

Dinamika Perubahan Mangrove Menjadi Tambak dan *Total Suspended Solid* (TSS) di Sepanjang Muara Berau

(Dynamics of Mangrove Changes Become Pond and Total Suspended Solid (TSS) in Muara Berau

Ety Parwati¹⁾, Kadarwan Soewardi²⁾, Tridoyo Kusumastanto³⁾,
Mahdi Kartasmita⁴⁾ dan I Wayan Nurjaya⁵⁾

¹⁾Peneliti LAPAN, Mahasiswi Program Pascasarjana S3-SPL IPB, ²⁾Ketua Komisi Pembimbing,
^{3), 4) 5)} Anggota Komisi Pembimbing
E-Mail: ety_parwati@yahoo.com

Abstract

*The mangrove conversion become fish pond, bareland or others has an impact in water quality. One of water quality parameter is Total Suspended Solid (TSS), increasing TSS means the rising in pollution. Landsat remote sensing data with multi channels used in studying the dynamic of mangrove – fishpond change and TSS along the Berau waters. Several regions with its variation are used in that dynamic studying. The TSS algorithm for Berau waters is $TSS (mg/l) = 3.3238 * exp^{(34.099 * Red Band)}$, Red band=the atmospheric reflectance band 2 validated with field data. The result study is the conversion of mangrove become fish pond has the strong indication in the rising TSS.*

Key words: Mangrove, Pond, TSS

PENDAHULUAN

Hutan mangrove adalah hutan yang tumbuh di muara sungai, daerah pasang surut atau tepi laut. Hutan mangrove mempunyai peran yang sangat penting, diantaranya adalah: 1/. Sebagai pelindung alami yang paling kuat dan praktis untuk menahan erosi pantai, 2/. menyediakan berbagai hasil hutan, seperti kayu bakar, bahan penyamak kulit dan sebagainya, serta 3/. potensi wisata. Di beberapa wilayah pesisir, contohnya Delta Mahakam telah terdapat indikasi adanya konversi besar-besaran hutan mangrove menjadi tambak dengan alasan utama untuk menaikkan pendapatan masyarakat. Setelah itu apa yang terjadi? Sedimentasi di sepanjang perairan Selat Makasar sangat tinggi, sampai pada taraf mengganggu lalu lintas laut.

Ilustrasi di atas memberi gambaran pentingnya hutan mangrove bagi kehidupan kita. Pengamatan dinamika perubahan mangrove menjadi penutup lahan lain dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengelolaan wilayah pesisir bagi pengambil kebijakan di wilayah setempat.

Pada ekosistem pantai, mangrove biasanya berdampingan dengan tambak. Kombinasi mangrove – tambak ini sering menjadi dilema bagi pengelola wilayah setempat. Di satu sisi dampak ekologi penebangan mangrove menjadi tambak

secara besar-besaran menjanjikan penghasilan masyarakat yang cukup besar yang sekaligus akan meningkatkan PAD. Di sisi lain dampak sedimentasi harus siap dihadapi.

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah material tersuspensi (diameter > 1 µm) yang tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori 0.45 m (Effendi, 2000). Pengamatan terhadap sebaran TSS sering dilakukan untuk mengetahui kualitas air di suatu perairan, karena nilai TSS yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air.

Kabupaten Berau merupakan salah satu kabupaten di wilayah Provinsi Kalimantan Timur yang kaya akan kandungan sumberdaya baik di darat maupun laut. Delta Berau belum separah Delta Mahakam kondisi sedimentasinya, sehingga hasil studi ini diharapkan menjadi masukan berharga bagi pemerintah setempat agar tidak mengalami kesalahan yang sama dalam pengelolaan wilayahnya.

Untuk wilayah pengamatan yang cukup luas diperlukan alat pengamatan yang memadai selain survey langsung lapangan. Data penginderaan jauh (inderaja) memiliki beragam resolusi baik spasial maupun temporal. Hal itu menjadi peluang terbukanya pemanfaatan data inderaja untuk berbagai kebutuhan aplikasi. Parameter yang

dapat diekstrak menggunakan data inderaja antara lain adalah penutup lahan serta salah satu parameter kualitas air, yaitu *Total Suspended Solid* (TSS).

