

STUDI PERUBAHAN MUATAN PADATAN TERSUSPENS (TSM) DI SELAT MADURA AKIBAT PEMBUANGAN LUMPUR LAPINDO

Irfan Samsul Arifin¹, Bangun Muljo Sukojo¹, Tubagus Solihuddin²

¹Program Studi Teknik Geomatika FTSP - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5929487 Fax 031-5929486

² Pusat Riset Wilayah Laut & Sumberdaya Non-Hayati Badan Riset Kelautan & Perikanan
Departemen Kelautan & Perikanan, Jakarta

ABSTRAK

Semburan Lumpur lapindo yang terjadi di Kecamatan Porong Kabupaten Sidoarjo yang kemudian dialirkan di kali porong yang bermuara di Selat Madura akan berpengaruh terhadap kondisi perairan di Selat Madura. Salah satunya Muatan Padatan Tersuspensi (TSM). Maka diperlukan pemantauan perubahan Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) di Selat Madura tersebut.

Dalam penelitian ini digunakan data citra ASTER Selat Madura tahun 2005, 2006, 2007 dan 2008. Metode yang digunakan adalah mengkonversi nilai Digital number ke dalam bentuk reflektansi dan memasukkan algoritma syarief budhiman sehingga nilai Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) dapat diketahui. Kemudian tahap selanjutnya adalah tahap klasifikasi dimana Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) tersebut terbagi dalam beberapa kelas yang tersebar di perairan Selat Madura Surabaya, Sidoarjo Dan Pasuruan.

Hasil penelitian menunjukkan perubahan muatan padatan tersuspensi (TSM) akibat pembuangan Lumpur Lapindo di Selat Madura sangat bervariasi dimana dari tahun 2005 sampai tahun 2008 nilai Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) terjadi penambahan dan penurunan dalam setiap kelasnya. Pada kelas 0-25 mg/l mengalami kenaikan dari 5029,350 Ha menjadi 16405,166 Ha, kelas 25-50 mg/l mengalami penurunan dari 13236,863 Ha menjadi 12461,497 Ha, kelas 50-75 mg/l mengalami kenaikan dari 18242,147 Ha menjadi 23082,983 Ha, kelas 75-100 mg/l mengalami penurunan dari 14696,356 Ha menjadi 2256,934 Ha Sedangkan kelas > 100 mg/l mengalami penurunan dari 5326,725 Ha menjadi 1066,536 Ha. Dari uji statistik menunjukkan bahwa Hubungan antara data citra dengan dua pengambilan data lapangan yang diambil dalam waktu yang berbeda mempunyai hubungan yang signifikan yaitu $R^2 = 52,1\%$ pada pengambilan data pertama dan $R^2 = 57,8\%$ pada pengambilan data yang kedua sedangkan untuk nilai RMS rata-rata sebesar 0,274 dan RMS total sebesar 3,286.

Kata Kunci : Muatan Padatan tersuspensi (TSM), ASTER, Selat Madura, Lumpur Lapindo

PENDAHULUAN

Semburan Lumpur lapindo yang terjadi di Kecamatan Porong Kabupaten Sidoarjo memaksa pemerintah untuk bertindak cepat agar luapan lumpur tidak terlalu banyak meluap di pemukiman penduduk. Salah satu diantaranya mengalirkan lumpur di kali porong yang bermuara di Selat Madura. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) sejak tahun 1995 telah memetakan kawasan Selat Madura ini menggunakan Kapal Peneliti Geomarin.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 20 parameter pencemar lingkungan air lumpur Porong (hasil Lab. PU Bina Marga) ternyata ada

parameter yang melebihi ambang batas baku mutu lingkungan (SK Gubernur Jatim No. 45/2002), salah satunya yaitu kandungan Muatan Padatan Tersuspensi (TSM). Massa Padatan Tersuspensi (TSM) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 μ m) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori 0.45 μ m.

