



TUGAS AKHIR – MO 184804

**STUDI DAMPAK REKLAMASI DI KAWASAN MANYAR KABUPATEN
GRESIK TERHADAP POLA ARUS DAN TRANSPOR SEDIMEN**

Wenny Eka Putri

NRP. 04311240000120

Dosen Pembimbing :

Dr.Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 60111
2019**



TUGAS AKHIR – MO 184804

**STUDY OF RECLAMATION IMPACT IN MANYAR AREA OF GRESIK
DISTRICT ON CURRENT PATTERN AND SEDIMENT TRANSPORT**

Wenny Eka Putri

NRP. 04311240000120

Supervisors :

Dr.Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

**DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

2019

**STUDI DAMPAK REKLAMASI DI KAWASAN MANYAR KABUPATEN
GRESIK TERHADAP POLA ARUS DAN TRANSPOR SEDIMEN**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

WENNY EKA PUTRI NRP. 0431124000120

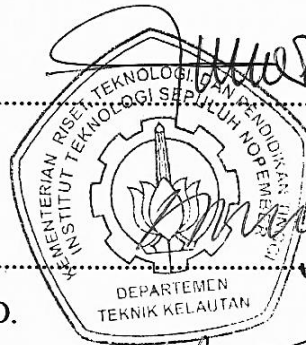
Disetujui oleh:

1. Dr.Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng. (Pembimbing 1)

[Handwritten signature]

2. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D. (Pembimbing 2)

3. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc. (Penguji 1)



4. Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D. (Penguji 2)

5. Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D. (Penguji 3)

[Handwritten signature]

Surabaya, Juli 2019

**STUDI DAMPAK REKLAMASI DI KAWASAN MANYAR KABUPATEN
GRESIK TERHADAP POLA ARUS DAN TRANSPOR SEDIMEN**

Nama : Wenny Eka Putri
NRP : 04311240000120
Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S. T., M. Eng.
Suntoyo, S. T., M. Eng., Ph. D.

ABSTRAK

Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE) adalah sebuah kawasan industri yang terintegrasi dengan pelabuhan dan kompleks perumahan. Pengembangan JIPE di kawasan Manyar, Gresik tersebut merupakan solusi terhadap tingginya tingkat arus bongkar muat di Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya. Dalam pembangunan pelabuhan, sedimentasi dan erosi merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan. Pada tugas akhir ini meneliti tentang perubahan pola arus, transpor sedimen, dan volume sedimentasi akibat reklamasi yang dimodelkan menggunakan *software* Delft3D. Reklamasi di kawasan Manyar menyebabkan perubahan pola arus di Selat Madura dan pengendapan sedimen terjadi di sekitar area tersebut. Transpor sedimen yang terjadi adalah *cross-shore sediment transport* dengan transpor sedimen pada kondisi eksisting yang berada di muara Kalimireng berkisar antara $7 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ sampai dengan $0.2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, sedangkan transpor sedimen untuk kondisi pasca reklamasi yang berada di muara Kalimireng berkisar antara $5.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ sampai dengan $0.24 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Untuk volume sedimentasi yang terjadi, pada DT 1 yang memiliki luas wilayah sebesar $58,400 \text{ m}^2$ mengalami sedimentasi sebanyak $4,510 \text{ m}^3/3$ bulan, DT 2 yang memiliki luas wilayah sebesar $12,400 \text{ m}^2$ mengalami sedimentasi sebanyak $2,078 \text{ m}^3/3$ bulan, dan pada DT 3 yang memiliki luas wilayah sebesar $17,900 \text{ m}^2$ mengalami sedimentasi sebanyak $3,121 \text{ m}^3/3$ bulan. Volume sedimentasi yang terjadi setelah adanya reklamasi cukup besar, terutama di daerah dekat muara sungai. Apabila hal

ini tidak ditanggulangi dengan benar, dikhawatirkan sedimen dapat menutupi muara sungai dan mengakibatkan terjadinya banjir di sekitar Sungai Kalimireng.

Kata kunci: Delft3D, *Java Integrated Industrial and Port Estate* (JIPE) Manyar Gresik, Pola Arus, Reklamasi, Transpor Sedimen.

STUDY OF RECLAMATION IMPACT IN MANYAR AREA OF GRESIK DISTRICT ON CURRENT PATTERN AND SEDIMENT TRANSPORT

Name : Wenny Eka Putri
NRP : 04311240000120
Department : Ocean Engineering, FTK-ITS
Supervisor : Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S. T., M. Eng.
Suntoyo, S. T., M. Eng., Ph. D.

ABSTRACT

Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE) is an industrial area integrated with ports and housing complexes. The development of JIPE in the Manyar area, Gresik is a solution to the high level of loading and unloading at Tanjung Perak Port, Surabaya. In port construction, sedimentation and erosion is one of the things that need to be considered. This final project examines changes in flow patterns, sediment transport, and sedimentation volume due to reclamation modeled using the Delft3D software. Reclamation in the Manyar area causes changes in the pattern of flows in the Madura Strait and sediment deposition occurs around the area. Sediment transport that occurs is cross-shore sediment transport with sediment transport in existing conditions in the Kalimireng estuary ranges from $7 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ to $0.2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, while sediment transport for post-reclamation conditions in the Kalimireng estuary ranges from $5.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ up to $0.24 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. For the sedimentation volume that occurs, in DT 1 which has an area of 58,400 m^2 experiencing sedimentation of 4,510 $\text{m}^3/3$ months, DT 2 which has an area of 12,400 m^2 experienced sedimentation as much as 2,078 $\text{m}^3/3$ months, and in DT 3 which has an area of 17,900 m^2 experiencing sedimentation 3,121 $\text{m}^3/3$ months. The volume of sedimentation that occurs after reclamation is quite large, especially in areas near the river mouth. If this is not properly addressed, it is feared that sediments can cover the river mouth and cause flooding around the Kalimireng River.

Keywords: Delft3D, Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE) Manyar Gresik, Current Pattern, Reclamation, Sediment Transport.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancer. Tugas Akhir ini berjudul “Studi Dampak Reklamasi di Kawasan Manyar Kabupaten Gresik terhadap Pola Arus dan Transpor Sedimen”.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Tugas Akhir ini membahas mengenai pola arus dan transpor sedimen di Kawasan Manyar, Gresik.

Disadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi materi maupun penyusunannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya saran atau masukan untuk perbaikan/penyusunan dalam pengembangan karya tulis ini di masa mendatang.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Surabaya, Juni 2019

Wenny Eka Putri

UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan, dorongan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua penulis yang selalu menyayangi, mendoakan, dan memberikan motivasi dan dukungan secara moral maupun material kepada penulis agar penulis mampu menyelesaikan perkuliahan tahap sarjana serta Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak Dr.Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing 1 penulis yang berkenan meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, memberikan masukan serta ilmu yang berguna dalam penyelesaian masa studi dan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Yulia Kurnia Putri, Ayu Sari Purwanti, dan Amaniatur Ula atas kebersamaan dalam segala canda, tawa, tangis, susah, dan senang yang telah dilalui bersama.
5. Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS, serta para dosen dan karyawan Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS.
6. Anggota Laboratorium Mekanika Tanah (Lab Mektan) Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS dan seluruh pihak yang telah membantu.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	5
2.2.1 Pengertian Reklamasi	5
2.2.2 Tipologi Kawasan Reklamasi Pantai	7
2.2.3 Tujuan Reklamasi Pantai	9
2.2.4 Manfaat dan Dampak Reklamasi Pantai	9
2.2.5 Ketentuan Pembangunan di Kawasan Reklamasi	10
2.2.6 Pasang Surut	12
2.2.7 Arus	15
2.2.8 Batimetri	15

2.2.9	Sedimentasi	16
2.2.10	Jenis-jenis Sedimentasi	17
2.2.11	Sedimen dan Sifatnya	21
2.2.12	Transpor Sedimen	25
2.2.13	Delft3D	27
2.2.13.1	Delft3D-FLOW	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		31
3.1	Metode Penelitian	31
3.2	Prosedur Penelitian	32
3.2.1	Studi Literatur	32
3.2.3	Pengumpulan Data	32
3.2.3	Pengolahan Data	33
3.2.4	Validasi	33
3.2.5	Pemodelan	33
3.2.6	Perbandingan antara Hasil Pemodelan Sebelum dan Setelah Reklamasi	34
3.2.7	Kesimpulan dan Saran	34
3.2.8	Penyusunan Laporan	34
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Tinjauan Daerah Studi	35
4.1.1	Geografis	35
4.1.2	Data Batimetri dan Batas Daratan	35
4.1.4	Data Pasang Surut	42
4.1.3	Data Angin	37
4.1.5	Data Arus	45
4.1.6	Data Sedimen	46
4.1.7	Simulasi Pemodelan dengan Delft3D-FLOW	46
4.1.7.1	Digitasi <i>Land Boundary</i>	47
4.1.7.2	Pembuatan <i>Grid</i>	47
4.1.7.3	Pemasukan Data Kedalaman	47
4.1.7.4	<i>Meshing</i>	48

4.1.7.5	<i>Description</i>	49
4.1.7.6	<i>Domain</i>	49
4.1.7.7	<i>Time Frame</i>	50
4.1.7.8	<i>Processes</i>	51
4.1.7.9	<i>Boundaries</i>	51
4.1.7.10	<i>Physical Parameters</i>	52
4.1.7.11	<i>Monitoring</i>	52
4.1.7.12	<i>Output</i>	53
4.2	Hasil Simulasi	54
4.2.1	Validasi Data Pasang Surut	54
4.2.2	Kondisi Arus	55
4.2.3	Kondisi Transpor Sedimen	58
4.2.4	Volume Sedimentasi	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kipas <i>Alluvial</i>	17
Gambar 2.2 Delta	18
Gambar 2.3 <i>Sand Dunes</i>	19
Gambar 2.4 <i>Spit</i>	20
Gambar 2.5 Tombolo	20
Gambar 2.6 Proses Pengendapan Sedimen Non-kohefif dan Kohefif	26
Gambar 2.7 Diagram Sistem pada Delft3D	27
Gambar 2.8 Sistem <i>Coordiante Spherical</i> dan Sistem <i>Coordinate Cartesian</i> ...	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Pengerjaan Laporan Tugas Akhir	32
Gambar 4.1 Lokasi Reklamasi di Kawasan Manyar, Gresik	35
Gambar 4.2 Peta Bathimetri Perairan Manyar, Gresik	36
Gambar 4.3 <i>Wind rose</i> Angin Maksimum Stasiun Perak I Tahun 2007-2011 .	41
Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Pasang Surut Perairan Kalimireng	42
Gambar 4.5 Grafik Pengamatan Pasang Surut Karang Jamuang	43
Gambar 4.6 Grafik Pengamatan Pasang Surut Surabaya	44
Gambar 4.7 Grafik Pengukuran Arus Di Laut (I)	45
Gambar 4.8 Grafik Pengukuran Arus Muara Sungai Kalimireng (II)	46
Gambar 4.9 <i>Meshing</i> Kondisi Eksisting	48
Gambar 4.10 <i>Meshing</i> Pasca Reklamasi	48
Gambar 4.11 <i>Toolbar Description</i>	49
Gambar 4.12 Desain <i>Layout</i> Reklamasi	49
Gambar 4.13 <i>Toolbar Time Frame</i>	50
Gambar 4.14 <i>Toolbar Processes</i>	51
Gambar 4.15 <i>Toolbar Boundaries</i>	52
Gambar 4.16 <i>Toolbar Physical Parameters</i>	52
Gambar 4.17 <i>Toolbar Monitoring</i>	53
Gambar 4.18 <i>Toolbar Output</i>	53
Gambar 4.19 Perbandingan Data Pengamatan Pasang Surut Karang Jamuang dan Pemodelan	54

Gambar 4.20 Perbandingan Data Pengamatan Pasang Surut Surabaya (Pelabuhan) dan Pemodelan	54
Gambar 4.21 Pola Arus Pasang Tertinggi Kondisi Eksisting	56
Gambar 4.22 Pola Arus Surut Terendah Kondisi Eksisting	56
Gambar 4.23 Pola Arus Pasang Tertinggi Pasca Reklamasi	57
Gambar 4.24 Pola Arus Surut Terendah Pasca Reklamasi	57
Gambar 4.25 <i>Total Transport</i> Kondisi Eksisting	58
Gambar 4.26 <i>Total Transport</i> Pasca Reklamasi	58
Gambar 4.27 Peletakan Daerah Tinjau	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komponen Harmonik Pasang Surut	14
Tabel 2.2	Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen	24
Tabel 4.1	Data Angin Maksimum Bulanan Stasiun Perak I Tahun 2007-2009	37
Tabel 4.2	Data Angin Maksimum Bulanan Stasiun Perak I Tahun 2010-2011	37
Tabel 4.3	Data Frekuensi Angin Maksimum Stasiun Perak I Tahun 2007	38
Tabel 4.4	Data Frekuensi Angin Maksimum Stasiun Perak I Tahun 2008	39
Tabel 4.5	Data Frekuensi Angin Maksimum Stasiun Perak I Tahun 2009	39
Tabel 4.6	Data Frekuensi Angin Maksimum Stasiun Perak I Tahun 2010	40
Tabel 4.7	Data Frekuensi Angin Maksimum Stasiun Perak I Tahun 2011	40
Tabel 4.8	Distribusi Kecepatan dan Arah Angin Maksimum Stasiun Perak I Tahun 2007-2011	41
Tabel 4.9	Komponen Konstanta Pasang Surut Perairan Kalimireng	43
Tabel 4.10	Data <i>Astronomical</i> Pasang Surut Karang Jamuang	44
Tabel 4.11	Data <i>Astronomical</i> Pasang Surut Surabaya (Pelabuhan)	44
Tabel 4.12	Volume Sedimen yang Terbentuk di Tiap-tiap Daerah Tinjau	60

DAFTAR LAMPIRAN

Data Pengamatan Pasang Surut Karang Jombang	A3
Data Pengamatan Pasang Surut Surabaya	A4
Data Pasang Surut Perairan Kalimareng	A5
Data Validasi Pasang Surut Karang Jombang	B3
Data Validasi Pasang Surut Surabaya	B13
Biodata Penulis	C3

BAB I

PENDAHULAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangunan merupakan suatu proses perubahan untuk meningkatkan taraf hidup manusia yang tidak terlepas dari aktivitas pemanfaatan sumber daya alam dan perubahan-perubahan pada ekosistem. Menurut Djainal (2005), perubahan-perubahan yang dilakukan tentunya akan memberi pengaruh pada lingkungan hidup. Di daerah perkotaan, persoalan lingkungan yang paling nampak adalah persoalan yang ditimbulkan oleh penggunaan lahan. Ada tiga penyebab utama antara lain; (1) faktor meningkatnya pertumbuhan penduduk baik secara alami (kelahiran) maupun perpindahan penduduk dari desa ke kota (urbanisasi), (2) faktor pembangunan yang senantiasa mendominasi daerah perkotaan, (3) faktor keterbatasan lahan perkotaan.

Dengan berkembangnya perekonomian Indonesia dan dalam rangka menjadikan Indonesia sebagai negara poros maritim dunia, tentu saja pelabuhan yang ada saat ini kurang memadai. Salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) bidang kepelabuhanan PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) atau yang disebut Pelindo III, saat ini sedang mengembangkan kawasan pelabuhan industri *Java Integrated Industrial and Port Estate* (JIPE) di Manyar, Gresik, Jawa Timur.

Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE) adalah sebuah kawasan industri yang terintegrasi dengan pelabuhan dan kompleks perumahan. Menurut pihak Pelindo III, pengembangan JIPE di kawasan Manyar, Gresik tersebut merupakan solusi terhadap tingginya tingkat arus bongkar muat di Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya. Dengan menyediakan layanan pelabuhan laut langsung ke kawasan industri, JIPE mampu meminimalkan biaya logistik yang biasanya terjadi ketika pelabuhan laut terletak jauh dari kawasan industri. JIPE juga memiliki fungsi sebagai pelabuhan multi layanan laut untuk melayani pengiriman, *container*, *general cargo*, mobil/kendaraan, curah kering cair.

JIPE dibangun di atas lahan seluas 2.933 hektar (ha) yang terbagi atas tiga zona. Di antaranya zona *residential estate* seluas 766 ha, *industrial estate* seluas 1.761 ha, dan *sea port estate* seluas 406 ha dengan melakukan reklamasi lahan seluas 550 ha. Area reklamasi tersebut berada di sekitar muara Sungai Kalimireng, yang mana hal ini dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya erosi dan sedimentasi. Terjadinya proses sedimentasi dan erosi dapat diakibatkan oleh pengaruh pola, angin, dan gelombang (Putra, 2010). Erosi dapat terjadi karena sedimen yang berasal dari pantai diangkut oleh *rip current* ke laut lepas sedangkan sedimentasi dapat terjadi akibat sedimen yang berasal dari laut lepas diangkut ke pantai oleh *mass transport* dan *longshore current* (Steady dan Fatturahman, 2007).

Penelitian dengan *software* Delft3D juga pernah dilakukan oleh oleh (Syarifullah, 2016) dengan judul “Perubahan Morfologi Profil Pantai Akibat Pengaruh *Cross-shore Sediment Transport*” dengan menggunakan *software* Delft3D. Hasil dari penelitian cross-shore dapat mempengaruhi perubahan profil pantai. Penelitian yang sama juga pernah dilakukan (Kurniawan, 2016) dengan judul “Analisa Laju Sedimentasi di Area Terminal LNG BP. Tangguh”. Dari penelitian tersebut, laju sedimentasi dapat diketahui sehingga dapat mengetahui volume sedimen. Dari 2 penelitian di atas didapatkan informasi tentang cara penggunaan *software* Delft3D dan juga dapat mengetahui pola arus, transpor sedimen, dan volume sedimentasi. Tentu saja dengan terjadinya sedimentasi/erosi, hal tersebut akan mengganggu alur pelayaran di Selat Madura. Di sisi lain, kebijakan reklamasi kawasan Manyar, Gresik juga dikhawatirkan akan meningkatkan lalu lintas air di selat Madura yang saat ini sudah mendekati kejenuhan.

Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai analisa pola arus dan transpor sedimen di kawasan Manyar, Gresik. Diharapkan dari analisa tersebut nantinya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dan acuan bagi pemerintah setempat maupun *investor*, jika terjadi erosi dan sedimentasi setelah akibat adanya reklamasi langkah apa yang harus dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pola arus yang terjadi di kawasan Manyar, Gresik sebelum dan setelah adanya reklamasi?
2. Bagaimana transpor sedimen dan berapa selisih volume sedimentasi sebelum dan setelah dilakukannya reklamasi di kawasan Manyar, Gresik?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pola arus yang terjadi di kawasan Manyar, Gresik sebelum dan setelah adanya reklamasi.
2. Mengetahui transpor sedimen dan selisih volume sedimentasi sebelum dan setelah dilakukannya reklamasi di kawasan Manyar, Gresik.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui pola arus, transpor sedimen, dan volume sedimentasi/erosi di kawasan reklamasi Manyar, Kabupaten Gresik. Sehingga dari data tersebut diharapkan dapat menjadi acuan untuk menentukan langkah-langkah pencegahan penanggulangan sedimentasi di kawasan Manyar, Gresik.

1.5 Batasan Masalah

Agar lebih memudahkan analisis dan dapat dicapai tujuan yang diharapkan, maka perlu diberikan batasan-batasan sebagai berikut.

1. Daerah yang akan ditinjau hanya pada sekitar lokasi JIPE Manyar, Gresik, Jawa Timur.
2. Data luas perencanaan reklamasi yaitu ± 550 ha.
3. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari instansi atau sumber-sumber lain yang ada di Indonesia.
4. Analisa yang dilakukan hanya mengacu pada data pasang surut, data batimetri, data angin, data arus sungai Kalimireng, dan data sedimen.
5. Analisa dilakukan dengan menggunakan *software Open Source Delft3D*.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada Bab Pendahuluan diterangkan berbagai hal yang dapat menyangkut penelitian yang menyangkut penelitian yang dilakukan yakni :

1. Hal-hal yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian.
2. Permasalahan yang ingin diselesaikan dengan mengerjakan penelitian.
3. Tujuan yang digunakan untuk menjawab permasalahan yang diangkat.
4. Manfaat yang diperoleh dari dilakukannya penelitian.
5. Hal-hal yang menjadi batasan dalam pengerjaan penelitian.
6. Penjelasan dari sistematika laporan yang digunakan dalam penelitian.

Bab Tinjauan Pustaka berisi tentang tinjauan pustaka apa saja yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir ini. Sehingga dasar-dasar teori, rumus-rumus, serta software yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini dicantumkan dalam bab ini.

Bab Metodologi Penelitian menerangkan tentang metode yang dipergunakan dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Bab Analisa dan Pembahasan berisi analisa yang dilakukan dalam tugas akhir ini, validasi, pengolahan dan pembahasan data hasil dari output pemodelan dilakukan pada bab ini.

Bab Kesimpulan dan Saran berisi kesimpulan dari tugas akhir hasil dari analisis dan pembahasan yang dilakukan serta saran-saran untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE) adalah sebuah kawasan industri yang terintegrasi dengan pelabuhan dan kompleks perumahan. JIPE dibangun di atas lahan seluas 2.933 hektar (ha) yang terbagi atas tiga zona. Di antaranya zona *residential estate* seluas 766 ha, *industrial estate* seluas 1.761 ha, dan *sea port estate* seluas 406 ha dengan melakukan reklamasi lahan seluas 550 ha. Area reklamasi tersebut berada di sekitar muara Sungai Kalimireng, yang mana hal ini dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya erosi dan sedimentasi.

(Pujiraharjo, dkk., 2013) dalam jurnalnya melakukan penelitian tentang “Studi Dampak Rencana Reklamasi di Teluk Lamong Propinsi Jawa Timur Terhadap Pola Arus Pasang Surut dan Angkutan Sedimen”. Dalam jurnal ini, (Pujiraharjo, dkk., 2013) mengkaji dampak dari rencana reklamasi terhadap perubahan pola arus pasang surut dan sedimentasi di Teluk Lamong. Simulasi numerik dilakukan dalam interval waktu 3 bulan. Untuk simulasi sedimen, Pujiraharjo, dkk.(2013), fokus pada pola sedimentasi di Teluk Lamong. Mengingat Selat Madura merupakan jalur pelayaran sebagaimana juga Teluk Lamong, untuk itu penulis akan melakukan kajian pola arus dan simulasi sedimen di perairan tersebut dengan *software* Delft3D sehingga diketahui seberapa besar volume sedimentasi yang terjadi pada daerah tersebut setelah adanya reklamasi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Reklamasi

Reklamasi memiliki beberapa pengertian. Secara bahasa, reklamasi berasal dari kosa kata dalam Bahasa Inggris, *to reclaim* yang artinya memperbaiki sesuatu yang rusak. Secara spesifik dalam *Oxford English Dictionary*, arti kata *reclaim* diterjemahkan sebagai membuat tanah dapat digunakan. Masih dalam kamus yang sama, disebutkan arti *reclamation* sebagai tindakan memperoleh tanah. Sementara menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), reklamasi adalah memperluas

tanah (pertanian) dengan memanfaatkan daerah yang semulanya tidak berguna (misalnya dengan menguruk daerah rawa-rawa).

Secara teori dalam ranah ilmu teknik pantai, reklamasi merupakan suatu pekerjaan/usaha memanfaatkan kawasan atau lahan yang relatif tidak berguna atau kosong dan berair menjadi lahan berguna dengan cara dikeringkan, misalnya di daerah rawa-rawa, kawasan pantai, di tengah sungai yang lebar, ataupun di danau.

Ada beberapa sumber yang mendefinisikan arti dari reklamasi yaitu sebagai berikut.

- a) Berdasarkan Pedoman Pengembangan Reklamasi Pantai dan Perencanaan Bangunan Pengamannya (2004), reklamasi pantai adalah meningkatkan sumber daya lahan dari yang kurang bermanfaat menjadi lebih bermanfaat ditinjau dari sudut lingkungan, kebutuhan masyarakat, dan nilai ekonomis.
- b) Menurut Pedoman Reklamasi di Wilayah Pesisir (2005), reklamasi merupakan kegiatan yang dilakukan oleh orang dalam rangka meningkatkan manfaat sumber daya lahan ditinjau dari sudut lingkungan dan social ekonomi dengan cara pengurugan, pengeringan lahan atau *drainase*.
- c) Menurut Perencanaan Kota (2013), reklamasi adalah usaha pengembangan daerah yang tidak atau kurang produktif (seperti rawa, baik rawa pasang surut maupun rawa pasang surut gambut, dan pantai) menjadi daerah produktif (perkebunan, pertanian, pemukiman, perluasan pelabuhan) dengan jalan menurunkan muka air genangan dengan membuat kanal-kanal, membuat tanggul/*polder*, dan memompa air keluar maupun dengan pengurugan.
- d) Menurut Pasal 1 ayat 23 Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan oleh orang dalam rangka meningkatkan manfaat sumber daya lahan ditinjau dari sudut lingkungan dan sosial ekonomi dengan cara pengurugan, pengeringan lahan atau *drainase* (misalnya dengan menguruk daerah rawa-rawa).
- e) Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 40/PRT/M Tahun 2007 tentang Penataan Ruang Kawasan Reklamasi Pantai, reklamasi merupakan kegiatan perluasan daerah pesisir pantai dengan cara menambahkan material ke daerah

yang akan diperluas ataupun dengan membuat dinding laut kemudian mengeringkan daerah yang akan diperluas sehingga terbentuk daerah pesisir pantai baru.

