

# KAJIAN DETEKSI DEGRADASI HUTAN DENGAN DATA MODIS DAN LANDSAT DALAM MEMAHAMI SKENARIO PENERAPAN REDD

*(Detection of Forest Degradation Using MODIS and Landsat Data in Understanding REDD Implementation Scenario)*

Oleh/by :

Suharto Widjojo<sup>1</sup>, Mulyanto Darmawan<sup>1</sup>, Aris Poniman<sup>1</sup>, Nita Maulia<sup>1</sup> dan Ari Sutanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal)  
Jl. Raya Jakarta- Bogor Km. 46, Cibinong Bogor 16911  
Telp./Fax. 021 8790 6041

Diterima (received): 10 September 2011; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 21 November 2011

## ABSTRAK

Dalam studi ini data multi temporal satelit Landsat resolusi spasial 30 meter periode tahun 2003, 2006 dan 2009 dan data MODIS tahun 2003 dan 2008 digunakan untuk deteksi degradasi hutan wilayah Kalimantan, khususnya Kalimantan Timur. Deteksi level degradasi hutan menggunakan metode deteksi perubahan (change detection) dan analisa fragmentasi (fragmentation analysis). Kategori fragmentasi ditentukan berdasar pengelompokan hutan dengan klas edge, perforated dan patch, sementara hutan alami dikelompokkan atas dalam hutan core pada buffer 250 sampai 500 acre. Selanjutnya dilakukan analisa faktor dasar (baseline factor) untuk memahami penerapan REDD sebagai respon terjadinya degradasi hutan. Hasil analisa data MODIS 2003-2008 menunjukkan terjadinya kecenderungan perubahan penurunan luas hutan sebesar 23,5% (7.256.931 ha). Dari 23,5% tersebut, sekitar 70,0% (5.089.851,7 ha) berupa perubahan penurunan pada hutan alami dan sekitar 30,0% (2.167.079,3 ha) berupa penambahan hutan yang terkategori degradasi. Sebaliknya terjadi pula penambahan pada areal bukan hutan sekitar 30% (2.167.079,3 ha). Sementara analisa dengan data Landsat menunjukkan hasil kebalikan, yaitu selama periode 2003 – 2009 terjadi kenaikan jumlah hutan alami sebesar 3,5% (961.313 ha). Dari jumlah 3,5% tersebut, sebesar 7,8% (1.519.694 ha) berupa penambahan pada luasan hutan alami, dan berupa penurunan hutan terkategori degradasi sebesar 6,8% (558.381 ha) dan penurunan atas area bukan hutan sebesar 3,7% (961.313 ha). Adaptasi REDD pada masyarakat Kalimantan timur tersebar pada kelompok hutan terdegradasi (Patch, Perforated dan Edge).

**Kata Kunci:** Hutan Tropis Basah, MODIS, Landsat, REDD, Hutan Terdegradasi

## ABSTRACTS

This study used multi-temporal satellite Landsat imageries with 30-meter spatial resolution period in 2003, 2006 and 2009 and MODIS data in 2003 and 2008 for detection of forest degradation in Kalimantan region, especially East Kalimantan. Detection of degradation level was done using change detection method and fragmentation analysis. Categories were determined by grouping of forest fragmentation by class of edge, perforated and patches, while natural forests in the forest cores were grouped on the buffer 250 to 500 acres. Further analysis was conducted on baseline factors to understand the application of

REDD as a response to forest degradation. Analysis result of MODIS data in 2003-2008 shows a trend of decreased forest area by 23.5% (7,256,931 ha). Of 23.5%, approximately 70.0% (11,793,319 ha) were in the form of changes to a decrease in natural forest and approximately 30.0% (4,536,388 ha) of forests are categorized addition of degradation. In contrast, there were also addition to non-forest area of about 30% (7,252,525 ha). Meanwhile, Landsat data analysis shows the opposite result. For example, during the period 2003 – 2009 there was an increase of 3.5% (961,313 ha) of natural forests. Out of the total 3.5% of these, 7.8% (1,519,694 ha) were in the form of addition to the natural forest area, and a decrease in forest degradation as many as 6.8% (558,381 ha) and a decrease of non-forest area of 3.7% (961,313 ha). Adaptation of REDD in East Kalimantan communities scattered in groups of degraded forests (Patch, Perforated and Edge).