Muatan Padatan Tersuspensi terdiri dari Lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik. Penyebab nilai Muatan Padatan Tersuspensi yang utama adalah kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Nilai Muatan Padatan Tersuspensi bila berlebih akan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis karena

bilaterus mengalir ke selat madura akan menyebabkan kedangkalan pada daerah selat madura tersebut. Kedangkalan tersebut menyebabkan perubahan pada sedimentasi dan berdampak pada perubahan garis pantai dan tutupan lahan pada daerah sepanjang muara Sungai Porong di Selat Madura.

Permasalahan yang muncul adalah bagaimana mengetahui perubahan Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) di Selat Madura sepanjang daerah perairan Surabaya, Sidoarjo dan Pasuruan sebelum adanya pembuangan lumpur lapindo dan setelah adanya pembuangan lumpur lapindo dengan citra ASTER.

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah suatu informasi persebaran Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) di selat madura sebelum adanya pembuangan lumpur lapindo dan setelah adanya pembuangan Lumpur Lapindo.

METODOLOGI PENELITIAN

Daerah penelitian secara administratif termasuk dalam wilayah Selat Madura Surabaya, Sidoarjo Dan Pasuruan. Secara geografis daerah studi terletak pada 7^o 7' 30" – 7^o 49' 00" LS dan 112^o 42' 00" – 112^o 52' 30" BT.

Data yang digunakan adalah:

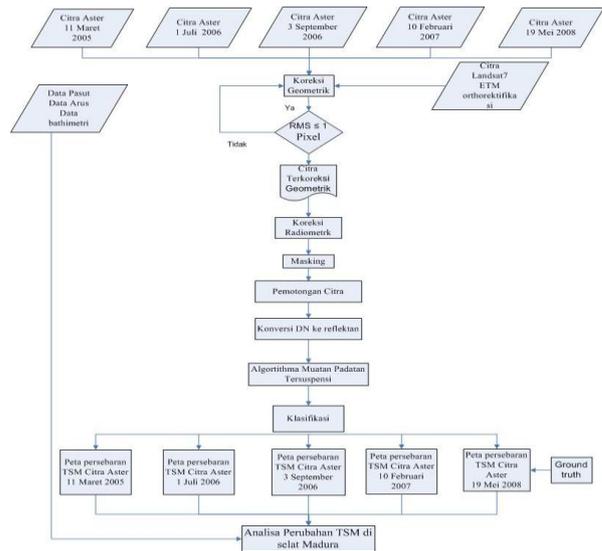
1. Citra ASTER Selat Madura level 1B resolusi 15 m akuisisi 11 Maret 2005, 1 Juli 2006, 3 September 2006, 10 Februari 2007, 19 Mei 2008.
2. Citra landsaat orthorektifikasi 14,25 m
3. Data pasang surut perairan selat Madura, sesuai dengan tanggal akuisisi citra satelit. Sumber Dishidros TNI-AL.
4. Data bathimetri perairan selat Madura, berdasarkan Peta LPI tahun 2002 terbitan BAKOSURTANAL.
5. Data arus pasang surut perairan selat Madura tahun 2005-2008. Sumber Dishidros TNI-AL.
6. Pola pergerakan arus pasut di Stasiun Surabaya 2005. Sumber PPK ITB dalam Suparka, E.

Peralatan yang digunakan adalah :

1. Perangkat komputer

2. Perangkat lunak ENVI 4.3
3. Perangkat lunak Err Mapper 7.0
4. Perangkat lunak Microsoft Windows XP
5. Perangkat lunak Arcview 3.3
6. Autocad Land Dekstop 2004
7. Perangkat Lunak Matlab 7.0
8. Perangkat lunak SPSS 13.0
9. Botol Nansen

Diagram Alir Pengolahan Data



Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Data TSM

1. Citra Aster yang digunakan yaitu terdiri dari 5 citra yang berbeda waktu dan perekamannya. Citra yang digunakan adalah citra ASTER VNIR selat madura level 1B resolusi 15 m akuisisi 11 Maret 2005, 1 Juli 2006, 3 September 2006, 10 Februari 2007, 19 Mei 2008.
2. Rotasi citra dimana nilai sudutnya dapat dibaca langsung pada header citra ASTER dimana pada tahap ini merupakan koreksi terhadap sudut inklinasi matahari dan arah sensor pada saat perekaman.
3. Koreksi geometrik menggunakan GCP yang didapatkan Citra landsaat 7 ETM ortho rektifikasi resolusi 14.25 m. Ini memenuhi ketelitian karena resolusi citra Aster band VNIR adalah 15 m.