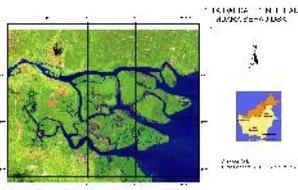
Pada awalnya prosedur dan algoritma untuk ekstraksi informasi TSS dikembangkan di perairan bukan tropis dengan kondisi air relatif jernih. Ketika prosedur-prosedur tersebut di aplikasikan di perairan keruh, hasil yang diperoleh memberikan bias. Khusus untuk perairan Berau, Parwati (2006) telah mengembangkan algoritma yang sesuai dan telah dikalibrasi dengan data lapangan. Algoritma tersebut digunakan pada data inderaja *time series* untuk menganalisa dinamika kondisi wilayah perairan.

Studi ini mempunyai tujuan untuk : Mengkaji dinamika perubahan mangrove menjadi tambak sepanjang DAS Berau dan mengkaji dinamika perubahan Total Suspended Solid sepanjang DAS Berau

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

- Penelitian ini dilakukan di sekitar muara Berau Kalimantan Timur. (Gambar 2.1).



Gambar.2.1. Lokasi Daerah Pengamatan

Data dan Peralatan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Citra satelit multi temporal wilayah Delta Berau (Tabel 2.1)

Tabel 2.1. Data Citra Landsat yang digunakan dalam Penelitian

No	Jenis Data	P/R atau K/J No	Tanggal Perekaman Data
1	Landsat 5 TM	116/58 dan 116/59	10 Juli 1994
2	Landsat 7 ETM	116/58 dan 116/59	8 Juli 2002
3	Landsat 5 TM	116/58 dan 116/59	12 Agustus 2006

- Data sekunder yang terdiri dari :

- Batas administrasi wilayah
- Data kualitas air hasil pengukuran di lapangan (Mei 2006, September 2006 dan September 2007)

Penelitian ini menggunakan beberapa jenis perangkat lunak yaitu : EXCEL, ER MAPPER dan ARC VIEW

Analisis Data

Kegiatan studi ini menggunakan data inderaja sebagai data utama dan data hasil pengukuran lapangan sebagai data sekunder sekaligus sebagai validasi data inderaja. Secara garis besar kegiatan ini dibagi dua, yaitu :1/. Kegiatan pra pengolahan data dan 2/. Kegiatan pengolahan data. Dengan memanfaatkan kombinasi kanal-kanal yang tersedia dilakukan ekstraksi informasi untuk berbagai kepentingan aplikasi. Secara lengkap kegiatan pra pengolahan data dan pengolahan data inderaja ditampilkan pada Gambar 2.2.

1. Kegiatan Pra Pengolahan Data

Penggunaan citra dengan basis digital number (DN) mempunyai kesalahan yang belum terkoreksi, yaitu kesalahan radiometrik dan atmosferik. Kesalahan radiometrik disebabkan oleh pengaruh sudut elevasi matahari (*sun elevation*) dan jarak matahari-bumi.

Koreksi radiometrik dilakukan dengan mengikuti prosedur koreksi radiometrik dari handbook untuk satelit Landsat 5 TM dan landsat 7 ETM , yaitu dengan merubah *digital number* menjadi nilai radiansi menggunakan “*gain*” dan “*offset*”, kemudian merubah nilai radiansi menjadi nilai reflektansi menggunakan nilai *solar irradiance*, sudut elevasi matahari dan jarak matahari-bumi. Tidak terkoreksinya citra secara radiometrik mengakibatkan metoda yang dipakai untuk menganalisis citra tidak dapat diterapkan pada citra yang berbeda tanggal atau tempat/lokasi. Oleh karena itu koreksi radiometrik perlu dilakukan untuk memberikan standarisasi sekaligus menghilangkan kesalahan radiometrik tersebut.

Kesalahan lainnya yang perlu dikoreksi adalah kesalahan atmosferik. Kesalahan atmosferik biasanya disebabkan oleh adanya *path radianse* (gelombang elektro magnetik yang

dihamburkan/dipantulkan oleh atmosfer ke sensor satelit), penyerapan (*absorption*) gas dan hamburan aerosol di atmosfer. Dengan melakukan koreksi atmosferik diharapkan *noise* dapat dikurangi atau dieliminasi.