- f) Peraturan Menteri Perhubungan No. 52/PM Tahun 2011 menyebutkan bahwa reklamasi adalah pekerjaan timbunan di perairan atau pesisir yang mengubah garis pantai dan/atau kontur kedalaman perairan.

2.2.2 Tipologi Kawasan Reklamasi Pantai

Menurut Peraturan Menteri No. 40/PRT/M Tahun 2007 tentang Penataan Ruang Kawasan Reklamasi Pantai, kawasan reklamasi pantai secara umum dapat dibagi dalam beberapa tipologi sebagai berikut.

A. Tipologi Reklamasi Pantai Berdasarkan Fungsi

Kawasan reklamasi pantai berdasarkan fungsi dikelompokkan atas:

- 1) Kawasan perumahan dan pemukiman
- 2) Kawasan perdagangan dan jasa
- 3) Kawasan industri
- 4) Kawasan pariwisata
- 5) Kawasan ruang terbuka (publik, RTII lindung, RTII binaan, ruang terbuka tata air/biru)
- 6) Kawasan pelabuhan laut/penyeberangan
- 7) Kawasan bandar udara
- 8) Kawasan *mixed-use*
- 9) Kawasan pendidikan

B. Tipologi Kawasan Reklamasi Pantai Berdasarkan Luas

Kawasan reklamasi pantai berdasarkan luas dikelompokkan menjadi:

- a) Reklamasi besar

Kawasan reklamasi dengan luasan lebih dari 500 Ha.

- b) Reklamasi sedang

Kawasan reklamasi dengan luas 100 Ha sampai dengan 500 Ha.

- c) Reklamasi kecil

Kawasan reklamasi dengan luas di bawah 100 Ha.

C. Tipologi Kawasan Reklamasi Berdasarkan Bentuk Fisik

1) Menyambung dengan daratan

Berupa kawasan daratan lama yang berhubungan langsung dengan daratan baru. Pelaksanaan tipologi ini sebaiknya tidak diterapkan pada kawasan dengan karakteristik khusus seperti:

- a) Kawasan pemukiman nelayan
- b) Kawasan hutan *mangrove*
- c) Kawasan hutan pantai
- d) Kawasan perikanan tangkap
- e) Kawasan terumbu karang, padang lamun, biota laut yang dilindungi
- f) Kawasan larangan (rawan bencana)
- g) Kawasan taman laut

2) Terpisah dengan daratan

Kawasan reklamasi ini sebaiknya diterapkan pada kawasan-kawasan yang memiliki karakteristik khusus seperti disebutkan di atas. Tipologi ini memisahkan/*enclave* daratan lama yang berupa kawasan lindung/kawasan khusus dengan kawasan daratan baru dengan tujuan sebagai berikut.

- a) Menjaga keseimbangan tata air yang ada
- b) Menjaga kelestarian kawasan lindung (*mangrove*, pantai, hutan pantai)
- c) Mencegah terjadinya dampak/konflik sosial
- d) Menjaga dan menjauhkan kerusakan kawasan potensial (biota laut, perikanan, minyak)
- e) Menghindari kawasan rawan bencana

3) Gabungan 2 bentuk fisik (terpisah dan menyambung dengan daratan)

Tipologi reklamasi yang merupakan gabungan dua tipologi reklamasi yaitu gabungan dari tipologi terpisah dan menyambung dengan daratan.

2.2.3 Tujuan Reklamasi Pantai

Dalam perencanaan kota, reklamasi pantai merupakan salah satu langkah pemekaran kota. Reklamasi diamalkan oleh negara atau kota besar yang laju pertumbuhan lahannya meningkat demikian pesat tetapi mengalami kendala dengan keterbatasan lahan. Dengan kondisi tersebut, pemekaran kota ke arah daratan sudah tidak memungkinkan lagi, sehingga diperlukan daratan baru (Modul Terapan Perencanaan Tata Ruang Wilayah Reklamasi Pantai, halaman 16).

Sesuai dengan definisinya, tujuan utama reklamasi adalah menjadikan kawasan berair yang tak berguna atau kosong menjadi lahan yang lebih baik dan bermanfaat untuk berbagai keperluan ekonomi maupun untuk tujuan startegis lainnya. Kawasan baru tersebut biasanya dimanfaatkan untuk kawasan pemukiman, pertanian, bisnis dan pertokoan, perindustrian, serta tempat rekreasi (Ensiklopedi Nasional Indonesia, 1990). Sedangkan menurut Wagiu (2011), tujuan dari program reklamasi, yaitu:

- a) Untuk mendapatkan kembali tanah yang hilang akibat gelombang laut
- b) Untuk memperoleh tanah baru di kawasan depan garis pantai untuk mendirikan bangunan yang akan difungsikan sebagai benteng perlindungan garis pantai
- c) Untuk alasan ekonomis, pembangunan atau mendirikan konstruksi bangunan dalam skala yang lebih besar

2.2.4 Manfaat dan Dampak Reklamasi Pantai

Suatu kegiatan yang dilakukan oleh manusia pasti memiliki manfaat dan dampak pada sekelilingnya, begitu juga dengan kegiatan reklamasi pantai. Reklamasi mempunyai dampak positif sebagai daerah pemekaran kawasan dari lahan yang semula tidak berguna menjadi daerah bernilai ekonomis tinggi. Pembangunan kawasan komersial jelas akan mendatangkan banyak keuntungan ekonomi bagi wilayah yang bersangkutan. Asumsi yang digunakan di sini adalah semakin banyak kawasan komersial yang dibangun maka dengan sendirinya juga akan menambah Pendapatan Asli Daerah (PAD). Reklamasi memberikan keuntungan dan dapat membantu kota dalam rangka penyediaan lahan untuk berbagai keperluan (pemekaran kota), penataan daerah pantai, pengembangan wisata bahari, dan lain-lain. Namun perlu diingat pula bahwa bagaimanapun juga

reklamasi adalah bentuk campur tangan (intervensi) manusia terhadap keseimbangan lingkungan alamiah pantai yang selalu dalam keadaan seimbang dinamis sehingga apabila tidak diperhitungkan dengan matang akan melahirkan perubahan ekosistem seperti perubahan pola arus, erosi dan sedimentasi, serta berpotensi gangguan lingkungan.

Tidak hanya memberikan dampak terhadap lingkungan, reklamasi juga akan memberikan dampak pada sektor sosial budaya maupun ekonomi. Dampak sosial budaya yang ditimbulkan dengan adanya reklamasi diantaranya adalah kemungkinan terjadinya pelanggaran HAM (dalam pembebasan tanah), perubahan kebudayaan, konflik masyarakat, dan isolasi masyarakat. Sementara dampak ekonomi diantaranya berupa kerugian masyarakat, nelayan, petambak yang kehilangan mata pencahariannya akibat reklamasi tersebut.

Menurut Maskur (2008), untuk menilai dampak yang ditimbulkan dari pengadaaan reklamasi dibedakan dari tahapan yang dilaksanakan dalam proses reklamasi tersebut, yaitu:

a) Tahap Pra Konstruksi

Tahap ini meliputi kegiatan *survey* teknis dan lingkungan, pemetaan dan pembuatan pra rencana, perijinan, pembuatan rencana detail atau teknis.

b) Tahap Konstruksi

Tahap konstruksi berupa kegiatan mobilisasi tenaga kerja, pengambilan material urug, transportasi material urug, dan proses pengurukan.

c) Tahap Pasca Konstruksi

Tahap pasca konstruksi yaitu kegiatan demobilisasi peralatan dan tenaga kerja, pematangan lahan, dan pemeliharaan lahan.

2.2.5 Ketentuan Pembangunan di Kawasan Reklamasi

Menurut Modul Tata Ruang Kawasan Reklamasi Pantai (2008), pada dasarnya kegiatan reklamasi pantai dapat dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan pengembangan kawasan budidaya yang telah ada di sisi daratan dan merupakan bagian wilayah dari kawasan perkotaan yang cukup padat dan membutuhkan pengembangan wilayah daratan untuk mengakomodasikan

kebutuhan yang ada. Kawasan yang akan direklamasi khususnya di Indonesia, harus memiliki syarat-syarat sebagaimana telah diatur dalam Peraturan Menteri No. 40/PRT/M Tahun 2007 tentang Penataan Ruang Kawasan Reklamasi Pantai.

Setelah persyaratan tersebut telah terpenuhi, pelaksanaan reklamasi bisa dilakukan dengan langkah awal dalam perencanaan reklamasi (studi ataupun *detailed engineering design*), adalah melakukan *survey* atau kegiatan sebagai berikut.

- 1) *Survey* pengenalan lokasi proyek
- 2) *Survey* pasang-surut air laut, sungai, tinggi gelombang dan arus
- 3) *Survey* bathimetri (pengukuran kedalaman dasar laut)
- 4) *Survey* topografi (bila lokasi reklamasi bukan di laut)
- 5) Penyelidikan tanah
- 6) *Survey quarry* (sumber material reklamasi)
- 7) *Survey* harga satuan bahan dan upah kerja.

Adapun beberapa tujuan terhadap hasil yang diperoleh dari survei tersebut di atas, yaitu:

- 1) Menentukan tinggi (elevasi) permukaan rencana timbunan reklamasi (misal : + 4.00 m LWS).
- 2) Menentukan elevasi minimal permukaan tanggul sebagai *shore protection* (misal ; + 4.50 m LWS).
- 3) Menentukan bentuk atau *layout* kawasan reklamasi.
- 4) Menghitung besarnya tegangan atau beban yang bekerja pada tanah asli, *settlement* dan *sliding*.
- 5) Menghitung volume timbunan reklamasi.
- 6) Menghitung rencana anggaran biaya pelaksanaan fisik.
- 7) Dan lain-lain seperti fasilitas penunjang yang ada hubungannya dengan reklamasi.

2.2.6 Pasang Surut

Pasang surut laut adalah gerakan vertikal dari permukaan air laut yang terjadi secara periodik, dimana gerakan vertikal ini disebabkan oleh pengaruh gaya tarik benda-benda langit (terutama bulan dan matahari) terhadap bumi, gaya gravitasi bumi serta gaya sentripetal akibat adanya rotasi bumi. Pasang surut mempengaruhi elevasi tinggi gelombang yang membawa material sedimen dari dan menuju kearah pantai. Selain itu pasang surut juga berpengaruh pada kecepatan dan arah arus. Arus yang ditimbulkan oleh pasang surut cukup kuat untuk membawa material sedimen dalam jumlah yang cukup besar.

Dalam fenomena pasang surut, bulan memiliki pengaruh yang lebih kuat daripada matahari. Bulan memiliki gaya tarik lebih kuat terhadap bumi daripada gaya tarik matahari terhadap bumi. Hal ini dikarenakan letak bulan dari bumi lebih dekat daripada letak matahari dari bumi. Gerak revolusi bulan mengelilingi bumi menyebabkan posisi pasang surut berubah setiap waktu. Terdapat perbedaan waktu antara hari matahari (*solar day*) dan hari bulan (*lunar day*). Satu hari matahari adalah 24 jam, 0 menit, dan 0 detik. Satu hari bulan adalah 24 jam dan 50.47 menit. Perbedaan inilah yang menyebabkan waktu pasang tertinggi dan waktu surut terendah setiap hari bergeser 50.47 menit. Pergeseran ini dikenal sebagai variasi pasang surut harian. Secara umum pasang surut di suatu wilayah dapat dibedakan menjadi empat tipe, yaitu:

1. Pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*).

Pasang surut harian ganda yaitu pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan. Tipe pasang surut ini rata-rata adalah 12 jam 25 menit. Pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*) terjadi pada daerah yang berlokasi di ekuator bumi.

2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*).

Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan periode pasang surut 24 jam 50 menit. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*) terjadi di Selat Karimata.

3. Pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide prevelailing semidiurnal*)

tide).

Merupakan suatu pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari, namun tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal tide*) terjadi hampir di seluruh lokasi yang berada di belahan bumi bagian utara dan selatan.

4. Pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal tide*).

Mengingat elevasi di laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam perencanaan pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut.

1. Muka air tinggi (*high water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*mean high water level*, MHWL), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level*, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*mean sea level*, MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*lowest low water level*, LLWL), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
8. *Higher high water level*, adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
9. *Lower low water level*, adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

Ada banyak komponen pasang surut, akan tetapi yang memberikan dampak pengaruh yang signifikan hanya beberapa komponen. **Tabel 2.1** menunjukkan beberapa komponen pasang surut.

Tabel 2.1 Komponen Harmonik Pasang Surut (Triatmodjo 2009:89)

Jenis	NO	Simbol	Periode (jam)	Keterangan
Semi diurnal (ganda)	1.	M2	12.42	Bulan Utama
	2.	S2	12.00	Matahari
	3.	N2	12.66	Utama
	4.	K2	11.97	Elips Bulan Besar
Diurnal (Tunggal)	5.	K1	23.93	Matahari bulan
	6.	O1	25.82	Bulan utama
	7.	P1	24.07	Matahari utama
Long period (Periode panjang)	8	Mo	327.86	Bulan dua mingguan

Pada umumnya sifat pasang surut perairan ditentukan dengan menggunakan rumus Formzahl, yaitu:

$$F = K1+O1 / M2+S2$$

di mana nilai Formzahl :

- Jika $F = 0 - 0.25$; maka pasang surut bertipe ganda (*semidiurnal tide*)
- Jika $F = 0.26 - 1.50$; maka pasang surut bertipe campuran dengan tipe ganda yang menonjol (*mixed tide prevelailing semidiurnal tide*)
- Jika $F = 3.00$; maka pasang surut bertipe harian tunggal (*diurnal tide*)
- O1 = unsur pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- K1 = unsur pasang surut tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik matahari
- M2 = unsur pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- S2 = unsur pasang surut ganda yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

2.2.7 Arus

Arus laut dapat diartikan sebagai gerakan horizontal air laut. Namun dalam kondisi sebenarnya, arus tidak hanya bergerak ke arah horizontal karena ada juga

arus yang bergerak secara vertikal seperti proses *upwelling* dan *sinking*. Sehingga dapat dikatakan bahwa arus laut adalah gerakan massa air secara vertikal dan horizontal menuju kestabilan yang terjadi secara terus menerus. Gerakan yang terjadi merupakan hasil resultan dari berbagai macam gaya yang bekerja pada permukaan, kolom, dan dasar perairan. Hasil dari gerakan massa air berupa *vector* yang mempunyai besaran kecepatan dan arah. Terjadinya pergerakan arus laut dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang menyebabkan terjadinya arus yaitu perbedaan densitas air laut, gradien tekanan mendatar dan gesekan lapisan air. Sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhinya seperti gaya tarik matahari dan bulan yang dipengaruhi oleh tahanan dasar laut dan gaya *coriolis*, perbedaan tekanan udara, gaya gravitasi, gaya tektonik, dan angin.

Menurut letaknya, arus dibedakan menjadi dua yaitu arus atas dan arus bawah. Arus atas adalah arus yang bergerak di permukaan laut yang disebabkan oleh angin. Sedangkan arus bawah adalah arus yang bergerak di bawah permukaan laut. Ketika angin berhembus di laut, energi ditransfer dari angin ke batas permukaan, sebagian energi ini digunakan dalam pembentukan gelombang gravitasi permukaan, yang memberikan pergerakan air dari yang kecil ke arah perambatan gelombang sehingga terbentuklah arus dilaut. Semakin cepat kecepatan angin, semakin besar gaya gesekan yang bekerja pada permukaan laut, sehingga semakin besar arus permukaan. Kecepatan arus ini akan berkurang ketika kedalaman perairan bertambah dan pada akhirnya angin tidak berpengaruh.

2.2.8 Batimetri

Batimetri merupakan ilmu yang mempelajari kedalaman di bawah air dan studi tentang tiga dimensi lantai samudera atau danau. Sebuah peta batimetri umumnya menampilkan relief lantai atau daratan dengan garis-garis kontur (*contour lines*) yang disebut kontur kedalaman (*depth contours* atau *isobath*) dan dapat memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan. Peta batimetri sendiri dapat diartikan dengan peta yang menggambarkan bentuk konfigurasi dasar laut dinyatakan dengan angka-angka kedalaman dan garis-garis

kedalaman. Peta batimetri ini dapat divisualisasikan dalam tampilan 2 dimensi (2D) maupun 3 dimensi (3D). Peta batimetri sangat berguna pada saat melakukan pekerjaan di laut, seperti perencanaan bangunan pelindung pantai, studi tentang proses morfologi pantai, pembangunan pelabuhan dan lain-lain.

2.2.9 Sedimentasi

Ada beberapa sumber yang mendefinisikan sedimentasi antara lain sebagai berikut.

- a) Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), sedimentasi berupa pengendapan atau hal mengendapkan benda padat karena pengaruh gaya berat.
- b) Sedimentasi dapat diartikan sebagai proses terangkutnya/terbawanya sedimen oleh suatu limpasan/aliran air yang diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan airnya melambat atau terhenti seperti pada saluran sungai, waduk, danau maupun kawasan tepi teluk/laut (Arsyad, 1989).
- c) Pettijohn (1975) mendefinisikan sedimentasi sebagai proses pembentukan sedimen atau batuan sedimen yang diakibatkan oleh pengendapan dari material pembentuk atau asalnya pada suatu tempat yang disebut dengan lingkungan pengendapan berupa sungai, muara, danau, delta, estauria, laut dangkal sampai laut dalam.

Proses sedimentasi berkaitan erat dengan peristiwa erosi. Sedimentasi dapat terjadi jika massa zat yang mengangkut batuan atau tanah yang berasal dari peristiwa erosi mengalami penurunan kecepatan atau bahkan berhenti sama sekali. Banyaknya endapan sedimentasi hasil erosi menunjukkan tingkat sedimentasi yang tinggi. Sedimentasi menyebabkan jarak antara muka air dan muka endapan semakin pendek sehingga menimbulkan pendangkalan. Selanjutnya, semua hasil pelapukan material yang diendapkan melalui proses sedimentasi lama-kelamaan akan menjadi batuan sedimen.

2.2.10 Jenis-jenis Sedimentasi

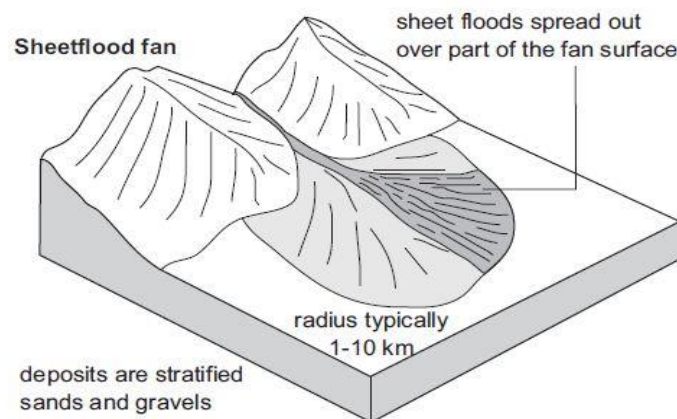
Berdasarkan penyebabnya, sedimentasi dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1) Sedimentasi Akuatis

Sedimentasi akuatis atau sedimentasi karena air sungai adalah proses pengendapan material yang terbawa oleh aliran air di tempat-tempat yang dilaluinya. Sedimentasi akuatis biasanya terjadi di daerah rendah, di sungai, dan di danau. Hal ini sesuai dengan sifat air yang mengalir dari tempat yang tinggi menuju tempat yang rendah. Proses sedimentasi ini biasanya mengakibatkan pendangkalan pada sungai maupun danau, sehingga rawan akan banjir. Berikut ini adalah beberapa bentang alam yang terbentuk karena adanya sedimentasi akuatis.

a) Kipas *alluvial* (*alluvial fan*)

Kipas *alluvial* terjadi karena sungai mengalami perubahan atau penurunan kekuatan arus sehingga mengalami perubahan kemiringan yang mengakibatkan material akhirnya terendapkan. Umumnya terjadi pada kaki pegunungan, di antara lembah curam dan sempit.



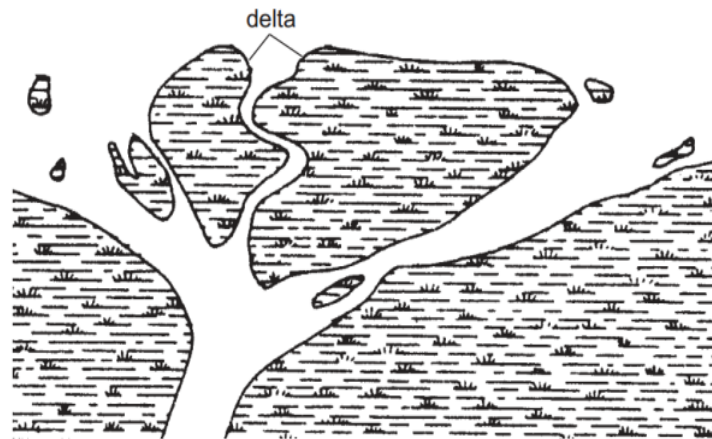
Gambar 2.1. Kipas *Alluvial*

Sumber: thekoist.wordpress.com

b) Delta

Delta adalah endapan pasir atau lumpur yang diendapkan oleh sungai pada bagian muara. Delta terjadi karena arus sungai yang semakin melambat saat mendekati muaranya, seperti danau, rawa, atau laut. Akibatnya, material yang terangkut oleh air sungai akan diendapkan di daerah tersebut, di mana semakin lama akan membentuk lapisan-lapisan sedimen. Lapisan-

lapisan sedimen itu kemudian membentuk suatu daratan luas yang mendekati muaranya.



Gambar 2.2. Delta

Sumber: detectivehaika.blogspot.com

2) Sedimentasi *Aeolis* atau *Aeris*

Sedimentasi *aeolis* atau *aeris* merupakan proses pengendapan suatu materi yang terbawa oleh angin. Contoh bentang alam hasil sedimentasi *aeolis* ialah *sund dunes*. *Sand dunes* atau gunduk pasir merupakan gundukan pasir atau bukit pasir yang terbentuk oleh endapan material pasir yang dibawa oleh angin. *Sand dunes* banyak dijumpai di daerah padang pasir atau di pantai berpasir.



Gambar 2.3. *Sand Dunes*

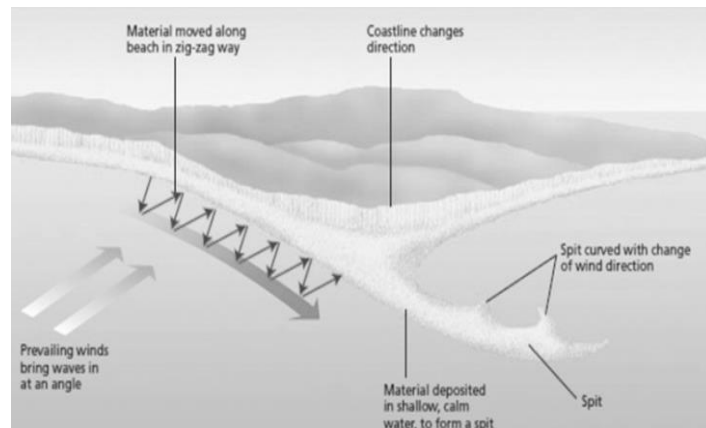
Sumber: science.howstuffworks.com

3) Sedimentasi *Marine*

Sedimentasi *marine* adalah proses pengendapan material yang terbawa oleh air laut. Adapun daerah yang termasuk dalam sedimentasi *marine* adalah laut dan tepi laut. Berikut ini adalah beberapa bentang alam hasil sedimentasi *marine*.

a) *Spit*

Arus pantai mengangkut material yang ada di sepanjang pantai. Jika terjadi perubahan arah, maka arus pantai akan tetap mengangkut material ke laut yang dalam. Ketika material masuk ke laut yang dalam, terjadi pengendapan material. Setelah sekian lama, material yang terakumulasi itu akan tampak ke permukaan laut. Akumulasi material itu disebut *spit*. Jika arus pantai terus berlanjut, *spit* akan semakin panjang.

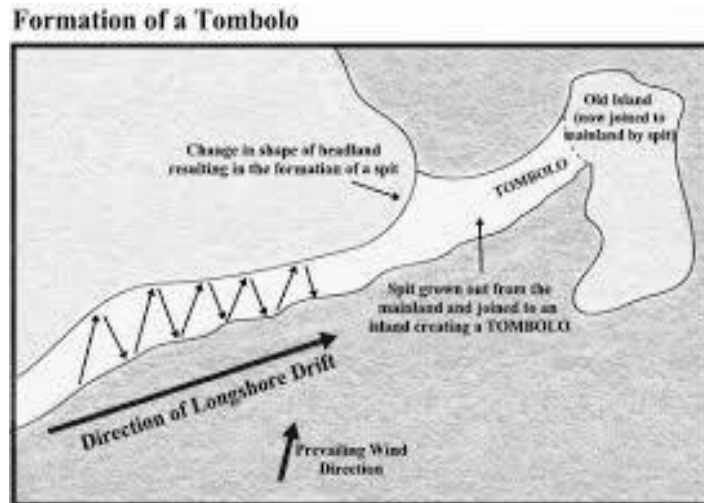


Gambar 2.4. *Spit*

Sumber: thinglink.com

b) Tombolo

Tombolo merupakan daratan yang menghubungkan antara pulau utama dengan pulau di sekitarnya. Jadi, tombolo merupakan kelanjutan dari *spit* yang memanjang ke pulau lain.



