
STUDI PERUBAHAN KANDUNGAN TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) DI SELAT MADURA AKIBAT PEMBUANGAN LUMPUR PANAS LAPINDO

Chatarina Nurjati, Hepi Hapsari Handayani

Abstrak

Peristiwa semburan lumpur panas di lokasi pengeboran PT. Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, terjadi sejak 27 Mei 2006. Peristiwa ini menjadi sebuah tragedi ketika lumpur panas tersebut mulai menggenangi areal persawahan, permukiman penduduk dan kawasan industri. Usaha yang dilakukan untuk mengurangi beban lumpur di daratan adalah dengan membuang langsung lumpur panas tersebut ke selat Madura melalui Sungai Porong. Hal ini akan mempengaruhi kualitas perairan di Selat Madura. Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk penghitungan serta analisa tentang kualitas air di Selat Madura adalah kandungan Total Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid ,TSS*).

Di dalam penelitian ini dilakukan perhitungan kandungan sedimen tersuspensi (TSS) menggunakan teknologi penginderaan jauh. Adapun citra satelit yang digunakan adalah citra ASTER multitemporal tahun 2005, 2006, 2007, dan 2008. Dengan menggunakan algoritma Budiman dilakukan perhitungan kandungan sedimen tersuspensi (TSS) di perairan Delta Porong.

Berdasarkan cek lapangan dan perhitungan dari citra satelit, dapat kita simpulkan bahwa terjadi peningkatan kandungan sedimen tersuspensi yang tajam di perairan Delta Porong. Kandungan sedimen tersuspensi di perairan Delta Porong sebesar rata-rata 1090 mg/l. Namun demikian, hasil perhitungan menggunakan citra satelit masih jauh dibandingkan dengan perhitungan hasil cek lapangan. Hal ini dikarenakan, algoritma yang dipakai kurang sesuai apabila diterapkan untuk perhitungan kandungan sedimen tersuspensi di Delta Porong.

Kata kunci : Citra Satelit, Kandungan Sedimen Tersuspensi (TSS), Perairan Delta Porong

PENDAHULUAN

Peristiwa semburan lumpur panas di lokasi pengeboran PT. Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, terjadi sejak 27 Mei 2006. Peristiwa ini menjadi sebuah tragedi ketika lumpur panas tersebut mulai menggenangi areal persawahan, permukiman penduduk dan kawasan industri. Akibatnya, semburan lumpur ini membawa dampak yang luar biasa bagi masyarakat sekitar maupun bagi aktivitas perekonomian di Jawa Timur.

Skenario penanganan teknis untuk menghentikan semburan lumpur panas dengan menggunakan *snubbing unit, side tracking* dan pembuatan *relief well* mengalami kegagalan. Usaha yang dilakukan untuk mengurangi beban lumpur di daratan adalah dengan membuang langsung lumpur panas tersebut ke selat Madura melalui Kali Porong. Hal ini akan mempengaruhi kualitas air di Selat Madura.

Kualitas air di laut sangat bergantung dengan kualitas dari sumber air itu sendiri. Oleh karena itu diperlukan suatu parameter yang dapat digunakan sebagai standar penentuan kualitas air. Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk penghitungan serta analisa tentang kualitas air di Selat Madura adalah kandungan Total Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid ,TSS*).

Penghitungan yang akurat harus dijalankan untuk mengetahui tingkat pencemaran di perairan Selat Madura karena hal ini berkaitan dengan kehidupan berbagai jenis makhluk hidup. Salah satu teknik untuk penghitungan TSS yaitu dengan bantuan satelit Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) yang didukung dengan pengukuran langsung di lapangan.

Dengan demikian, data penginderaan jauh multi temporal (beberapa tahun pengambilan data) dapat digunakan untuk mengetahui tingkat sedimentasi yang ditunjukkan oleh tingkat kekeruhan air (*turbidity waters*). Oleh karena

itu, dengan menggunakan data citra satelit multi temporal yang ditunjang dengan data sampel air laut di beberapa lokasi penelitian dan data hidroceanografi (gelombang, pasang surut, arus), diharapkan dapat diperoleh suatu peta distribusi total sedimen tersuspensi (total suspended sediment) di perairan Selat Madura serta proses sedimentasinya.

