

ISBN 979-3369-06-X



PROSIDING FORUM KOMUNIKASI GEOSPASIAL NASIONAL 2002

TEMA:
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
SURVEI DAN PEMETAAN
DALAM MENUNJANG PEMBANGUNAN
INFORMASI GEOSPASIAL
UNTUK BERBAGAI BIDANG

**BADAN KOORDINASI SURVEI DAN PEMETAAN NASIONAL
(BAKOSURTANAL)**

Hotel Atlet Century Park, Jakarta 25 - 26 Nopember 2002

Penggunaan Citra SPOT-HRV Melalui Pendekatan Statistik Untuk Pemetaan Bahan Tersuspensi Di Teluk Banten

Wiwin Ambarwulan (BAKOSURTANAL, w_ambarwulan@yahoo.com)
Widiatmaka (Jurusan Tanah, Fak. Pertanian, IPB, widiatmaka@yahoo.com)

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 SPOT images have been applied in this study that were processed to TSM maps according to the empirical approach (statistical model). The model has been applied by some previous researchers. 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 SPOT HRV (band 2) 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.

Key words

Empirical approach, statistical model, Total Suspended Matter, Remote Sensing

PENDAHULUAN

Teluk Banten terletak dalam wilayah Propinsi Banten, Indonesia 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 km^2 . Teluk ini terletak di pantai utara pulau Jawa, $\pm 60 \text{ km}$ di sebelah barat Jakarta. Masalah utama di perairan Teluk Banten berkaitan dengan pola sirkulasi pada perairan dangkal yang dicirikan oleh tingginya konsentrasi bahan tersuspensi – yang tercermin dari nilai turbiditas dan konsentrasi Total Bahan Tersuspensi (*Total Suspended Matter* -TSM), yang antara lain menyebabkan pendangkalan teluk.

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 SPOT.

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*).

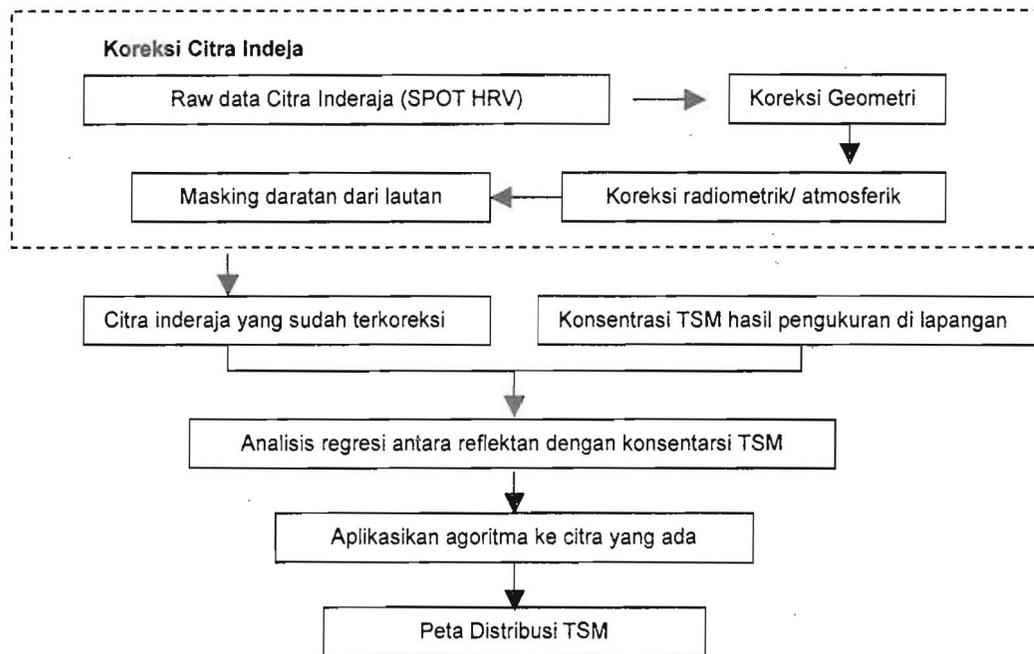
BAHAN DAN METODA

Seri citra satelit daerah studi digunakan untuk menduga konsentrasi TSM. Citra tersebut adalah citra SPOT-HRV dari beberapa waktu pengambilan (12 Juni 1990; 14 April 1996; dan 8 Oktober 1997). Data bahan tersuspensi (TSM) yang digunakan pada penelitian ini adalah: (i) sedimen hasil pengukuran Wignyowinoto pada bulan November 1999 (Wignyowinoto, 2001), selanjutnya dalam makalah ini akan disebut sebagai "*TSM-Wignyowinoto*", (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.

