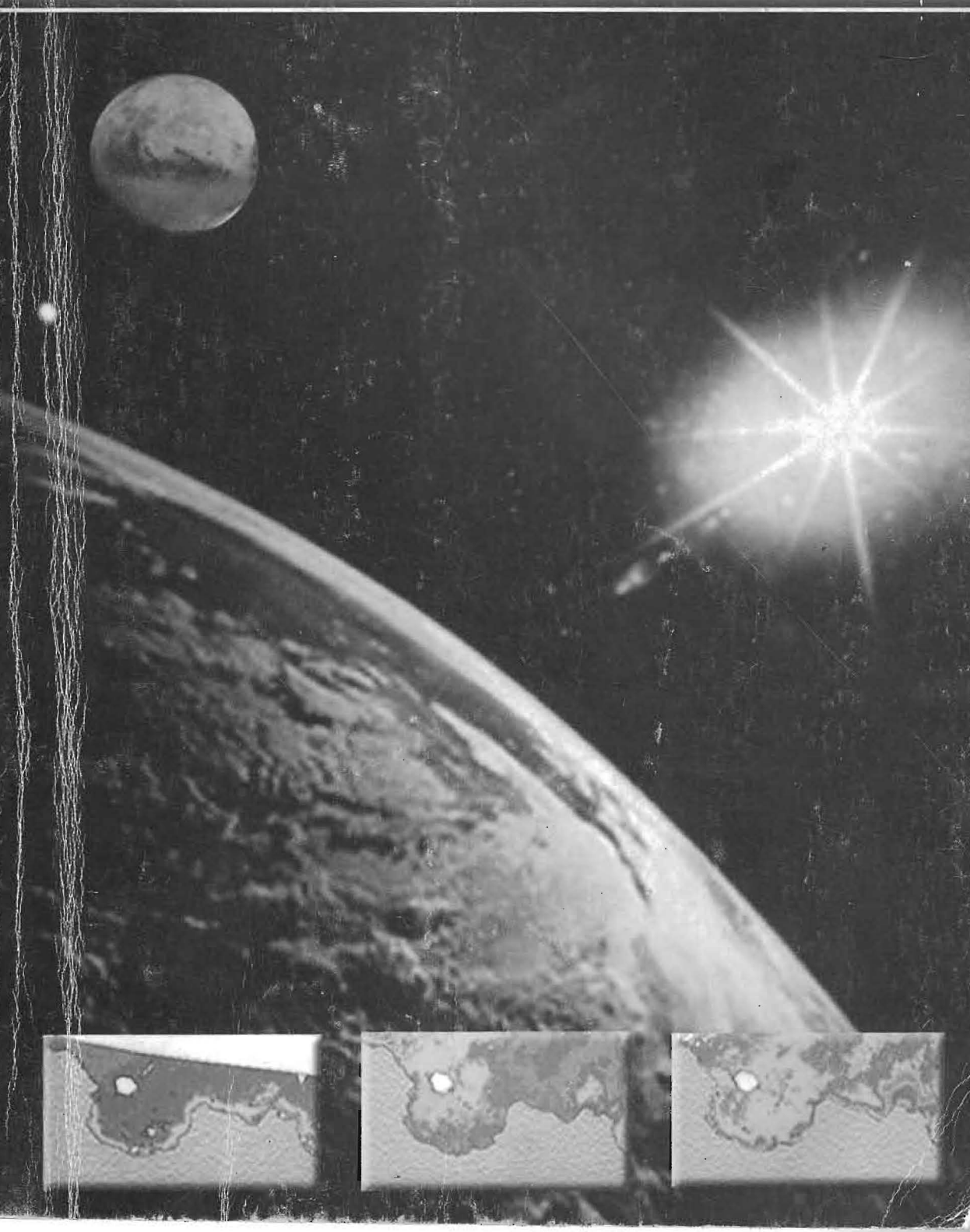


KATA LAH ILMI AH

ISSN. 1411 - 0512

GLOBE

Vol. 4 No. 1 - 2 Juni - Desember 2002





SUSUNAN REDAKSI

REDAKTUR PELAKSANA :

Jaya Wijaya
Irmadi Nahib
Yatin Suwarno
Moh. Khifni Soleman
R. Danoe Suryamiharja
Bambang Wahyu S
Hari Suryanto

SIDANG PENYUNTING / PENELAAH AHLI:

Dr. Riadika Mastra
Dr. Aris Poniman
Dr. Sobar Sutisna
Dr. Priyadi Kardono, M.Sc
Drs. Suwahyuono, M.Sc
Ir. Soma Trenggana, M.Sc
Dr. Budi Sulistiyo

Alamat Redaksi :

Pusat Survei Sumber Daya Alam Laut – Bakosurtanal
Jl. Raya Jakarta – Bogor KM 46 Cibinong 16911
Telpon / Fax : 021 875 9481

Diterbitkan oleh :

Yayasan Peduli Kelestarian Sumberdaya Alam dan Lingkungan (LISUALI)
Jl. Swadaya I No. 30 B RT 09/RW 09 Pejaten Timur Pasar Minggu
Jakarta Selatan , Telp. 021 781.6201

Ijin Penerbitan

STT Khusus SK Menpen RI No.2558/SK/Ditjen PPG/STT/1999

Akreditasi P2JP Nasional LIPI sebagai Majalah Ilmiah:
3836/V.2/IF/2000 Tanggal 10 Juli 2000

Penanggung jawab Penerbitan :

Ketua Departemen Penelitian dan Pengembangan
Yayasan Peduli Kelestarian Sumberdaya Alam dan Lingkungan (LISUALI)

Tahun Pertama Terbit : Juni 1999

Frekuensi Penerbitan :

Dua kali dalam setahun (Juni & Desember)

PEMETAAN BAHAN TERSUSPENSİ MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT-TM MELALUI PENDEKATAN STATISTIK (STUDI KASUS DI TELUK BANTEN)