Konversi digital number ke radiansi

Algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$L = \text{"gain"} * DN + \text{"offset"}$$

.....(1)

Yang dapat ditampilkan juga dengan algoritma berikut:

$$L = ((LMAX - LMIN) / (DNMAX - DNMIN)) * (DN - DNMIN) + LMIN \dots(2)$$

Dimana,

L = Spektal radiansi dengan satuan watts/(meter squared * ster * μm)

DN = Nilai digital number

LMIN = Spektal radiansi yang berkorelasi dengan nilai DNMIN dengan satuan

watts/(meter squared * ster * μm)

LMAX = Spektal radiansi yang berkorelasi dengan nilai DNMAX dengan satuan

watts/(meter squared * ster * μm)

DNMIN = Nilai minimum dari DN yang berkorelasi dengan LMIN

= 1 (LPGS Products)

= 0 (NLAPS Products)

DNMAX= Nilai maksimum dari DN yang berkorelasi dengan LMAX = 255

Nilai LMIN, LMAX, DNMIN dan DNMAX dapat diperoleh dari informasi header file (meta data) yang menyertai data satelit Landsat.

Konversi radiansi ke reflektansi

Algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut

$$\rho_p = \frac{\pi * L_\lambda * d^2}{ESUN_\lambda * \cos\theta_s}$$

Dimana:

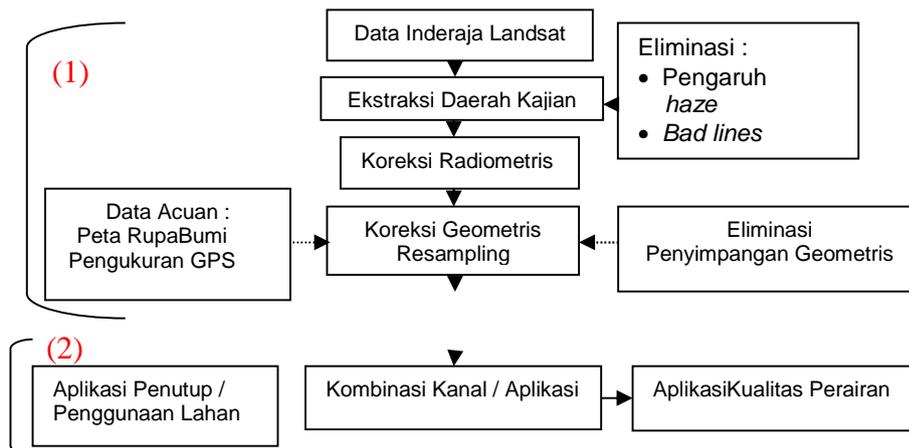
ρ_p = Reflektansi, L_λ = Spektal radiansi, d = Jarak bumi matahari satuan astronomi (interpolasi pada Table 2-2)

$ESUN_\lambda$ = Irradiansi (solar irradiance) pada Tabel 2-3

θ_s = Sudut zenit matahari dalam derajat

θ = Sudut zenit matahari dalam derajat

Perhitungan d dapat menggunakan Tabel 2-2 (merupakan nilai pendekatan dari nilai *julian day* pada akuisisi data). $ESUN$ merupakan hasil pengukuran radiasi matahari yang sampai ke bumi perareal luas tertentu, diperlihatkan pada Tabel 2-3. Sudut zenit matahari didapat dari pengurangan sudut 90° dengan sudut elevasi matahari (dari header file).



Gambar 2.2. Diagram Alir Pengolahan Data Inderaja

Table 2-2 Jarak Bumi-Matahari per satuan astronomi

Julian Day	Distance								
1	.9832	74	.9945	152	1.0140	227	1.0128	305	.9925
15	.9836	91	.9993	166	1.0158	242	1.0092	319	.9892
32	.9853	106	1.0033	182	1.0167	258	1.0057	335	.9860
46	.9878	121	1.0076	196	1.0165	274	1.0011	349	.9843
60	.9909	135	1.0109	213	1.0149	288	.9972	365	.9833

Table 2-3 Irradiansi untuk Landsat 7 ETM dan Landsat 5 TM untuk setiap band

Band	Landsat 7 ETM	Landsat 5 TM
	Watts/(meter squared * μm)	watts/(meter squared * μm)
1	1969.00	1957.00
2	1840.00	1826.00
3	1551.00	1554.00
4	1044.00	1036.00
5	225.70	215.00
7	82.07	80.67
8	1368.00	-

Konversi ke suhu efektif

Khusus untuk band 6, thermal efektif dapat dihitung menggunakan algoritma dibawah ini.