**Keywords:** Tropical Rain Forest, MODIS, Landsat, REDD, Degraded Forest

## PENDAHULUAN

Peran penting hutan tropis basah (HTB) dalam ekosistem global menurut Whitmore (1975) adalah sebagai paru-paru dunia. Hutan tropis basah Kalimantan merupakan terbesar kedua dunia setelah hutan tropis Amazon di Amerika Selatan. Hutan bagi bangsa Indonesia sendiri disamping sebagai laboratorium alam, juga sebagai penopang sumber kehidupan manusia dan sumber pendapatan devisa Negara.

Selama dua dekade terakhir, data satelit berperan penting dalam pemantauan sumber daya alam, termasuk hutan (Lillisand and Kiefer, 1987). Teknologi penginderaan jauh dapat menjadi alat yang efektif dan membantu untuk memantau kawasan hutan. Namun, dalam penerapan penginderaan jauh untuk kajian hutan tropis basah tidak mudah ditafsirkan karena keragaman spektral dan pola yang kompleks di lapisan hutan, serta kondisi liputan tutupan awan (Langford and Bell, 1997). Oleh karena itu metode konvensional klasifikasi multivariat dari pixel sering tidak memadai untuk mendeteksi hutan wilayah tropis.

Dibandingkan deforestasi, monitoring dan deteksi degradasi hutan lebih sulit dilakukan. Seluruh *sequence* tersebut menyebabkan studi degradasi hutan di Kalimantan relatif jarang. Pada dasarnya deforestasi atau penggundulan hutan dapat dipantau melalui penginderaan jauh

(Shimabukuro *et al.*, 1998), tetapi degradasi hutan jauh lebih kompleks dan ambigu (Howard, 1991 dan Siscawati, 2000). Sulit untuk menurunkan variabel degradasi hutan dari data penginderaan jauh tanpa pengukuran intensif di lapangan.

Degradasi hutan menurut FAO (2001) didefinisikan sebagai "*changes within the forest, which negatively affect the structure of function of forest or site, and thereby lower the capacity to supply product or service*" (perubahan antar hutan, yang secara negatif mempengaruhi struktur fungsi hutan atau lokasi, sehingga menurunkan kapasitas produksi dan fungsi hutan). Skenario deteksi konversi hutan menjadi penggunaan lain umumnya menggunakan *change detection* dan perubahan hutan menjadi degradasi hutan menggunakan *historical landcover change* seperti disajikan dalam **Gambar 1**.

Memahami sisa hutan sebagai akibat deforestasi tidak memberikan gambaran yang lengkap tentang degradasi hutan. Berbagai bentuk dan ukuran hutan terbentuk akibat dari konversi lahan. Bentuk-bentuk tersebut dikenal dengan istilah bentuk geometri hutan, dan telah diterapkan untuk studi ekologi termasuk untuk pemetaan tutupan lahan (Frohn, 1997 dan Reed *et al.*, 1994).

Model-model ekologi mekanik (*ecologically mechanical*) seperti model Biome (Prentice *et al.*, 1992) dan model MAPPSS (*Mapped Atmosphere Plant Soil System*) oleh Nielson *et al.*, 1992, saat ini

Peruba  
(2)

Degrac

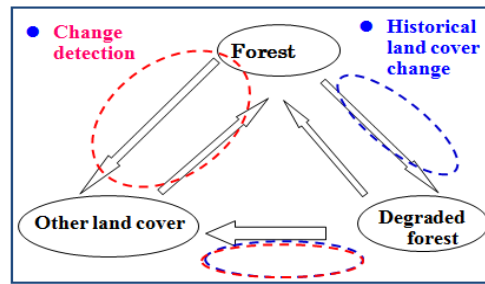
dikembangkan untuk memprediksi respon monitoring degradasi adalah pola penyebaran vegetasi global (*Global Vegetation Pattern*) terhadap perubahan iklim (*climate change*). Beberapa peneliti melakukan studi dengan menggunakan data satelit global seperti MODIS dan AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) data untuk membedakan perbedaan fenologi vegetasi (Loveland *et al.*, 2000). Secara umum analisa data global seperti MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) menggunakan variasi temporal dari *band rationing* seperti NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Hal ini memungkinkan diferensiasi analisis yang lebih kaya dibanding penggunaan konvensional spektral band yang punya kendala dengan awan (Lillisand and Kiefer 1987, dan Moulin, *et.al.*, 1996)