Permasalahan yang ingin diangkat dalam penelitian ini adalah: sejauh mana distribusi sebaran sedimen tersuspensi di perairan Delta Porong dan Selat Madura, identifikasi sumber endapan penyebab pendangkalan yang menyebabkan terjadinya sedimentasi di perairan Delta Porong dan Selat Madura, berapa besar tingkat sedimentasi yang terjadi di perairan Delta Porong dan Selat Madura dalam periode waktu tertentu khususnya setelah pembuangan lumpur Lapindo

Tujuan dari penelitian ini adalah memonitoring perubahan kandungan sedimen tersuspensi (TSS) di perairan Delta Porong sebelum dan sesudah lumpur lapindo dibuang ke Selat Madura melalui Sungai Porong dengan Citra ASTER, melakukan analisa perubahan kandungan sedimen tersuspensi (*Total Suspended Solid ,TSS*) di perairan Delta Porong dan Selat Madura.

Sedimentasi, pettijohn (1975) mendefinisikan sedimentasi sebagai suatu proses pembentukan batuan sedimen yang diakibatkan oleh akumulasi dari material pembentuknya atau asalnya pada suatu tempat yang disebut dengan lingkungan pengendapan yaitu : delta, danau, pantai, estuaria, laut dangkal sampai laut dalam.

Sedangkan menurut Arsyad, 1989 (dalam CRMP, 2001), sedimentasi adalah proses terangkutnya sedimen oleh suatu limpasan air yang diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan airnya melambat atau terhenti seperti pada saluran sungai, waduk, danau maupun kawasan tepi teluk/laut.

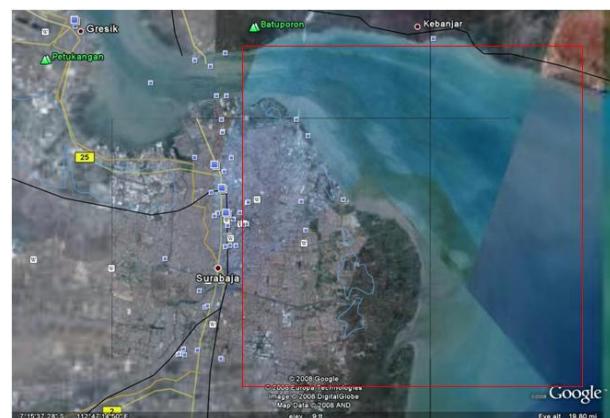
Transpor Sedimen, suplai sedimen berasal dari material pembentuk darat dan hasil erosi pantai disebabkan oleh gaya-gaya fluida (gelombang, arus, pasang surut, dll). Aktivitas penambangan

pasir dan karang, penempatan bangunan pantai yang tidak sesuai serta hilangnya vegetasi pantai akan memperparah akumulasi sedimen di daerah tersebut.

Selain ketersediaan sumber sedimen, Dyer (1986) menyebutkan bahwa parameter yang penting adalah jenis sedimen tertranspor. Ukuran, bentuk, densitas sedimen dan mineralogi butiran merupakan variabel penting dalam analisis ini. Ukuran dan bentuk butiran digunakan dalam menentukan mekanisme transpor, sedangkan mineralogi partikel; terutama kuarsa, feldspar, fragmen batuan, lempung dan detrital lainnya, digunakan untuk menentukan sumber batuan.

METODOLOGI PENELITIAN

Daerah penelitian secara administratif termasuk ke dalam wilayah Kotamadya Surabaya, dan Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Secara geografis daerah studi terletak pada $7^{\circ} 11' - 7^{\circ} 19' LS$ dan $112^{\circ} 46' 58'' - 112^{\circ} 53' BT$.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koreksi Geometrik, proses koreksi geometrik citra ASTER sedikit berbeda dengan citra lain, dimana *platform* geometrik pada sensor ASTER selain lebih banyak titik kontrolnya (10 titik) juga dilengkapi dengan referensi koordinat geografis dari data DEM kasar yang diperoleh dari data GTOPO30 1997, sehingga dapat dikatakan produk citra ASTER telah terkoreksi 3D (x, y, z) dari *platform* sensornya (ASTER Guide Book 2007, dalam Solihuddin 2008). Dari produk ini juga dapat

diperoleh informasi fisik seperti nilai radiansi dan temperatur dengan menggunakan nilai *digital number* (DN).

