



**SIMULASI NUMERIK GROIN DI PANTAI PUGER
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

oleh

Frendi Bagus Kurniawan

NIM 151910301116

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER**

2019



**SIMULASI NUMERIK GROIN DI PANTAI PUGER
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi 1 Teknik Sipil dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

Frendi Bagus Kurniawan

NIM 151910301116

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir Teknik Penulisan Karya Ilmiah ini. Penyusunan laporan ini berdasarkan topik yang diambil pada konsentrasi ilmu di hidrologi. Atas terselesaikannya tugas akhir ini, penulis menyampaikan hormat dan terima kasih kepada :

1. Ayah tercinta Bpk Supriyono dan Ibu tercinta Novita Wartini yang senantiasa memberikan semangat serta doa dan selalu mendukung kebahagiaan anak-anaknya. Terima kasih atas semuanya.
2. Adikku Fahma Ayu Saputri terimakasih telah mensupport dan mendoakan untuk kakakmu.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir bapak Januar Fery Irawan S.T., M.Eng. ibu Retno Utami A.W., S.T., M.Eng., Ph.D. dan semua dosen pengajar. Terimakasih banyak atas bimbingan dan pelajaran yang tidak ternilai harganya, agar penulis selalu menjadi lebih baik.
4. Dosen Pembimbing Akademik pak Syamsul Arifin S.T., M.T. yang selalu memotivasi dan membimbing selama kuliah
5. Terimakasih kepada “Lina”, untuk segala motivasi, semangat, doa, dan bantuannya.
6. Guru-guruku dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi, terimakasih atas ilmu dan bimbingannya selama ini.
7. Terimakasih kepada “krk family” Fajar, Royyan, Ami, Cilik, Upel dan teman kos manggis 89 Anwar, Zulvi, Boma, Putra serta teman-teman angkatan 2015, terimakasih atas semua yang sudah dilakukan selama 4 tahun ini.
8. Almamater Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

MOTTO

“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur (terhadap karunia Allah).”

(Q.S. Yusuf: 87)

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatau kaum sebelum mereka merubah keadaan diri mereka sendiri”

(Q.S. Ar-Ra'd: 11)

“Hidup ini bagai skripsi, banyak bab dan revisi yang harus dilewati. Tapi akan selalu berakhir indah, bagi yang pantang menyerah”

Anonim

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Frendi Bagus Kurniawan

NIM : 151910301116

Menyatakan dengan sungguh bahwa skripsi yang berjudul “Simulasi Numerik Groin di Pantai Puger Kabupaten Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam kutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Oktober 2019

Yang menyatakan,

Frendi Bagus Kurniawan

NIM 151910301116

SKRIPSI

**SIMULASI NUMERIK GROIN DI PANTAI PUGER
KABUPATEN JEMBER**

Oleh :

Frendi Bagus Kurniawan

NIM 151910301116

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama :Januar Fery Irawan S.T., M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota :Retno Utami A.W., S.T., M.Eng., Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Simulasi Numerik Groin di Pantai Puger Kabupaten Jember”

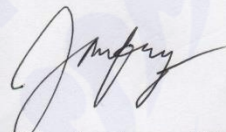
telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Selasa, 29 Oktober 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing

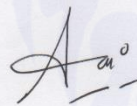
Pembimbing Utama,



Vanuar Fery Irawan, S.T., M.Eng.

NIP. 19760111 2000012 1002

Pembimbing Anggota,

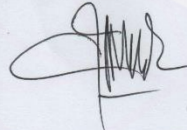


Retno Utami A.W, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 760017219

Tim Penguji

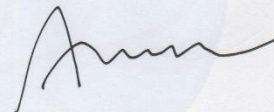
Penguji Utama,



Dr. Gusfan Halik, ST., MT.

NIP. 19710804 199803 1 002

Penguji Anggota,



Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.

NIP. 19710327 199803 1 003

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Simulasi Numerik Groin di Pantai Puger Kabupaten Jember, Frendi Bagus Kurniawan 151910301116; 2019: 50 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pangkalan Pendaratan Ikan Puger terletak di pesisir selatan pulau Jawa, sehingga pelabuhan ini berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, Pada alur masuk keluarnya kapal menuju pelabuhan terdapat groin. Lokasi groin berada di muara sungai Puger dan berhadapan dengan laut, sehingga groin masih dipengaruhi oleh pola arus dan pasang surut air laut.

Groin dibangun pada tahun 2014 dengan tinggi bangunan 1,5 meter dan panjang 40 meter. Kemudian groin dimodifikasi menjadi panjang 50 meter dan tinggi 5 meter. Dimodifikasinya bangunan groin dengan penambahan panjang bangunan membuat nelayan merasa kesulitan untuk memasuki daerah pelabuhan pendaratan ikan di Pantai Puger. Para nelayan protes kepada pihak Dinas Kelautan Provinsi mempertanyakan tentang kinerja groin di Pantai Puger (Antara Jatim, 2015). Bangunan pelindung (groin) ini membuat para nelayan masih kesulitan untuk memasuki pelabuhan pendaratan ikan. Para nelayan berharap bangunan tersebut segera dibongkar. Setelah adanya demonstrasi bangunan groin dibongkar dengan mengurangi ketinggian dan panjang groin yang telah ada sebelumnya .

