13, disebutkan bahwa inventarisasi hutan dilaksanakan untuk mengetahui dan memperoleh data dan informasi tentang sumber daya, potensi kekayaan alam hutan, serta lingkungannya secara lengkap. Kegiatan ini dilakukan dengan survei mengenai status dan keadaan fisik hutan, flora dan fauna, sumber daya manusia, serta kondisi sosial masyarakat di dalam dan di sekitar hutan. Hasil dari kegiatan ini antara lain dipergunakan sebagai dasar pengukuhan kawasan hutan, penyusunan neraca sumber daya hutan, penyusunan rencana kehutanan, dan sistem informasi kehutanan.

Untuk menunjang efektivitas kegiatan inventarisasi hutan, pemerintah mengeluarkan Peraturan Pemerintah No. 44 Tahun 2004 yang mengatur tentang perencanaan kehutanan. Dalam PP ini, perencanaan hutan meliputi kegiatan: inventarisasi hutan, pengukuhan kawasan hutan, penatagunaan kawasan hutan, pembentukan wilayah pengelolaan hutan, dan penyusunan rencana kehutanan. Sementara untuk inventarisasi hutan, kegiatan terdiri dari inventarisasi hutan tingkat nasional, inventarisasi hutan tingkat wilayah, inventarisasi hutan tingkat DAS dan inventarisasi hutan tingkat unit pengelolaan.

Di lapangan, inventarisasi dilakukan oleh beberapa pihak baik pemerintah, pemegang IUPHHK, lembaga pendidikan atau pihak-pihak lain. Salah satu program pemerintah yang sangat signifikan dalam menunjang kegiatan inventarisasi hutan adalah Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala atau IHMB. Kegiatan ini bahkan dikukuhkan secara khusus melalui Peraturan Menhut No. 34/Menhut-II/2007 tentang IHMB pada Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Produksi.

Peraturan ini mengikat para pemegang IUPHHK untuk melakukan kegiatan inventarisasi tegakan di wilayah kerjanya secara berkala dan dikoordinasikan dengan departemen kehutanan melalui instansi terkait di daerah. Secara umum, titik berat dari kegiatan inventarisasi hutan ini lebih menyangkut potensi tegakan. Sementara bagi pihak lainnya, kegiatan inventarisasi biasanya disesuaikan dengan tujuan kegiatan. Bagi lembaga penelitian dan NGO, kegiatan inventarisasi seringkali diarahkan untuk juga mencakup aspek biodiversitas misalnya tingkat keanekaragaman vegetasi, kerapatan anakan, dan lain-lain.

II. Pertimbangan Khusus dan Faktor Pembatas

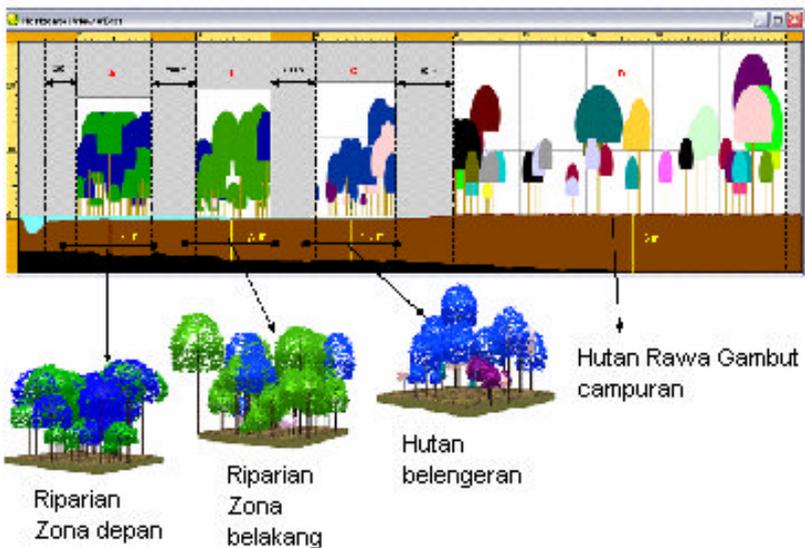
2.1. Pertimbangan khusus dalam inventarisasi di hutan rawa gambut

Pola penyebaran vegetasi dan konsekuensi terhadap desain dan keterwakilannya. Sebagaimana disebutkan di awal bahwa Hutan Rawa Gambut pada umumnya berada pada suatu cekungan di antara dua sungai yang kemudian membentuk suatu kesatuan berupa hutan yang sangat dipengaruhi oleh kondisi substrat dan hydrology. Aspek hidrologi (baik dari sungai yang ada disekitarnya maupun kondisi hidrologi yang ada di dalam lahan gambut itu sendiri) memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap pembentukan komposisi dan dinamika vegetasi yang ada di atasnya.

Berdasarkan study WIIP, Hutan Rawa Gambut di Mentangai (Kalteng) terdiri dari beberapa tipe hutan yang masing-masing memiliki pola diversitas dan distribusi yang berbeda satu sama lain. Pada umumnya tipe hutan yang ada disepanjang sungai (100-200 meter) merupakan hutan tepi sungai (*riparian*) yang ditandai dengan kehadiran beraneka jenis jambu-jambu *Syzygium spp* dan *Barringtonia racemosa* di barisan depan dan diikuti oleh Perupuk *Lapopethalum spp* di zona belakang. Hasil survey yang dilakukan juga mengkonfirmasi bahwa kerapatan jenis di hutan riparian sangat tinggi dengan tingkat dominansi spesies yang tinggi, terutama untuk jenis jambu-jambu. Di sekitar sungai, substrat pada umumnya masih tanah mineral atau gambut dangkal. Mengikuti hutan riparian, biasanya terdapat hutan rawa gabut campuran (*mixed* Peat Swamp Forest) yang terdiri dari berbagai jenis pohon antara lain Ramin *Gonystylus bancanus*, Meranti

paya *Shorea pauciflora* (dan beberapa jenis meranti paya lainnya), bintangur *Callophyllum ferugineum*, Terentang *Camposperma spp.*, Medang *Litsea spp.*, Parak *Aglaia spp.* dan beberapa jenis lainnya. Di lokasi yang lain, juga dijumpai suatu tipe hutan yang didominasi oleh jenis tertentu yaitu Belangeran *Shorea belangeran* dan Tumih *Combretocarpus rotundatus*. Sementara pada gambut yang dangkal, seringkali penutupan lahan dikuasai oleh gelam *Melaleuca cajuput*.

Tipe hutan, pola penyebaran dan kondisi vegetasi yang unik ini harus diperhatikan dalam kegiatan inventarisasi. Hal kunci yang perlu ditekankan adalah masing-masing tipe hutan di suatu hutan rawa gambut harus diketahui dan terwakili dengan proporsi yang berimbang dan ideal sesuai dengan prinsip-prinsip dasar penarikan contoh. Dengan demikian, maka setiap tipe hutan yang ada dalam hutan rawa gambut harus terwakili melalui plot-plot observasi dan analisis vegetasi.



Gambar 5.2. Profil vegetasi di Hutan Rawa Gambut berdasarkan survey lapangan EMRP (Kec. Mentangai) - Kalteng (powered by SLIM-ICRAF). Sumber: Wibisono ITC, 2004.

– Sifat spesifik hidrologi dan substrat

Berbeda dengan jenis hutan yang lain, hutan rawa gambut memiliki kaitan yang sangat erat dengan kondisi tanah (*substrat*) dan perilaku air (*hydrology*). Komposisi dan penyebaran jenis vegetasi yang tumbuh di atasnya sangat terkait dengan kedua faktor ini. Terkait dengan inventarisasi tegakan di Hutan Rawa Gambut, maka kedua aspek ini juga perlu mendapatkan perhatian. Terlebih apabila tujuan kegiatan diarahkan untuk mengetahui distribusi dan potensi beberapa jenis pohon (misalnya: Ramin *Gonystylus bancanus*, Jelutung *Dyera lowii* dan lain-lain). Hal ini mengingatkan bahwa setiap jenis memiliki rentang ideal untuk dapat tumbuh dengan baik. Sebagai contoh: keberadaan ramin seringkali dijumpai pada kedalaman gambut 2-7 meter.

Mengingat arti pentingnya aspek tersebut di atas, inventarisasi yang dilakukan di hutan rawa gambut sebaiknya juga mengambil data-data yang terkait dengan substrat dan hidrologi. Diantara beberapa data yang bisa diperoleh di lapangan, ketebalan gambut dan muka air tanah (Ground Water Level-GWL) merupakan yang terpenting.

– Tingkat kerusakan hutan

Salah satu informasi lain yang penting untuk diketahui dalam menjalankan kegiatan inventarisasi adalah tingkat kerusakan hutan (tingkat degradasi hutan). Penggunaan citra satelit sangat efektif dalam mengetahui kondisi kerusakan hutan. Hal ini karena tingkat kerusakan hutan dapat diketahui dengan kondisi tutupan tegakan. Apabila tutupan tegakan masih rapat dengan warna hijau tua, maka kemungkinan besar lokasi tersebut adalah hutan yang masih belum terganggu atau Hutan Primer. Namun bila tajuk telah terbuka, maka warna hijau yang terekam dalam citra satelit cenderung lebih muda (hijau muda). Kondisi ini mengacu pada hutan sekunder atau hutan yang telah terganggu. Biasanya hutan sekunder ini bisa dikalsifikasikan lagi menjadi hutan rusak sedang, hutan rusak sedang dan hutan rusak ringan.

Informasi mengenai tingkat kerusakan hutan sebaiknya dijadikan dasar utama dalam penentuan titik-titik atau plot-plot pengamatan dalam suatu kegiatan inventarisasi. Harus dipastikan bahwa setiap kondisi kerusakan yang ada di hutan rawa gambut terwakili melalui plot-plot pengamatan di lapangan.

Catatan:

Untuk memaksimalkan hasil inventarisasi, proses *overlay* antara tipe hutan dan kondisi kerusakan dapat dilakukan. Dengan demikian, titik-titik pengamatan yang akan dilakukan di lapangan benar-benar mewakili tipe hutan yang ada berikut dengan tingkat degradasinya.

– Tujuan kegiatan

Di dalam kegiatan inventarisasi, tujuan kegiatan harus disepakati dari awal. Untuk tujuan produksi, maka data-data yang sebaiknya diprioritaskan adalah volume kayu. Dengan demikian maka fokus kegiatan hanya pada tumbuhan berkayu dengan diameter tertentu, sesuai dengan kesepakatan. Sementara bila tujuan inventarisasi adalah untuk kepentingan keanekaragaman, maka inventarisasi sebaiknya diarahkan pada data-data yang terkait dengan vegetasi secara umum, baik yang berkayu maupun tidak.

2.2. Kendala dan Faktor pembatas

– Peta tipe hutan masih belum tersedia

Hingga saat ini, informasi mengenai tipe hutan di dalam Hutan Rawa Gambut sangatlah terbatas. Banyak sekali informasi yang menyebutkan terdapat beberapa tipe hutan di dalam suatu hutan rawa gambut, namun tidak diketahui batas antar tipe hutan dan penyebarannya. Dengan demikian, maka luasan masing-masing tipe hutan tersebut tidak bisa diketahui. Kondisi ini menjadi kendala utama di dalam merancang kegiatan inventarisasi hutan. Tanpa adanya informasi mengenai tipe hutan, maka akan sulit bagi kita untuk menentukan titik-titik pengamatan.

– Akses rendah

Pada umumnya, hutan rawa gambut berada di areal yang terpencil yang jauh dari aktivitas manusia. Berbeda dengan hutan daratan yang mudah dijangkau melalui jalur darat (menggunakan kendaraan), maka hutan rawa gambut pada umumnya hanya dapat dijangkau melalui jalur air yaitu sungai, anak sungai dan alur-alur kecil. Tingkat akses di hutan rawa gambut sangat dipengaruhi oleh musim. Pada musim penghujan, maka air sungai naik sehingga mudah bagi surveyor untuk melaluinya. Namun pada musim kemarau, banyak dijumpai dimana air menjadi dangkal atau bahkan surut sama sekali. Kondisi seperti ini sangat menyulitkan bagi para surveyor untuk melakukan kegiatannya di lapangan.

– Biaya tinggi

Tidak seperti di hutan daratan, kegiatan inventarisasi di lahan gambut memerlukan biaya yang cukup tinggi. Hal ini mengingat kondisi akses yang sangat rendah yang seringkali hanya bisa dijangkau melalui air. Tidak terhindarkan bahwa surveyor harus mengalokasikan dana khusus untuk menyewa perahu dan membeli BBM yang cukup selama kegiatan di lapangan berlangsung. Informasi ini sangat penting untuk diketahui terutama dalam penyusunan anggaran kegiatan.

III. Teknik Inventarisasi di Hutan Rawa Gambut

Teknik inventarisasi di HRG secara umum tidak berbeda dengan yang diterapkan di tipe hutan lainnya. Namun demikian kondisi vegetasi di hutan rawa gambut yang sangat unik mengharuskan pelaksana lapangan membuat beberapa penyesuaian agar kegiatan di lapangan dapat terselenggara dengan baik dan berjalan lebih efektif. Salah satu yang perlu mendapatkan perhatian serius adalah kepastian bahwa seluruh kondisi hutan rawa gambut terwakili dalam plot-plot analisis vegetasi. Berbeda dengan jenis hutan lainnya, hutan rawa gambut memiliki pola penyebaran vegetasi yang sangat khas, pada umumnya dimulai dari hutan riparian, *mix PSF* (Hutan Rawa Gambut Campuran), padang belangeran (*Shorea*

belangeran), padang tumih (*Combretocarpus rotundatus*) dan lain-lain. Di bawah ini adalah beberapa uraian yang terkait dengan pelaksanaan kegiatan inventarisasi di hutan rawa gambut.

3.1. Tahapan umum dalam kegiatan inventarisasi

Inventarisasi merupakan rangkaian dari beberapa kegiatan yang pada dimaksudkan untuk memperoleh data lapangan. Pada umumnya terdapat beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Persiapan survey yang meliputi:
 - a. Pengumpulan data, informasi, peta dan lain-lain yang terkait dengan lokasi yang akan diinventarisasi.
 - b. *Desk study* untuk memperoleh informasi awal mengenai kondisi umum mengenai wilayah yang akan disurvei. Hasil akhir yang ingin diperoleh dalam kegiatan ini adalah gambaran umum sebelum melakukan survey di lapangan. Gambaran awal ini juga bisa digunakan sebagai dasar untuk penentuan titik-titik pengamatan di lapangan. Dan gambaran awal inilah yang akan divalidasi dengan kondisi di lapangan pada saat survey lapangan dilakukan.
 - c. Persiapan alat, bahan dan material yang akan dipergunakan selama survey lapangan.
 - d. Penentuan metoda survey yang sesuai dengan kondisi lapangan dan tujuan survey.
 - e. Persiapan daftar isian (*tally sheet*) untuk keperluan survey lapangan.
 - f. Membuat peta kerja (berikut dengan titik-titik pegamatan) untuk memudahkan kegiatan survey di lapangan.
2. Survey lapangan dalam rangka pengumpulan data (vegetasi dan spasial), termasuk melakukan analisis vegetasi. Kegiatan umum yang dilakukan dalam survey adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan posisi atau koordinat lokasi jalur survey dan titik pengamatan.
 - b. Melakukan validasi terhadap kondisi riil di lapangan.
 - c. Mencatat tipe tutupan lahan (*land cover*), komposisi jenis tumbuhan, mengidentifikasi jenis tumbuhan.
 - d. Melakukan pengukuran beberapa parameter penting yang dibutuhkan untuk analisis vegetasi (misalnya penghitungan jumlah/kelimpahan vegetasi, identifikasi jenis, pengukuran diameter dan tinggi dan lain-lain).
 - e. Pengambilan dokumentasi sesuai dengan keperluan.
Seluruh data lapangan tersebut dimasukkan dalam *talley sheet* yang telah disiapkan sebelumnya.
3. *Entry data* yang dimaksudkan untuk mengumpulkan dan mengintegrasikan data-data yang diperoleh selama survey, termasuk didalamnya dokumentasi kegiatan.
 4. Analisis data spatial dan non spatial baik secara kuantitatif maupun kualitatifnya meliputi profil vegetasi secara umum, potensi tegakan, keanekaragaman vegetasi dan hal-hal lain yang menyangkut tentang dinamika vegetasi (dijelaskan dalam sub-bab berikutnya).

3.2. Analisis vegetasi

Penilaian kondisi vegetasi di lokasi survey dilakukan melalui pengamatan kualitatif dan kuantitatif. Pengamatan kuantitatif dilakukan dengan cara menggali data secara langsung di lapangan melalui penghitungan populasi, identifikasi jenis, pengukuran diameter dan lain-lain. Hasil akhir dari pengamatan kuantitatif ini berupa data dan angka. Salah satu metode yang dipakai terutama untuk mengetahui kondisi vegetasi dan potensi hutan adalah melalui suatu analisis vegetasi. Dalam analisis vegetasi ini akan diperoleh beberapa nilai yang dapat menggambarkan beberapa parameter antara lain Kerapatan Relatif, Frekuensi Relatif, Densitas Relatif, dan Indeks Nilai Penting. Berikut ini adalah rumus-rumus yang umum dipakai dalam menghitung nilai nilai tersebut.

Kerapatan	=	$\frac{\text{Jumlah individu}}{\text{Luas petak contoh}}$
Kerapatan relatif suatu spesies (KR)	=	$\frac{\text{Jumlah individu suatu spesies}}{\text{Jumlah individu seluruh spesies}} \times 100\%$
Frekuensi (F)	=	$\frac{\text{Jumlah plot ditemukan suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot}}$
Frekuensi relatif (FR)	=	$\frac{F \text{ suatu spesies}}{F \text{ seluruh spesies}} \times 100\%$
Dominansi (D)	=	$\frac{\text{Luas bidang dasar suatu spesies}}{\text{Luas petak contoh}}$
Dominansi relatif (DR)	=	$\frac{D \text{ suatu spesies}}{D \text{ seluruh spesies}} \times 100\%$
Indeks Nilai Penting (INP)	=	KR + FR + DR

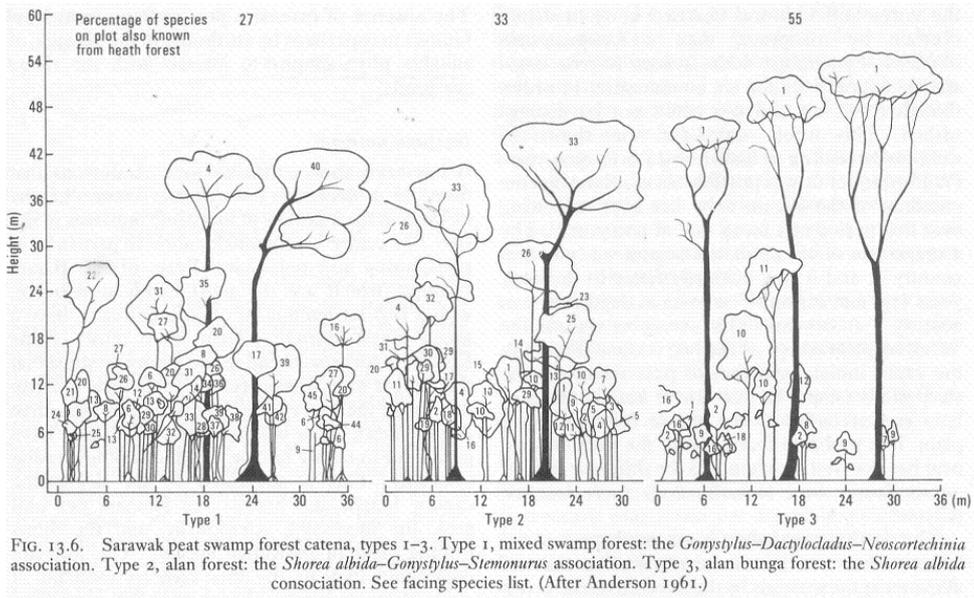
Selain nilai-nilai tersebut, terdapat beberapa nilai tambahan yang juga umum dipakai dalam rangka memperdalam analisis kajian vegetasi antara lain sebagai berikut *Richness Index of Margalef (R)*, *Index of Shannon-Wiener (H')*, *Index of evenness (E)*, *Index of Dominance (D)*.

Beberapa daftar pustaka yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam proses analisis vegetasi antara lain:

- “Forest Inventory: Methodology and Applications (Managing Forest Ecosystems)” oleh Annika Kangas, Matti Maltamo (Editors).
- “Experimental Design and Data for Biologist” oleh Gerry P. Quinn Michael J. Keough.
- “Forest Diversity and Management (Topics in Biodiversity and Conservation)” oleh David L. Hawksworth, Alan T. Bull.
- “Sampling Techniques for Forest Inventories (Applied Environmental Statistics)” oleh Daniel Mandallaz.
- “Sampling Methods, Remote Sensing and GIS Multiresource Forest Inventory (Tropical Forestry)” oleh Michael Köhl.
- “Wetland Indicator: A Guide to Wetlands Identification, Delineation, Classification, and Mapping” oleh Ralph W. Tiner.
- Dan lain-lain.

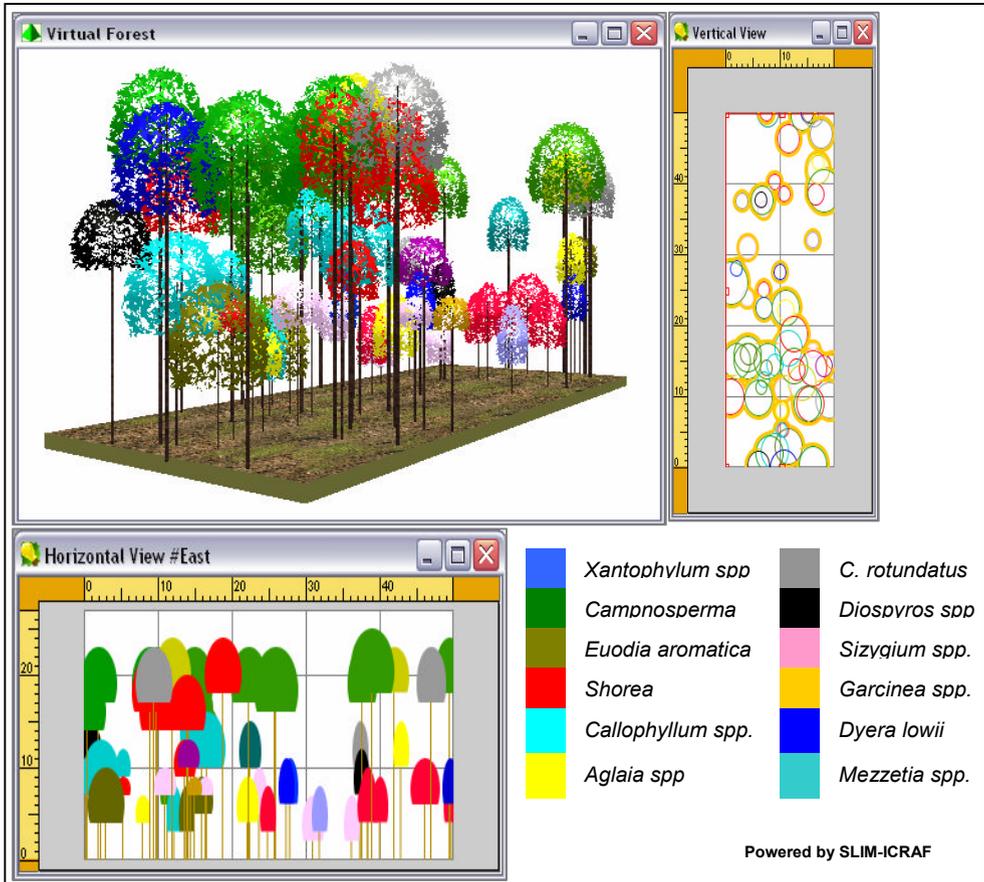
3.3. Visualisasi komposisi vegetasi

Data-data yang diperoleh di lapangan dapat dimanfaatkan untuk memvisualisasikan kondisi dan komposisi vegetasi. Melalui visualisasi ini maka kondisi dan profil vegetasi suatu hutan dapat ditampilkan dengan jelas. Sudah sejak dulu, tampilan ini biasanya divisualisasikan dalam suatu penampang melintang (*cross section*) yang memungkinkan pembaca mengetahui komposisi tegakan, stratifikasi tajuk dan lain-lain. Biasanya, dalam pembuatan penampang melintang ini dilakukan secara manual dengan gambar berdasarkan data-data yang diperoleh selama survey di lapangan.



Gambar 5.3. Penampang melintang yang dibuat secara konvensional

Seiring dengan perkembangan jalan, telah banyak program (*software*) yang di desain untuk menampilkan komposisi hutan secara lebih menarik dan lengkap. Salah satu diantaranya adalah yang program SLIM yang dikembangkan oleh ICRAF. Melalui program ini, maka suatu tegakan dapat dilihat dari tiga sudut sekaligus yaitu dari arah horisontal, vertikal dan 3D. Meskipun demikian, proses visualisasi 3D ini bisa dilakukan apabila data tentang koordinat pohon dalam plot dicatat.



Gambar 5.4. Visualisasi 3 D yang dihasilkan dari program SLIM-ICRAF

3.4. Analisis spasial

Sejak dasawarsa terakhir, perkembangan teknologi telah memberikan kontribusi terhadap dunia kehutanan, termasuk didalamnya kegiatan inventarisasi. Apabila dulu kegiatan inventarisasi dibantu dengan menggunakan potret udara, maka sekarang telah tergantikan oleh citra satelit dengan tingkat resolusi yang bervariasi. Dalam hal ini, proses analisis data telah memungkinkan dilakukan secara spasial sehingga proses kegiatan berjalan lebih efektif dan cepat. Di bawah ini adalah tahapan umum dalam analisis spasial dalam kegiatan inventarisasi:

– *Pre-Processing*

Ini merupakan langkah awal sebelum proses klasifikasi dilakukan. Kegiatan ini meliputi koreksi geometri, koreksi radiometri serta penajaman citra.

– Pemotongan data (*cropping*)

Cropping dilakukan untuk mendapatkan data sesuai dengan wilayah kajian. Untuk memperoleh wilayah kajian, citra satelit di-*crop* (dipotong) dengan menggunakan vektor wilayah kajian.

– Proses Klasifikasi

Klasifikasi citra merupakan proses untuk mengelompokkan seluruh pixel pada suatu citra ke dalam sejumlah kelas, sehingga tiap kelas merepresentasikan suatu entitas dengan properti yang spesifik. Klasifikasi citra bertujuan untuk menghasilkan peta tematik, dimana tiap warna mewakili sebuah objek. Proses klasifikasi dilakukan dengan menggunakan beberapa pendekatan diantaranya:

1. *Visual Interpretation*: Klasifikasi dilakukan secara manual dengan menginterpretasikan kenampakan pada data citra. Umumnya pendekatan ini dilakukan jika areal yang akan diklasifikasikan sudah dikenal dengan baik.
2. *Supervised classification*: Proses klasifikasi terbimbing dilakukan dengan prosedur pengenalan pola spektral dengan memilih kelompok atau kelas-kelas informasi yang diinginkan dan selanjutnya memilih contoh-contoh kelas (*training area*) yang mewakili setiap kelompok, kemudian dilakukan perhitungan statistik terhadap contoh-contoh kelas yang digunakan sebagai dasar klasifikasi. Klasifikasi terbimbing dilakukan apabila pengolah citra sudah mengetahui/ familiar dengan lokasi atau spesifik obyek dalam suatu citra, sehingga adanya pakar diperlukan dalam pemilihan kelas dalam pembuatan *training area*.
3. *Unsupervised Classification*: Klasifikasi tak terbimbing pada intinya adalah kebalikan dari dari klasifikasi terbimbing. Pada klasifikasi tak terbimbing, pengklasifikasian dimulai dengan pemeriksaan seluruh

pixel dan membagi kedalam kelas-kelas berdasarkan pada pengelompokan nilai-nilai citra seperti apa adanya (*cluster*) atau pengklasifikasian alami (*natural grouping*). Hasil dari pengklasifikasian ini disebut kelas-kelas spektral. Kelas-kelas spektral tersebut kemudian dianalisis, dibandingkan dengan kelas-kelas data referensi untuk menentukan identitas dan nilai informasi kelas spektral tersebut.

Analisis spasial dalam kegiatan penilaian tutupan lahan di wilayah kajian ini menggunakan dua pendekatan yaitu *supervised classification* dan *visual interpretation*. Langkah awal dalam melakukan *supervised classification* adalah membuat training area. Training area merupakan wilayah-wilayah di dalam citra yang sudah diketahui jenis klasifikasinya. Training area ini yang akan menjadi dasar dalam proses klasifikasi selanjutnya. Penentuan training area didasarkan atas hasil dari survey lapangan.

– Validasi

Validasi dapat dilakukan dengan analisis oleh ahli (*expert*) melalui metode *expert judgment*. Data hasil klasifikasi di-*overlay*-kan dengan data citra dan titik survey di lapangan. Analisis melalui “expert judgment” dilakukan untuk memvalidasi hasil klasifikasi pertama untuk memperoleh hasil klasifikasi yang sesuai dengan data survey lapangan.

– Vektorisasi

Hasil klasifikasi merupakan data raster dengan 4 kelompok warna berdasarkan jenis classnya. Data raster tersebut di konversi menjadi vektor untuk diolah dengan software GIS. Salah satu software GIS yang umum digunakan adalah arcView GIS. Analisis ini berupa perhitungan area dilakukan untuk memperoleh luasan masing-masing “*class*”.

IV. Rekomendasi, Saran dan Tantangan ke Depan

Inventarisasi di Hutan Rawa Gambut relatif lebih berat dilakukan, dibandingkan dengan kegiatan yang sama di hutan daratan. Rendahnya akses dan beratnya medan merupakan dua kendala utama yang sering dijumpai pelaksanaan lapangan di dalam menjalankan tugasnya. Namun dibalik kondisi tersebut, hutan rawa gambut menyimpan banyak potensi yang perlu dipelajari secara terus menerus. Di bawah ini adalah beberapa rekomendasi, saran dan tantangan yang perlu diperhatikan dalam menunjang kegiatan inventarisasi di hutan rawa gambut di masa mendatang.

- A. Perlunya untuk meningkatkan eksplorasi informasi melalui berbagai survey di hutan rawa gambut. Hal ini mengingat kegiatan inventarisasi di hutan rawa gambut relatif masih jarang dilakukan. Di sisi lain, kegiatan inventarisasi sebaiknya diarahkan tidak hanya untuk kepentingan produksi semata, melainkan juga memandang hutan rawa gambut sebagai suatu ekosistem. Dengan demikian maka aspek yang disentuh dalam inventarisasi bersifat lebih luas.
- B. Perlunya mengembangkan peta tipe hutan di hutan rawa gambut yang mampu memberikan informasi yang lengkap dan memadai. Selain sebagai informasi, peta tipe hutan ini dapat digunakan untuk menunjang efektivitas kegiatan inventarisasi. Dengan peta ini, maka proses pemilihan lokasi plot pengamatan dapat dilakukan dengan mudah dan efektif.
- C. Pengembangan data base yang terus diperbaharui (*di-update*) dan mampu diakses oleh berbagai kalangan. Langkah awal yang bisa dilakukan adalah dengan mengumpulkan data-data yang saat ini masih belum terkelola dengan baik. Perlu kiranya inisiatif dari pihak terkait untuk mengambil kendali peranan ini sebagai koordinator yang secara khusus diarahkan untuk pengembangan data base ini.
- D. Dalam rangka menunjang efektifitas kegiatan, perlu kiranya dilakukan upaya dalam mengembangkan teknik inventarisasi yang paling efektif dan efisien dan tepat untuk kondisi di hutan rawa gambut. Kondisi hutan rawa gambut yang unik, kendala dan

informasi lainnya dapat dijadikan sebagai bahan dalam mengembangkan teknik inventarisasi yang tepat dan efektif.

Daftar Pustaka

- Wibisono, I.T.C. 2004. Laporan hasil survey vegetasi di EMRP. Central Kalimantan Peatlands Project. WIIP. Bogor.
- Wibisono, I.T.C. Labueni, S.I Nyoman N. Suryadiputra. 2005. Panduan Rehabilitasi dan Teknik Silvikultur di Lahan Gambut. Proyek CCFPI Wetlands International Indonesia Programme-Wildlife Habitata Canada.
- Istomo *et al.* 2009. Laporan teknis validasi tutupan lahan di Blok A Utara, EMRP. WIIP – AUSAID (KFCP). Bogor.

III. RUMUSAN WORKSHOP

A. Ekologis Tegakan Ramin

Keberadaan ramin sangat ditentukan oleh habitatnya yaitu di rawa gambut. Kayu Ramin dihasilkan oleh pohon yang termasuk marga (genus) *Gonystylus* dari suku (*family*) Tyhmelaeeaceae yang banyak tumbuh di daerah rawa gambut dalam hutan alam. Ramin tumbuh pada tanah podsolik, tanah gambut, tanah aluvial dan tanah lempung berpasir kwarsa yang terbentuk dari bahan induk endapan.

Selain sebagai tempat tumbuh berbagai jenis vegetasi hutan rawa gambut, ekosistem gambut berfungsi sebagai pengatur tata air, sehingga daerah di sekitarnya dapat tercegah dari intrusi air laut pada saat musim kemarau dan terhindar dari banjir pada saat musim hujan. 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 di ekosistem gambut, tipe hutan rawa gambut (*peat swamp forest*) merupakan salah satu tipe hutan tropis yang mendapatkan ancaman degradasi kualitas lingkungan cukup besar .

Di Indonesia untuk sekarang ini, jenis kayu Ramin hanya dapat dijumpai di kawasan hutan rawa Pulau Sumatera, kepulauan di selat Karimata, dan Pulau Kalimantan. Kawasan konservasi merupakan habitat tersisa dari jenis Ramin yang masih memiliki tegakan relatif rapat dan memiliki diameter pohon relatif besar.

Hutan rawa gambut sebenarnya memiliki zonasi berdasarkan kedalaman gambut, dimana mulai kedalaman gambut lebih dari 2 meter dapat ditemukan ramin. Ramin umumnya dapat ditemukan pada "*mixed forest*" di *peat swamp forest*. Namun demikian ramin jarang ditemukan di lapangan dan pada umumnya solitary. Makin tinggi kedalaman suatu gambut diduga jumlah ramin akan menurun.