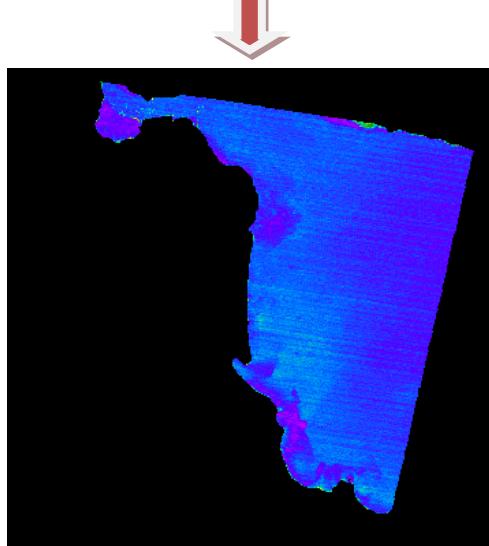
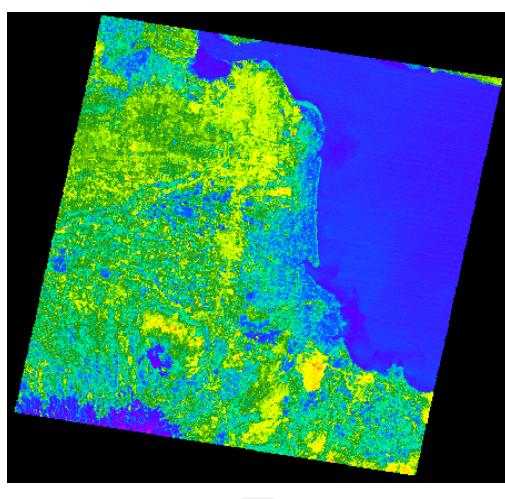
Pemisahan Perairan (laut) dengan Daratan/ Masking, citra ASTER yang telah dikoreksi secara geometrik selanjutnya dilakukan proses *masking* yaitu memisahkan bagian laut dan darat dengan memblok nilai *digital number* (DN) darat dengan nilai *null*. Hal ini dilakukan dengan penerapan batas vektor pantai dan metode algoritma. Batas pantai ini di digitasi kemudian menerapkan algoritma :

IF INREGION('vektor pantai') THEN

Input1 ELSE NULL (3.1)

dimana REGION adalah vektor batas pantai.

Berikut ini merupakan penerapan *masking* untuk band 3 VNIR :



Gambar 2 Proses Masking

Klasifikasi Citra

Tabel 2. Klasifikasi Citra TSS

No	Kelas	Nilai reflektan (R) citra	Sedimen tersuspensi
1	1	0 ≤ R ≤ 25	0 mg/l ≤ SS ≤ 25 mg/l
2	2	26 ≤ R ≤ 50	26 mg/l ≤ SS ≤ 50 mg/l
3	3	51 ≤ R ≤ 75	51 mg/l ≤ SS ≤ 75 mg/l
4	4	76 ≤ R ≤ 100	76 mg/l ≤ SS ≤ 100 mg/l
5	5	101 ≤ R ≤ 125	101 mg/l ≤ SS ≤ 125 mg/l
6	6	126 ≤ R ≤ 150	126 mg/l ≤ SS ≤ 150 mg/l
7	7	151 ≤ R ≤ 200	151 mg/l ≤ SS ≤ 200 mg/l
8	8	201 ≤ R ≤ 300	201 mg/l ≤ SS ≤ 300 mg/l
9	9	301 ≤ R ≤ 400	301 mg/l ≤ SS ≤ 400 mg/l
10	10	401 ≤ R ≤ 500	401 mg/l ≤ SS ≤ 500 mg/l
11	11	R > 500	SS > 500 mg/l

Analisis Korelasi Data Citra dengan Data Lapangan

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui besar hubungan antara nilai TSS yang diperoleh dari data citra dengan nilai TSS yang diperoleh di lapangan pada titik koordinat yang sama (Lampiran 3). Sedangkan untuk mengetahui hubungan fungsional antara kedua variabel tersebut (TSS citra dan TSS lapangan), dilakukan analisis regresi. Hipotesis berdasarkan uji ANOVA (*F-test*) dengan mengambil standar tingkat kepercayaan sebesar 95% ($\alpha = 5\%$).