Gambar 2.5. Tombolo

Sumber: southwestcoastalgroup.org

c) Penghalang Pantai (*Barrier Beach*)

Penghalang pantai adalah *spit* yang terbentuk melewati teluk dan menyerupai tanggul di pantai.

2.2.11 Sedimen dan Sifatnya

Dalam kaitannya dengan sedimentasi, beberapa ahli mendefinisikan sedimen dalam beberapa pengertian yaitu sebagai berikut.

- a) Menurut Pipkin (1977), sedimen adalah pecahan, mineral, atau material organik yang ditransportkan dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air dan juga termasuk di dalamnya material yang diendapkan dari material yang melayang dalam air atau dalam bentuk larutan kimia.
- b) Gross (1990) mendefinisikan sedimen laut sebagai akumulasi dari mineral-mineral dan pecahan-pecahan batuan yang bercampur dengan hancuran cangkang dan tulang dari organisme laut serta beberapa partikel lain yang terbentuk melalui proses kimia yang berlangsung di laut.
- c) Secara geologi sedimen didefinisikan sebagai fragmen-fragmen material yang diendapkan oleh air atau angin.

Sedimen yang dijumpai di dasar lautan dapat berasal dari beberapa sumber yang menurut Reinick (1992), dibedakan menjadi empat, yaitu:

- 1) *Lithogeneous* sedimen, yaitu sedimen yang berasal dari erosi pantai dan material hasil erosi daerah *up land*. Material ini dapat sampai ke dasar laut melalui proses mekanik, yaitu terangkut oleh arus sungai dan/atau arus laut dan akan terendapkan jika energi telah melemah.
- 2) *Biogeneous* sedimen, yaitu sedimen yang bersumber dari sisa-sisa organisme yang hidup seperti cangkang dan rangka biota laut, serta bahan-bahan organik yang mengalami dekomposisi.
- 3) *Hydrogeneous* sedimen, yaitu sedimen yang terbentuk karena adanya reaksi kimia di dalam air laut dan membentuk partikel yang tidak larut dalam air laut sehingga akan tenggelam ke dasar laut. Sebagai contoh dari sedimen jenis ini adalah *magnetit*, *phosporit*, dan *glaukonit*.
- 4) *Cosmogeous* sedimen, yaitu sedimen yang berasal dari berbagai sumber dan masuk ke laut melalui jalur media udara/angin. Sedimen jenis ini dapat bersumber dari luar angkasa, aktivitas gunung berapi atau berbagai partikel darat yang terbawa angin. Material yang berasal dari luar angkasa merupakan sisa-sisa meteorit yang meledak di atmosfer dan jatuh di laut. Sedimen yang berasal dari letusan gunung berapi dapat berukuran halus berupa debu vulkanik atau berupa fragmen-fragmen aglomerat, sedangkan sedimen yang berasal dari partikel di darat dan terbawa angin banyak terjadi pada daerah kering di mana proses eolin dominan.

Sedimen yang terendap pada suatu daerah mempunyai beberapa manfaat bagi kehidupan, antara lain dapat digunakan sebagai bahan konstruksi, bahan *coastal restoration* dan sebagai tempat berkembang biak beberapa spesies air. Sedimen yang terlalu sedikit dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, hal ini terjadi di pantai Louisiana yang setiap tahun tergerus karena transpor sedimen yang berasal dari sungai Missisipi terlalu sedikit. Terlalu banyaknya sedimen juga dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan dan kerugian ekonomis, hal ini dapat dicontohkan pada pelabuhan yang mengalami sedimentasi dapat mengakibatkan

pendangkalan, kapal kesulitan keluar masuk kolam labuh, dan kapal harus mengurangi muatan agar tidak kandas (Mc.Anally, 2004).

Properti sedimen merupakan faktor penting dalam proses erosi dan sedimentasi, antara lain ukuran partikel dan distribusi butir, rapat massa, bentuk, kecepatan endap, dan tahanan terhadap erosi. Berikut ini adalah sedikit penjelasan dari sifat-sifat sediment:

a. Ukuran partikel sedimen

Ukuran partikel juga menunjukkan proses pengangkutan dan pengendapan material misalnya kemampuan air atau angin untuk memindahkan partikel. Ukuran partikel sangat penting dalam menentukan tingkat pengangkutan sedimen ukuran tertentu dan tempat sedimen tersebut terakumulasi di laut. Ukuran partikel sedimen dapat mempengaruhi besar atau kecilnya kemungkinan sedimen tersebut dapat mengalami erosi atau abrasi. Sehingga akan mempengaruhi terhadap proses transpor sedimen. Sedimen berdasarkan ukuran butir dapat diklasifikasikan menjadi lempung lumpur, pasir, kerikil, koral, dan batu. Material sangat halus seperti lumpur dan lempung yang merupakan sedimen kohesif (Achmad, 2011).

b. Rapat massa

Rapat massa adalah massa tiap satuan volume. Rapat massa sendiri mempunyai korelasi antara berat jenis dengan persamaan: $\gamma = \rho \cdot g$ dimana persamaan ini merupakan fungsi dari komposisi mineral. Untuk sedimen kohesif rapat massa sedimen tergantung pada konsentrasi endapan dan konsentrasi konsolidasi endapan yang dipengaruhi oleh waktu konsolidasi. Di samping itu juga ada rapat relatif yang merupakan perbandingan antara rapat massa suatu zat dengan rapat massa air 4^0 . Rapat massa air pada temperatur tersebut yakni 1000 kg/m^3 .

c. Kecepatan endap

Kecepatan endap merupakan kecepatan yang diperlukan oleh partikel sedimen untuk dapat terdeposisi di dasar sungai. Konsentrasi sangat mempengaruhi kecepatan endap, semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi

pula kecepatan endapnya. Untuk sedimen non kohesif, kecepatan endap dihitung dengan rumus stokes yang tergantung pada rapat massa sedimen, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel sedimen. Untuk sedimen jenis ini kecepatan endap dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti salinitas, konsentrasi sedimen suspensi dan diameter partikel. Konsentrasi sedimen suspensi merupakan parameter paling penting dalam proses flokulasi, yaitu fenomena dimana resultan gaya permukaan yang bekerja pada partikel sedimen adalah dominan gaya tarik, maka partikel akan berkumpul dan membentuk kumpulan sedimen yang disebut flokon dengan dimensi yang lebih besar dari pada partikel sedimen individu.

Sedimen dasar dapat diolah dengan metode pengayakan (APHA 2005; Wibisono 2005). Prosentase dari berat total yang tertinggal di ayakan dan ukuran butir dapat ditampilkan dalam grafik histogram. Hasilnya adalah distribusi asimetris dengan prosentase yang besar adalah sedimen dengan ukuran butir halus, dari diameter rata-rata. Diameter rata-rata adalah ukuran yang berhubungan dengan nilai tengah dari area di bawah kurva distribusi frekuensi ukuran butir sedimen. Kurva tersebut sangat berguna untuk mengetahui keberadaan dari beberapa jenis dalam campuran sedimen. Kurva kumulatif menampilkan kumulatif dari prosentase dari partikel halus (Dyer 1986; Blott dan Pye 2001). Nilai yang diberikan pada persentil ke-50 (D50) adalah median dari ukuran butir.

Tabel 2.2. Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen (Dyer 1986; Blott dan Pye 2001)

Skala Wentworth		Diameter partikel		
		phi (ϕ)	mm	μm
Batu besar	Sangat besar	- 11	2048	
	Besar	- 10	1024	
	Medium	- 9	512	
	Kecil	- 8	256	
Batu bulat	Besar	- 7	128	
	Kecil	- 6	64	
Batu kerikil	Sangat kasar	- 5	32	
	Kasar	- 4	16	
	Medium	- 3	8	
	Halus	- 2	4	
Granula	Sangat halus	- 1	2	
	Sangat kasar	+ 0	1	1000
Pasir (Sand)	Kasar	+ 1	½	500
	Medium	+ 2	¼	250
	Halus	+ 3	1/8	125
	Sangat halus	+ 4	1/16	62,5
Lanau (Silt)	Kasar	+ 5	1/32	31,3
	Medium	+ 6	1/64	15,6
	Halus	+ 7	1/128	7,8
	Sangat halus	+ 8	1/256	3,9
Lempung (Clay)	Kasar	+ 9	1/256	1,95
	Medium	+ 10	1/1024	0,98
	Halus	+ 11		0,49
	Sangat halus	+ 12	1/4096	0,24
	Koloid			

Menurut Effendi (2012), faktor yang dapat mengubah pola sebaran dan komposisi sedimen adalah sebagai berikut.

- Produktivitas air laut
- Pergerakan geologi dasar laut (mengubah ukuran dan bentuk, sebaran longitudinal, pola sirkulasi arus, dan kedalaman)
- Variasi iklim global

2.2.12 Transpor Sedimen

Transpor sedimen merupakan perpindahan material sedimen dari suatu tempat tertentu ke tempat lainnya. Perpindahan ini berupa penambahan (*inflow*) atau pengurangan material (*outflow*). Jika *outflow* lebih banyak daripada *inflow*

maka akan terjadi erosi dan sebaliknya jika *outflow* lebih sedikit dibandingkan dengan *inflow* maka terjadi proses akresi. Selanjutnya transpor sedimen terjadi dalam tiga tahapan, yaitu teraduknya material kohesif dari dasar laut hingga tersuspensi atau lepasnya material non kohesif dari dasar laut, perpindahan material secara horisontal serta pengendapan.

Menurut Van Rijn (1993) transpor sedimen di lingkungan pantai dipengaruhi oleh kombinasi faktor-faktor hidrodinamik seperti angin, gelombang dan arus. Sedangkan menurut Triadmodjo (1999) transpor sedimen secara fisik dipengaruhi oleh interaksi antara pasang surut, angin, arus, gelombang, jenis dan ukuran sedimen, serta adanya bangunan di daerah pantai (*litoral zone*). Secara umum tahapan proses transpor sedimen dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Teraduknya material kohesif dari dasar hingga tersuspensi, atau lepasnya material non kohesif dari dasar laut.
- b. Perpindahan material secara horizontal.
- c. Pengendapan kembali partikel/material sedimen tersebut.

Transpor sedimen pantai dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu:

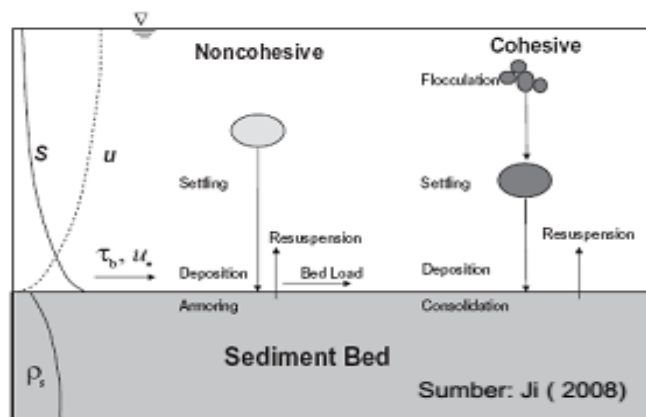
1. Transpor sedimen menuju dan meninggalkan pantai (*Cross-shore Sediment Transport*)

Disebut juga *onshore-offshore sediment transport* yaitu angkutan sedimen yang tegak lurus dengan garis pantai, dipengaruhi oleh gelombang, ukuran butir material, kemiringan pantai, hal ini sering dikaitkan dengan *storm waves*. Untuk daerah pantai yang memiliki *tidal range* yang tinggi dengan kemiringan pantai yang kecil akan mempertimbangkan volume sedimen yang dipindahkan oleh aliran arus menuju dan meninggalkan pantai selama pasang surut.

2. Transpor sedimen sepanjang pantai (*Long-shore Sediment Transport*)

Longshore sediment transport adalah angkutan pasir sepanjang pantai. Terjadi apabila pasir terangkat oleh turbulensi yang disebabkan oleh gelombang pecah, hal ini dipengaruhi oleh gelombang ataupun arus pasang surut. Transpor sedimen sejajar dengan pantai dipengaruhi oleh arah gelombang dan sudut *wave crest* dengan garis pantai. *Longshore sediment transport* dapat menyebabkan terjadinya erosi dan akresi. Terdapat dua jenis sedimen yang ditransportasikan yaitu kohesif dan non kohesif.

Sediment transport cohesive sering dinamakan *suspended load transport* karena sifatnya yang melayang di air, sedangkan non kohesif dinamakan *bed load transport*. *Suspended load* terjadi ketika kecepatan partikel horizontal lebih besar daripada kecepatan endap partikel sehingga partikel sedimen terangkat dan mengikuti aliran turbulensi. Konsentrasi sedimen yang tersuspensi dinyatakan dalam volume partikel (m^3)/volume fluida (m^3) atau massa (kg) per unit volume (m^3). Kecepatan endap material non kohesif seperti pasir dipengaruhi oleh rapat massa dan air, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel. Sedangkan untuk sedimen kohesif, kecepatan endap dipengaruhi oleh konsentrasi sedimen suspensi, salinitas, dan diameter partikel.



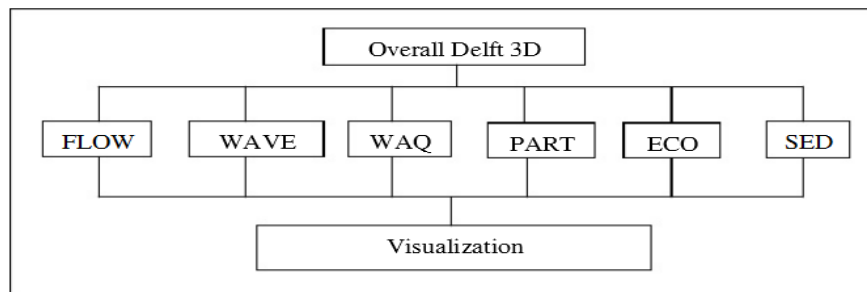
Gambar 2.6. Proses Pengendapan Sedimen Non Kohesif dan Kohesif

Sumber: Ji (2008)

Pada daerah pesisir pantai gerakan air merupakan kombinasi dari gelombang dan arus. Gelombang dan arus memiliki peranan yang sama besarnya dalam mengaduk dan memindahkan material ke tempat lain. Gelombang lebih bersifat melepas material didasar dan mengaduknya, sementara arus lebih bersifat memindahkan material sedimen ketempat lain. Hal ini bisa terjadi sebaliknya yaitu gelombang akan memindahkan partikel sedimen ke tempat lain dan arus mampu mengangkut dan mengaduk sedimen dari bagian dasar (Pratikto, dkk,1997). Jika dasar laut terdiri dari material yang mudah bergerak maka arus dan gelombang akan mengerosi sedimen dan membawanya searah dengan arus.

2.2.13 Delft3D

Delft3D merupakan model yang berbasis *windows* yang digunakan untuk simulasi perubahan morfologi pada daerah pantai, sungai, dan muara. Delft3D juga dapat mensimulasikan gelombang, sedimen, ekologi, dan kualitas air pada pantai. Berikut adalah bagian-bagian yang terdapat dalam Delft3D.



Gambar 2.7. Diagram Sistem pada Delft3D

Sumber: <https://www.deltares.nl>

Delft3D terdiri dari beberapa sistem dan fungsi, yaitu:

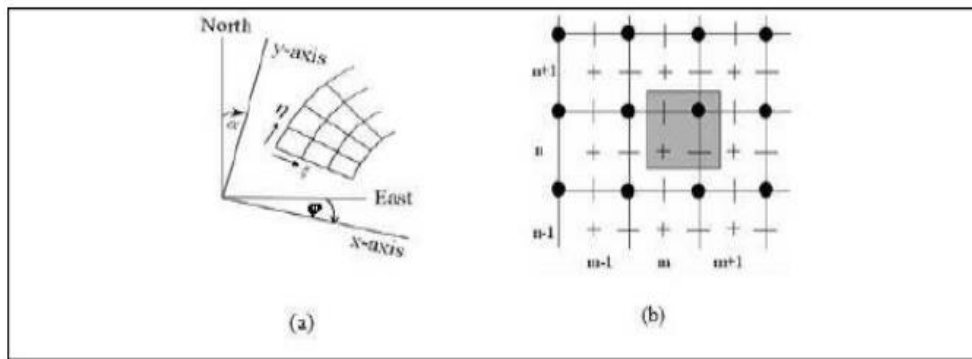
- Delft3D-FLOW : Simulasi tsunami, pasang surut, aliran sungai, dan banjir
- Delft3D-WAVE : Perambatan gelombang
- Delft3D-WAQ : Kualitas air pada daerah *far-field*
- Delft3D-PART : Kualitas air dan gerakan partikel pada daerah *midfield*
- Delft3D-ECO : Pemodelan ekologi
- Delft3D-SED : Pengangkutan sedimen untuk partikel kohesif dan non kohesif

2.2.13.1 Delft3D-FLOW

Delft3D-FLOW merupakan sistem pada bagian Delft3D yang digunakan untuk menghitung SWE (*Shallow Water Equation*) atau persamaan pada kondisi air dangkal, dalam variabel kecepatan dan tinggi ke dalam bentuk dua atau tiga dimensi pada sebuah grid atau garis bantu (Arizal, 2011).

Grid adalah garis bantu koordinat arah vertikal dan horizontal untuk menentukan/mengatur batas daerah yang disimulasikan. Grid memiliki dua sistem

koordinat, yaitu *coordinate spherical* dan *coordinate Cartesian*. *Coordinate spherical* mengikuti garis kontur permukaan bumi. *Coordinate spherical* terdiri dari dua parameter, yaitu arah dan tinggi dengan latitude (θ) bernilai positif ke arah utara dan longitude (ϕ) bernilai positif ke arah timur. Sedangkan sistem *coordinate Cartesian* berbentuk persegi, bersifat kaku, dan hanya mempunyai parameter arah saja, yaitu vertikal (η) dan arah horizontal (ξ).



Gambar 2.8. (a) Sistem *Coordinate Spherical* (b) Sistem *Coordinate Cartesian*

Sumber: <https://www.deltares.nl>

Delft3D-FLOW terdiri dari 7 sistem, yaitu:

- Delft3D-RGFGRID : Membuat zona segmen dalam bentuk grid pada topografi
- Delft3D-QUICKIN : Masukan output pada grid berupa data batimetri, kondisi awal untuk *water level*, salinitas, dan lain-lain
- Delft3D-TRIANA : Analisis pasang surut dalam interval waktu
- Delft3D-NESTHD : Membuat batasan dari keseluruhan model
- Delft3D-GPP : Menampilkan hasil simulasi berupa gambar animasi dan visualisasi
- Delft3D-QUICKPLOT : Sama halnya dengan Delft3D-GPP, yaitu untuk menampilkan hasil simulasi berupa gambar animasi dan visualisasi

Dalam pemodelan ini akan menggunakan Delft3D-FLOW. Dalam pemodelan transpor sedimen di Delft3D-FLOW akan di dapatkan nilai *bed shear*

stress. Pantai akan mengalami erosi jika *bed shear stress* lebih besar dari *critical stress* dan akan mengalami sedimentasi jika *bed shear stress* lebih kecil dari *critical stress*.

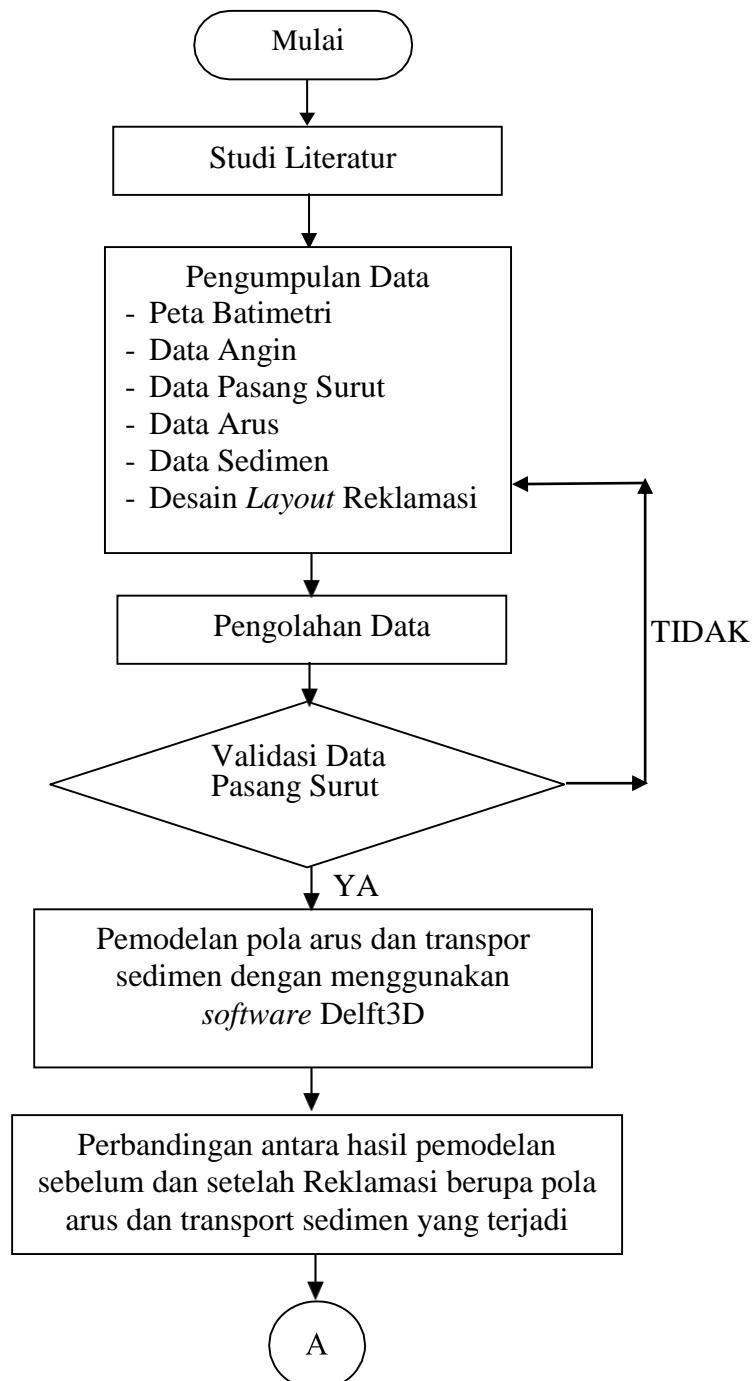
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

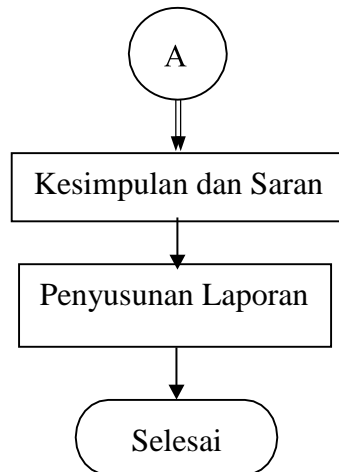
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Adapun metodologi yang digunakan yaitu:





Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Pengerjaan Laporan Tugas Akhir

3.2. Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur berupa proses mencari referensi dari berbagai sumber baik dari buku, jurnal ilmiah, internet, dan sebagainya. Hal ini dilakukan untuk memahami teori-teori dan penelitian-penelitian terdahulu yang berhubungan dengan pemecahan masalah.

3.2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari instansi atau sumber-sumber lain yang ada di Indonesia. Adapun data-data yang diperlukan meliputi:

1) Peta Batimetri

Dari peta batimetri dapat diketahui kedalaman dasar laut di lokasi. Kedalaman dasar laut ini dijadikan acuan untuk menentukan volume sedimentasi yang terjadi di lokasi.

1) Data Angin

Data angin diperlukan dalam penentuan distribusi arah angin, kecepatan angin yang terjadi di lokasi.

2) Data Pasang Surut

Data pasang surut akan digunakan sebagai nilai batas (*boundary condition*)

pada saat pemodelan arus.

3) Data Arus

Data arus diperlukan untuk mengetahui transpor sedimen yang terjadi di lokasi.

4) Data Sedimen

Data sedimen digunakan untuk melakukan simulasi angkutan sedimen dasar dan menjadi data input pada Delft3D-FLOW. Dalam hal ini data sedimen yang digunakan pada pemodelan ini hanya sedimen dasar (*bed load*). Ukuran sedimen yang digunakan adalah D50.

5) Desain *Layout* Reklamasi

Desain *layout* reklamasi digunakan untuk menentukan lokasi dan luas area yang direklamasi.

3.2.3 Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh diolah terlebih dahulu sebelum dimodelkan dalam *software* Delft3D. Data yang harus diolah seperti data angin untuk mengetahui arah angin dominan sehingga daerah pembangkit gelombang dapat diketahui.

3.2.4 Validasi

Pada dasarnya pada tahap ini untuk melihat valid tidaknya hasil *meshing* model dengan peta batimetri. Sebab terkadang hasil *meshing* tidak sesuai dengan hasil riilnya. Setelah valid, model dapat dilakukan simulasi.

3.2.5 Pemodelan

Setelah pemodelan awal sudah valid, maka dilakukanlah pemodelan lebih terperinci pada pola arus dan transpor sedimen. Pemodelan yang akan dilaksanakan dalam tugas akhir ini adalah pemodelan pola arus, transpor sedimen, dan besar volume sedimentasi akibat adanya reklamasi dengan menggunakan *software Open Source* Delft3D.