Tugas akhir ini akan membahas mengenai perilaku pola arus dengan menggunakan *software* Delft3D. Analisa yang dilakukan dengan model menggunakan groin dan model tanpa groin, model menggunakan groin dengan panjang 50 meter dan tinggi 5 meter.

Berdasarkan hasil analisa pada 4 titik yang ditinjau didapatkan kecepatan tertinggi arus maksimum pada titik (82,62) kondisi model dengan groin sebesar 0.204 m/s, dan kecepatan maksimum pada titik (82,62) kondisi model tanpa groin 0.102 m/s. Pada hasil tinggi muka air, dari 4 titik tinjauan tidak memiliki perbedaan signifikan, elevasi tertinggi yang didapat dari model dengan groin pada titik (82,62) sebesar 1.437 m dan model tanpa groin pada titik (82,62) sebesar 1.440 m

SUMMARY

Numerical Simulation of Tide in Puger Beach Jember District, Frendi Bagus Kurniawan 151910301116; 2019: 50 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The Puger Fish Landing Base is located on the southern coast of Java, so that this port faces directly the Indian Ocean. At the entrance and exit of the ship to the port there is groin. Groyne are located at the mouth of the Puger river and face the sea, so that the groyne are still influenced by current patterns and tides.

Groyne was built in 2014 with a building height of 1.5 meters and a length of 40 meters. Then the groyne were modified to be 50 meters long and 5 meters high. The modification of the groyne building by the addition of the building length made it difficult for fishermen to enter the fish landing port area at Puger Beach. The fishermen protested to the Provincial Maritime Service questioning the performance of groyne on Puger Beach (Antara Jatim, 2015). This protective structure (groyne) makes it difficult for fishermen to enter the fish landing port. The fishermen hope that the building will be demolished soon. After the demonstration the groyne building was demolished by reducing the height and length of the groyne that had existed before.

This final project will discuss the behavior of current patterns using *software* Delft3D. Analysis carried out with models using groyne and models without groyne, models using groyne with a length of 50 meters and a height of 5 meters.

Based on the analysis of the 4 points observed, the highest maximum current velocity at point (82.62) was obtained from the condition of the model with a groin of 0.204 m / s, and the maximum speed at the point (82.62) of the condition of the model without a groove of 0.102 m / s. On the results of the water level, of the 4 points of view do not have a significant difference, the highest elevation obtained

from the model with a groin at point (82.62) of 1,437 m and a model without groin at point (82.62) of 1,440 m



PRAKATA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir Teknik Penulisan Karya Ilmiah ini. Penyusunan laporan ini berdasarkan topik yang diambil pada konsentrasi ilmu di bidang struktur. Atas terselesaikannya tugas akhir ini, penulis menyampaikan hormat dan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Suyoso, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Januar Fery Irawan S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Ibu Retno Utami A.W., S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan selama penyusunan tugas akhir ini
6. Kedua Orang tua yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
7. Teman – teman Teknik Sipil angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penyusunan tugas akhir Teknik Penulisan Karya Ilmiah guna memenuhi persyaratan kelulusan dari mata kuliah Teknik Penulisan Karya Ilmiah sehingga dapat dijadikan bahan penyusunan tugas akhir tugas akhir. Dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Saran dan kritik sangat diharapkan demi penyempurnaan tugas akhir ini.

