

KAJIAN METODE DETEKSI DEGRADASI HUTAN MENGUNAKAN CITRA SATELIT LANDSAT DI HUTAN LAHAN KERING TAMAN NASIONAL HALIMUN SALAK

Sigit Nugroho

Staf Ditjen Planologi Kehutanan Kementerian Kehutanan
Email: sigit_nugroho_ssi@yahoo.com

I Nengah Surati Jaya dan M. Buce Saleh

Staf Pengajar di Institut Pertanian Bogor Kampus Darmaga

Antonius B Wijanarto

Staf Pengajar Bakosurtanal Cibinong Bogor

ABSTRACT

The study examined detection method of forest degradation using forest canopy density (FCD), maximum likelihood, fuzzy and belief dempster shafer classification method. Accuracy evaluation of classification and detection were based on overall accuracy which obtained from 51 ground sample plot. Canopy density, LAI, crown indicator, trees density and basal area (Lbds) were conducted as field indicators. Accuracy of classification among forest density (trees/Ha) with four classification methods were FCD 61%, maximum likelihood 57%, fuzzy 51% and belief dempster shafer 49%. Based on temporal detection accuracy from 2003 until 2008, FCD had overall accuracy 68 %. The result of research, FCD is the best method to detect of forest degradation.

Keywords: detection method, forest degradation, Landsat.

ABSTRAK

Studi ini mengkaji metode deteksi degradasi hutan menggunakan metode klasifikasi *forest canopy density*(FCD), *maximum likelihood*, *fuzzy*, dan *belief dempster shafer*. Uji akurasi klasifikasi dan deteksi menggunakan *overall accuracy* yang didapatkan dari 51 sampel lapangan. Kerapatan kanopi, *leaf area index* (LAI), indikator tajuk, kerapatan pohon, dan luas bidang dasar (lbds) digunakan sebagai indikator degradasi di lapangan. Hasil uji akurasi klasifikasi antara hasil klasifikasi dengan kerapatan pohon adalah FCD 61%, *maximum likelihood* 57%, *fuzzy* 51%, dan *belief dempster shafer* 49%. Berdasarkan deteksi degradasi secara temporal dari tahun 2003 sampai 2008, FCD mempunyai akurasi 68 %. Hasil penelitian ini, FCD adalah metode terbaik untuk deteksi degradasi hutan.

Kata kunci: metode deteksi, degradasi hutan, Landsat.

PENGANTAR

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai hutan tropis terbesar di dunia. Pada tahun 2003 - 2006, kondisi laju deforestasi mencapai angka 1,1 Juta Ha pertahun (DEPHUT 2008). Data FAO (2005), angka deforestasi Indonesia pada tahun 2000-2005 mencapai 1,9 juta Ha pertahun. COP 13 UNFCCC telah mengakomodasi pentingnya degradasi hutan untuk mengurangi emisi melalui *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation/REDD* (Murdiarso *et al.*, 2008). Unsur degradasi hutan dalam mekanisme REDD mempunyai dampak positif dalam adaptasi perubahan iklim.

Degradasi hutan merupakan suatu proses yang sulit dideteksi karena melibatkan proses penurunan kualitas kanopi hutan dan struktur vertikal kanopi hutan dengan jangka waktu yang lama (Panta *et al.*, 2008). Menurut Penman *et al.*, (2003) untuk mendapatkan prosedur operasional *monitoring, reporting, and verification* (MRV) tentang degradasi hutan masih menjadi masalah yang krusial. Sistem pemantauan yang komprehensif akan dapat menghasilkan data dan indikator tutupan hutan yang lebih baik, guna menampung kebutuhan informasi terkini bagi pesatnya perkembangan proses REDD (Kanninen *et al.*, 2009).