3.2.6 Perbandingan antara Hasil Pemodelan Sebelum dan Setelah Reklamasi

Setelah melakukan permodelan terhadap kondisi sebelum dan setelah reklamasi, maka dilakukanlah perbandingan antara pemodelan sebelum dan setelah reklamasi, sehingga dapat diketahui perbedaan pola arus, transpor sedimen, dan selisih volume sedimentasi yang terjadi.

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

Tahap selanjutnya adalah membuat kesimpulan yang sesuai dengan perumusan masalah yang telah dibuat dan memberikan saran yang tepat untuk penelitian-penelitian yang mungkin akan dilakukan dengan topik yang sama sehingga diharapkan bisa memudahkan dalam pengerjaan penelitian tersebut.

3.2.8 Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan meliputi penulisan mulai dari awal (latar belakang, tujuan, dan sebagainya) sampai dengan saran dan kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan serta pemberian saran-saran untuk penelitian yang serupa selanjutnya.

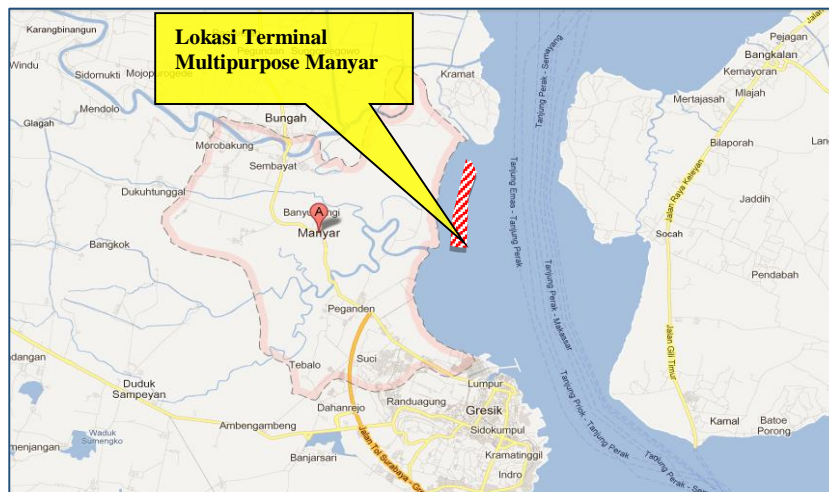
BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Daerah Studi

4.1.1 Geografis

Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE) adalah sebuah kawasan industri yang terintegrasi dengan pelabuhan dan kompleks perumahan yang terletak di Manyar, Gresik, Jawa Timur. Wilayahnya berbatasan dengan Kecamatan Bungah di sebelah utara, Selat Madura di sebelah timur, Kecamatan Duduk Sampeyan di sebelah barat, dan di sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Kebomas.



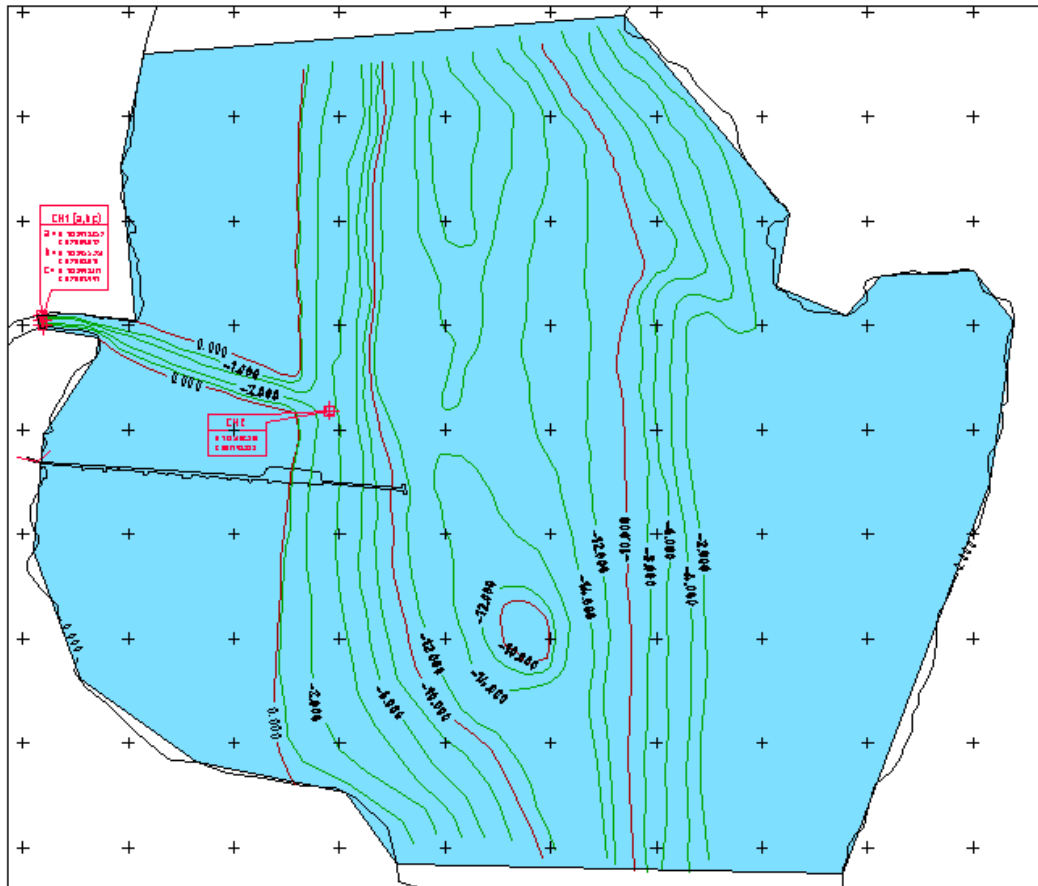
Gambar 4.1. Lokasi Reklamasi di kawasan Manyar, Gresik, Jawa Timur

Sumber: <https://maps.google.co.id>

4.1.2 Peta Batimetri dan Batas Daratan

Peta batimetri dan batas daratan yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini berasal dari data sekunder. Hasil pengukuran batimetri menunjukkan bahwa kedalaman di daerah muara Sungai Kalimireng cukup landai dan dangkal sampai pada kedalaman -5 m LWS, sedangkan di daerah garis pantai Madura mempunyai kedalaman yang lebih terjal, kecuali di daerah teluk. Kedalaman

setelah -6 mLWS mempunyai bentuk kontur yang sangat terjal hingga mencapai kedalaman -12 mLWS.



Gambar 4.2. Peta Batimetri Perairan Manyar, Kabupaten Gresik

Sumber: Dokumen PT Pelabuhan Indonesia III (Persero)

Dalam pemodelan pola arus lokasi studi, batimetri digunakan sebagai data input untuk menunjukkan kedalaman pada lokasi pemodelan. Peta bathimetri dan batas daratan (*land boundary*) ini masing-masing dikonversi dari *file.jpg* menjadi *file.dxf* dengan *software* AutoCAD 2010. Titik koordinat pemodelan dalam *file.dxf* dicek keakuratannya dengan koordinat sebenarnya pada *software* *Google Earth*.

Software Delft3D tidak dapat membaca format *file.dxf* maka perlu dikonversikan lagi *file.dxf* dalam bentuk *file.xyz* menggunakan DXF2XYZ. Selanjutnya dengan menggunakan *Global Mapper 15*, *file.xyz* batas daratan (*land boundary*) diekspor menjadi *file* LDB (*Microsoft Office-Access Record-Locking*

Information) sehingga siap menjadi input Delft3D-RFGRID. Untuk *file.xyz* batimetri menjadi data *input* Delft3D-QUICKIN.

4.1.3 Data Angin

Data angin yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini merupakan data sekunder, yaitu data angin per bulan dari tahun 2007 sampai dengan 2011 yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Perak I, Surabaya. Dari data angin ini diketahui arah dan kecepatan angin, kemudian data tersebut diolah untuk mendapatkan prosentase kejadian angin. Data angin tersebut ditampilkan dalam bentuk gambar diagram *wind rose* yang menggambarkan antara kecepatan angin dan prosentase kejadian sehingga nantinya dapat diketahui arah angin dominan. Data angin dominan yang didapat lebih dari satu, maka pada pemodelan diambil data angin yang paling berpengaruh.

Tabel 4.1. Data Angin Maksimum Bulanan Stasiun Perak I tahun 2007 – 2009

Bulan	2007				2008				2009			
	Arah	Arah (°)	Kec Max (knot)	Kec Rata2 (knot)	Arah	Arah (°)	Kec Max (knot)	Kec Rata2 (knot)	Arah	Arah (°)	Kec Max (knot)	Kec Rata2 (knot)
Januari	W	110	24	5	W	270	30	7	W	300	21	7
Februari	W	080	20	5	W	280	35	9	W	310	28	7
Maret	W	290	25	6	W	320	15	4	T	270	20	4
April	E	070	16	5	E	060	20	4	T	070	20	4
Mei	E	120	24	6	E	100	19	5	T	300	22	4
Juni	E	100	16	7	E	080	20	5	T	100	21	4
Juli	E	300	34	7	E	080	17	5	T	080	22	5
Agustus	E	170	30	7	E	090	22	6	T	080	17	5
September	E	130	30	6	E	080	20	6	T	100	21	6
Oktober	E	140	24	6	E	090	18	5	T	070	20	5
Nopember	W	090	25	4	E	360	22	4	W	090	24	5
Desember	W	270	24	5	W	280	31	4	NW	110	25	6

Tabel 4.2. Data Angin Maksimum Bulanan Stasiun Perak I tahun 2010 – 2011

Bulan	2010				2011			
	Arah	Arah (°)	Kec Max (knot)	Kec Rata2 (knot)	Arah	Arah (°)	Kec Max (knot)	Kec Rata2 (knot)
Januari	W	180	30	5	W	290	25	7
Februari	W	350	25	7	W	340	40	5
Maret	W	130	22	6	W	290	29	7
April	W	180	25	6	E	090	18	6
Mei	W	090	26	6	E	100	18	7
Juni	E	070	20	6	E	070	20	6
Juli	E	120	18	7				
Agustus	E	090	16	7				
September	E	070	36	7				
Oktober	E	020	24	6				
Nopember	E	310	41	6				
Desember	W	350	28	6				

Arah angin adalah angin bertiup dari :

Utara (N) : 340 ° – 020 ° , Selatan (S) : 160 ° – 200 °

Timur Laut (NE) : 025 ° – 065 ° , Barat Daya (SW) : 205 ° – 245 °

Timur (E) : 070 ° – 110 ° , Barat (W) : 250 ° – 290 °

Tenggara (SE) : 115 ° – 155 ° , Barat Laut (NW) : 295 ° – 335 °

Tabel 4.3. Data frekuensi angin maksimum stasiun Perak I tahun 2007

Speed	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	>= 10	Total
Wind Direction	knots	knots	knots	knots	knots	
N	188	101	71	10	2	372
NE	214	162	85	11	4	476
E	509	449	335	94	55	1442
SE	440	482	490	182	124	1718
S	235	92	64	10	8	409
SW	155	21	4	1	0	181
W	272	61	9	1	0	343
NW	145	49	19	0	0	213
Sub-Total:	2158	1417	1077	309	193	5154
Calms:						3605
Total:						8759

Frekuensi angin tenang: 41.16%

Kecepatan rata-rata angin: 2.93 Knot

Tabel 4.4. Data frekuensi angin maksimum stasiun Perak I tahun 2008

Speed Wind Direction	2 - 4 knots	4 - 6 knots	6 - 8 knots	8 - 10 knots	>= 10 knots	Total
N	233	155	73	7	3	471
NE	253	156	59	3	4	475
E	604	440	241	55	19	1359
SE	402	336	262	71	25	1096
S	245	103	34	12	5	399
SW	97	15	4	0	1	117
W	193	55	11	1	0	260
NW	179	80	28	3	1	291
Sub-Total:	2206	1340	712	152	58	4468
Calms:						4292
Total:						8760

Frekuensi angin tenang: 49.00%

Kecepatan rata-rata angin: 2.26 Knot

Tabel 4.5. Data frekuensi angin maksimum stasiun Perak I tahun 2009

Speed Wind Direction	2 - 4 knots	4 - 6 knots	6 - 8 knots	8 - 10 knots	>= 10 knots	Total
N	244	171	78	13	62	568
NE	210	108	36	2	55	411
E	376	384	290	70	37	1157
SE	349	324	311	71	43	1098
S	178	65	34	7	2	286
SW	133	26	9	2	1	171
W	378	150	67	7	1	603
NW	284	143	71	16	4	518
Sub-Total:	2152	1371	896	188	205	4812
Calms:						3948
Total:						8760

Frekuensi angin tenang: 45.07%

Kecepatan rata-rata angin: 3.68 Knot

Tabel 4.6. Data frekuensi angin maksimum stasiun Perak I tahun 2010

Speed Wind Direction	2 - 4 knots	4 - 6 knots	6 - 8 knots	8 - 10 knots	>= 10 knots	Total
N	311	211	81	14	4	621
NE	240	128	40	3	1	412
E	433	355	310	65	30	1193
SE	313	246	179	53	28	819
S	181	55	18	4	1	259
SW	162	46	10	2	0	220
W	396	181	62	6	3	648
NW	285	204	82	12	1	584
Sub-Total:	2321	1426	782	159	68	4756
Calms:						4028
Total:						8784

Frekuensi angin tenang: 45.86%

Kecepatan rata-rata angin: 2.41 Knot

Tabel 4.7. Data frekuensi angin maksimum stasiun Perak I tahun 2011

Speed Wind Direction	2 - 4 knots	4 - 6 knots	6 - 8 knots	8 - 10 knots	>= 10 knots	Total
N	299	197	84	16	6	602
NE	271	149	47	4	1	472
E	442	339	233	49	10	1073
SE	378	348	284	71	25	1106
S	209	93	55	13	1	371
SW	127	29	5	0	0	161
W	266	134	55	10	2	467
NW	225	128	64	12	2	431
Sub-Total:	2217	1417	827	175	47	4683
Calms:						4077
Total:						8760

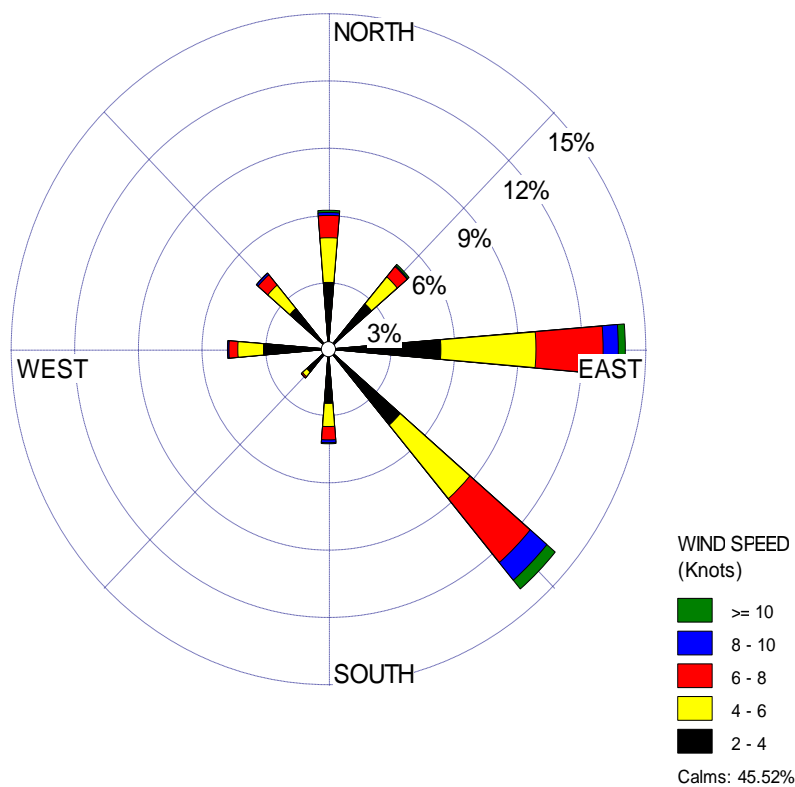
Frekuensi angin tenang: 46.54%

Kecepatan rata-rata angin: 2.40 Knot

Tabel 4.8. Distribusi Kecepatan dan Arah Angin Maksimum Stasiun Perak I tahun 2007 –2011

Arah	Kecepatan (Knot)					Jumlah Angin Kuat	Frek. Angin Kuat (%)
	11-16	17-21	22-27	28-33	>34		
N	-	3	1	-	1	5	3.82
NE	-	2	4	2	-	8	6.11
E	8	31	29	1	1	69	52.67
SE	-	-	2	-	-	2	1.53
S	-	4	3	-	-	7	5.34
SW	-	-	1	-	1	2	1.53
W	-	8	8	3	9	28	21.37
NW	1	1	5	3	-	10	7.63
Sub-Total:	9	49	52	9	12	131	100

Dari rekapitulasi distribusi kecepatan dan arah angin maksimum sebagaimana pada **Tabel 4.8.** di atas, selanjutnya digambarkan kedalam bentuk digram *wind rose* sebagai **Gambar 4.3.** berikut.



Gambar 4.3. *Wind rose* Angin Maksimum Stasiun Perak I Tahun 2007 –2011
Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Perak I, Surabaya

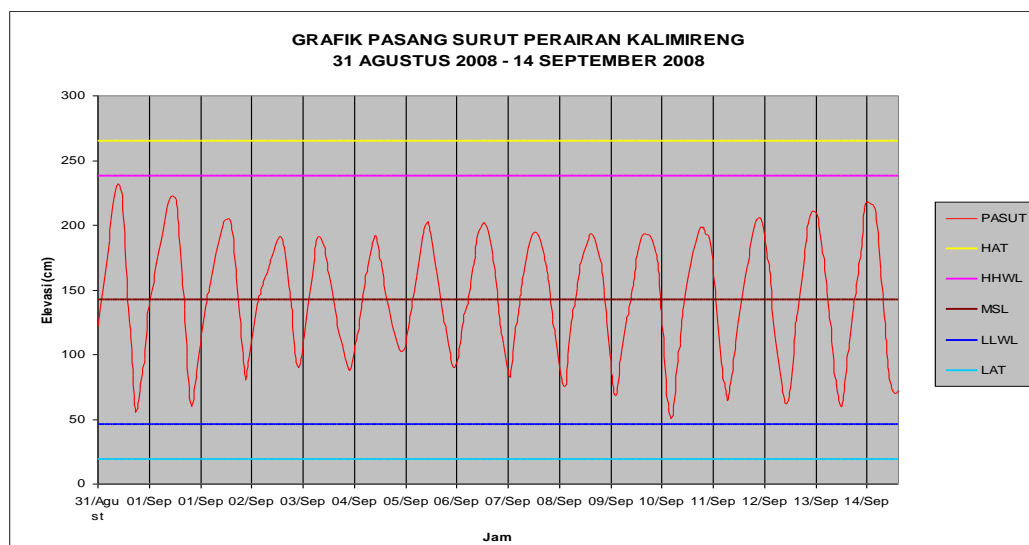
Dari diagram di atas dapat dilihat bahwa prosentase kecepatan dan arah angin terbesar berasal dari arah timur (E) dan tenggara (SE), sehingga dari data di atas dapat disimpulkan bahwa angin dominan berasal dari sudut $070^{\circ} - 155^{\circ}$.

4.1.4 Data Pasang Surut

Pasang surut merupakan gerakan vertikal dari permukaan air laut yang terjadi secara periodik, di mana gerakan vertikal ini disebabkan oleh pengaruh gaya tarik benda-benda langit (terutama bulan dan matahari) terhadap bumi, gaya gravitasi bumi serta gaya sentripetal akibat adanya rotasi bumi. Dalam pasang surut terdapat 4 tipe pasang surut yaitu pasang surut harian ganda, pasang surut harian tunggal, pasang surut campuran condong harian ganda, pasang surut campuran condong harian tunggal.

Data pasang surut yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan data pasang surut yang diperoleh dari Pelindo III (data pasang surut perairan Kalimireng), Dishidros 2008 (data pasang surut Karang Jamuang dan Surabaya). Berikut adalah data pasang surut yang digunakan sebagai inputan data dalam pemodelan Delft3D.

- a. Data pasang surut Kalimireng diambil selama 15 hari mulai tanggal 31 Agustus 2008 – 14 September 2008.



Gambar 4.4. Grafik Pengukuran Pasang Surut Perairan Kalimireng

Sumber: Dokumen PT Pelabuhan Indonesia III (Persero)

Tabel 4.9. Komponen Konstanta Pasang Surut Perairan Kalimireng

	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	142.3	11.0	15.0	10.0	50.0	20.0	120.0	77.0	4.0	17.0
g°		170.0	192.0	268.0	336.0	231.0	125.0	282.0	192.0	336.0

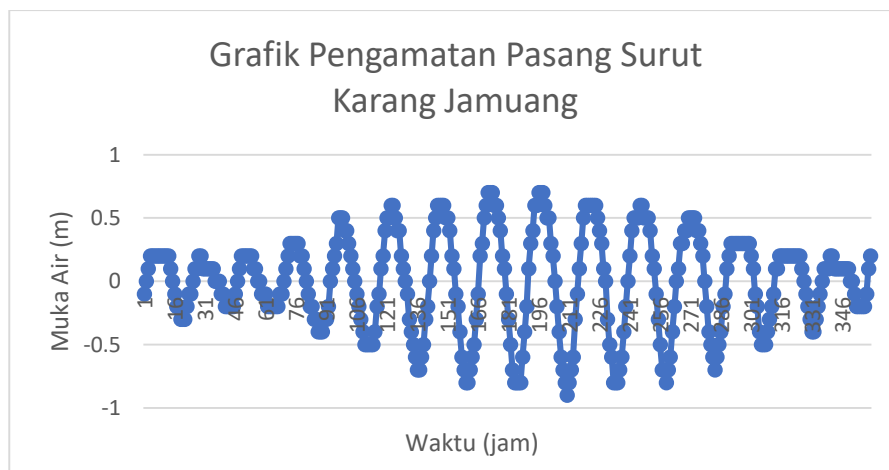
Dari data di atas, nilai Formzahl yang didapatkan adalah 2.69, sehingga jenis pasang surut di Perairan muara sungai Kalimireng, desa Manyar, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik adalah **Pasang Surut Campuran Condong Harian Tunggal**.

Referensi ketinggian pada *survey* ini ditentukan berdasarkan hasil analisa perhitungan data pengamatan pasang surut selama 15 hari, sehingga didapat:

- HAT = 211.3 cm pealschaal atau 192 cm di atas LWS.
- MHHWS = 185.3 cm pealschaal atau 166 cm di atas LWS.
- MHHWN = 145.3 cm pealschaal atau 126 cm di atas LWS.
- MSL = 142.3 cm pealschaal atau 123 cm di atas LWS.
- MLLWN = 85.3 cm pealschaal atau 66 cm di atas LWS.
- MLLWS = 45.3 cm pealschaal atau 27 cm di atas LWS.
- LAT = 19.3 cm pealschaal atau 0 cm di atas LWS.

b. Data pasang surut Karang Jemuang (Jalur Pelayaran Barat Surabaya)

Berikut adalah grafik pengamatan pasang surut Karang Jemuang pada tanggal 31 Agustus 2008 – 14 September 2008 yang diperoleh dari Dishidros 2008.



Gambar 4.5. Grafik Pengamatan Pasang Surut Karang Jemuang

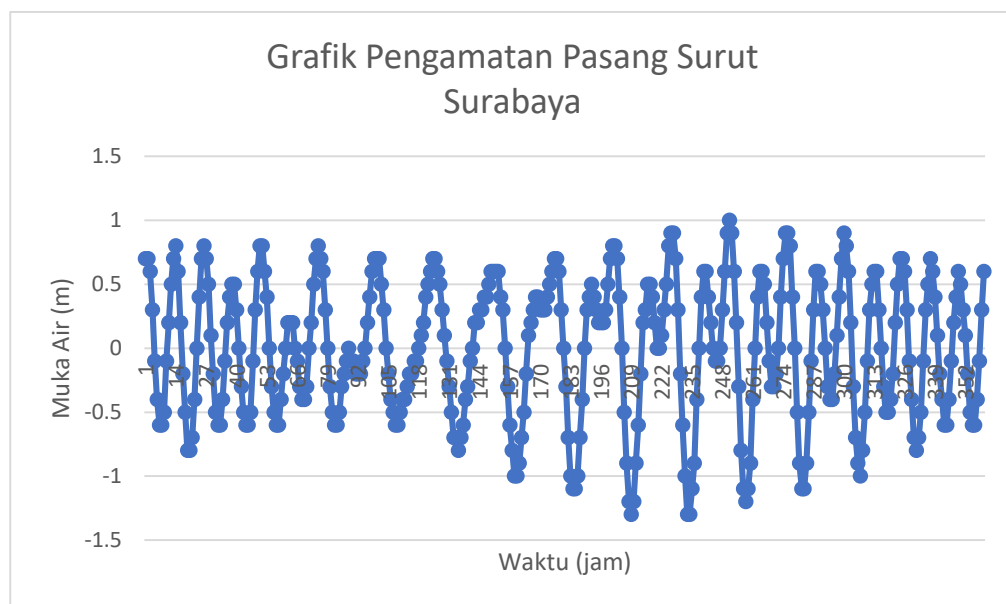
Untuk data *astronomical* pasang surut Karang Jemuang dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10. Data *Astronomical* Pasang Surut Karang Jemuang

	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	Z0
A (cm)	5	8	-	-	54	26	15	-	-	110
g°	344	4	-	-	43	101	41	-	-	-

c. Data pasang surut Surabaya (Pelabuhan)

Berikut adalah grafik pengamatan pasang surut Surabaya pada tanggal 31 Agustus 2008 – 14 September 2008 yang diperoleh dari Dishidros 2008.