Proses pembentukan gambut sangat ditentukan oleh keberadaan vegetasi di dalamnya. Kecepatan pembentukan gambut diperkirakan sebesar 1 mm/tahun jika secara alami dibiarkan, sedangkan laju degradasi gambut sekitar 100 mm/tahun. Area gambut yang terbuka cenderung akan mengalami kerusakan akibat degradasi hutan dan lahannya. Untuk

mengatasinya agar tidak terjadi kerusakan gambut maka hutan gambut yang rusak harus direhabilitasi dan hutan gambut yang masih baik harus dipertahankan.

B. Inventarisasi Tegakan Ramin

Ramin merupakan jenis yang masuk dalam Appendix II CITES yaitu jenis yang dibatasi volume perdagangannya. Namun demikian belum ada data valid yang menyatakan potensi tegakan ramin, padahal ketersediaan data dan informasi yang akurat dan teliti sangat diperlukan dalam perencanaan pengelolaan hutan, termasuk dalam pemanfaatan dan pelestarian ramin. Data dan informasi ini hanya dapat diperoleh dengan melakukan inventarisasi dengan metode yang tepat dan rasional.

Berdasarkan obyek atau sarana yang digunakan dalam kegiatan inventarisasi hutan dan teknik pengambilan contohnya terdapat beberapa metode inventarisasi yaitu (1) Inventarisasi hutan secara terestris (*terrestrial forest inventory*) dimana kegiatan pengukuran dan pengamatan langsung dilakukan di lapangan (*direct forest inventory*), (2) 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, dan (3) Kombinasi atau gabungan antara inventarisasi secara terestris dengan inventarisasi melalui penginderaan jauh, baik dengan cara *stage sampling* maupun dengan cara *phase sampling*.

Masing-masing metode inventarisasi memiliki kekurangan dan kelebihan. Metode terestris cocok diterapkan untuk area hutan yang relatif kecil dengan hasil penaksiran lebih akurat, akan tetapi untuk area yang lebih luas memerlukan dana yang besar. Penggunaan metode penginderaan jauh ketelitian yang diperoleh relatif lebih tinggi dibandingkan dengan metode terestris, dan cocok untuk luasan yang besar. Pada metode ini, pengukuran dapat dilakukan relatif lebih cepat. Untuk menggabungkan kelebihan masing-masing metode dan mengurangi kelemahannya, maka penggunaan kombinasi metode terestris dan penginderaan jauh diterapkan. Untuk area yang relatif besar kombinasi

terestris dan penginderaan jauh dipandang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi kegiatan.

Untuk mendapatkan data inventarisasi hutan sudah banyak dilakukan dengan metode penginderaan jauh dan telah menghasilkan temuan bahwa tipe tajuk, tinggi dan kerapatan tegakan dapat diukur melalui metoda penginderaan jauh. Kajian penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk inventarisasi hutan (pendugaan volume) umumnya cukup signifikan dimana metode ini akan lebih efektif jika diterapkan untuk area yang sangat luas.

C. Pengalaman Inventarisasi di Hutan Rawa Gambut

Beberapa peneliti telah melakukan survey vegetasi untuk mendapatkan data vegetasi pada berbagai zonasi hutan rawa gambut. Untuk mendapatkan data vegetasi, dibuat petak contoh dalam jalur yang memotong zonasi hutan rawa gambut untuk mengetahui variasi dan perubahan tipe vegetasi. Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa terjadi perubahan tipe vegetasi dengan berubahnya kedalaman gambut.

Survey di hutan rawa gambut menghadapi beberapa keterbatasan yaitu sedikitnya akses ke lokasi, umumnya memerlukan biaya yang besar, dan sebagian besar perjalanan ditempuh dengan menggunakan transportasi air. Kemampuan surveyor dalam melakukan pengambilan data sekitar 3 – 5 plot per hari (ukuran plot 20 m x 50 m) untuk kasus survey di Taman Nasional Berbak (Jambi). Adapun jumlah personal ideal dalam satu regu sekitar 5-6 orang. Sedangkan untuk penginapan atau tempat beristirahat lebih baik menggunakan *flying camp*.

Dalam hal kegiatan inventarisasi tegakan, Departemen Kehutanan RI saat ini juga telah memiliki sejumlah data yang diukur melalui plot permanen dan semi permanen (PSP/TSP). Dengan manajemen data dan pengukuran yang akurat, maka data hasil pencatatan melalui pengukuran *permanent sample plot (PSP)* dan *temporary sample plot (TSP)* maka data tersebut dapat diagregasikan dengan sumber data/informasi lainnya guna menghasilkan informasi yang diperlukan dalam rangka penyusunan

kebijakan pengelolaan hutan. Beberapa petak ukur permanen yang tersebar di seluruh Indonesia di antaranya adalah petak ukur permanen dengan tegakan ramin di dalamnya. Untuk mengelola data-data tersebut perlu pengembangan system data base (khususnya ramin dan jenis lain di rawa gambut) yang dapat dimonitor dan dievaluasi dalam jangka perlu dilakukan.

Selain petak ukur permanen Departemen Kehutanan juga pernah melakukan survey potensi tegakan dengan menggunakan metode *cluster* dimana dalam satu cluster terdapat 9 jalur (*track*) sementara yang masing-masing terdiri dari 8 sub plot. Pengukuran menggunakan teknik sampling point pada BAF 4.

D. Pengembangan Teknik Penginderaan Jauh dalam Inventarisasi di Hutan Rawa Gambut

Kondisi tegakan hutan alam di Indonesia yang sangat beragam terutama struktur tegakannya, menyebabkan sangat sulit menggunakan citra untuk mendeteksi jenis. Akan tetapi kemungkinan dapat menggunakan sifat-sifat ekologis jenisnya dan dikorelasikan dengan sifat reflektansinya.

Ramin (*Gonystilus bancanus*) merupakan salah satu jenis famili *Gonystillus*, sehingga menginventarisir jenis ini dapat dilakukan bersama dengan jenis lain misalnya jenis lain yang masih dalam satu famili. Dengan ketersediaan teknologi yang ada penggunaan citra untuk deteksi jenis belum bisa dilaksanakan. Namun demikian ada peluang untuk menggunakan citra hyperspektral dalam pengenalan jenis.

Pengenalan jenis ramin dengan teknologi penginderaan jauh dimungkinkan jika dapat mengelaskan kandungan klorofil ke dalam beberapa kelas jenis atau ke dalam famili. Uji coba penggunaan citra satelit untuk mendeteksi jenis pohon pernah dilakukan dengan menggunakan citra satelit CASI yang meliputi wilayah Kebun Raya Bogor. Hasil uji coba menunjukkan pengenalan jenis sulit dilakukan, terbukti pada saat

pengkelasan diperoleh jenis meranti hampir sama dengan jenis akasia ditinjau dari aspek kenampakan tajuknya.

Jika jenis vegetasi belum bisa diidentifikasi dengan menggunakan citra satelit, maka hutan rawa gambut dapat diduga kedalamannya dengan menggunakan citra RADAR jika terdapat kandungan logam dan air dalam gambut, serta kuarsa. Mendeteksi kedalaman gambut dapat dengan menggunakan radar (*optic*) dimana ini akan membuka peluang pengembangan teknologi satelit untuk menentukan ketebalan gambut.

Sampai saat ini penggunaan citra satelit lebih banyak digunakan untuk mengidentifikasi penutupan lahan dan memonitor perubahan tutupan lahan seperti yang dilakukan oleh Departemen Kehutanan dalam membuat peta tutupan lahan seluruh Indonesia dan mengidentifikasi perubahannya. Untuk tujuan demikian lebih banyak menggunakan citra satelit resolusi rendah seperti MODIS dan SPOT *vegetation*.

Pengenalan jenis tegakan di hutan alam belum bisa diidentifikasi dengan teknik penginderaan jauh, akan tetapi pendugaan potensi tegakan dapat dilakukan dengan memanfaatkan data penginderaan jauh. Pada wilayah yang luas misalnya pada skala regional (pulau atau provinsi), ada peluang melakukan estimasi potensi tegakan secara cepat dan murah menggunakan metode pengambilan contoh bertingkat (*multistage sampling*) yaitu dengan melakukan stratisikasi menggunakan data inderaja (*airborne* atau citra satelit). Penggunaan teknik inventarisasi multi stage sampling (citra resolusi rendah, citra resolusi sedang, citra resolusi tinggi dan lapangan - 3 atau 4 tingkat) dapat menghasilkan kesalahan sampling (*sampling error/SE*) yang relatif rendah yaitu sekitar 13%. Hasil ini sangat berbeda jika dilakukan pendugaan tanpa stratifikasi yang menghasilkan kesalahan samplingnya dapat mencapai 30%.

Lebih baik lagi, jika menggunakan tabel volume udara atau satelit akan dapat meningkatkan efisiensi estimasi potensi tegakan dengan *double sampling* (*2 phase sampling*) maupun *multi stage sampling*. Untuk pendugaan potensi secara cepat pada skala unit manajemen, maka penggunaan *double sampling* menjadi sangat rasional, karena mampu menghasilkan efisiensi relatif yang mencapai 200%. Penggunaan metode

multistage dan atau *multiphase sampling* dengan data penginderaan jauh pada sektor kehutanan menjadi sangat relevan, mengingat Badan Planologi Kehutanan Departemen Kehutanan (Baplan), telah melakukan pengadaan dan pemetaan potensi sumberdaya hutan secara rutin setiap 3 tahun sekali.

Ketersediaan model-model penduga potensi tegakan menggunakan data penginderaan jauh resolusi tinggi telah tersedia di hampir semua pulau besar Indonesia, seperti Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi (Pulau Bali dan Maluku dan Papu sedang dikerjakan) di dua tipe hutan (hutan dataran rendah dan hutan mangrove). Keberadaan model-model penduga ini membuka peluang penggunaan teknik menaksir cepat potensi hutan dapat diaplikasikan.

E. Inventarisasi Ramin Saat Ini

Kegiatan inventarisasi tegakan umumnya dilakukan terhadap semua jenis pohon, jadi berupa kelompok pohon yang membentuk tegakan di dalam hutan. Berdasarkan teknik yang digunakan, maka sampai saat ini beberapa metode inventarisasi yang pernah dilakukan di hutan adalah sebagai berikut:

1. Inventarisasi secara terestris

Secara terestris, inventarisasi dilakukan untuk mendapatkan data vegetasi. Teknik yang bisa digunakan adalah dengan membuat petak contoh berbentuk jalur ukuran 20 m x 50 m (0.1 ha) yang memotong zonasi hutan rawa gambut untuk mengetahui variasi dan perubahan tipe vegetasi. Di dalam jalur dibuat petak ukur petak ukur dengan ukuran 2 x 2, 5 x 5, dan 10 x 10 untuk mengidentifikasi dan mengukur vegetasi. Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa terjadi perubahan tipe vegetasi dengan berubahnya kedalaman gambut (*Wetlands Internasional-Indonesia Programme*).

Departemen Kehutanan RI juga melakukan survey terestris dengan membuat petak ukur permanen maupun petak ukur sementara yang dapat mengcover kawasan hutan nasional di ketinggian kurang dari

1000 m dpl. Teknik penempatan petak ukur dilakukan secara sistematis, sehingga beberapa di antaranya berada di hutan rawa gambut. Contoh atau unit contoh dikelompokkan lebih dahulu dengan cara klusterisasi. Dalam satu cluster terdiri dari 72 *track* petak ukur sementara dan 1 ha plot permanen yang terdiri dari 16 *record unit*.

Untuk pendugaan potensi tegakan, Dephut merancang plot contoh lapangan dengan menggunakan teknik *clustering* juga dimana dalam satu cluster terdiri dari 9 *track*. Satu *track* plot contoh sementara terdiri dari 8 sub plot. Pengukuran menggunakan teknik sampling titik pada BAF 4. Sedangkan plot permanen dibuat hanya pada *track* ke 5 berukuran 100 m x 100 m dan terdiri dari 16 *record unit*.

2. Inventarisasi dengan teknik penginderaan jauh

Penggunaan teknologi penginderaan jauh tidak dapat digunakan secara khusus untuk menginventarisir jenis ramin, akan tetapi dapat diterapkan untuk mengidentifikasi tipe hutan yang diduga memiliki tegakan ramin di dalamnya. Beberapa kegiatan identifikasi dan inventarisasi tipe hutan di gambut di Indonesia telah dilaksanakan diantaranya adalah:

- a. Pendeteksian perubahan tutupan lahan di hutan gambut dengan menggunakan citra satelit JERS-1.
- b. Pendeteksian perubahan tutupan lahan di hutan gambut kawasan eks PLG Blok A di Dadahup Area Kalimantan Tengah.
- c. Klasifikasi vegetasi hutan rawa gambut di Kalimantan dengan menggunakan satelit Alos Palsar. Hasilnya menunjukkan bahwa hutan rawa gambut (*peat swamp forest*) dengan mudah dapat dibedakan dengan tipe hutan lainnya (FFPRI-IPB, 2008).
- d. Penggunaan citra satelit SPOT 5 Supermode untuk menduga volume tegakan di hutan tropis. Hasilnya menunjukkan bahwa *standing stock* dapat diduga dengan akurat (Badan Planologi – Departemen Kehutanan RI 2006-2008).

3. Inventarisasi dengan kombinasi terestris dan penginderaan jauh

Penggunaan kombinasi teknik inventarisasi terestris dan teknik penginderaan jauh telah dicoba oleh Departemen Kehutanan RI dalam rangka menduga potensi tegakan di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi. Teknik ini dipopulerkan dengan nama teknik hitung cepat (*Quick Count*).

Prinsip dari teknik hitung cepat ini adalah mengukur parameter tegakan hanya pada sebagian kecil dari plot-plot contoh yang diamati atau diinterpretasikan pada citra satelit atau disebut juga dengan teknik sub sampling. Sub sampling yang digunakan adalah teknik multi stage sampling yaitu bagian dari plot yang diamati di citra (unit primer) diamati kembali pada tahap berikutnya, dengan kata lain plot pada tahap berikutnya adalah bagian dari plot yang diamati sebelumnya.

Dengan teknik ini, pada tahap pertama pengamatan dilakukan pada citra resolusi sedang yaitu landsat 7 yang kemudian diikuti dengan sampling tahap 2 yaitu mengamati citra resolusi tinggi (SPOT 5). Selanjutnya dilakukan cek lapangan berdasarkan hasil pengamatan atau interpretasi tahap kedua.

Pengamatan dan pengukuran tegakan di lapangan dilakukan dengan teknik cluster. Masing-masing cluster terdiri dari 4 plot contoh dengan jarak antar plot adalah 200 meter. Hasil pemodelan hubungan antara peubah di citra dan peubah di lapangan di hutan rawa cukup bagus, dimana koefisien korelasi antara diameter tajuk SPOT dan diameter tajuk di lapangan berkisar 97,66 %.

F. Teknik Inventarisasi Ramin

Kegiatan inventarisasi potensi tegakan ramin dengan hanya mengandalkan teknologi penginderaan jauh tidak dapat dilakukan, sehingga harus dikombinasikan dengan survey terestris. Keberadaan tegakan ramin dapat didekati dengan cirri-ciri ekologis ramin yaitu bahwa kemungkinan besar ramin akan ditemukan di dalam hutan rawa gambut.

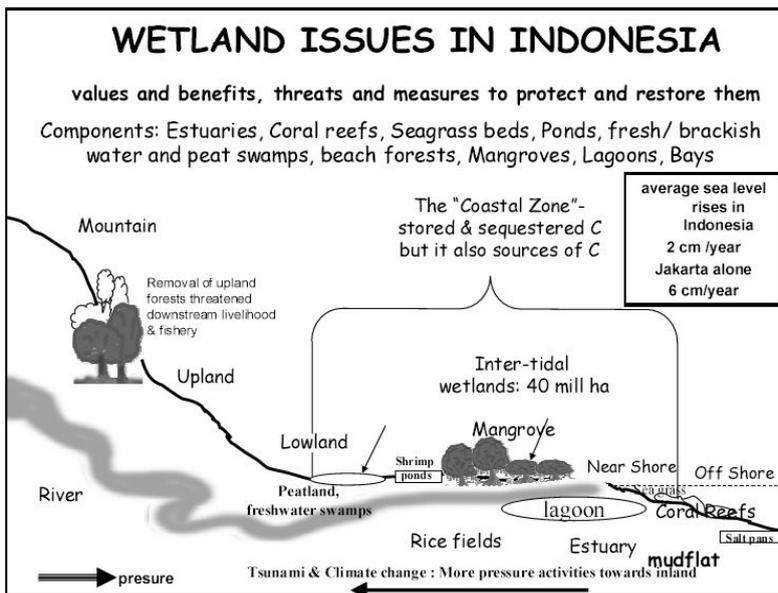
Dengan menggunakan peta sebaran gambut atau peta tipe hutan akan diketahui lokasi yang mungkin terdapat tegakan ramin.

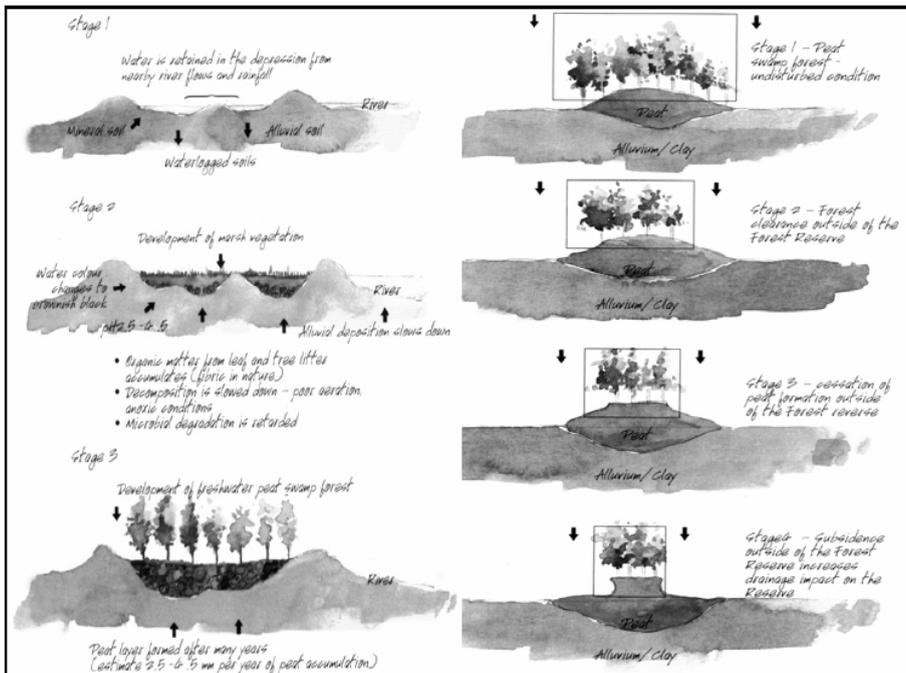
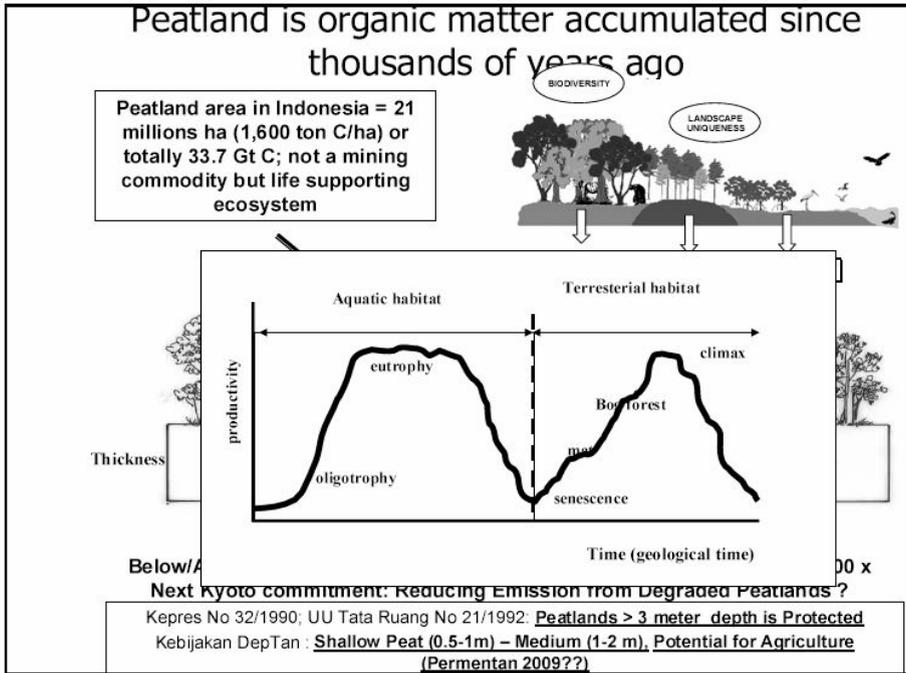
Pada citra resolusi tinggi, di dalam hutan rawa gambut kemungkinan tajuk pohon ramin dapat dikenali dari bentuknya yang kecil dan bulat selain bentuk tajuk dari jenis-jenis lain. Pengukuran tingkat kerapataan tajuk dan diameter tajuk dapat dilakukan pada citra resolusi tinggi.

Pengecekan lapangan diperlukan untuk mengetahui kondisi tutupan lahannya serta melakukan pengukuran parameter tegakan (diameter tajuk, tinggi pohon dan diameter setinggi dada). Potensi tegakan ramin adalah merupakan salah satu proporsi dari potensi seluruh tegakan yang ada di hutan rawa gambut. Teknik yang berpeluang untuk digunakan dalam inventarisasi ramin ini adalah dengan menggunakan teknik *multiphase sampling* dan *multistage sampling*.

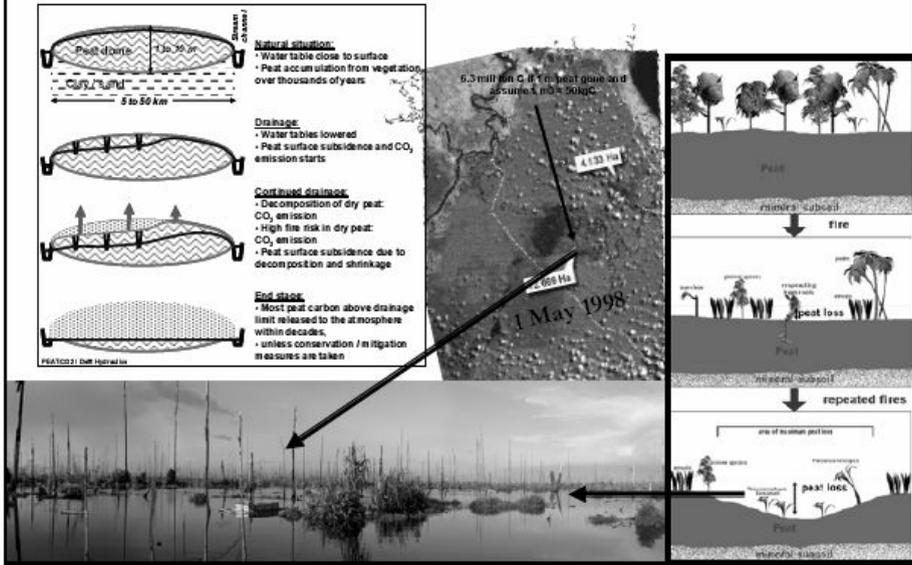
LAMPIRAN

Lampiran 1. Bahan presentasi paper Kondisi Lahan Gambut Indonesia dan Upaya-upaya Restorasi yang telah Dilakukan, oleh I Nyoman N. Suryadiputra.

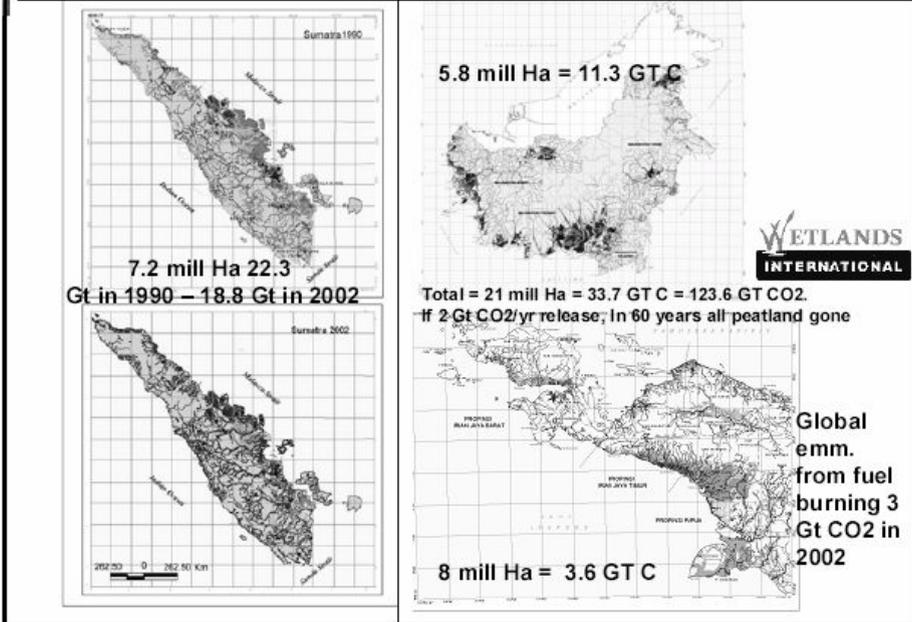




Schematic illustration of CO₂ emission from drained (left) and burnt peatlands (right)



Peatlands Area & Distributions and its C stores in Indonesia



		ABOVE & BELOW GROUND CARBON CONTENTS IN MENTANGAI CENTRAL KALIMANTAN (2003)			
No.	Land Cover Type	Area (ha)	Total Carbon		Ratio B/ A
			Above ground (A)	Below ground (B)	
1	Primary peatswamp forests	8606	0.41 mill t C	71.73 mill tC (8335 t C/ha)	174
2	Logg over peatswamp forests	50427	3.08 mill t C	378.30 mill t C (7502 t C/ha)	123
3	Ex Burnt Area	20089	3.09 mill t C	99.80 mill t C (4968 t C/ha)	32
4	Shrubs	16176	0.47 mill t C	2.23 mill t C (138 T c/ha)	5
5	Bushes	14596	0.07 mill t C	85.17 mill tC (5835 t c/ha)	1217
6	Crop field/ rubber plantation/settlement	1927	0.107 mill t C	0.00	
Total		111.821	7.23 mill t C	637 mill t C (5697 tC/ha)	88

PEATLAND DEGRADATION



Intact peatland



1
Very severe Degradation



2
Severe Degradation



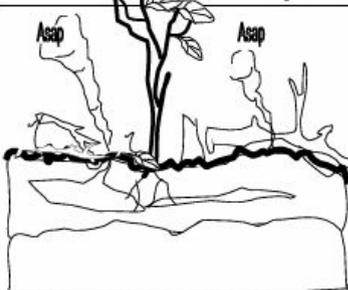
3
Moderate Degradation

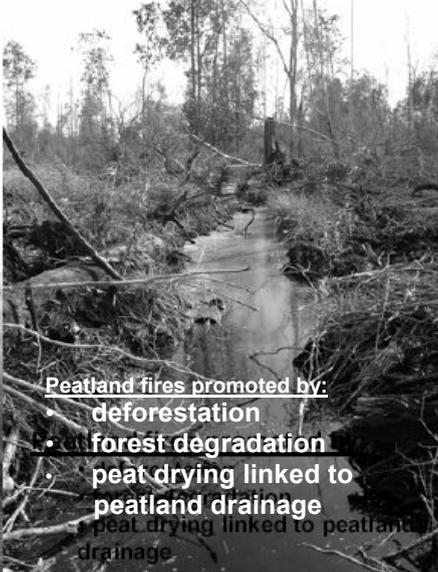


4
Slightly Degraded

Root causes : drainage, fires, logging (legal & illegal), land clearing

Fire is the major threats to Peatlands' Ecosystem and burnt peatlands emit CO₂



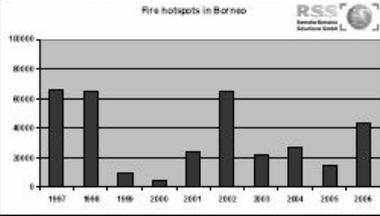


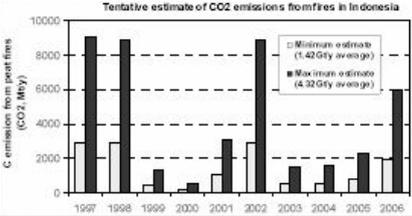


Peatland fires promoted by:

- deforestation
- forest degradation
- peat drying linked to peatland drainage
- peat drying linked to peatland drainage

CO₂ emissions from peat fires





Fire hotspot data (number of fires counted, per year) for Borneo as detected by satellites (NOAA, ATSR and MODIS) from 1997 to 2006. These tentative data are not to be published but were provided by Dr Florian Siegert (Remote sensing Solutions GmbH, Germany) to allow this study to derive a tentative estimate of annual CO₂ emissions from fires.

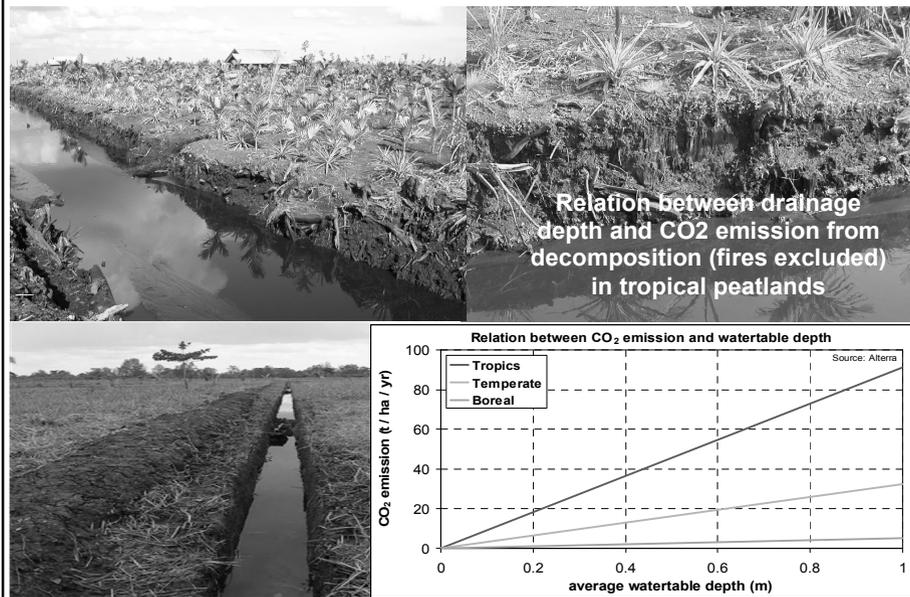


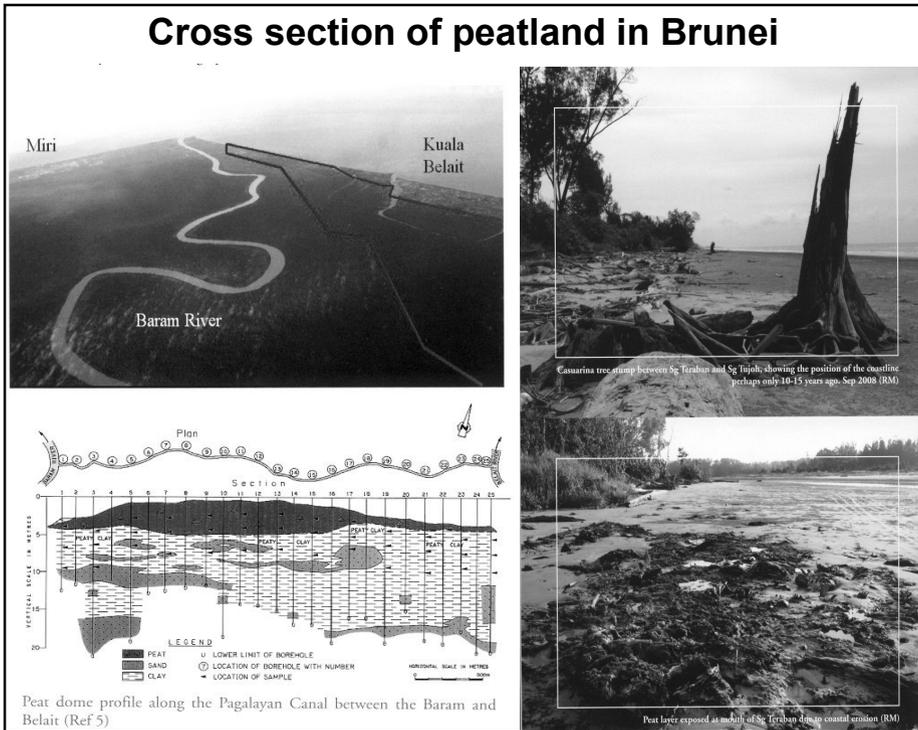
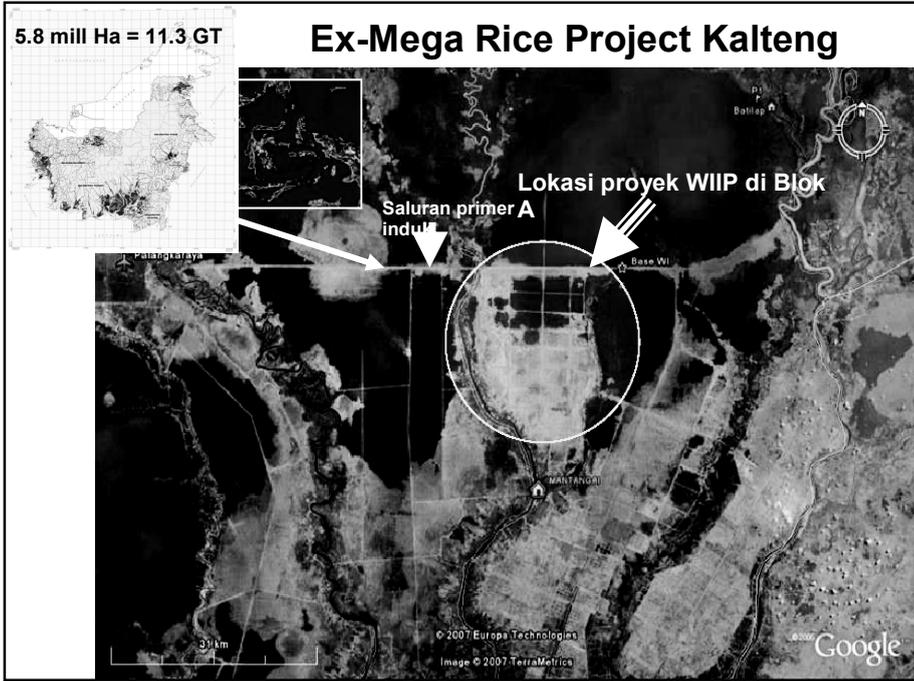
- > 60,000 fires in 3 out of 10 years (1997, 1998, 2002)
- In 2006: > 40,000 fires
- Tentative average annual emissions estimate: annual 1400 to 4300 Mt CO₂/y
- (pg 23 of the report)