Jember, 29 Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

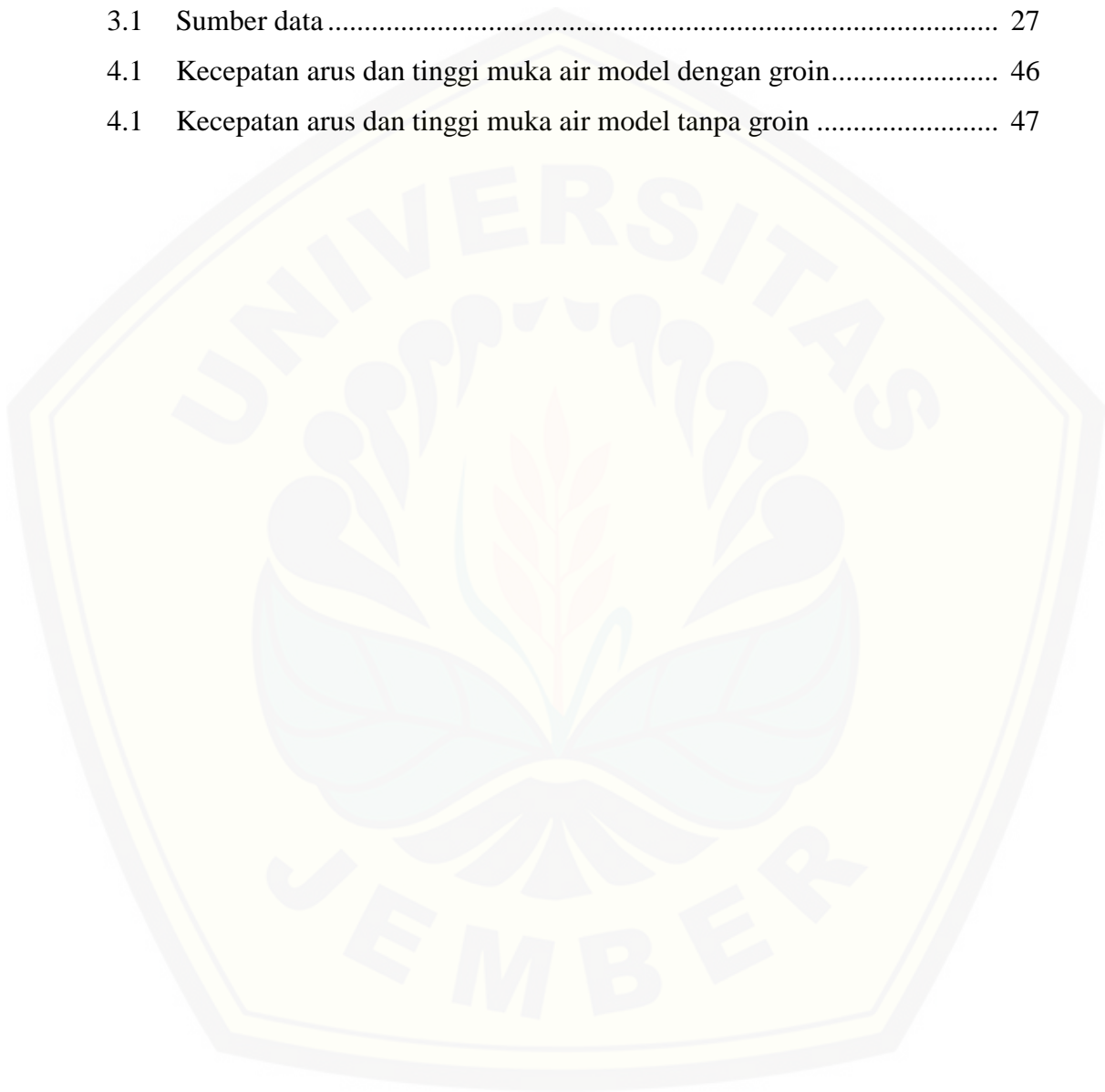
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN/SUMMARY	vii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Terdahulu	3
2.2 Teori Gelombang	4
2.2.1 Teori Gelombang Airy	5
2.2.2 Teori Gelombang Hingga.....	8
2.2.3 Teori Gelombang Tunggal	10
2.3 Deformasi Gelombang	10
2.3.1 Shoaling	10
2.3.2 Gelombang Pecah	11
2.3.3 Refraksi	11
2.3.4 Difraksi	13
2.3.5 Refleksi	14
2.4 Fluktuasi Muka Air Laut	14
2.4.1 Pasang Surut.....	15

2.4.2 Gelombang Rencana (Wave Setup)	18
2.4.3 Badai	19
2.5 Daerah Pantai.....	20
2.5.1 Definisi Daerah Pantai	20
2.5.2 Arus Di daerah Pantai.....	21
2.5.2.1 Gelombang Penyebab Gerakan Air	21
2.5.2.2 Gerakan Fluida Pada Saat Gelombang Pecah.....	21
2.5.2.3 Arus Onshore Offshore	21
2.5.2.3.1 Transisi Onshore Offshore.....	21
2.5.2.3.2 Arus Longshore	22
2.6 Program Delft3D	22
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Lokasi Penelitian	24
3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	25
3.2.1 Model Numerik	26
3.3 Tahap Persiapan Data	27
3.3.1. Peta Bathimetri	27
3.3.2. Peta Topografi	27
3.3.3. Data pasang surut.....	28
3.4 Simulasi Pasang Surut dengan Delft3D-FLOW.....	28
3.4.1 Digitasi Land Boundary.....	28
3.4.2 Pembuatan Grid	29
3.4.3 Pemasukan data kedalaman	29
3.4.4 Description.....	29
3.4.5 Domain	29
3.4.6 Time Frame.....	30
3.4.7 Boundaries	30
3.4.8 Physical parameters	31
3.4.9 Monitoring	31
3.4.10 Output	31
3.5 Skenario Simulasi	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Data Batimetri.....	32
4.2 Data Pasang Surut	32
4.3 Pemodelan Delft3D	33
4.3.1 Penginputan Data Delft3D.....	33
4.3.2 Input Data Batimetri	33
4.3.3 Penginputan data batimetri XYZ.....	34
4.3.4 Pembuatan Grid	35

4.3.5 Input DELFT3D-FLOW	35
4.3.6 Domain	36
4.3.7 Time Frame.....	36
4.3.8 Boundaries	37
4.3.9 Physical Parameter	38
4.3.10 Monitoring	39
4.3.11 Output	39
4.3.12 Running	40
4.4 Hasil Simulasi.....	41
4.4.1 Validasi Data Pasang Surut	41
4.4.2 Pola Arus	41
4.4.2.1 Kecepatan arus dan tinggi muka air.....	46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