Gambar 4.6. Grafik Pengamatan Pasang Surut Surabaya

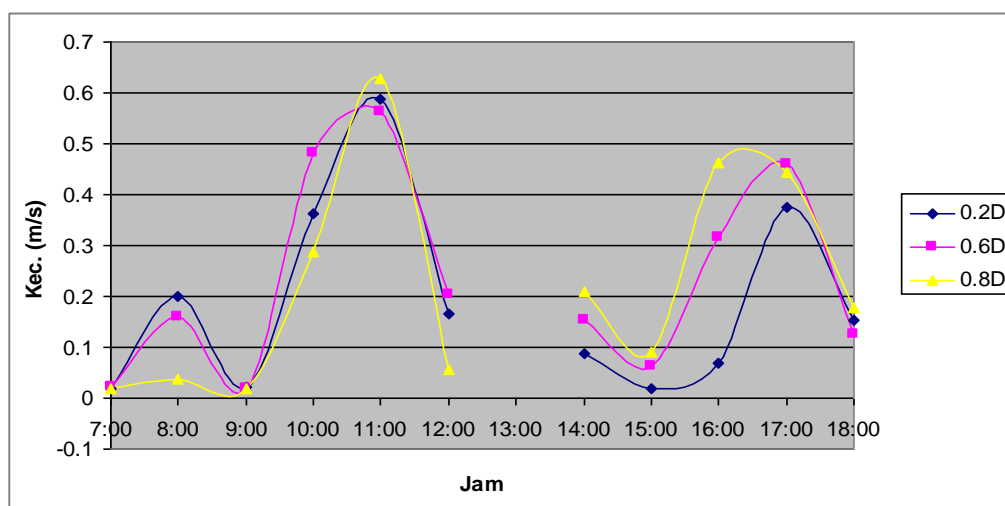
Untuk data *astronomical* pasang surut Surabaya dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11. Data *Astronomical* Pasang Surut Surabaya (Pelabuhan)

	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	Z0
A (cm)	44	26	9	8	47	28	14	-	-	150
g°	31	20	49	18	50	91	47	-	-	-

4.1.5 Data Arus

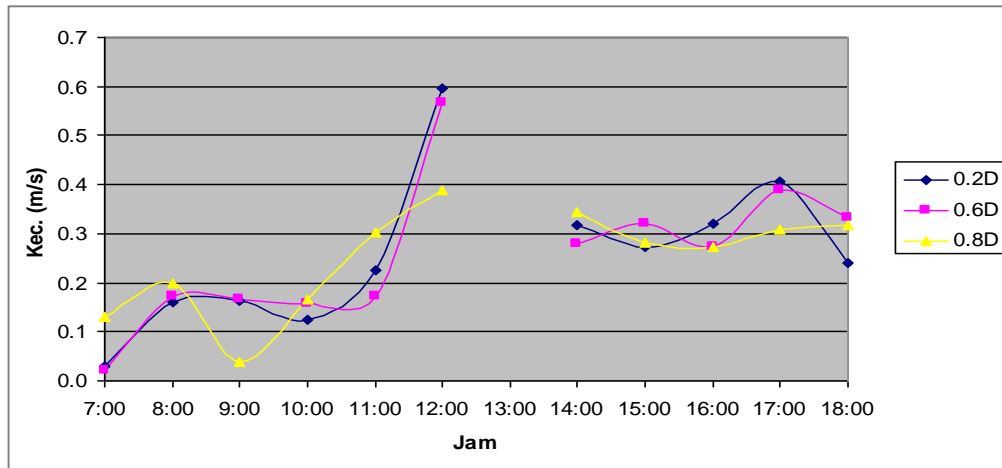
Pengamatan kecepatan dan arah arus dilakukan di dua titik lokasi secara simultan dengan kedalaman 0.2d, 0.6d dan 0.8d yang dilakukan secara simultan selama 12 jam. Lokasi CM1 (titik pengukuran di laut), secara umum menunjukkan arah dominan sekitar 135° (Baratdaya) dengan kecepatan maksimum 0.59 m/dt pada kedalaman 0.2d, kecepatan maksimum 0.56 m/dt pada kedalaman 0.6d dan kecepatan maksimum 0.63 m/dt pada kedalaman 0.8d.



Gambar 4.7. Grafik Pengukuran Arus Di Laut (I)

Sumber: Dokumen PT Pelabuhan Indonesia III (Persero)

Lokasi CM2 (titik pengukuran di muara), secara umum menunjukkan arah dominan antara $100^\circ - 180^\circ$ (Timur – Selatan) dengan kecepatan maksimum 0.6m/dt pada kedalaman 0.2d, kecepatan maksimum 0.57 m/dt pada kedalaman 0.6d dan kecepatan maksimum 0.39 m/dt pada kedalaman 0.8d. dari pergerakan arah arus tersebut terlihat bahwa tidak terjadi pergerakan arus balik menuju hulu akibat adanya dorongan arus pasang surut, sehingga arus lebih banyak disebabkan oleh debit sungai.



Gambar 4.8. Grafik Pengukuran Arus Muara Sungai Kalimireng (II)
 Sumber: Dokumen PT Pelabuhan Indonesia III (Persero)

4.1.6 Data Sedimen

Data sedimen berupa sedimen dasar dan sedimen melayang. Sedimen dasar merupakan sedimen yang berada di dasar laut. Sampel sedimen ini diambil dengan menggunakan *grab sample* yang kemudian sampel diuji di laboratorium untuk mengetahui gradasi butiran sedimen menggunakan *Sieve Analysis*. Sedimen melayang merupakan sedimen yang melayang di badan air. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan botol nessen. Sampel di ambil pada kedalaman sesuai dengan pengukuran arus. Sampel kemudian diuji di laboratorium untuk mengetahui konsentrasi sedimen melayang dan juga butiran sedimen melayang.

Dari hasil uji sedimen dasar menunjukkan bahwa D50 untuk titik A (sedimen dasar) adalah lanau dengan diameter 0.018 mm, dan butiran sedimen titik B (sedimen melayang) juga lanau dengan diameter 0.015 mm.

4.1.7 Simulasi Pemodelan dengan Delft3D-FLOW

Agar simulasi dapat berjalan pada Delft3D-FLOW diperlukan daerah simulasi (domain) yang menunjukkan daerah yang dihitung dan batasan daerah hitungan. Daerah simulasi terdiri dari pembuatan grid dengan menggunakan Delft3D-RGFGRID dan pemasukan data kedalaman dengan menggunakan Delft3D-QUICKIN. Selain itu Delft3D-FLOW juga memerlukan data input lain yang diperlukan untuk proses simulasi dapat berjalan

4.1.7.1 Digitasi *Land Boundary*

Land boundary merupakan batas yang menunjukkan wilayah darat dan lautan. Melakukan simulasi memerlukan data digitasi yang dilakukan dengan menggunakan *Global Mapper 15* untuk mendapatkan nilai koordinat pada daratan.

Global Mapper 15 berfungsi untuk mendigitasi daerah yang digunakan untuk simulasi. Peta yang digunakan untuk medigitasi wilayah yang disimulasi bersumber dari *Google Earth*. *Land boundary* ini kemudian dikonversi dari *file.jpg* menjadi *file.dxf* dengan *software* Autocad 2010.

Software Delft3D tidak dapat membaca format *file.dxf* maka perlu dikonversikan lagi *file.dxf* dalam bentuk *file.xyz* menggunakan DXF2XYZ. Selanjutnya dengan menggunakan *Global Mapper 15*, *file.xyz* diekspor menjadi *file* LDB (*Microsoft Office-Access Record-Locking Information*) sehingga siap menjadi input *grid* Delft3D. Setelah tersimpan file tersebut dapat dibuka dengan menggunakan Delft3D-RGFGRID sehingga terbentuk garis pantai dan wilayah daratan dan laut.

4.1.7.2 Pembuatan *Grid*

Grid yang digunakan pada simulasi dalam bentuk *coordinate Cartesian* berbentuk persegi. Pembuatan *grid* ini menggunakan program Delft3D-RGFGRID. Tujuan dari Delft3D-RGFGRID ini adalah untuk membuat *grid*, memodifikasi, dan memvisualisasikan *orthogonal* untuk Delft3D-FLOW.

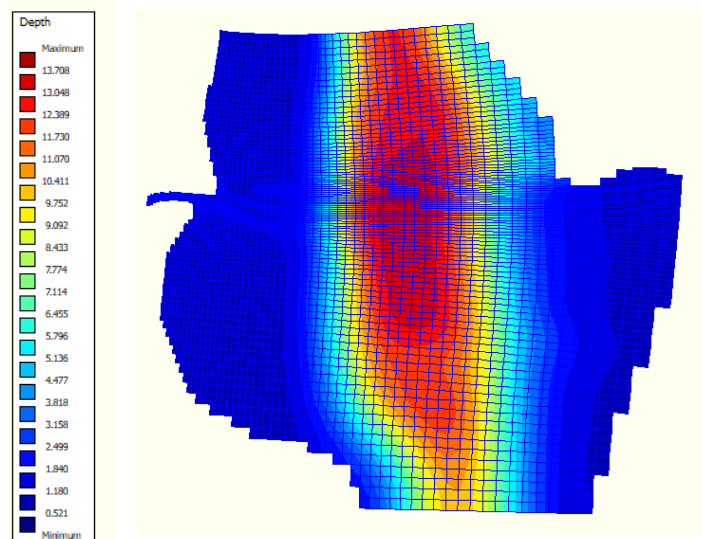
4.1.7.3 Pemasukan Data Kedalaman

Delft3D-QUICKIN merupakan program yang berfungsi untuk membuat, dan memvisualisasikan model batimetri. Delft3D-QUICKIN digunakan untuk memasukkan data kedalaman pada daerah simulasi. Data kedalaman digunakan sebagai data *input* batimetri pada sistem Delft3D-FLOW. Untuk input data kedalaman dengan tanda negatif (-) digunakan sebagai informasi kedalaman di laut, sedangkan untuk tanda positif (+) digunakan sebagai informasi elevasi di darat. Dari hasil pengukuran di lapangan akan didapat data dalam bentuk *file.dxf* kemudian diekspor menggunakan DXF2XYZ dan disimpan dalam

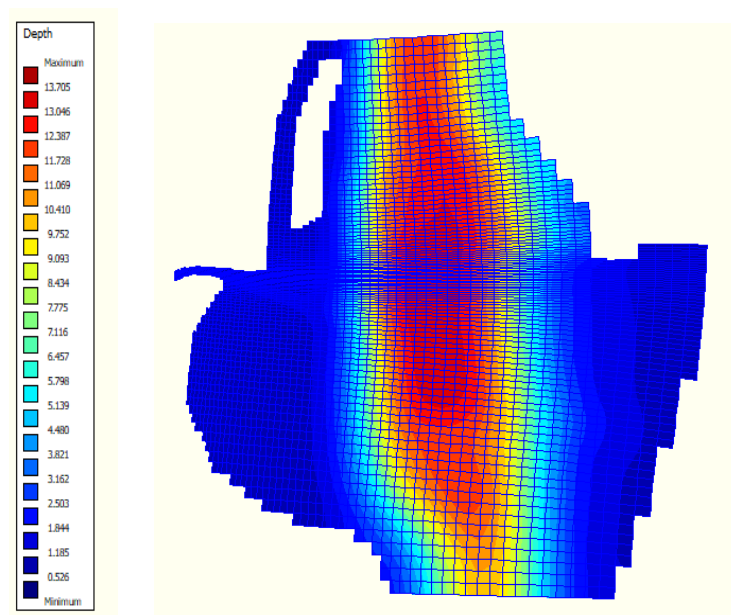
bentuk *file.xyz*. Data format *file.xyz* tersebut menjadi data input Delft3D-QUICKIN.

4.1.7.4 Meshing

Meshing merupakan *grid* yang telah dilengkapi dengan data kedalaman. *Meshing* akan menunjukkan area studi yang akan diteliti atau dimodelkan. Dalam tugas akhir ini membuat 2 *meshing* yaitu saat kondisi eksisting dan pasca reklamasi. Berikut adalah hasil pembuatan *meshing*.



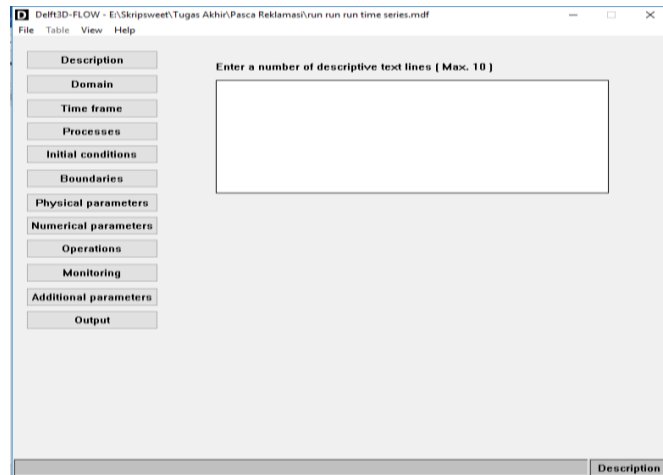
Gambar 4.9. Meshing Kondisi Eksisting



Gambar 4.10. Meshing Pasca Reklamasi

4.1.7.5 Description

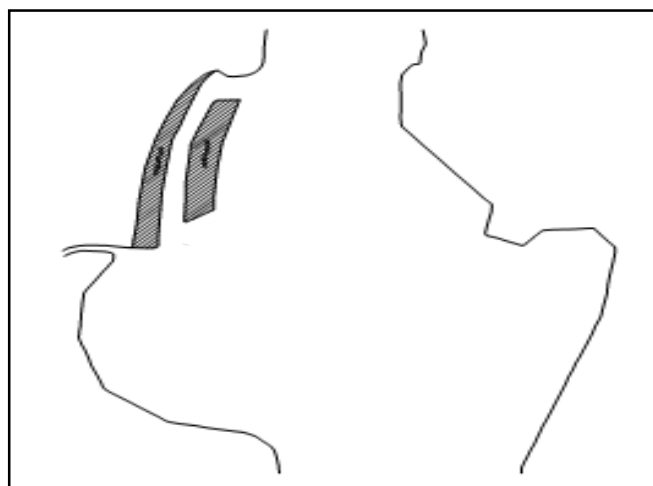
Description adalah kotak teks yang digunakan untuk menginformasikan simulasi yang dilakukan atau untuk menerangkan tujuan dari simulasi yang akan dilakukan. Data grup ini mampu menampung 10 baris kalimat. Tampilan *toolbar description* dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4.11. *Toolbar Description*

4.1.7.6 Domain

Domain merupakan area permodelan yang ditinjau untuk simulasi. Cakupan wilayah domain pada daerah simulasi adalah perairan Manyar, Gresik. Pada simulasi ini akan menggunakan 2 skenario yaitu kondisi eksisting (sebelum dilakukan reklamasi) dan kondisi setelah reklamasi. Luas area yang direklamasi adalah 550 ha. Desain *layout* reklamasi dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4.12. Desain *Layout* Reklamasi

Parameter data grup *Domain* berisikan beberapa sub-data yaitu *Grid parameters*, *Bathymetry*.

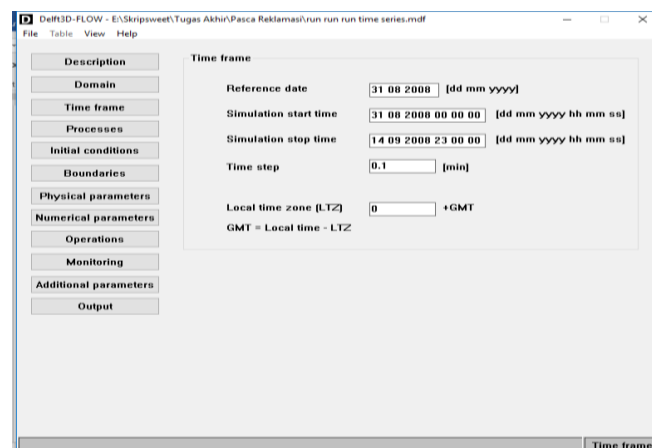
- *Grid Parameters* adalah sub-data untuk menginput data *grid* yang telah dibangun pada Delft3D-RGFGRID dan menentukan tipe koordinat yang akan digunakan. Tipe koordinat yang digunakan adalah *coordinat Cartesian*.
- *Bathymetry* adalah sub-data yang berguna untuk menginput data kedalaman yang telah dimasukkan sebelumnya pada Delft3D-QUICKIN.

4.1.7.7 Time Frame

Time frame merupakan toolbar yang berfungsi untuk menginformasikan awal mulai simulasi yang merekam setiap bangkitan yang terjadi dalam interval menit. Sub-data *time frame* terdiri dari:

- *References date* adalah sub-data yang berisikan tanggal simulasi.
- *Simulation start time* adalah sub-data berisikan tanggal dan waktu mulainya simulasi.
- *Simulation stop time* adalah sub-data berisikan tanggal dan waktu berhentinya simulasi.
- *Time step* adalah sub-data berisikan interval waktu yang diminta untuk menghasilkan *output* data hasil perhitungan.

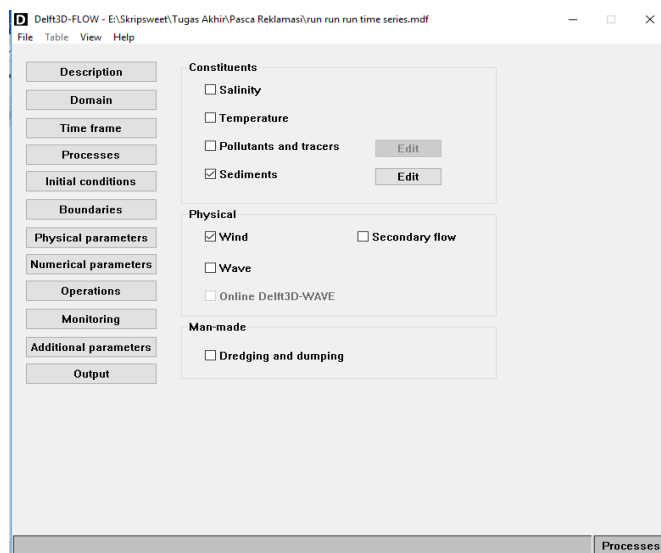
Tampilan *toolbar Time Frame* dapat dilihat pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4.13. *Toolbar Time Frame*

4.1.7.8 Processes

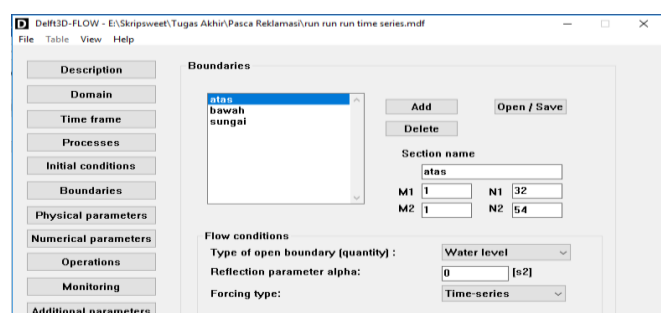
Processes digunakan sebagai input tambahan yang akan digunakan untuk simulasi. Parameter *Processes* terdiri dari dua data grup yaitu *constituents* dan *physical*. Sub-data *constituents* terdiri dari *salinity*, *temperature*, *pollutants and tracers*, dan *sediments*. Sedangkan sub-data *physical* terdiri dari *wind*, *waves*, *secondary flow*, dan *tidal forces*. Untuk simulasi ini pada data grup *constituents* menggunakan sub-data *sediments*, selanjutnya memilih sedimen *non-cohesive*. Pada data grup *physical* menggunakan sub-data *wind*. Tampilan *toolbar Processes* dapat dilihat pada **Gambar 4.14**.



Gambar 4.14. *Toolbar Processes*

4.1.7.9 Boundaries

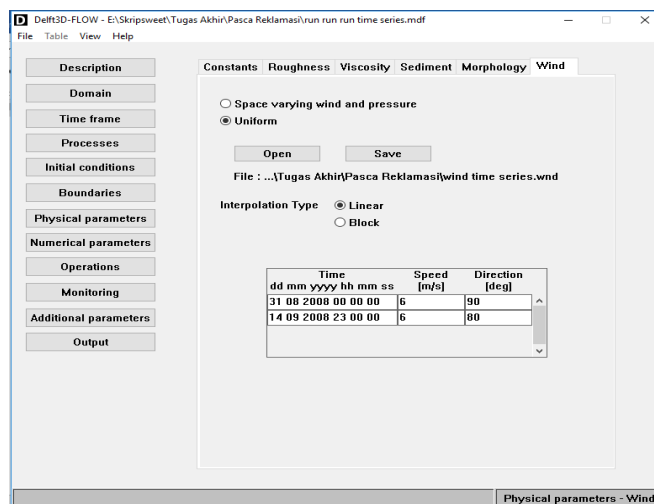
Boundaries merupakan grup yang memberi informasi batasan–batasan dalam pemodelan, penempatan, jenis, dan semua yang diperlukan untuk pemodelan. Pada bagian ini akan diisi nilai – nilai batas untuk pasang surut dalam bentuk data *time series* pasang surut dan nilai konsentrasi batas pada sedimen di bagian *open boundaries*. Tampilan *toolbar Boundaries* dapat dilihat pada **Gambar 4.15**.



Gambar 4.15. Toolbar Boundaries

4.1.7.10 Physical Parameters

Physical parameters merupakan parameter fisik yang berhubungan dengan kondisi area permodelan. Parameter tersebut meliputi *constant*, *roughness*, *viscosity*, *sediment*, *morphology* dan *wind*. Tampilan toolbar Physical Parameters dapat dilihat pada **Gambar 4.16**.

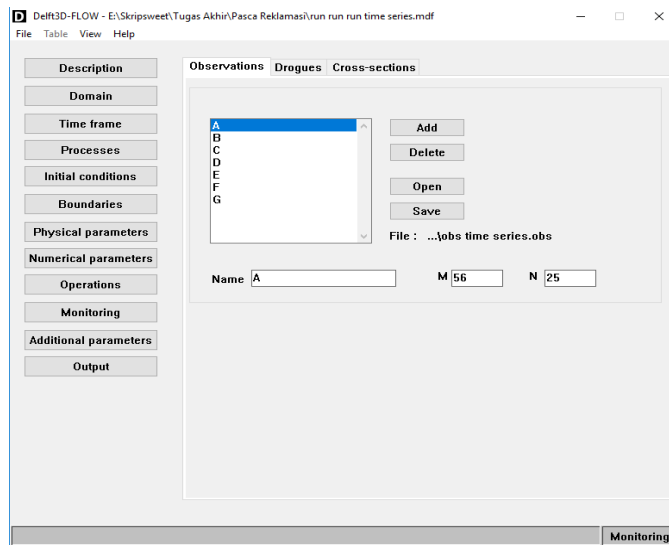


Gambar 4.16. Toolbar Physical Parameters

4.1.7.11 Monitoring

Pada data grup *monitoring* terdiri dari *observation*, *drogues*, dan *cross section*. Dalam pemodelan ini hanya menggunakan sub-data *observation* dan *cross section*. Sub-data *observation* meninjau setiap waktu perhitungan ketika pemodelan pada suatu titik tertentu yang telah dipilih. Sub-data *cross section* meninjau setiap

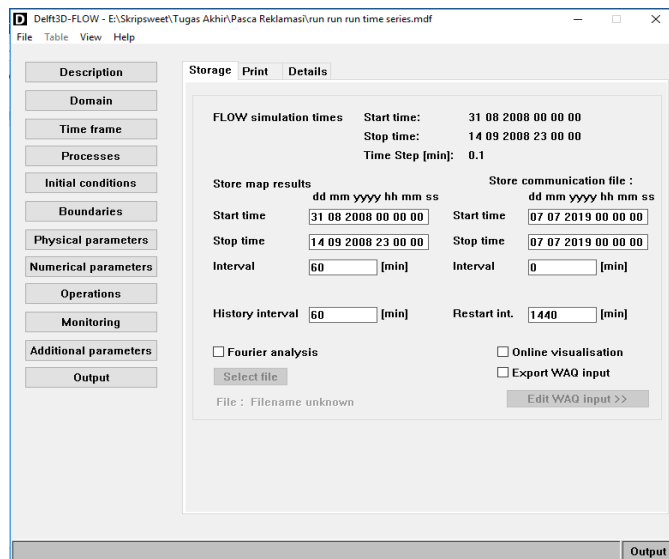
waktu perhitungan ketika pemodelan pada suatu area yang telah dipilih. Tampilan *toolbar Monitoring* dapat dilihat pada **Gambar 4.17**.



Gambar 4.17. *Toolbar Monitoring*

4.1.7.12 Output

Output digunakan untuk mengatur hasil simulasi. Data grup *output* terdiri dari *storage*, *print*, dan *details*. Sub-data yang digunakan adalah *storage*. *Storage* merupakan bagian sub-data yang berisikan semua data output hasil simulasi yang tersimpan. Tampilan *toolbar Output* dapat dilihat pada **Gambar 4.18**.