Untuk jelasnya, tahapan kegiatan pemetaan ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir dari Pemetaan distribusi sedimen (TSM) dengan pendekatan statistik

1. Koreksi Citra Inderaja

a. Koreksi Geometrik

Untuk koreksi geometrik, digunakan Peta Rupabumi sebagai peta referensi. Beberapa titik ikat (*Ground Control Point*) dipilih untuk mengkorelasikan antara citra dengan Peta Rupabumi. Transformasi yang digunakan adalah 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 4 sampai 16 meter untuk citra SPOT.

b. 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.

c. 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. Analisis Sampel Air

Sampel air diambil pada saat dilakukannya survei utama pada bulan Oktober 2001. Dari kegiatan survei ini dikumpulkan 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".

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 tidak terlalu diperhatikan, karena tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pola (*trend*) penyebaran sedimen di Teluk Banten secara kualitatif, dan bukan perbandingan nilai absolutnya.

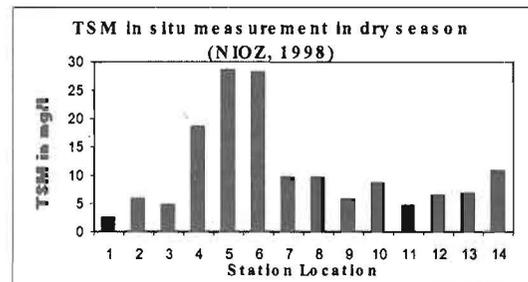
HASIL DAN PEMBAHASAN

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

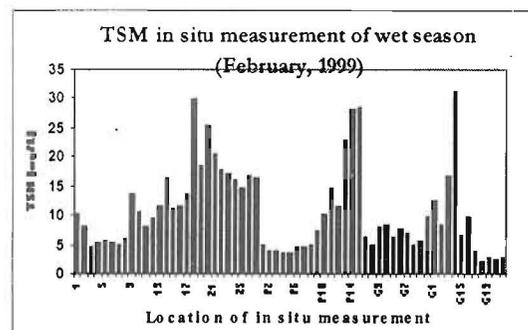
TSM pada musim kemarau berkisar antara 2.4 mg/l sampai 28.4 mg/l. Pada musim penghujan, nilai TSM berkisar antara 2.06 mg/l sampai 31.25 mg/l. Konsentrasi TSM pada kedua musim tersebut tidak jauh berbeda. Konsentrasi TSM terendah dijumpai pada lokasi bagian barat teluk, sedangkan konsentrasi tertinggi 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.

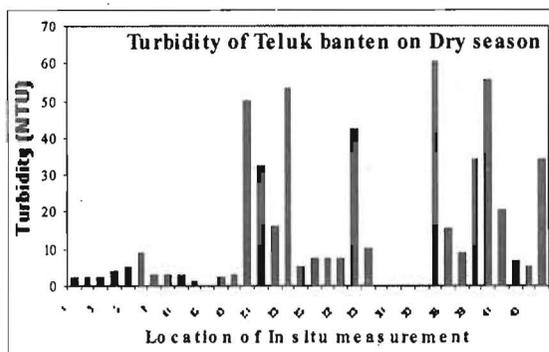


Gambar 2. TSM hasil pengukuran *In-situ* pada musim kemarau (Oktober, 1998);
Sumber: Van den Bergh (1998)