Metode deteksi menggunakan data penginderaan jauh telah digunakan untuk menilai kerapatan kanopi hutan sebagai indikator degradasi hutan (Hadi *et al.*, 2004; Joshi *et al.*, 2006). Penggunaan persentase kerapatan kanopi menggunakan citra satelit Landsat untuk deteksi degradasi menghasilkan akurasi yang tinggi dan sangat menjanjikan (Panta *et al.*, 2008; Hwan dan Merlinda, 2008).

Deteksi degradasi menggunakan data penginderaan jauh memiliki tantangan teknis yang lebih besar daripada memantau deforestasi (Defries *et al.*, 2007). Data penginderaan jauh yang didukung oleh observasi di lapangan merupakan kunci pemantauan yang efektif dan efisien

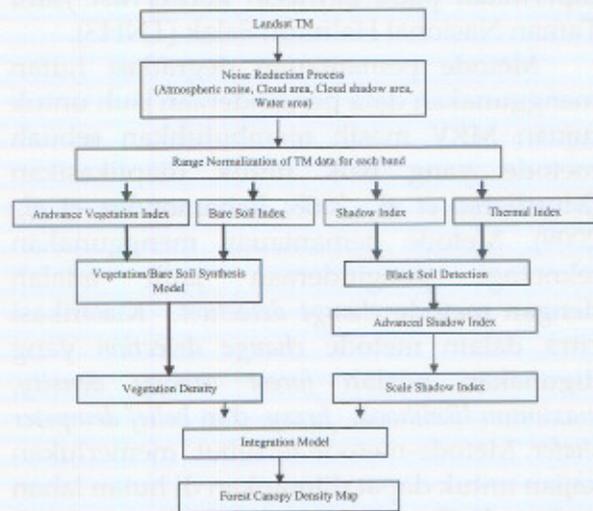
(Kanninen *et al.*, 2009). Kebutuhan data untuk MRV pada mekanisme REDD sangat diperlukan pada kawasan konservasi yaitu Taman Nasional Halimun Salak (TNHS).

Metode pemantauan degradasi hutan menggunakan data penginderaan jauh untuk tujuan MRV masih membutuhkan sebuah metode yang baik untuk diaplikasikan (Murdiarso *et al.*, 2008; Bahamondez *et al.*, 2009). Metode pemantauan menggunakan teknologi penginderaan jauh adalah dengan metode *change detection*. Klasifikasi citra dalam metode *change detection* yang digunakan adalah *forest canopy density, maximum likelihood, fuzzy, dan belief dempster shafer*. Metode-metode tersebut memerlukan kajian untuk dapat diterapkan di hutan lahan kering di Taman Nasional Halimun Salak yang mempunyai karakteristik yang spesifik. Tujuan penelitian ini adalah membangun metode yang tepat untuk deteksi degradasi hutan di TNHS.

Lokasi penelitian ini adalah di kawasan hutan Gunung Surandil dan Gunung Pangkulahan Taman Nasional Halimun Salak. Penelitian dimulai dari bulan Juli 2010 sampai Desember 2010. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra digital Landsat TM tahun 2003, 2007, 2008, dan citra Quickbird tahun 2006. Alat yang digunakan dalam penelitian ini seperangkat komputer dan perangkat lunak ARC View 3.3 Envi v 4.1, Idrisi, FCD Mapper Versi 2. Seperangkat alat untuk pengukuran di lapangan: GPS, Kompas, *diameter tape*, roll meter, stasioner, *tally sheet*, dan kamera *fisheye*.