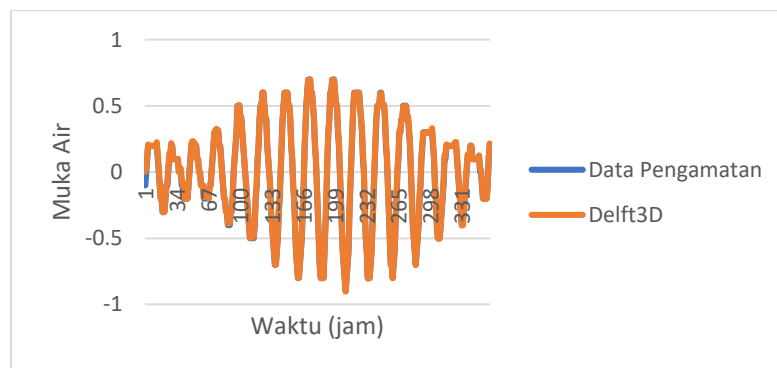
Gambar 4.18. *Toolbar Output*

4.2 Hasil Simulasi

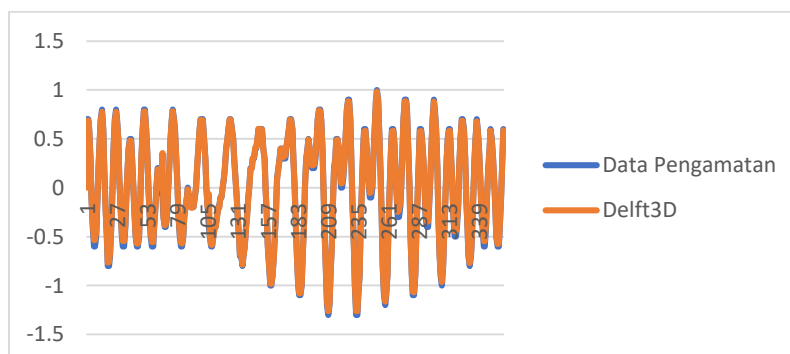
Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan sesuai dengan teori–teori yang ada, hasil yang diperoleh diantaranya kondisi arus, transpor sedimen, dan selisih volume sedimentasi.

4.2.1 Validasi Data Pasang Surut

Validasi data pasang surut dilakukan untuk mengetahui valid tidaknya data pasang surut yang telah di input ke Delft3D. Jika hasil output dari Delft3d sesuai dengan data yang sebenarnya maka simulasi dapat dilanjutkan, namun jika output tidak sesuai dengan data yang sebenarnya maka simulasi tidak dapat dilakukan. Data pasang surut yang di input yaitu selama 15 hari mulai dari tanggal 31-08-2008 jam 00.00 sampai 14-09-2008 23.00. Berikut merupakan grafik perbandingan antara data pengamatan lapangan dengan hasil simulasi delft3D.



Gambar 4.19. Perbandingan Data Pengamatan Pasang Surut Karang Jamuang dan Pemodelan



Gambar 4.20. Perbandingan Data Pengamatan Pasang Surut Surabaya (Pelabuhan) dan Pemodelan

Selanjutnya dilakukan koreksi hasil simulasi untuk mengetahui layak atau tidaknya hasil ini digunakan untuk analisa selanjutnya, dengan menggunakan rumus Prosentase Error sebagai berikut.

$$\text{Prosentase Error} = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \frac{\hat{x}_i - x_i}{TP} \right] \times 100\%$$

di mana,

n = jumlah data

\hat{x}_i = data pemodelan

x_i = data pengamatan

TP = tunggang pasang, rentang besar hasil observasi yaitu selisih antara nilai terbesar dan terkecil

Dari grafik di atas terlihat pola pasang surut yang hampir sama, yaitu dengan nilai error 0.004% untuk perbandingan data pengamatan pasang surut Karang Jamuang dan pemodelan, 0.003% untuk perbandingan data pengamatan pasang surut Surabaya dan pemodelan. Maka, data pemodelan pasang surut ini dapat digunakan untuk analisa selanjutnya.

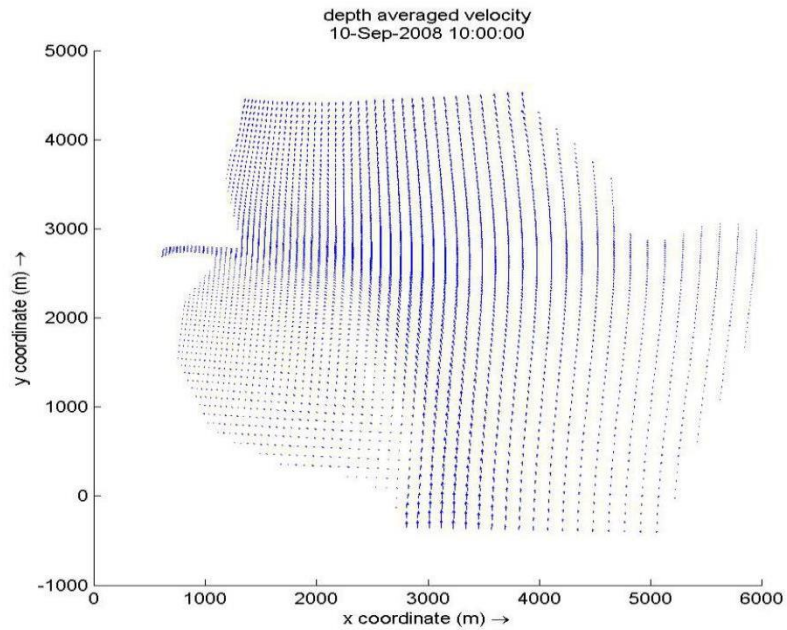
4.2.2 Kondisi Arus

Pada simulasi ini menggunakan 2 skenario. Skenario 1 merupakan kondisi sebelum reklamasi (eksisting) dan skenario 2 ialah kondisi pasca reklamasi.

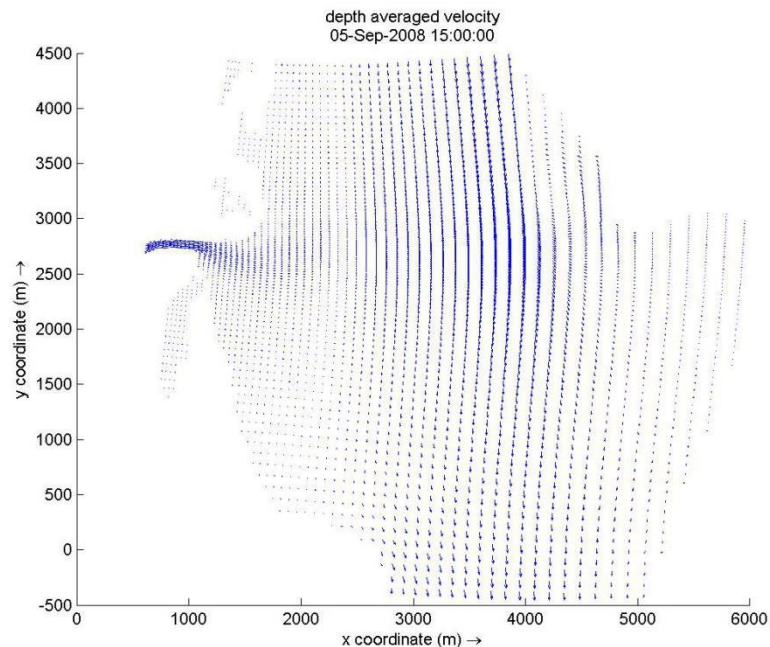
Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan maka didapatkan kondisi arus sebagai berikut.

a. Skenario 1 (kondisi eksisting)

Berdasarkan hasil simulasi Delft3d, untuk kondisi eksisting pada saat pasang tertinggi terjadi pada tanggal 10-09-2008 jam 10.00 yaitu arah arus menuju ke utara dan surut terendah terjadi pada tanggal 05-09-2008 jam 15.00 yaitu arah arus sebagian menuju ke utara dan sebagian menuju ke selatan. Kondisi pasang tertinggi dan surut terendah pada saat kondisi eksisting dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.21. Pola Arus Pasang Tertinggi Kondisi Eksisting

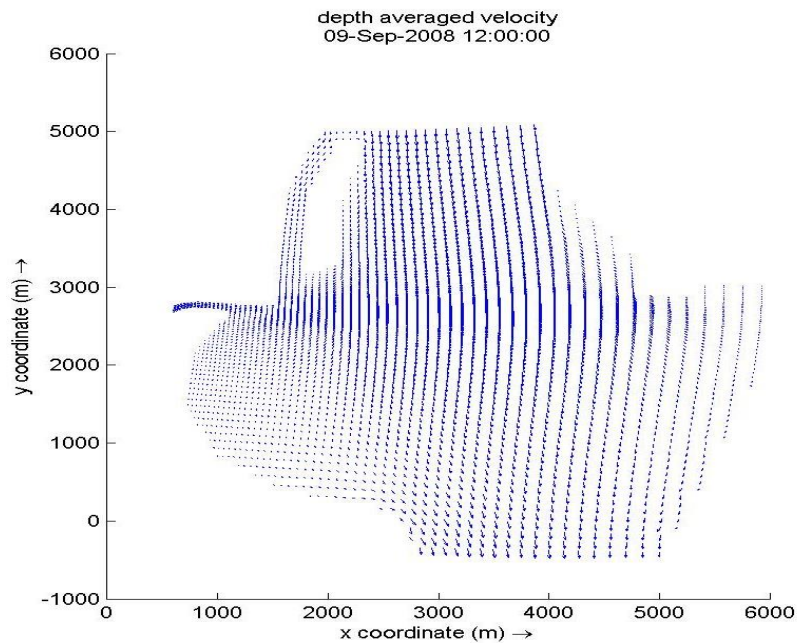


Gambar 4.22. Pola Arus Surut Terendah Kondisi Eksisting

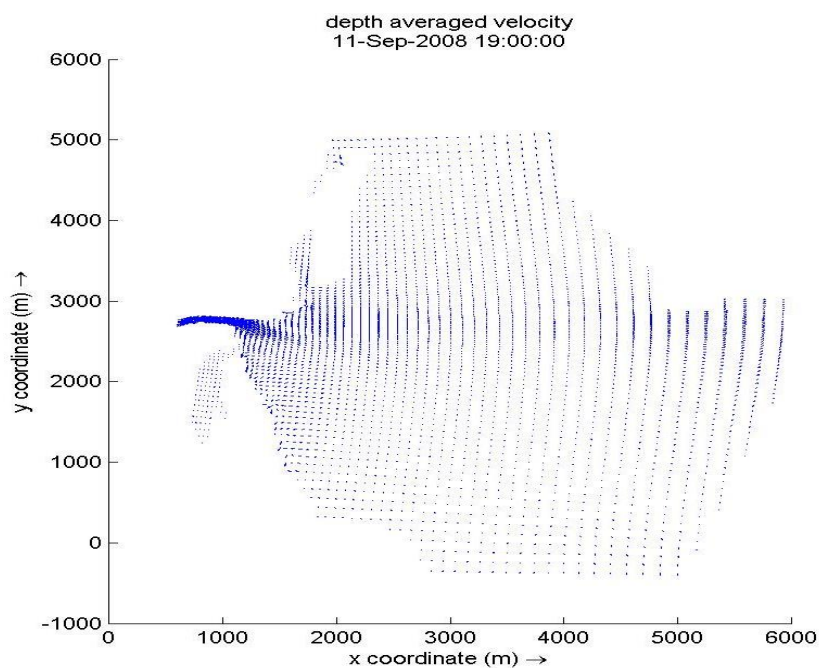
b. Skenario 2 (kondisi pasca reklamasi)

Berdasarkan hasil simulasi Delft3D, untuk kondisi pasca reklamasi pada saat pasang tertinggi terjadi pada tanggal 09-09-2008 jam 12.00 yaitu arah arus menuju ke selatan dan surut terendah terjadi pada tanggal 11-09-2008 jam 19.00

yaitu arah arus dari utara menuju ke muara sungai dan arah arus yang berasal dari Sungai Kalimireng dan selatan menuju ke barat daya. Kondisi pasang tertinggi dan surut terendah pada saat pasca reklamasi dapat dilihat pada gambar berikut.



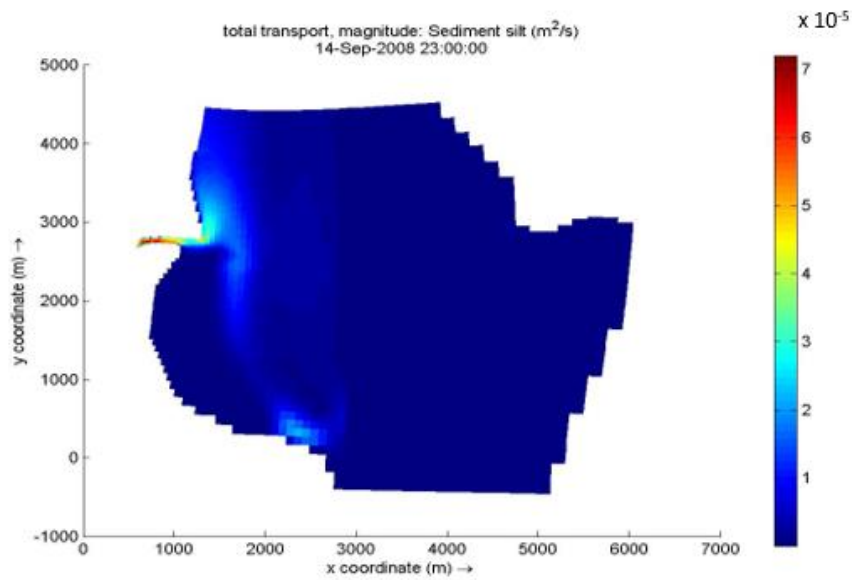
Gambar 4.23. Pola Arus Pasang Tertinggi Pasca Reklamasi



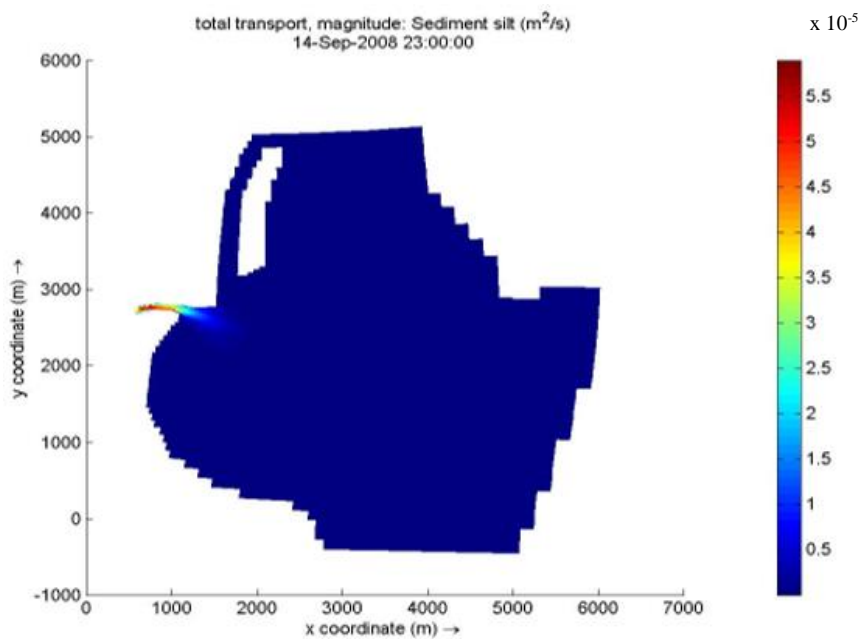
Gambar 4.24. Pola Arus Surut Terendah Pasca Reklamasi

4.2.3 Kondisi Transpor Sedimen

Kondisi transpor sedimen untuk menunjukkan seberapa besar gerakan dari sedimen per satuan waktu. Berikut kondisi transport sedimen pada saat kondisi eksisting dan pasca reklamasi. Hasil yang ditampilkan adalah pada saat akhir simulasi, karena pada akhir simulasi menunjukkan semua hasil simulasi dari awal sampai akhir.



Gambar 4.25. *Total Transport* Kondisi Eksisting

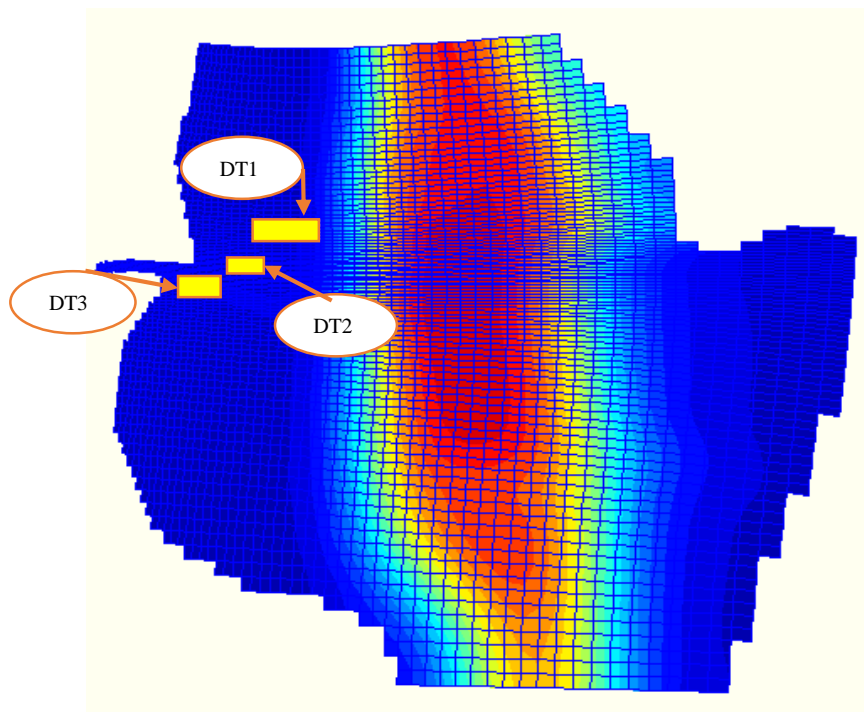


Gambar 4.26. *Total Transport* Pasca Reklamasi

Berdasarkan hasil simulasi dengan Delft3D, transpor sedimen pada kondisi eksisting yang berada di muara Kalimireng berkisar antara $7 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ sampai dengan $0.2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, sedangkan transpor sedimen untuk kondisi pasca reklamasi yang berada di muara Kalimireng berkisar antara $5.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ sampai dengan $0.24 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

4.2.3 Volume Sedimentasi

Berikut merupakan gambar peletakan daerah tinjau yang akan digunakan untuk mengetahui volume sedimen yang terjadi akibat adanya reklamasi. Dalam melakukan simulasi, digunakan *morphological scale factor* = 6 untuk mendapatkan perubahan morfologi selama 3 bulan.



Gambar 4.27. Peletakan Daerah Tinjau

di mana,

- DT 1 = daerah tinjau 1
- DT 2 = daerah tinjau 2
- DT 3 = daerah tinjau 3

Tabel 4.12. Selisih Volume Sedimen yang Terbentuk di Tiap-tiap Daerah Tinjau

Nama	Luas pada Kondisi		Selisih Volume Sedimentasi ($m^3/3\text{bln}$)
	Eksisting (m^2)	Reklamasi (m^2)	
DT 1	58,400	58,400	4,510
DT 2	12,400	12,400	2,078
DT 3	17,900	17,900	3,121

Dari hasil di atas diperoleh bahwa setelah adanya reklamasi terjadi sedimentasi di tiap-tiap daerah tinjau. Pada DT 1 yang memiliki luas wilayah sebesar $58,400 m^2$ mengalami sedimentasi sebanyak $4,510 m^3/3$ bulan, DT 2 yang memiliki luas wilayah sebesar $12,400 m^2$ mengalami sedimentasi sebanyak $2,078 m^3/3$ bulan, dan pada DT 3 yang memiliki luas wilayah sebesar $17,900 m^2$ mengalami sedimentasi sebanyak $3,121 m^3/3$ bulan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan diatas, maka kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini antara lain:

1. Pola arus yang terjadi pada kondisi eksisting yaitu saat pasang tertinggi arah arus menuju ke utara, sedangkan pola arus pada kondisi pasca reklamasi mengalami perubahan yaitu saat pasang tertinggi arah arus menuju ke selatan. Pola arus setelah adanya reklamasi mengalami perubahan.
2. Transpor sedimen yang terjadi adalah *cross-shore sediment transport* dengan transpor sedimen pada kondisi eksisting yang berada di muara Kalimireng berkisar antara $7 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ sampai dengan $0.2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, sedangkan transport sedimen untuk kondisi pasca reklamasi yang berada di muara Kalimireng berkisar antara $5.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ sampai dengan $0.24 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Untuk volume sedimentasi yang terjadi, pada DT 1 yang memiliki luas wilayah sebesar $58,400 \text{ m}^2$ mengalami sedimentasi sebanyak $4,510 \text{ m}^3/3$ bulan, DT 2 yang memiliki luas wilayah sebesar $12,400 \text{ m}^2$ mengalami sedimentasi sebanyak $2,078 \text{ m}^3/3$ bulan, dan pada DT 3 yang memiliki luas wilayah sebesar $17,900 \text{ m}^2$ mengalami sedimentasi sebanyak $3,121 \text{ m}^3/3$ bulan. Volume sedimentasi yang terjadi setelah adanya reklamasi cukup besar, terutama di daerah dekat muara sungai. Apabila hal ini tidak ditanggulangi dengan benar, dikhawatirkan sedimen dapat menutupi muara sungai dan mengakibatkan terjadinya banjir di sekitar Sungai Kalimireng.

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya semua parameter yang ada di Delft3D diinput lebih detail.

2. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya durasi simulasi perlu dibuat lebih lama dengan mempertimbangkan debit sungai dan konsentrasi sedimen pada musim hujan dan kemarau.
3. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya perlu memperbanyak daerah tinjau untuk mengetahui daerah mana saja yang mengalami sedimentasi/erosi secara lebih detail.
4. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan studi banjir di Sungai Kalimireng untuk mengetahui dampak reklamasi terhadap banjir di sekitar muara Kalimireng.

DAFTAR PUSTAKA

- Arizal. 2011. *Pemodelan Numerik Perubahan Morfologi Dasar Pantai Singkil Dengan Menggunakan Delft3D*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Arsyad, Sitanala. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Dahuri, dkk. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Pradnya Paramita: Jakarta.
- DitJend Penataan Ruang. 2008. *Modul Terapan Perencanaan Tata Ruang Wilayah Reklamasi Pantai*. Jakarta.
- DitJend Pesisir dan Pulau-pulau Kecil DKP RI. 2005. *Pedoman Reklamasi di Wilayah Pesisir*. Jakarta.
- Djainal, Herry. 2005. *Reklamasi Pantai dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan Fisik di Wilayah Kepesisiran Kota Ternate*. Tesis, Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Gross, M. G. 1990. *Oceanography: A View of Earth*. New Jersey: Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff.
- Hafli, T. M. 2014. *Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai akibat Konstruksi Jetty Pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar Menggunakan Software Delft3D*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- <http://darius-arkwright.blogspot.co.id/2010/04/pendahuluan-reklamasi-adalah-suatu.html> diakses pada tanggal 10 Februari 2016.
- <http://eckoeffendi.files.wordpress.com/2012/09/kuliah-4.pdf> diakses pada tanggal 12 Februari 2016.
- <http://perencanaankota.blogspot.co.id/2013/12/reklamasi-pantai-pengertian-dan-tujuan.html> diakses pada tanggal 10 Februari 2016.
- Kurniawan, Yusak. 2016. *Analisa Laju Sedimentasi di Area Terminal LNG BP. Tangguh*. Tugas Akhir, Departemen Teknik Kelautan. Fakultas Teknologi Kelautan-ITS.

- Maskur, Ali. 2008. *Rekonstruksi Pengaturan Hukum Reklamasi Pantai di Kota Semarang*. Tesis, Program Magister Ilmu Hukum Universitas Diponegoro, Semarang.
- Pettijohn, F. J. 1975. *Sedimentary Rock*. New York: Halper and R Brother.
- Pipkin, B. W. 1977. *Laboratory Exercise in Oceanography*. San Fransisco: W. H. Freeman and Company.
- Pujiraharjo, Alwafi, dkk. 2013. “Studi Dampak Rencana Reklamasi di Teluk Lamong Propinsi Jawa Timur Terhadap Pola Arus Pasang Surut dan Angkutan Sedimen”, *Jurnal Rekayasa Sipil Vol. 7 No. 2*.
- Putra, A.S. 2010. *Proses Sedimentasi di Muara Sungai Batang Arau, Kota Padang*. Pekanbaru. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.
- Rasyif, T. M. 2012. *Simulasi Numerik Pengaruh Arus Pasang Surut Terhadap Potensi Sedimentasi dan Erosi di Sekitar Muara*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Republik Indonesia, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 40/PRT/M Tahun 2007 tentang Penataan Ruang Kawasan Reklamasi Pantai.
- Republik Indonesia, Peraturan Menteri Perhubungan No. 52/PM Tahun 2011 Tentang Pengerukan dan Reklamasi.
- Republik Indonesia, Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 Pasal 1 Ayat 23 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Steady dan Fatturahman A. 2007. Proses Sedimentasi Sungai Kalijaga dan Sungai Sukolilo di Perairan Cirebon. *Jurnal Geologi Kelautan*.
- Syarifullah, Rikan. 2015. *Perubahan Morfologi Profil Pantai Akibat Pengaruh Cross-shore Sediment Transport*. Tugas Akhir, Departemen Teknik Kelautan. Fakultas Teknologi Kelautan-ITS.
- Wagiu, Max. 2011. “Dampak Program Reklamasi Bagi Ekonomi Rumah Tangga Nelayan di Kota Manado”. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis Vol. VIII*.
- Yuwono, Nur, dan Robert J. Kodoatie. 2004. *Pedoman Pengembangan Reklamasi Pantai dan Perencanaan Bangunan Pengamannya*. Direktorat Bina Teknik, Ditjen Sumber Daya Air Departemen Kimpraswil.

