

STUDI DAMPAK PENCEMARAN LUMPUR SIDOARJO TERHADAP PERUBAHAN GARIS PANTAI SURABAYA – SIDOARJO

Agung Budi Cahyono¹, Bangun Muljo Sukojo¹, Chali Matussa Diyah¹, Hana Tazkiyatunnisa²

¹Program Studi Teknik Geomatika FTSP-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

²Jurusan Ilmu Kelautan, Univ. Diponegoro, Email : adinda_zn@yahoo.com

Abstrak

Sungai Porong merupakan bagian hilir dari aliran Sungai Brantas yang mengalirkan sedimen, secara alami maupun akibat kegiatan manusia. Termasuk pengaliran luapan lumpur Lapindo. Pada saat lumpur dialirkan menuju badan sungai dan mengalir ke muara, maka terjadi proses pencampuran dengan sedimen tersuspensi dari badan air laut. Dinamika perairan laut berpengaruh dalam proses pencampuran. Oleh karena itu diperlukan penelitian mengenai dampak proses ini dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh, yaitu dengan data citra satelit ALOS tahun 2009 dan 2010 serta citra satelit SPOT-4 tahun 2011. Dinamika yang terjadi di pantai Surabaya Timur sampai Sidoarjo sangat menarik untuk dikaji karena pengaruhnya yang sangat nyata terhadap pantai tersebut khususnya kondisi pantai sendiri dan umumnya terhadap kondisi lingkungan yang berdekatan dengan pantai. Hal ini dilakukan dengan mempelajari karakteristik angin bulanan dan tahunan yang terjadi kemudian melakukan peramalan gelombang yang terjadi dengan Metode SMB (Sverdrup, Monk and Bretschneider) untuk menghitung volume transpor sedimen.

Berdasarkan analisa sedimentasi yang terjadi pada tahun 2009 berkisar antara 0-175 mg/l. Sedangkan untuk tahun 2010 dan 2011 kisaran nilai TSS 0-200 mg/l. Untuk kisaran nilai kekeruhan pada wilayah perairan Surabaya – Sidoarjo berkisar antara 0 - 125 mg/l. Sebaran sedimentasi di sepanjang pantai Surabaya – Sidoarjo didominasi oleh nilai TSS 25-125 mg/l. Hal ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan algoritma yang digunakan dalam penentuan nilai TSS (Total Suspended Solid). Untuk analisa angin didapatkan angin yang terjadi di pantai Surabaya Timur dipengaruhi oleh perubahan musim yang terjadi. Hal ini terlihat pada saat musim barat terjadi. Angin pembangkit gelombang cukup dominan pada bulan Desember – Februari sementara itu pada musim timur angin dominan terjadi pada bulan Juni – Agustus. Tiupan angin berasal dari arah Timur, Timur Laut dan Barat. Jenis sedimen yang terdapat di Pantai Surabaya Timur sampai Sidoarjo digolongkan kedalam kategori pasir halus. Penentuan ini dilakukan menggunakan persentase dominan dari ukuran sedimen yang didapatkan serta dengan melihat grafik d50. Dampak adanya perubahan lahan yang mengakibatkan perubahan luas dipengaruhi oleh sedimentasi, pola angin serta pasang-surut.

Kata Kunci: Dinamika Pantai, Garis Pantai, Longshore Transpot, SPOT-4, ALOS/AVNIR-2

PENDAHULUAN

Sedimentasi merupakan proses pembentukan atau pengendapan sedimen. Proses sedimentasi umumnya terjadi pada daerah pantai yang mengalami erosi karena material pembentuk pantai terbawa arus ke tempat lain dan tidak kembali ke lokasi semula. Material yang terbawa arus tersebut akan mengendap di daerah yang lebih tenang, seperti muara sungai, teluk, pelabuhan, dan sebagainya, sehingga mengakibatkan sedimentasi di daerah tersebut

Pembuangan material lumpur Lapindo dalam jumlah yang besar dan terus menerus mengakibatkan terjadinya sedimentasi di Kali Porong, tidak menutup kemungkinan bahwa

adanya aliran lumpur Lapindo mengakibatkan material lumpur tidak banyak mengendap di sepanjang kali, tetapi mengendap di daerah muara Kali Porong. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Moko (2011) Berdasarkan hasil algoritma TSS, nilai kekeruhan yang dominan untuk area Surabaya- Sidoarjo adalah 0 – 200 mg/l, hal itu berarti perairan Surabaya – Sidoarjo memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi.