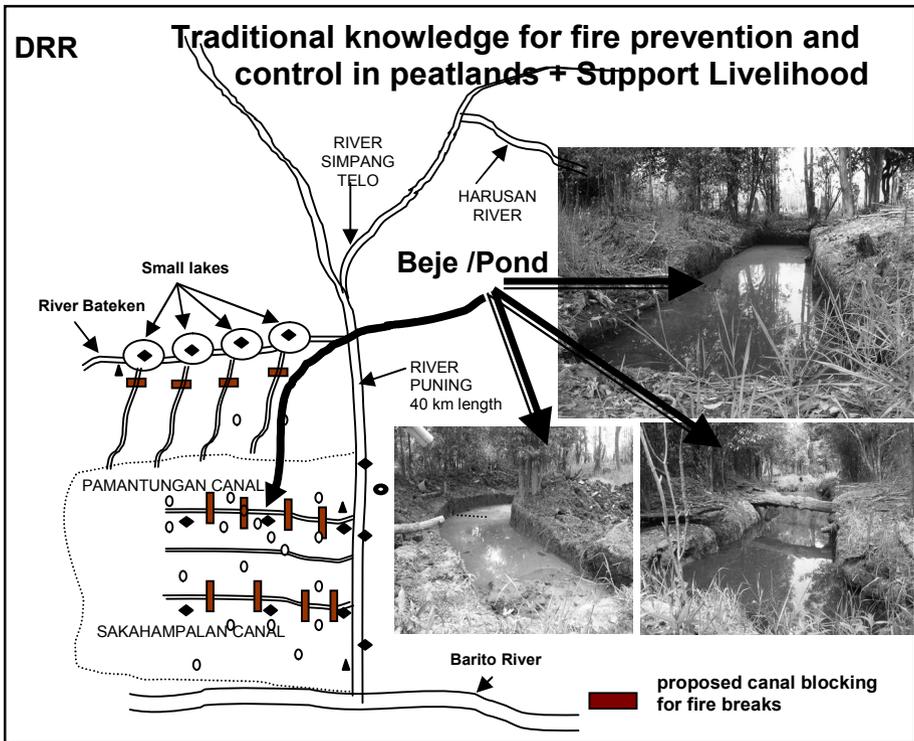
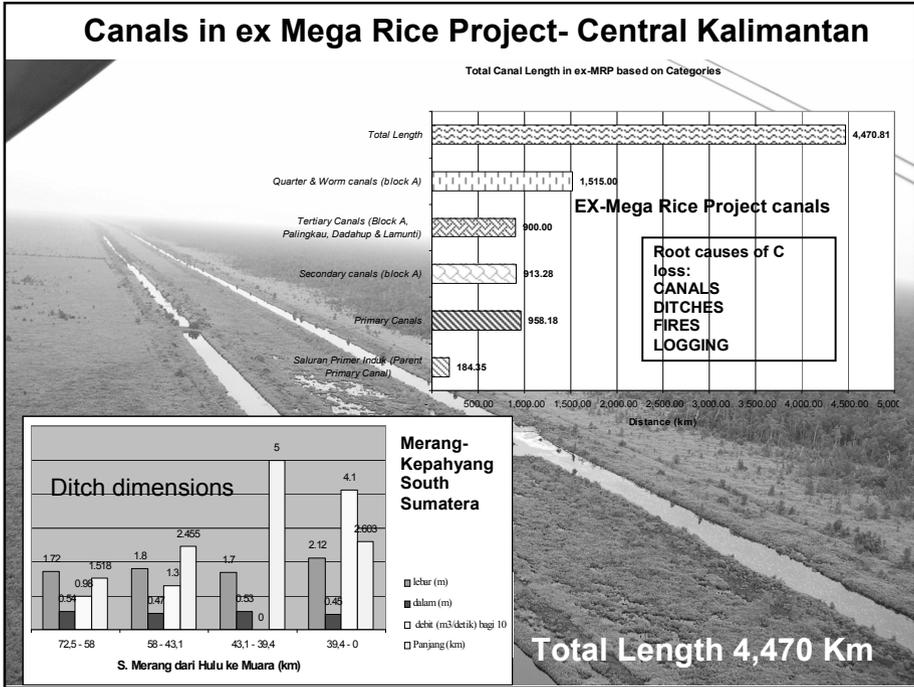
Illegal logging & drainage in peatlands emit CO₂



Plantations in peatlands area require drainage and this would emit CO₂







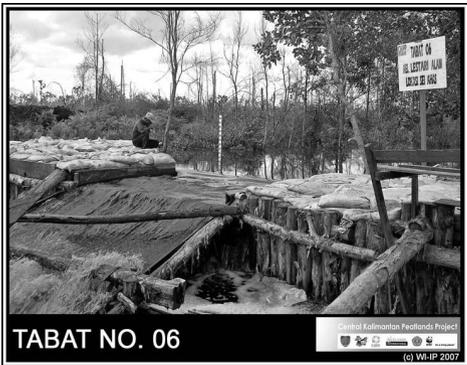
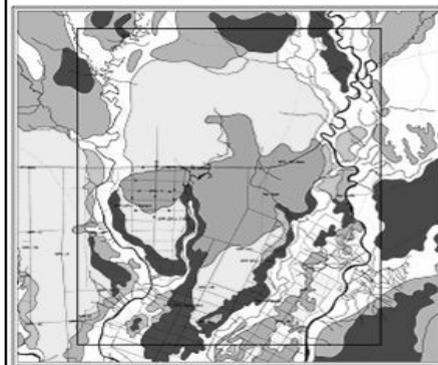
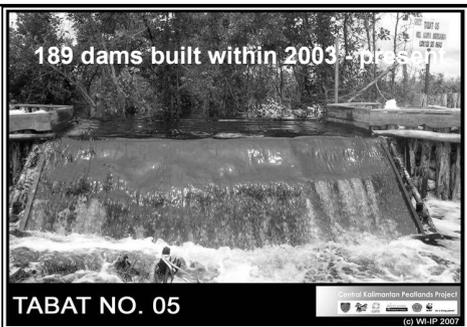
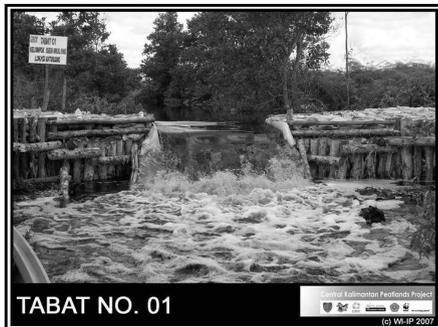
DRR Impact of blocking on ground water table & fish capture

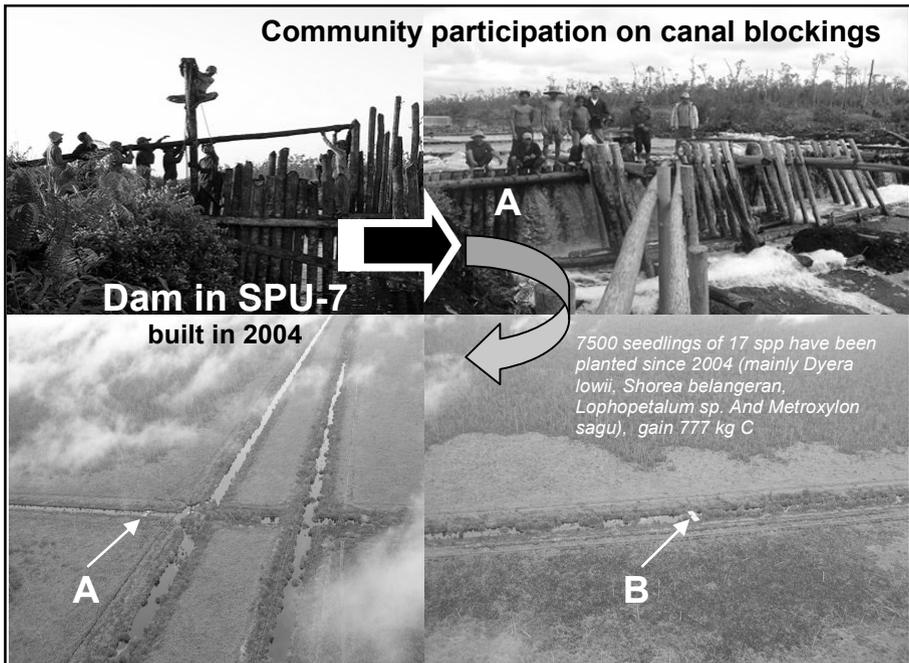
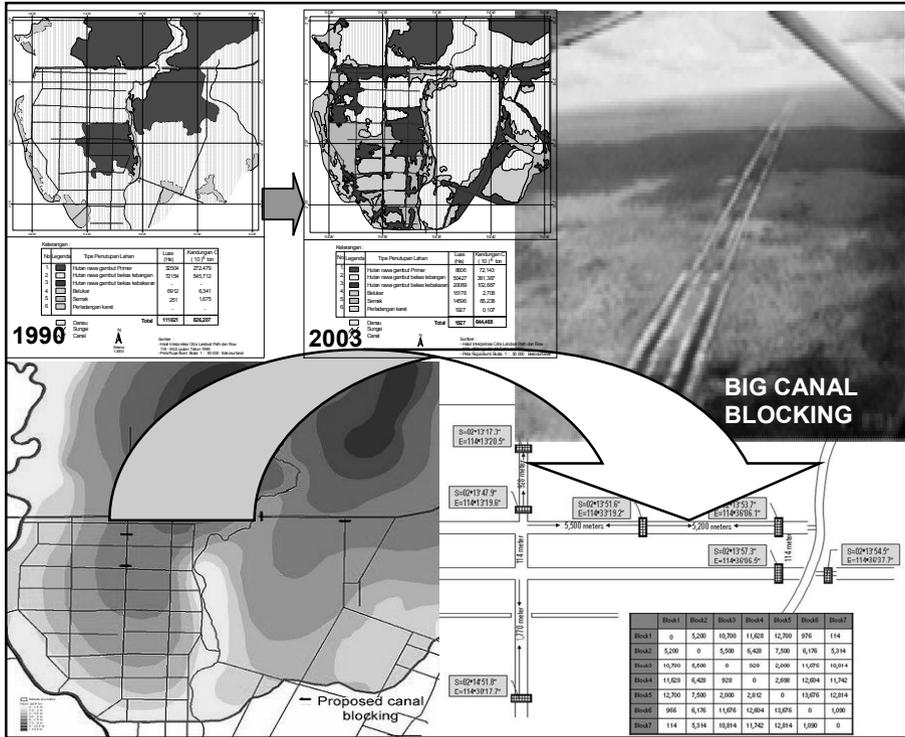
Blocking (Sep 2003)

The blocked canal will trap fishes 2 tons at end of rainy season

Inundation

Wet peatlands insusceptible to fire





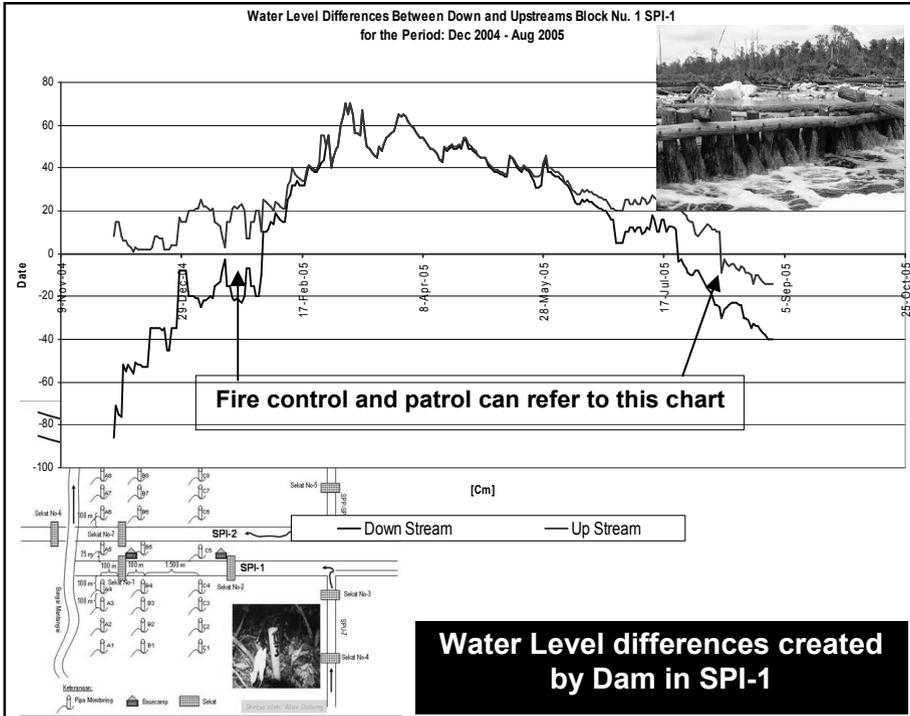
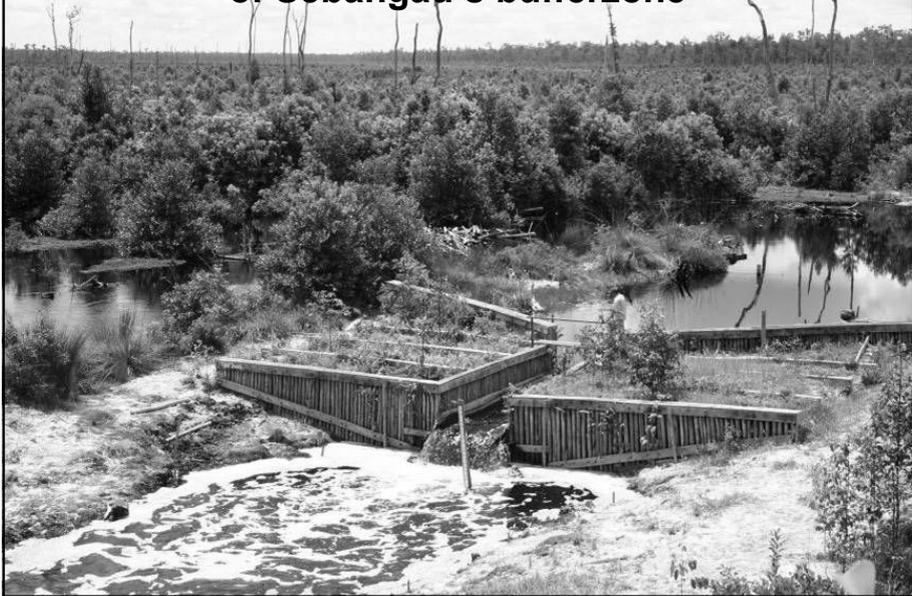
Shrubs and trees grow surrounding the blocked canals.. after 2 years

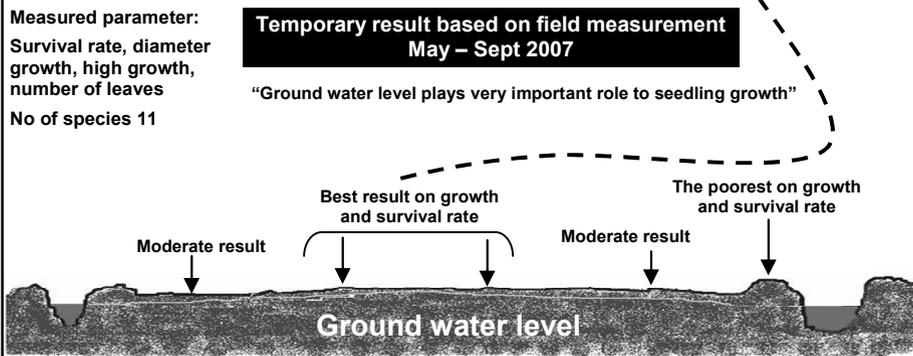
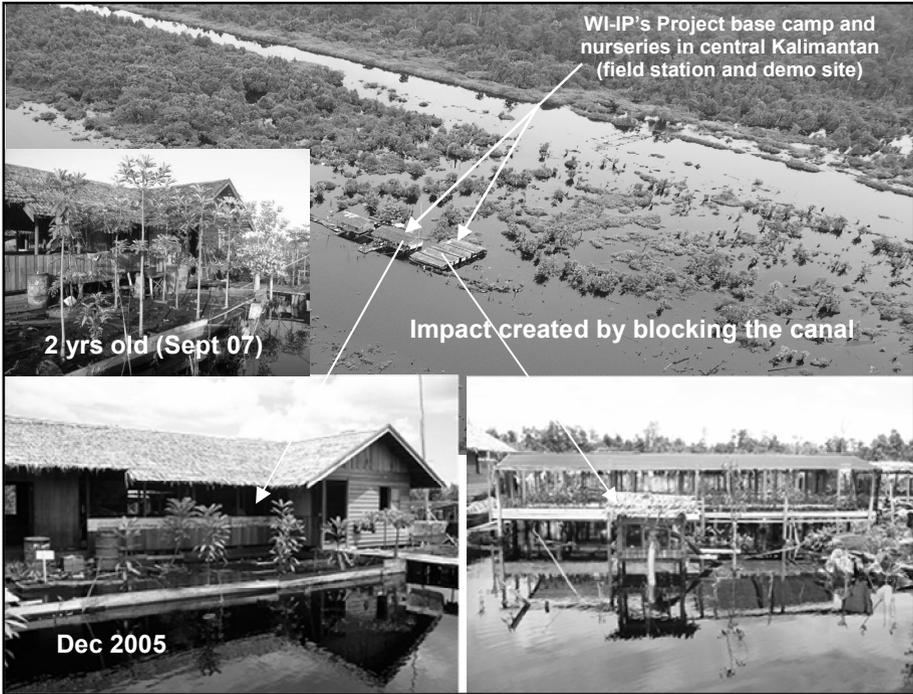


***Shorea sp* planted above the dam**

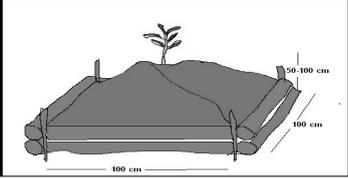


Dam to restore the eco-hydrology (and Carbon) of Sebangau's bufferzone





Rehabilitation in Sumatera (Berbak NP)



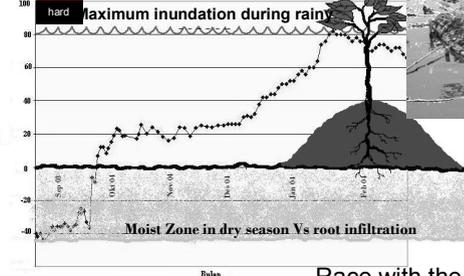
Ground water monitoring for mound height determination

Preparation of mound



Making hole on top of mound

Seed prep	Seed	Stop	mainten
mount			
hard			



Race with the season



20,000 mounds in 2003

Dry season

Rainy season

Restoration of burnt peatlands through tree planting inside Berbak NP & ex-MRP (using mound technique)

Survival 70%: Ramin (H=1.8 m; D=2 cm) *Gonystylus bancanus*, Perepat *Combretocarpus rotundatus* and Rengas manuk *Mellanoorhoea walichii*



What about palm oil plantation on peatlands ?

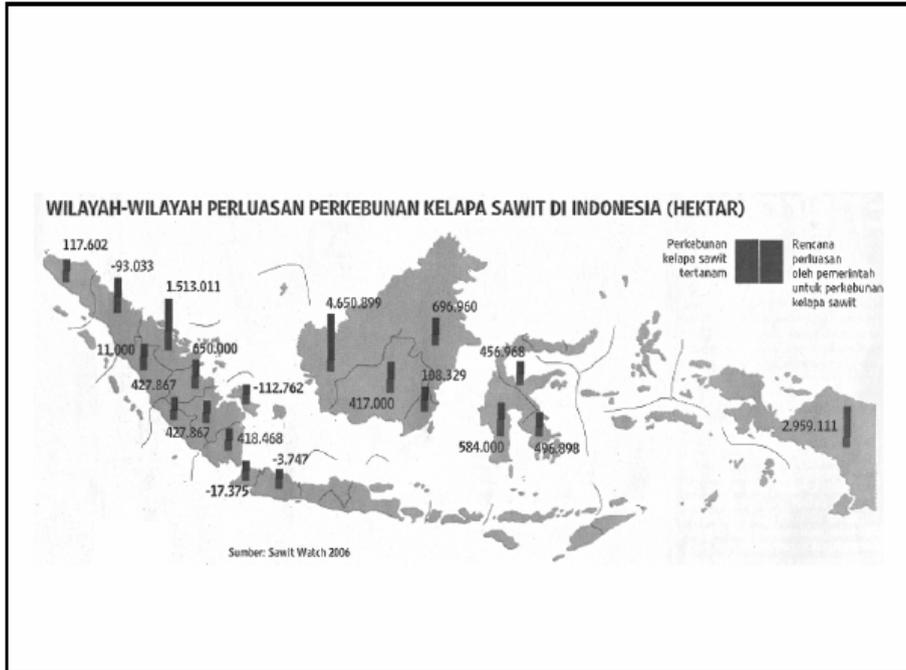
Major issues:

1. Ministry of Agric. Decree/ Permentan No 14/ 2009 (boleh sawit jika 70% merupakan gambut < 3 m) ??
2. Ekspansi perkebunan kelapa sawit ke lahan gambutantisipasi **2,818,841 Ha**
3. Drainase lahan gambut untuk sawit 50 – 70 Cm (emisi Karbon sekitar 65 – 91 ton CO₂/ha/th Or **1.3 t CO₂ /1 cm drainage/ha/year**). Bagaimana subsidence & kompaksi (19 ton CO₂/ha/th)?
4. UN Climate meeting puts huge emissions from peatland loss on agenda
5. The EU Renewable Energy Directive that promotes the use of biofuels, will not recognise feedstocks from carbon rich wetlands as 'renewable'. It also excludes peat under the 'renewable energy' label (adopted by the European Parliament on the 17th of December 2008)
6. Posisi Indonesia sebagai emitters GHG No 3 terbesar karena masalah gambut (1,4 Gt CO₂ terbakar dan 600 Mt teroksidasi akibat drainase)
7. Bagaimana menghadapi concerns masyarakat global (importers) terhadap produksi minyak sawit di lahan gambut? Pembuktian melalui credible Research ??

Palm Oil and CO2 Emission

1. Indonesia is expected to produce CPO in 2007 16.2 million tonnes of CPO, while Malaysia is expected to produce 16 million tonnes (Goldman Sachs 2007).
2. oil palm developments are increasingly being planted on peatlands, especially in Riau, Jambi, Kalteng, Kalbar. [25%? of palm oil plantations is on peatlands, Aljosja et al 2006]
3. Cultivating oil palm plantations on peatlands is more expensive (10-30%) than planting oil palm on mineral soils. Land prep costs 15,000RM in Malaysia
4. Total CPO demand projections indicate that Indonesia's oil palm plantation base may continue to increase and reach around 15 million hectares by 2020 (Bisinfocus 2006).

Island	Total peat area (TA) in 2000-2002 (ha)	HPH Concessions (Logging)		HTI Concessions (Pulpwood)		Oil Palm		Peatland Concessions Total Area
		% TA	HPH area	% TA	HTI area	% TA	Area	
Kalimantan	5,769,246	8	461,540	5	288,462	25	1,442,312	2,192,314
Sumatra	7,204,301	9	648,307	17	1,224,731	18	1,296,774	3,169,812
Papua	7,975,455	18	1,435,582	7	558,281	1	79,755	2,073,618
Indonesia	20,949,002	12.2	2,545,429	9.9	2,071,474	13.5	2,818,841	7,436,744



Berapa Emisi CO2 oleh Perkebunan Sawit?

issue international : biofuel from peat-based plantations emitted 3 – 10 times higher CO2 compared to fossil fuels

- Produksi CPO = 4 ton CPO/ha/year for 20 years (life cycle 25 yrs, until 5 yrs non productive), total produksi per Ha dalam 1 life cycle 80 ton CPO (20 tahun produksi)
- Kerapatan tanam = 100 pohon/ha (simpanan CO2 max 600 to CO2/ha in 25 years?)
- Kedalaman drainase air tanah = 50 – 70 cm (rata-rata 60 cm)
- Asumsi setiap 1 cm penurunan kedalam air tanah gambut emisikan 1,3t CO2/ha/Th (Sumber: peat CO2 article)

Dari informasi di atas bisa dihitung sbb:

Jika kedalaman gambut pada tanaman sawit 2 m dan drainase 60 Cm, maka dalam 25 tahun akan:
 Subsidence per tahun = 60cm /10cm per year x 1 cm/year = 6 cm/year
 Total subsidence setelah 25 years = 25 yr x 6 cm/yr = 150 cm or 1.5 meter
 (berarti setelah 25 tahun kedalaman gambut tersisa hanya 0.5 meter)

CO2 emission oleh drainase = 1,3 ton CO2/ha/yr /cm

Total emission CO2 karena drainase 60 cm = 1,3 ton CO2/ha/yr /cm x 60 cm = 78 ton CO2/ha/yr

Total 1 cycle of PO operational = 25 years x 78 ton CO2/ha/yr = 1950 ton CO2/ha (in 25 years)..... A

Total above ground CO2 (stored in PO biomass) = 600 ton CO2/ha/ 25 years old trees)..... B

Net CO2 emission due to drainage (A) – CO2 stored as PO biomass (B) = 1950-600 = 1350 ton CO2/ha in 25 years (to produce 80 ton CPO within the 20 productive years)

IF 80 ton is not a CPO, but a fossil fuels, and if 80 ton = 80,000 liter and if 1 liter fossil fuel emitted 2.5 kg CO2 (avg).

means that by burning 80 ton fossil fuel we will emit = 80,000 liter x 2.5 kg CO2/liter = 200 ton CO2.

Jika asumsi di atas benar, maka 1 ha lahan gambut yang memproduksi 80 ton CPO akan menemisikan **6.75 kali** (1350/200) lebih tinggi dari 8000 liter BBM fosil.

Nilai akan jadi lebih besar, jika jika gambutnya terbakar + fertilizers application + decay of old PO when it is replaced with new one + konsumsi Energi dalam proses produksi etc. etc

Palm oil not sustainable? Need further research to justify				
<u>DO NOTHING</u> or <u>DO SOME THING</u> on DEGRADED PEATLAND?				
Measured Variables	Degraded Peatland			
	Pant palm oil other industrial plants	Plant indigenous species (eg Jelutung, ramin)	Plant agricultural plants	Leave it as what it is (Do nothing)
Social Economy benefits	+++++	+++++	+++	????
Impact on Below and above ground Carbon stock	????	+++++/??	????	????
Ecosystem function and benefits	???	++++/ ???	???	???
Burnt ? etc	???	???	???	???
Measurement results can be analysed and for optimum benefits to the nature, economic and climate				



Planted with indigenous plants?

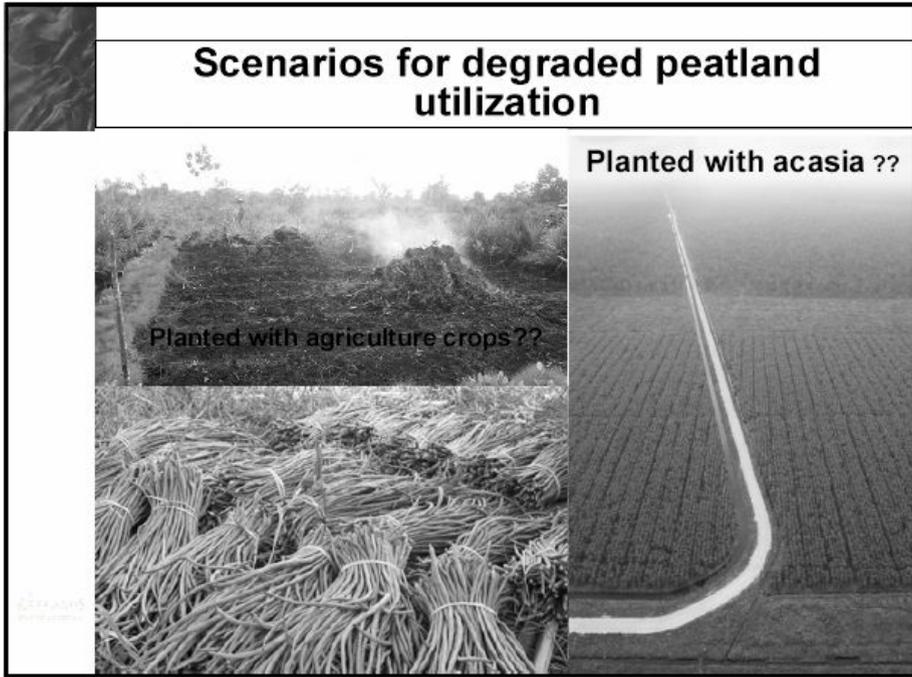
Scenarios for degraded peatland utilization



Abandoned it / do nothing?



Planted with palm oil?



Lampiran 2. Bahan presentasi paper conventional forest inventory techniques for Peat Swamp Forest; method for estimating spatial distribution and standing stock oleh *Iwan Tri Cahyo Wibisono*



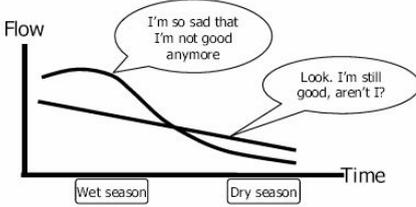
Conventional forest inventory techniques for Peat Swamp Forest;
“method for estimating spatial distribution and standing stock”


Iwan Tri Cahyo Wibisono

What's the differences in PSF???

Karakteristik gambut tropis:

- ☒ Tersusun dari bahan organik
- ☒ PH rendah
- ☒ Daya simpan air tinggi (> 300 %)
- ☒ Porositas tinggi (80-95 %)
- ☒ Bulk density rendah (< 0,2 g/cm³)
- ☒ Mudah terjadi subsiden
- ☒ Irreversible drying



“UNIQUE” Vegetation Profile !!!!!!!