Mapping of TSM from Landsat TM using Statistical Approach (Case Study in Teluk Banten)

Oleh / by :

Wiwin Ambarwulan

Staf Pusat Survei Sumberdaya Alam Laut - (BAKOSURTANAL)

Jl. Raya Jakarta – Bogor KM 46 Cibinong , E-mail : w_ambarwulan@yahoo.com

Widiatmaka

Staf Pengajar Jurusan Tanah, Fak. Pertanian, IPB, E-mail : widiatmaka@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan di Teluk Banten, Indonesia. Masalah yang ada pada daerah penelitian adalah mengenai pola siirkulasi dari air teluk dangkal dimana air pada daerah pesisir ini dicirikan dengan konsentrasi sedimen melayang yang relatif tinggi dan menyebabkan pendangkalan dari teluk. Tujuan utama dari penelitian ini adalah menduga konsentrasi total sedimen tersuspensi (total suspended sediment –TSM) dari air di wilayah pesisir dari penginderaan jauh.

Hasil dari penelitian menunjukan bahwa band merah dari Landsat TM (band 3) dengan menggunakan linear regresi adlah paling cocok untuk menduga konsentrasi TSM. Beberapa kelebihan dari penggunaan pendekatan empirik (statistik) telah teramati pada penelitian ini. Dengan kata lain pendekatan statistik telah terbukti cocok untuk Teluk Banten dan akan relatif mudah di aplikasikan pada wilayah pesisir lainnya di Indonesia dengan cukup keakurasiannya.

ABSTRACT

The research was done in Teluk Banten, Indonesia. The problem in this area deals with circulation patterns of the shallow bay waters and the water is characterised by high concentrations of suspended sediment, which cause silting up of the bay. The main objective of the research was to estimate total suspended matter (TSM) concentrations of the coastal waters from remotely sensed data.

A set of Landsat-TM images have been applied in this study. Such images were processed into TSM maps according to the empirical approach (statistical model). The statistical model is based on the algorithm, developed from laboratory analysis data of TSM concentrations and the reflectance of satellite imagery.

The research result shows that the red band of Landsat TM (band 3), by using linear regression are the most suitable algorithm for estimating TSM concentration. Several advantages of the use of statistical model are discovered in this research. In other, this method has proved to be suitable for Teluk Banten and can easily be applied in other coastal area in Indonesia with sufficient accuracy.

Kata Kunci: Pendekatan Statistik, Model Statistik, Total Sedimen Tersuspensi , Penginderaan Jauh
Key words: empirical approach, statistical model, Total Suspended Matter, Remote Sensing

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Teluk Banten terletak di pantai utara pulau Jawa, \pm 60 km di sebelah barat Jakarta. Secara administratif, teluk ini terletak di wilayah Propinsi Banten, Indonesia. Secara geografis, teluk terletak pada letak lintang $05^{\circ}50'00''$ - $06^{\circ}04'00''$ LS dan letak bujur $106^{\circ}05'00''$ - $106^{\circ}17'00''$ BT. Total luas permukaan perairannya sekitar 150 km². Masalah utama di perairan Teluk Banten adalah masalah yang berkaitan dengan pola sirkulasi pada perairan dangkal, yang dicirikan oleh tingginya konsentrasi bahan tersuspensi – yang tercermin dari tingginya nilai turbiditas dan konsentrasi Total Bahan Tersuspensi (*Total Suspended Matter* -TSM). Tingginya bahan tersuspensi ini antara lain menyebabkan pendangkalan teluk, yang pada giliran berikutnya mempersulit pengelolaannya untuk berbagai penggunaan. Karena itu, apabila kadar bahan tersuspensi ini dapat dimonitor, aspek perencanaan penggunaan perairan akan dapat terbantu.

Penginderaan Jauh Optik (*Optical Remote Sensing*) merupakan salah satu teknik alternatif yang dapat digunakan untuk memonitor turbiditas dan kandungan bahan tersuspensi pada perairan. Salah satu kelebihan dari pendekatan dengan menggunakan satelit ini adalah bahwa data dapat dikumpulkan pada wilayah yang relatif luas dan pada interval waktu tertentu.

Morel & Gordon (1980) menyatakan bahwa terdapat tiga pendekatan berbeda untuk penetapan radian spektral (*spectral radiance*) atau reflektan, yang dapat digunakan untuk menduga konsentrasi bahan tersuspensi di dalam air. Pendekatan tersebut meliputi pendekatan empirik atau statistik, pendekatan semi empirik dan pendekatan analitik. Penelitian ini menggunakan pendekatan

statistik untuk menduga konsentrasi bahan tersuspensi dengan menggunakan citra Landsat TM.

Pendekatan statistik didasarkan pada adanya korelasi antara TSM yang diukur *in situ* di lapang dengan reflektan pada citra satelit. Kelebihan utama dari pendekatan statistik ini adalah: (i) mudah dilakukan, dan (ii) tidak memerlukan pengetahuan yang mendalam mengenai sifat-sifat optik inheren (*inherent optical properties*).

1.2. Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menduga konsentrasi total sedimen tersuspensi (total suspended sediment – TSM) dari air di wilayah pesisir Teluk Banten dari citra penginderaan jauh dengan pendekatan statistik .