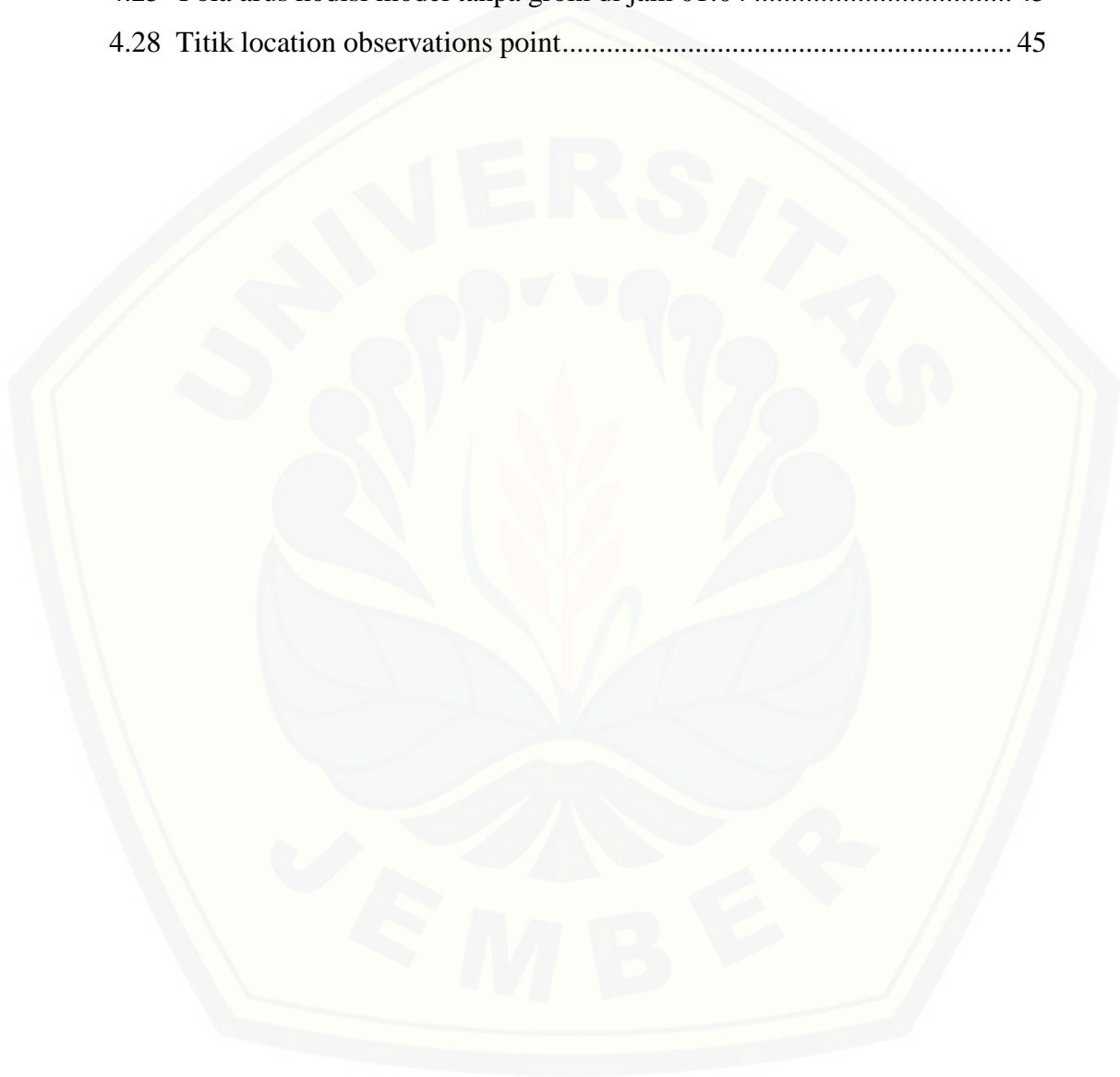
	Halaman
2.1 Penelitian terdahulu	3
3.1 Sumber data	27
4.1 Kecepatan arus dan tinggi muka air model dengan groin.....	46
4.1 Kecepatan arus dan tinggi muka air model tanpa groin	47