Untuk mengetahui besarnya perubahan – perubahan tersebut dapat digunakan teknologi penginderaan jauh yang berbasis citra satelit. Teknologi ini mampu memberikan informasi spasial dipermukaan bumi baik darat maupun laut secara signifikan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perubahan sedimentasi di pantai Surabaya – Sidoarjo yang disebabkan oleh adanya peristiwa Lumpur Lapindo dengan menggunakan citra satelit multitemporal.

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan Informasi mengenai sebaran sedimentasi di pantai Surabaya-Sidoarjo akibat adanya pembuangan lumpur Lapindo ke Kali Porong yang diharapkan dapat digunakan acuan dalam bidang perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir dan laut sekaligus sebagai prediksi besarnya sedimentasi untuk tahun-tahun selanjutnya.

Lokasi yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut



Gambar 1. Lokasi Penelitian

METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra satelit ALOS/AVNIR-2 tahun 2010 serta SPOT-4 tahun 2009 dan 2011, Citra satelit Landsat Ortho, Peta RBI area Surabaya dan Sidoarjo, Data pengukuran sampel air laut, Data pengukuran sedimen, Data Pasang surut, angin tahun 2011

Sedangkan peralatan yang dibutuhkan adalah Perangkat Lunak (*Software*), *ER Mapper 7.0*, *Matlab*, *ArcGIS 9.3*.

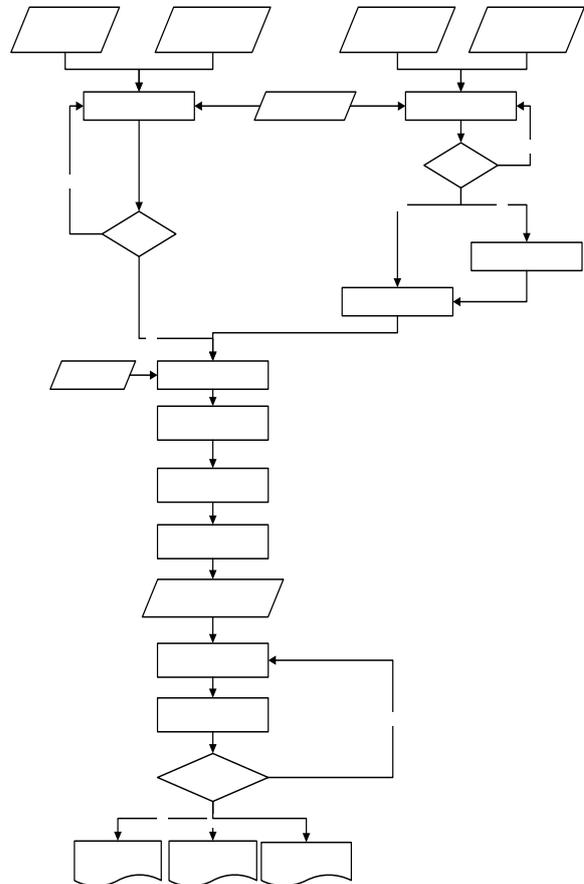
Peralatan Lapangan *Water Quality Checker* dan *GPS navigasi*

Pengolahan Data

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah

1. Tahap Identifikasi Masalah
2. Tahap Persiapan
3. Tahap Pengolahan dan Analisa Data
4. Tahap Akhir

Adapun untuk diagram alir tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koreksi Geometrik