2. BAHAN DAN METODA

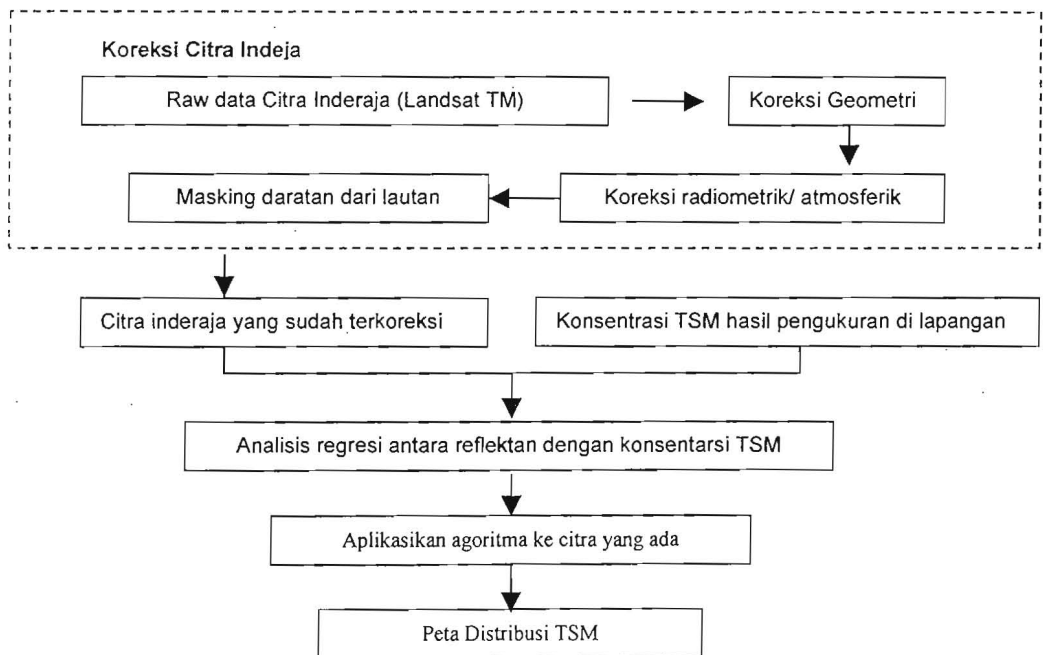
Seri citra satelit Landsat TM daerah studi digunakan untuk menduga konsentrasi TSM. Citra tersebut adalah citra Landsat TM dari beberapa waktu pengambilan (27 Mei 1995; 14 Juni 1996; 30 Januari 1997; 14 Juni 1997; dan 6 April 2000). Waktu akuisisi citra-citra tersebut, sebagian pada musim kemarau dan sebagian lain pada musim penghujan.

Data bahan tersuspensi (TSM) yang digunakan pada penelitian ini adalah: (i) sedimen hasil pengukuran Wignjowinoto pada bulan November 1999 (Wignjowinoto, 2001), selanjutnya dalam makalah ini akan disebut sebagai "TSM-Wignjowinoto", (ii) pengukuran sedimen oleh NIOZ pada bulan Oktober 1998 (Van den Berg *et al.*, 1998) dan sedimen hasil pengukuran NIOZ pada bulan Februari 1999 (Van den Berg *et al.*, 1999), selanjutnya dalam makalah ini akan disebut sebagai "TSM-NIOZ", dan (iii) sedimen hasil pengukuran di lapang pada

bulan Oktober 2001 (Ambarwulan, 2002), selanjutnya dalam makalah ini akan disebut sebagai "TSM-Ambarwulan".

Secara umum, tahapan kegiatan yang dilakukan pada pendekatan statistik ini adalah (i) pemilihan data sekunder dari hasil pengukuran sedimen tersuspensi yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, (ii) pemilahan data sedimen kedalam dua kelompok, yaitu data sedimen terukur pada bulan basah dan data sedimen terukur pada bulan kering, (iii) koreksi

terhadap citra yang ada dari distorsi, untuk menghasilkan *citra terkoreksi*, (iv) penghitungan hubungan antara konsentrasi TSM dengan reflektan pada gelombang tampak mata (*band* biru, hijau dan merah) dengan menggunakan regresi, (v) penerapan algoritma yang dihasilkan ke citra untuk mendapatkan peta sebaran sedimen. Tahapan kegiatan pemetaan ini secara rinci disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pemetaan distribusi sedimen (TSM) dengan Pendekatan Statistik

2.1. Koreksi Citra Inderaja

2.1.1. Koreksi Geometrik

Untuk koreksi geometrik, digunakan Peta Rupabumi sebagai peta referensi. Beberapa titik ikat (*Ground Control Point*) dipilih untuk melakukan korelasi antara citra dengan Peta Rupabumi. Transformasi yang digunakan adalah transformasi polinomial dengan resampling menggunakan *nearest neighbor*. Resampling dilakukan dengan menggunakan ukuran pixel 20 meter.

Untuk memperoleh referensi geometrik secara tepat, dipilih 14 titik ikat untuk masing-masing citra dengan RMS (*Root Mean Square*) antara 0.2 sampai 0.5. Nilai ini menunjukkan bahwa distorsi posisi geometris yang diperoleh lebih kecil dari 1 pixel atau < 30 meter.

2.1.2 Koreksi Radiometrik/Atmosferik

Koreksi ini dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah melakukan konversi dari bilangan digital (DN - *Digital Number*) ke bentuk radian dengan

menggunakan informasi yang ada pada *header file* dari masing-masing citra. Tahap kedua adalah konversi dari radian ke bentuk reflektan. Selanjutnya, tahap ketiga adalah koreksi atmosferik. Untuk penelitian ini, koreksi atmosferik dilakukan dengan cara penghilangan pixel gelap (*dark pixel subtraction*). Hasil dari tahap ini adalah citra inderaja yang telah terkoreksi, sehingga perbandingan antara citra yang satu dan lain pada daerah tersebut dapat dilakukan.

2.1.3 Pemisahan Lautan dari Daratan (*masking*)

Masking bertujuan agar hanya reflektan dari air yang diperhitungkan, sedangkan reflektan dari daratan dibuat nol. Tahapan dari *masking* ini adalah: (i) pembuatan peta segmen dengan digitasi garis pantai pada layar (*on screen digitizing*) pada *band* merah (*band 2*), (ii) vektorisasi dan rasterisasi, (iii) penggunaan algoritma untuk membuat reflektan daratan menjadi nol, sedangkan lautan tetap dengan nilai reflektannya.