REDD (*Reduction Emission Degradation Deforestation*) adalah strategi mitigasi perubahan iklim yang melibatkan organisasi konservasi, pengembang proyek dan pemerintah di negara berkembang. REDD strategi yang dirancang untuk memanfaatkan pasar atau menggunakan insentif finansial untuk mengurangi emisi dari gas-gas rumah kaca yang berasal dari deforestasi dan degradasi.

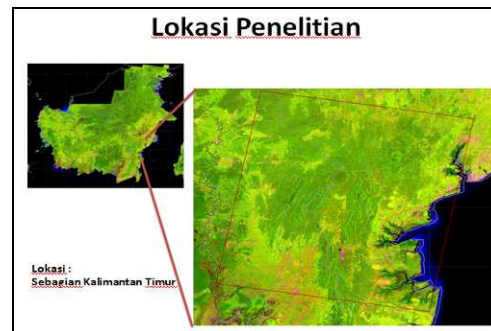
Deforestasi dan degradasi adalah dua hal utama penyebab pemanasan global. Kontribusinya sebagai penyumbang sekitar 15% emisi gas rumah kaca. Terkait fungsi hutan dalam perubahan iklim adalah hutan sebagai penyumbang sekaligus penyerap karbon ke atmosfer, sementara industri dan transportasi, hanya menyumbang karbon ke atmosfer.

Penelitian ini adalah melakukan deteksi degradasi hutan dengan bantuan data satelit MODIS dan Landsat. Hasil monitoring degradasi hutan ini diharapkan dapat membantu penerapan REDD dalam menentukan tingkat pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan.

Studi area terletak di pulau Kalimantan Timur (**Gambar 2**), yang dikenal sebagai wilayah dengan hutan tropis terluas di Indonesia.



**Gambar 1.** Skenario Deteksi Degradasi Hutan dengan Data Satelit

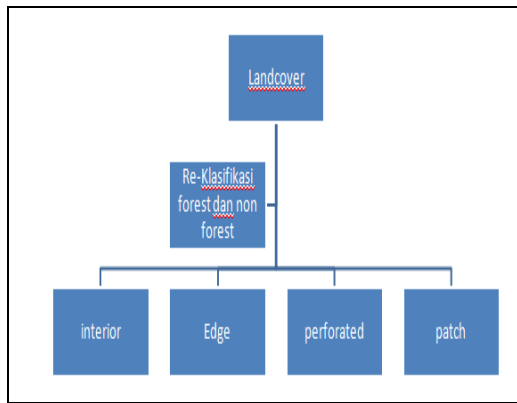


**Gambar 2.** Lokasi Penelitian

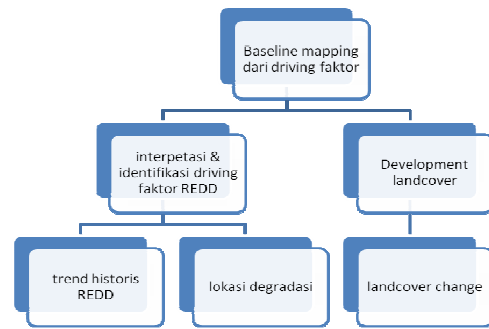
## METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan penelitian, kajian deteksi degradasi hutan dan REDD ini menggunakan pendekatan rancangan desain dan analisa yang tersaji dalam **Gambar 3**. Analisis *change detection*, fragmentasi dan analisis REDD masing-masing ditampilkan dalam **Gambar 4**, **Gambar 5** dan **Gambar 6**.