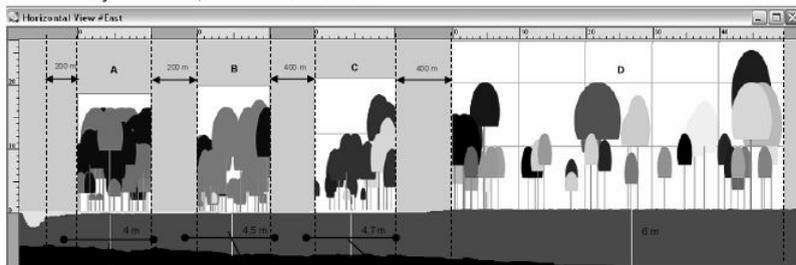
Forest Inventory in PSF

- Technique used relatively same
- Localities and its unique require certain adjustment & Improvement
- Based on inventory purposes
- Constraints and limitation factors

Consideration 1: FOREST TYPE VARIETY

- Common pattern
- Local specific (substrate, hydrology, etc)

Case Study 1. EMRP, Central Kalimantan

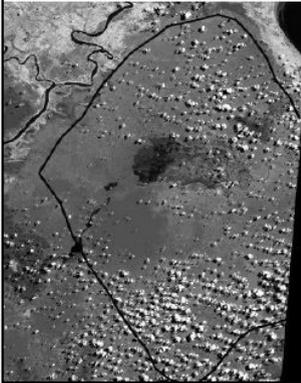


Source: Wibisono, 2005 (WIIP)
Powered by SLIM-ICRAF

Case study 2. Forest type in Belait PSF, Brunei Darussalam



- 3.1 = Sand ridges
- 3.2 = Mixed PSF
- 3.4 = Padang kenuntem
- 3.5 = Alan bunga forest

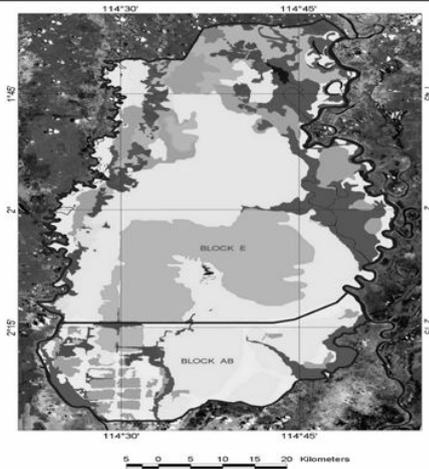


Case study 3. Forest Type in Berbak NP

- Fresh Water Swamp Forest
- Common Riparian
- Mixed PSF

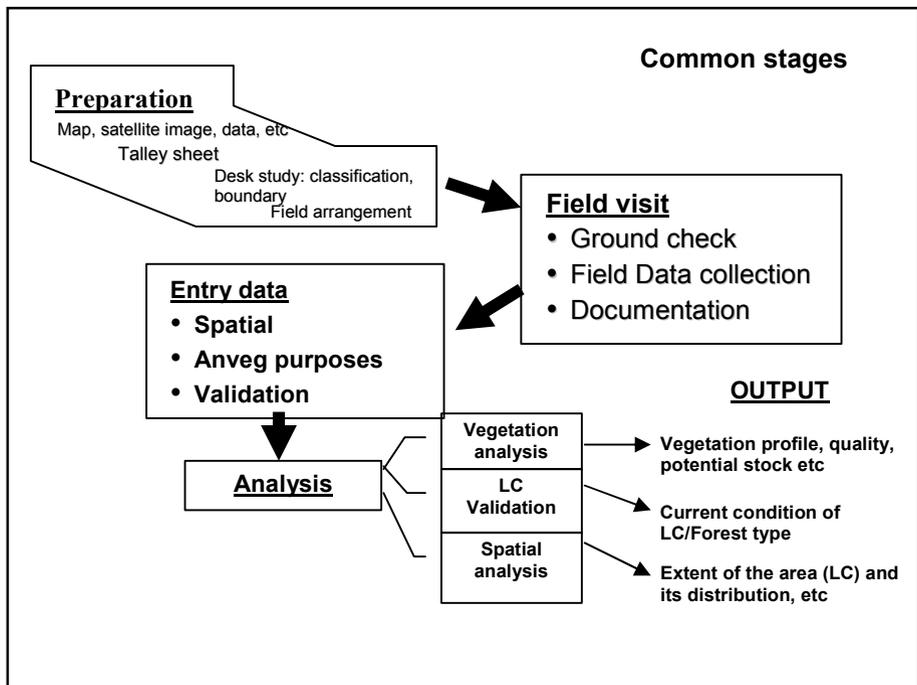
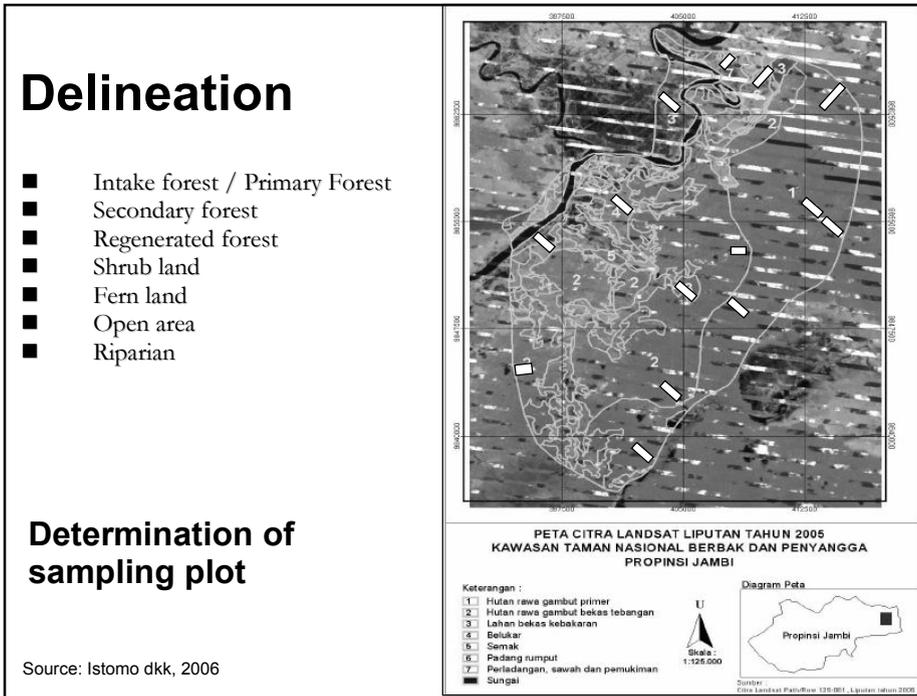
Consideration 2: FOREST CONDITION

- Man made degradation
- Disaster (forest fire, etc)
- Community's pressure
- Policy (conversion to HTI etc)



- Mawas boundary
- Primary peat swamp forest
- Logged-over peat swamp forest
- Degraded peat swamp forest
- Fragmented peat swamp forest
- Logged-over lowland forest
- Degraded lowland forest
- Backswamp forest of inland floodplain
- Meander belt / Rivarian forest
- Mixed (grass, bush, and shrub)
- Shifting cultivation mosaic
- Bare soils
- Rivers

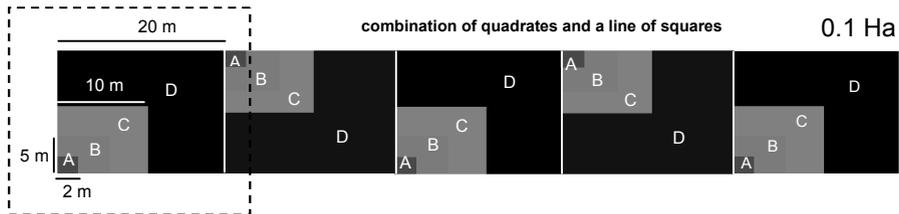
Source: MAWAS BOSF



Field Survey

Data collected

- Coordinate/position
- Vegetation data
- Hydrology data (GWL, inundation)
- Soil data (peat depth)
- Phenology
- Level of disturbance
- Locality characteristic



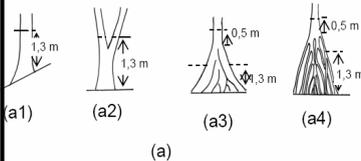
Anne Magurran. 1983. Ecological Diversity and Its Measurement. Royal Society – University Research Fellow. University College of North Wales. Bangor.
 Cooperrider A.Y.R, J. Boyd and H.R. Stuart, eds. 1986. Inventory and Monitoring of Wildlife habitat. US Dept. Inter Bur. Land Manage Service Center, Denver. Co. xviii.858 pp.
 ETC

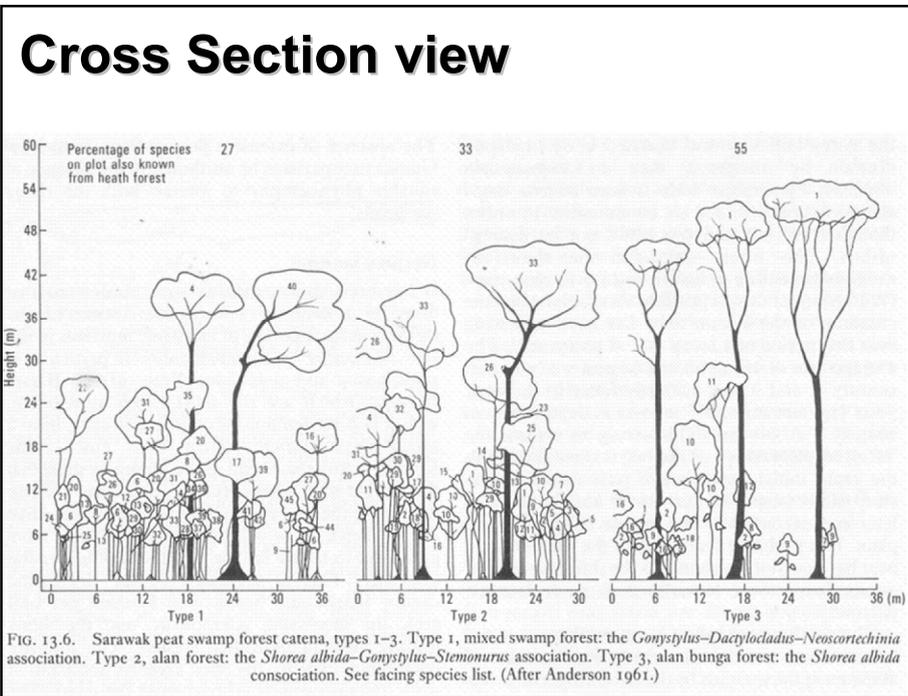
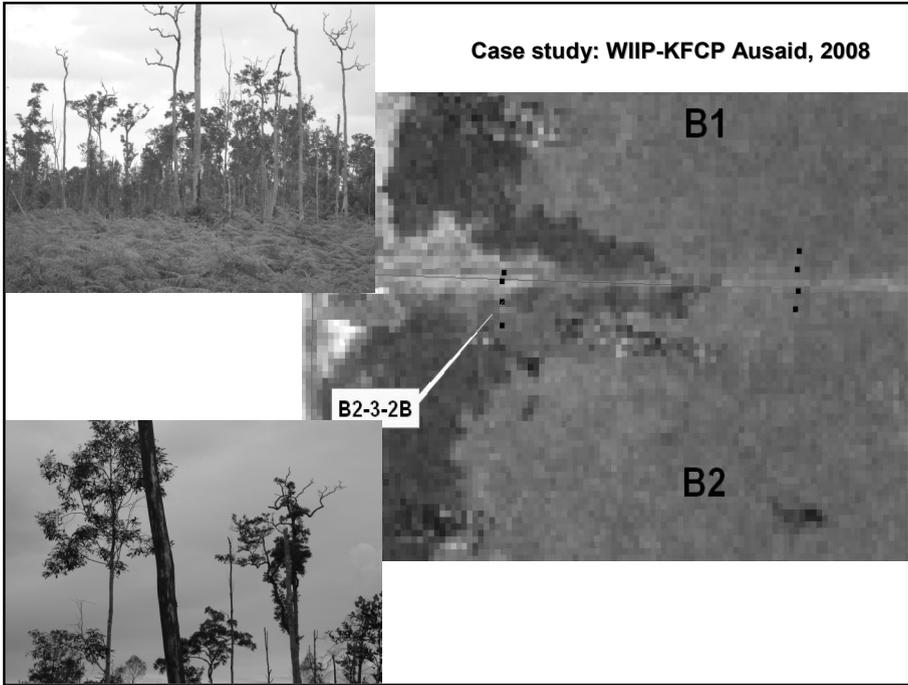
Common steps in data collection for Veg.analysis

- Recording “seedling” species and number of individuals inside 2 x 2 m sub-plot.
- Recording “sapling” species and number of individuals inside 5x5 m sub-plot.
- Measuring height and diameter of “poles” found inside the 10 x 10 m sub-plot, and record the species.
- Measuring height and diameter of “trees” found within the 20 x 20 m plot, and record the species.

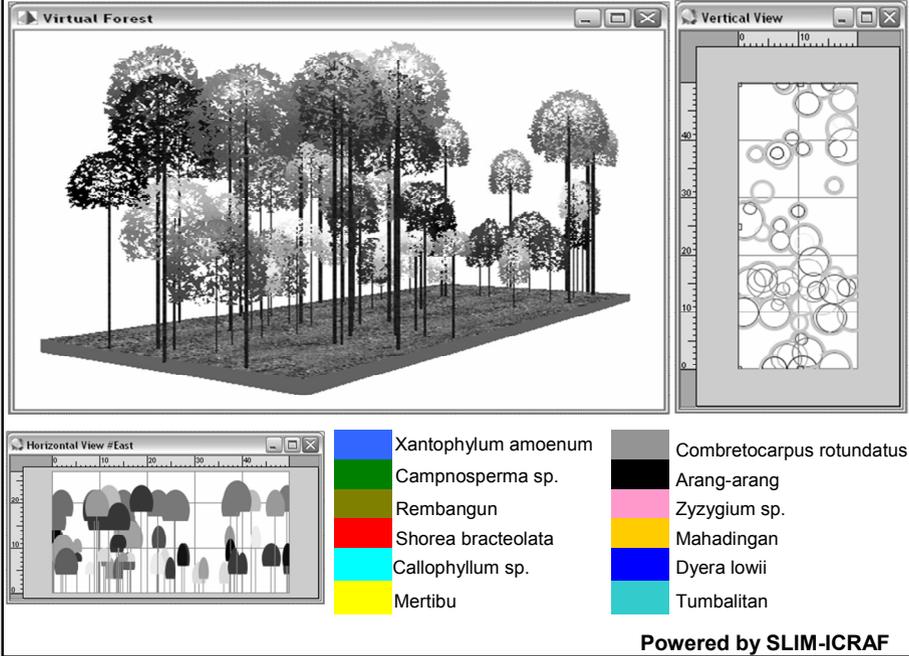


Tree	A tree with a diameter > 20 cm or girth of 62,8 cm
Pole	A tree with a diameter >10-20 cm or girth of 31,4 -62,8 cm
Sapling	Young tree with a height of 1,5 m and maximum diameter of 10 cm
Seedling	Young plant with more than 2 leaves and maximum height of 1,5 m

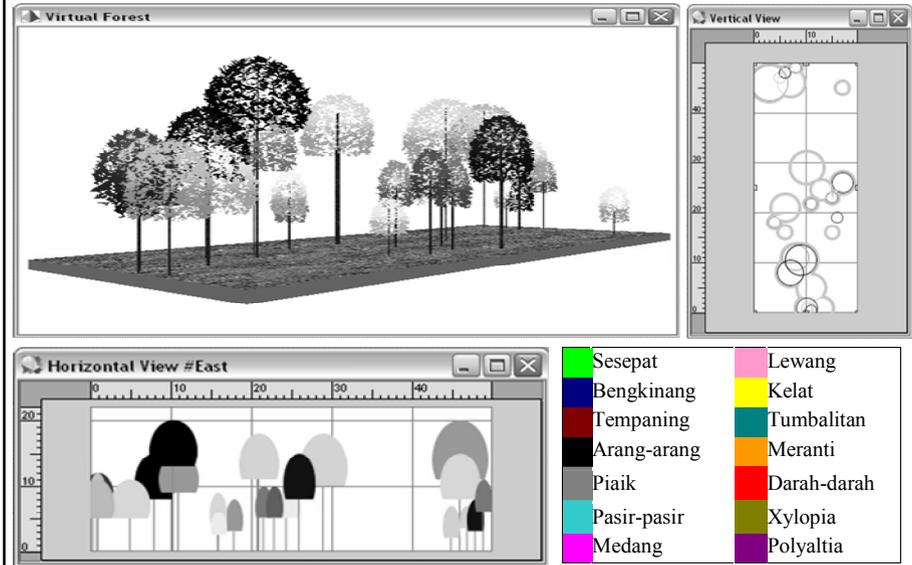




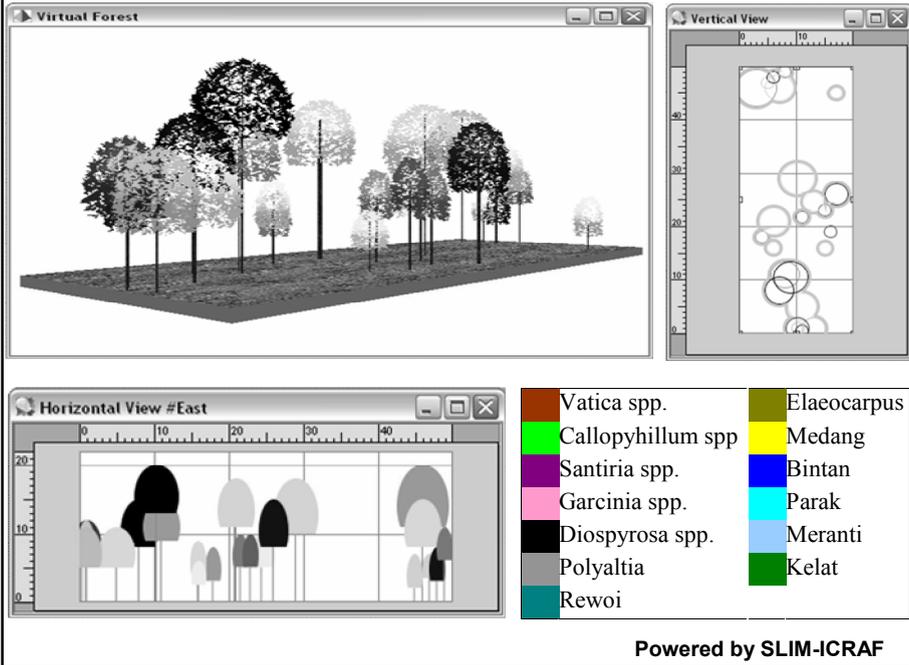
3 D view Primary Forest in Block A - EMRP



3 D view Secondary Forest in Block A - EMRP



3 D view Over logged PSF in Block A - EMRP



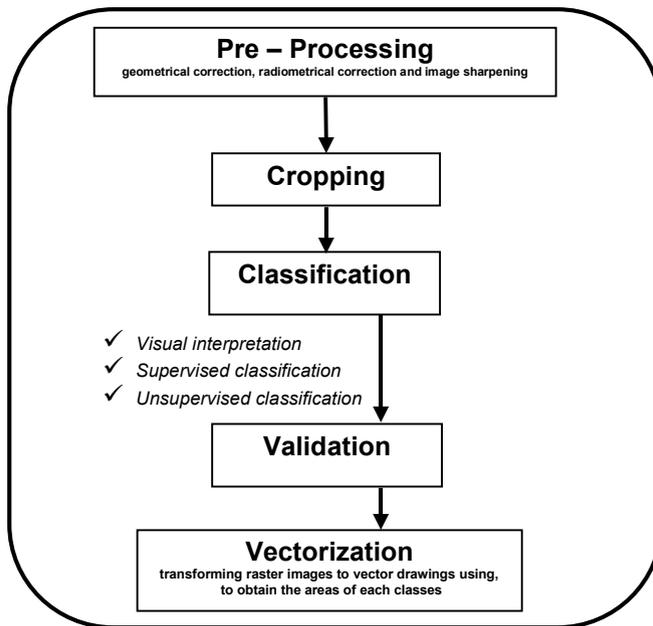
Vegetation analysis

- FR (seedling, sapling)
- DR (seedling, sapling)
- DoR (seedling, sapling, pole, tree)
- IVI (seedling, sapling, pole, tree)

- Index of H' (Shannon-Wiener)
- Index of E (Odum)
- Index of D (Simpson after Odum, 1971)

Various softwares are available (Turbo Veg, VegMan, Twin Span, etc)

Spatial - GIS works



Experience and common finding of Inventory in PSF

- Low access
- High cost
- Mostly accessed by water
- *Gonystylus bancanus* commonly found in “mixed PSF”
- Rarely found in field, commonly solitaire
- Work achievement of vegetation analysis: 3 – 5 plots (20 m x 50 m) /day (case study Berbak-AHL project)
- Effective group: 5-6 persons
- Most effective field arrangement: Flying camp



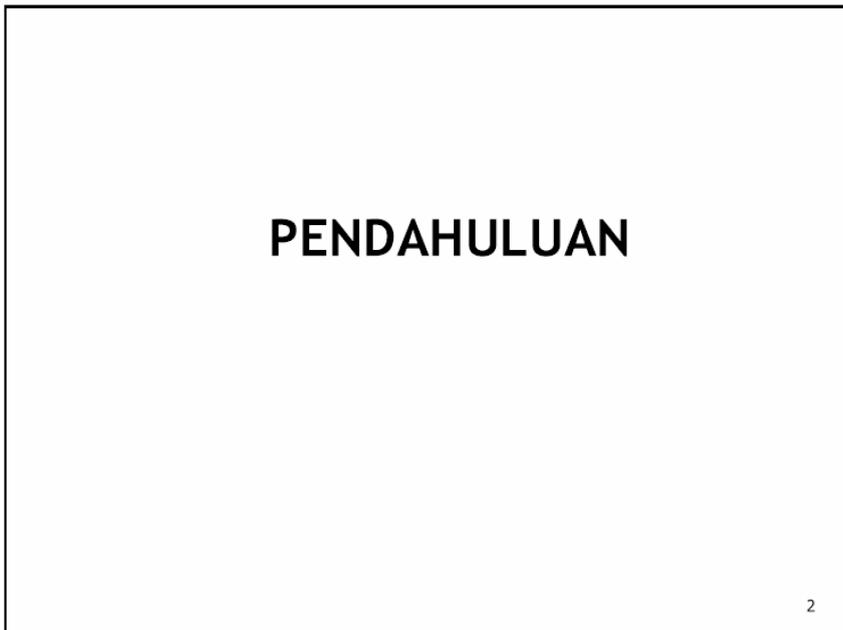
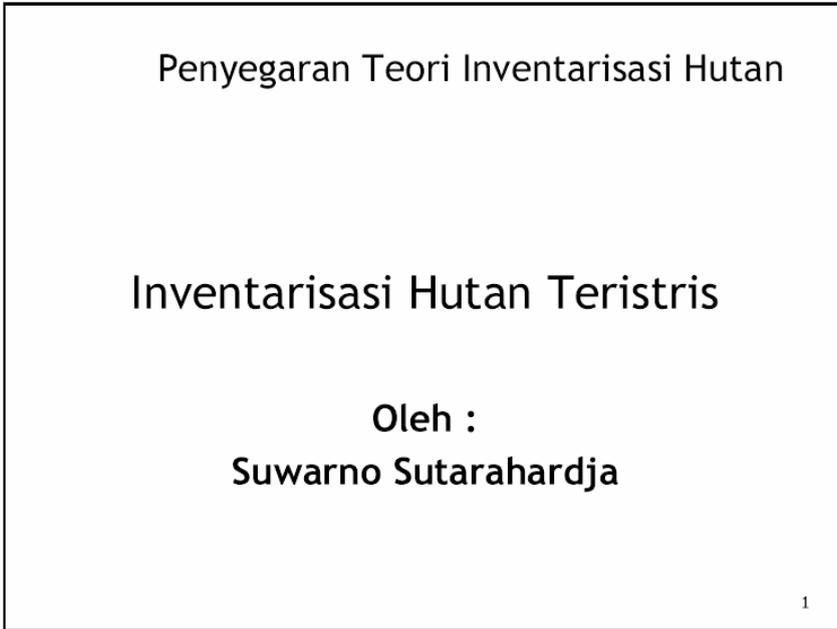
Challenge

- Application for certain species (Ex: Ramin) is not available
- Cost effective techniques for Forest Inventory in PSF
- Establishment data base for long term money

TERIMA KASIH

wibisono_itc@yahoo.com
wibisono_yoyok@wetlands.or.id

Lampiran 3. Bahan presentasi paper Inventarisasi Hutan Teristris oleh *Suwarno Sutarahardja*



Macam-macam Inventarisasi Hutan

Berdasar PP 44 Tahun 2004

- Inventarisasi hutan tingkat nasional
- Inventarisasi hutan tingkat wilayah
- Inventarisasi hutan tingkat DAS
- Inventarisasi hutan tingkat unit pengelolaan

3

Dasar-dasar Penarikan Contoh

- Mengapa sampling?
- Apa itu sampling?
- Kesalahan dalam sampling
- Populasi & contoh
- Bentuk dan ukuran unit contoh
- Cara pengambilan contoh
- Pengelompokan contoh

4

Cara Pengambilan Contoh

- Contoh dapat diambil secara:
 - Acak (*random sampling*):
 - Setiap unit contoh memiliki peluang yang sama untuk terpilih
 - Sistematis (*systematic sampling*):
 - Setiap unit contoh tidak memiliki peluang yang sama untuk terpilih
 - Tidak memiliki penduga ragam yang sah:
 - Dalam penerapannya, sering dimodifikasi menjadi “*systematic sampling with random start*”

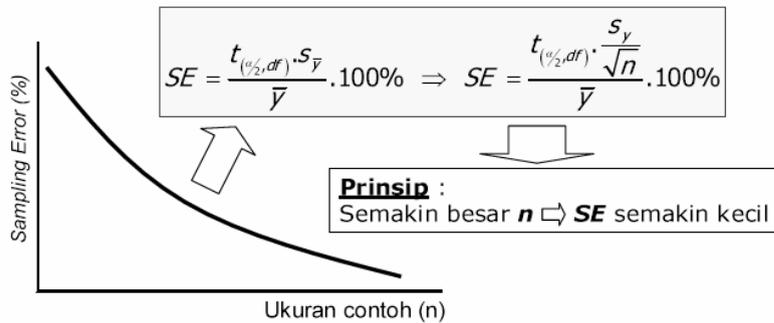
5

Penentuan Ukuran Contoh

- Berapa banyak contoh yang harus diambil?
- Faktor-faktor penentu:
 - Tingkat ketelitian pendugaan yang dikehendaki:
 - ditunjukkan oleh maksimum *sampling error (SE)* yang masih ditolerir
 - apabila SE kecil maka ukuran contoh harus lebih besar
 - Keragaman karakteristik populasi:
 - apabila populasi relatif heterogen maka ukuran contoh harus lebih besar.
 - Sumberdaya (biaya, waktu, tenaga) yang tersedia:
 - apabila sumberdaya terbatas maka ukuran contoh yang diambil dapat lebih sedikit

6

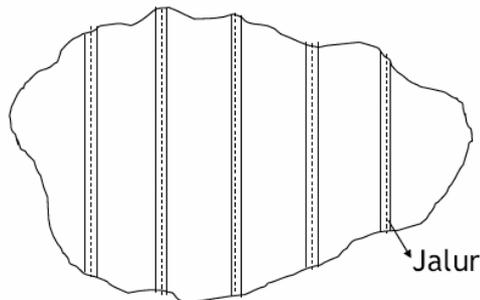
Penentuan ukuran contoh...(2)



7

Rancangan SYS Unit Contoh Jalur

- *Jalur (line/strip):*
 - plot empat persegi panjang: lebar dan panjang tertentu (misal: 20 m x 500 m)
 - dibuat tegak lurus garis kontur/sungai (mengapa?)
 - umum digunakan untuk inventarisasi di hutan alam

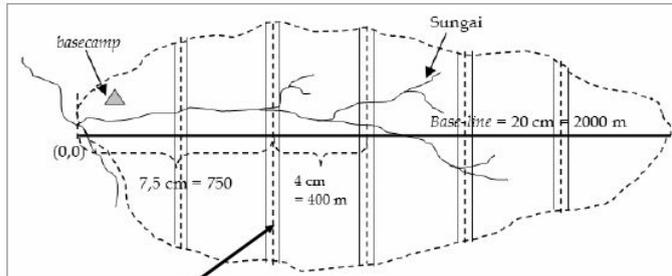


8

Rancangan SYS jalur...(5)

- Ilustrasi:

- Misal: panjang *base-line* = 2 km, N=100, IS=5%, n=5, k=400 m (4 cm pada skala peta 1: 10000)



$$\begin{aligned} \text{Jalur 1} &= \Rightarrow (\text{Nomor jalur I}) \times (\text{lebar jalur}) - (0,5 \times \text{lebar jalur}) \\ &= (38) \cdot (20 \text{ m}) - (10 \text{ m}) = 750 \text{ m} \end{aligned}$$

9

Apa IHMB....?

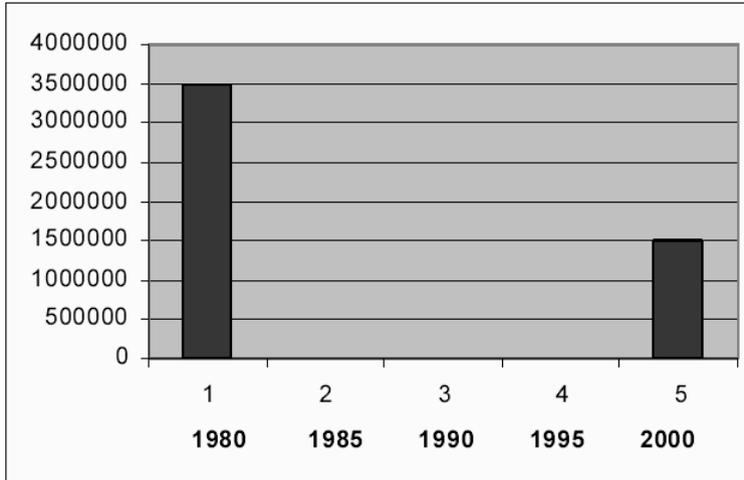
- Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala yang selanjutnya disebut IHMB adalah kegiatan pengumpulan data dan informasi tentang kondisi sediaan tegakan hutan (*timber standing stock*), yang dilaksanakan secara berkala 1(satu) kali dalam 10 (sepuluh) tahun **pada seluruh petak** didalam kawasan hutan produksi setiap wilayah unit pengelolaan/unit manajemen.
- Kegiatan inventarisasi hutan pada prinsipnya melakukan pendugaan karakteristik populasi tegakan hutan dengan menggunakan metode *sampling techniques*

Apa Tujuan IHMB.....?

- Tujuan IHMB, antara lain :
1. Untuk mengetahui kondisi sediaan tegakan hutan (*timber standing stock*) secara berkala.
 2. Sebagai bahan penyusunan RKUPHHK dalam hutan Alam dan atau RKUPHHK dalam hutan tanaman atau KPH sepuluh tahunan.
 3. Sebagai bahan pemantauan kecenderungan (*trend*) kelestarian sediaan tegakan hutan di areal KPH dan atau IUPHHK.

Mengapa Perlu IHMB.....?

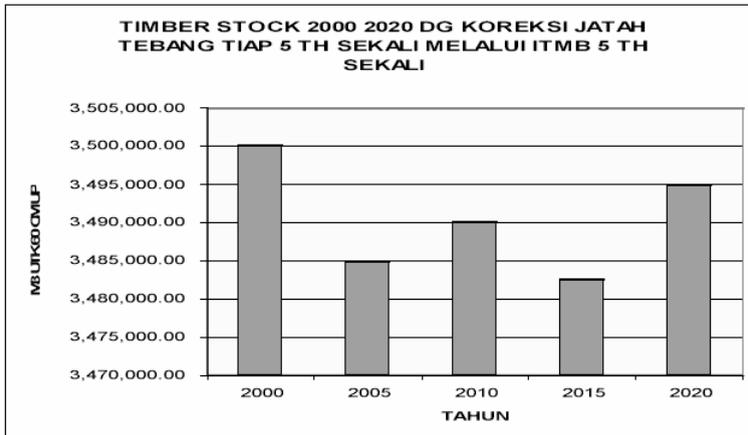
- Meskipun perkiraan etat sudah dianggap benar, dan penebangan setiap tahun tidak menyalahi ketentuan, yang nyata terjadi di lapangan (seiring dengan perjalanan waktu) tidak selalu sesuai dengan harapan kelestarian yang ditetapkan melalui penetapan jatah tebang dsb. Pengurangan volume tegakan bisa lebih dari yang semestinya.
- Oleh karena itu perlu kontrol tegakan. Apabila komitmen pengusaha adalah baik, mereka akan mengontrol sendiri kondisi tegakan secara menyeluruh setiap saat.
- Kontrol atau opname atau inventarisasi tegakan yang menyeluruh (IHMB) oleh Pemerintah maupun Pengusaha sudah dilakukan, tetapi dilaksanakan pada awal jangka pengusahaan. Duapuluh tahun kemudian baru dilakukan lagi, padahal mungkin badan usahanya sudah berganti. Akibatnya: periksa grafik 1



Mengapa perlu IHMB? (lanjutan)

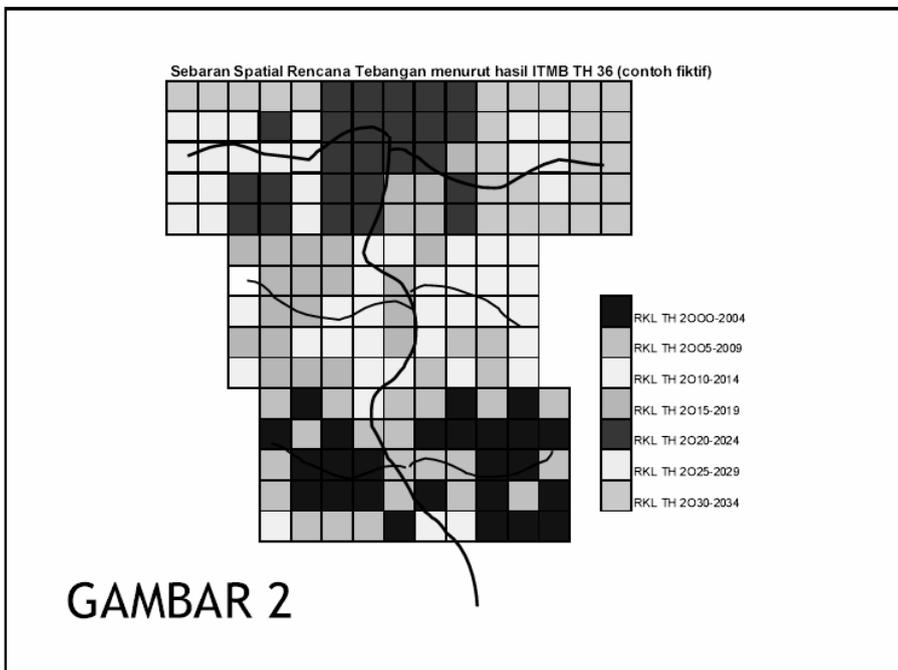
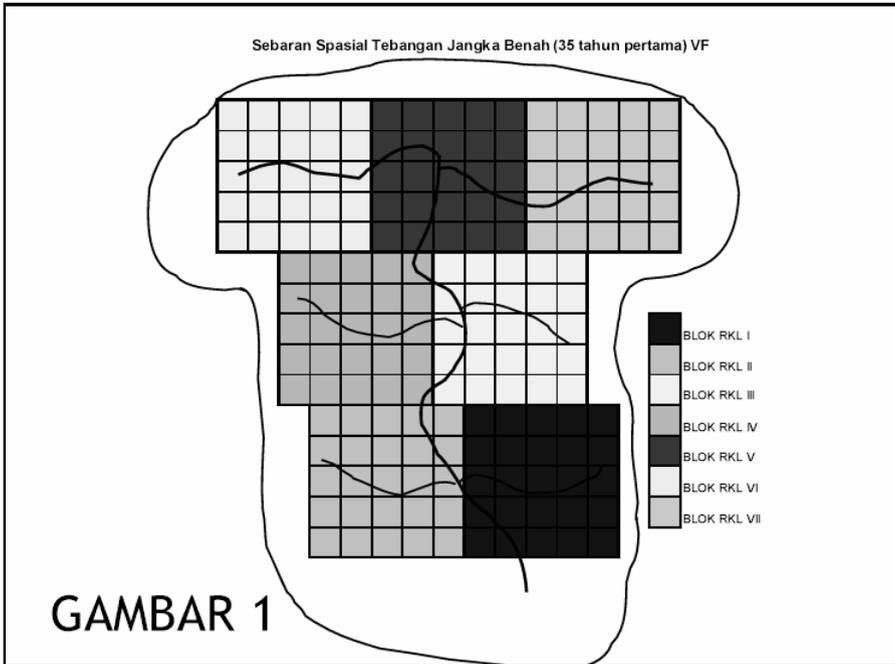
- Semakin lama jarak waktu di antara kontrol menyeluruh tegakan (IHMB) akan semakin lama pula pengetahuan Pemerintah maupun Pengusaha tentang *trend* tegakan sejalan dengan perjalanan waktu.
- Dengan 20 tahun sekali IHMB, kesempatan untuk mengoreksi manajemen baru bisa terjadi 20 tahun kemudian. Atau bahkan sering terjadi, belum mencapai waktu 20 tahun IUPHHK sudah dinyatakan sbg yang tidak aktif sehubungan dengan habisnya tegakan masak terbang.
- Oleh karena itu IHMB perlu dikoreksi dengan frekwensi yang lebih sering. Lima tahun sekali adalah ideal untuk diterapkan.
- Dengan IHMB minimal 10 tahun sekali (yang optimal adalah 5 tahun sekali), sehingga : (a) kondisi tegakan bisa diketahui lebih awal (b) jatah terbang bisa dikoreksi 10 tahun sekali. Artinya jatah terbang selama 10 tahun berikutnya didasarkan *stock* tegakan hasil IHMB pada awal periode 10 tahun ybs.
- Dengan koreksi jatah terbang diharapkan akan terjadi *trend* tegakan seperti digambarkan pada GRAFIK 2.