Prosedur penelitian ini terdiri dari tahap persiapan alat, kerja laboratorium penginderaan jauh dan SIG, kerja lapangan, uji akurasi, dan pembuatan laporan hasil penelitian. Pada pengolahan citra yang dilakukan adalah mengolah citra Landsat tahun 2003, 2007 dan 2008 untuk menghasilkan kelas kerapatan hutan dengan menggunakan empat metode klasifikasi. Proses pembuatan FCD menggunakan *software* FCD-Mapper

Ver. 2. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1.
Proses Klasifikasi Forest Canopy Density
(Rikimaru, 2003)

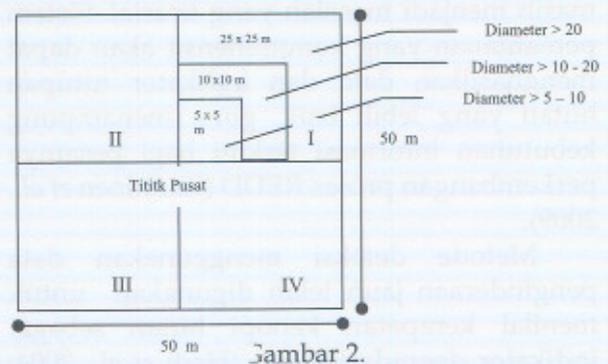
Klasifikasi *maximum likelihood* adalah salah satu dari klasifikasi terbimbing. Algoritma yang digunakan dalam penentuan klasifikasi ini adalah dengan menggunakan metode *maximum likelihood*. Metode klasifikasi *fuzzy* mempertimbangkan piksel-piksel yang bercampur (*mixed make-up*) dimana suatu piksel tidak dapat dikelaskan secara definitif ke satu kelas. Klasifikasi ini bekerja dengan suatu fungsi keanggotaan dimana piksel tersebut ditentukan apakah lebih dekat ke satu kelas atau kelas lainnya. Output dari metode ini tidaklah peta tunggal tutupan lahan, tetapi merupakan satu set peta (per kelas) yang menyatakan tingkat fungsi keanggotaan pada masing-masing kelas.

Klasifikasi *belief (Belclas)* adalah suatu proses pengambilan keputusan tentang keanggotaan kelas pada suatu piksel untuk masuk ke suatu kelompok tingkat keanggotaan pada setiap kelas yang mungkin. Seperti prosedur klasifikasi terbimbing, penggunaan *training area* tetap dibutuhkan untuk mengklasifikasikan setiap piksel. Output metode ini bukan peta tunggal tutupan lahan,

tetapi merupakan satu set peta (per kelas) yang menyatakan aspek kepercayaan maupun tingkat masuk akal piksel untuk masuk pada masing-masing kelas.

Desain sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *stratified purposive sampling*. Jumlah sampel pada penelitian ini adalah 51 sampel. Strata sampel plot yang diambil berdasarkan kelas kerapatan hutan yang dihasilkan dan jumlahnya tiap strata disesuaikan dengan nilai sampel totalnya (N).

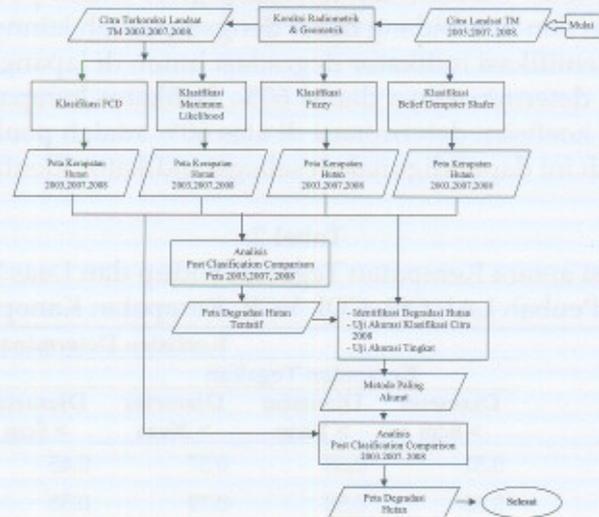
Ukuran plot di lapangan dengan menggunakan citra beresolusi 20-30 meter adalah dengan ukuran 50 x 50 meter. Pengambilan data tegakan pada diameter 5-10 cm dan 10 - 20 cm dikuadran I. Luas untuk pengambilan sampel 5-10 cm adalah 5 x 5 m, sedangkan luas untuk pengambilan sampel 10-20 cm adalah 10 x 10 m dari titik pusat plot. Data tegakan diameter > 20 cm diambil pada semua kuadran dengan ukuran 25 x 25 m.