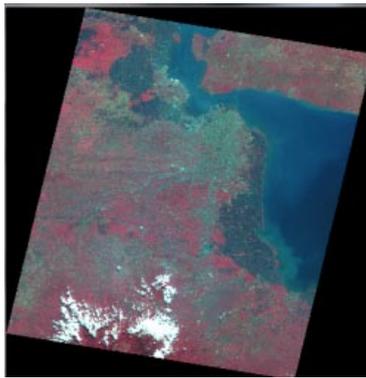
Berikut ini tabel hasil koreksi geometrik dan perhitungan *strength of figure (Sof)*.

Tabel 1. Hasil koreksi geometrik dan perhitungan Sof

Citra	Total RMSe	Rata-rata RMSe	Besar Sof
SPOT-4 Tahun 2009 path/row 297/364	4,159	0,231	0.094542997
SPOT-4 Tahun 2009 path/row 297/365	1,964	0,196	0.159583677
ALOS/AVNIR-2 Tahun 2010	3,243	0,344	0.195858059
SPOT-4 Tahun 2011 path/row 297/365	1,255	0,105	0.221721457

Penggabungan Citra (Mosaiking)

Penggabungan citra dilakukan pada citra satelit SPOT-4.



Gambar 2 Hasil penggabungan citra pada SPOT-4

Penerapan Algoritma TSS

Persamaan algoritma yang digunakan untuk mendapatkan nilai TSS (mg/l) adalah sebagai berikut :

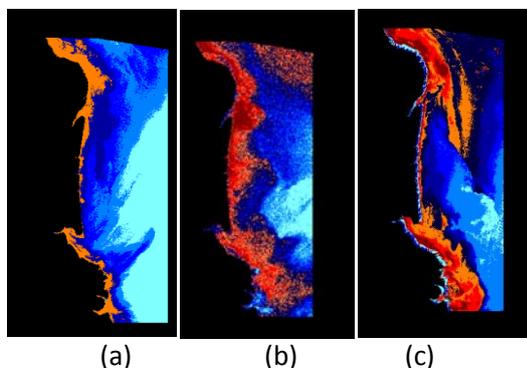
$$TSS(mg / L) = -1.315b_1 + 2.371b_2 - 0.791b_3 + 9.649$$

b_1 = Digital Numberband 1

b_2 = Digital Numberband 2

b_3 = Digital Numberband 3

Berikut ini peta sebaran kekeruhan air laut tahun 2009, 2010, dan 2011.



Gambar 3 Hasil peta sebaran kekeruhan air laut tahun 2009 (a), 2010 (b), 2011 (c)

HASIL DAN ANALISA

Analisa Hasil Algoritma

Nilai TSS dari hasil pengolahan data untuk tiaptahunnya dapat dilihat seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2. Perbandingan luasan kelas kekeruhan

Kelas	Keterangan TSS(mg/l)	Luasan (Ha)		
		2009	2010	2011
1	0-25	15887,96	3904,283	2413,320
2	25,001-50	10846,32	5415,19	8180,76
3	50,001-75	8807,04	6638,885	4336,04

Kelas	Keterangan TSS(mg/l)	Luasan (Ha)		
		2009	2010	2011
4	75,001-100	6479,92	6672,756	7204,32
5	100,001-125	4605,64	9817,178	11513,76
6	125,001-150		6774,754	6493,72
7	150,001-175		4984,514	4168,64
8	175,001-200		2373,943	2277,520

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil pengolahan citra bervariasi. Pada tahun 2009 berkisar antara 0-175 mg/l. Sedangkan untuk tahun 2010 dan 2011 kisaran nilai TSS 0-200 mg/l.