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$$

Dimana:

T = Suhu efektif dalam satuan Kelvin

K2 = Konstanta kalibrasi 2, K1 = K1

K1 = Konstanta kalibrasi 1

L = Spektral radiance dalam watts/(meter squared * ster * μm)

Nilai konstanta K1 dan K2 untuk landsat 5 TM dan landsat 7 ETM diperlihatkan pada Tabel 2-4.

Tabel 2-4 Nilai konstanta kalibrasi dari band thermal

Satelit	K1 watts/(meter squared * ster * μm)	K2 (Kelvin)
Landsat 7	666.09	1282.71
Landsat 5	607.76	1260.56

Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosferik dilakukan untuk menghilangkan *path radiance* (*noise* angkasa). Koreksi atmosferik menggunakan koreksi yang sederhana yaitu model *Dark Pixels Subtracting Method*, yaitu

pengurangan nilai reflektansi dengan nilai dari piksel gelap (asumsi bahwa ada objek yang menyerap gelombang elektro magnetik secara sempurna sehingga tidak terjadi reflektansi, dengan kata lain nilai reflektansi pada piksel objek tersebut adalah 0). Objek yang umumnya dianggap mempunyai piksel gelap adalah lautan yang sangat dalam dan jernih atau bayangan awan yang sangat tebal.

Pada lokasi piksel gelap tersebut ditentukan nilai reflektansi minimum pada band 4 (near infrared, yang cenderung diserap secara sempurna oleh perairan), kemudian nilai reflektansi minimum band 4 yang diperoleh dipakai untuk mengoreksi nilai reflektansi pada band 1,2 dan 3 dengan membuat bi-plot antara band 4 dan masing-masing band tersebut. Nilai reflektansi minimum yang diperoleh masing-masing band digunakan untuk mengurangi nilai reflektansi pada seluruh piksel dari setiap band.

2.3.2. Pengolahan Data

a. Ekstraksi Mangrove

Kombinasi kanal-kanal spektral data inderaja dioptimalkan untuk memperoleh gambaran mengenai penutup / penggunaan lahan yang ada di wilayah kajian. Teknik deliniasi menggunakan Software Arc-View dimanfaatkan untuk memisahkan masing-masing kelas penggunaan lahan yang akan diekstrak.

Keberadaan mangrove yang dideteksi menggunakan data inderaja

dilakukan dengan membentuk citra FCC (*False Color Composite*). Citra ini dibuat dari kombinasi tiga kanal yakni dua kanal dari kanal spektral tampak dan satu kanal inframerah. Kombinasi kanal tersebut adalah komposit kanal 4, 5 dan kanal 3 untuk kanal R(Red), G(Green) dan B(Blue) pada layar monitor.

Dengan menggunakan citra FCC dapat diidentifikasi keberadaan mangrove. Obyek mangrove tampak terlihat kontras diantara obyek-obyek lainnya. Warna merah kegelapan yang menggambarkan obyek mangrove merupakan reflektansi vegetasi yang terlihat jelas pada citra kanal inframerah dan reflektansi tanah berair yang terlihat jelas pada citra kanal merah.

b. Ekstraksi TSS

Ekstraksi informasi TSS menggunakan data inderaja bersifat sangat lokal (Tabel 2.4). Sehingga perlu ada kajian khusus ketika akan dilakukan aplikasi algoritma yang sama untuk kawasan perairan yang berbeda.