Jambar 2.
Desain Sampel Plot di Lapangan

Hasil metode klasifikasi kerapatan hutan dengan citra Landsat akurasi diuji dengan data kerapatan kanopi, kerapatan pohon, *Crown Size Index (CSI)*, *Crown Damage Index (CDI)*, *Visual Crown Rating (VCR)*, *Leaf Area Index (LAI)*, dan luas bidang dasar (Lbds). Uji hasil klasifikasi kerapatan hutan dan degradasi hutan menggunakan *user's accuracy*, *producer's accuracy* dan *overall accuracy*, dan analisis Kappa. Nilai akurasi sedang adalah 60-85% dan tinggi adalah > 85%.

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3. Diagram alir dimulai dari proses pengolahan data, analisis, dan hasil penelitian.



Gambar 3.
 Diagram Alir Penelitian

PEMBAHASAN

Penentuan indikator untuk identifikasi degradasi hutan di lapangan adalah dengan menggunakan analisis regresi pada masing-masing peubah di lapangan. Identifikasi pendugaan degradasi hutan menggunakan dua pendekatan yaitu dengan pendekatan pohon yang masih hidup (pohon sisa) dan pohon yang telah mati (akibat mati alami atau ditebang).

Berdasarkan analisis regresi antara peubah kerapatan pohon yang mati dilapangan dan luas bidang dasarnya (lbds) dengan peubah lainnya maka hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil koefisien determinasi menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasinya rendah pada semua peubah. Kesimpulannya bahwa kerapatan pohon yang mati tidak mempengaruhi variasi perubahan indikator kanopi dari pohon sisa (LAI, CSI, CDI, VCR, dan kerapatan kanopi). Hal ini disebabkan kurun waktu yang terlalu lama dari mulai pohon ditebang dengan pengambilan data di lapangan sehingga pada kurun waktu yang lama tersebut telah terjadi *recovery* dari tajuk pohon lain.

Tabel 1.

Hasil Analisis Regresi antara Kerapatan Tegakan Mati dan Luas Bidang Dasar dengan Peubah LAI, CSI, CDI, VCR, dan Kerapatan Kanopi

No	Peubah	Koefisien Determinasi					
		Kerapatan Tegakan				Lbds	
		Diameter > 5cm	Diameter > 10cm	Diameter > 20cm	Diameter > 5cm	Diameter > 10cm	Diameter > 20cm
1	LAI	0.21	0.06	0.05	0.1	0.07	0.06
2	CSI	0.40	0.16	0.04	0.05	0.02	0.00
3	CDI	0.29	0.16	0.07	0.00	0.00	0.00
4	VCR	0.41	0.17	0.06	0.02	0.00	0.00
5	Kerapatan Kanopi	0.38	0.20	0.10	0.03	0.01	0.01

Pada penelitian dilakukan analisis regresi antara peubah tajuk dengan kerapatan tegakan yang tersisa dan luas bidang dasarnya untuk mengidentifikasi perubahan variasi perubahan kerapatan tegakan dan lbs. Berdasarkan analisis regresi antara peubah kerapatan tegakan yang tersisa di lapangan dan luas bidang dasar dengan peubah lainnya, maka hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. Identifikasi indikator degradasi hutan di lapangan dapat menggunakan peubah yang koefisien determinasinya diatas 60%. Indikator kerapatan tegakan diameter > 5 cm yang mempunyai koefisien determinasi di atas 60% adalah peubah VCR dan kerapatan kanopi sehingga peubah ini dapat digunakan sebagai indikator identifikasi degradasi hutan.