Kisaran nilai kekeruhan pada wilayah perairan Surabaya – Sidoarjo berkisar antara 0 - 125 mg/l. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Mayasari (2010), menjelaskan bahwa dari tahun 2003 ke 2009, persebaran kelas sedimentasi relatif tetap pada masing-masing kelas sedimentasi. Sebaran sedimentasi di sepanjang pantai Surabaya – Sidoarjo didominasi oleh nilai TSS 25-125 mg/l. Namun terdapat perbedaan hasil antar keduanya. Hal ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan algoritma yang digunakan dalam penentuan nilai TSS (*Total Suspended Solid*)

Analisa Hasil Ground Truth

Ground truth dilaksanakan dua periode, periode pertama pada tanggal 23 Juli 2011 di muara porong dan yang kedua dilaksanakan pada tanggal 27 Juli 2011 di Wonorejo. Berikut ini adalah tabel perbandingan hasil pengolahan citra SPOT-4 tahun 2011 dengan hasil pengukuran sampel air laut dengan menggunakan alat *Water Quality Checker*.

Sebagaimana ditunjukkan oleh tabel diatas, nilai TSS hasil yang diperoleh dari pengambilan sampel lapangan mempunyai nilai yang berbeda dengan nilai TSS dari hasil pengolahan citra. Adapun perbedaan tersebut antara lain dapat disebabkan karena perbedaan kondisi pada saat pengambilan data lapangan dengan kondisi pada saat pemotretan citra. Kondisi tersebut terkait dengan pasang surut, angin, dan musim.

Analisa Berdasarkan Musim

Sesuai data curah hujan dan pencatatan angin yang diperoleh dari BMKG stasiun Tanjung Perak, Surabaya, diketahui bahwa citra satelit yang digunakan berada pada satu musim yang sama dimana musim pada saat musim kemarau

pengaruh angin timur lebih dominan. Hal ini terjadi pada bulan Mei-Oktober. Angin pada bulan Juli didominasi oleh angin dari timur (Angin Timur). Kecepatan angin di daerah Surabaya berdasarkan data berkisar antara 0 hingga 12.5 m/detik.

Analisa Berdasarkan Pasang Surut

Pasang surut mempengaruhi tingkat kekeruhan air laut dan garis pantai. Jika pada kondisi pasang, maka distribusi air akan terjadi dari laut menuju sungai sehingga distribusi partikel - partikel tersuspensi juga mengalir dari laut menuju sungai, sedangkan jika saat kondisi surut maka akan terjadi aliran air dari sungai ke laut, sehingga material dan partikel tersuspensi juga akan mengalir dari sungai menuju laut.

Berdasarkan data pasang surut yang dikeluarkan oleh Dinas Hidrografi dan Oceanografi TNI AL (Dishidros), pada saat perekaman citra SPOT-4 21 Juli 2011 pukul 06.46, kondisi pasut pada saat itu sebesar 1,6 m, sedangkan pada saat ground truth, dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 3 Kondisi pasut saat *ground truth* pertama

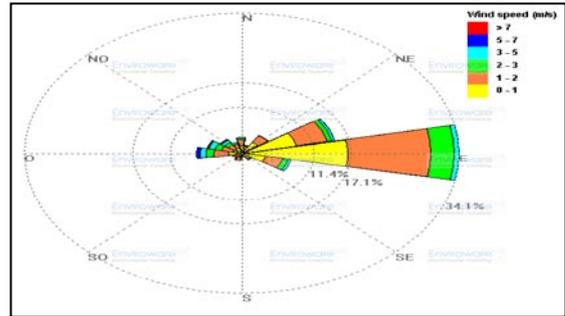
Tanggal	Waktu	Tinggi Pasut (m)
23 Juli 2011	10:00	1,4
	11:00	1,4
	12:00	1,4
	13:00	1,3
	14:00	1,3
	15:00	1,3

Tabel 4 Kondisi pasut saat *ground truth* kedua

Tanggal	Waktu	Tinggi Pasut (m)
27 Juli 2011	09:00	2,4
	10:00	2,2
	11:00	1,9
	12:00	1,6
	13:00	1,2

Pola Angin dan Peramalan Gelombang

Data angin yang diperoleh dari hasil pengolahan menunjukkan angin dominan bergerak dari arah Timur dengan kondisi angin relatif sedang. Sedangkan angin musiman didominasi oleh angin dari timur di semua musim kecuali musim barat. Kecepatan angin di daerah Surabaya berdasarkan data berkisar antara 0.5 – 7 m/detik. Tabel persentase kejadian angin dan *windrose* angin Surabaya tahun 2001 – 2011 dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4.