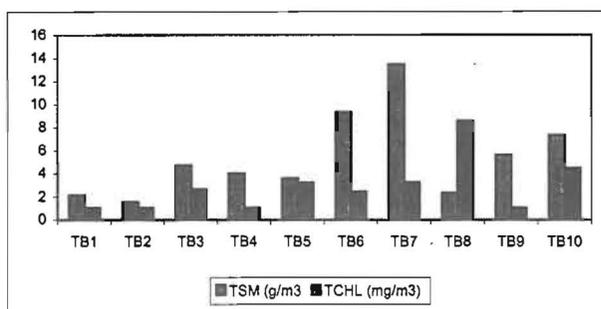
Pengukuran TSM dalam penelitian ini (TSM-Ambarwulan) dilakukan pada bulan Oktober 2001 (Ambarwulan, 2002). Hasil pengukuran, bersama-sama dengan hasil pengukuran total chlorofil-a disajikan pada Gambar 5. Nilai TSM hasil pengukuran berkisar antara 1.5 mg/l sampai 13.4 mg/l. Konsentrasi TSM terendah diperoleh pada titik sampel yang berlokasi di laut dalam, sementara konsentrasi tertinggi diperoleh pada titik keluaran air sungai.



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



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



Gambar 5.
Distribusi CHL dan konsentrasi TSM di Teluk Banten

Tabel1. Algoritma dan R^2 dari konsentrasi TSM yang diperoleh dari citra SPOT 1990, 1996, 1997

<i>SPOT 1990, Juni</i>	<i>TSM NIOZ- dry</i>		<i>TSM-dry Wignyowinoto</i>		<i>TSM dry-Ambarwulan</i>	
	Algorithms	R^2	Algorithms	R^2	Algorithms	R^2
Band 1	$Y=0.8116X + 2.9116$	0.02	$Y=0.9739X + 9.9533$	0.04	$Y=0.4385X + 0.6168$	0.20
Band 2	$Y=1.3998X - 26.854$	0.70	$Y=1.5049X + 2.0488$	0.26	$Y=0.2127X - 1.2773$	0.40
Band 3	$Y=1.3319X - 67.203$	0.45	$Y=0.1696X + 16.454$	0.10	$Y=0.4047X - 18.599$	0.30
<i>SPOT 1996, April</i>	<i>TSM NIOZ-wet</i>		<i>TSM-dry Wignyowinoto</i>		<i>TSM dry-Ambarwulan</i>	
Band 1	$Y=0.6339X - 17.8641$	0.56	$Y=0.3455$	0.10	$Y=0.2123X - 4.4108$	0.46
Band 2	$Y=0.588X - 3.9572$	0.58	$Y=0.9142X - 7.6343$	0.36	$Y=0.1435X + 1.1376$	0.59
Band 3	$Y=1.852X - 10.486$	0.57	$Y=4.4271X - 34.236$	0.33	$Y=0.3944X + 0.4614$	0.58
<i>SPOT 1997, Okt</i>	<i>TSM NIOZ-dry</i>		<i>TSM-dry Wignyowinoto</i>		<i>TSM dry-Ambarwulan</i>	
Band 1	$Y=0.2142X - 4.5624$	0.51	$Y=0.5386X - 8.8082$	0.10	$Y=1.0809X - 36.374$	0.72
Band 2	$Y=0.1409X + 1.1679$	0.60	$Y=0.9142X - 7.6343$	0.20	$Y=1.195X - 16.163$	0.75
Band 3	$Y=0.4037X + 0.3228$	0.58	$Y=0.1696X + 16.454$	0.15	$Y=2.4596X - 15.82$	0.46

2. Peta TSM

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

Peta-peta TSM yang dihasilkan dari citra setelah aplikasi algoritma statistik tersebut dapat memberikan informasi detail 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 ($R^2 = 0.10$) pada musim penghujan sampai tinggi ($R^2 = 0.75$) pada musim kemarau. Nilai-nilai ini sangat tergantung pada beberapa faktor seperti kondisi meteorologi dan akurasi pengukuran.

a. Peta TSM dari Citra SPOT 1990

Konsentrasi TSM yang diprediksi dari algoritma dari SPOT bulan Juni 1990 terlihat normal. 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 2 – 100 NTU, dengan R^2 band 2 = 0.2559. TSM yang diduga dari data TSM-Ambarwulan berkisar antara 2 – 15 mg/l dengan $R^2 = 0.6873$ pada band 3. Nilai R^2 yang rendah dengan menggunakan data TSM-Wignyowinoto kemungkinan berkaitan dengan kondisi meteorologi dan dinamika laut. Kondisi meteorologi kemungkinan cukup berbeda antara kondisi pada waktu pengukuran TSM dan kondisi pada saat satelit merekam. Kemungkinan lain adalah adanya gelombang pada waktu pengukuran TSM atau adanya keluaran air dari sungai yang mengandung sedimen yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan sedimen saat perekaman oleh satelit. Juga karena metodologi pengukuran sedimen Wignyowinoto berbeda dengan metodologi peneliti lainnya.