Selanjutnya, analisa implementasi REDD dalam hubungannya dengan deforestasi hutan dilakukan melalui tiga (3) tahap kegiatan yaitu : *review historical area* perubahan penggunaan lahan, dilanjutkan dengan interpretasi dan analisis *trend historical* dan lokasi deforestasi, khususnya identifikasi *agent*, *driving factor*, serta faktor yang bersifat kondisional dari deforestasi, dan diakhiri dengan penggabungan *driving factor* dan model untuk menentukan skenario potensial ke depan.



Gambar 3. Rancangan desain analisis fragmentasi



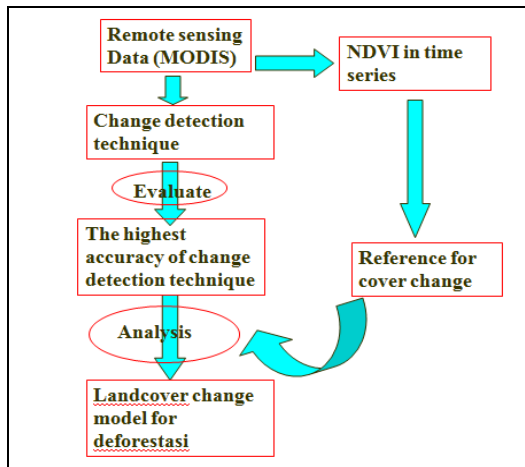
Gambar 6. Desain Skenario Implementasi REDD dan Degradasi Hutan

## HASIL PEMBAHASAN

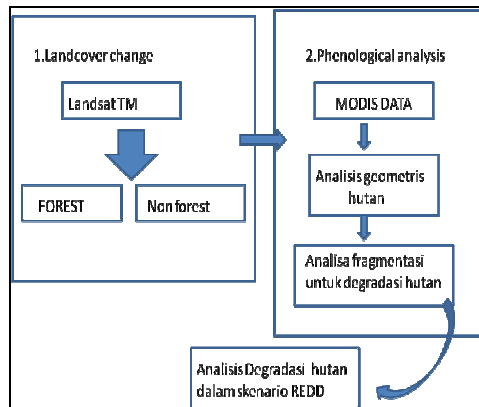
### Evaluasi Permasalahan Awal

Beberapa masalah yang dapat dirumuskan dari tinjauan di atas adalah:

- Deforestasi dan degradasi adalah dua hal utama penyebab pemanasan global melalui *carbon sequence scenario* dan emisi gas rumah kaca.
- Data penginderaan jauh menunjukkan potensial untuk studi deforestasi, hanya teknik yang dikembangkan untuk deteksi degradasi hutan lebih sulit dalam menghasilkan informasi perubahan hutan. Hal ini karena proses perubahan yang dideteksi bukan hanya proses perubahan tetapi juga pertumbuhan tanaman (*regrowth*) atau perubahan jenis hutan.
- Apabila teknis *change detection* seperti yang biasa dilakukan maka informasi degradasi akan terlihat jauh lebih besar dari yang seharusnya. Definisinya FAO (1999) menekankan bahwa forest degradasi adalah hutan yang berubah karena alih fungsi menjadi hutan lain (*change within forest*) yang mempengaruhi fungsi dan produksi hutan dan bukan konversi hutan menjadi penggunaan lain seperti tanah kosong.
- Dibandingkan deforestasi, monitoring dan deteksi degradasi hutan lebih sulit dilakukan dalam skenario penerapan REDD. Maka penggunaan citra multi temporal sangat penting dalam pelaksanaan program REDD.



Gambar 4. Desain *change detection* dengan multi temporal analisis



Gambar 5. Desain Fragmentasi Analisis

## Analisis Perubahan dan Fragmentasi

Menurut definisi umum: Fragmentasi hutan adalah proses membagi area hutan yang besar menjadi ukuran kecil yang dikelilingi oleh lingkungan bentukan manusia (*Forest fragmentation is the process of dividing large tracts of forest into smaller isolated tracts surrounded by human-modified environments*). Fragmentasi hutan dimaksudkan sebagai usaha pengelolaan hutan berbasis ekologis sehingga memungkinkan perencanaan penggunaan lahan yang lebih baik.