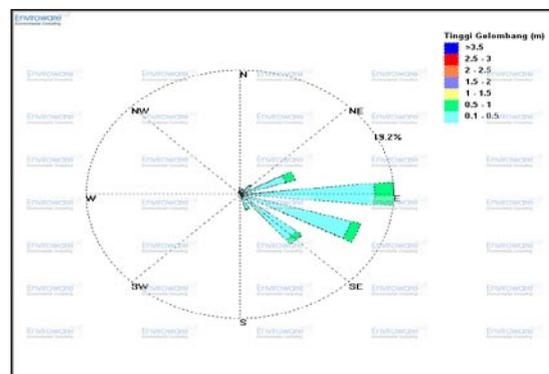


Gambar 4 Windrose Angin Surabaya Tahun 2001-2011

Tabel 5 Presentase kejadian angin Surabaya Tahun 2001 - 2011

No	Arah Angin	Kecepatan Angin (m/s)						Total	
		0.5 - 2.1	2.1 - 3.6	3.6 - 5.7	5.7 - 8.8	8.8 - 11.1	>= 11.1		
1	Utara	337.5	2.51898	2.564	1.625	0.143	0.006	0.000	10.063
2	Timur Laut	22.5	14441.14237	1.325	0.723	0.032	0.000	0.000	6.317
3	Timur	67.5	67.537.633	3.931	4.148	1.016	0.038	0.000	16.765
4	Tenggara	112.5	7.317	3.294	3.023	0.580	0.019	0.003	14.236
5	Selatan	157.5	6.435	0.937	0.503	0.045	0.013	0.000	7.932
6	Barat Daya	202.5	4.011	0.503	0.433	0.115	0.006	0.000	5.068
7	Barat	247.5	5.403	1.042	1.166	0.213	0.025	0.006	7.856
8	Barat Laut	292.5	4.243	1.526	1.360	0.376	0.019	0.003	7.527
	Kumulatif	45.002	15.122	12.981	2.520	0.127	0.013		75.765
				Calm					24.2355
				Total					100

Gelombang yang terjadi memiliki arah yang hampir sama dengan arah angin bertiup. Hal ini menunjukkan fenomena gelombang yang terjadi didominasi oleh angin (Widiantoro. *et al*, 1986). Gelombang yang terjadi secara umum berasal dari Timur dengan rata-rata tinggi gelombang 0,323 m dan periode rata-rata 2,07 detik (Gambar . Tinggi gelombang signifikan (Hs) dan periode gelombang signifikan (Ts) adalah 0,107 meter dan 0,69 detik (Gambar 4).



Gambar 6 Wave Rose data gelombang Tahun 2001- 2011

Berdasarkan peramalan yang telah dilakukan menggunakan Metode SMB, fluktuasi tinggi dan

periode gelombang di Pantai Pangandaran bernilai lebih tinggi pada saat peralihan dari musim barat ke musim timur dan dari musim timur ke musim barat.

Karakteristik Sedimen

Berdasarkan analisa butir yang dilakukan dengan metode Buchanan dalam Holme and McIntyre (1984) serta menggunakan metode penamaan sedimen berdasarkan Folk (1980) jenis sedimen yang terdapat didaerah pantai Surabaya Timur sampai Sidoarjo didominasi oleh pasir dengan butiran yang sangat halus dan teratur dengan nilai rerata ukuran butir (mean) dalam satuan ϕ (phi) sebesar 0.306 - 0.7083 (Tabel 2). Hal ini secara tidak langsung menunjukkan sedimen tersebut berasal dari jarak yang cukup jauh dan telah mengalami berbagai macam proses yang merubah struktur luar pasir tersebut.