DAFTAR GAMBAR

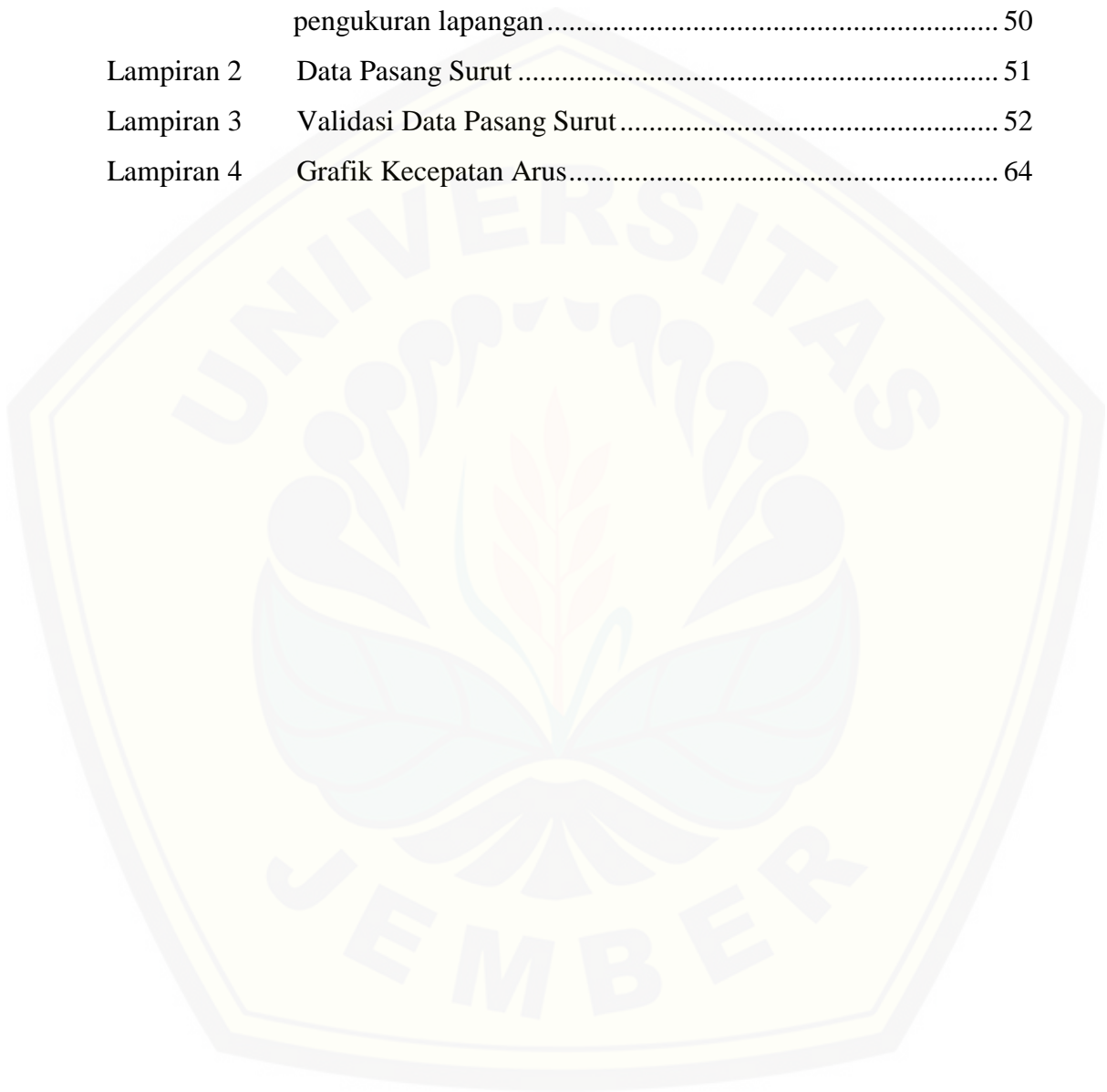
	Halaman
2.1 Sketsa Gelombang Airy	6
2.2 Gelombang Knoidal	9
2.3 Deformasi Gelombang	10
2.4 Tipe Pasang Surut	16
2.5 <i>Wave set-up</i> dan <i>set-down</i>	18
2.6 Definisi Daerah Pantai	20
2.7 Tampilan menu software DELFT3D	23
3.1 Peta Lokasi Bangunan Pelindung Pantai (Groin)	24
4.1 Peta Batimetri BIG	32
4.2 Input Data NAOtide	33
4.3 Data Batimetri dalam bentuk XYZ	34
4.4 Domain Grid	35
4.5 Domain grid pada DELFT3D-FLOW	35
4.6 Domain bathymetry pada DELFT3D-FLOW	36
4.7 Time frame pada DELFT3D-FLOW	37
4.8 Boundaries pada DELFT3D-FLOW	38
4.9 Physical Parameter pada DELFT3D-FLOW	38
4.10 Monitoring pada DELFT3D-FLOW	39
4.11 Output pada DELFT3D-FLOW	40
4.12 Runnig pada DELFT3D-FLOW	40
4.13 Data perbandingan pasang surut	41
4.14 Pola arus model dengan groin pada saat pasang tertinggi	42
4.15 Pola arus model dengan groin pada saat surut terendah	42
4.16 Pola arus kondisi model tanpa groin pada saat pasang tertinggi	43
4.17 Pola arus kondisi model tanpa groin pada saat surut terendah	43
4.18 Water level kondisi model dengan groin pada saat pasang tertinggi	44
4.19 Water level kondisi model tanpa groin pada saat pasang tertinggi	44
4.20 Pola arus kondisi model menggunakan groin di jam 01:02	45

4.21	Pola arus kondisi model tanpa groin di jam 01:02	45
4.22	Pola arus kondisi model menggunakan groin di jam 01:03.....	45
4.23	Pola arus kondisi model tanpa groin di jam 01:03	45
4.24	Pola arus kondisi model menggunakan groin di jam 01:04.....	45
4.25	Pola arus kondisi model tanpa groin di jam 01:04	45
4.28	Titik location observations point.....	45



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Grafik perbandingan data naotide dengan data pasang surut pengukuran lapangan.....	50
Lampiran 2 Data Pasang Surut	51
Lampiran 3 Validasi Data Pasang Surut.....	52
Lampiran 4 Grafik Kecepatan Arus.....	64



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah atau kawasan pantai merupakan daerah yang sangat besar potensinya, ini terbukti dengan banyak dimanfaatkannya kawasan ini sebagai pusat kegiatan masyarakat. Kegiatan ini bukan hanya kegiatan yang berhubungan dengan masalah perikanan bahkan juga digunakan sebagai pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pelabuhan, pariwisata dan lain - lain (Triatmodjo, 1999).

Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Puger - Jember sebagai salah satu PPI di Jawa Timur sangat besar peranannya bagi masyarakat sekitarnya, terutama bagi masyarakat yang bekerja sebagai nelayan, pengolah ikan dan pedagang ikan. Pertumbuhan pekerja ikan dari tahun ke tahun terus meningkat. Sejalan dengan berkembangnya daerah ini perlu untuk terus mengembangkan pelabuhan ini sesuai dengan kebutuhannya.

Pangkalan Pendaratan Ikan Puger terletak di pesisir selatan Pulau Jawa, sehingga pelabuhan ini berhadapan langsung dengan Samudera Hindia. Pada alur masuk keluarnya kapal menuju pelabuhan terdapat groin. Lokasi groin berada di muara sungai Puger dan berhadapan dengan laut, sehingga groin masih dipengaruhi oleh pola arus dan pasang surut air laut.