GRAFIK 2. TIMBER STOCK 2000 - 2020 DENGAN KOREKSI JATAH TEBANG TIAP 5 TAHUN SEKALI MELALUI IHMB 5 TAHUNAN



Mengapa perlu IHMB.....? (Lanjutan)

- Tebangan mulai tahun ke 36 (rotasi 35 tahun) tidak harus kembali ke petak/blok tebangan 35 tahun (umur lepas tebang atau ULT) 35 tahun yang lalu, melainkan tergantung hasil IHMB pada tahun ke 36 atau tidak harus kembali ke RKL I, sehubungan dengan *performance* tegakan tiap petak LOA yang tidak sama.
- Petak dengan kandungan *standing stock* yang tertinggi mendapat prioritas penebangan pada tahun ke 36 dst sesuai hasil *ranking*.
- IHMB 10 tahunan dilaksanakan untuk mengetahui *standing stock* setiap petak, dengan intensitas sampling tertentu dan dilaksanakan menyeluruh untuk seluruh areal.
- Output IHMB adalah peta tegakan dan daftar kandungan *standing stock* setiap petak.
- Dokumen daftar *standing stock* per petak harus disimpan abadi dalam buku register petak. Untuk apa ?
- Lihat diagram ringkas IHMB dan RKL LOA



HASIL IHMB

Sebaran Vol Tiap Petak 1 Jan 2000
sebelum di ranking

NO PETAK	VOL. TGK 60 CM UP (M3/HA)
1	33.88
2	34.65
3	33.10
4	28.97
5	35.39
6	35.67
7	27.01
8	26.42
9	39.19
10	24.48
11	22.44
12	14.99
13	14.00
14	17.66
15	19.21
16	14.05
17	39.73
18	49.20
19	47.93
20	48.72
21	16.41
22	14.46
23	9.89
24	11.49
25	11.80

Sebaran Vol Tiap Petak 1 Jan 2000
setelah di ranking ment vol/tgk m3/ha

NO PETAK	VOL. TGK. 60 CM UP (M3/HA)
18	49.20
20	48.72
19	47.93
17	39.73
9	39.19
6	35.67
5	35.39
2	34.65
1	33.88
3	33.10
4	28.97
7	27.01
8	26.42
10	24.48
11	22.44
15	19.21
14	17.66
21	16.41
12	14.99
22	14.46
16	14.05
13	14.00
25	11.80
24	11.49
23	9.89



Terima kasih

- Lampiran 4.** Bahan presentasi paper Pengolahan Citra Digital untuk Keperluan Inventarisasi Sumberdaya Hutan oleh *Muhamad Buce Saleh*.

PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK KEPERLUAN INVENTARISASI SUMBERDAYA HUTAN

Muhamad Buce Saleh
Departemen Manajemen Hutan, Fakultas
Kehutanan IPB
Mei, 2009

PENDAHULUAN

- Pada awalnya pengelolaan hutan lestari dan inventarisasinya berfokus kepada produksi berupa kayu (Hartig 1795; Cotta 1804),
- Dalam era modern sekarang ini, konsep inventarisasi hutan mendukung pandangan holistic terhadap hutan sebagai suatu ekosistem yang tidak hanya melihat produksi kayu namun juga manfaat lainnya dari keberadaan hutan (multi fungsi) dan sekaligus untuk memahami mekanisme dan fungsi-fungsi dalam sebuah ekosistem hutan (von Gadow et al. 2002; Corona et al. 2003).
- Perkembangan kebutuhan informasi tentang sumberdaya hutan dari waktu ke waktu senantiasa bertambah sesuai dengan kebutuhan praktek pengelolaan yang dilakukan atas sumberdaya hutan tersebut serta dampak yang dihasilkannya.

Pertambahan kebutuhan informasi tentang sumberdaya hutan di Amerika Serikat (after Lund 1997)

Timber	Multiple Resources Timber	Biomass Multiple Resources Timber	Global warming Biomass Multiple Resources Timber	Ekosistem Kehati HHBK Global warming Biomass Multiple Resources Timber	Lahan non hutan Habitat Hutan primer/tua Ekosistem Kehati HHBK Global warming Biomass Multiple Resources Timber
1950an	1960an	1970an	1980an	1990an	2000an

LANJUTAN... .

- Maksud penggunaan penginderaan jauh dalam kegiatan inventarisasi hutan dimulai sebagai alat bantu berupa peta (klasifikasi hutan), yang kemudian berkembang untuk pendugaan parameter-parameter hutan dan monitoring.
- Pada saat ini hampir semua data penginderaan jauh sudah dalam format digital (atau mudah untuk diubah kedalam digital) sehingga pengolahan datanya sudah sangat berkembang yang ditunjang oleh berkembangnya komputer, algoritma maupun perangkat lunaknya. Perkembangan tersebut membuat pengolahan data digital citra makin beragam.
- Oleh karena itu dalam penggunaan penginderaan jauh untuk melaksanakan inventarisasi hutan perlu dikenali pengolahan data digital yang sesuai untuk setiap maksud inventarisasi hutan (klasifikasi, pendugaan parameter atau monitoring).

PENGOLAHAN CITRA

- Citra dihasilkan oleh sensor dan wahana pembawanya. Citra dapat dibedakan menjadi citra analog (seperti hasil photo udara) dan citra digital (seperti hasil sensor satelit).
- Citra tersebut perlu diolah terlebih dahulu untuk memperoleh data/informasi yang diinginkan. Citra analog harus dikoreksi melalui proses optik, kecuali citra tersebut diubah terlebih dahulu menjadi format digital (melalui proses scanning atau digitizing) barulah dapat dikoreksi melalui proses digital. Citra analog yang telah dikoreksi dapat digunakan untuk ekstraksi informasi dan klasifikasi melalui proses interpretasi visual.
- Sedangkan citra digital dapat dikoreksi melalui proses digital dan selanjutnya dapat digunakan untuk mendapatkan informasi melalui proses ekstraksi dan klasifikasi secara digital.
- Dengan demikian proses pengolahan citra diperlukan sejak memperbaiki penampilan citra sampai dengan menghasilkan data/informasi yang diinginkan.

TAHAPAN PENGOLAHAN CITRA

1. Koreksi geometrik dan radiometrik: koreksi dilakukan karena adanya kesalahan yang berasal distorsi geometrik, noise, atmosferik dan lain-lain selama pengambilan gambar oleh sensor dan wahana pembawanya.
2. Perbaikan citra: dimaksudkan untuk mendapatkan penampakan citra yang sesuai dengan tujuan.
3. Ekstraksi informasi dan klasifikasi: dimaksudkan untuk memperoleh informasi sesuai dengan tujuan melalui penggunaan algoritma tertentu. Secara garis besar metodologi untuk memperoleh informasi dapat dilakukan secara visual dan digital.

KOREKSI GEOMETRIK

- Koreksi geometrik melibatkan kegiatan registrasi dan perbaikan bentuk geometri.
- Kegiatan koreksi geometri terutama penting apabila kita bekerja menggunakan:
 - Beberapa scene sekaligus
 - Beberapa citra antar waktu
 - Beberapa jenis citra
- Koreksi geometrik pada citra berskala kecil seperti NOAA, SPOT Vegetation, cukup sulit dikerjakan karena adanya pengaruh kesulitan mendapatkan titik kontrol yang tepat, kelengkungan bumi dan geometri sensor.
- Demikian pula sebaliknya pada citra yang berskala besar seperti Ikonos, Quickbird karena pengaruh topografi yang semakin besar.

KOREKSI RADIOMETRIK

- Koreksi radiometrik dimaksudkan untuk memperoleh nilai reflektan/radiance yang sebenarnya dari sebuah objek.
- Efek atmosferik terutama terjadi pada citra optik, dapat dihilangkan dengan beberapa cara:
 - pembetulan histogram
 - radiance to reflectance conversion
 - pembetulan regresi (linear regressions)
 - atmospheric modeling: koreksi Minnaerts.
- Untuk citra radar pengaruh topografi terhadap nilai backscatternya sangat terasa, antara lain mengakibatkan foreshortening dan noise/speckle, sehingga pemakaian radar didaerah bertopografi berat seringkali tidak/sulit dilakukan. Sampai saat ini belum diperoleh metoda yang tepat untuk melakukan koreksi radiometrik citra radar yang dapat menghilangkan pengaruh topografi.

PENAJAMAN RADIOMETRIK :

- Penajaman radiometrik dilakukan untuk memperoleh kontras yang lebih baik sehingga secara visual, objek-objek dapat dilihat lebih jelas. Hal ini penting ketika kita akan melakukan interpretasi visual, atau identifikasi objek untuk keperluan membuat training area dan titik kontrol, pembuatan mosaik citra, demikian pula apabila kita ingin membandingkan citra antar waktu.
- Pada dasarnya teknik ini menggunakan histogram, kemudian histogram tersebut diubah menjadi lebih lebar dengan menggunakan beberapa metoda berikut:
 - Dengan menggunakan nilai minimum dan maksimum citra (Min-max)
 - Berdasarkan standar deviasi citra
 - Pendekatan bentuk sebaran normal (menggunakan fungsi Gaussian ~ Gaussian stretch)
 - Menggunakan fungsi2 logaritmik dan atau eksponensial
 - Menggunakan ekualisasi histogram
 - Modifikasi kontras linier piecewise

PENAJAMAN SPATIAL

- Penajaman spasial mempunyai fungsi untuk: Penghalusan (smoothing), Deteksi batas (edge detection), Deteksi garis (line detection), Penajaman (Enhancement) dan Fusi citra.
- Pada umumnya, metode yang digunakan adalah menggunakan tehnik template (template techniques), dimana template, box atau jendela didefinisikan kemudian bergerak ke seluruh bagian dari citra. pada penajaman radiometrik hanya menggunakan satu piksel itu sendiri, sementara pada penajaman spasial menggunakan juga nilai2 piksel yang ada di sekitarnya.
- Prinsip kerjanya adalah menurunkan kontras (mengurangi kontras – menghilangkan noise – low pass filter) dan meningkatkan kontras (meningkatkan perbedaan antara penampakan obyek satu dengan lainnya – high pass filter).

Function	Description
Convolution	Uses a matrix to average small sets of pixels across an image.
Non-directional Edge	Averages the results from two orthogonal 1st derivative edge detectors.
Focal Analysis	Enables you to perform one of several analyses on class values in an image file using a process similar to convolution filtering.
Texture	Defines texture as a quantitative characteristic in an image.
Adaptive Filter	Varies the contrast stretch for each pixel depending upon the DN values in the surrounding moving window.
Statistical Filter	Produces the pixel output DN by averaging pixels within a moving window that fall within a statistically defined range.
Resolution Merge	Merges imagery of differing spatial resolutions.
Crisp	Sharpens the overall scene luminance without distorting the thematic content of the image.

PENAJAMAN SPEKTRAL

- Penajaman spektral menggunakan beberapa piksel dari band/saluran yang berbeda.
- Kegunaannya bermacam-macam, antara lain untuk penajaman objek, pemilihan band, fusi citra, kuantifikasi parameter objek, dan lain-lain.
- Dalam klasifikasi atau ketika kita ingin membuat fusi citra seringkali beberapa metoda tertentu membatasi pemakaian jumlah band, misal metoda RGB-HIS atau membuat komposit citra untuk visualisasi.
- Untuk melakukan hal ini dapat digunakan metoda OIF yang dikembangkan oleh Chavez et al (1982). Metoda ini berdasarkan pendekatan statistik yang memilih data yang paling tinggi variansnya

- Prinsip RGB ini setiap band dapat ditempat menjadi saluran warna R atau G atau B sehingga dapat membentuk komposit warna secara matematis setiap band sebaiknya mempunyai nilai 0-255.
- Penggunaan komposit multi sensor optik dapat ditemukan dalam Welch et al. (1985), dan Chavez (1987). Penggunaan komposit warna antara data citra optik dan radar menghasilkan visualisasi yang baik seperti dijelaskan oleh Aschbacher dan Lichtenegger (1990), Dallemand et al. (1992), Vomberger and Bindschadler (1992), Comhaire et al. (1994), Hinse and Coulombe (1994), Marek and Schmidt (1994), Oprescu et al. (1994), and Pohl et al. (1994).
- Fusi multisensor SAR dengan RGB dilakukan oleh Marek dan Schmidt (1994). Komposit Multitemporal ERS-1 SAR digunakan oleh Comhaire et al. (1994). Informasi dari reflektan spektral dan SAR (kekasaran permukaan) dapat meningkatkan penampilan citra. Dalam bidang geologi antara

- Transformasi RGB-HIS dan HIS-RGB sering dilakukan untuk penajaman warna dari data yang berkorelasi (Gillespie et al. 1986), penajaman feature (Daily 1983), peningkatan resolusi spasial (Welch and Ehlers 1987, Carper et al. 1990) dan fusi citra (Harris et al. 1990, Ehlers 1991).
- Penggunaan transformasi HIS dalam fusi citra banyak dijelaskan oleh Rast et al. (1991), Jutz and Chorowicz (1993), Koopmans and Richetti (1993), Oprescu et al. (1994), Smara et al. (1996), dan Yildimi et al. (1996).

- Kombinasi Aritmetik tertentu dari beberapa band dapat meningkatkan ketajaman citra, misal antara SPOT Pan dengan XS atau SPOT Pan dengan Landsat TM, demikian juga dengan citra SAR. Beberapa cara kombinasi tersebut antara lain:
 - Penjumlahan dan perkalian: Metoda ini berhasil baik diaplikasi pada data Landsat-TM dan SPOT PAN (Yesou et al. 1993). Pemilihan faktor skala dan bobot dapat meningkatkan hasil citranya. Penjelasan detail mengenai hal ini dapat dijumpai dalam laporan Simard (1982), Cliche et al. (1985), Pradines (1986), Price (1987), Welch and Ehlers (1987), Carper et al. (1990), Ehlers (1991), Mangolini et al. (1993), Munechika et al. (1993) dan Pellemans et al. (1993).
 - Ratio dan Diference : Citra ratio dan diference sangat sesuai untuk deteksi perubahan (Mouat et al. 1993). Ratio dapat digunakan untuk mengurangi pengaruh topografi, dan dapat membedakan tanah, air terhadap vegetasi.

INDEKS VEGETASI

- Indeks vegetasi merupakan indeks atau ratio yang dikembangkan menurut sifat-sifat spektral objek permukaan bumi (tanah, air dan vegetasi).
- Keragaman keadaaa jaringan sel sangat tergantung pada panjang gelombang yang mengenainya. Untuk daun segar, variasi terendah dijumpai pada daerah spektral visible (VIS) dan tertinggi pada daerah spektral infra merah dekat (NIR).
- Untuk serasah, variasi terendah pada VIS/NIR dan tertinggi pada SWIR, materi berkayu menunjukkan hal sebaliknya.
- Sedangkan leaf area index (LAI) dan Leaf angle distribution (LAD) merupakan peubah kontrol pada relektance tajuk, kecuali untuk tanah dan tutupan vegetasi sangat jarang.
- Sifat daun mempengaruhi tajuk pada panjang gelombang NIR, tapi LAI dan LAD kuat mempengaruhi hubungan spektral daun dengan tajuk. Materi berkayu berpengaruh terutama pada LAI diatas 0,5, serasah berpengaruh terutama pada semak atau padang rumput.
- Dengan demikian atribut struktur ekosistem akan mempengaruhi reflektan yang terjadi, selain jaringan sel daun, tajuk dan faktor landscapenya.
- Dengan demikian reflektan vegetasi merupakan fungsi jaringan sel (daun, batang, serasah), atribut tajuk, tanah, kelembaban, kondisi dan geometri pencahayaan (Goel, 1988; Myneni et al., 1989; Asner et al., 1998; Gates et al., 1965; Wessman, 1990; Curran et al., 1992; Fourty et al., 1996; Goward and Huemmrich, 1992; Baret et al., 1994; Kupiec and Curran, 1995).

- Indeks vegetasi Perpendicular (PVI) dari Richardson and Wiegand (1977)
 - $PVI = \sin a (NIR) - \cos a (red)$
- Sebuah indeks vegetasi menurut Lillesand and Kiefer (1987):
 - $VI = DVI = NIR - red$
- Jordan (1969) membuat ratio vegetation index:
 - $RVI = NIR/red$
- RVI dikembangkan menjadi normalized difference vegetation index (NDVI) :
 - $NDVI = (NIR - red)/(NIR + red) = (RVI - 1)/(RVI + 1)$
- Crippen (1990) mengembangkan infrared percentage vegetation index (IPVI):
 - $IPVI = NIR/(NIR + red) = 0.5 (NDVI + 1)$
- Huete (1988) mengajukan soil-adjusted vegetation index (SAVI):
 - $SAVI = (NIR - red) \times (1 - L)/(NIR + red + L)$
- Qi et al. (1994a) mengembangkan Modified Soil Adjusted Vegetation Index or MSAVI:
 - $L = 1 - 2 \times slope \times NDVI \times WdVI$
- WdVI adalah Weighted Difference Vegetation dari Clevers (1988)
 - $WdVI = NIR - slope \times red$
- Qi et al. (1994a) juga mengembangkan MSAVI2:
 - $MSAVI2 = 0.5 (2 \times NIR + 1) - \sqrt{(2 \times NIR + 1)^2 - 8(NIR + red)}$

- Apabila menggunakan banyak band dapat digunakan orthogonalisasi Gram-Schmidt untuk memperoleh perpendicular indeks vegetasi dan soil line.
- Penggunaan data MSS yang terdiri dari 4 band dikembangkan oleh Kauth dan Thomas (1976), untuk TM dat yang terdiri dari 6 band dikembangkan oleh Crist dan Cicone (1984).
- Transformasi tasseled cap dari Kauth dan Thomas (1976) merupakan kompresi multi-spektral menjadi unsur greenness untuk biomas, wetness untuk kelembaban, brightness untuk tanah, yellowness untuk kondisi vegetasi.
- Transformasi tasseled cap digunakan dengan data resolusi tinggi untuk mempelajari perubahan hutan dan penutupan (Rogan et al. 2002; Seto et al. 2002) dan daerah pasture (Todd et al. 1998).
- Sebuah metoda baru untuk analisis multispektral telah dikembangkan oleh ilmuwan Jepang (Fujiwara, N. K. et al., 1996; Furumi, S. et al, 1998; Muramatsu et al., 2000), yang disebut dengan metoda pattern decomposition. Metoda ini membuat dekomposisi multispektral menjadi tiga bentuk spektral standar (vegetasi, tanah dan air) dan dinormalisasi menjadi 1, koefisien vegetasi yang terbentuk dapat digunakan sebagai indeks vegetasi

- PCA sangat bermanfaat untuk kompresi data, penajaman, dan fusi citra. PCA merupakan teknik statistik yang mentransformasi data multivariate yang saling berkorelasi kedalam kombinasi linier yang tidak saling berkorelasi.
- Untuk menghasilkan citra fusi dapat dilakukan sebagai berikut:
 - Principle Componen Substitution: PC 1 dari PCA dari multichannel diganti dengan difference image (Chavez et al. 1991). Citra resolusi tinggi menggantikan PC1. Pendekatan serupa dengan PCS antara lain Colour stretch (Rothery dan Francis 1987) dan D-stretch (de-correlation stretch) (Ehlers 1987, Campbell 1993, Jutz dan Chorowicz 1993).
 - PCA dari semua data multi channels (Yesou et al. 1993). Semua channel baik dari citra resolusi tinggi maupun rendah dihitung PCAny.
 - Regresi substitusi peubah (Regression variable substitution): Regresi berganda menurunkan peubah kedalam fungsi linier dari multi peubah yang mempunyai korelasi maksimum dengan peubah bebasnya. Dalam fusi citra, prosedur regresi digunakan untuk membentuk kombinasi linier dari semua channel yang dapat digantikan oleh channel lainnya.
 - Substitusi Variate kanonikal (Canonical variate substitution): Teknik ini menghasilkan komposit band baru berdasarkan kombinasi linier dari band aslinya (Campbell 1993).

STRUKTUR HUTAN DALAM DATA SATELIT

- Tipe tajuk, tinggi dan kerapatan tegakan dapat diukur melalui metoda penginderaan jauh (Nelson et al., 1988). Indek vegetasi dapat digunakan untuk mempelajari penutupan hutan atau biomas (Tucker, 1979; Sellers, 1985; Sellers, 1987; Lillesand dan Kiefer, 1987; Peterson et al., 1988).
- Hasil kajian di hutan temperate yang menunjukkan hasil cukup menggembirakan dalam mengkaji sifat biofisik dengan band merah dan NIR serta NDVI, umumnya menghasilkan korelasi yang rendah untuk hutan tropis. Regenerasi hutan tropis dapat dipisahkan dengan menggunakan MIR dan TIR, dan kemungkinan lebih sensitif dibanding NIR dan visible dalam mengenali sifat-sifat tegakannya (Boyd D.S. et al., 1999).
- Penggunaan data satelit microve pasif maupun aktif banyak menggunakan panjang gelombang X, C, L dan P serta polarisasinya seperti HH, HV, VH dan VV. Dari beberapa kajian panjang gelombang L radar dan polarisasinya yang paling sesuai untuk kajian penutupan lahan dan vegetasi. Penggunaan L-radar diperkirakan akan lebih bermanfaat untuk mempelajari keadaan struktur (biomas, volume

- Di hutan boreal penggunaan SPOT dan Landsat TM menggunakan NIR dan MIR mempunyai hubungan dengan volume tegakan (Ripple et al., 1991; Fransson, J.E.S et al., 2001).
- Kajian penggunaan citra satelit dalam inventarisasi hutan umumnya cukup signifikan sampai lemah, yang berarti bahwa pendugaan volume akan akurat apabila meliputi area yang luas (Ahern et al., 1991).
- Di hutan pinus, struktur tegakan dicoba dipelajari, tinggi dan basal area merupakan atribut yang paling kuat berkorelasi dengan TM 3, 5 dan 7 (Puhr, C.B. dan D.N.M.Donoghue, 2000).
- Lee, N.J. et al. (1996) dengan menggunakan data Landsat TM menemukan korelasi antara NDVI dan biomas hutan pinus sebesar 0.85; antara hutan cedar di Jepang dengan DVI sebesar -0,83 dan antara DVI dengan hutan daun lebar di Jepang sebesar 0,80.
- Kimes, D.S. et al. (1999) dengan menggunakan SPOT XS menyatakan bahwa hutan primer tropis, hutan sekunder dan deforestasi dapat dikenali cukup akurat melalui penggunaan band 3 dan tekstur dari band 2 dan 3.
- Hasil penelitian Hyppa et al (2000) yang dilakukan di hutan boreal Finlandia tentang hubungan atribut tegakan dengan data citra: urutan hasilnya adalah SPOT XS, SPOT PAN, Landsat TM, FRS, SAR.

EKSTRAKSI INFORMASI DAN

KLASIFIKASI

- Berbagai pendekatan dan algoritma untuk mendukung proses identifikasi dan ekstraksi informasi dan digunakan untuk klasifikasi penginderaan jauh sudah banyak tersedia (Franklin 2001; Nyerges and Green 2000).
- Generasi metoda klasifikasi hybrid seperti neural network, fuzzy, nonparametrik Bayesian classifiers, expert systems sudah sangat berkembang dan banyak dipakai dalam memanfaatkan data citra satelit.
- Klasifikasi untuk menggali informasi dalam penginderaan jauh dapat dilakukan dengan cara visual dan digital. Kedua cara ini dalam inventarisasi hutan masih digunakan karena saling melengkapi.
- Keragaman hutan tropis yang tinggi antara lain yang membuat metoda klasifikasi visual masih memberikan hasil yang lebih baik dibanding metode digital, terutama dalam klasifikasi level yang lebih detail. Oleh karena itu penggunaan kombinasi kedua pendekatan tersebut sebaiknya dipertimbangkan.

METODA KLASIFIKASI DIGITAL

- Identifikasi pola dikenal sebagai klasifikasi pola atau cukup disebut klasifikasi, secara umum merupakan area bidang statistik multivariate (Duda dan Hart, 1973; Anderson, 1984; Castleman, 1996) merupakan proses yang berkaitan dengan pengelompokan objek tertentu melalui adanya kesamaan sehingga aturan keputusan dapat dilakukan (Haralick dan Shapiro, 1993).
- Tujuan utama dari sebuah prosedur klasifikasi adalah untuk menjelaskan derajat kesamaan atau ketidaksamaan dari semua objek dan keduanya adalah untuk memilih aturan yang cukup (algoritma) sehingga setiap objek dapat dipisahkan menjadi kelompok yang masing-masing mempunyai sifat atau ciri yang sama (Mertikas, P. and M. E. Zervakis, 2001).

Algoritma Klasifikasi yang banyak digunakan

Pengklasifikasi	Kelebihan	Kekurangan
Parallelepiped	Cepat dan sederhana;	Pixel dapat diklasifikasikan diluar nilai rata-rata
Minimum distance	Tidak ada unclassified pixels; Cepat	Tidak mempertimbangkan kovarian kelas
Mahalanobis	Mempertimbangkan matrik kovarian	Parametrik sehingga harus memenuhi asumsi distribusi normal
Maximum Likelihood/ Bayesian	Relatif akurat;	Biaya komputasi mahal, asumsi distribusi normal; terjadi over klasifikasi pada pixel yang mempunyai nilai besar dalam matrik kovarian
Neural network	Distribution-free;	Proses training lambat; tidak ada teori dasarnya; menggunakan peluang setelah selesai proses training
Theory of evidence	Tidak hanya data statistik juga data nominal; dapat handle data berdimensi tinggi; justifikasi lebih alami (sesuai dengan kebiasaan)	Memerlukan fungsi belief

- Pendekatan tradisional statistik parametrik dalam klasifikasi supervised meliputi Euclidean, minimum distance, maximum likelihood, maximum *a posteriori*, mahalnobis distance classifiers (Curran, 1985; Campbell, 1987; Richards, 1993), membutuhkan data digital dan asumsi model statistik parametrik seperti distribusi Gaussian-normal.
- Metoda ini tidak didisain untuk handle data dari sumber yang berbeda atau mempunyai akurasi yang berbeda dan data yang non numeric.
- Masalah utama yang mungkin dalam pendekatan ini adalah tidak terpenuhinya asumsi model dan membutuhkan non singular matrik kovarian yang spesifik, misalnya hutan daun jarum dengan hutan daun lebar apabila ingin digabung karena level yang lebih global akan sulit dapat dipenuhi.

- Neural networks serupa dengan algoritma K-nearest neighbor algorithms, meskipun neural networks lebih efisien dan membutuhkan data training yang lebih sedikit.
- Keuntungan memakai neural network antara lain adalah bebas asumsi distribusi model, yang dalam hal multi band sering kali tidak dapat dipenuhi, misalnya sebuah kelas dapat berupa sekumpulan kluster.
- Sehingga perbedaan fundamental pendekatan statistik dengan neural network adalah pendekatan statistik tergantung pada asumsi model, sedangkan neural network tergantung pada data. Oleh karena itu dengan neural network dimungkinkan untuk menggabungkan beberapa sumber data sekaligus.

- Sekarang ini terdapat kecenderungan penelitian dengan menggunakan teori fuzzy untuk klasifikasi data citra (Gopal and Woodcock, 1994).
- Pendekatan Fuzzy sangat sesuai apabila batas antar objek tidak begitu tegas.
- Dalam pendekatan gabungan neuro-fuzzy, kekuatan neural network dikombinasikan dengan logika fuzzy yang membuat ketidakpastian dalam klasifikasi dapat diperhitungkan dan diminimalisir (Atkinson *et al.*, 1997).
- Demikian juga penggabungan pendekatan neural network dengan klasifikasi statistik dapat menghasilkan yang lebih akurat dibandingkan dengan melekepekan masing-masing.

- Teori Bayesian klasik berkenaan dengan peluang data dalam asumsi distribusi model tertentu dan logika Bayesian bagi uji hipotesisnya.
- Pendekatan neural network mampu menghilangkan asumsi model distribusinya, tapi masih menerapkan logika Bayesian dalam klasifikasinya.
- Teori evidence memperkenalkan adanya derajat ignorance kedalam persoalan klasifikasi melalui penjelasan pendekatan (approximasi).
- Dalam sebuah penentuan kelas, biasanya hanya didasarkan atas peluang dari kelas itu saja, padahal apabila ada ketidakpastian maka peluang tersebut bisa saja tidak terjadi.
- Dalam teori evidence peluang tersebut dibuat dalam bentuk interval yaitu berupa nilai batas bawah dan batas atas peluang.
- Sedangkan teori fuzzy menyatakan adanya ketidakpastian dalam bentuk definisi dari setiap kelasnya, dengan demikian juga menhandle adanya ketidakpastian.

Prosiding Technical Workshop 2009

Author	Sampling strategy				
	Unrestricted		Stratified		
	Random	Systematic	Random	Unaligned Systematic	Combined Multistage
Hord and Brooner (1976)	v				
Lins (1978)		v			
Fitzpatrick (1977)			v		
Van Genderen <i>et al.</i> (1978)			v		
Latham (1979)		v			
Hay (1979)	v				v ¹⁾
Ginevan (1979)	v ³⁾				
Rosenfield and Melley (1980)				v	
Strahler (1981)			v		
Fitzpatrick-Lins (1980, 1981)				v	
Aronoff (1982a)	v ³⁾				
Aronoff (1982b)	v ³⁾				v ¹⁾
Card (1982)	v		v		
Rosenfield <i>et al.</i> (1982)					v ²⁾
Stehman (1996)			v		

Authors	Key words	Overall accuracy	Class accuracy	Classifier comparison
Rosenfield (1981)	Variance techniques	v	-	-
Aronoff (1982a)	Producer's risk and user's risk	v	v	-
Maxim and Harrington (1983)	Pseudo-Bayesian estimates in multivariate analysis	v	-	-
Congalton (1991)	Confusion matrices	v	v	-
Czaplewski (1992), Zhu <i>et al.</i> (1996)	Multivariate composite estimator	v	-	
Gopal and Woodcock (1994), Woodcock (1996)	Fuzzy analysis	v	v	-
Kanungo <i>et al.</i> (1995)	Operating characteristics	-	v	v
Ma and Redmond (1995a)	tau coefficient	v	v	-
Zhuang <i>et al.</i> (1995)	Tukey analysis	v	v	v
Richards (1996)	Bayesian estimates of map accuracy	v	v	-
Smits, PC. <i>et al.</i> (1999)	Confusion matrices, RS system evaluation estimated absolute cost of error	v	v	v

Prosiding Technical Workshop 2009

Pengolahan Citra	Klasifikasi			Kuantifikasi Parameter			Monitoring		
	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar
Koreksi Geometri:	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv
• Geometri sensor	vvv	vv	vvv	vvv	vv	vvv	vvv	vv	vvv
• Rotasi bumi pada waktu perekaman	vvv	vv	vvv	vvv	vv	vvv	vvv	vv	vvv
• Pengaruh kelengkungan bumi	vvv	vv	vvv	vvv	vv	vvv	vvv	vv	vvv
• Efek panoramik (sudut pandang)	vv	vv	vvv	vv	vv	vvv	vv	vv	vvv
• Pengaruh topografi	vv	vv	vvv	vv	vv	vvv	vv	vv	vvv
• Pengaruh gravitasi bumi	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv
Koreksi Radiometrik:	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv
• pembetulan histogram	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv
• radiance to reflectance conversion	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv
• pembetulan regresi	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vv
• atmospheric modeling: koreksi Minnaerts	vv	vv	vv	vvv	vvv	vvv	vvv	vvv	vvv
• Pengaruh topografi	vv	vv	vvv	vv	vv	vvv	vv	vv	vvv

Pengolahan Citra	Klasifikasi			Kuantifikasi Parameter			Monitoring		
	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar
Penajaman Radiometrik:	vvv	vvv	vvv	vv	vv	vv	vv	vv	vv
• Nilai min dan maks	vvv	vvv	vv	vv	vv	vv	vvv	vvv	vv
• Standar deviasi citra	vvv	vvv	vv	vv	vv	vv	vvv	vvv	vv
• Sebaran normal	vvv	vvv	vv	vv	vv	vv	vvv	vvv	vv
• Fungsi2 log-eksponen	vvv	vvv	vv	vv	vv	vv	vvv	vvv	vv
• Ekualisasi histogram	vvv	vvv	vv	vv	vv	vv	vvv	vv	vv
• Limier piecewise	vv	vv	vv	vv	vv				
Penajaman Spatial:	vv	vv	v	v	v	v	vvv	vvv	
• Convolution	vv	vv	v	v	v	v			
• Non-directional Edge	vv	vv	v	v	v	v			
• Focal Analysis	vv	vv	v	v	v	v			
• Texture	vv	vv	v	v	v	v			
• Adaptive Filter	vv	vv	v	v	v	v			
• Statistical Filter	vv	vv	v	v	v	v			
• Resolution Merge	vvv	vvv	vvv	vv	vv	vv			
• Crisp									

Pengolahan Citra	Klasifikasi			Kuantifikasi Parameter			Monitoring		
	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar
Penajaman Spektral:	vvv	vvv	vv	vv	vv	vv	vvv	vvv	
• OIF	vv	vv	vvv	vv	vv	vv	vvv	vvv	
• Transformasi RGB-HIS	vv	vv	vv	vv	vv	vv	vvv	vvv	
• Kombinasi Aritmetik	vv	vv	vv	vvv	vvv	vv	vvv	vvv	
• Indek Vegetasi	vvv	vvv	vv	vvv	vvv	vv	vvv	vvv	
• PCA	vvv	vvv	vv	vv	vv	vv			
Ekstraksi Informasi:									
• Interpretasi visual	vv	vv	vvv				vv	vv	vvv
• Parallelepiped	vv	vv	vvv				vv	vv	vvv
• Minimum distance	vv	vv					vv	vv	
• Mahalanobis	vv	vv					vv	vv	
• Maximum Likelihood/ Bayesian	vvv	vvv					vvv	vvv	
• Neural network	vvv	vvv					vvv	vvv	
• Theori evidence	vvv	vvv					vvv	vvv	

PENUTUP

- Penggunaan pengolahan citra dalam kegiatan inventarisasi hutan sudah sangat berkembang dan memungkinkan kegiatan ini dilaksanakan dengan lebih mudah, praktis dan terintegrasi dengan kegiatan lainnya.
- Oleh karena itu perlu dipelajari dan disepakati lebih lanjut bagaimana kemungkinan alur proses yang paling memberikan hasil optimum tidak hanya bagi pencapaian tujuan inventarisasi hutan itu sendiri, melainkan juga lebih memberikan kemudahan dan kecepatan bagi kegiatan perencanaan dan pembuatan kebijakan dalam pengelolaan sumberdaya hutan lestari.
- Berkembangnya kebutuhan informasi tentang sumberdaya hutan yang lebih beragam dan lebih cepat serta perkembangan sumber data yang makin beragam dan kemampuan pengolahan data citra mendorong untuk mengaplikasikan multi resources forest inventory baik pada level nasional, regional maupun unit

TERIMA KASIH



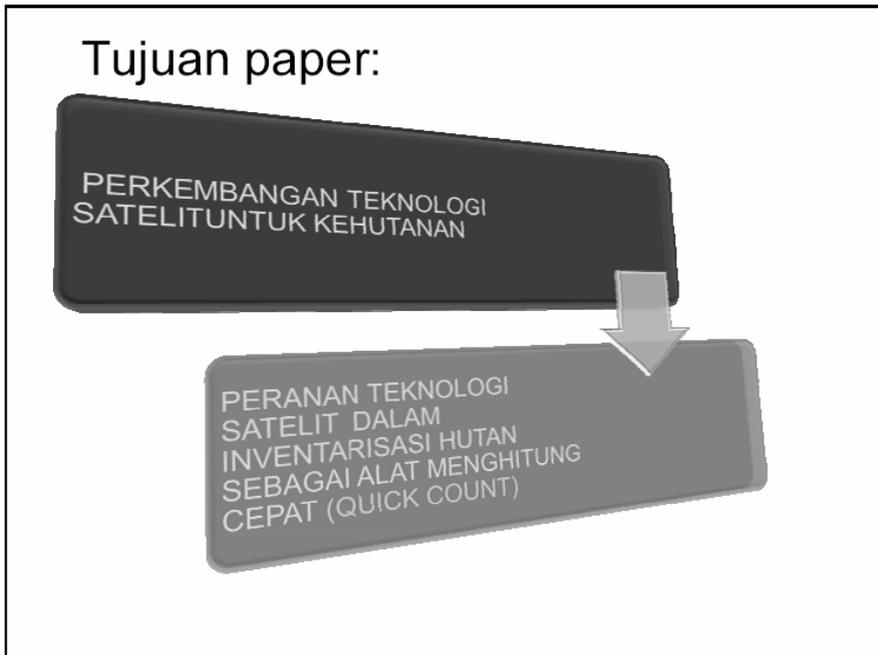
- Lampiran 5.** Bahan presentasi paper Quick Forest Resources Inventory Techniques Using Remotely Sensed Data: A Multistage and Multiphase Approaches oleh I Nengah Surati Jaya.