Tabel 2.
Hasil Analisis Regresi antara Kerapatan Tegakan Hidup dan Luas Bidang Dasar dengan Peubah LAI, CSI, CDI, VCR, Kerapatan Kanopi

No	Peubah	Koefisien Determinasi					
		Kerapatan Tegakan				Lbds	
		Diameter > 5cm	Diameter > 10cm	Diameter > 20cm	Diameter > 5cm	Diameter > 10cm	Diameter > 20cm
1	LAI	0.51	0.38	0.37	0.45	0.41	0.36
2	CSI	0.58	0.58	0.79	0.55	0.53	0.45
3	CDI	0.58	0.57	0.66	0.43	0.39	0.31
4	VCR	0.63	0.62	0.80	0.54	0.51	0.42
5	Kerapatan Kanopi	0.67	0.49	0.59	0.52	0.46	0.57

Berdasarkan uji T maka variasi kerapatan tegakan diameter > 5 cm adalah signifikan mempengaruhi kerapatan kanopi dengan T hitung yaitu 2.4 lebih tinggi dari T tabel 1.96. Pada peubah VCR juga mempunyai T hitung lebih tinggi yaitu 2.24. Hasil analisis ini akan digunakan untuk pembuatan kelas masing masing peubah untuk diuji akurasi dengan klasifikasi citra. Klasifikasi masing-masing peubah seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Kriteria Klasifikasi Kerapatan Hutan, Lbds, Kerapatan Tegakan, Kerapatan Kanopi Hutan, LAI, dan Indikator Tajuk

No	Klasifikasi	Lbds m ² /Ha	Kerapatan Tegakan > (N/Ha)	Kerapatan Kanopi (%)	LAI	Indikator Tajuk /Ha		
						CSI	CDI	VCR
1	NH	0-1	0- 67	0-10	0-0.57	0-1203	0-70	0-1014
2	H1	1 - 14	68-478	11-30	0.59-1.6	1203 -2907	701- 1899	1014-2678
3	H2	15-26	479-889	31-50	1.7-2.7	2908-4613	1900-3098	2679-4343
4	H3	27-38	890-1300	51-70	2.8-3.7	4614-6317	3099-4296	4344-6007
5	H4	> 39	>1301	>71	> 3.8	>6318	>4297	>6008

Keterangan: NH non hutan, H1 hutan kerapatan sangat rendah, H2 hutan kerapatan rendah, H3 hutan kerapatan sedang, H4 hutan kerapatan tinggi.

Hasil klasifikasi FCD, *maximum likelihood*, *fuzzy*, dan *belief* diuji keakuratannya dengan data lapangan yaitu kerapatan kanopi, LAI, *crown indicator* (CSI, CDI, dan VCR), kerapatan tegakan dan Lbds. Berdasarkan uji akurasi dengan *overall accuracy* dan analisis Kappa dengan berbagai indikator lapangan maka dapat dilihat pada Tabel 4.

Pada klasifikasi FCD dapat dilihat bahwa akurasi tertinggi untuk klasifikasi kerapatan hutan adalah pada kerapatan kanopi dan kerapatan tegakan diameter > 5 cm. Akurasi kerapatan kanopi yaitu di atas 85%. Penggunaan indikator kerapatan tegakan diameter > 5 cm mempunyai akurasi sedang yaitu 61%. Penggunaan indikator LAI, CSI, CDI, VCR, dan Lbds tidak dapat digunakan karena mempunyai akurasi yang rendah.