LAMPIRAN I

DATA PENGAMATAN PASANG SURUT

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

A. Data Pengamatan Pasang Surut Karang Jamuang

No.	Tanggal	Bacaan Skala pada Jam																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	31 Agustus 2008	-0.1	0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1
2	1 September 2008	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0	0.1
3	2 September 2008	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0	0.1	0.2
4	3 September 2008	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	0	0.1	0.2	0.3
5	4 September 2008	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.4
6	5 September 2008	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.2	0.1	0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0	0.4
7	6 September 2008	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	-0.1	0.2	0.3
8	7 September 2008	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3	0.2	0	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1	0.1
9	8 September 2008	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0	-0.3	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	0
10	9 September 2008	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0	-0.3	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	0
11	10 September 2008	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	-0.1	-0.3	-0.5	-0.7	-0.7	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	0
12	11 September 2008	0.1	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1
13	12 September 2008	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1
14	13 September 2008	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0
15	14 September 2008	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.1	0.2

B. Data Pengamatan Pasang Surut Surabaya

No.	Tanggal			Becan Skala pada Jam																							
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	31	Agustus	2008	0.7	0.7	0.6	0.3	-0.1	-0.4	-0.6	-0.6	-0.5	-0.1	0.2	0.5	0.7	0.8	0.6	0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-0.8	-0.7	-0.4	0	0.4
2	1	September	2008	0.7	0.8	0.7	0.5	0.1	-0.2	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	0.3	0	-0.3	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.1	0.3
3	2	September	2008	0.6	0.8	0.8	0.6	0.4	0	-0.3	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.2	0.2	0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	0	0.2
4	3	September	2008	0.5	0.7	0.8	0.7	0.6	0.3	0	-0.3	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0	0.2
5	4	September	2008	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3	0	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	0	0.1	0.1	0.2
6	5	September	2008	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.6	0.5	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.5	-0.7	-0.7	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.1	0	0.2	0.2	0.3
7	6	September	2008	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3	0	-0.3	-0.6	-0.8	-1	-1	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.4
8	7	September	2008	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.6	0.3	0	-0.3	-0.7	-1	-1.1	-1.1	-1	-0.7	-0.4	0	0.3	0.4	0.5
9	8	September	2008	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.7	0.4	0	-0.5	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2	-0.9	-0.6	-0.2	0.2	0.3	0.5
10	9	September	2008	0.5	0.4	0.2	0	0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9	0.7	0.3	-0.2	-0.6	-1	-1.3	-1.3	-1.1	-0.9	-0.4	0	0.4	0.6
11	10	September	2008	0.6	0.4	0.2	0	-0.1	-0.1	0	0.3	0.6	0.9	1	0.9	0.6	0.2	-0.3	-0.8	-1.1	-1.2	-1.1	-0.9	-0.4	0	0.4	0.6
12	11	September	2008	0.6	0.5	0.2	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	0	0.4	0.7	0.9	0.9	0.8	0.4	0	-0.5	-0.9	-1.1	-1.1	-0.9	-0.5	-0.1	0.3	0.6
13	12	September	2008	0.6	0.5	0.3	0	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.4	0.7	0.9	0.8	0.6	0.2	-0.3	-0.7	-0.9	-1	-0.8	-0.5	-0.1	0.3	0.5
14	13	September	2008	0.6	0.6	0.3	0	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.2	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-0.7	-0.5	-0.1	0.3	0.5
15	14	September	2008	0.7	0.6	0.4	0.1	-0.2	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.1	0.2	0.4	0.6	0.5	0.3	0.1	-0.2	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	-0.1	0.3	0.6

C. Data Pasang Surut Perairan Kalimireng

	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	142.3	11.0	15.0	10.0	50.0	20.0	120.0	77.0	4.0	17.0
g°		170.0	192.0	268.0	336.0	231.0	125.0	282.0	192.0	336.0

Dengan menggunakan rumus Formzahl (F)

$$F = (K1 + O1) / (M2 + S2)$$

$$F = (50 + 20) / (11 + 15)$$

$$F = 70 / 26$$

$$F = 2.69$$

F	Tidal Type
$0 > F < 0.25$	Semidiurnal
$0.25 > F < 1.5$	Mixed, mainly semidiurnal
$1.5 > F < 3.0$	Mixed, mainly diurnal
$F > 3.0$	Diurnal

dari rumus diatas deketahui bahwa tipe pasut daerah lontar adalah :

Pasang Surut Campuran Condong Harian Tunggal.

$$\begin{aligned}
 \text{HAT} &= \text{LAT} + 2 (K1 + O1 + S2 + M2) \\
 &= 19.3 + 2 (50 + 20 + 15 + 11) \\
 &= 19.3 + 2 (96) \\
 &= 211.3 \text{ cm} \\
 &= 2.113 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MHHWS} &= \text{LAT} + 2 (K1 + O1) + S2 + M2 \\
 &= 19.3 + 2 (50 + 20) + 15 + 11 \\
 &= 19.3 + 2 (70) + 26 \\
 &= 19.3 + 140 + 26
 \end{aligned}$$

$$= 185.3 \text{ cm}$$

$$= 1.853 \text{ m}$$

$$\text{MHHWN} = \text{LAT} + 2 (\text{K1}) + \text{S2} + \text{M2}$$

$$= 19.3 + 2 (50) + 15 + 11$$

$$= 19.3 + 100 + 26$$

$$= 145.3 \text{ cm}$$

$$= 1.453 \text{ m}$$

$$\text{MSL} = \text{S0}$$

$$= 142.3 \text{ cm}$$

$$= 1.423 \text{ m}$$

$$\text{MLLWN} = \text{LAT} + 2 (\text{O1}) + \text{S2} + \text{M2}$$

$$= 19.3 + 2 (20) + 15 + 11$$

$$= 19.3 + 40 + 26$$

$$= 85.3 \text{ cm}$$

$$= 0.853 \text{ m}$$

$$\text{MLLWS} = \text{LAT} + \text{S2} + \text{M2}$$

$$= 19.3 + 15 + 11$$

$$= 45.3 \text{ cm}$$

$$= 0.453 \text{ m}$$

$$\text{LAT} = 19.3 \text{ cm}$$

Dengan,

HAT = *High Astronomical Tide*

MHHWS = *Mean Highest High Water Spring*

MHHWN = *Mean Highest High Water Normal*

MSL = *Mean Sea Level*

MLLWN = *Mean Lowest Low Water Normal*

MLLWS = *Mean Lowest Low Water Spring*

LAT = *Low Astronomical Tide*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN II

DATA VALIDASI PASANG SURUT

Halaman ini sengaja dikosongkan)

A. Data Validasi Pasang Surut Karang Jombang

Tanggal dan Waktu	Data Pengamatan (m)	Hasil Input Delft3D (m)	Selisih (Error)
31/8/2008 0:00	-0.1	0.00	0.10
31/8/2008 1:00	0	0.04	0.04
31/8/2008 2:00	0.1	0.13	0.03
31/8/2008 3:00	0.2	0.21	0.01
31/8/2008 4:00	0.2	0.20	0.00
31/8/2008 5:00	0.2	0.20	0.00
31/8/2008 6:00	0.2	0.20	0.00
31/8/2008 7:00	0.2	0.20	0.00
31/8/2008 8:00	0.2	0.20	0.00
31/8/2008 9:00	0.2	0.20	0.00
31/8/2008 10:00	0.2	0.20	0.00
31/8/2008 11:00	0.2	0.21	0.01
31/8/2008 12:00	0.2	0.22	0.02
31/8/2008 13:00	0.1	0.14	0.04
31/8/2008 14:00	0	0.03	0.03
31/8/2008 15:00	-0.1	-0.08	0.02
31/8/2008 16:00	-0.2	-0.20	0.00
31/8/2008 17:00	-0.2	-0.20	0.00
31/8/2008 18:00	-0.3	-0.30	0.00
31/8/2008 19:00	-0.3	-0.30	0.00
31/8/2008 20:00	-0.3	-0.30	0.00
31/8/2008 21:00	-0.2	-0.20	0.00
31/8/2008 22:00	-0.1	-0.10	0.00
31/8/2008 23:00	-0.1	-0.08	0.02
1/9/2008 0:00	0	0.04	0.04
1/9/2008 1:00	0.1	0.14	0.04
1/9/2008 2:00	0.1	0.13	0.03
1/9/2008 3:00	0.2	0.22	0.02
1/9/2008 4:00	0.2	0.20	0.00
1/9/2008 5:00	0.1	0.10	0.00
1/9/2008 6:00	0.1	0.10	0.00
1/9/2008 7:00	0.1	0.10	0.00
1/9/2008 8:00	0.1	0.10	0.00
1/9/2008 9:00	0.1	0.10	0.00
1/9/2008 10:00	0.1	0.10	0.00
1/9/2008 11:00	0	0.00	0.00

1/9/2008 12:00	0	0.01	0.01
1/9/2008 13:00	0	0.03	0.03
1/9/2008 14:00	-0.1	-0.07	0.03
1/9/2008 15:00	-0.1	-0.08	0.02
1/9/2008 16:00	-0.2	-0.19	0.01
1/9/2008 17:00	-0.2	-0.20	0.00
1/9/2008 18:00	-0.2	-0.20	0.00
1/9/2008 19:00	-0.2	-0.20	0.00
1/9/2008 20:00	-0.2	-0.20	0.00
1/9/2008 21:00	-0.1	-0.10	0.00
1/9/2008 22:00	0	0.00	0.00
1/9/2008 23:00	0.1	0.10	0.00
2/9/2008 0:00	0.2	0.21	0.01
2/9/2008 1:00	0.2	0.23	0.03
2/9/2008 2:00	0.2	0.23	0.03
2/9/2008 3:00	0.2	0.22	0.02
2/9/2008 4:00	0.2	0.21	0.01
2/9/2008 5:00	0.2	0.20	0.00
2/9/2008 6:00	0.1	0.10	0.00
2/9/2008 7:00	0.1	0.10	0.00
2/9/2008 8:00	0	0.00	0.00
2/9/2008 9:00	0	0.00	0.00
2/9/2008 10:00	-0.1	-0.10	0.00
2/9/2008 11:00	-0.1	-0.10	0.00
2/9/2008 12:00	-0.1	-0.10	0.00
2/9/2008 13:00	-0.2	-0.19	0.01
2/9/2008 14:00	-0.2	-0.18	0.02
2/9/2008 15:00	-0.2	-0.18	0.02
2/9/2008 16:00	-0.2	-0.19	0.01
2/9/2008 17:00	-0.2	-0.17	0.03
2/9/2008 18:00	-0.2	-0.20	0.00
2/9/2008 19:00	-0.1	-0.10	0.00
2/9/2008 20:00	-0.1	-0.10	0.00
2/9/2008 21:00	0	0.00	0.00
2/9/2008 22:00	0.1	0.10	0.00
2/9/2008 23:00	0.2	0.20	0.00
3/9/2008 0:00	0.3	0.30	0.00
3/9/2008 1:00	0.3	0.32	0.02
3/9/2008 2:00	0.3	0.33	0.03

3/9/2008 3:00	0.3	0.32	0.02
3/9/2008 4:00	0.3	0.32	0.02
3/9/2008 5:00	0.2	0.21	0.01
3/9/2008 6:00	0.2	0.20	0.00
3/9/2008 7:00	0.1	0.10	0.00
3/9/2008 8:00	0	0.00	0.00
3/9/2008 9:00	-0.1	-0.10	0.00
3/9/2008 10:00	-0.2	-0.20	0.00
3/9/2008 11:00	-0.2	-0.20	0.00
3/9/2008 08:00	-0.3	-0.30	0.00
3/9/2008 13:00	-0.3	-0.30	0.00
3/9/2008 14:00	-0.4	-0.39	0.01
3/9/2008 15:00	-0.4	-0.38	0.02
3/9/2008 16:00	-0.4	-0.38	0.02
3/9/2008 17:00	-0.3	-0.29	0.01
3/9/2008 18:00	-0.3	-0.29	0.01
3/9/2008 19:00	-0.2	-0.20	0.00
3/9/2008 20:00	0	0.00	0.00
3/9/2008 21:00	0.1	0.10	0.00
3/9/2008 22:00	0.2	0.20	0.00
3/9/2008 23:00	0.3	0.30	0.00
4/9/2008 0:00	0.5	0.50	0.00
4/9/2008 1:00	0.5	0.50	0.00
4/9/2008 2:00	0.5	0.50	0.00
4/9/2008 3:00	0.4	0.41	0.01
4/9/2008 4:00	0.4	0.42	0.02
4/9/2008 5:00	0.3	0.31	0.01
4/9/2008 6:00	0.2	0.21	0.01
4/9/2008 7:00	0.1	0.10	0.00
4/9/2008 8:00	0	0.00	0.00
4/9/2008 9:00	-0.1	-0.09	0.01
4/9/2008 10:00	-0.2	-0.21	-0.01
4/9/2008 11:00	-0.3	-0.30	0.00
4/9/2008 12:00	-0.4	-0.40	0.00
4/9/2008 13:00	-0.5	-0.50	0.00
4/9/2008 14:00	-0.5	-0.50	0.00
4/9/2008 15:00	-0.5	-0.50	0.00
4/9/2008 16:00	-0.5	-0.49	0.01
4/9/2008 17:00	-0.5	-0.49	0.01

4/9/2008 18:00	-0.4	-0.39	0.01
4/9/2008 19:00	-0.2	-0.19	0.01
4/9/2008 20:00	-0.1	-0.10	0.00
4/9/2008 21:00	0.1	0.10	0.00
4/9/2008 22:00	0.2	0.20	0.00
4/9/2008 23:00	0.4	0.40	0.00
5/9/2008 0:00	0.5	0.50	0.00
5/9/2008 1:00	0.5	0.50	0.00
5/9/2008 2:00	0.6	0.60	0.00
5/9/2008 3:00	0.6	0.60	0.00
5/9/2008 4:00	0.5	0.51	0.01
5/9/2008 5:00	0.4	0.41	0.01
5/9/2008 6:00	0.4	0.41	0.01
5/9/2008 7:00	0.2	0.21	0.01
5/9/2008 8:00	0.1	0.10	0.00
5/9/2008 9:00	0	0.00	0.00
5/9/2008 10:00	-0.1	-0.10	0.00
5/9/2008 11:00	-0.3	-0.30	0.00
5/9/2008 12:00	-0.4	-0.40	0.00
5/9/2008 13:00	-0.5	-0.50	0.00
5/9/2008 14:00	-0.6	-0.60	0.00
5/9/2008 15:00	-0.7	-0.70	0.00
5/9/2008 16:00	-0.7	-0.70	0.00
5/9/2008 17:00	-0.6	-0.59	0.01
5/9/2008 18:00	-0.5	-0.49	0.01
5/9/2008 19:00	-0.3	-0.29	0.01
5/9/2008 20:00	-0.2	-0.19	0.01
5/9/2008 21:00	0	0.01	0.01
5/9/2008 22:00	0.2	0.20	0.00
5/9/2008 23:00	0.4	0.40	0.00
6/9/2008 0:00	0.5	0.50	0.00
6/9/2008 1:00	0.6	0.60	0.00
6/9/2008 2:00	0.6	0.60	0.00
6/9/2008 3:00	0.6	0.60	0.00
6/9/2008 4:00	0.6	0.60	0.00
6/9/2008 5:00	0.5	0.50	0.00
6/9/2008 6:00	0.5	0.50	0.00
6/9/2008 7:00	0.4	0.41	0.01
6/9/2008 8:00	0.2	0.21	0.01

6/9/2008 9:00	0.1	0.11	0.01
6/9/2008 10:00	-0.1	-0.09	0.01
6/9/2008 11:00	-0.2	-0.20	0.00
6/9/2008 12:00	-0.4	-0.40	0.00
6/9/2008 13:00	-0.6	-0.60	0.00
6/9/2008 14:00	-0.7	-0.70	0.00
6/9/2008 15:00	-0.8	-0.80	0.00
6/9/2008 16:00	-0.8	-0.80	0.00
6/9/2008 17:00	-0.7	-0.70	0.00
6/9/2008 18:00	-0.6	-0.60	0.00
6/9/2008 19:00	-0.5	-0.49	0.01
6/9/2008 20:00	-0.3	-0.28	0.02
6/9/2008 21:00	-0.1	-0.08	0.02
6/9/2008 22:00	0.2	0.21	0.01
6/9/2008 23:00	0.3	0.31	0.01
7/9/2008 0:00	0.5	0.50	0.00
7/9/2008 1:00	0.6	0.60	0.00
7/9/2008 2:00	0.7	0.70	0.00
7/9/2008 3:00	0.7	0.70	0.00
7/9/2008 4:00	0.7	0.70	0.00
7/9/2008 5:00	0.6	0.60	0.00
7/9/2008 6:00	0.6	0.60	0.00
7/9/2008 7:00	0.5	0.50	0.00
7/9/2008 8:00	0.4	0.41	0.01
7/9/2008 9:00	0.2	0.22	0.02
7/9/2008 10:00	0.1	0.11	0.01
7/9/2008 11:00	-0.1	-0.09	0.01
7/9/2008 12:00	-0.3	-0.30	0.00
7/9/2008 13:00	-0.5	-0.50	0.00
7/9/2008 14:00	-0.7	-0.70	0.00
7/9/2008 15:00	-0.8	-0.80	0.00
7/9/2008 16:00	-0.8	-0.80	0.00
7/9/2008 17:00	-0.8	-0.80	0.00
7/9/2008 18:00	-0.8	-0.80	0.00
7/9/2008 19:00	-0.6	-0.60	0.00
7/9/2008 20:00	-0.4	-0.38	0.02
7/9/2008 21:00	-0.2	-0.17	0.03
7/9/2008 22:00	0.1	0.12	0.02
7/9/2008 23:00	0.3	0.31	0.01

8/9/2008 0:00	0.4	0.40	0.00
8/9/2008 1:00	0.6	0.60	0.00
8/9/2008 2:00	0.6	0.60	0.00
8/9/2008 3:00	0.7	0.70	0.00
8/9/2008 4:00	0.7	0.70	0.00
8/9/2008 5:00	0.7	0.70	0.00
8/9/2008 6:00	0.6	0.60	0.00
8/9/2008 7:00	0.5	0.50	0.00
8/9/2008 8:00	0.5	0.51	0.01
8/9/2008 9:00	0.3	0.33	0.03
8/9/2008 10:00	0.2	0.23	0.03
8/9/2008 11:00	0	0.02	0.02
8/9/2008 12:00	-0.2	-0.19	0.01
8/9/2008 13:00	-0.4	-0.40	0.00
8/9/2008 14:00	-0.6	-0.60	0.00
8/9/2008 15:00	-0.7	-0.70	0.00
8/9/2008 16:00	-0.8	-0.80	0.00
8/9/2008 17:00	-0.9	-0.90	0.00
8/9/2008 18:00	-0.8	-0.80	0.00
8/9/2008 19:00	-0.7	-0.70	0.00
8/9/2008 20:00	-0.6	-0.59	0.01
8/9/2008 21:00	-0.3	-0.27	0.03
8/9/2008 22:00	-0.1	-0.08	0.02
8/9/2008 23:00	0.1	0.12	0.02
9/9/2008 0:00	0.3	0.31	0.01
9/9/2008 1:00	0.5	0.50	0.00
9/9/2008 2:00	0.6	0.60	0.00
9/9/2008 3:00	0.6	0.60	0.00
9/9/2008 4:00	0.6	0.60	0.00
9/9/2008 5:00	0.6	0.60	0.00
9/9/2008 6:00	0.6	0.60	0.00
9/9/2008 7:00	0.6	0.60	0.00
9/9/2008 8:00	0.5	0.50	0.00
9/9/2008 9:00	0.4	0.42	0.02
9/9/2008 10:00	0.3	0.33	0.03
9/9/2008 11:00	0.1	0.13	0.03
9/9/2008 12:00	0	0.02	0.02
9/9/2008 13:00	-0.3	-0.29	0.01
9/9/2008 14:00	-0.5	-0.50	0.00

9/9/2008 15:00	-0.6	-0.60	0.00
9/9/2008 16:00	-0.8	-0.80	0.00
9/9/2008 17:00	-0.8	-0.80	0.00
9/9/2008 18:00	-0.8	-0.80	0.00
9/9/2008 19:00	-0.7	-0.70	0.00
9/9/2008 20:00	-0.6	-0.60	0.00
9/9/2008 21:00	-0.4	-0.39	0.01
9/9/2008 22:00	-0.2	-0.17	0.03
9/9/2008 23:00	0	0.03	0.03
10/9/2008 0:00	0.2	0.22	0.02
10/9/2008 1:00	0.4	0.40	0.00
10/9/2008 2:00	0.5	0.50	0.00
10/9/2008 3:00	0.5	0.50	0.00
10/9/2008 4:00	0.5	0.50	0.00
10/9/2008 5:00	0.6	0.60	0.00
10/9/2008 6:00	0.6	0.60	0.00
10/9/2008 7:00	0.5	0.50	0.00
10/9/2008 8:00	0.5	0.50	0.00
10/9/2008 9:00	0.5	0.51	0.01
10/9/2008 10:00	0.4	0.43	0.03
10/9/2008 11:00	0.2	0.24	0.04
10/9/2008 12:00	0.1	0.13	0.03
10/9/2008 13:00	-0.1	-0.08	0.02
10/9/2008 14:00	-0.3	-0.30	0.00
10/9/2008 15:00	-0.5	-0.50	0.00
10/9/2008 16:00	-0.7	-0.70	0.00
10/9/2008 17:00	-0.7	-0.70	0.00
10/9/2008 18:00	-0.8	-0.80	0.00
10/9/2008 19:00	-0.7	-0.70	0.00
10/9/2008 20:00	-0.6	-0.60	0.00
10/9/2008 21:00	-0.4	-0.39	0.01
10/9/2008 22:00	-0.2	-0.17	0.03
10/9/2008 23:00	0	0.03	0.03
11/9/2008 0:00	0.1	0.13	0.03
11/9/2008 1:00	0.3	0.31	0.01
11/9/2008 2:00	0.3	0.30	0.00
11/9/2008 3:00	0.4	0.39	-0.01
11/9/2008 4:00	0.4	0.40	0.00
11/9/2008 5:00	0.5	0.50	0.00

11/9/2008 6:00	0.5	0.50	0.00
11/9/2008 7:00	0.5	0.50	0.00
11/9/2008 8:00	0.5	0.50	0.00
11/9/2008 9:00	0.4	0.40	0.00
11/9/2008 10:00	0.4	0.42	0.02
11/9/2008 11:00	0.3	0.33	0.03
11/9/2008 12:00	0.2	0.23	0.03
11/9/2008 13:00	0	0.02	0.02
11/9/2008 14:00	-0.2	-0.19	0.01
11/9/2008 15:00	-0.4	-0.40	0.00
11/9/2008 16:00	-0.5	-0.50	0.00
11/9/2008 17:00	-0.6	-0.60	0.00
11/9/2008 18:00	-0.7	-0.70	0.00
11/9/2008 19:00	-0.6	-0.60	0.00
11/9/2008 20:00	-0.5	-0.50	0.00
11/9/2008 21:00	-0.4	-0.39	0.01
11/9/2008 22:00	-0.2	-0.18	0.02
11/9/2008 23:00	-0.1	-0.06	0.04
12/9/2008 0:00	0.1	0.13	0.03
12/9/2008 1:00	0.2	0.22	0.02
12/9/2008 2:00	0.3	0.30	0.00
12/9/2008 3:00	0.3	0.30	0.00
12/9/2008 4:00	0.3	0.30	0.00
12/9/2008 5:00	0.3	0.30	0.00
12/9/2008 6:00	0.3	0.30	0.00
12/9/2008 7:00	0.3	0.30	0.00
12/9/2008 8:00	0.3	0.30	0.00
12/9/2008 9:00	0.3	0.30	0.00
12/9/2008 10:00	0.3	0.31	0.01
12/9/2008 11:00	0.3	0.33	0.03
12/9/2008 12:00	0.2	0.23	0.03
12/9/2008 13:00	0.1	0.13	0.03
12/9/2008 14:00	-0.1	-0.08	0.02
12/9/2008 15:00	-0.2	-0.20	0.00
12/9/2008 16:00	-0.4	-0.40	0.00
12/9/2008 17:00	-0.5	-0.50	0.00
12/9/2008 18:00	-0.5	-0.50	0.00
12/9/2008 19:00	-0.5	-0.50	0.00
12/9/2008 20:00	-0.4	-0.40	0.00