Ketiga peta yang dihasilkan dari ketiga data TSM memiliki pola yang hampir sama. Ketiganya menunjukkan bahwa terdapat

berbagai kelas konsentrasi di wilayah perairan teluk Banten. Konsentrasi TSM di bagian barat teluk lebih rendah dibandingkan di bagian timur. Sedimen tertinggi dijumpai di mulut Sungai Ciujung. Hal ini dapat dimengerti karena Ciujung adalah DAS terbesar yang bermuara di Teluk Banten.

b. Peta TSM dari Citra SPOT 1996

Konsentrasi TSM yang diprediksi dari citra SPOT 1996 (musim hujan) menunjukkan bahwa secara keseluruhan, R^2 yang dihasilkan rendah. Band 2 SPOT memberikan nilai R^2 tertinggi. Rendahnya R^2 ini berkaitan dengan perbedaan musim antara saat lewatnya satelit dan saat pengukuran *in situ*. Citra diambil pada bulan April. Menurut Douven dan Tiwi (2001), bulan April bertepatan dengan musim peralihan, dimana karakteristik hidrodinamika sangat berbeda dari bulan-bulan lain. Pola pada peta menunjukkan bahwa arus air laut mengarah dari laut menuju daratan, atau dari sebelah utara teluk ke arah selatan. Dari data sekunder, diketahui bahwa angin datang dari arah barat daya dengan kecepatan 2 – 10 knot

c. Peta TSM dari Citra SPOT 1997

Untuk citra ini, waktu akuisisi citra berlangsung dalam bulan yang sama dengan pengukuran TSM dari ketiga sumber. Berbeda dengan kedua citra sebelumnya, bulan oktober merupakan bulan kering. Semua analisis regresi menghasilkan R^2 lebih besar dari 0.5 untuk regresi linier, dan lebih dari 0.7 untuk regresi polinomial. Tingginya nilai R^2 ini berarti bahwa terdapat korelasi yang tinggi antara TSM hasil pendugaan dan TSM hasil pengukuran. Nilai TSM yang diduga, bernilai lebih dari lebih dari 100 mg/l (NIOZ), 90 NTU (Wignyowinoto, 2001) dan 20 mg/l (Ambarwulan, 2002), yang tercatat di mulut sungai Ciujung. Perairan jernih memiliki nilai TSM sekitar 2 mg/l (NIOZ), 4 NTU (Wignyowinoto, 2001), dan 4 mg/l (Ambarwulan, 2002). Analisis peta TSM menunjukkan bahwa arus atau angin mengarah dari timur ke barat.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan pendugaan TSM dengan menggunakan pendekatan statistik. Pendekatan ini terdiri atas 3 tahap: (i) seleksi

data sedimen tersuspensi yang ada, (ii) penghitungan hubungan antara reflektan pada setiap band dengan konsentrasi TSM terukur menggunakan regresi linier, dan (iii) menerapkan algoritma hasil perhitungan tersebut untuk menduga kadar konsentrasi TSM dan distribusi spasialnya.

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 (eror) pada saat pengukuran, atau eror 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.