Dalam analisis ini, nilai TSS citra diambil dari data data citra setelah adanya pembuangan lumpur Lapindo ke Sungai Porong, dan disesuaikan dengan tahun citra ASTER. Sehingga untuk analisa korelasi ini menggunakan data citra ASTER tanggal 19 Mei 2008. Berdasarkan hasil yang diperoleh, akan diuji apakah nilai TSS citra erat kaitannya dengan nilai TSS yang diperoleh dari hasil uji laboratorium sampel air laut. Berikut adalah perbandingan nilai TSS yang diambil dari data citra ASTER dengan nilai TSS sampel air laut yang diperoleh di lapangan pada bulan Juli 2008 (Tabel 4.4).

Berdasarkan hasil perhitungan statistik dengan bantuan perangkat lunak SPSS 17.0 (Lampiran 4) diperoleh hasil sebagai berikut untuk citra I:

Koefisien korelasi (r)	: 0.543
Koefisien determinasi (r^2)	: 0.387
F-hitung	: 15.235
Signifikansi F	: 0.028
Koefisien regresi	: 0.7819
Konstanta	: 202,585

Nilai koefisien korelasi "r" sebesar 0.543 menunjukkan derajat hubungan yang rendah antara TSS lapangan dengan TSS citra. Sedangkan nilai koefisien determinasi " r^2 " sebesar 0.387 menunjukkan persamaan regresi mungkin tidak dapat digunakan untuk menerangkan hubungan antara faktor TSS lapangan dengan TSS citra. Perubahan nilai TSS dipengaruhi oleh nilai TSS lapangan sebesar 38,7%, sedangkan sisanya (61,3%) dipengaruhi oleh faktor lain

Dari uji ANOVA (*F-test*), diperoleh nilai *F* hitung sebesar 15,235 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,126. Oleh karena signifikansi *F* < dari nilai α (0.05), berarti H_0 diterima. Jadi, pada selang kepercayaan 95%, tidak ada hubungan linier antara TSS lapangan (*X*) dengan TSS citra (*Y*). Demikian pula dengan uji koefisien regresi, dimana nilai signifikansi *F* sebesar 0,34 > dari nilai α (0.05), berarti H_0 diterima. Jadi, pada selang kepercayaan 95%, koefisien regresi tidak signifikan.

Berdasarkan nilai koefisien regresi dan konstanta diperoleh model regresi sebagai berikut : $Y = 1.4872 x + -213.09$ (Gambar 10). Persamaan regresi yang didapat akan diuji apakah memang valid untuk memprediksi nilai TSS citra di masa mendatang. Sebagai contoh, diambil sampel dengan residual minimum (-202) dan maksimum (1035) yaitu sampel no.14 dan no.4. Residual adalah selisih antara nilai TSS citra sesungguhnya dengan nilai TSS citra hasil prediksi. Setelah dilakukan pengujian dengan batas ambang 3 standar deviasi atau tingkat kepercayaan sebesar 80%, kedua sampel tersebut masih berada pada daerah luar dari 3 standar deviasi, sehingga dapat dikatakan seluruh sampel representatif pada model regresi dan model regresi yang diperoleh tidak valid untuk memprediksi nilai TSS citra di masa mendatang.