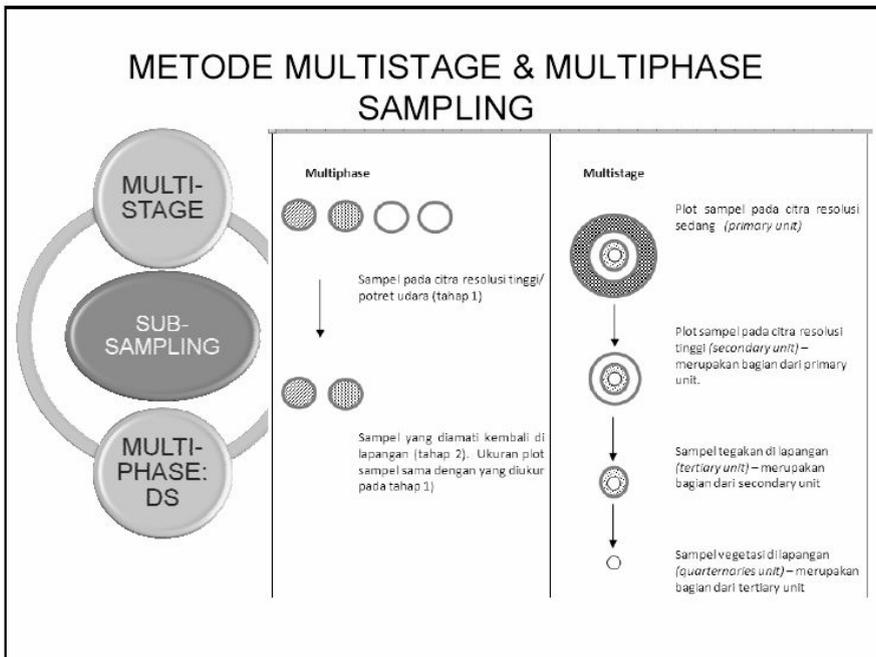
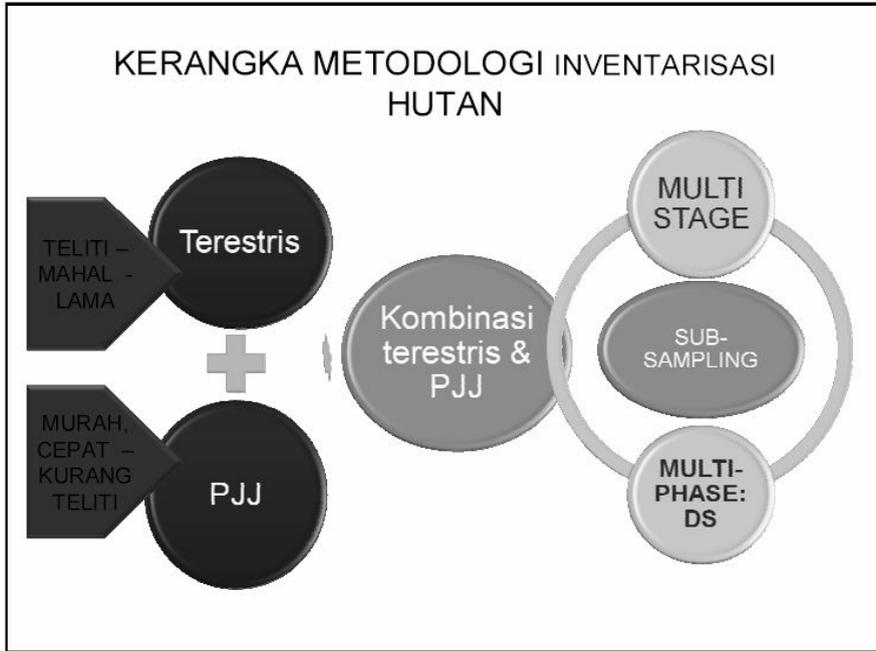
**QUICK FOREST RESOURCES INVENTORY
TECHNIQUES USING REMOTELY SENSED
DATA: A MULTISTAGE AND MULTIPHASE
APPROACHES**

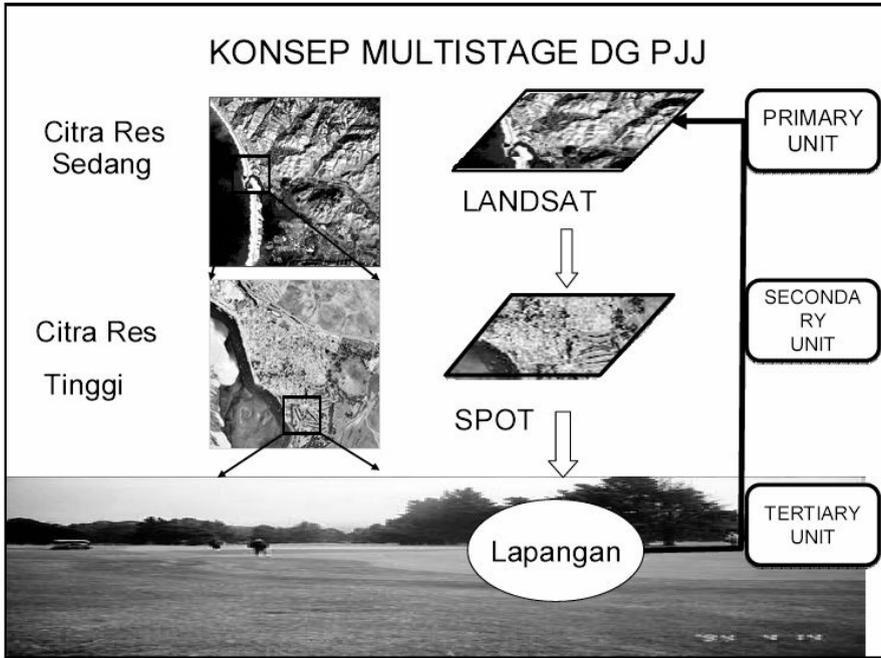
**TEHNIK INVENTARISASI SDH
CEPAT MENGGUNAKAN DATA
PENGINDERAAN JAUH:
PENDEKATAN MULTITINGKAT DAN
MULTITAHAP**

Latar Belakang

- Pengelolaan hutan berkelanjutan → memerlukan informasi “pra-kondisi” hutan & kawasannya
- Informasi yang penting: tutupan hutan, potensi hutan & sebarannya
- Desakan terhadap kawasan hutan (konversi hutan), penebangan liar, kebakaran hutan → hutan mengalami perubahan secara cepat
- Perlu *updating* kondisi sumber daya hutan secara periodik dalam pengelolaan kawasan hutan
- Keterbatasan survei terestris dalam pengambilan data → biaya, waktu, SDM, akses
- Perlunya Quick Count dengan Teknologi penginderaan jauh



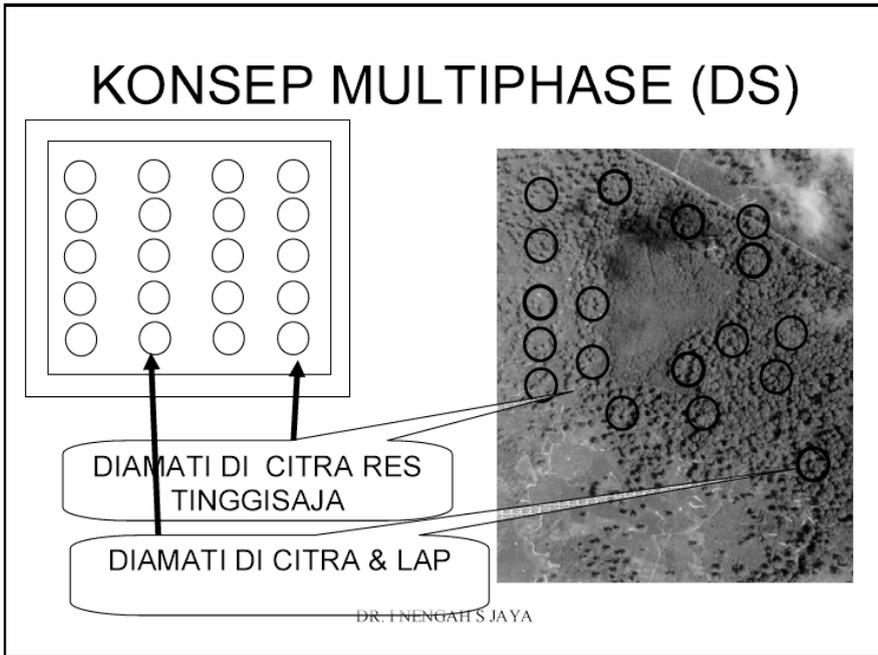




PENGGUNAAN CITRA PD MULISTAGE INVENTORY

Tingkat	Kriteria cluster /unit:	Citra
1: Primary unit : • Blok RKT	kombinasi tipe hutan(mangrove, rawa & lahan kering), hutan primer & hutan sekunder & kerapatan tegakan (rapat, sedang dan jarang)	Citra resolusi sedang: ETM(?), SPOT 3/4/5 XS, ALOS
2: Secondary unit •Petak	Bisa dengan stratifikasi: •Kerapatan tajuk (C), •jumlah pohon (N) dan/ atau • diameter tajuk (D)	IKONOS QUICKBIRD SPOT 5 SUPERMODE PU/ CASI
3: Tertiary unit	Pengamatan potensi tegakan	Lapangan

•Pilot contoh



Tujuan

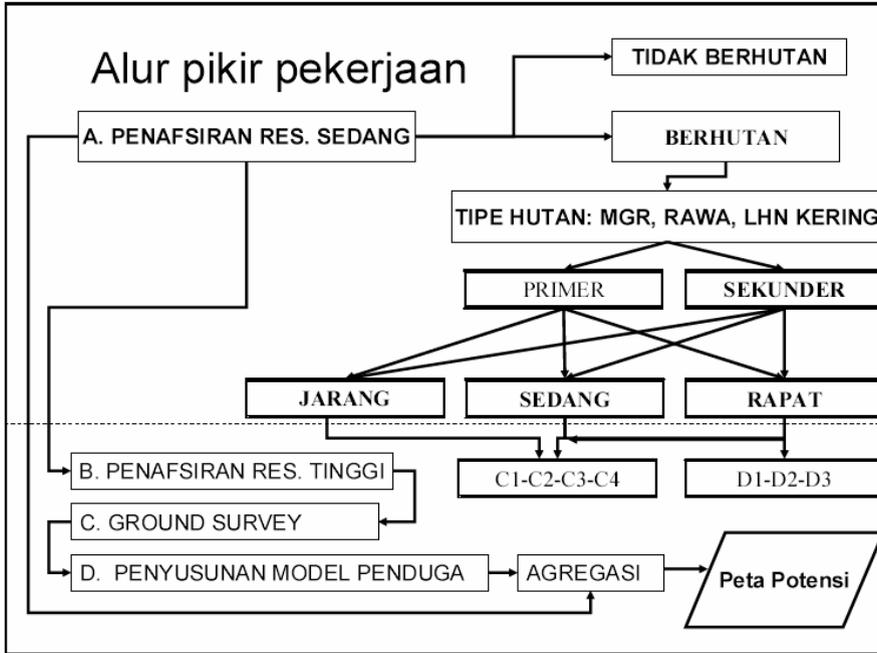
- Mendapatkan peta sebaran potensi sumber daya hutan (volume tegakan) Kalimantan
- Mengembangkan metode dan membangun model penaksiran Quick Count dengan teknik multistage → lapangan – Citra resolusi tinggi – resolusi sedang
- Mendapatkan data dan peta hasil penafsiran kelas potensi citra resolusi sedang (TM & SPOT4) (→ sec visual → digitasi *on screen*).

Tujuan (2)

- Mendapatkan data dan peta hasil penafsiran kelas potensi citra resolusi tinggi (→ digitasi *on screen*).
- Mendapatkan data volume dan diagram vertikal dan horizontal pohon dari pengolahan data hasil pengecekan lapangan.

Output

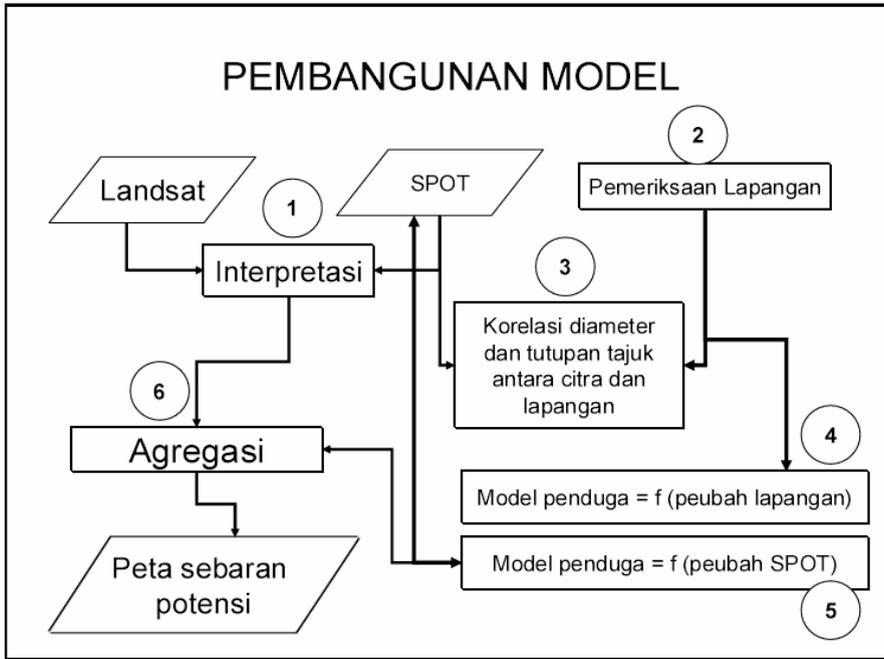
- Peta sebaran estimasi potensi sumber daya hutan Pulau Kalimantan
- Matriks estimasi potensi hutan
- Monogram citra SPOT resolusi tinggi untuk hutan Kalimantan
- Model penduga Potensi Kayu di Kalimantan dengan citra SPOT resolusi tinggi



STRATIFIKASI

Tipe Hutan	Tingkat Suksesi	Kerapatan (Landsat)	Penutupan Tajuk [C] Diameter Tajuk [D]
<ul style="list-style-type: none"> • Mangrove • Rawa • Lahan Kering 	<ul style="list-style-type: none"> • Primer • Sekunder 	<ul style="list-style-type: none"> • Rapat • Sedang • Jarang 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ C1: 10-30 % ▪ C2: 31-50 % ▪ C3: 51-70 % ▪ C4: > 70 % • D1: < 10 m • D2: 10-20 m • D3: > 20 m

C2D1



MODEL-MODEL YANG DIUJI

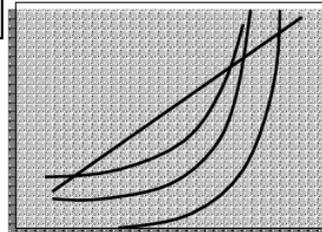
- Pengujian Peubah Lap = f (peubah citra)
- Pengujian Vol lap = f (peubah lapangan)
- Pengujian Vol lap = f (peubah citra – CD)
- Agregasi SPOT → LANDSAT

BLUE (Best Linear Unbiased Estimator)

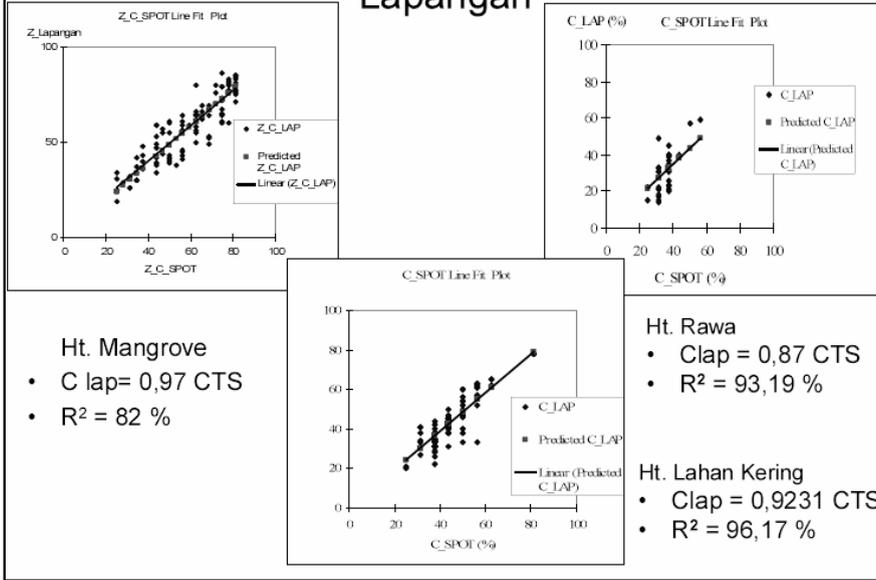
- Uji Linearitas (F)
- Uji Homoskedastisitas (~varians)
- Non Autokorelasi (Durbin-Watson)
- Uji Non Multikolinieritas (R & F)

Bentuk Model yang Diuji

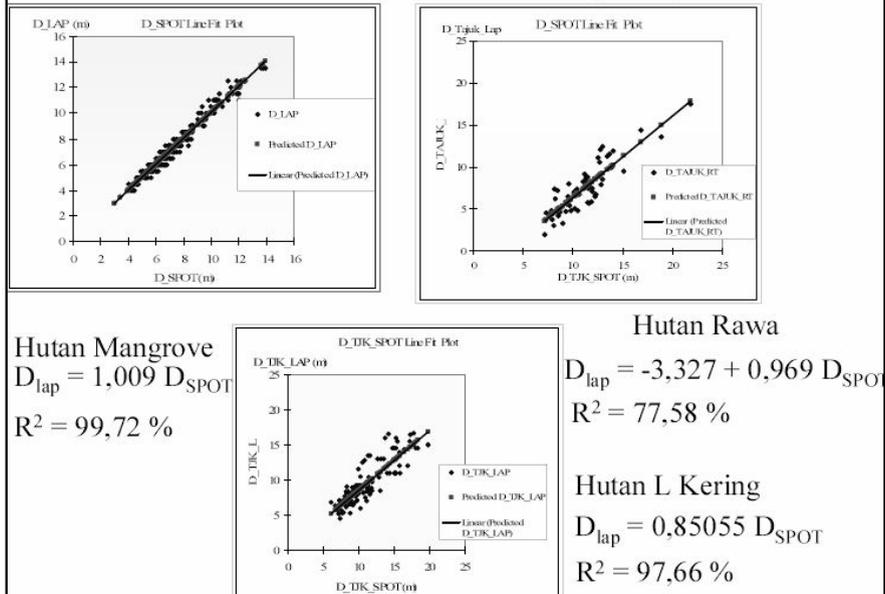
- Linier
- Pangkat
- Kuadratik
- Eksponensial



Konsistensi Pengukuran C pd SPOT vs Lapangan



Korelasi Dlap vs DTS (citra)

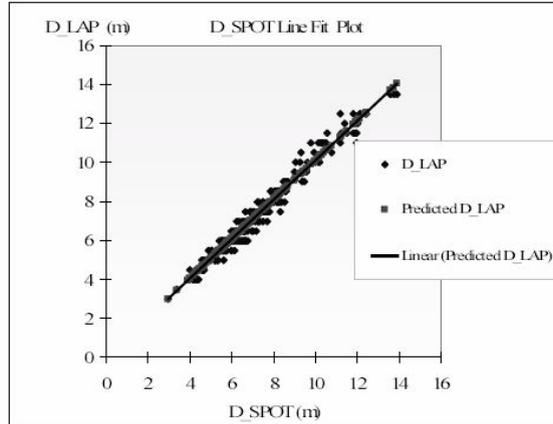


PEUBAH PENDUGA POTENSI (DIAMETER TAJUK / D)

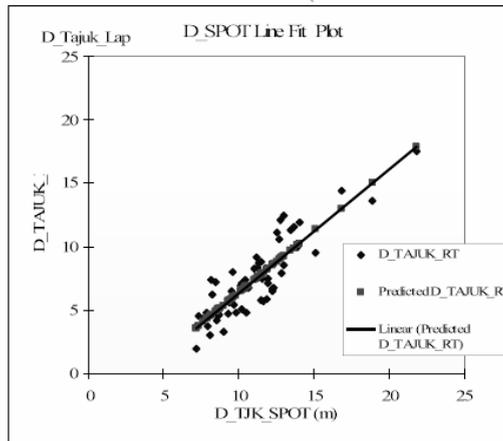
Hutan Mangrove

$$D_{lap} = 1,009 D_{SPOT}$$

$$R^2 = 99,72 \%$$



PEUBAH PENDUGA POTENSI (DIAMETER TAJUK / D)



Hutan Rawa

$$D_{lap} = -3,32723 + 0,96946 D_{SPOT}$$

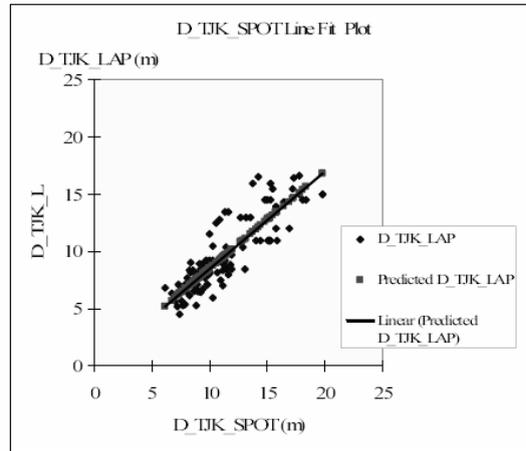
$$R^2 = 77,58 \%$$

PEUBAH PENDUGA POTENSI (DIAMETER TAJUK / D)

Hutan Lahan Kering

$$D_{lap} = 0,85055 D_{SPOT}$$

$$R^2 = 97,66 \%$$



MODEL PENDUGA POTENSI = f (peubah lap)

Hutan Mangrove

$$Vbc = DT^{1.40157} \quad (R^2 = 99.38\%)$$

$$Vbc = 0.637702 DT^{1.596386} CT^{0.030271} \quad (R^2 = 77.24\%)$$

$$Vbc = 0.664282 DT^{1.64219935} \quad (R^2 = 77.21\%)$$

$$Vbc = -4.3484 + 2.7365 DT + 0.0101 CT \quad (R^2 = 70.65\%)$$

$$Vbc = -4.59043 + 2.877799 DT \quad (R^2 = 70.55\%)$$

$$Vbc = 3.107306042 + 0.259391123 D^2 \quad (R^2 = 66.44\%)$$

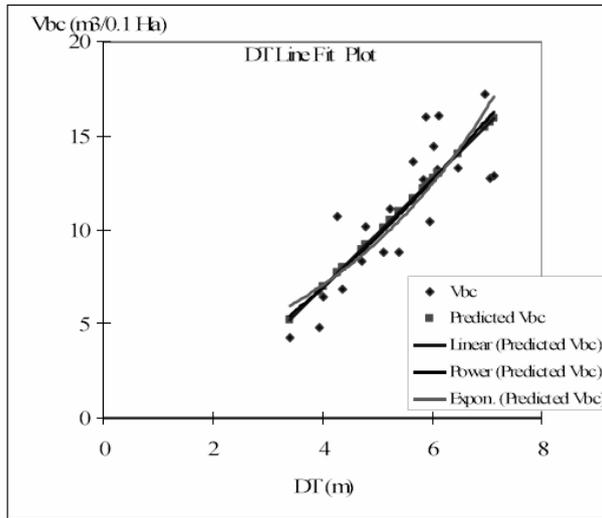


Diagram Pencar antara diameter tajuk dengan volume per 0,1 Ha pada hutan mangrove

MODEL PENDUGA POTENSI

Hutan Rawa

$$\mathbf{Vbc = 0.043961 DT^{1.905767} CT^{0.891634} \quad (R^2 = 86.65\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = 0.3276266 CT^{1.20488513} \quad (R^2 = 82.50\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = -18.581999 + 4.85050951 DT + 0.45188638 CT \quad (R^2=77.77\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = -0.82723182 + 0.6857264 CT \quad (R^2= 70.53\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = 0.004647 DT^{5.016371} \quad (R^2 = 67.38\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = 2.267672 e^{0.074356 CT} \quad (R^2 = 66.92)}$$

$$\mathbf{Vbc = 0.056265 e^{1.111513 DT} \quad (R^2 = 65.43\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = -11.4108 + 1.096243 DT^2 \quad (R^2 = 64.77\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = -33.0088549 + 9.828938962 DT \quad (R^2=63.41\%)}$$

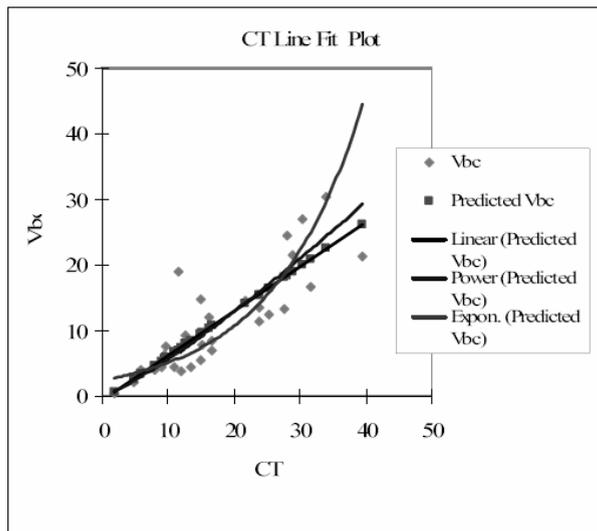


Diagram Pencar antara diameter tajuk dengan volume per 0,1 Ha pada hutan rawa

MODEL PENDUGAAN POTENSI

Hutan Lahan Kering

$$\mathbf{Vbc = -0.12043 DT^2 + 0.872373 CT \quad (R^2 = 94.17)}$$

$$\mathbf{Vbc = 2.6649 - 0.1431 DT^2 + 0.8331 CT \quad (R^2= 68.9\%)}$$

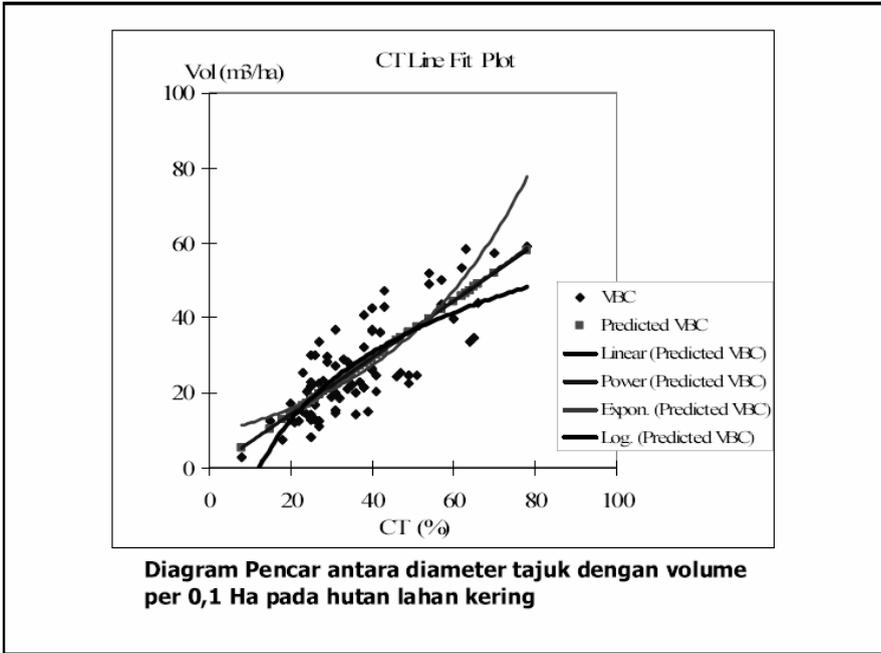
$$\mathbf{Vbc = 7.8951 + 0.8244 CT - 1.7266 DT \quad (R^2 = 68.18\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = 0.5687 DT^{-0.22719} CT^{1.17666} \quad (R^2=66.76\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = 0.4541 CT^{1.12117} \quad (R^2= 66\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = -0.7838 + 0.7537 CT \quad (R^2=65.28\%)}$$

$$\mathbf{Vbc = 8.2617 e^{0.028928CT} \quad (R^2 = 57.42\%)}$$



Kabupaten	Hutan Lahan Kering		Rawa	
	Jml Klaster	Jml Plot	Jml Klaster	Jml Plot
Pidie	15	60		
Langsa	15	60		
Pasaman	10	40		
Indragiri Hulu/Hilir	6	24		
Muaro Bungo	15	60		
Bengkulu Utara/Hilir	13	52		
Muara Jambi	4	16	13	52
Kempar	18	72		
Tanjung Jabung	7	28	3	12
Pasaman	15	60		
Jumlah	118	472	16	64

Model Penduga Potensi =
f (peubah citra)
Hutan Mangrove



- $Vbc = 0.5965 DTS^{0.771106736} CTS^{0.271087436}$ ($R^2 = 70.72\%$)
- $Vbc = -0.8572 + 0.8501DTS + 0.0503 CTS$ ($R^2 = 68.72\%$)
- $Vbc = 1.487075 DTS^{0.8760575}$ ($R^2 = 67.43\%$)
- $Vbc = 4.16977 e^{0.097898 DTS}$ ($R^2 = 65.51\%$)
- $Vbc = 1.372911 + 0.984456 DTS$ ($R^2 = 64.23\%$)
- $Vbc = 5.81014478 + 0.05311367 DTS^2$ ($R^2 = 62.77\%$)

Model Penduga Potensi =
f (peubah citra)
Hutan Rawa



- $Vbc = -19.7295 + 1.13884 DTS + 0.5135 CTS$ ($R^2 = 69.8\%$)
- $Vbc = 0.0114 CTS^{1.022911} DTS^{1.288548}$ ($R^2 = 66.38\%$)
- $Vbc = 0.26733 DTS^{1.479911}$ ($R^2 = 58.23\%$)
- $Vbc = -4.88235 + 1.399198 DTS$ ($R^2 = 55.34\%$)
- $Vbc = 3.025622 e^{0.100649 DTS}$ ($R^2 = 55.44\%$)

Model Penduga Potensi = f (peubah citra) Hutan Lahan Kering



- $Vbc = 2.3460 + 0.4796 \text{ CTS} + 0.0121 \text{ DTS}^2$ ($R^2 = 59.55\%$)
- $Vbc = 0.2216 + 0.3054 \text{ DTS} + 0.4886 \text{ CTS}$ ($R^2 = 58.98\%$)
- $Vbc = 3.062001 + 0.526548 \text{ CTS}$ ($R^2 = 57.73\%$)
- $Vbc = 0.837267 \text{ DTS}^{0.136752} \text{ CTS}^{0.808411}$ ($R^2 = 52.29\%$)
- $Vbc = 1.004797 \text{ DTS}^{0.857028}$ ($R^2 = 51.49\%$)
- $Vbc = 10.57047 e^{0.019509 \text{ CTS}}$ ($R^2 = 50.84\%$)

Kajian penggunaan data RS di Kehutanan

Pokok Bahasan	Judul	Jurnal	Penulis	Remarks
Deteksi lahan gambut yang terbakar di berbagai kondisi bentang alam tropis	Detection of burned peat swamp forest in a heterogeneous tropical landscape: in Malaysia	Landscape and Urban Planning Volume 82, Issue 3, 24 September 2007, Pages 103-118	Mui-How Phua, Satoshi Tsuyukib, Jung Soo Leec and Hiroshi Sasakawad	Lahan gambut yang terbakar dapat dideteksi menggunakan metode rasio dan NDVI
Identifikasi karakteristik hutan rawa gambut	Peatland ecosystem characterization employing L-band SAR	Geoscience and Remote Sensing Symp., 2002. IGARSS apos.02. 2002	Romshoo, S.A.; Shimada, M.; Igarashi, T.	Citra SAR band L dapat mendeteksi deforestasi & banjir yang terjadi antara tahun 1994-1998.
Klasifikasi vegetasi hutan rawa gambut di Thailand	Classification of Vegetation in a Tropical Peat Swamp Area by Remote Sensing in Narathiwat of the Southern Part of Thai	Journal Title;Rural Environ Eng VOL.;NO.42;PAGE.15-25(2002)	YOSHINO K, NAGANO T, ISHIDA T, SUZUKI S	Teknologi satellite digunakan untuk mengklasifikasi tutupan hutan menjadi 4 kategori
Deteksi perubahan tutupa lahan gambut	Satellite radar observation of tropical peat swamp forest as a tool for hydrological modelling and environmental protection		Dirk H. Hoekman	Deteksi perubahan hutan lahan gambut dapat dideteksi menggunakan JERS-1
Deteksi perubahan tutupa lahan gambut	Change Detection of Block A at Dadahup area	http://www.rhc.at/kalteng/pdf/kalteng_1999-6-IGARSS-Poster2.pdf	Dr. H.-D.V. Bohm, Dr. F. Siegert and N. Zain Muhamad	Deteksi perubahan tutupan lahan di hutan gambut Blok A,
Klasifikasi vegetasi hutan rawa gambut di kalimantan	The use of ALOS PALSAR for regional scale landcover delineation	On going research, since 2008	FFPRI-IPB	Peat swamp forest can be easily discriminated
Estimating stand volume of tropical forest	The use of SPOT 5 SUPEMODE	2006-2008	MoF-consultant	standing stock can be estimated
Estimating stand volume of teakwood/pine		1996-1997	IPB	standing stock can be estimated

AKURASI DELINEASI CD

TIPE HUTAN	C	D	CD
H Mangrove	72~90 %	99~100 %	71%
Hutan Rawa	98~100 %	98~100 %	98 %
H Lahan Kering	78~90 %	86~90 %	67 %

Hasil KAJIAN MULTISTAGE

1. MS SAMPLING 4 TINGKAT: CS res rendah → PU skala kecil (1:60.000) → PU skala besar (1:20.000) → lapangan → SE 13%.
2. Ketelitian penaksiran MENINGKAT → penggunaan tabel volume satelit/udara yang memadai (akurat dan handal).
3. TANPA stratifikasi dg CS/PU → SE → 30%.