4. Koreksi radiometrik diperlukan untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan pantulan atau pancaran spectral objek yang sebenarnya. Koreksi ini diasumsikan bahwa nilai piksel terendah pada suatu kerangka bukanlah 0, maka penambahan (*offset*) tersebut dipandang sebagai hasil dari hamburan atmosfer. Dengan kata lain, besarnya *offset* menunjukkan besarnya pengaruh gangguan oleh atmosfer. Formula atau coding yang digunakan untuk koreksi radiometrik ini adalah: $I1-RMIN(R1,I1)$.
5. Pemisahan laut dengan daratan bertujuan untuk memisahkan reflektansi gelombang yang ada di laut dengan yang ada di darat, sehingga dalam proses klasifikasi reflektan gelombang yang ada di darat tidak ikut terklasifikasi. Pemisahan dilakukan dengan terlebih dahulu membuat deliniasi vektoral perairan (laut) dalam bentuk poligon pada software Arc View 3.3 dengan extension Ecw. Selanjutnya pemisahan dengan mudah dilakukan dengan menggunakan *layer vector* pada software *Er Mapper 7.0*
6. Pemotongan citra untuk daerah penelitian agar penelitian lebih efektif sehingga sesuai dengan tujuan dan batasan permasalahannya.
7. Konversi dari DN ke radians kemudian ke reflektan. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan efek aerosol agar pengaruh perbedaan radiometrik antar waktu dan kondisi atmosfer dapat direduksi. Konversi ini juga bertujuan untuk menyamakan satuan nilai piksel pada citra dengan hasil pengukuran di lapangan dengan menggunakan spektrometer. Jika satuannya telah sama maka dapat diolah lebih lanjut dengan memasukkan algoritma syarief budhiman untuk muatan padatan tersuspensi.
8. Parameter kandungan TSM dari data ASTER diturunkan dari algoritma Budiman, S. (2004) yang merupakan hasil penelitiannya di perairan Delta Mahakam. Algoritma tersebut menggunakan nilai reflektan irradian (R(0-)) dari *band* merah sebagai input, tetapi pada

penelitian ini digunakan nilai reflektan *band* merah yang terkoreksi atmosferik.

$$TSM \text{ (mg/l)} = 8.1744 * \exp^{(23.738 * \text{band merah})}$$

dengan :

TSM = *total suspended matter*

R(0-) = reflektan irradian

A dan S merupakan variabel persamaan

9. Klasifikasi citra bertujuan untuk mengelompokan nilai muatan padatan tersuspensi ke dalam kelas tertentu. Algoritma yang digunakan untuk proses klasifikasi pada *tool formula editor* perangkat lunak *ER Mapper 7.0* adalah sebagai berikut :
10. " if i1>=0 and i1 <=25 then 1 else if i1>25 and i1<=50 then 2 else if i1>50 and i1<=75 then 3 else if i1>75 and i1<=100 then 4 else if i1>100 and i1<=1000 then 5 else null "
11. Groundtruth dilakukan untuk membandingkan dan menganalisa antara data citra akuisi terakhir dan kondisi data lapangan.
12. Membuat lay out peta persebaran muatan padatan tersuspensi dengan Arc View 3.3

HASIL DAN ANALISA

Koreksi geometrik ini didapatkan RMS rata-rata sebesar 0,274 dan RMS total sebesar 3,286.