2.2. Analisis Sampel Air

Sampel air diambil pada saat dilakukannya survei utama pada bulan Oktober 2001. Dari kegiatan survei ini dikumpulkan sampel-sampel dari 10 titik lokasi sampling, dengan masing-masing tiga sampel pada setiap titik pengamatan. Sampel air dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan TSM-nya, setelah sebelumnya disaring dengan menggunakan filter Whatman dengan ukuran pori $\phi = 0.45 \mu\text{m}$. Data TSM yang dihasilkan dari kegiatan inilah yang merupakan data "*TSM-Ambarwulan*". Analisis laboratorium ini dilaksanakan di Laboratorium Vrije University, Netherlands.

Untuk diketahui, metode pengukuran TSM dari ketiga data yang ada ternyata berbeda-beda. Data "*TSM-Wignyowinoto*" (Wignyowinoto, 2001) diperoleh dengan

menggunakan *Digital Water Checker* melalui pengukuran langsung di lapang, tanpa analisis di laboratorium. Data "*TSM-NIOZ*" (Van den Bergh, 1999) maupun "*TSM-Ambarwulan*" (Ambarwulan, 2002) diperoleh melalui analisis laboratorium. Perbedaan metodologi ini dapat dianggap tidak terlalu mengganggu, karena tujuan penelitian ini untuk mendapatkan pola (*trend*) penyebaran sedimen di Teluk Banten secara kualitatif, dan bukan perbandingan nilai absolutnya.

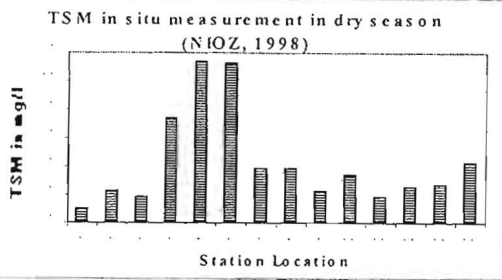
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Total Bahan Tersuspensi (*Total Suspended Matter -TSM*)

Data TSM-NIOZ hasil pengukuran pada musim penghujan (Van den Bergh, 1998) disajikan pada Gambar 2, sedangkan TSM-NIOZ hasil pengukuran pada musim kemarau disajikan pada Gambar 3. Nilai TSM pada musim kemarau berkisar antara 2.4 mg/l sampai 28.4 mg/l. Pada musim penghujan, nilai TSM berkisar antara 2.06 mg/l sampai 31.25 mg/l. Konsentrasi TSM pada kedua musim tersebut tidak jauh berbeda. Konsentrasi TSM terendah dijumpai pada lokasi bagian barat teluk, sedangkan konsentrasi tertinggi dijumpai di bagian timur teluk, di mulut delta Ciujung.

Pengukuran TSM *in situ* juga dilakukan oleh Wignyowinoto (2001). Selain itu, Wignyowinoto (2001) juga melakukan pengukuran turbiditas. Hasil pengukuran ini disajikan pada Gambar 4. Terlihat bahwa pola distribusi sedimen di teluk ini relatif sama dengan pengukuran sebelumnya. Turbiditas tertinggi dijumpai di bagian timur teluk.

Pengukuran TSM dalam penelitian ini (*TSM-Ambarwulan*) dilakukan pada bulan Oktober 2001 (Ambarwulan, 2002). Hasil pengukuran, bersama-sama dengan hasil pengukuran total chlorofil-a disajikan pada Gambar 5. Nilai TSM hasil pengukuran berkisar antara 1.5 mg/l sampai 13.4 mg/l.

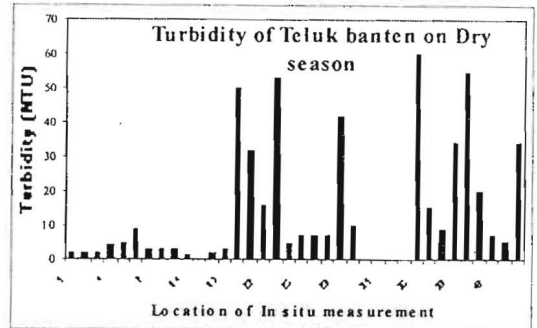


Gambar 2. TSM hasil pengukuran In-situ pada musim kemarau (Oktober, 1998);
Sumber: Van den Bergh (1998)

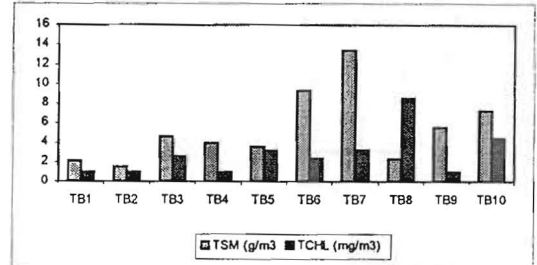
Konsentrasi TSM terendah diperoleh pada titik sampel yang berlokasi di laut dalam, sementara konsentrasi tertinggi diperoleh pada titik keluaran air sungai.

3.2. Peta TSM

Hasil peta TSM yang diperoleh dari citra Landsat TM disajikan pada Gambar 6. Hasil analisis regresi untuk setiap *band* dan dari setiap sumber data TSM yang diperoleh dari Landsat TM disajikan pada Tabel 1.