PROSPEK PENGGUNAAN MULTISTAGE DI INDONESIA

- Saat ini DEPHUT telah memiliki data citra resolusi sedang secara periodik yang merekam seluruh daratan (2003 & 2006), RES 20 ~ 30 M (1:100.000)
- Telah tersedia data resolusi tinggi yang mengcover hampir semua tipe hutan yang tersebar di seluruh Indonesia (SPOT 5 SUPERMODE) rekaman (2006-2007): Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Jawa, Bali, Maluku & Papua → RES 2.5 M ~ 1: 8.000
- Tersedia data PSP/TSP & hasil pengukuran terestris lainnya yang bereferensi GEOGRAFIS
- Implementasi IHMB sejak tahun 2008 → referensi geografis (rata-rata jarak plot 1 km x 1 km)
-

APLIKASI DOUBLE SAMPLING DG CITRA RES TINGGI

No	Persamaan regresi	Citra yang digunakan	Lokasi	Efisiensi Relatif	Kesalahan sampling	Korelasi var lap vs citra yang
1	$Vbc=0.0192 Cs^2 - 0.8331 Cs + 16,963$	SPOT 5 S	Sumatera Barat (Heru S, 2008)	215.57	9.78%	baiknya Clap vs Ccitra
2	$Vbc = -11.9 + 0.0118 Csp^2$	SPOT 5 S	Kab Pasaman Sumatera Barat (Setyawan, 2009)	234.79	10.81	Hanya Clap vs Ccitra
3	$Vbc = -51.5 + 1.37 C$	SPOT 5 S	Kaltim			
4	$Vbc= 3.062001+0.526548 Csp$	SPOT 5 S & Quikbird	Hutan lahan kering, Tj Redep, Kaltim			Clap vs Ccitra
5	$Vbc = 2.264417 + 0.117374 C$	SPOT 5 S & Quikbird	Hutan mangrove, Tj Redep, Kaltim			Clap vs Ccitra

KETERSEDIAAN CITRA SATELIT SDA (1)

No	Nama satelit dan sensor	Resolusi spasial	Skala peta thematic yang dapat dihasilkan
1	GMS THERMAL IR	5000	16,666,667
2	NOAA AVHRR	1000	3,333,333
3	SPOT VEGETATION	1000	3,333,333
4	MOS MESSR	100	333,333
5	LANDSAT MSS	80	266,667
6	IRS	75	250,000
7	LANDSAT TM / ETM	30	100,000
8	LANDSAT ETM + PAN	15	50,000
9	SPOT 2-4 HRV XS	20	66,667

KETERSEDIAAN CITRA (2)

No	Nama satelit dan sensor	Resolusi spasial	Skala peta
9	SPOT 2-4 HRV XS	20	66,667
10	SPOT 2-4 HRV PAN	10	33,333
11	SPOT 5 HRV XS	10	33,333
12	SPOT 5 PAN	5	16,667
13	SPOT 5 SUPERMODE	2.5	8,333
14	IKONOS MS	4	13,333
15	IKONOS PAN	1	3,333
16	QUICKBIRD MS	2.4	8,000
17	QUICKBIRD PAN	0.6	2,000
18	Potret udara	6	20,000
19	ALOS AVNIR	12.5	41,667
20	ALOS PRISM	5	16,667

Penutup (Concluding Remarks)

1. Prospek pemanfaatan cukup signifikan → inventarisasi cepat (quick count) dengan harga terjangkau & accessible → res rendah, sedang & tinggi
2. Aplikasi MS % MP menggunakan citra satelit cukup prospektif → SE sekitar 10-13%
3. Multiphase (DS) vs terestris → EFISIENSI RELATIF sekitar 200%
4. Pemerintah Indonesia (DEPHUT): → GUDANG DATA (res sedang & tinggi) → memanfaatkan → inventarisasi secara cepat
5. Estimasi sediaan pada PSF – sangat prospektif menggunakan DATA RS
6. Setiap unit manajemen pengelolaan (IUPHHK → standing stock & monitoring → INTERGRASI IHMB

- Lampiran 6.** Bahan presentasi paper National Forest Monitoring by Means of Remote Sensing Technology in Indonesia oleh *Directorate Forest Resource Inventory and Monitoring (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan SDH)-Directorate General Forestry Planning, The Ministry of Forestry of Indonesia.*

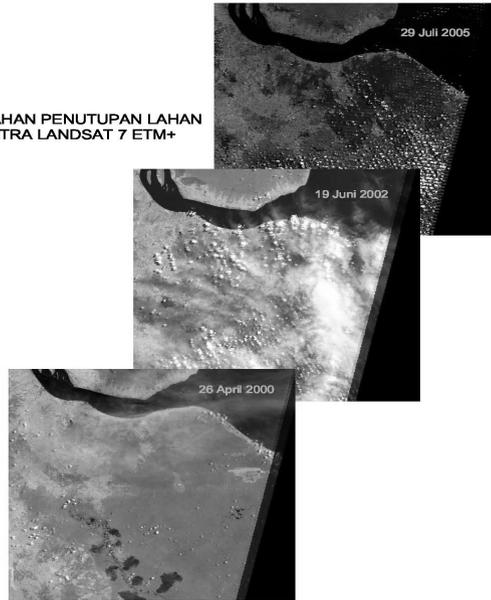


Outline

- Land Cover Change and Forest Resources Monitoring
- Quick Count

LAND COVER CHANGE ON LANDSAT 7 ETM+

PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN
PADA CITRA LANDSAT 7 ETM+



Land Cover Change Monitoring

- Background:
Land cover condition change rapidly, so it is considered necessary to periodically monitor the condition for many purposes.
- Purpose:
Provide data on forest cover changes both in and outside forest land areas.
- Scope:
Analysis on forest cover changes to non forest cover.

Period of 1985 - 1997

Data Source:

- RePPProt land cover data of 1985
- Digital data on land cover based on Landsat 5 TM image interpretation, classified to forest and non forest classes.

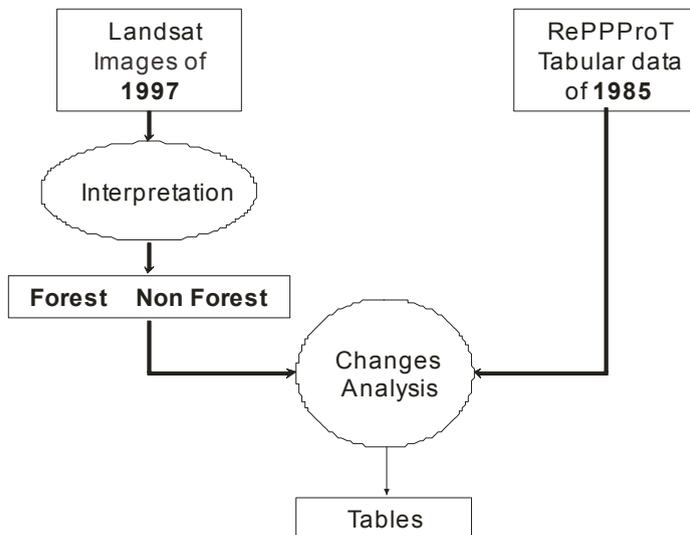
Analysis Method:

- Comparing all forest land based on RePPProt data of 1985 with all forest land based on Landsat 5 TM image interpretation of 1997.

Data presentation:

- Only in form of tables.

Forest cover changes analysis process (1985 -1997)



Result of Analysis (Period 1985-1997)

1. First phase :

Forest to non forest cover changes for Sumatera, Kalimantan and Sulawesi was 1.68 million ha/ year:

- a. Sumatera : 0.56 million ha
- b. Kalimantan : 0.86 million ha
- c. Sulawesi : 0.26 million ha

2. Second phase

Forest to non forest cover changes for Maluku and Papua was 0.19 million ha/year:

- a. Maluku : 0.07 million ha
- b. Papua : 0.12 million ha

3. Totally, forest cover changes for 5 main islands (Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku and Papua) was 1,87 million ha/year.

Period of 1997-2000

Data Source:

- Land cover digital data based on Landsat image 5 TM interpretation (1997), grouped into 2 classes: **Forest** and **Non Forest**.
- Land cover digital data based on image Landsat 7 ETM+ interpretation (2000), grouped into 2 classes: **Forest** and **Non Forest**.

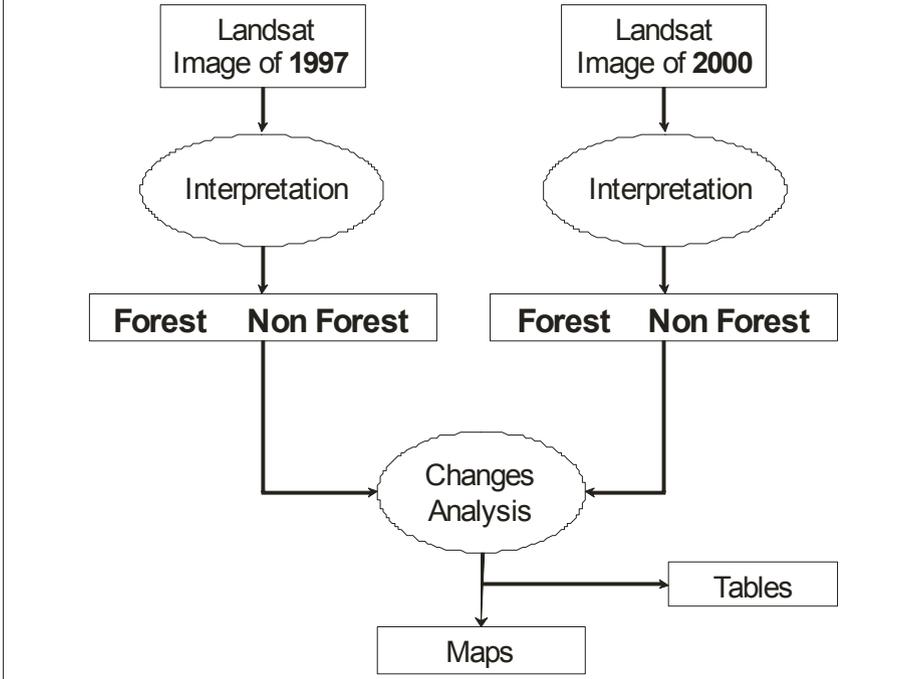
Analysis method:

- Forest extent calculation (1997) changed to **Non Forest** (2000) by overlaying maps spatially.

Data Presentation:

- Tables and Maps

Forest cover changes Analysis (1997 -2000)



Result of land cover changes analysis: Forest to Non Forest (1997 – 2000)

1. Forest cover changes to Non forest for 5 main islands (Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku & Papua) are as follows:

	Inside forest area	Outside forest area	Total
--	--------------------	---------------------	-------

- | | | | |
|----------------|-------------|-------------|-------------|
| a) Sumatera: | 0.89 mil ha | 0.26 mil ha | 1.15 mil ha |
| b) Kalimantan: | 0.95 mil ha | 0.26 mil ha | 1.21 mil ha |
| c) Sulawesi: | 0.08 mil ha | 0.08 mil ha | 0.16 mil ha |
| d) Maluku: | 0.25 mil ha | 0.04 mil ha | 0.29 mil ha |
| e) Papua: | 0.66 mil ha | 0.03 mil ha | 0.69 mil ha |

2. Forest cover changes in Indonesia was 3.51 million ha/year:

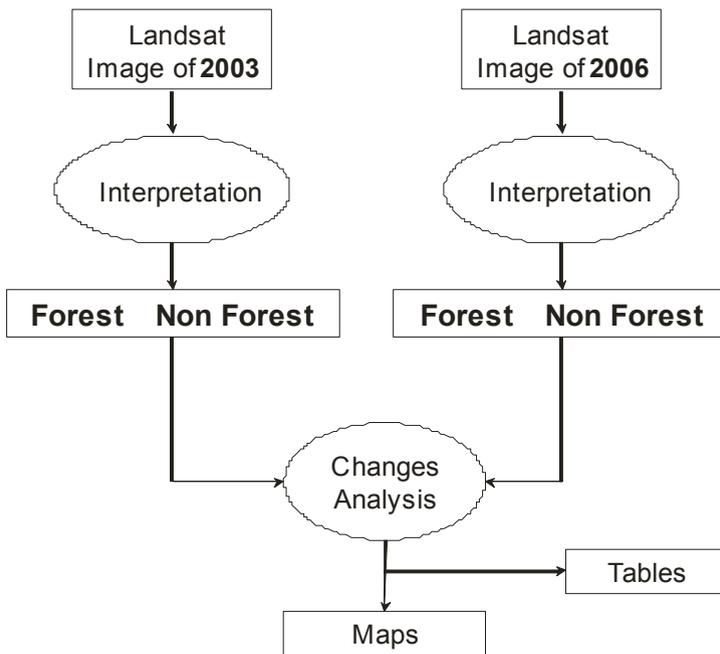
- | | |
|------------------------|----------------------|
| a) Inside forest area | 2.83 million ha/year |
| b) Outside forest area | 0.68 million ha/year |

Result of forest cover changes analysis (1997-2000) inside forest area

Forest cover changes to Non forest cover of 5 main island (Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku and Papua) was 2.83 million ha/year, which in detail:

- a. Protection and Conservation Forests : 0.63 mil ha
- b. Production Forest : 1.06 mil ha
- c. Limited Production Forest : 0.42 mil ha
- d. Convertible Production Forest : 0.72 mil ha

Forest cover changes Analysis (2003-2006)



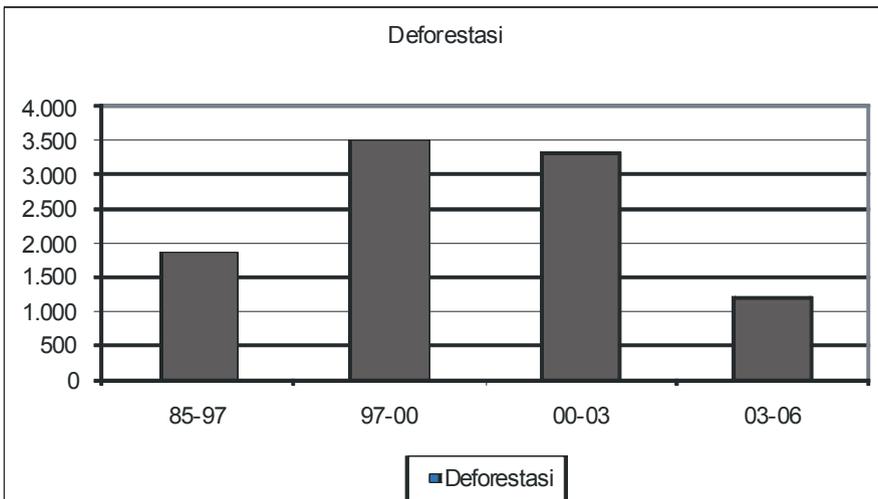
Result of land cover changes analysis: Forest to Non Forest (2003 – 2006)

Forest cover changes to Non forest cover of forest land in Indonesia (Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku and Papua) was 1.215 million ha/year.

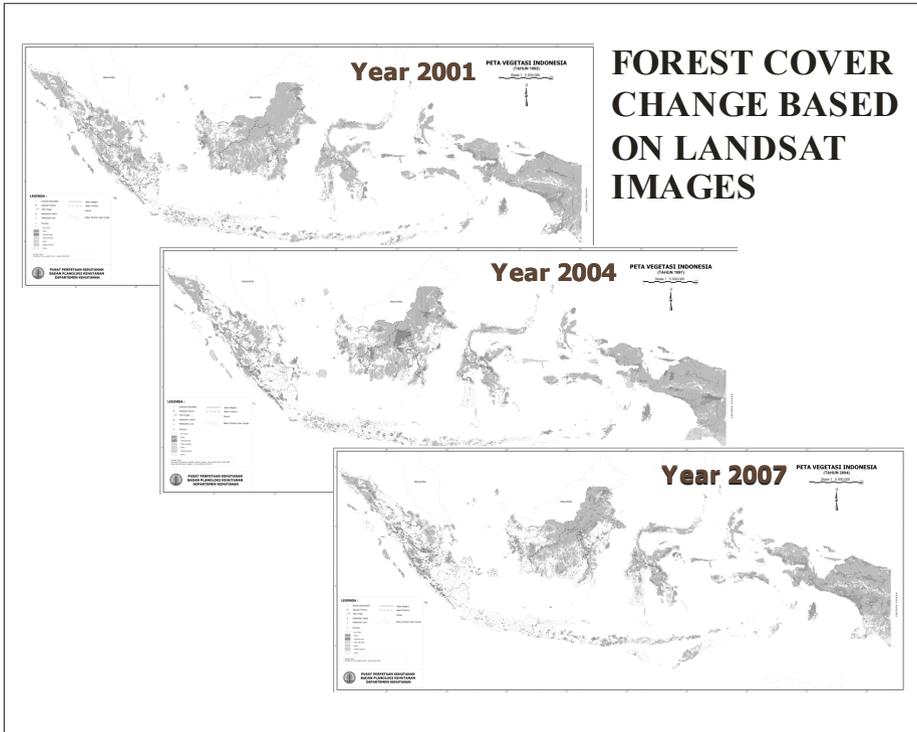
Within forest land is 0.793 million ha/year which in detail :

- a. Protection and Conservation Forests : 0.206 mil ha
- b. Production Forest : 0.318 mil ha
- c. Limited Production Forest : 0.154 mil ha
- d. Convertible Production Forest : 0.116 mil ha

Deforestation trend by Landsat



* Within Forest Land and outside of Forest Land



Period of 2000 - 2005

1. Land cover monitoring for the whole Indonesia by using Landsat images was started in 2000 and repeated every three years
2. Three years interval was chosen in order to get Landsat images with minimal *cloud cover* ($< 20\%$), in fact it was not easy.

Continued

3. Until recently, land cover mapping for the whole Indonesia had been done, in **2000, 2003, 2006.**
4. The result will be mapped with scale of 1 : 250.000

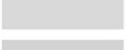
Continued

6. Monitoring activities are executed by Regional Offices/ Forest Land Establishment Unit (**BPKH**) and supervised by Center for Forest Inventory and Mapping.
7. In order to fill in the interval gap in land cover mapping for the whole Indonesia, yearly monitoring is executed by using **MODIS Data** and **SPOT Vegetation.**

LAND COVER CALCULATION

LAND COVER	FOREST LAND		NON-FOREST LAND		TOTAL	
	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%
FOREST	90.135.457	48,0%	8.324.734	4,4%	98.460.191	52,4%
NON FOREST	39.276.188	20,9%	46.490.541	24,8%	85.766.729	45,7%
NO DATA	2.986.084	1,6%	571.647	0,3%	3.557.731	1,9%
Total	132.397.729	70,5%	55.386.922	29,5%	187.784.651	100,0%

Sources: Landsat 7 ETM+ 2005/2006

	Primary Dryland Forest		Transmigration Area
	Secondary Dryland Forest		Rice Field
	Primary Swamp Forest		Fish Pond
	Secondary Swamp Forest		Barren Land
	Primary Mangrove Forest		Mining Area
	Secondary Mangrove Forest		Grassland
	Bush/Shrub		Settlement Area
	Swamp Shrub		Airport
	Plantation Forest		Cloud Covered
	Estate Cropplantation		Water
	Dryland Agriculture		Swamp
	Shrub-Mixed Dryland Farm		

FOREST RESOURCES MONITORING

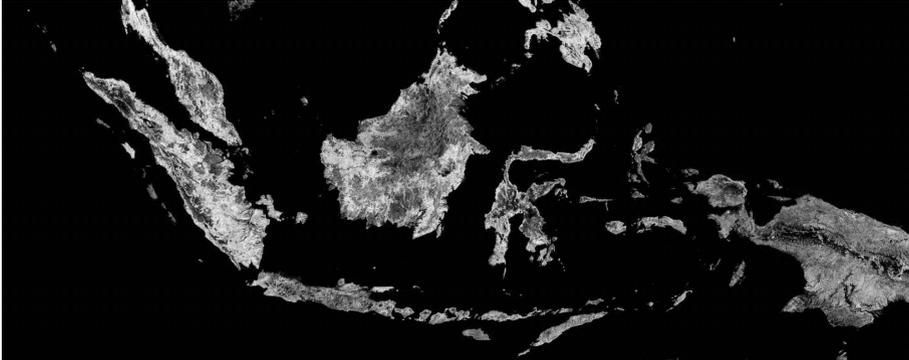
- **LOW SPATIAL RESOLUTION IMAGES (MODIS, SPOT VEGETATION)**
- **Re-monitor every year**
- **Fill gaps of Landsat 3 yearly monitoring**
- **Cover class: forest, non forest**
- **Map scale 1:1.000.000**

Start 2006, cooperation with SDSU, WB, WRI, and Wageningen University

Land Cover Mapping by using MODIS

1. This mapping activity is executed under cooperation between MOFRI and South Dakota State University (SDSU).
2. Mapping is based on MODIS data with spatial resolution of 500 meter and captured in 2000-2005.
3. Land Cover Mapping by using MODIS data shows that deforestation rate is 728.600,00 ha/year.

CHANGES OF FOREST COVERS BASED ON MODIS 2000 - 2005



Deforestation rate by using **MODIS** Data of 2000-2005

Year	Deforestation (1.000 ha/year)							
	Sumatera	Kalimantan	Sulawesi	Maluku	Papua	Jawa	Nusra	Indonesia
2000-2001	158,0	38,8	8,2	0,6	4,8	1,5	8,2	220,1
2001-2002	460,4	156,1	19,9	9,1	5,4	5,6	11,9	668,4
2002-2003	474,4	181,6	12,3	10,7	11,5	1,1	2,0	693,6
2003-2004	646,6	195,0	23,2	0,8	9,1	0,6	3,8	879,1
2004-2005	855,7	268,6	15,8	0,5	36,1	1,0	4,0	1.181,7
2000-2005	2.595,2	840,1	79,4	21,8	66,8	9,8	29,9	3.643,0

Average of Deforestation Rate period 2000-2005 is
 $3.643.000,0/5 = 728.600,00\text{ha/year}$

Source: Hansen, et al, 2006

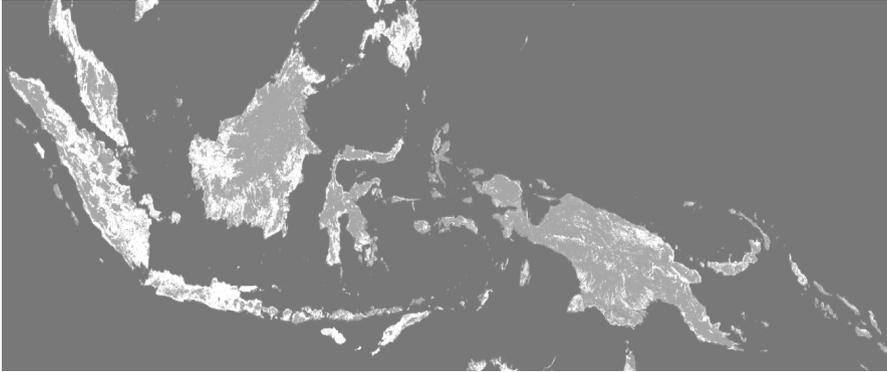
Land Cover Mapping by using **SPOT Vegetation**

1. The activity was executed under the cooperation between MOFRI and Wageningen University -The Netherlands.
2. Land Cover Mapping based on SPOT Vegetation data with spatial resolution of 1.000 meter.
3. Monitoring was executed by using data of 1999-2005.

Continued : Land cover mapping by using SPOT
VEGETATION

4. Land cover mapping by using SPOT Vegetation shows that deforestation rate is 1.089.560,00 ha/year
5. There is difference in deforestation rate generated by MODIS and SPOT Vegetation images. This is due to differences *incriteria on forest, sensor specification and applied calculation methods.*

CHANGES OF FOREST COVERS BASED ON SPOT VEGETATION 2000 - 2005



Deforestation rate by using **SPOT VEGETATION** image of 2000-2005

Year	Deforestation (1.000 ha/year)							Indonesia
	Sumatera	Kalimantan	Sulawesi	Maluku	Papua	Jawa	Bali Nusra	
2000-2001	259,5	212,0	154,0	20,0	147,2	118,3	107,2	1.018,2
2001-2002	202,6	129,7	150,4	41,4	160,5	142,1	99,6	926,3
2002-2003	339,0	480,4	385,8	132,4	140,8	343,4	84,3	1.906,1
2003-2004	208,7	173,3	41,5	10,6	100,8	71,7	28,1	634,7
2004-2005	335,7	234,7	134,6	10,5	169,1	37,3	40,6	962,5
2000-2005	1.345,5	1.230,1	866,3	214,9	718,4	712,8	359,8	5.447,8

Average of Deforestation Rate period 2000 -2005 is
 $5.447.800,0/5 = \underline{1.089.560,00\text{ha/year}}$

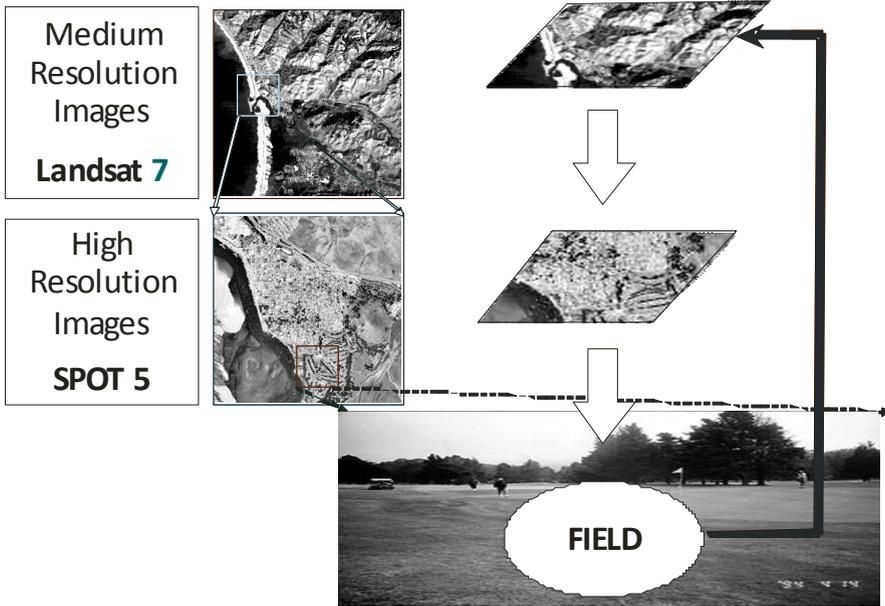
Source: SPOT-VEGETATION, Ministry of Forestry RWageningen University, The Netherlands

Quick Count

(TIMBER VOLUME ESTIMATION)

- The use of aerial photograph 1 : 20.000
- Volume estimation: $V = f C D H$
 - C**: *crown density* (kerapatan tajuk)
 - D**: *crown diameter* (diameter tajuk)
 - H**: *height* (tinggi)
- Available **SPOT 5**: bundle - multispectral 10 m and superimposed 2.5 m Black & White → natural color 2.5 meter (*real pixel value*)
- **Landsat and SPOT 5** are not provide information on **H** (*height*), only on **C** (*crown density*) and **D** (*crown diameter*)

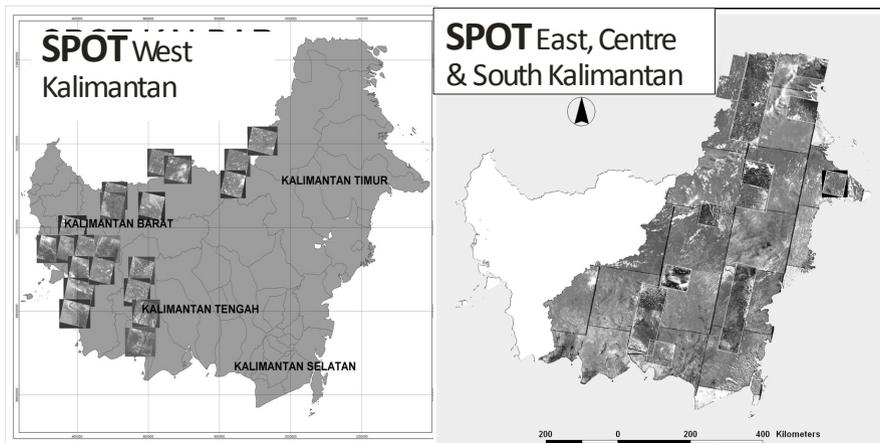
MULTISTAGE CONCEPT



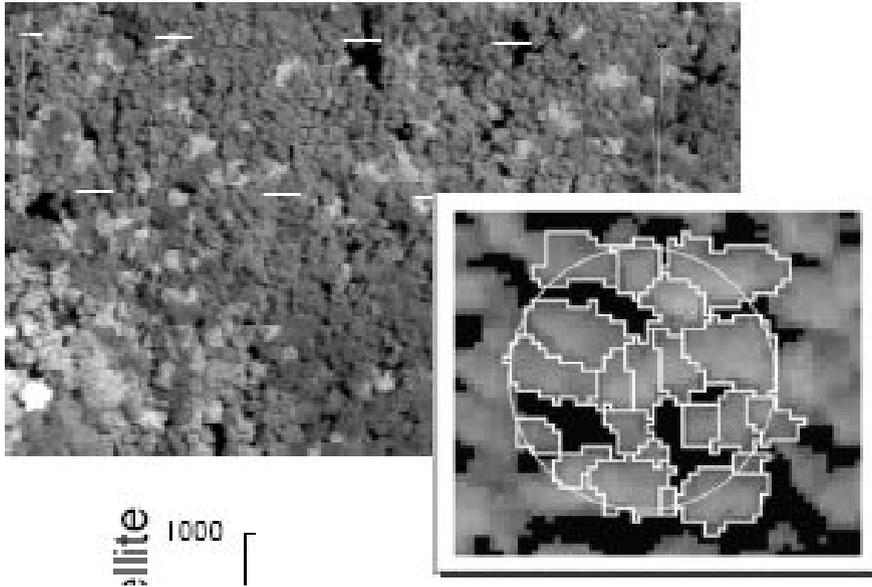
STRATIFICATION

Forest Type	Succession	Density Landsat	Crown cover [C] Crown diameter [D]
<ul style="list-style-type: none"> • Mangrove • Swamp • Dry land 	<ul style="list-style-type: none"> • Primer • Secondary 	<ul style="list-style-type: none"> • Dense • Medium • Sparse 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ C1: 10-30 % ▪ C2: 31-50 % ▪ C3: 51-70 % ▪ C4: > 70 % • D1: < 10 m • D2: 10-20 m • D3: > 20 m

SPOT (High Resolution 2.5 m)



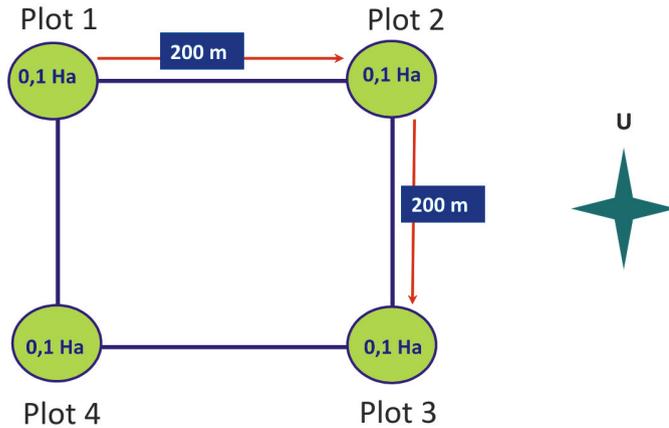
CLUSTERING CANOPY DENSITY



Katingan (Kasongan) : Ht. Rawa

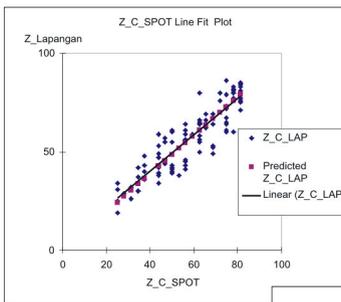


CLUSTER and PLOT in the Field



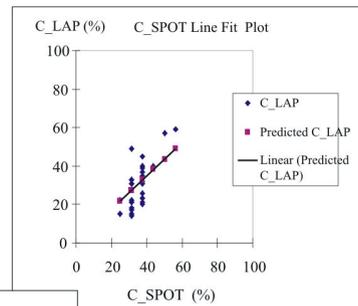
PURPOSIVE SAMPLING

Consistency C_{lap} vs. SPOT



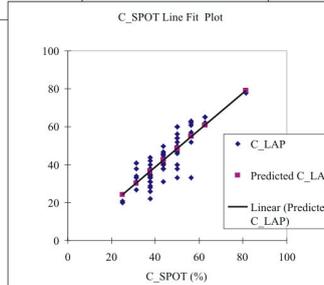
Ht. Mangrove

- $C_{lap} = 0,97$ CTS
- $R^2 = 82\%$



Ht. Rawa

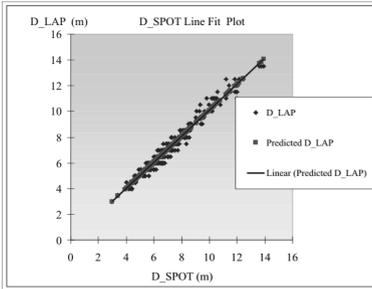
- $C_{lap} = 0,87$ CTS
- $R^2 = 93,19\%$