Empat kelas fragmentasi hutan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- **Core** – pixel hutan dalam (*interior forest pixels*) yang tidak terdegradasi dari efek tepi (*edge effects*).
- **Perforated** – hutan di sepanjang tepi bagian dalam dari perforasi hutan perforasi kecil
- **Edge** – hutan di sepanjang tepi luar dari sebuah *patch* hutan.
- **Patch** – bagian kecil fragmen hutan yang terdegradasi sepenuhnya oleh "efek tepi".

Hasil analisa data MODIS 2003 dan 2008 menunjukkan terjadinya kecenderungan perubahan penurunan luas hutan sebesar 23,5% (7.256.931 ha). Dari 23,5% tersebut, sekitar 70,0% (5.089.851,7 ha) berupa perubahan penurunan pada hutan alami dan sekitar 30,0% (2.167.079,3 ha) berupa penambahan hutan yang terka-tegori degradasi. Sementara analisa dengan data Landsat menunjukkan hasil kebalikan, yaitu selama periode 2003 – 2009 terjadi kenaikan jumlah hutan alami sebesar 3,5% (961.313 ha). Dari jumlah 3,5% tersebut, sebesar 7,8% (1.519.694 ha) berupa penambahan pada luasan hutan alami, dan berupa penurunan hutan terkategori degradasi sebesar 6,8% (558.381 ha) dan penurunan atas area bukan hutan sebesar 3,7% (961.313 ha). Adaptasi REDD pada masyarakat

Kalimantan Timur tersebar pada kelompok hutan terdegradasi (*Patch, Perforated* dan *Edge*). **Gambar 7** memperlihatkan contoh penggunaan lahan sebagian wilayah Kalimantan Timur, Tengah dan Selatan.

## Analisis REDD

Respon rencana aksi nasional (RAN) implementasi REDD berupa optimalisasi pemanfaatan lahan terdegradasi di areal hutan untuk pertanian, perkebunan misalnya kebun kelapa sawit maupun hutan. Tahapan REDD bisa dilaksanakan secara optimal adalah *review historical area*, interpretasi perubahan penggunaan lahan, interpretasi dan analisis *trend historical* dan lokasi deforestasi.

Sejarah terjadinya degradasi hutan karena ada pembalakan hutan untuk alih fungsi penggunaan lahan menjadi areal pertanian/perkebunan/*deforestation*.

Interpretasi perubahan luas hutan di Kalimantan sebesar 23,5% (data MODIS 2008) atau 3,49% (data Landsat 2009). **Tabel 1**, menyajikan data areal *degradation forest* dari tahun 2003-2008 sebesar 23,48%. Sedangkan **Tabel 2**, memperlihatkan lokasi degradasi hutan Kalimantan Timur tersebar di areal *patch*, *edge* dan *perforated*.

Hasil analisis fragmentasi besarnya kelompok hutan terdegradasi di Kalimantan Timur mencapai 3.029.538 ha (data Landsat 2003) atau 4.736.444 ha (data MODIS 2003). Areal terdegradasi berubah menjadi 2.531.170 ha (data Landsat 2009) atau 7.054.482 ha (data Modis 2008) (lihat **Tabel 2**). Adaptasi REDD masyarakat Kalimantan Timur tersebar di kelompok hutan terdegradasi.

Dari tahapan-tahapan di atas, dipastikan REDD dapat dilaksanakan, namun diperlukan dana dan kerjasama dari masyarakat lokal yang diposisikan sebagai pelaku kegiatan utama di dalam hutan yang dilindungi dan apabila REDD berhasil masyarakat menjadi bagian utama. Dengan melibatkan masyarakat