Tabel 4.
 Hasil Uji Akurasi Klasifikasi FCD, *Maximum Likelihood*, *Fuzzy*, dan *Belief Dempster Shafer*

No	Indikator Lapangan	Hasil Uji Akurasi (%)							
		FCD		Maximum Likelihood		Fuzzy		Belief	
		Overall accuracy	Koef. Kappa	Overall accuracy	Koef. Kappa	Overall accuracy	Koef. Kappa	Overall accuracy	Koef. Kappa
1	Kerapatan Kanopi	86	79	82	74	73	59	65	49
2	LAI	53	39	47	32	43	26	51	35
3	CSI	59	44	51	36	45	27	39	20
4	CDI	60	47	56	38	58	38	47	30
5	VCR	59	40	59	40	55	35	51	32
6	Kerapatan Tegakan d > 5cm	61	46	57	40	51	34	49	32
7	Lbds d > 5cm	30	14	43	30	49	36	47	32

Pada klasifikasi *maximum likelihood* maka klasifikasi kerapatan hutan mempunyai akurasi sedang yaitu 82% pada indikator kerapatan kanopi. Penggunaan indikator LAI, CSI, CDI, VCR, dan Lbds tidak dapat digunakan karena mempunyai akurasi yang rendah. Penggunaan klasifikasi *fuzzy* mempunyai akurasi sedang pada indikator kerapatan kanopi yaitu 73%, sedangkan pada indikator lainnya adalah rendah. Berdasarkan akurasinya maka klasifikasi kerapatan hutan menggunakan klasifikasi *fuzzy* dan *maximum likelihood* kurang baik digunakan.

Klasifikasi *belief* kurang baik digunakan untuk klasifikasi kerapatan hutan. Akurasi klasifikasi ini menunjukkan bahwa akurasinya di bawah 60% untuk semua indikator lapangan kecuali indikator kerapatan kanopi. Akurasi tertinggi hanya didapatkan pada indikator kerapatan kanopi 65%. Penggunaan indikator kerapatan hutan lainnya diantaranya LAI, CSI, CDI, VCR, dan Lbds mempunyai akurasi yang rendah.

Berdasarkan analisis regresi data lapangan maka identifikasi degradasi hutan dengan indikator kerapatan tegakan diameter > 5 cm dapat menggunakan peubah kerapatan kanopi dan VCR. Oleh karena itu, maka tingkat degradasi dapat diklasifikasikan seperti pada Tabel 5.

Tabel 5.
 Klasifikasi Tingkat Degradasi Hutan

No	Tingkat Degradasi	Pengurangan		
		Kerapatan tegakan (N/Ha) d > 5cm	Kerapatan Kanopi (%)	Indikator Tajuk VCR/Ha
1	Ringan	6-416	1-20	265-1929
2	Sedang	417-826	21-40	1930-3594
3	Berat	827-1237	41-60	3595-5258
4	Sangat Berat	>1238	>60	>5259

Berdasarkan hasil uji akurasi klasifikasi maka metode yang mempunyai akurasi di atas 85% adalah klasifikasi FCD. Oleh karena itu, maka dapat disimpulkan bahwa metode klasifikasi yang dapat digunakan untuk uji akurasi deteksi degradasi hutan adalah menggunakan metode tersebut. Berdasarkan uji akurasi dengan data lapangan yaitu kerapatan kanopi, *crown indicator* (CSI, CDI, dan VCR), kerapatan tegakan, LAI, dan Lbds maka *overall accuracy* yang terbaik adalah pada indikator kerapatan kanopi dan kerapatan tegakan diameter > 5 cm.

Akurasi deteksi degradasi hutan menggunakan klasifikasi FCD dengan indikator pengurangan kerapatan tegakan diameter > 5 cm secara temporal dari tahun 2003 sampai 2008 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.
Hasil Uji Akurasi Tingkat Degradasi Hutan di Lapangan dengan Klasifikasi FCD

No	Indikator Lapangan	FCD	
		Overall Accuracy (%)	Koefisien Kappa (%)
1	Kerapatan tegakan diameter > 5cm (tunggak)	68	54

Metode terbaik untuk deteksi degradasi hutan adalah dengan menggunakan klasifikasi FCD. Hasil klasifikasi FCD tersebut digunakan untuk menghitung luas degradasi hutan. Tabel 7 menunjukkan mengenai luas degradasi hutan dari tahun 2003 sampai 2008.