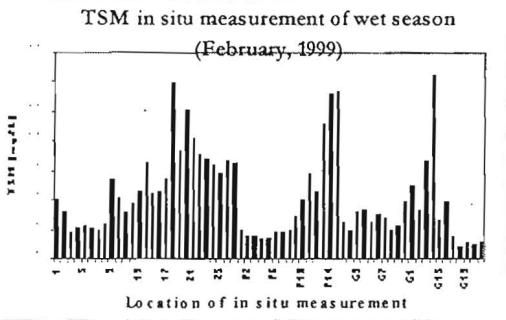
Gambar 4. Turbiditas Teluk Banten pada bulan Oktober-November 2000
(Wignyowinoto, 2001)



Gambar 5. Distribusi CHL dan konsentrasi TSM di Teluk Banten

Peta-peta TSM yang dihasilkan dari citra setelah aplikasi algoritma statistik tersebut dapat memberikan informasi detil mengenai keragaman bahan tersuspensi pada perairan di sekitar Teluk Banten. Hasil menunjukkan koefisien determinasi (R^2) yang beragam antara TSM yang dihasilkan dari citra dan TSM hasil pengukuran *in-situ*. Nilai R^2 berkisar dari rendah pada musim penghujan sampai tinggi pada musim kemarau. Nilai-nilai ini sangat tergantung pada beberapa faktor seperti kondisi meteorologi dan akurasi pengukuran.

Peta konsentrasi TSM juga menunjukkan dengan jelas pola konsentrasi bahan tersuspensi di Teluk Banten. Sumber utama sedimen Teluk Banten berasal dari Sungai Ciujung.



Gambar 3. TSM hasil pengukuran in-situ pada musim penghujan (Februari, 1999);
Sumber: Van den Bergh (1999)

Tabel 1. Algoritma dan R^2 dari konsentrasi TSM yang diperoleh dari citra Landsat TM Tahun 1995, 1996, 1997 dan 2000

<i>Landsat TM 1995, Mei</i>	<i>TSM NIOZ- dry</i>		<i>TSM-dry Wignyowinoto</i>		<i>TSM dry-Ambarwulan</i>	
	Algoritma	R^2	Algoritma	R^2	Algoritma	R^2
Band 1	$Y=0.9104X - 6.4959$	0.33	$Y=0.682X + 2.0692$	0.03	$Y=0.3596X - 1.293$	0.23
Band 2	$Y=1.2353X + 0.9652$	0.66	$Y=0.0117 X^3 + 0.4353X^2 - 3.4256X + 15.619$	0.20	$Y=0.1757X + 3.5279$	0.22
Band 3	$Y=1.6025X + 5.8639$	0.11	$Y=0.7041x + 11.208$	0.11	$Y=0.2637X + 4.648$	0.10
<i>Landsat TM 1996, Juni</i>	<i>TSM NIOZ-dry</i>		<i>TSM-dry Wignyowinoto</i>		<i>TSM dry-Ambarwulan</i>	
Band 1	$Y=1.0821X - 76.981$	0.60	$Y=-0.0005 X^3 + 0.1094X^2 - 5.8691 + 41.329$	0.27	$Y=-0.0061X^3 + 1.4921X^2 - 121.66X + 3305.5$	0.10
Band 2	$Y=1.685X - 38.194$	0.60	$Y=-0.0019 X^3 + 0.2147X^2 - 5.599X + 40.359$	0.30	$Y=0.0161X^3 - 1.3736X^2 + 38.299X - 344.68$	0.60
Band 3	$Y=1.0779X - 18.663$	0.70	$Y=-0.0013 X^3 + 0.1464X^2 - 3.4256X + 37.788$	0.30	$Y=0.0025X^3 - 0.2386X^2 + 7.0822X - 62.254$	0.70
<i>Landsat TM 1997, Juni</i>	<i>TSM NIOZ-dry</i>		<i>TSM-dry Wignyowinoto</i>		<i>TSM dry-Ambarwulan</i>	
Band 1	$Y=1.0047 X - 76.644$	0.16	$Y=0.0589x + 0.9202$	0.1	$Y=0.116X - 4.5592$	0.03
Band 2	$Y=1.8026X - 48.625$	0.20	$Y=0.0092X^3 - 0.5899X^2 + 9.7458X - 0.9856$	0.14	$Y=0.5572X - 13.696$	0.34
Band 3	$Y=0.8384X - 12.216$	0.10	$Y=0.0124X^3 - 0.6916X^2 + 9.9084X - 1.0536$	0.30	$Y=0.407X - 6.9108$	0.50
<i>Landsat TM 1996, Januari</i>	<i>TSM NIOZ-wet</i>		<i>TSM- wet Wignyowinoto</i>		<i>TSM wet-Ambarwulan</i>	
Band 1	$Y=0.4774X - 41.137$	0.42	$Y=1.0048 X - 70.644$	0.16	$Y=-0.0008X^3 + 0.2726X^2 - 29.098X + 1026.2$	0.34
Band 2	$Y=0.0006X^3 - 0.112X^2 + 7.1813X - 133.77$	0.44	$Y=1.9185X - 47.575$	0.20	$Y=0.1417X - 1.0148$	0.31
Band 3	$Y=0.0004X^3 - 0.0823X^2 + 5.2319X - 87.394$	0.44	$Y=2.1770X - 54.575$	0.25	$Y=4E-05X^3 - 0.0051X^2 + 0.2703X - 0.1681$	0.40
<i>Landsat TM 2000, April</i>	<i>TSM NIOZ-wet</i>		<i>TSM- wet Wignyowinoto</i>		<i>TSM wet-Ambarwulan</i>	
Band 1	$Y=0.1219X + 7.4651$	0.01	$Y=-0.5484X + 29.392$	0.10	$Y=0.2711X - 1.8963$	0.28
Band 2	$Y=0.0765X + 10.188$	0.01	$Y=-1.6815X + 26.057$	0.10	$Y=0.5156X + 1.9496$	0.16
Band 3	$Y=0.2295X + 7.0574$	0.10	$Y=0.1087X + 13.456$	0.003	$Y=0.1518X + 1.6755$	0.50

3.2.1. Peta TSM dari Citra Landsat TM 1995 (27 Mei 1995, Musim Kemarau)

Pendugaan konsentrasi TSM yang diperoleh dari TSM-NIOZ (Van den Bergh, 1998), TSM-Wignyowinoto (Wignyowinoto, 2001) dan TSM-Ambarwulan (Ambarwulan, 2002) menghasilkan koefisien dan peta yang berbeda-beda.