12/9/2008 21:00	-0.3	-0.30	0.00
12/9/2008 22:00	-0.2	-0.18	0.02
12/9/2008 23:00	-0.1	-0.07	0.03
13/9/2008 0:00	0.1	0.13	0.03
13/9/2008 1:00	0.1	0.13	0.03
13/9/2008 2:00	0.2	0.21	0.01
13/9/2008 3:00	0.2	0.20	0.00
13/9/2008 4:00	0.2	0.20	0.00
13/9/2008 5:00	0.2	0.20	0.00
13/9/2008 6:00	0.2	0.20	0.00
13/9/2008 7:00	0.2	0.20	0.00
13/9/2008 8:00	0.2	0.20	0.00
13/9/2008 9:00	0.2	0.20	0.00
13/9/2008 10:00	0.2	0.21	0.01
13/9/2008 11:00	0.2	0.22	0.02
13/9/2008 12:00	0.2	0.23	0.03
13/9/2008 13:00	0.1	0.13	0.03
13/9/2008 14:00	0	0.02	0.02
13/9/2008 15:00	-0.1	-0.10	0.00
13/9/2008 16:00	-0.2	-0.20	0.00
13/9/2008 17:00	-0.3	-0.30	0.00
13/9/2008 18:00	-0.4	-0.40	0.00
13/9/2008 19:00	-0.4	-0.40	0.00
13/9/2008 20:00	-0.3	-0.30	0.00
13/9/2008 21:00	-0.2	-0.20	0.00
13/9/2008 22:00	-0.1	-0.09	0.01
13/9/2008 23:00	0	0.03	0.03
14/9/2008 0:00	0.1	0.13	0.03
14/9/2008 1:00	0.1	0.13	0.03
14/9/2008 2:00	0.1	0.12	0.02
14/9/2008 3:00	0.2	0.20	0.00
14/9/2008 4:00	0.2	0.20	0.00
14/9/2008 5:00	0.1	0.10	0.00
14/9/2008 6:00	0.1	0.10	0.00
14/9/2008 7:00	0.1	0.10	0.00
14/9/2008 8:00	0.1	0.10	0.00
14/9/2008 9:00	0.1	0.10	0.00
14/9/2008 10:00	0.1	0.10	0.00
14/9/2008 11:00	0.1	0.11	0.01

14/9/2008 12:00	0.1	0.13	0.03
14/9/2008 13:00	0	0.03	0.03
14/9/2008 14:00	0	0.02	0.02
14/9/2008 15:00	-0.1	-0.09	0.01
14/9/2008 16:00	-0.2	-0.20	0.00
14/9/2008 17:00	-0.2	-0.20	0.00
14/9/2008 18:00	-0.2	-0.20	0.00
14/9/2008 19:00	-0.2	-0.20	0.00
14/9/2008 20:00	-0.2	-0.20	0.00
14/9/2008 21:00	-0.1	-0.10	0.00
14/9/2008 22:00	0.1	0.10	0.00
14/9/2008 23:00	0.2	0.22	0.02

$$\begin{aligned}
 \text{Prosentase Error} &= \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \frac{\hat{x}_i - x_i}{TP} \right] \times 100\% \\
 &= \frac{1}{360} \left(\frac{2.46}{1.6} \right) \times 100\% \\
 &= 0.004\%
 \end{aligned}$$

di mana,

n = jumlah data

\hat{x}_i = data pemodelan

x_i = data pengamatan

TP = tunggang pasang, rentang besar hasil observasi yaitu selisih antara nilai terbesar dan terkecil

B. Data Validasi Pasang Surut Surabaya

Tanggal dan Waktu	Data Pengamatan	Hasil Input Delft3D	Selisih (Error)
31/8/2008 0:00	0.7	0.00	-0.70
31/8/2008 1:00	0.7	0.69	-0.01
31/8/2008 2:00	0.6	0.58	-0.02
31/8/2008 3:00	0.3	0.30	0.00
31/8/2008 4:00	-0.1	-0.09	0.01
31/8/2008 5:00	-0.4	-0.36	0.04
31/8/2008 6:00	-0.6	-0.54	0.06
31/8/2008 7:00	-0.6	-0.53	0.07
31/8/2008 8:00	-0.5	-0.44	0.06
31/8/2008 9:00	-0.1	-0.08	0.02
31/8/2008 10:00	0.2	0.20	0.00
31/8/2008 11:00	0.5	0.49	-0.01
31/8/2008 12:00	0.7	0.68	-0.02
31/8/2008 13:00	0.8	0.78	-0.02
31/8/2008 14:00	0.6	0.58	-0.02
31/8/2008 15:00	0.2	0.19	-0.01
31/8/2008 16:00	-0.2	-0.20	0.00
31/8/2008 17:00	-0.5	-0.49	0.01
31/8/2008 18:00	-0.8	-0.77	0.03
31/8/2008 19:00	-0.8	-0.76	0.04
31/8/2008 20:00	-0.7	-0.67	0.03
31/8/2008 21:00	-0.4	-0.38	0.02
31/8/2008 22:00	0	0.00	0.00
31/8/2008 23:00	0.4	0.39	-0.01
1/9/2008 0:00	0.7	0.68	-0.02
1/9/2008 1:00	0.8	0.78	-0.02
1/9/2008 2:00	0.7	0.68	-0.02
1/9/2008 3:00	0.5	0.49	-0.01
1/9/2008 4:00	0.1	0.10	0.00
1/9/2008 5:00	-0.2	-0.19	0.01
1/9/2008 6:00	-0.5	-0.46	0.04
1/9/2008 7:00	-0.6	-0.54	0.06
1/9/2008 8:00	-0.6	-0.54	0.06
1/9/2008 9:00	-0.4	-0.36	0.04
1/9/2008 10:00	-0.1	-0.08	0.02
1/9/2008 11:00	0.2	0.19	-0.01

1/9/2008 12:00	0.4	0.39	-0.01
1/9/2008 13:00	0.5	0.48	-0.02
1/9/2008 14:00	0.5	0.48	-0.02
1/9/2008 15:00	0.3	0.29	-0.01
1/9/2008 16:00	0	-0.01	-0.01
1/9/2008 17:00	-0.3	-0.30	0.00
1/9/2008 18:00	-0.5	-0.49	0.01
1/9/2008 19:00	-0.6	-0.57	0.03
1/9/2008 20:00	-0.6	-0.57	0.03
1/9/2008 21:00	-0.5	-0.47	0.03
1/9/2008 22:00	-0.1	-0.09	0.01
1/9/2008 23:00	0.3	0.29	-0.01
2/9/2008 0:00	0.6	0.59	-0.01
2/9/2008 1:00	0.8	0.78	-0.02
2/9/2008 2:00	0.8	0.78	-0.02
2/9/2008 3:00	0.6	0.59	-0.01
2/9/2008 4:00	0.4	0.39	-0.01
2/9/2008 5:00	0	0.00	0.00
2/9/2008 6:00	-0.3	-0.28	0.02
2/9/2008 7:00	-0.5	-0.46	0.04
2/9/2008 8:00	-0.6	-0.55	0.05
2/9/2008 9:00	-0.6	-0.55	0.05
2/9/2008 10:00	-0.4	-0.38	0.02
2/9/2008 11:00	-0.2	-0.19	0.01
2/9/2008 12:00	0	0.00	0.00
2/9/2008 13:00	0.2	0.19	-0.01
2/9/2008 14:00	0.2	0.19	-0.01
2/9/2008 15:00	0.2	0.19	-0.01
2/9/2008 16:00	0	-0.01	-0.01
2/9/2008 17:00	-0.1	0.35	0.45
2/9/2008 18:00	-0.3	-0.30	0.00
2/9/2008 19:00	-0.4	-0.39	0.01
2/9/2008 20:00	-0.4	-0.38	0.02
2/9/2008 21:00	-0.3	-0.28	0.02
2/9/2008 22:00	0	0.01	0.01
2/9/2008 23:00	0.2	0.20	0.00
3/9/2008 0:00	0.5	0.49	-0.01
3/9/2008 1:00	0.7	0.69	-0.01
3/9/2008 2:00	0.8	0.78	-0.02

3/9/2008 3:00	0.7	0.69	-0.01
3/9/2008 4:00	0.6	0.59	-0.01
3/9/2008 5:00	0.3	0.30	0.00
3/9/2008 6:00	0	0.00	0.00
3/9/2008 7:00	-0.3	-0.28	0.02
3/9/2008 8:00	-0.5	-0.46	0.04
3/9/2008 9:00	-0.6	-0.56	0.04
3/9/2008 10:00	-0.6	-0.57	0.03
3/9/2008 11:00	-0.5	-0.48	0.02
3/9/2008 12:00	-0.3	-0.30	0.00
3/9/2008 13:00	-0.2	-0.20	0.00
3/9/2008 14:00	-0.1	-0.11	-0.01
3/9/2008 15:00	0	-0.01	-0.01
3/9/2008 16:00	-0.1	-0.11	-0.01
3/9/2008 17:00	-0.1	-0.11	-0.01
3/9/2008 18:00	-0.2	-0.20	0.00
3/9/2008 19:00	-0.2	-0.20	0.00
3/9/2008 20:00	-0.2	-0.19	0.01
3/9/2008 21:00	-0.1	-0.09	0.01
3/9/2008 22:00	0	0.01	0.01
3/9/2008 23:00	0.2	0.21	0.01
4/9/2008 0:00	0.4	0.41	0.01
4/9/2008 1:00	0.6	0.60	0.00
4/9/2008 2:00	0.7	0.69	-0.01
4/9/2008 3:00	0.7	0.69	-0.01
4/9/2008 4:00	0.7	0.69	-0.01
4/9/2008 5:00	0.5	0.49	-0.01
4/9/2008 6:00	0.3	0.30	0.00
4/9/2008 7:00	0	0.00	0.00
4/9/2008 8:00	-0.2	-0.19	0.01
4/9/2008 9:00	-0.4	-0.07	0.33
4/9/2008 10:00	-0.5	-0.49	0.01
4/9/2008 11:00	-0.6	-0.58	0.02
4/9/2008 12:00	-0.6	-0.59	0.01
4/9/2008 13:00	-0.5	-0.50	0.00
4/9/2008 14:00	-0.4	-0.40	0.00
4/9/2008 15:00	-0.4	-0.40	0.00
4/9/2008 16:00	-0.3	-0.31	-0.01
4/9/2008 17:00	-0.2	-0.21	-0.01

4/9/2008 18:00	-0.2	-0.21	-0.01
4/9/2008 19:00	-0.1	-0.10	0.00
4/9/2008 20:00	-0.1	-0.10	0.00
4/9/2008 21:00	0	0.00	0.00
4/9/2008 22:00	0.1	0.10	0.00
4/9/2008 23:00	0.2	0.21	0.01
5/9/2008 0:00	0.4	0.41	0.01
5/9/2008 1:00	0.5	0.50	0.00
5/9/2008 2:00	0.6	0.60	0.00
5/9/2008 3:00	0.7	0.70	0.00
5/9/2008 4:00	0.7	0.69	-0.01
5/9/2008 5:00	0.6	0.59	-0.01
5/9/2008 6:00	0.5	0.50	0.00
5/9/2008 7:00	0.3	0.30	0.00
5/9/2008 8:00	0.1	0.10	0.00
5/9/2008 9:00	-0.1	-0.10	0.00
5/9/2008 10:00	-0.3	-0.29	0.01
5/9/2008 11:00	-0.5	-0.49	0.01
5/9/2008 12:00	-0.7	-0.68	0.02
5/9/2008 13:00	-0.7	-0.69	0.01
5/9/2008 14:00	-0.8	-0.79	0.01
5/9/2008 15:00	-0.7	-0.70	0.00
5/9/2008 16:00	-0.6	-0.60	0.00
5/9/2008 17:00	-0.4	-0.41	-0.01
5/9/2008 18:00	-0.3	-0.31	-0.01
5/9/2008 19:00	-0.1	-0.11	-0.01
5/9/2008 20:00	0	-0.01	-0.01
5/9/2008 21:00	0.2	0.19	-0.01
5/9/2008 22:00	0.2	0.20	0.00
5/9/2008 23:00	0.3	0.30	0.00
6/9/2008 0:00	0.3	0.31	0.01
6/9/2008 1:00	0.4	0.41	0.01
6/9/2008 2:00	0.4	0.41	0.01
6/9/2008 3:00	0.5	0.51	0.01
6/9/2008 4:00	0.6	0.60	0.00
6/9/2008 5:00	0.6	0.60	0.00
6/9/2008 6:00	0.6	0.60	0.00
6/9/2008 7:00	0.6	0.59	-0.01
6/9/2008 8:00	0.4	0.39	-0.01

6/9/2008 9:00	0.3	0.29	-0.01
6/9/2008 10:00	0	0.00	0.00
6/9/2008 11:00	-0.3	-0.30	0.00
6/9/2008 12:00	-0.6	-0.59	0.01
6/9/2008 13:00	-0.8	-0.79	0.01
6/9/2008 14:00	-1	-0.98	0.02
6/9/2008 15:00	-1	-0.99	0.01
6/9/2008 16:00	-0.9	-0.89	0.01
6/9/2008 17:00	-0.7	-0.70	0.00
6/9/2008 18:00	-0.5	-0.50	0.00
6/9/2008 19:00	-0.2	-0.21	-0.01
6/9/2008 20:00	0.1	0.09	-0.01
6/9/2008 21:00	0.2	0.19	-0.01
6/9/2008 22:00	0.3	0.29	-0.01
6/9/2008 23:00	0.4	0.40	0.00
7/9/2008 0:00	0.4	0.40	0.00
7/9/2008 1:00	0.3	0.31	0.01
7/9/2008 2:00	0.3	0.33	0.03
7/9/2008 3:00	0.3	0.33	0.03
7/9/2008 4:00	0.4	0.42	0.02
7/9/2008 5:00	0.5	0.51	0.01
7/9/2008 6:00	0.6	0.60	0.00
7/9/2008 7:00	0.7	0.69	-0.01
7/9/2008 8:00	0.7	0.69	-0.01
7/9/2008 9:00	0.6	0.59	-0.01
7/9/2008 10:00	0.3	0.29	-0.01
7/9/2008 11:00	0	0.00	0.00
7/9/2008 12:00	-0.3	-0.30	0.00
7/9/2008 13:00	-0.7	-0.69	0.01
7/9/2008 14:00	-1	-0.98	0.02
7/9/2008 15:00	-1.1	-1.08	0.02
7/9/2008 16:00	-1.1	-1.08	0.02
7/9/2008 17:00	-1	-0.99	0.01
7/9/2008 18:00	-0.7	-0.70	0.00
7/9/2008 19:00	-0.4	-0.41	-0.01
7/9/2008 20:00	0	-0.01	-0.01
7/9/2008 21:00	0.3	0.28	-0.02
7/9/2008 22:00	0.4	0.39	-0.01
7/9/2008 23:00	0.5	0.49	-0.01

8/9/2008 0:00	0.4	0.40	0.00
8/9/2008 1:00	0.3	0.31	0.01
8/9/2008 2:00	0.2	0.23	0.03
8/9/2008 3:00	0.2	0.24	0.04
8/9/2008 4:00	0.2	0.24	0.04
8/9/2008 5:00	0.3	0.33	0.03
8/9/2008 6:00	0.5	0.51	0.01
8/9/2008 7:00	0.7	0.69	-0.01
8/9/2008 8:00	0.8	0.79	-0.01
8/9/2008 9:00	0.8	0.78	-0.02
8/9/2008 10:00	0.7	0.68	-0.02
8/9/2008 11:00	0.4	0.39	-0.01
8/9/2008 12:00	0	-0.01	-0.01
8/9/2008 13:00	-0.5	-0.50	0.00
8/9/2008 14:00	-0.9	-0.89	0.01
8/9/2008 15:00	-1.2	-1.16	0.04
8/9/2008 16:00	-1.3	-1.26	0.04
8/9/2008 17:00	-1.2	-1.18	0.02
8/9/2008 18:00	-0.9	-0.89	0.01
8/9/2008 19:00	-0.6	-0.60	0.00
8/9/2008 20:00	-0.2	-0.21	-0.01
8/9/2008 21:00	0.2	0.18	-0.02
8/9/2008 22:00	0.3	0.28	-0.02
8/9/2008 23:00	0.5	0.49	-0.01
9/9/2008 0:00	0.5	0.49	-0.01
9/9/2008 1:00	0.4	0.40	0.00
9/9/2008 2:00	0.2	0.22	0.02
9/9/2008 3:00	0	0.04	0.04
9/9/2008 4:00	0	0.05	0.05
9/9/2008 5:00	0.1	0.14	0.04
9/9/2008 6:00	0.3	0.32	0.02
9/9/2008 7:00	0.5	0.51	0.01
9/9/2008 8:00	0.8	0.79	-0.01
9/9/2008 9:00	0.9	0.89	-0.01
9/9/2008 10:00	0.9	0.88	-0.02
9/9/2008 11:00	0.7	0.68	-0.02
9/9/2008 12:00	0.3	0.29	-0.01
9/9/2008 13:00	-0.2	-0.20	0.00
9/9/2008 14:00	-0.6	-0.60	0.00

9/9/2008 15:00	-1	-0.98	0.02
9/9/2008 16:00	-1.3	-1.26	0.04
9/9/2008 17:00	-1.3	-1.26	0.04
9/9/2008 18:00	-1.1	-1.08	0.02
9/9/2008 19:00	-0.9	-0.89	0.01
9/9/2008 20:00	-0.4	-0.41	-0.01
9/9/2008 21:00	0	-0.01	-0.01
9/9/2008 22:00	0.4	0.38	-0.02
9/9/2008 23:00	0.6	0.58	-0.02
10/9/2008 0:00	0.6	0.58	-0.02
10/9/2008 1:00	0.4	0.40	0.00
10/9/2008 2:00	0.2	0.21	0.01
10/9/2008 3:00	0	0.03	0.03
10/9/2008 4:00	-0.1	-0.05	0.05
10/9/2008 5:00	-0.1	-0.05	0.05
10/9/2008 6:00	0	0.05	0.05
10/9/2008 7:00	0.3	0.32	0.02
10/9/2008 8:00	0.6	0.60	0.00
10/9/2008 9:00	0.9	0.89	-0.01
10/9/2008 10:00	1	0.98	-0.02
10/9/2008 11:00	0.9	0.88	-0.02
10/9/2008 12:00	0.6	0.58	-0.02
10/9/2008 13:00	0.2	0.19	-0.01
10/9/2008 14:00	-0.3	-0.30	0.00
10/9/2008 15:00	-0.8	-0.79	0.01
10/9/2008 16:00	-1.1	-1.07	0.03
10/9/2008 17:00	-1.2	-1.16	0.04
10/9/2008 18:00	-1.1	-1.08	0.02
10/9/2008 19:00	-0.9	-0.89	0.01
10/9/2008 20:00	-0.4	-0.41	-0.01
10/9/2008 21:00	0	-0.01	-0.01
10/9/2008 22:00	0.4	0.38	-0.02
10/9/2008 23:00	0.6	0.58	-0.02
11/9/2008 0:00	0.6	0.58	-0.02
11/9/2008 1:00	0.5	0.49	-0.01
11/9/2008 2:00	0.2	0.20	0.00
11/9/2008 3:00	-0.1	-0.07	0.03
11/9/2008 4:00	-0.3	-0.25	0.05
11/9/2008 5:00	-0.3	-0.24	0.06

11/9/2008 6:00	-0.2	-0.14	0.06
11/9/2008 7:00	0	0.04	0.04
11/9/2008 8:00	0.4	0.41	0.01
11/9/2008 9:00	0.7	0.69	-0.01
11/9/2008 10:00	0.9	0.88	-0.02
11/9/2008 11:00	0.9	0.88	-0.02
11/9/2008 12:00	0.8	0.78	-0.02
11/9/2008 13:00	0.4	0.39	-0.01
11/9/2008 14:00	0	-0.01	-0.01
11/9/2008 15:00	-0.5	-0.50	0.00
11/9/2008 16:00	-0.9	-0.88	0.02
11/9/2008 17:00	-1.1	-1.06	0.04
11/9/2008 18:00	-1.1	-1.07	0.03
11/9/2008 19:00	-0.9	-0.88	0.02
11/9/2008 20:00	-0.5	-0.50	0.00
11/9/2008 21:00	-0.1	-0.11	-0.01
11/9/2008 22:00	0.3	0.28	-0.02
11/9/2008 23:00	0.6	0.58	-0.02
12/9/2008 0:00	0.6	0.58	-0.02
12/9/2008 1:00	0.5	0.49	-0.01
12/9/2008 2:00	0.3	0.30	0.00
12/9/2008 3:00	0	0.01	0.01
12/9/2008 4:00	-0.3	-0.26	0.04
12/9/2008 5:00	-0.4	-0.35	0.05
12/9/2008 6:00	-0.4	-0.34	0.06
12/9/2008 7:00	-0.2	-0.16	0.04
12/9/2008 8:00	0.1	0.12	0.02
12/9/2008 9:00	0.4	0.40	0.00
12/9/2008 10:00	0.7	0.69	-0.01
12/9/2008 11:00	0.9	0.88	-0.02
12/9/2008 12:00	0.8	0.78	-0.02
12/9/2008 13:00	0.6	0.58	-0.02
12/9/2008 14:00	0.2	0.19	-0.01
12/9/2008 15:00	-0.3	-0.30	0.00
12/9/2008 16:00	-0.7	-0.69	0.01
12/9/2008 17:00	-0.9	-0.87	0.03
12/9/2008 18:00	-1	-0.96	0.04
12/9/2008 19:00	-0.8	-0.78	0.02
12/9/2008 20:00	-0.5	-0.49	0.01

12/9/2008 21:00	-0.1	-0.11	-0.01
12/9/2008 22:00	0.3	0.28	-0.02
12/9/2008 23:00	0.5	0.48	-0.02
13/9/2008 0:00	0.6	0.58	-0.02
13/9/2008 1:00	0.6	0.58	-0.02
13/9/2008 2:00	0.3	0.29	-0.01
13/9/2008 3:00	0	0.00	0.00
13/9/2008 4:00	-0.3	-0.27	0.03
13/9/2008 5:00	-0.5	-0.45	0.05
13/9/2008 6:00	-0.5	-0.44	0.06
13/9/2008 7:00	-0.4	-0.35	0.05
13/9/2008 8:00	-0.2	-0.17	0.03
13/9/2008 9:00	0.2	0.20	0.00
13/9/2008 10:00	0.5	0.49	-0.01
13/9/2008 11:00	0.7	0.68	-0.02
13/9/2008 12:00	0.7	0.68	-0.02
13/9/2008 13:00	0.6	0.58	-0.02
13/9/2008 14:00	0.3	0.29	-0.01
13/9/2008 15:00	-0.1	-0.10	0.00
13/9/2008 16:00	-0.4	-0.39	0.01
13/9/2008 17:00	-0.7	-0.68	0.02
13/9/2008 18:00	-0.8	-0.77	0.03
13/9/2008 19:00	-0.7	-0.68	0.02
13/9/2008 20:00	-0.5	-0.49	0.01
13/9/2008 21:00	-0.1	-0.10	0.00
13/9/2008 22:00	0.3	0.29	-0.01
13/9/2008 23:00	0.5	0.48	-0.02
14/9/2008 0:00	0.7	0.68	-0.02
14/9/2008 1:00	0.6	0.58	-0.02
14/9/2008 2:00	0.4	0.39	-0.01
14/9/2008 3:00	0.1	0.10	0.00
14/9/2008 4:00	-0.2	-0.18	0.02
14/9/2008 5:00	-0.4	-0.36	0.04
14/9/2008 6:00	-0.6	-0.55	0.05
14/9/2008 7:00	-0.6	-0.54	0.06
14/9/2008 8:00	-0.4	-0.36	0.04
14/9/2008 9:00	-0.1	-0.08	0.02
14/9/2008 10:00	0.2	0.20	0.00
14/9/2008 11:00	0.4	0.39	-0.01

14/9/2008 12:00	0.6	0.58	-0.02
14/9/2008 13:00	0.5	0.48	-0.02
14/9/2008 14:00	0.3	0.29	-0.01
14/9/2008 15:00	0.1	0.09	-0.01
14/9/2008 16:00	-0.2	-0.20	0.00
14/9/2008 17:00	-0.5	-0.49	0.01
14/9/2008 18:00	-0.6	-0.57	0.03
14/9/2008 19:00	-0.6	-0.57	0.03
14/9/2008 20:00	-0.4	-0.38	0.02
14/9/2008 21:00	-0.1	-0.10	0.00
14/9/2008 22:00	0.3	0.29	-0.01
14/9/2008 23:00	0.6	0.59	-0.01

$$\begin{aligned}
 \text{Prosentase Error} &= \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \frac{\hat{x}_i - x_i}{TP} \right] \times 100\% \\
 &= \frac{1}{360} \left(\frac{2.09}{2.3} \right) \times 100\% \\
 &= 0.003\%
 \end{aligned}$$

di mana,

n = jumlah data

\hat{x}_i = data pemodelan

x_i = data pengamatan

TP = tunggang pasang, rentang besar hasil observasi yaitu selisih antara nilai terbesar dan terkecil

LAMPIRAN III

BIODATA PENULIS

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Wenny Eka Putri lahir di Duri, 7 Desember 1994. Pendidikan SD ditempuh di SD Negeri 002 Kundur. Sedangkan SMP ditempuh di SMP Negeri 1 Kundur dan SMA ditempuh di SMA Negeri 1 Kundur. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikannya di Isntitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

, penulis pernah mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa ITS Foreign Language Society (IFLS) dalam Divisi Bahasa Korea. Penulis juga aktif dalam organisasi Ikatan Pelajar Mahasiswa Kabupaten Karimun-Surabaya (IPMKK-Surabaya).

Penulis pernah melaksanakan Kerja Praktek di PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi, Cileungsi selama dua bulan. Penulis juga pernah mengikuti pelatihan-pelatihan seperti Pelatihan Pemahaman Sistem Manajemen Mutu Berdasarkan ISO 9001:2015, Pelatihan Pemahaman Sistem Manajemen Lingkungan Berdasarkan ISO 14001:2015, Pelatihan Pemahaman Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja Berdasarkan OHSAS 18001:2007.