Groin dibangun pada tahun 2014 dengan tinggi bangunan 1,5 meter dan panjang 40 meter. Kemudian groin dimodifikasi menjadi panjang 50 meter dan tinggi 5 meter. Dimodifikasinya bangunan groin dengan penambahan panjang bangunan membuat nelayan merasa kesulitan untuk memasuki daerah pelabuhan pendaratan ikan di Pantai Puger. Para nelayan protes kepada pihak Dinas Kelautan Provinsi mempertanyakan tentang kinerja groin di Pantai Puger (Antara Jatim, 2015). Bangunan pelindung (groin) ini membuat para nelayan masih kesulitan untuk memasuki pelabuhan pendaratan ikan. Para nelayan berharap bangunan tersebut segera dibongkar. Setelah adanya demonstrasi bangunan groin dibongkar dengan mengurangi ketinggian dan panjang groin yang telah ada sebelumnya .

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka akan dilakukan simulasi numerik groin akibat pasang surut untuk mengetahui perbedaan kondisi tinggi muka air laut dan pola arus, pada saat ada dan tidak adanya groin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan fenomena yang terjadi, permasalahan yang dibahas dapat dirumuskan sebagai berikut. Bagaimanakah kondisi pola arus dan tinggi muka air yang terjadi di Pantai Puger dengan dan tanpa groin ?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu: mengetahui pola arus dan tinggi muka air yang terjadi di kawasan Pantai Puger dengan dan tanpa groin.

1.4 Manfaat

Penulisan Tugas Akhir ini diharapkan dapat menambah pemahaman tentang perubahan pola arus dan tinggi muka air yang disebabkan oleh groin.

1.5 Batasan Masalah

Agar permasalahan dalam penelitian ini dapat dianalisis secara terukur dan mencapai sasaran yang diharapkan, maka batasan masalahnya ialah meliputi:

- a. Kondisi lingkungan yang digunakan adalah pasang surut
- b. Tidak membahas besarnya sedimentasi pada daerah sekitar bangunan groin
- c. Gelombang akibat angin tidak dibahas
- d. Struktur bangunan tidak dibahas

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Judul	Perencanaan Pemecah Gelombang Pada Pintu Masuk Kolam Labuh Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Puger Jember
Penulis	Hari Widiyanto
Kesimpulan	Gelombang dan arus dapat diminimalkan dengan menambah struktur breakwater baru di depan mulut alur. Pola arus yang terjadi di mulut alur lebih didominasi oleh sungai dan kecepatan terbesarnya terjadi di daerah penyempitan di mulut alur, namun dengan layout breakwater modifikasi ini gelombang dapat direduksi sampai 0,321 m, sehingga tingkat keamanan perahu yang melintasi alur pelayaran di PPI Puger lebih tinggi.
Tahun	2004

Judul	Pemodelan Pola Arus Pada Tiga Kondisi Musim Berbeda Sebagai Jalur Pelayaran Perairan Teluk Lampung Menggunakan Software Delft3D
Penulis	Ajie Rahmat Budiwicaksono , Petrus Subardjo , Franto Novi
Kesimpulan	Pemodelan pola arus pada musim barat diperoleh hasil kecepatan rata-rata arus pada tiga kondisi musim di perairan Teluk Lampung memiliki besar kecepatan yang relatif sama dan memiliki kecepatan yang rendah, disebabkan karena perairan ini merupakan perairan tertutup. Arus pada daerah penelitian merupakan arus pasang surut, dimana saat pasang arah arusnya

	memasuki daerah teluk dan saat surut arah arusnya berbalik arah menuju keluar Teluk Lampung
Tahun	2013

Judul	Kajian Pola Arus di Perairan Teluk Lampung Menggunakan Pendekatan Model Hidrodinamika 2 Dimensi Delft3D
Penulis	Kidung Baskara Widhi, Elis Indrayanti, Indra Budi Prasetyawan
Kesimpulan	Pola arus Perairan Teluk Lampung didominasi oleh arus pasang surut pada kondisi surut menuju pasang dan pasang tertinggi berasal dari Selat Sunda menuju kearah utara Perairan Teluk kondisi pasang menuju surut dan surut terendah pola arus keluar Perairan Teluk Lampung menuju Selat Sunda ke arah selatan. Pasang surut Perairan Teluk Lampung bertipe campuran condong ke harian ganda yang dipengaruhi oleh gravitasi bulan dan equatorial orbit dengan gravitasi matahari
Tahun	2012

Judul	Evaluasi Kinerja Bangunan Pemecah Gelombang (Breakwater) Di Pantai Puger Jember
Penulis	Astika Andra Yuliamangesti
Kesimpulan	Diusulkan tata letak pemecah gelombang baru dengan menggeser sudut bangunan sebesar $225^{\circ}+17^{\circ}$. Hasil perhitungan dimensi bangunan pemecah gelombang yang diusulkan mempunyai tinggi bangunan 5,5 m. Untuk lebar puncak bangunan 2,8 m, serta panjang pelindung kaki depan 9 m kaki belakang 6 m.
Tahun	2017

2.2 Gelombang

Berdasarkan gaya pembangkitnya gelombang dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin, dimana jika tiupan angin ini terakumulasi pada daerah yang luas dapat mengakibatkan gelombang yang memiliki panjang gelombang yang cukup besar, yang kedua adalah gelombang pasang surut yang ditimbulkan oleh gaya tarikan benda - benda langit terutama matahari dan bulan terhadap matahari, yang ketiga adalah gelombang tsunami yang disebabkan oleh letusan gunung berapi atau gempa di laut, dan gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak dan sebagainya.