Konsentrasi TSM yang diduga menggunakan data TSM-Wignyowinoto berkisar antara 20 - 45 NTU, dengan R^2 band 3 adalah yang tertinggi, yaitu sebesar 0.20. Konsentrasi TSM yang diduga dari data TSM-Ambarwulan berkisar antara 2 - 15 mg/l dengan $R^2 = 0.23$ pada band 1. Konsentrasi TSM yang diduga dari data NIOZ berkisar antara 2 - 60 mg/l, dengan R^2 pada band 2 sebesar 0.66 yang merupakan nilai R^2 yang tertinggi.

Korelasi yang relatif paling tinggi antara nilai TSM dari pendugaan dengan citra dan TSM hasil pengukuran *in-situ* pada pengukuran menggunakan data NIOZ ini kemungkinan berkaitan erat dengan sifat hidrodinamika perairan pada saat dilakukannya pengukuran *in-situ* pada data NIOZ. Artinya, perbedaan kondisi hidrodinamika perairan, antara saat lewatnya satelit dan saat pengukuran *in-situ* relatif paling kecil. Untuk pengukuran lain (Ambarwulan dan Wignyowinoto), kemungkinan terjadi perbedaan sifat hidrodinamika perairan yang lebih jauh, antara saat lewatnya satelit dengan saat pengukuran *in-situ*.

3.2.2. Peta TSM dari Citra Landsat TM 1996 (14 Juni 1996, Musim Kemarau)

Band 3 Landsat TM memberikan nilai R^2 tertinggi. Koefisien korelasi tertinggi terjadi antara TSM hasil pengukuran *in-situ* NIOZ dan Ambarwulan ($R^2 = 0.70$). Tingginya koefisien korelasi ini kemungkinan disebabkan karena akuisisi citra dan

pengukuran *in-situ* dilaksanakan pada musim yang sama (musim kemarau). Kemungkinan lain adalah pengaruh kondisi cuaca. Kemungkinan, kondisi cuaca antara saat pengukuran *in-situ* dan saat akuisisi citra relatif tidak jauh berbeda.

3.2.3. Peta TSM dari Citra Landsat TM 1997 (14 Juni 1997, Musim Kemarau)

Untuk citra ini, hampir semua data pengukuran *in-situ* memberikan koefisien korelasi yang sangat rendah. Nilai R^2 tertinggi adalah 0.50, yang berasal dari algoritma dari data TSM-Ambarwulan dan Landsat TM band 3.

Pembandingan antara peta TSM yang diturunkan dari citra Landsat TM Juni 1996 dan dari citra Landsat TM Juni 1997 juga menunjukkan bahwa model statistik dari kedua citra dengan akuisisi pada bulan yang sama tetapi dari tahun yang berbeda ini juga memberikan hasil yang jauh berbeda. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kondisi hidrodinamika perairan wilayah ini juga bersifat sangat dinamis, baik dalam ruang maupun waktu. Meskipun demikian, perlu dicatat bahwa pasang-surut bukanlah merupakan satu-satunya faktor dalam parameter dinamika perairan. Faktor-faktor lain seperti kecepatan dan arah angin, pergerakan arus dan kondisi iklim juga berpengaruh terhadap jumlah radiasi yang dapat diterima sensor satelit.

3.2.4. Peta TSM dari Citra Landsat TM 1997 (30 Januari 1997, Musim Penghujan)

Analisis regresi untuk semua band citra Landsat dan semua set data pengukuran *in-situ* menghasilkan nilai R^2 yang rendah. Nilai R^2 tertinggi adalah 0.44 untuk citra Landsat band 3 dengan menggunakan data TSM-NIOZ dan 0.40 untuk citra Landsat band 3 dengan menggunakan data TSM-Ambarwulan.

3.2.5. Peta TSM dari Citra Landsat TM 2000 (6 April 2000, Musim Penghujan)

Landsat TM band 3 memberikan nilai R^2 tertinggi (0.50), dengan menggunakan data TSM-Ambarwulan. Relatif rendahnya nilai R^2 untuk semua pengukuran TSM *in-situ* dengan citra periode ini disebabkan karena perbedaan cuaca antara saat akuisisi citra dan saat pengukuran TSM *in-situ*.

Pendekatan statistik ini menunjukkan bahwa dalam beberapa hal, analisis regresi memberikan hasil yang tidak terlalu baik untuk mencirikan hubungan antara konsentrasi TSM terukur dan konsentrasi TSM yang diduga dari citra, beberapa yang lain memberikan hasil cukup baik. Rendahnya nilai R^2 diduga disebabkan oleh fakta bahwa semua TSM diukur pada saat yang tidak bersamaan dengan lewatnya satelit. Sebab lain adalah karena citra yang digunakan tidak dikoreksi menjadi reflektan riil dari perairan. Radian yang tercatat pada citra sebagai angka digital (DN) bersifat dependen terhadap *light field*, waktu dan ruang. Alasan yang mungkin dari ketergantungan ini adalah sedikitnya jumlah pengukuran, kesalahan (error) pada saat pengukuran, atau error pada saat *matching* antara lokasi sampling *in situ* dan lokasi citra. Konsentrasi sedimen dari data satelit menunjukkan bahwa ketergantungan terhadap musim tidak terlalu jelas terlihat dari hasil penelitian ini. Analisis regresi linier tidak menunjukkan perbedaan yang besar antara hasil pada musim penghujan dan pada musim kemarau, meskipun untuk beberapa data, nilai R^2 cukup berbeda. Umumnya, R^2 pada musim penghujan lebih rendah. Tinggi rendahnya nilai R^2 ini juga dapat diinterpretasikan sebagai tingginya dinamika perairan di wilayah ini, yang menyebabkan tingginya keragaman dalam ruang dan waktu. Ombak dan arus berpengaruh terhadap pencampuran

sedimen sehingga berpengaruh terhadap transparansi optik perairan.