Banyak faktor yang hal tersebut diatas. Pertama, adanya tenggang waktu sekitar 2 bulan antara waktu pengambilan sampel sedimen tersuspensi di lapangan (Juli 2008) dengan waktu perekaman data citra II (19 Mei 2008) yang mungkin sangat berpengaruh terhadap hasil akhir. Karena selama kurun waktu 2 bulan tersebut, terdapat kemungkinan besar terjadi peningkatan konsentrasi sedimen tersuspensi. Hal ini dikarenakan pembuangan lumpur Lapindo ke Sungai Porong masih terus dilakukan selama belum ada penemuan baru terkait mekanisme pembuangan yang lebih aman. Berdasarkan hasil lapangan dan dua citra terakhir, dapat diketahui bahwa konsentrasi sedimen di perairan Delta Porong meningkat tajam demikian pula luasan wilayah yang tercemar. Kedua, algorithma yang dipakai, dalam hal ini algorithma dari penelitian sebelumnya tidak dapat dipakai untuk karakteristik di perairan Delta Porong. Algorithma yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan algorithma yang sama untuk penghitungan konsentrasi sedimen perairan Delta Mahakam. Berdasarkan hasil yang dicapai dapat dibuktikan bahwa algorithma tersebut tidak sesuai jika diterapkan untuk perairan Delta Porong. Hal ini, berkaitan dengan banyak faktor diantarnya karakteristik perairannya di Delta Porong yang telah banyak tercemar lumpur Lapindo sehingga telah berbeda dengan karakteristik asli. Untuk mengetahui algoritma yang cocok digunakan di perairan Delta Porong, disarankan untuk melakukan penelitian yang lebih mendalam berkaitan dengan karakteristik perairan itu sendiri.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan data citra ASTER tahun 2005, 2006, 2007, dan 2008, terjadi peningkatan kandungan sedimen tersuspensi yang tajam di perairan Delta Porong dari kelas tinggi (dengan sedimen 125 – 300 mg/l) menjadi kelas sangat tinggi (dengan sedimen 300 – 500 mg/l) pada tahun 2007 dan tahun 2008, menjadi kelas paling tinggi dengan kandungan sedimen > 500 mg/l.
2. Berdasarkan data lapangan, kandungan sedimen tersuspensi meningkat di perairan Delta Porong sebesar rata-rata 1090 mg/l. Hal ini karena adanya pembuangan lumpur Lapindo ke sungai Porong sehingga

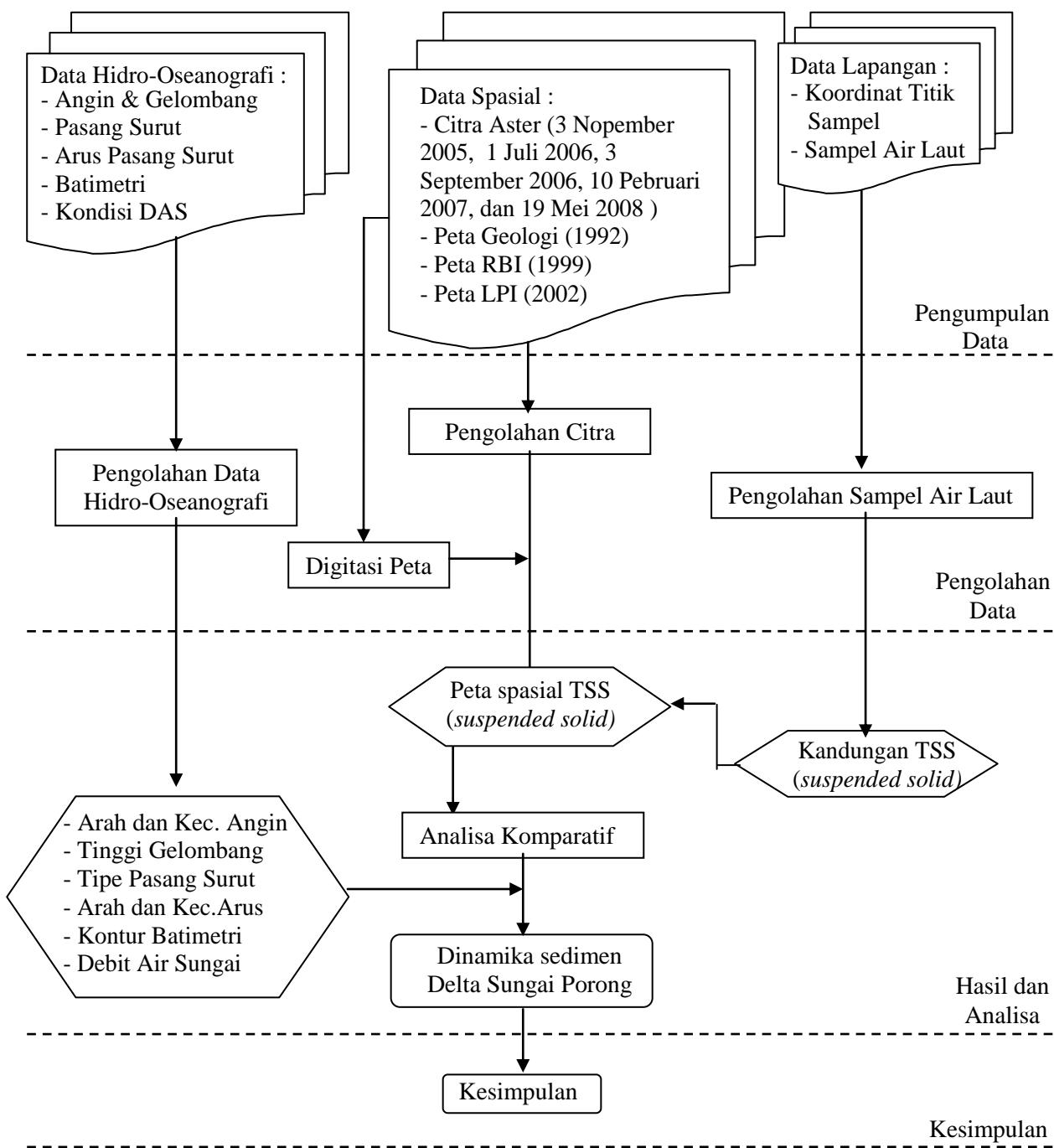
- mengakibatkan peningkatan sedimen tersuspensi di Sungai Porong.
3. Berdasarkan data citra ASTER tanggal 19 Mei 2008, kandungan sedimen tersuspensi di perairan Delta Porong meningkat tajam dengan rata2 564mg/l.
 4. Korelasi yang rendah antara hasil di lapangan dengan perhitungan di citra menunjukkan bahwa algoritma yang dipakai kurang sesuai jika diterapkan dalam perhitungan kandungan sedimen tersuspensi di Delta Porong.