Ht. Lahan Kering

- $C_{lap} = 0,9231$ CTS
- $R^2 = 96,17\%$

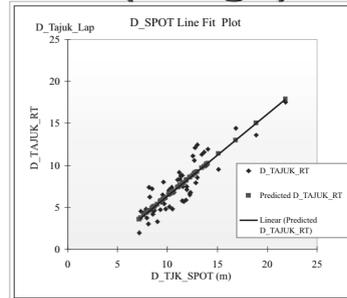
Correlation D_{lap} vs. DTS (image)



Hutan Mangrove

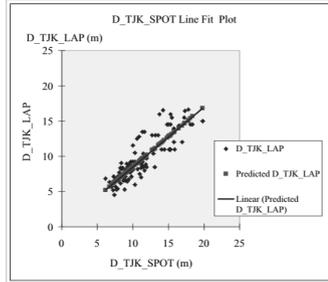
$$D_{lap} = 1,009 D_{SPOT}$$

$$R^2 = 99,72 \%$$



Hutan Rawan

$$R^2 = 77,58 \%$$

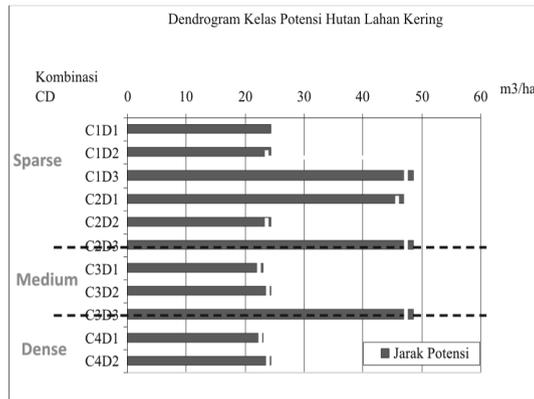


Hutan Lahan Kering

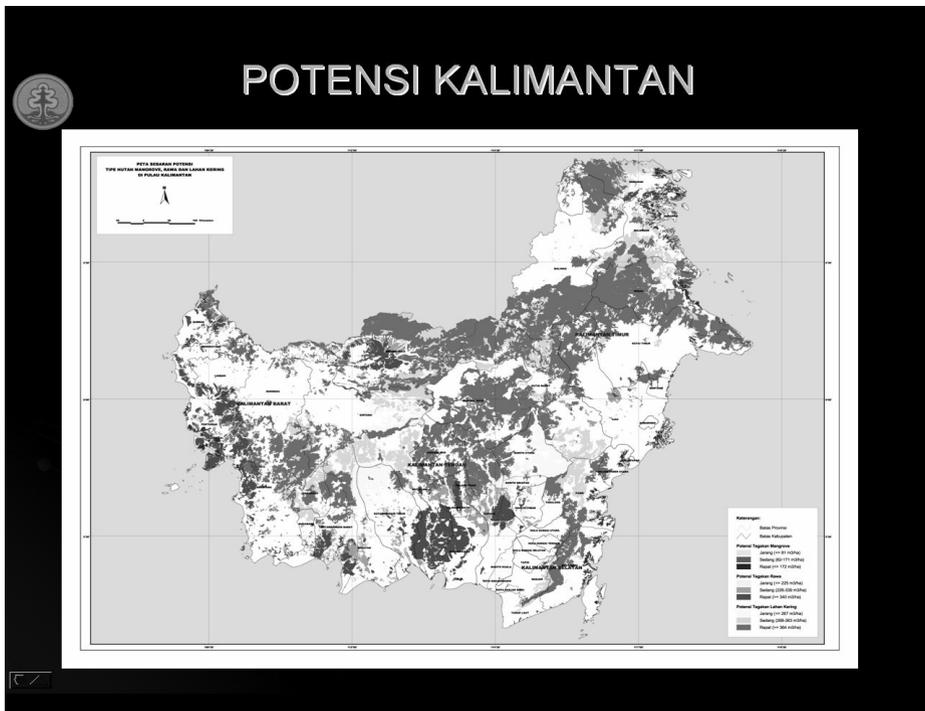
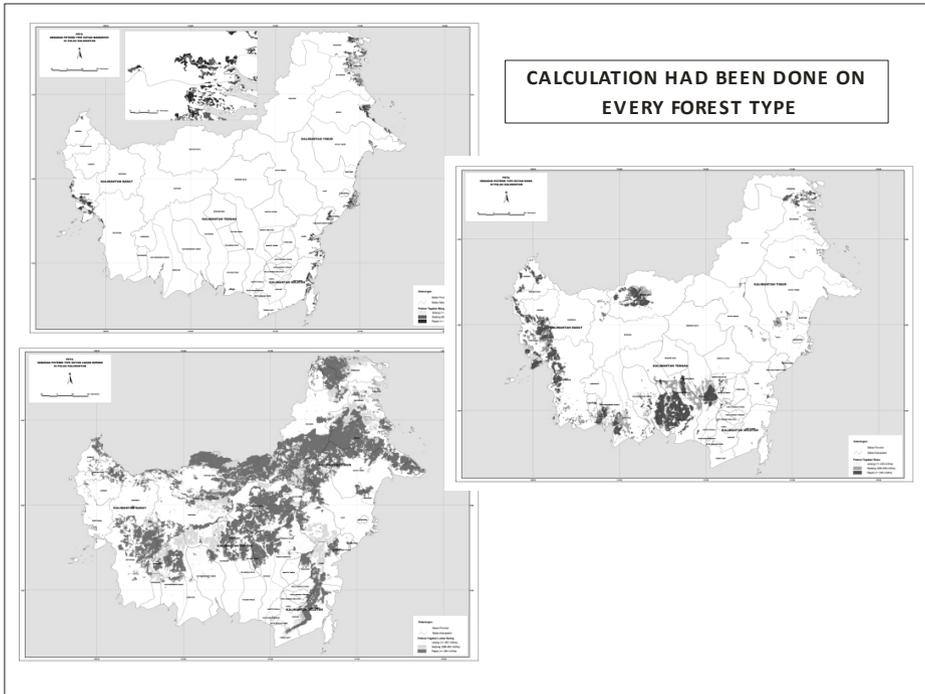
$$D_{lap} = 0,85055 D_{SPOT}$$

$$R^2 = 97,66 \%$$

Low land Forest



Class in Landsat	Lowland Forest Potency (m^3/ha)	CD Class in SPOT
Sparse	= 267	C1D1, C1D2, C1D3, C2D1, C2D2
Medium	268 ~ 363	C2D3, C3D1, C3D2
Dense	= 364	C3D3, C4D1, C4D2



FDS (Field Data System)

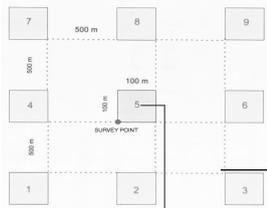
❖ TSP/PSP Measurement:

All forested area in state forest, prefer below 1000 m dpl, with systematic sampling 20 x 20 km, 10 x 10 km, or 5 x 5 km depend on representatives of forest type

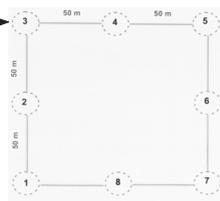
❖ 1 Cluster :

Consist of 72 track TSP dan 1 ha (16 RU) PSP

PLOT DESIGN

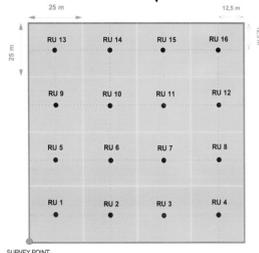


One Cluster consist of 9 Tract



- One tract Temporary Sample Plot (TSP) consist of 8 Sub Plot.

- Measurement used point sampling technic (BAF 4)



Permanent Sample Plot (PSP)
Only tract 5th, with square (100 x 100 m) consist of 16 Record Unit

Ramin Identified in Cluster

Propinsi	Jumlah Klaster	20 up		50 up	
		N	V	N	V
Jambi	7	4.43	3.56	1.00	1.87
Kalimantan Barat	6	8.83	3.09	0.83	1.29
Kalimantan Selatan	3	1.67	0.34	0.00	0.00
Kalimantan Tengah	6	1.83	1.05	0.17	0.54
Kalimantan Timur	9	1.11	0.08	0.00	0.00
Lampung	1	13.00	18.00	4.00	11.51
Riau	1	1.00	2.73	1.00	2.73
Sumatera Barat	1	3.75	3.17	0.50	2.20
Sumatera Selatan	2	1.00	0.31	0.00	0.00
Rata-rata	36	4.07	3.59	0.83	2.24

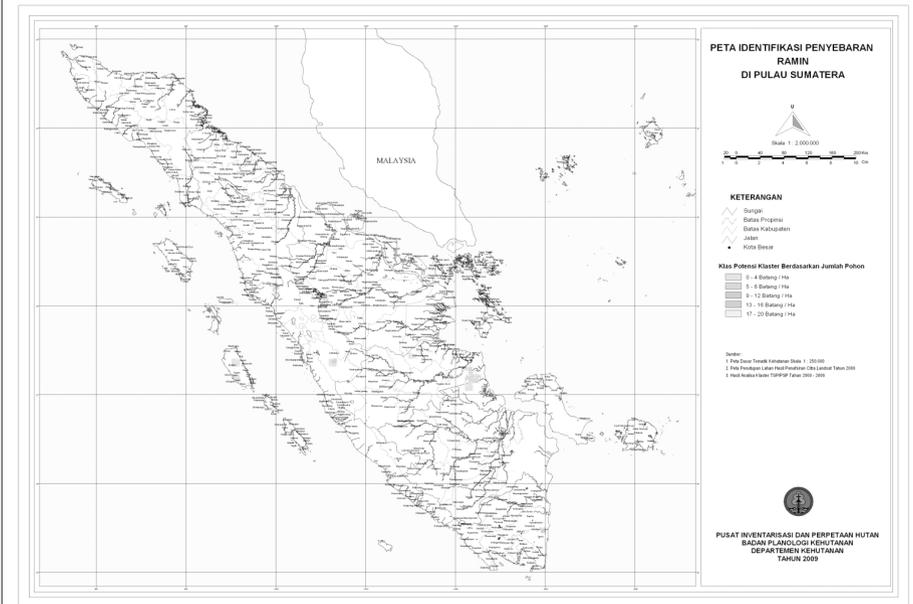
Sumber: Hasil perhitungan Berdasarkan Data PSP Inventarisasi Hutan Nasional

- Data reenumerasi PSP tahun 1996 2002

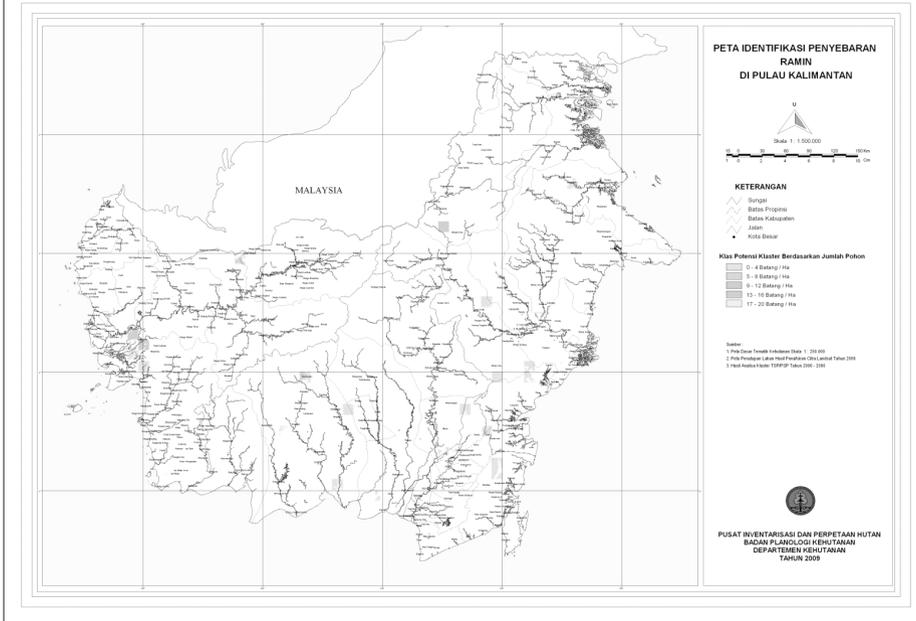
- Data Ramin berdasarkan Nama Spesies dengan nama :

- Eben Diospyros buxifolia h (Palembang)
- Caes Dialium dewittei Steen (Kalteng-Kalsel, KapuasBarito)
- Thym Gonystylus bancanus kurz (Kalbar)
- Thym Gonystylus velutinus A. shaw (Kalbar)
- Thym Gonystylus macrophyllus A. shaw (Kalbar)

Potency and Distribution of Ramin in Sumatera



Potency and Distribution of Ramin in Kalimantan



SEKIAN
TERIMA KASIH



Lampiran 7. Notulen Workshop

CATATAN DISKUSI

SESSION I

Narasumber:

Dr. I Nyoman N. Suryadiputra : Kondisi Lahan Gambut Indonesia dan Upaya-upaya Restorasi yang telah Dilakukan.

Mr. Iwan Tri Cahyo Wibisono : *Conventional Forest Inventory Techniques for Peat Swamp Forest; Method for Estimating Spatial Distribution and Standing Stock.*

AGUS SUTITO

- Ramin merupakan jenis yang masuk dalam Appendix II CITES, tetapi Dephut belum punya data yang valid.
- Apakah ramin termasuk dalam ekologi *peat lands*?
- Bagaimanakah distribusi spasial ramin?
- Karena inventarisasi jenis ramin sebagai individu sulit, bagaimanakah jika inventarisasi ramin dilakukan dengan jenis lainnya?

ISTOMO

- Keberadaan ramin sangat terkait dengan habitat yaitu di rawa gambut. Gambut berasal dari danau dan lautan sehingga ada gambut pantai dan gambut pedalaman. Kecepatan pembentukan gambut diperkirakan sebesar 1 mm/tahun jika secara alami dibiarkan, sedangkan laju degradasi gambut sekitar

100 mm/tahun. Area gambut yang terbuka cenderung akan mengalami kerusakan akibat degradasi hutan dan lahannya. Untuk mengatasinya maka hutan gambut yang rusak harus direhabilitasi dan hutan gambut yang masih baik harus dipertahankan.

- Ekosistem hutan rawa gambut bervariasi antar lokasi geografis yang berbeda. Variasi gambut di Kalimantan lebih besar dibanding dengan gambut Sumatera. Di Kalimantan terdapat pasir sehingga ada bukit-bukit pasir (habitat hutan kerangas). Hutan rawa gambut dengan tanah yang dominan debu umumnya didominasi *Agathis borneensis*, *Tristania sp.*, *Casuarina sp.*, *Dacrydium sp.* Semakin ke arah dalam zona gambut akan ditemui riparian, tepi sungai (mulai kedalaman gambut lebih dari 2 meter mulai dapat ditemukan ramin), dan makin ke dalam lagi diduga jumlah ramin akan menurun. Zona-zona gambut mengelilingi ketebalan gambut. Pernah ditemukan 40 pohon per ha ramin pada hutan rawa gambut.
- Di Sumatera yang gambutnya lebih banyak mengandung liat lebih subur tetapi jumlah ramin per ha lebih sedikit dibanding dengan jumlah ramin di Kalimantan. Jumlah pohon ramin berdiameter 30 cm – 40 cm lebih banyak ditemukan dibandingkan dengan pohon berdiameter kecil.

FX. HERWIRAWAN

- Di dalam inventarisasi ramin nanti apakah juga akan dilakukan stratifikasi tegakan?
- Apakah sampling desain juga disesuaikan dengan tipe hutan?
- Dapat dilakukan sampling berdasarkan jenis?

Tanggapan Narasumber:

I NYOMAN N. SURYADIPUTRA

1. Wet Lands memiliki data base lahan basah yang pernah diinstall ke instansi terkait tetapi kemungkinan tidak aktif, harapannya aktif kembali dengan adanya kegiatan inventarisasi ramin. Yang

perlu diperhatikan adalah lahan gambut selalu mengalami tekanan untuk dikonversi menjadi perkebunan.

IWAN TRI CAHYO WIBISONO

1. Pengalaman survey lapangan menunjukkan bahwa terjadi variasi kepadatan tegakan ramin, misalnya pernah ditemukan 1 pohon per ha dan 15 pohon per ha. Satu perusahaan di Jambi (Putra Duta Indah Wood) bahkan mempunyai data yang cukup baik tentang ramin meskipun perusahaan ini tidak termasuk perusahaan yang mendapat ijin.
2. Ramin termasuk jenis langka dan tidak boleh ditebang, tetapi kasus di Jambi (PT Dyera Hutan Lestari) meminta masyarakat menyediakan benih ramin, tetapi masyarakat malah menebang pohon ramin untuk mendapatkan benih.
3. Di dalam *dome* gambut juga terdapat variasi vegetasi.
4. Mendesain inventarisasi hutan dengan mempertimbangkan batasan-batasan sehingga dapat menekan biaya.
5. Desain inventarisasi juga mempertimbang tingkat kerusakan, misalnya hutan rusak memiliki variasi tingkat kerusakan tinggi dan sebarannya juga tinggi (hutan rusak rendah: ada plotnya; hutan rusak tinggi: ada plotnya) dan seterusnya.

Pertanyaan dan Tanggapan:

M BUCE SALEH

- Bagaimana metode pengembangan dan pembuatan peta sebaran gambut oleh *wetlands*?
- Adakah data yang serupa dengan yang sudah ada?

I NENGAH SURATI JAYA

- Data base sangat penting dalam pengambilan keputusan. Baplan mengembangkan database, wetland juga mengembangkan data base bahkan juga melakukan dengan baik bagaimana memetakan vegetasi secara vertical dan horizontal.

- Di Dephut juga ada kegiatan inventarisasi (IHMB) dalam jangka 10 tahunan yang datanya juga bisa digunakan untuk menduga *standing stock* dan *growing stock*.
- Bagaimana sebaran data-data dan kondisi tegakan/hutan gambut yang dibuat oleh wetlands? Bisakah menjadi member bagi penggunaan data base di *wetlands*?

Tanggapan Narasumber:

I NYOMAN N. SURYADIPUTRA

1. Sebaran spasial hutan gambut diperoleh dari data yang berasal dari berbagai sumber; beberapa diantaranya adalah data yang dibuat oleh Puslitanah, data dari departemen tanah Faperta IPB (dengan melakukan penggandaan data *hardcopy*). Data-data tersebut dapat dimiliki dan digunakan dengan perjanjian. Skala data yang dihasilkan antara lokasi geografis tidak sama. Akurasi peta juga pernah divalidasi yang hasilnya menunjukkan bahwa peta sebaran spasial gambut memiliki akurasi cukup tinggi tetapi untuk peta kedalaman gambut akurasinya tergolong rendah. Data base wetlands mulai dibangun tahun 1984 dan sudah diinstal ke instansi terkait.

MODERATOR

1. Terdapat 12 macam sumber tentang luasan lahan gambut di Indonesia, yang pada umumnya memberikan angka-angka yang berbeda.

IWAN TRI CAHYO WIBISONO

1. Perlu dilakukan set up atribut standar tertentu lahan gambut/data base.

SESSION II

Narasumber:

Prof. I Nengah Surati Jaya : *Quick Forest Resources Inventory Techniques Using Remotely Sensed Data: A Multistage and Multiphase Approaches.*

Dr. Muhammad Buce Saleh : Pengolahan Citra Digital untuk Keperluan Inventarisasi Sumberdaya Hutan.

Pertanyaan dan Tanggapan

AGUS SUTITO

- Bagaimana penggunaan citra untuk mendeteksi spesies pohon?
- Apakah ada hasil interpretasi citra untuk sebaran gambut?

ARMAIKI YUSMUR

- Biotrop memiliki jasa penyediaan citra satelit dengan harga yang cukup murah. BPPT pernah melakukan pengujian teknik untuk mendeteksi pancaran gelombang radiasi suatu jenis tertentu, baru sampai pada tahap pengembangan-pengembangan pada tanaman pangan.

IWAN TRI CAHYO WIBISONO

- Apakah ada kemungkinan penggunaan citra untuk mendeteksi jenis ramin?
- Apakah ada citra tertentu yang dapat menjangkau permukaan gambut sehingga dapat mendeteksi kedalaman gambut?
- Bagaimana dengan kegiatan IHMB pada kondisi lahan yang tertutup dan sinyal GPS tidak stabil karena adanya distorsi?

Tanggapan Narasumber:

I NENGAH SURATI JAYA

1. Penggunaan citra untuk deteksi jenis belum bisa dengan teknologi yang ada sampai saat ini. Ke depan ada peluang untuk menggunakan citra hyperspektral dalam pengenalan jenis. Untuk dapat mengenali jenis harus dapat mengelaskan kandungan klorofil ke dalam beberapa kelas jenis atau famili saja. Uji coba penggunaan citra satelit untuk deteksi jenis pernah dilakukan dengan menggunakan CASI di Kebun Raya Bogor menunjukkan bahwa jenis meranti hampir sama dengan jenis akasia ditinjau dari aspek kenampakan tajuknya.
2. Penggunaan citra untuk kedalaman gambut dapat dijawab jika terdapat kandungan logam dan air dalam gambut, serta kuarsa. Maka ada peluang juga dikembangkan untuk menentukan ketebalan gambut menggunakan citra satelit.
3. GPS yang digunakan masih menggunakan sinyal yang *free* sehingga kesalahan yang timbul rata-rata 13 meter – 6 meter. Dalam IHMB mengukur posisi pohon tidak boleh menggunakan GPS, tetapi GPS hanya digunakan untuk menentukan titik ikat. Survey-survey teristris tidak mengandalkan GPS kecuali untuk menentukan titik-titik control. Untuk mendapatkan ketelitian yang tinggi harus “mengorder” ke pemilik satelit GPS (AS) untuk menonaktifkan sinyal-sinyal yang mengganggu.
4. Di Negara Cina, penggunaan *Google Earth* sudah menjadi semacam SOP. Penggunaan *Google Earth* untuk melakukan monitoring, sudah dilaksanakan di Cina dan Finlandia terutama untuk *upload* data hasil kegiatan dan *updating* data.
5. Perbandingan efisiensi antara penggunaan citra dan survey teristris mencapai 230%.
6. Teknologi laser dapat digunakan untuk menentukan *standing stock*.
7. RADAR dapat digunakan untuk pengukuran tinggi permukaan tanah.

MUHAMMAD BUCE SALEH

1. Kondisi tegakan hutan alam di Indonesia yang sangat beragam terutama struktur tegakannya, menyebabkan sangat sulit menggunakan citra untuk mendeteksi jenis. Akan tetapi dapat menggunakan sifat-sifat ekologis dan dikorelasikan dengan sifat reflektansinya.
2. Mendeteksi kedalam gambut dapat dengan menggunakan radar (*optic*).

Pertanyaan/Tanggapan:

SUWARNO SUTARAHARDJA

1. Pada tahun 1980 pernah melakukan penelitian pengenalan jenis berdasarkan nilai spektrum, misalnya untuk memisahkan spektrum jenis tanaman gandum, padi dan jagung (tanaman pertanian). Kemudian dicoba untuk tanaman kehutanan tetapi hanya pada kelompok jenis, hasilnya menunjukkan bahwa jenis kempas terklasifikasi sendiri.

SESSION III

Narasumber:

Suwarno Sutarhardja : Inventarisasi Hutan Teristris.

Baplan-DEPHUT : *National Forest Inventory by Mean of Remote Sensing Technology.*

Pertanyaan dan Tanggapan:

ARMAIKI YUSMUR

- Kira-kira sampai dengan skala berapa kegiatan inventarisasi raminnnya?

Tanggapan Narasumber:

RETNO SARI

- Usulan data yang ada di Baplan dapat digunakan untuk mengidentifikasi ramin; misalnya memanfaatkan data citra resolusi tinggi.

TAJUDIN EDY KOMAR

- Target *workshop* adalah *me-review* semua metodologi dan desain sampling yang dapat digunakan untuk mendapatkan data dan menduga *standing stock* ramin.

Pertanyaan dan Tanggapan:

IWAN TRI CAHYO WIBISONO

- Metode inventarisasi ramin sudah ada berapa metode yang digunakan?

- Apakah dalam kategori klasifikasi tipe hutan terdapat perbedaan antara hutan rawa dan hutan rawa gambut?

I S T O M O

- Persamaan persepsi antara aturan manajemen; perbedaan penggunaan istilah tutupan lahan. Ramin hanya ada di hutan rawa gambut, apakah Baplan memiliki peta untuk mengetahui mana kawasan gambut di dalam “fungsi kawasan” apa? Adakah HPH-nya?
- Apakah setiap 10 tahun sekali setelah dilaksanakan inventarisasi hutan menyeluruh akan terjadi semacam pengalokasian ulang petak terbang (kocok ulang)?

Tanggapan Narasumber:

RETNO SARI

1. Tidak bisa dibedakan antara hutan rawa dan rawa gambut. Karena berdasarkan nilai reflektansinya sulit dibedakan antara hutan rawa dan rawa gambut. Data-data yang ada di Baplan bisa dibagi ke seluruh unit yang ada di bawah departemen kehutanan.

SUWARNO SUTARAHARDJA

1. Data yang diinventarisir dari tingkat tiang, pancang dan pohon. Satuannya adalah petak, dimana biaya per petaknya 35 ribu per ha. Khusus untuk ramin dapat juga dilakukan dengan jangka waktu 5 tahun sekali. Dalam kaitannya dengan siklus terbang: mempertahankan siklus yang ada tidak memungkinkan jika *standing stock* tidak sama dengan kondisi pada siklus terbang yang pertama.
2. Kedudukan ramin juga tersebar di kerangas tapi memang cenderung berada di dalam hutan rawa gambut dalam.

Pertanyaan dan Tanggapan:

AGUS SUTITO:

- Jika suatu kayu masuk dalam kategori *Appendix CITES* maka asal usul kayu harus dicatat dengan jelas. Tetapi melihat kondisi saat ini sulit memberikan informasi karena tidak ada data yang bisa digunakan untuk berargumentasi dengan *stakeholder* yang lain. Penyebaran ramin kemungkinan ada di *peat swamp forest* (PSF). Plot-plot dari DEPHUT juga di-*overlay*-kan dengan data citra yang lain. Dengan mempertimbangan kuota ekspor ramin yang ada saat ini dapat juga ditelusuri asal muasal ramin.

M BUCE SALEH

- Mendesain beberapa teknologi/metodologi dari berbagai data yang sudah ada. Desain metode dapat didasarkan pada (yang akan menggambarkan distribusi ramin):
 - a. Kedalaman gambut.
 - b. Tipe hutan dalam *peat swamp forest*.

IWAN TRI CAHYO WIBISONO

- Ada beberapa kata kunci yang bisa digunakan yaitu:
 - a. Ramin berada pada *peat lands*,
 - b. Kecenderungan ramin berada pada kedalam gambut 2-7 meter,
 - c. Bentuk tajuk ramin adalah bulat; mungkin dapat dikenali dari citra resolusi tinggi.

Lampiran 8. Daftar Peserta

1. **Ir. Adi Susmianto, M.Sc**
Director, Center for Forest
Nature and Conservation
Research and Development
Jl. Gunung batu No.5
Bogor 16610
Tel. (62 – 21) 8633234
Fax. (62 – 21) 8638111
2. **Prof. Dr. Ir. I Nengah
Suratijaya**
Faculty of Forestry
Bogor Agriculture Institute
Kampus IPB Dramaga
Bogor
Tel. (62 – 251) 8627130
Fax. (62 – 251)
8627130/8621256
3. **Dr. I Nyoman Ngurah
Suryadiputra**
Wetland International
Jl. Ahmad Yani No.53
Bogor 16161
Tel. (62 – 251) 8312189
Fax. (62 – 251) 8325755
4. **Ir. Iwan Tricahyo Wibisono,
M.Sc**
Wetland International
Jl. Ahmad Yani No.53
Bogor 16161
Tel. (62 – 251) 8312189
Fax. (62 – 251) 8325755
Hp. 0818101398
5. **Dr. Buce Saleh**
Faculty of Forestry
Bogor Agriculture Institute
Kampus IPB Dramaga
Bogor
Tel. : (62 – 251) - 8421355
Fax. : (62 – 251) - 8621256
6. **Ir. Suwarno Sutarahardja,
M.Sc**
Faculty of Forestry
Bogor Agriculture Institute
Kampus IPB Dramaga
Bogor
Tel. : (62 – 251) - 8626775
Fax. : (62 –251) 8621256
7. **Mrs. Retno Sari**
DG of Planology
Manggala Wanabakti Building
Block I, 7th floor
Jl. Gatot Subroto, Senayan
Jakarta
Tel. (62 – 21) - 5730293
Fax. (62 – 21) – 5734632
8. **Ir. F.X Herwirawan, M.Sc**
DG of Planology
Manggala Wanabakti Building
Block I, 7th floor
Jl. Gatot Subroto, Senayan
Jakarta
Tel. (62 – 21) - 5730293
Fax. (62 – 21) - 5734632
9. **Ir. Yayuk Siswiyanti, M.Sc**
Forest Research Development
Agency
Manggala Wanabhakti building
Block I, 11th floor
Jl. Gatot Subroto – Senayan
Jakarta 10270
Tel. (62 – 21)
Fax. (62 – 21) 5720189
10. **Ir. Tajudin Edy Komar, M.Sc**
Center for Forest Nature and
Conservation Research and
Development
Jl. Gunung batu No.5
Bogor 16610
Tel. (62 – 21) 8633234
Fax. (62 – 21) 8638111

11. **Dr. Herman Daryono**
Center for Forest Nature and Conservation Research and Development
Jl. Gunung batu No.5
Bogor 16610
Jl. Gunung Batu no. 5. Bogor
Tel. (62 – 251)8633234
Fax. (62 – 251) 8638111
12. **Silvi Agtriariny, S.Hut**
Center for Forest Nature and Conservation Research and Development
Jl. Gunung batu No.5
Bogor 16610
Jl. Gunung Batu no. 5. Bogor
Tel. (62 – 251)8633234
Fax. (62 – 251) 8638111
13. **Imam Budiman, S.Hut**
Center for Forest Nature and Conservation Research and Development
Jl. Gunung batu No.5
Bogor 16610
Jl. Gunung Batu no. 5. Bogor
Tel. (62 – 251)8633234
Fax. (62 – 251) 8638111
14. **Ir. Bugris Yafid**
Center for Forest Nature and Conservation Research and Development
Jl. Gunung batu No.5
Bogor 16610
Jl. Gunung Batu no. 5. Bogor
Tel. (62 – 251)8633234
Fax. (62 – 251) 8638111
15. **Ir. Agus Sutito, M.Sc**
Directorate of Biodiversity Conservation
Manggala Wanabhakti building
Block VII, 7th floor
Jl. Gatot Subroto – Senayan
Jakarta 10270
Tel/Fax. (62 – 21) 5720227
16. **Ir. Kadim Martana, M.Sc**
Center for International Cooperation
Manggala Wanabhakti Building
Block VII, 4th floor
Jl. Gatot Subroto - Senayan
Jakarta 10270
Tel. (62 – 21) 5701114
Fax. (62 – 21) 5720210
17. **Ir. Joko Kuncoro**
DG of Planology
Manggala Wanabhakti Building
Block I, 7th floor
Jl. Gatot Subroto, Senayan
Jakarta
Tel. (62 – 21) - 5730195
Fax. (62 – 21) - 5734632
18. **Armaiki Yusmur**
SEAMEO - BIOTROP
Jl. Raya Tajur km 6
Bogor
Tel : (62 – 251) 8383848
Fax : (62 – 251) 8326851
19. **Dr. Istomo**
Faculty of Forestry
Bogor Agriculture Institute
Kampus IPB Dramaga
Bogor
Tel. : (62 – 251)
Fax. : (62 –251)
20. **Ir. Syamsuri, M.Sc**
Faculty of Forestry
Bogor Agriculture Institute
Kampus IPB Dramaga
Bogor
Tel. : (62 – 251) - 8626775
Fax. : (62 –251) 8621256

21. **Ir. Tien Lastini, M.Sc**
Faculty of Forestry
Bogor Agriculture Institute
Kampus IPB Dramaga
Bogor
Tel. : (62 – 251) - 8626775
Fax. : (62 –251) 8621256
22. **Ir. Fatah M.Sc**
Faculty of Forestry
Bogor Agriculture Institute
Kampus IPB Dramaga
Bogor
Tel. : (62 – 251) - 8626775
Fax. : (62 –251) 8621256
23. **Siti Nurjanah**
ITTO Project Staff.
Jl. Gunung batu No.5
Bogor 16610
Jl. Gunung Batu no. 5. Bogor
Tel. (62 – 251)8633234
Fax. (62 – 251) 8638111
24. **Dian Tita Rosita**
ITTO Project Staff.
Jl. Gunung batu No.5
Bogor 16610
Jl. Gunung Batu no. 5. Bogor
Tel. (62 – 251)8633234
Fax. (62 – 251) 8638111
25. **Evalin S.S. Sumbayak**
ITTO Project Staff.
Jl. Gunung batu No.5
Bogor 16610
Jl. Gunung Batu no. 5. Bogor
Tel. (62 – 251)8633234
Fax. (62 – 251) 8638111
26. **Agus Maulana**
ITTO Project Staff.
Jl. Gunung batu No.5
Bogor 16610
Jl. Gunung Batu no. 5. Bogor
Tel. (62 – 251)8633234
Fax. (62 – 251) 8638111



Published by

Indonesia's Work Programme for 2008 ITTO CITES Project
Center for Forest and Nature Conservation Research and Development
Jl. Gunung Batu No.5 Bogor-Indonesia
Phone : 62-251- 8633234
Fax : 62-251-8638111
E-mail : raminpd426@yahoo.co.id

ISBN 978-602-95842-0-2



9 786029 584202