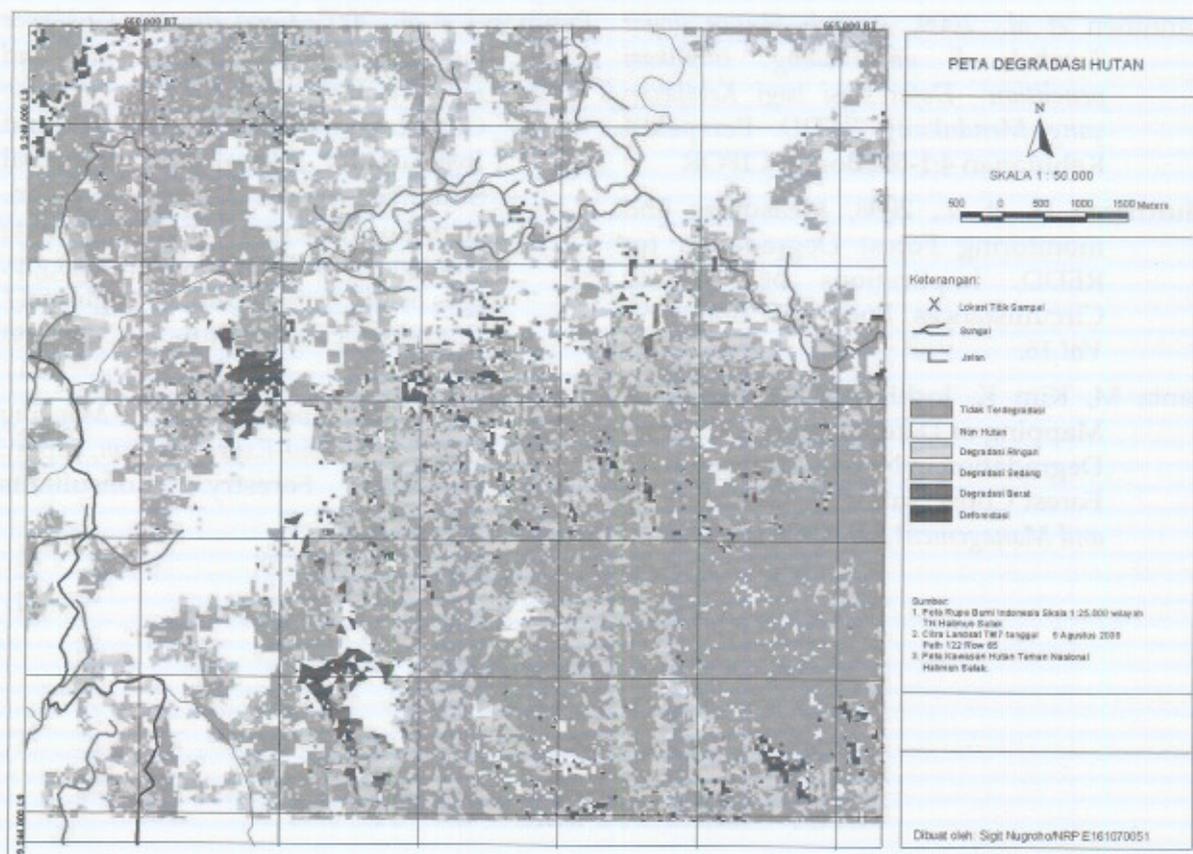
Tabel 7.
Luas Degradasi Hutan Tahun 2003-2008

No	Kelas Degradasi	2003-2007		2007-2008	
		Luas Ha	% Total Wilayah	Luas Ha	% Total Wilayah
1	Ringan	766	18	231	5
2	Sedang	266	6	49	2
3	Berat	48	1	4	0
	Jumlah	1080	26	284	7

Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa total degradasi hutan dari tahun 2003 sampai 2007 yaitu seluas 1080 Ha. Persentase terbesar degradasi hutan terlihat pada kelas degradasi ringan yaitu 18%. Persentase degradasi berat sangat kecil yaitu 1%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penebangan kayu pada kawasan ini terjadi tidak secara tebang habis, tetapi hanya tebang pilih secara sporadis. Total degradasi hutan dari tahun 2007 sampai 2008 yaitu seluas 284 Ha. Persentase terbesar degradasi hutan terlihat pada kelas degradasi ringan yaitu 5%. Persentase degradasi berat sangat kecil yaitu 0,6%.