**Tabel 2.** Hasil Fragmentasi Hutan di Provinsi Kalimantan Timur

No	Fragmentasi	2003 (ha)	2006 (ha)	2009 (ha)
<b>I Sumber : Citra Landsat</b>				
1	Non Forest	8.315.544	6.741.606	6.669.638
2	Patch	155.344	131.381	258.163
3	Edge	2.152.788	1.647.488	1.422.463
4	Perforated	721.406	765.550	850.544
<b>Area terdegradasi</b>		<b>3,029,538</b>	<b>2,544,419</b>	<b>2,531,170</b>
5	Core (<250 acres)	10.644	8.456	8.306
	Core (250-500 acres)	7.613	6.388	7.756
	Core (>500 acres)	8.270.806	10.333.275	10.417.275
<b>Total Area</b>		<b>19.634.144</b>	<b>19.634.144</b>	<b>19.634.144</b>
<b>II Sumber : Citra MODIS</b>				
1	Non Forest	7.137.281		10.175.238
2	Patch	883.250		1.244.313
3	Edge	2.018.125		2.639.900
4	Perforated	2.629.994		3.170.269
<b>Area terdegradasi</b>		<b>4,736,444</b>		<b>7,054,482</b>
5	Core (<250 acres)	52.138		43.513
	Core (250-500 acres)	29.106		29.350
	Core (>500 acres)	6.886.444		2.325.475
<b>Total Area</b>		<b>19.636.338</b>		<b>19.628.056</b>

## KESIMPULAN

- Hasil penelitian menunjukkan bahwa data MODIS cukup potensial untuk diterapkan pada studi fragmentasi.
- Hasil analisis dari data Landsat terkait berbanding terbalik dengan data MODIS karena adanya perbedaan dalam menafsirkan jenis penggunaan lahan.
- Secara umum terjadi penurunan luasan hutan pada wilayah Kalimantan seluas 23,5%.

## DAFTAR PUSTAKA

- FAO. 1999. Forest Resources Assessment Working Paper 162. Case Study on Measuring and Assessing Forest Degradation, Monitoring Degradation in the Scope of REDD. 13p.
- FAO. 2001. *Global Forest Resources Assessment 2000*. Main Report. 479pp.

- Frohn, R. C. 1998. *Remote Sensing for Landscape Ecology*. Lewis Publishers, Washington, D.C. 99pp.
- Howard, J.A. 1991. *Remote Sensing of Forest Resources: Theory and Application*. Chapman & Hall. London. 419pp
- Langford, M., and W. Bell. 1997. Land Cover Mapping in Tropical Hillside Environments: a Case Study in the Cauca Region of Colombia. *Int. J. Remote Sensing*. Vol. 18. No 6: 1289-1306.
- Lillesand T. M., and R.W. Kiefer. 1987. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Second Edition. John Willey and Son, Inc. 721 pp.
- Loveland , T. R., Reed, B. C., Brown, J. F., Ohlen, D. O., Zhu, Z., Yang, L., and Merchant, J. W. 2000. Development of a Global Landcover Characteristics Database and IGBP Discover from 1 km AVHRR Data. *Int. J. Remote Sens.*, 21:1303-1330.

- Moulin, S., L. Kergoat, N. Viovy, and G. Dedieu. 1996. Global-scale Assessment of Vegetation Phenology Using NOAA/AVHRR Satellite Measurements. *Journal of Climate*. Vol. 10:1154-1170.
- Nielson, R. P., King. G. A., and Koerper, G. 1992. Toward a Rule Based Biome Model. *Landscape Ecology*. 7:27-43.
- Prentice, I. C., Cramer, W., Harrison, S. P., Leemands, R., Monserud, R. A., and Solomon, A. M. 1992. A Global Biome Model Based on Plant Physiology and Dominance, Soil Properties and Climate. *J. Biogeography*. 19:117-134.
- Reed, B.C., J. F. Brown, D. VanderZee, Loveland, Thomas R., J. W. Merchant, and D.O. Ohland. 1994. Measuring Phenological Variability from Satellite Imagery. *Journal of Vegetation Science*. 5:703-714.
- Shimabukuro, Y.E., G.T. Batista, E.M.K. Mello, J.C. Moreira, and V. Duarte. 1998. Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat Thematic Mapper Images of the Amazon region. *Int. J. Remote Sensing*. Vol.19. No 3: 535-541.
- Siscawati, M. 2000. Underlying Causes of Deforestation and Forest degradation in Indonesia: A Case Study on Forest Fire. The Indonesian Institute for Forest and Environment. (unpublished paper).
- Whitmore, T. C. (1975): *Tropical Rain Forest of the Far East*. Oxford Univ. Press. 282p.