Saran

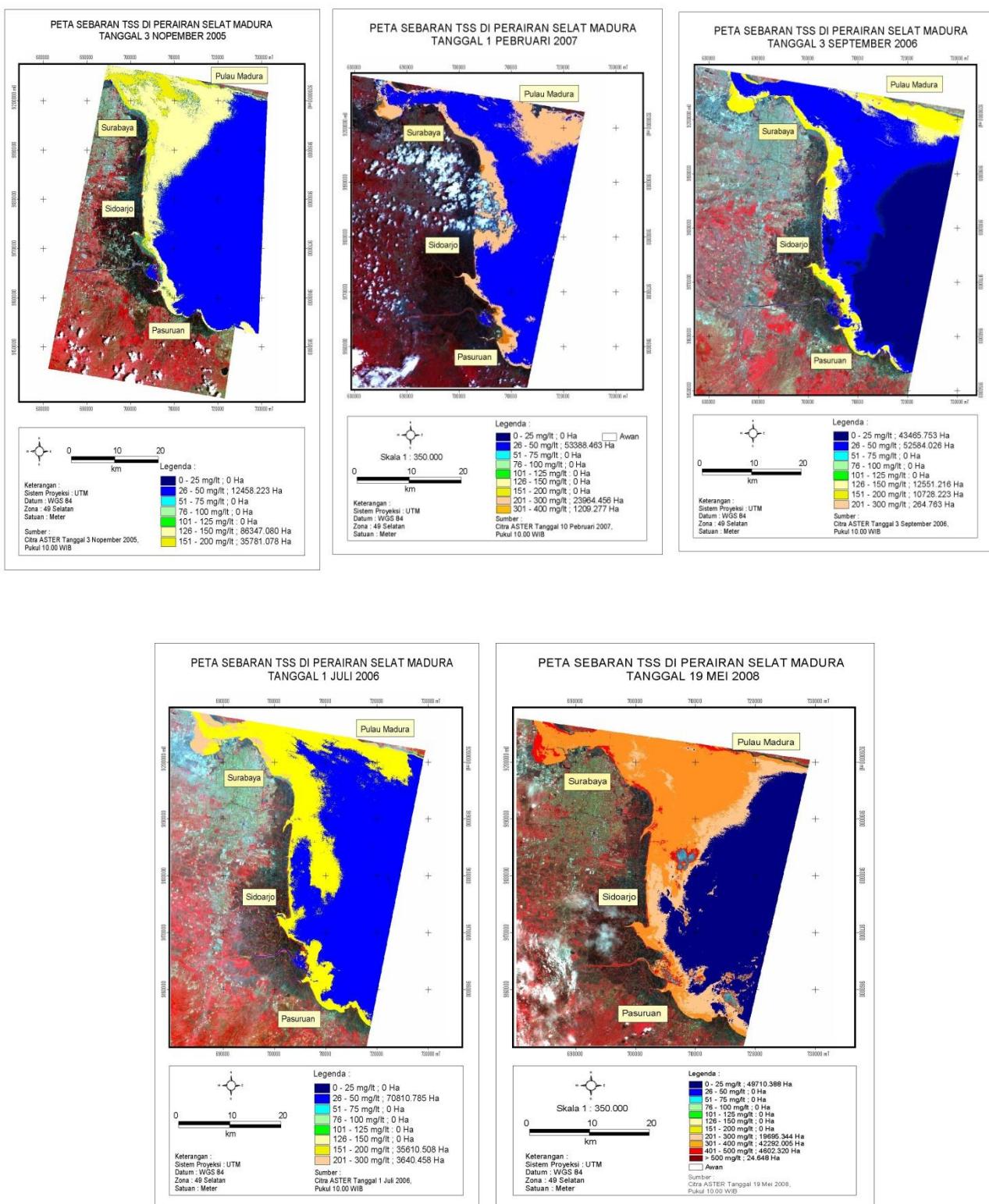
1. Penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan algorithma yang dapat digunakan dalam perhitungan kandungan sedimen tersuspensi di perairan berkarakteristik seperti Delta Porong.
2. Studi sedimentasi di laut sebaiknya juga ditunjang dengan studi erosi di daerah hulu (upstream) dan penghitungan pasokan sedimen dasar (bed load sediment) di setiap muara sungai yang bermuara ke laut tersebut, sehingga dapat diperoleh informasi pasokan sedimen (gr/hr) dari sungai ke laut.
3. Agar akurasi hasil penelitian lebih tinggi, sebaiknya waktu pengambilan sampel di lapangan bersamaan dengan waktu akuisisi data citra, jumlah sampel yang diambil di lapangan lebih banyak, dan koreksi radiometrik serta atmosferik citra dilakukan dengan benar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwulan, W dan T.W. Hobma, 2004. "Bio-optical Model for Mapping Spatial Distribution of Total Suspended Matter from Satellite Imagery". 3rd Regional Conference. Jakarta, Indonesia, Oktober 3-7.*
- Budiman, S., 2004. "Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta, Indonesia ". Master Thesis, Geo-Information Science ang Earth Observation, ITC, Enschede the Netherland.*
- Budiman, S., 2005. "Pemetaan Sebaran Total Suspended Matter (TSM) Menggunakan Data ASTER dengan Pendekatan Bio-Optical Model". Prosiding PIT MAPIN XIV 'Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa'. Jilid III, Teknologi Informasi Spasial, Surabaya.*