Analisa Perubahan luasan Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) dari tahun 2005 – 2008

Tabel 1. Perubahan luas Muatan Padatan Tersuspensi dari tahun 2005 – 2008

TSM (mg/l)	11 Mrt 2005	1 Juli 2006	3 Sept 2006	10 Feb 2007	19 Mei 2008
0-25	5029,350	6951,551	2425,656	27177,464	16405,166
25-50	13236,863	782,416	12727,504	19536,829	12461,497
50-75	1824,147	8917,025	28150,655	5200,340	23082,983
75-100	14696,356	32147,639	8608,061	1286,534	2256,934
> 100	5326,725	7806,117	4692,838	629,428	1066,536

Berdasarkan tabel diatas konsentrasi muatan padatan tersuspensi di Selat Madura perairan

Surabaya, Sidoarjo dan Pasuruan mengalami perubahan yang bervariasi. Data citra 11 Maret 2005 – 1 Juli 2006 menunjukkan konsentrasi muatan padatan tersuspensi mengalami kenaikan yang sangat mencolok, hal tersebut dapat dilihat dari sebaran muatan padatan tersuspensi yang lebih terdistribusi pada kelas 1, 4 dan 5 sedangkan penurunan justru terjadi pada kelas yang memiliki 2 dan 3. Data citra 1 Juli 2006 – 3 september 2006 kenaikan terjadi pada kelas 2 dan 3 dan penurunan terjadi pada kelas 1, 4 dan 5. Data citra 3 september 2006 – 10 Pebruari 2007 kenaikan terjadi pada kelas yang terendah yaitu 1 dan 2 dan penurunan terjadi pada kelas 3, 4 dan 5. Sedangkan berdasarkan data citra 10 Pebruari 2007 – 19 Mei 2008 kenaikan terjadi pada kelas 3, 4 dan 5 dan penurunan terjadi pada kelas 1 dan 2.

Bervariatifnya perubahan muatan padatan tersuspensi (TSM) di selat madura daerah Surabaya, Sidoarjo dan Pasuruan banyak diakibatkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhinya. Berikut adalah faktor tersebut :

- Kondisi pasang surut air laut
- Arus pasang surut yang terjadi di sepanjang alur pelayaran perairan Selat Madura.
- Kontur bathimetri
- suspensi sedimen yang dibawa oleh arus

Analisa Data Lapangan

Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 14 Agustus 2008 dan 12 Juni 2009 di daerah selat madura perairan surabaya, Sidoarjo dan Pasuruan.

Tabel 2. Perbandingan nilai TSM citra ASTER dan TSM data lapangan 14 Agustus 2008

No.	Koordinat (X,Y)	TSM citra	TSM data lapangan
1	703191, 9189604	74	188
2	703748, 9188728	98	160
3	703023, 9179638	50	120
4	703635, 9173061	49	80
5	712774, 9162237	24	88
6	712121, 9167241	23	96
7	709273, 9171434	25	4
8	708149, 9176332	50	72
9	707965, 9181162	49	68
10	708296, 9186321	70	76
11	708748, 9191058	20	4

Berdasarkan hitungan statistik didapatkan bahwa hasil sebagai berikut : $R = 0,722$ yang artinya hubungan antara citra dan lapangan $72,2\%$ $R^2 = 0,521$ yang artinya variabel lapangan hanya mempengaruhi nilai citra sebesar $52,1\%$, sedangkan $47,9\%$ nya dipengaruhi oleh faktor lain sedangkan signifikan (F) kesalahan yang dimiliki data ini $0,12$ dengan alpha 5% permodelan yang digunakan signifikan. Persamaan regresi: $y = 0,321x + 20,460$.

Tabel 3. Perbandingan nilai TSM citra ASTER dan TSM data lapangan 12 Juni 2009

No.	Koordinat (X,Y)	TSM Citra	TSM data lapangan
1	703748, 9188728	98	360
2	703193, 9184662	75	280
3	702955, 9182173	72	288
4	703023, 9179638	50	172
5	703635, 9173061	49	156
6	704370, 9170182	74	116
7	709022, 9164091	48	124
8	712774, 9162237	24	52
9	712121, 9167241	23	52
10	708149, 9176332	50	100
11	707965, 9181162	49	88
12	708296, 9186321	70	60

Berdasarkan hitungan statistik didapatkan bahwa hasil sebagai berikut : $R = 0,760$ yang artinya hubungan antara citra dan lapangan 76% $R^2 = 0,578$ yang artinya variabel lapangan mempengaruhi nilai citra sebesar $57,8\%$, sedangkan $42,2\%$ nya dipengaruhi oleh faktor lain sedangkan signifikan (F) kesalahan yang dimiliki data ini $0,004$ dengan alpha 5% sehingga permodelan yang digunakan signifikan. Persamaan regresi: $y = 0,162x + 31,945$.