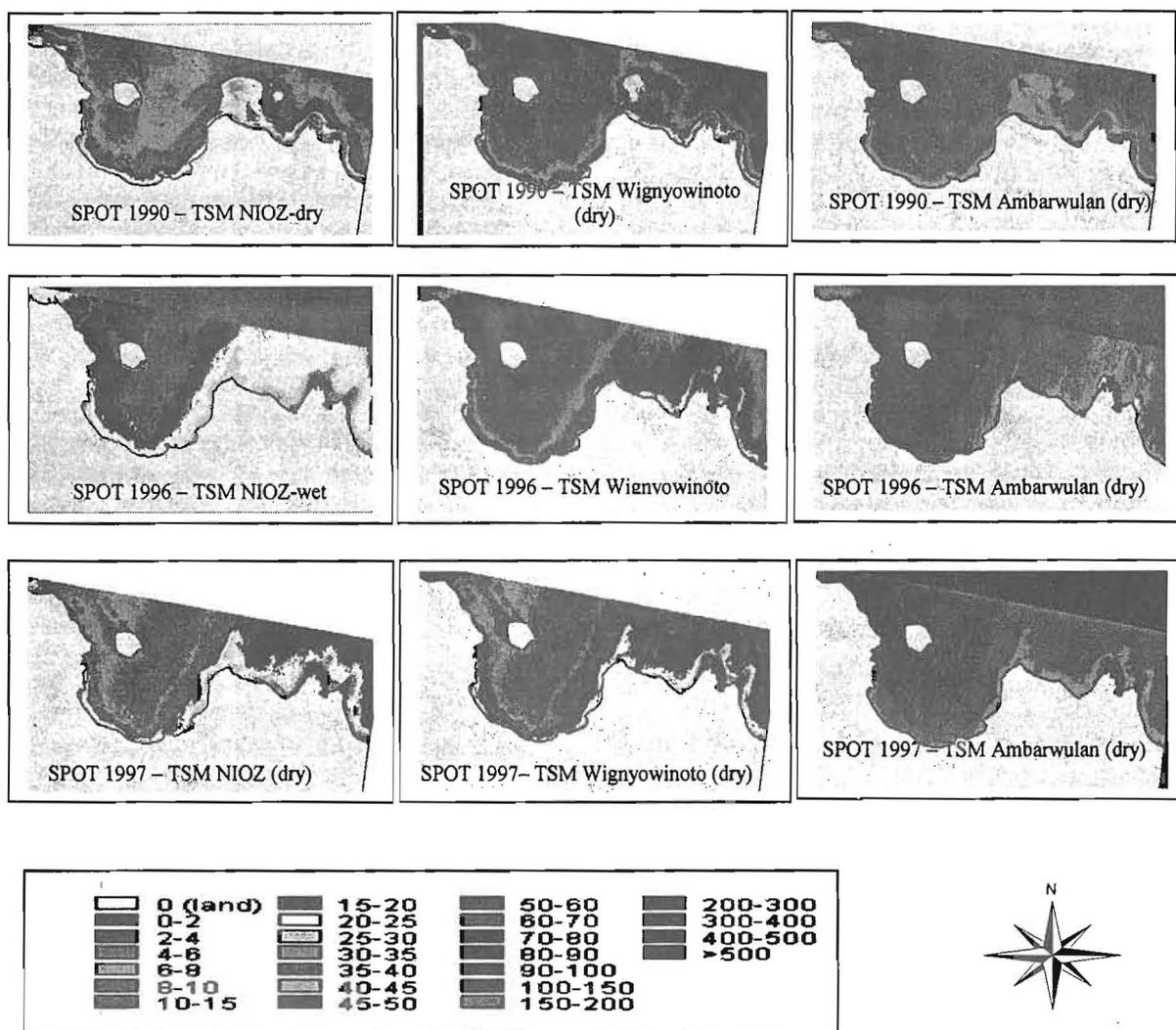
Dalam term panjang gelombang, hasil menunjukkan bahwa untuk SPOT, band merah (band 2) merupakan band yang paling cocok untuk menduga konsentrasi TSM. Band ini memberikan nilai R^2 tertinggi. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan sensitivitas: band merah memiliki sensitivitas tertinggi dan kurang terpengaruh 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.

REKOMENDASI

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut di Teluk Banten dengan menggunakan pendekatan statistik lainnya seperti dengan membandingkan ratio antara band juga dengan analisis eksponen antara reflektan dengan konsentrasi TSM pengukuran *in situ* lapangan. Untuk meningkatkan akurasi penelitian, perlu dilakukan pengamatan *in situ* lapangan bersamaan satelit merekam daerah tersebut. Pendekatan statistik relatif mudah sehingga dapat diaplikasikan pada wilayah pesisir lainnya di Indonesia untuk mendapatkan gambaran pola penyebaran sedimen sebagai salah satu indikator proses erosi pada bagian hulu.

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. Peta Citra TSM dari SPOT 1990 (musim kering), 1996 (musim basah) dan 1997