Parwati (2006) melakukan uji coba terhadap keempat algoritma tersebut yang divalidasi dengan data lapangan untuk Delta Berau. Berdasarkan hasil uji coba tersebut, algoritma yang paling sesuai untuk perairan Delta Berau adalah $TSS (mg/l) = 3.3238 * \exp^{(34.099 * Red\ Band)}$, dimana : Red Band = Reflektans terkoreksi atmosferik band 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3.1. berikut adalah citra satelit komposit 5,4 dan 3 pada layaryang digunakan pada tiga tanggal pengamatan yang berbeda, menunjukkan di Greeg0namika mangrove menjadi tambak di sepanjang Delta Berau.

Fokus analisis adalah mengkaji dinamika mangrove menjadi tambak, oleh karena itu studi ini membagi penutup lahan menjadi 4 kelas, yaitu 1/. air (sungai, rawa), 2/. mangrove, 3/. tambak dan 4/. non mangrove. Contoh sebagian kecil wilayah pengamatan pada Gambar 3.1 menunjukkan adanya konversi mangrove menjadi tambak pada tahun 2002 yang semakin meluas pada tahun 2006. Kajian dinamika perubahan penutup lahan untuk seluruh wilayah pengamatan ditunjukkan pada Tabel 3.1. Terlihat bahwa, mangrove terus mengalami penurunan, sementara tambak terus bertambah luasnya.

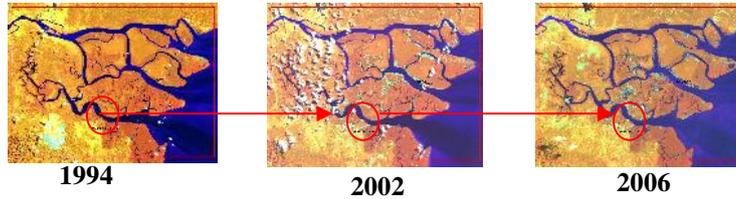
Informasi yang diperoleh dari lapangan, pada beberapa lokasi ditemukan adanya penebangan mangrove yang semula direncanakan untuk dijadikan tambak, ternyata oleh karena alasan tertentu, lahan tersebut dibiarkan menjadi lahan terbuka. Secara ekologi dan ekonomi tentu sangat merugikan.

Gambar 3.2 berikut menunjukkan adanya konversi lahan mangrove menjadi tambak di hampir semua region yang diamati. Secara detail pengamatan dilakukan dengan membagi wilayah kajian ke dalam 10 region (Gambar 3.3), dengan luas region masing-masing 3.299 Ha.

Masing-masing region dianalisa untuk melihat dinamika perubahan yang terjadi. Sesuai dengan kebutuhan kajian, dalam makalah ini penutup lahan dibagi kedalam 4 (empat) kelas, yaitu: 1/. Mangrove, 2/. Tambak, 3/. Lahan Kosong dan 4/. Non Mangrove. Prosentase masing-masing kelas penutup lahan digunakan untuk memudahkan proses analisis data. Tabel 3.2 berikut menunjukkan luas setiap penutup lahan yang diekstrak untuk masing-masing region.

Tabel 2.4. Beberapa algoritma TSS tervalidasi

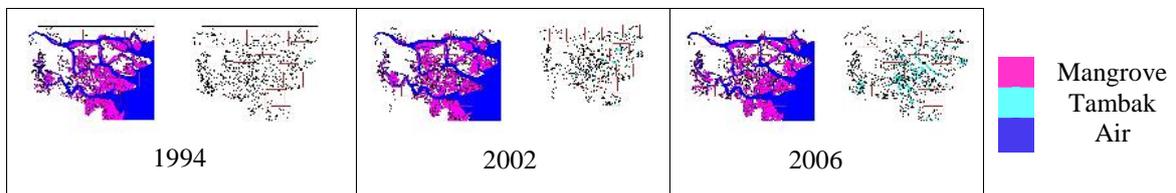
No	Algoritma	Lokasi	Parameter	Tahun Penelitian
1	Sturn	Perairan sub tropis	Nilai reflektan	1988
2	Hasyim	Selat Madura	Nilai Digital	1997
3	Woerd dan Pasterkamp	Perairan sub tropis	Nilai reflektan	2004
4	Budiman	Delta Mahakam	Nilai Irradiance	2004



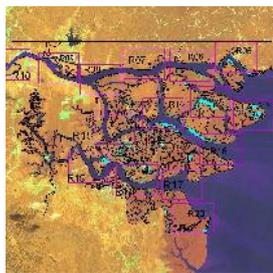
Gambar 3.1 Citra Landsat Kawasan Delta Berau