Citra Landsat TM, band merah (band 3) merupakan band yang paling cocok untuk menduga konsentrasi TSM. Band ini memberikan nilai R^2 tertinggi. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan sensitivitas: band merah memiliki sensitivitas tertinggi dan kurang terpengaruh oleh sifat kualitas air lain seperti absorpsi CDOM dan absorpsi air murni. Alasan lain, kemungkinan adalah karena band ini memiliki *leaving radian* sangat tinggi dan absorpsi air rendah.

Peta-peta yang diturunkan dengan citra Landsat dengan menggunakan 3 data pengukuran *in-situ* ini juga memberikan gambaran mengenai asal sedimentasi di Teluk Banten. Sumber utama sedimen Teluk Banten berasal dari Sungai Ciujung.

4. KESIMPULAN

Pendekatan statistik dengan menggunakan analisis regresi memberikan hasil yang tidak terlalu baik untuk mencirikan hubungan antara konsentrasi TSM terukur dan konsentrasi TSM yang diduga dari citra, hal ini ditunjukkan dengan rendahnya nilai R^2

Konsentrasi sedimen dari data satelit menunjukkan bahwa ketergantungan terhadap musim tidak terlalu jelas terlihat antara hasil pada musim penghujan dan pada musim kemarau.

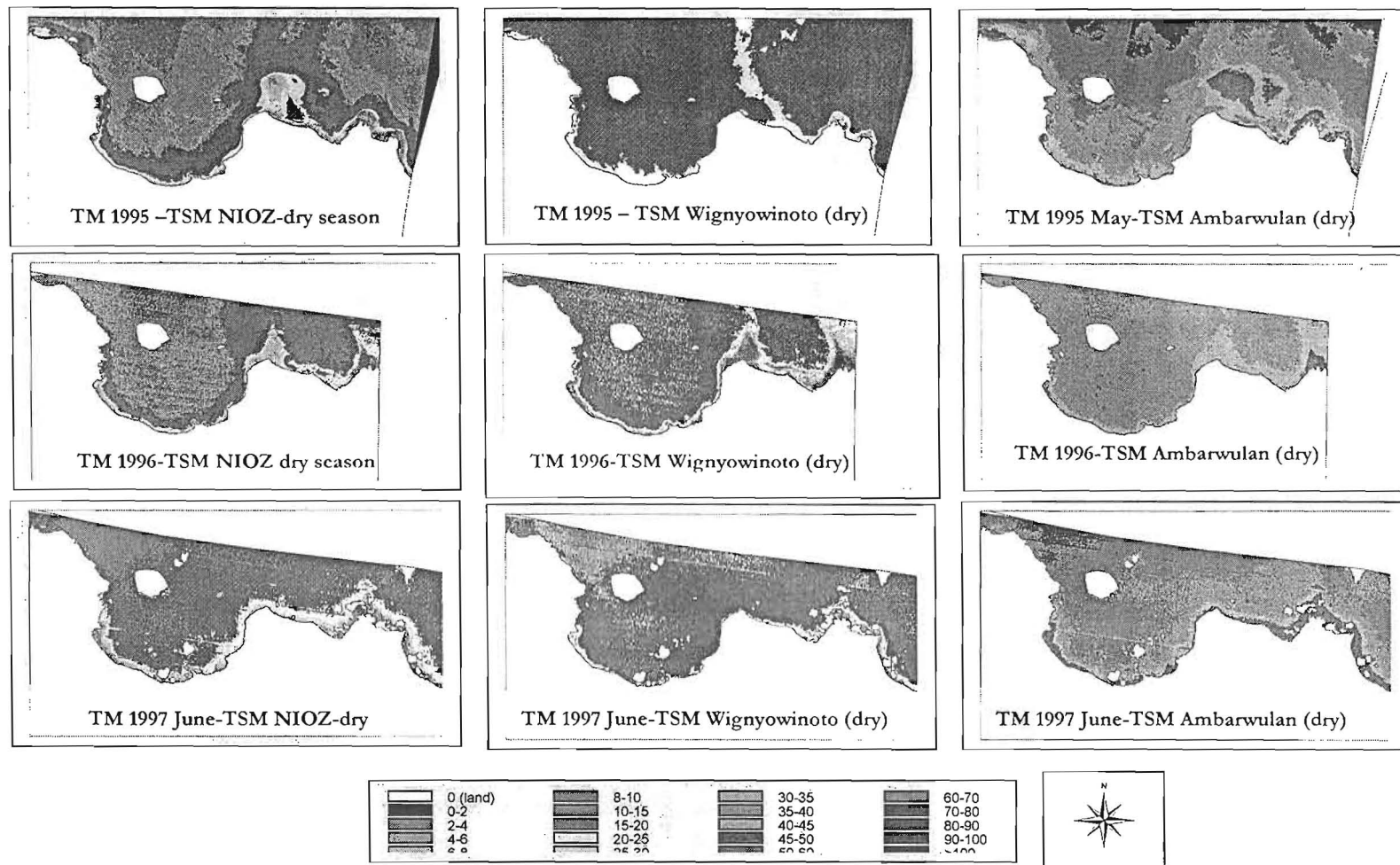
Hasil menunjukkan bahwa untuk citra Landsat TM, band merah (band 3) merupakan band yang paling cocok untuk menduga konsentrasi TSM. Peta-peta yang diturunkan dengan citra Landsat memberikan gambaran mengenai asal sedimentasi di Teluk Banten. Sumber utama sedimen Teluk Banten berasal dari Sungai Ciujung.