Tabel 6. Data Ukuran Butir Sedimen

NO	Kode Stasiun	Koordinat Stasiun		D50	Nama Sedimen
		Bujur	Lintang		
1	St.1	706953	9162778	0.4041	Sand Fine
2	St.2	707505	9162046	0.1206	Sand Fine
3	St.3	707417	9162312	0.3677	Sand Fine
4	St.4	709156	9162710	0.3579	Sand Fine
5	St.5	709150	9163008	0.3240	Sand Fine
7	St.7	705322	9168642	0.3778	Sand Fine
8	St.8	705101	9168732	0.4662	Sand Fine
9	St.9	704782	9168932	0.4688	Sand Fine
10	St.10	704307	9169574	0.4176	Sand Fine
11	St.11	704208	9169706	0.3699	Sand Fine
12	St.12	704193	9169954	0.3408	Sand Fine
13	St.13	704118	9169754	0.1592	Sand Fine
14	St.16	704052	9271104	0.4022	Sand Fine
17	St.19	703431	9172546	0.4467	Sand Fine
18	St.20	704890	9185264	0.4067	Sand Fine
19	St.21	703608	9191302	0.3229	Sand Fine
20	St.22	703672	9189404	0.3510	Sand Fine
21	St.23	704056	9190700	0.3152	Sand Fine
22	St.24	703667	9188802	0.3981	Sand Fine

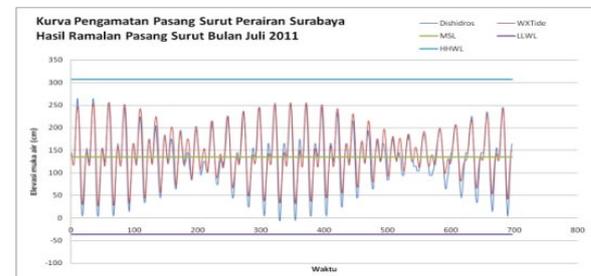
Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut yang diperoleh dari data peramalan pasang surut DISHIDROS (Dinas Hidro-Oseanografi) menghasilkan konstanta harmonik pasang surut yaitu M2, S2, K2, N2, K1, O1, P1, dan Q1 yang diperoleh dari hasil analisis komponen pasang surut melalui metode admiralti. Dari nilai-nilai tersebut diperoleh nilai Tinggi Muka Air Rata-rata (*Mean Sea Level*), Tinggi Muka Air Tertinggi (*Highest High Water Level*), Tinggi Muka Air Terendah (*Lowest Low Water Level*) pada masing – masing waktu perekaman citra seperti terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Parameter pasang surut pada waktu perekaman citra satelit

Parameter Pasang Surut	Waktu Perekaman Citra		
	ALOS 2009 (Agustus 2009)	ALOS 2010 (September 2010)	SPOT 2011 (Juli 2011)
MSL (cm)	135	135	135
HHWL (cm)	312	305	307
LLWL (cm)	-42	-35	-36

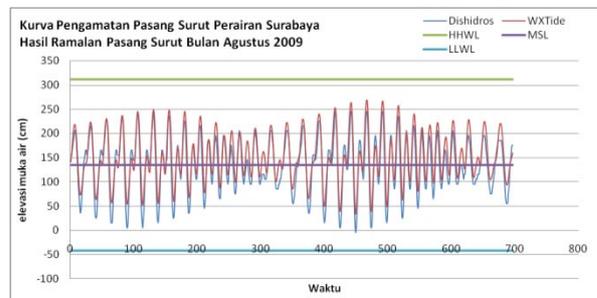
Dari data pasang surut diperoleh juga bilangan Formzahl sebesar 0,81 yang menunjukkan bahwa pasang surut di perairan daerah penelitian bertipe campuran condong ganda. Grafik pasang surut hasil pengukuran lapangan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Kurva Pengamatan Pasang Surut Bulan Juli 2011