SIMPULAN

1. Deteksi degradasi hutan menggunakan citra landsat dapat menggunakan indikator kerapatan tegakan diameter di atas 5cm (N/Ha).
2. Tingkat akurasi klasifikasi kerapatan hutan menggunakan indikator kerapatan tegakan diameter di atas 5cm yang paling tinggi dari empat metode adalah menggunakan metode FCD yaitu dengan *overall accuracy* sebesar 61% dan koefisien kappa 46%. Tingkat akurasi klasifikasi menggunakan metode *maximum likelihood* yaitu *overall accuracy* 57% dan koefisien kappa 40%. Metode *fuzzy* mempunyai tingkat akurasi dengan *overall accuracy* 51% dan koefisien kappa 34%. Metode *belief-dempster shafer* mempunyai tingkat akurasi *overall accuracy* 49% dan koefisien kappa 32%.



3. Berdasarkan tingkat akurasi deteksi degradasi hutan menggunakan indikator kerapatan tegakan maka metode yang terbaik adalah klasifikasi FCD dengan *overall accuracy* 68% dan koefisien kappa 54%.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahamondez *et al.*, 2009, An Operational Approach to Forest Degradation, *Forest Degradation Meeting FAO Rome* 8-9 September 2009. Hlm 1-34.
- Defries R *et al.*, 2007, Earth Observations for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Deforestation in Developing Countries, *J Environmental Science and Policy* 10: 385-394.
- Departemen Kehutanan, 2008, *Perhitungan Deforestasi Indonesia Tahun 2008*, Jakarta: Departemen Kehutanan Republik Indonesia.
- Food and Agriculture Organization's, 2005, *Forest Resources Assessment 2005 Update 2005; Terms and Definition*, Rome: FRA Programme
- Hadi F, Wikantika K, Sumarto I, 2004, Implementation of Forest Canopy Density Model to Monitor Forest Fragmentation in Mt. Simpang and Mt. Tilu Nature Reserves, West Java, Indonesia. *Indonesian FIG Regional Conference* 3-7 Oktober 2004.
- Hwan O.M dan Merlinda R.M, 2008, Forest Canopy Density Mapping For Forest Climate Change Mitigation/REDD Activities. *Japan-Asia REDD Seminar*, 24-25 Maret 2008.
- Joshi C. *et al.*, 2006, Remotely Sensed Estimation of Forest Canopy Density: a Comparison of the Performance of Four Methods. *Int. J. Applied Earth Observation and Geoinformation* 8:84-94.

Kanninen *et al.*, 2009, *Apakah Hutan dapat Tumbuh di atas Uang. Implikasi penelitian Deforestasi bagi Kebijakan yang Mendukung REDD. Perspektif Kehutanan* 4:1-55. Bogor: CIFOR

Murdiarso D. *et al.*, 2008, *Measuring and monitoring Forest Degradation for REDD, Implications of Country Circumstances. Bogor:Info Brief Cifor Vol.16.*

Panta M, Kim K, Joshi C, 2008, *Temporal Mapping of Deforestation and Forest Degradation in Nepal: Applicatons to Forest Conservation, J. Forest Ecology and Management* 256:1587-1595.

Penman J *et al.*, 2003, *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme and Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Kanagawa, Japan. Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.htm. [3 Maret 2010].

Rikimaru A, 2003, *Concept of FCD Mapping Model and Semi-Expert System*, Japan: Overseas Forestry Consultants Association.