Gelombang menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimentasi dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya - gaya yang bekerja pada bangunan pantai oleh karena itu gelombang menjadi faktor utama dalam penentuan tata letak (*lay out*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya.

Gelombang memiliki bentuk yang sangat kompleks dan sulit untuk digambarkan secara matematis karena ketidaklinieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random. Teori - teori yang kemudian muncul adalah teori yang hanya menggambarkan bentuk gelombang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang sesungguhnya. Ada beberapa teori dengan berbagai derajat kekomplekan dan ketelitian diantaranya Teori gelombang Airy, Stokes, Gerstner, Mich, Knoidal dan tunggal. Teori gelombang Airy adalah teori gelombang dengan amplitudo kecil, sedang yang lainnya adalah gelombang amplitudo terbatas (*finite amplitudo wave*).

2.2.1 Teori Gelombang Airy

Teori gelombang amplitudo terbatas (Airy) diturunkan berdasarkan persamaan Laplace untuk aliran irrotasional (*irrotational/ flow*) dengan kondisi batas di permukaan air dan dasar laut. Kondisi batas di permukaan air didapat dengan melinierkan persamaan Bernoulli untuk aliran tak mantap. Penyelesaian persamaan tersebut memberikan potensial kecepatan periodik untuk aliran rotasional. Potensial kecepatan ini kemudian digunakan untuk menurunkan

persamaan dari berbagai karakteristik gelombang seperti fluktuasi muka air, kecepatan dan percepatan partikel, tekanan, kecepatan rambat gelombang, dan sebagainya.

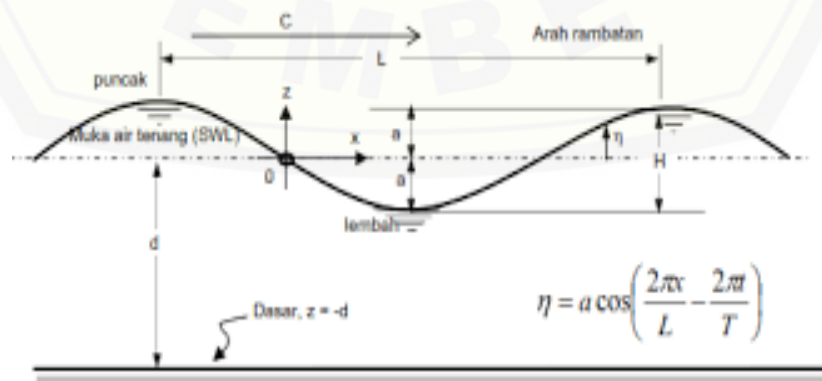
Persyaratan yang harus dipenuhi untuk teori gelombang ini adalah :

1. Air dianggap sebagai suatu zat yang homogen, *incompressible*, dan *surface tension* diabaikan ini berarti untuk panjang gelombang > 3 cm.
2. Gerakan partikel zat cair adalah irrotational. Tidak ada tegangan geser pada batas air - udara atau pada dasar laut. Pengaruh angin diabaikan, Dengan demikian maka potensial kecepatan (*potential velocity*) ϕ memenuhi persamaan Laplace.

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \dots\dots\dots 2.1$$

Dasar laut adalah diam, impermeable dan horizontal.

3. Tekanan udara di permukaan air adalah konstan. Tekanan angin tidak diperhitungkan dan perbedaan tekanan hidrostatik karena elevasi diabaikan.
4. Amplitudo gelombang adalah kecil dibandingkan panjang gelombang dan kedalamannya. Kecepatan partikel air sangat erat hubungan dengan amplituda gelombang sedangkan kecepatan jalarnya (*wave celerity*) tergantung pada kedalaman air dan panjang gelombang. Dari hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa kecepatan partikel air relatif lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan rambatnya.



Gambar 2.1. Sketsa Gelombang Airy (Triatmodjo, 1999)

Dari gambar 2.1 diketahui suatu gelombang dengan cepat rambat C dengan kedalaman d, tinggi gelombang H, dan panjang gelombang L. sehingga dapat diketahui periode gelombang sebagai berikut

$$T = \frac{L}{C} \dots\dots\dots 2.2$$

persamaan permukaan air :

$$\eta = \frac{H}{2} \text{Cos} 2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \dots\dots\dots 2.3$$

atau $\eta = \frac{H}{2} \text{Cos} 2\pi (kx - \sigma t) \dots\dots\dots 2.4$

dengan

$$k = \frac{2\pi}{L} = \text{"Wave Number"} \dots\dots\dots 2.5$$

$$\sigma = \frac{2\pi}{T} = \text{"Wave angular frequency"} \dots\dots\dots 2.6$$

$$\eta = \text{koordinat muka air diukur dari SWL (still water level)} \dots\dots\dots 2.7$$

tanda panah pada puncak gelombang, lembah gelombang dan muka air tenang (SWL) menunjukkan gerakan partikel air. Kecepatan partikel air dan ukuran orbit makin kedalam makin berkurang dan pada dasarnya kecepatan pada sumbu y (Vy) adalah 0.

$$V = \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots 2.8$$

Hal ini sebagai kondisi batas dasar. Persamaan Bernoulli untuk irrotational flow

$$\frac{1}{2} (u^2 + v^2) + gy + \frac{p}{\rho} + \frac{\partial \phi}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots 2.9$$

$$\frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 \right\} + gy + \frac{p}{\rho} + \frac{\partial \phi}{\partial t} \dots\dots\dots 2.10$$

dengan:

g = percepatan gravitasi

p = tekanan hidrostatis

p = rapat massa air

ϕ = potential kecepatan

u = kecepatan partikel arah x

v = kecepatan partikel arah y.

$$gy = \frac{\partial \phi}{\partial t} \dots\dots\dots 2.11$$

$$y = \eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \dots\dots\dots 2.12$$

karena η adalah kecil dibanding dengan panjang gelombang maka dapat dianggap nol.