Gambar 8 Kurva Pengamatan Pasang Surut Bulan September 2011



Gambar 9 Kurva Pengamatan Pasang Surut Bulan Agustus 2009

KESIMPULAN

Sedimentasi yang terjadi pada tahun 2009 berkisar antara 0-175 mg/l. Sedangkan untuk tahun 2010 dan 2011 kisaran nilai TSS 0-200 mg/l. Kisaran nilai kekeruhan pada wilayah perairan Surabaya – Sidoarjo berkisar antara 0 - 125 mg/l. Sebaran sedimentasi di sepanjang pantai Surabaya – Sidoarjo didominasi oleh nilai TSS 25-125 mg/l. Hal ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan algoritma yang digunakan dalam penentuan nilai TSS (*Total Suspended Solid*).

Angin yang terjadi di pantai Surabaya Timur dipengaruhi oleh perubahan musim yang terjadi. Hal ini terlihat pada saat musim barat terjadi. Angin pembangkit gelombang cukup dominan pada bulan Desember – Februari sementara itu pada musim timur angin dominan terjadi pada bulan Juni – Agustus. Tiupan angin berasal dari arah Timur, Timur Laut dan Barat. Jenis sedimen yang terdapat di Pantai Surabaya Timur sampai Sidoarjo digolongkan kedalam kategori pasir halus. Penentuan ini dilakukan menggunakan persentase dominan dari ukuran sedimen yang didapatkan serta dengan melihat grafik d50. Dampak adanya perubahan lahan yang mengakibatkan perubahan luas dipengaruhi oleh sedimentasi, pola angin serta pasang-surut.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada Press.
- Budiman, S. 2004. *Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Image in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta Indonesia*. ITC The Netherlands.
- Hermawan, G.I., dan Asai, K., 2008. *Study Of Suspended Sediment Distribution Using Numerical Model And Satellite Data In Benoa Bay-Bali*. International Journal Of Remote Sensing and Earth Sciences, 5:84-91
- Jensen, John R. 2003. *Remote Sensing of the Environment An Earth Resource Perspective*. Singapore: Pearson education
- Lillesand, T.M. dan Kiefer, R.W. 1990. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Willey&Son.Inc.
- Mayasari.R.2010. *Analisis Sedimentasi Pantai Surabaya-Sidoarjo Pasca Pembangunan Jembatan Suramadu dan Peristiwa Lapindo Menggunakan Citra Satelit SPOT-4*. Surabaya: Penelitian Program Studi Teknik Geomatika ITS.
- Setyawan, W.B. 2008. *Sedimentasi-Sedimen (Definisi)*. <URL <http://wahyuancol.wordpress.com>>. Dikunjungi pada 29 September 2009, jam 14.30 WIB.
- Solihuddin, T. 2008. *Analisa Data Satelit Multi Temporal untuk Mengidentifikasi Dinamika Sedimen di Perairan Alur Barat Selat Madura*. Surabaya : Tesis Program Master Bidang Keahlian Penginderaan Jauh Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Suprakto, B. 2006. *Studi Penentuan Kawasan Konservasi Mangrove dan Pengelolaannya di Pesisir Selatan Kabupaten Sampang*. Pascasarjana Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Susilowati, D. 1999. *Analisa Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Tingkat Pencemaran Di Wilayah Kali Surabaya Dengan Menggunakan Metode Penginderaan Jauh Dan SIG*. Pasca Sarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Widjiharti, E. 2000. *Studi Morfologi Garis Pantai dengan Menggunakan Teori Garis Tunggal (Single Line Theory) Studi Kasus Pantai Timur Sidoarjo*. Surabaya: Tesis Program Master Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Yuliati, E.A. 2010. *Analisa Perubahan Ekosistem Di Pantai Surabaya-Sidoarjo Pasca Pembangunan Jembatan Suramadu Dan Peristiwa Lapindo Dengan Citra Multitemporal* : Penelitian Program Studi Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.