Tabel 3.1. Perubahan Penutup Lahan Tahun 1994, 2002 dan 2006

	Tahun 1994	Tahun 2002	Tahun 2006
KELAS	Luas (Ha)	Luas (Ha)	Luas (Ha)
air	35879.758	35264.4760	35851.9410
mangrove	30711.707	28082.0250	25973.2450
non mangrove	66030.503	64333.9090	61358.7700
lahan terbuka	146.780	3307.3310	2703.6620
tambak	00	1279.2100	6441.0810



Gambar 3.2. Konversi Mangrove Menjadi Tambak



Gambar 3.3. Region dan Citra Delta Berau

Tabel 3.2. Nilai TSS (mg/ltr) tahun 1994, 2002, 2006 tiap region

Region-05	% luas (1994)	TSS (1994 – 2002)	% luas (2002)	TSS (2002 – 2006)	% luas (2006)
mangrove	15.007		14.111		13.439
tambak	0.087		3.423		4.073
non mangrove	84.429		79.661		82.488
lahan terbuka	0.478		2.805		
TSS	52.9130	4.441	57.3540	6.272	63.6260
Region-06					
mangrove	10.128		9.302		8.765
tambak			0.330		3.884
non mangrove	89.872		85.120		87.352
lahan terbuka			5.248		
TSS	45.4660	14.917	60.3830	1.394	61.7770
Region-07					
mangrove	28.620		25.667		19.998
tambak			0.145		4.671
non mangrove	71.380		72.932		75.331
lahan terbuka			1.257		
TSS	41.0260	10.831	51.8570	9.302	61.1590
Region-08					
mangrove	42.987		39.139		31.511
tambak					1.588
non mangrove	57.013		60.506		66.502
lahan terbuka			0.355		0.398
TSS	54.8930	5.071	59.9640	1.045	61.0090
Region-09					
mangrove	13.281		12.048		8.083
tambak			85.204		87.792
non mangrove	86.719		2.748		4.125
lahan terbuka					
TSS	55.9720	13.058	69.0300	1.771	70.8010
Region-12					
mangrove	55.077		52.085		51.809
tambak	2.602		11.909		17.229
non mangrove	40.526		32.077		29.190
lahan terbuka	1.795		3.929		1.772
TSS	54.0090	9.880	63.8890	2.030	65.9190
Region-13					
mangrove	52.630		47.715		37.537
tambak			7.861		13.467
non mangrove	46.222		36.905		44.371
lahan terbuka	1.148		7.519		4.625
TSS	48.8000	4.771	53.5710	8.893	62.4640

Region-14					
mangrove	36.962		32.233		30.577
tambak			5.409		22.978
non mangrove	63.038		49.695		42.464
lahan terbuka			12.663		3.981
TSS	45.8120	12.184	57.9960	4.667	62.6630
Region-15					
mangrove	76.544		65.330		50.900
tambak					11.436
non mangrove	23.456		34.670		37.664
lahan terbuka					
TSS	33.1070	22.803	55.9100	4.583	60.4930
Region-16					
mangrove	80.078		75.215		70.077
tambak			3.948		13.178
non mangrove	15.953		15.240		15.178
lahan terbuka	3.970		5.597		1.567
TSS	46.5080	11.875	58.3830	5.756	64.1390
Region-17					
mangrove	96.974		89.004		87.746
tambak					2.668
non mangrove	3.026		7.768		1.211
lahan terbuka			3.228		8.375
TSS	40.2200	8.145	48.3650	14.546	62.9110
Region-18					
mangrove	76.096		70.172		54.637
tambak			2.211		23.924
non mangrove	23.904		19.483		20.885
lahan terbuka			8.134		0.554
TSS	34.6670	2.837	37.5040	22.682	60.1860
Region-19					
mangrove	23.175		19.132		15.402
tambak			2.794		3.163
non mangrove	76.782		75.006		75.835
lahan terbuka	0.043		3.067		5.600
TSS	35.9400	7.398	43.3380	17.054	60.3920
Regio-20					
mangrove					
tambak	99.811		91.144		90.860
non mangrove			1.879		5.570
lahan terbuka			0.657		3.570
lahan terbuka	0.189		6.320		
TSS	50.5320	5.022	55.5540	8.802	64.3560