- Carolita, I., E. Parwati., B. Trisakti, T. Kartika, dan G. Nugroho, 2005. "Model Prediksi Perubahan Lingkungan Di Kawasan Perairan Segara Anakan". Prosiding PIT MAPIN XIV 'Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa'. Jilid III, Teknologi Informasi Spasial, Surabaya.*
- CRMP, 2001. "Kajian Erosi dan Sedimentasi di DAS Teluk Balikpapan Kalimantan Timur". Kelompok Kerja erosi dan sedimentasi CRMP, Jakarta.*
- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting. dan M.J. Sitepu, 2004. "Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu". Jakarta: PT. Pradnya Paramita, DKP, 2004.*
- Hendiarti, N., A. Darmawan, M. Frederick., R.A. Andiastuti, 2005. "Pemantauan Karakteristik Biologi Kimia Perairan Pulau Nipah dengan Data Satelit Inderaja dan Pengukuran In Situ". Prosiding PIT MAPIN XIV 'Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa'. Jilid III, Teknologi Informasi Spasial, Surabaya.*
- JPL NASA, 2002. "ASTER surface reflectance/radiance VNIR?SWIR product". Version 2.7, April 2002, California Institute of Technology.*
- Komar, P. D., 1976. "Beach Processes and Sedimentation". Englewood Cliffs, New York, Prentice – Hall.*
- Lillesand, T.M., R.W. Kiefer and J.W. Chipman, 2004. "Remote Sensing and Image Interpretation". John Wiley & Son, Inc. New York*
- Pettjohn, F. J. 1975. "Sedimentary Rocks". Harper and R Brother, New York.*
- Purwandhi, F.S.H., 2001. "Interpretasi Citra Digital". Grasindo, Jakarta.*



Gambar 3 Diagram alir penelitian



Gambar 4 Peta Sebaran TSS multi temporal