Perbedaan hubungan antara data citra dengan data lapangan di atas banyak di akibatkan beberapa faktor yaitu :

- Perbedaan waktu yang terlaui jauh antara akuisisi data citra yang digunakan dengan waktu pengambilan data lapangan.
- Kondisi iklim dan hidro oseanografi perairan antara akuisi citra dengan pada saat pengambilan data lapangan

- c. Perbedaan letak koordinat antara akuisisi citra dengan koordinat yang ada dilapangan
- d. Metode dalam pengambilan sampel data lapangan untuk muatan padatan tersuspensi idealnya pada posisi 3 kedalaman yaitu atas bawah dan tengah dengan kemampuan citra dalam mengintepretasikan muatan padatan tersuspensi.

KESIMPULAN

1. Perubahan muatan padatan tersuspensi (TSM) pada tahun 2005-2008 sangat bervariasi karena di setiap kelas dari muatan padatan tersuspensi tersebut ada yang mengalami kenaikan dan penurunan. Pada kelas 0-25 mg/l mengalami kenaikan dari 5029,350 Ha menjadi 16405,166Ha, kelas 25-50 mg/l mengalami penurunan dari 13236,863 Ha menjadi 12461,497 Ha, kelas 50-75 mg/l mengalami kenaikan dari 18242,147 Ha menjadi 23082,983 Ha, kelas 75-100 mg/l mengalami penurunan dari 14696,356 Ha menjadi 2256,934 Ha Sedangkan kelas > 100 mg/l mengalami penurunan dari 5326,725 Ha menjadi 1066,536 Ha.
2. Perubahan konsentrasi muatan padatan tersuspensi (TSM) di perairan dan pesisir Surabaya, Sidoarjo dan Pasuruan sangat terkait dengan adanya perbedaan musim antara masing-masing akuisisi citra, pasang surut air laut, arus yang dibangkitkan oleh pasang surut, kontur bathimetri dan sedimen yang dibawa arus.

Saran

1. Perlu adanya penelitian lanjut tentang studi mengenai perubahan muatan padatan tersuspensi (TSM) di selat madura untuk wilayah yang lebih luas semisal sampai Probolinggo.
2. Untuk mendapatkan validasi data lapangan sebaiknya dilakukan tidak terlalu jauh dari akuisi citra terakhir dan dikondisikan sama dengan akuisi citra yang digunakan sehingga didapat hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aster Science Team. 1996. ATBD for ASTER level 1 Data Processing, Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC).
- Abrams Michael and Hook Simon. *ASTER User Handbook*. Version 1. Jet Propulsion Laboratory. California.
- Abrams Michael and Hook Simon. *ASTER User Handbook*. Version 2. Jet Propulsion Laboratory. California.
- Budhiman, S. 2004. Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite image in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta Indonesia. ITC THE NETHERLANDS.
- Danoedoro, P. 1996. *Pengolahan Citra Digital*. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Estes, J. E. 1974. Imaging with Photographic and Nonphotographic Sensor System, In : Remote Sensing Tehciques for Environtmental Analysis, California Hamilton Publishing Compagny.
- Lillesand dan Kiefer. 1988. Penginderaan jauh dan Interpretasi Citra, Gajah Mada UniversityPress.
- Lindgren, D . T. 1985. Land use Planning and RemotE Sensing. Doldrecht : Martinus Nijhoff Publisher.
- Meuraah R, Cut. 2004. Penginderaan Jauh. <URLhttp://elcom.umy.ac.id/elschool/muallimin_muhammadiyah/file.php/1/materi/Geografi/PENGINDERAAN%20JA>. Dikunjungi pada tanggal 27 oktober 2008, Jam 02.00.
- Nugroho, D.A., 2008. *Identifikasi Tanaman Padi dengan Mengkonversi Data Radian dan Data reflektan pada Citra ASTER. Studi Kasus: Kabupaten Subang*. Surabaya: Tugas Akhir Program Studi Teknik Geomatika.
- Purwadhi, F.S.H. 2001. Intepretasi Citra Digital. Grasindo, Jakarta.
- Rajabidfard, Abbas, dan I. P. Williamson. 2000. Spatial Data Infrastructures Concept, SDIHierarchy and Future Directions. Melbourne, Victoria : Spatial Data Research Group, Department of Geomatics, TheUniversity of Melbourne.