Terlihat dinamika perubahan mangrove menjadi tambak yang diikuti oleh meningkatnya TSS yang sangat tajam. Kenaikan TSS paling tajam ditemukan di Region 18, dimana terjadi pembukaan lahan tambak pada tahun 2006 yang tidak ditemui pada tahun 1994 dan 2002. Hal yang sama terjadi pada Region 19 yang diikuti oleh Region 17. Indikasi tersebut memberi gambaran awal pengaruh yang sangat signifikan ketika mangrove baru dibuka menjadi tambak. Peningkatan TSS tidak terlalu parah, ketika sejak tahun 1994 sudah ditemukan adanya lahan tambak seperti contoh yang terjadi pada Region 12.

SIMPULAN

Sesuai dengan tujuan kegiatan penelitian ini, diperoleh kesimpulan :

- a) Telah terjadi penurunan lahan mangrove dari 35.879, 758 Ha di tahun 1994 berkurang menjadi 35.264,476 Ha di tahun 2002 dan makin berkurang menjadi 35.851,941 Ha di tahun 2006. Tambak ditemukan sangat luas di tahun 2002, merupakan peningkatan sangat tajam dimana tidak ditemukan mangrove pada tahun 1994. Peningkatan sangat signifikan terjadi pada tahun 2006, dimana meningkat lebih dari 5 (lima) kali dibandingkan pada tahun 2002.
- b) Muatan TSS ditemukan selalu meningkat dari tahun ke tahun sejak 1994 ke tahun 2002, juga dari tahun 2002 sampai tahun 2006.

Fakta yang ditunjukkan pada analisis perubahan lahan, khususnya tambak menjadi mangrove pada beberapa region terpilih memberi indikasi kuat merupakan penyebab adanya kenaikan TSS yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

Budhiman S., 2004, Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta-Indonesia, Master thesis, Netherland

Dahuri, R. Jacub Rais., Sapta Putra Ginting dan M.j. Sitepu. 1996. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta, 305 hal.

Dekker, A.G., H.J. Hoogenboom, L.M. Goddijn, T.J.M. Malthus, 1994, The relationships between inherent optical properties and reflectance spectra in turbid inland waters remote sensing. *Review Vol. 15, p 59-74.*

Dekker, A.G., S.W.M. Peters and M. Rijkeboer, 1999, Analytical Processing of Multitemporal SPOT and Landsat Images for Estuarine Management in Kalimantan Indonesia. Operational Remote Sensing for Sustainable Development. *Nieuwvenhuis, Voughan and Molenaar.*

Hasyim, Bidawi. 1997. Optimasi Penggunaan Data Inderaja dan SIG untuk Pengawasan Kualitas Lingkungan Pantai Akibat Limbah Industri. DRN, Kantor Menristek. Jakarta.

Parwati, Ety, Bambang Trisakti, Ita Carolita dan Tatik Kartika. 2004. Laporan Akhir : Pengembangan Model Prediksi Kondisi Dinamis Kawasan Perairan Segara Anakan Menggunakan Teknologi Inderaja. Jakarta

Parwati, Ety. Pemodelan Dinamika Spasial Pengelolaan Lahan Pesisir Kabupaten Berau, Kalimantan Timur Menggunakan Data Inderaja. 2006. Laporan Akhir Riset Unggulan Kemandirian Kedirgantaran LAPAN (Tidak Dipublikasikan)

Pasterkamp, P., S.W.M. Peters, M. Rijkeboer and A.G. Dekker. 1999. RESTWES: Retrieval of total suspended matter concentration from SPOT images. *Report Number W-99/33, Institute for Environmental Studies, Vrije University, Amsterdam, The Netherlands.*

Trisakti, B and Parwati. 2005. Kajian Data Modis untuk Pemetaan Sebaran TSM di Perairan Pantai dengan pendekatan Data Landsat – 7 ETM. Laporan Tahunan Kegiatan Pusbangja LAPAN. (Tidak Dipublikasikan)