5. REKOMENDASI

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut di Teluk Banten dengan menggunakan pendekatan statistik lainnya seperti dengan membandingkan ratio antar band, juga dengan analisis eksponen antara reflektan dengan konsentrasi TSM hasil pengukuran *in situ* di lapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwulan, W., 2002. Mapping of TSM concentrations from SPOT and Landsat TM Satellite Images for Integrated Coastal Zone Management in Teluk Banten, Indonesia. *MSc Thesis. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation*. 131 pp.
- Douven, W. and D. A. Tiwi, 2001. Banten Bay Information System, A Marine Ecosystem Information System to Support EIA (AMDAL) and Integrated Coastal Zone Management in Banten Bay, Indonesia. 1997-2001 Indonesian - Dutch Teluk Banten Research Program.
- Morel, A., H.R. Gordon, 1980. Report of the working group on water color. *Boundary layer Meteorology*, Vol. 18, p.343-355.
- Van den Bergh, G.D., T.C.E. Van Weering and B. Ontowirjo, 1998. Coastal Marine Sediments and Sedimentation in the Bay of Banten. *Progress Report Project 3 Period 1998, Cooperation between NIOZ and BPPT 1997-2001*.
- Van den Bergh, G.D., T.C.E. Van Weering and B. Ontowirjo, 1999. Coastal Marine Sediments and Sedimentation in the Bay of Banten. *Progress Report Project 3 Period 1999, Cooperation between NIOZ and BPPT 1997-2001*.
- Wignjowinoto, I, 2001. Remote Sensing Application for Bathymetric Mapping of Banten Bay, Indonesia, Using Landsat TM. *M.Sc. Thesis Repot, ITC The Netherlands*, 60 p.



Gambar 6.1. Peta TSM Konsentrasi diperoleh dari Landsat TM 1995, 1996 dan 1997 (musim kering)

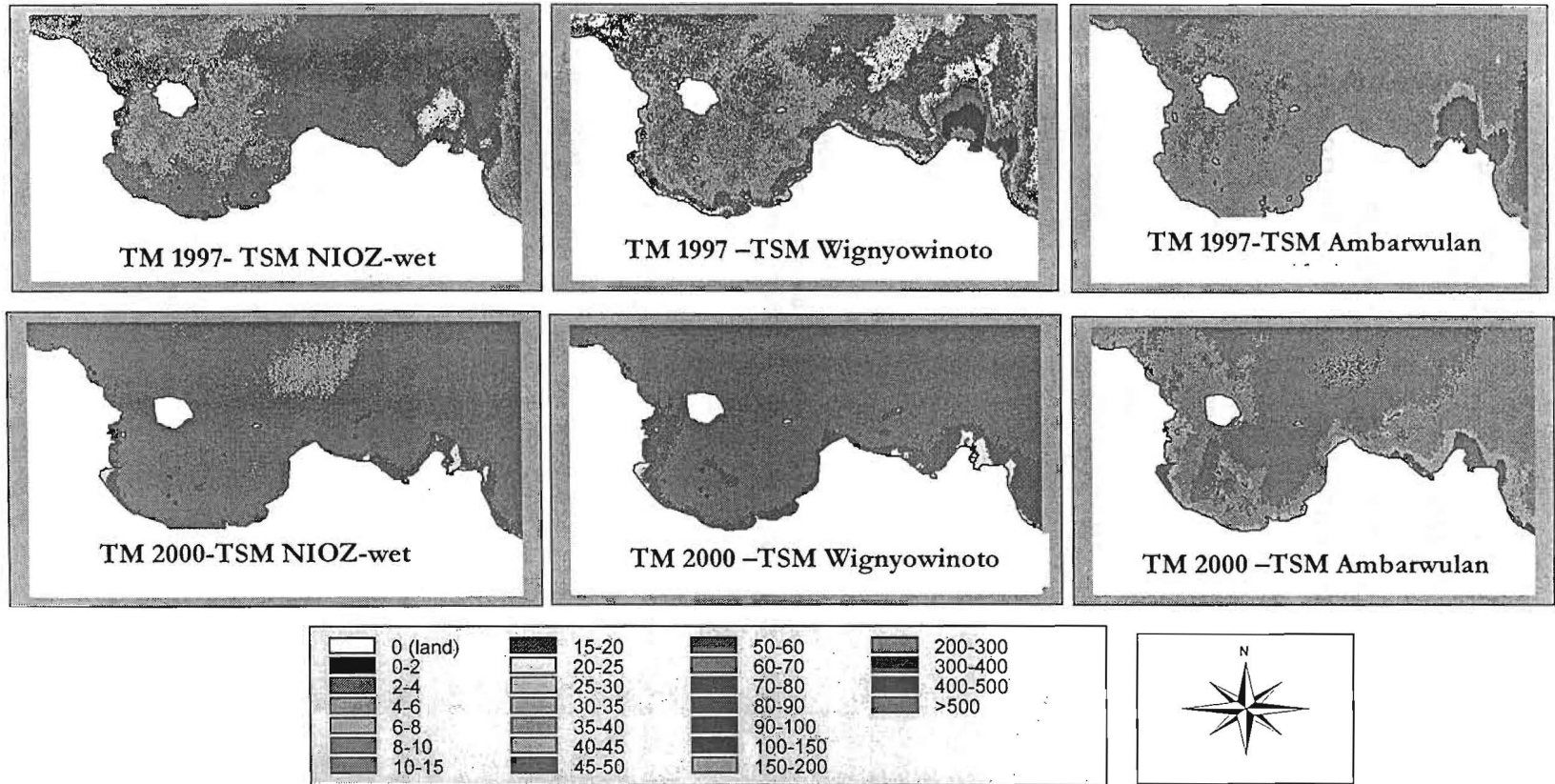


Figure 6.2. Peta Citra Konsentrasi TSM dari Landsat TM Januari 1997 dan Landsat TM 7, April 2000 (musim basah)