Solihuddin, T. 2008. *Analisa Data Citra Satelit Multitemporal untuk Mengidentifikasi Dinamika Sedimen di Perairan Alur Barat Selat Madura*. Surabaya : Program Magister Penginderaan Jauh, Teknik Sipil, FTSP-ITS.

Sutanto. 1998. *Penginderaan jauh Jilid I*. Gajah Mada University : Fakultas Geografi.

Sulyantara D . H. 2003. *ASTER Sebagai Alternatif Pengganti Data Landsat7*.
 <URL://<http://www.lapanrs.com/YANSA/MAJLH/ind/YANSA--MAJLH--72--ind--laporanlengkap-ASTER-SEBAGAI-ALTERNATIF-PENGGANTI-LANDSAT-7.pdf>. Dikunjungi pada tanggal 21 Juli 2008, Jam 23.00.

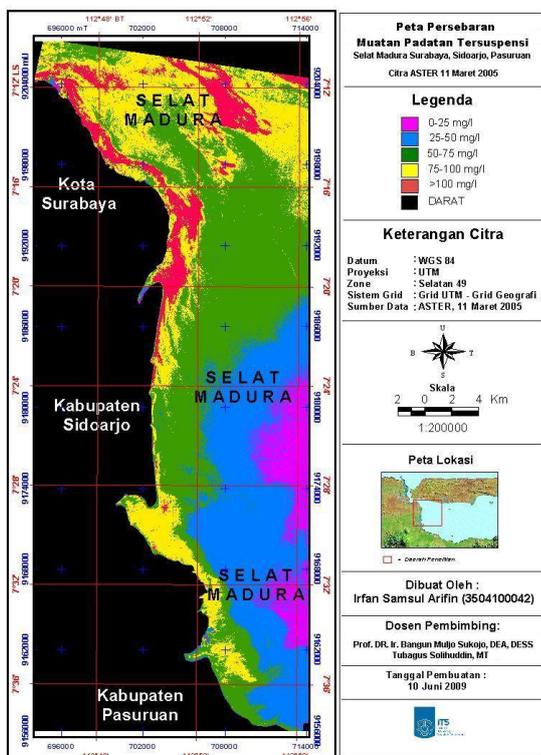
http://www.lapanrs.com/BINUS/SPARI/ind/BINUS--SPARI--61--ind--laplengkap--Laporan_pesisir.pdf. Di kunjungi pada tanggal 7 Juli 2008, Jam 23.00.

<http://hotmudflow.wordpress.com/2006/09/19/ment-eri-esdm-dukung-pembuangan-air-lumpur-ke-kali-porong>. Di kunjungi pada tanggal 7 Juli 2008, Jam 23.00.

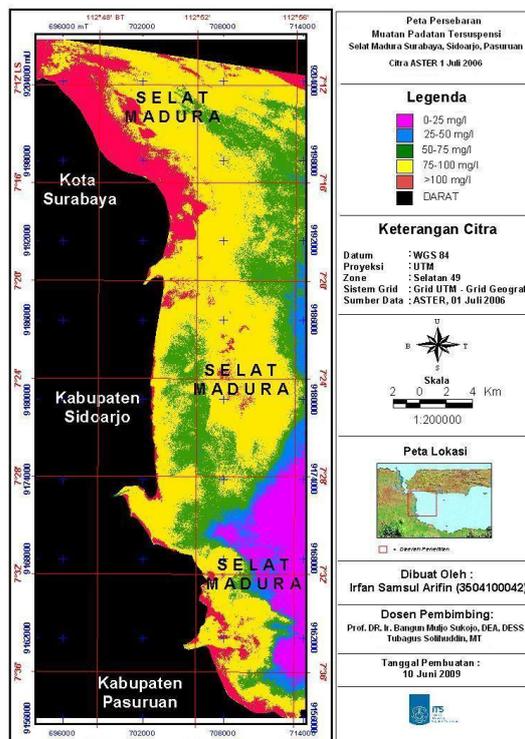
<http://journal.ui.ac.id/?hal=download&q=333>. Dikunjungi pada tanggal 2 Agustus 2008, Jam 23.00.

LAMPIRAN

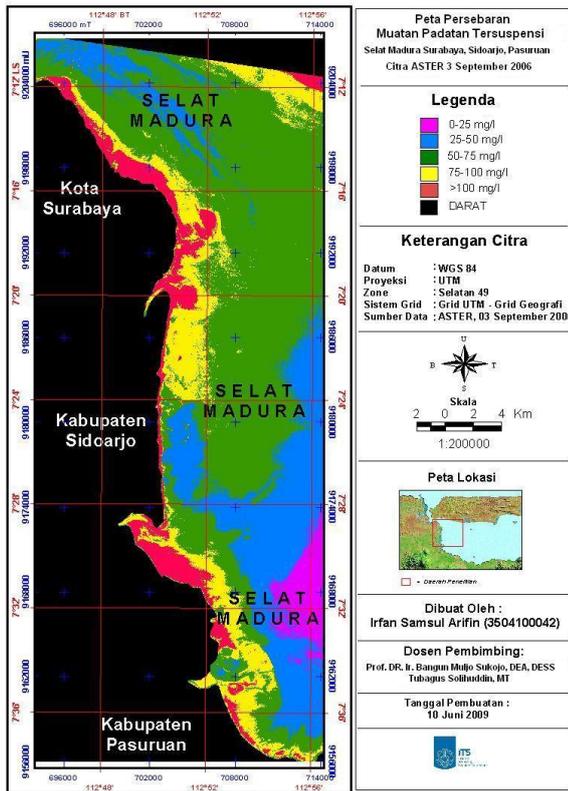
Peta Persebaran Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) 11 Maret 2005



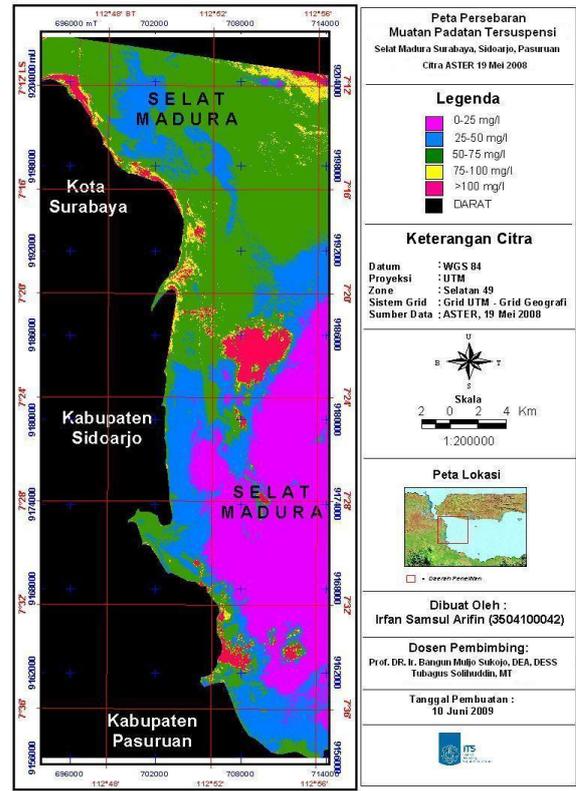
Peta Persebaran Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) 1 Juli 2006



Peta Persebaran Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) 3 September 2006



Peta Persebaran Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) 19 Mei 2008



Peta Persebaran Muatan Padatan Tersuspensi (TSM) 10 Februari 2007