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \dots\dots\dots 2.13$$

persamaan ini merupakan kondisi batas permukaan, yang kemudian dapat dijabarkan secara matematis menghasilkan hubungan sebagai berikut

$$C = \sqrt{\frac{g}{k} \tanh(kd)} \dots\dots\dots 2.14$$

jika nilai $k = \frac{\sigma}{C} = (2\pi T)/C$ dan disubstitusikan ke dalam persamaan diatas maka :

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots\dots\dots 2.15$$

$$L = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots\dots\dots 2.16$$

2.2.2 Teori Gelombang Hingga

2.2.2.1 Teori gelombang Stokes

Dalam teori gelombang linier fluktuasi muka air hanya diberikan untuk orde pertama. untuk gelombang amplitudo sehingga harus diperhitungkan besaran - besaran yang berorde lebih tinggi, yang mempunyai bentuk umum sebagai berikut:

$$\eta = a \cos(kx - \sigma t) + a^2 B_2(Ld) \cos^2(kx - \sigma t) + a^3 B_3(Ld) \cos^3(kx - \sigma t) \dots\dots\dots + a^2 B_3(Ld) \cos^n(kx - \sigma t) \dots\dots\dots 2.17$$

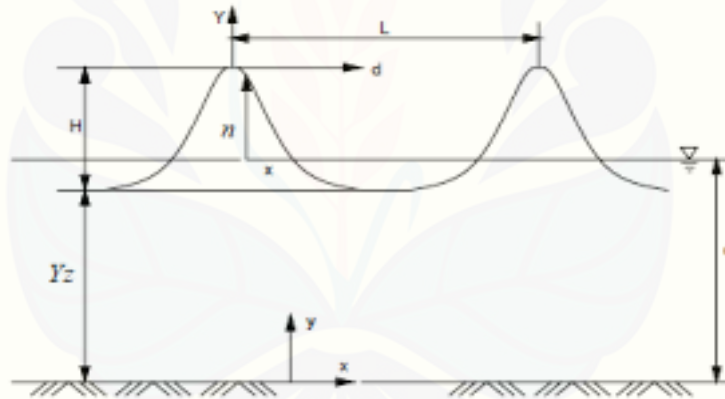
Dimana

$$a = H/2$$

B = fungsi dari panjang gelombang dan kedalaman air

2.2.2.2 Teori Gelombang Knoidal

Pada teori gelombang Stokes mensyaratkan perbandingan antara kedalaman dan panjang gelombang d/L adalah lebih besar dari $1/8 - 1/10$. dan untuk gelombang panjang dengan amplitudo berhingga di laut dangkal lebih sesuai apabila digunakan teori gelombang Knoidal. Gelombang ini adalah gelombang periodik yang biasanya mempunyai puncak tajam yang dipisahkan oleh lembah yang cukup panjang. Teori ini berlaku apabila d/L lebih kecil dari $1/8$ dan parameter Ursell $U_R = HL^2/d^3$ lebih besar dari 26.



Gambar 2.2. Gelombang Knoidal (Triatmodjo, 1999)

Pada gambar diatas karakteristik gelombang dinyatakan dalam bentuk parameter yang merupakan fungsi k . Parameter k secara fisik tidak mempunyai arti, dan hanya digunakan untuk menyatakan hubungan antara berbagai parameter gelombang. Ordinat dari permukaan air Y_s diukur terhadap dasar diberikan oleh:

$$y_s = y_1 + Hcn^2 \left\{ 2K(k) \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right), k \right\} \dots \dots \dots 2.18$$

dengan :

Y_t : jarak dari dasar lembah gelombang

cn : fungsi cosinus ellips

$K(k)$: integral ellips

k : modulus dari integral ellips

2.2.3 Teori Gelombang Tunggal

Teori gelombang tunggal adalah gelombang berjalan yang terdiri dari satu puncak gelombang. Gelombang ini adalah gelombang translasi, dimana kecepatan partikel air hanya bergerak dalam arah penjalaran.

$$y = d + H \operatorname{sech}^2 \left\{ \sqrt{\frac{-3}{4} \frac{H}{d^3}} (x - Ct) \right\} \dots\dots\dots 2.19$$

atau

$$\eta = H \operatorname{sech}^2 \left\{ \sqrt{\frac{3}{4} \frac{H}{d^3}} (x - Ct) \right\} \dots\dots\dots 2.20$$

kecepatan rambat :

$$C = \sqrt{g(H - d)} \dots\dots\dots 2.21$$

Energi gelombang total tiap satuan lebar :

$$E = \frac{8}{3\sqrt{3}} \rho g H^{3/2} d^{3/2} \dots\dots\dots 2.22$$

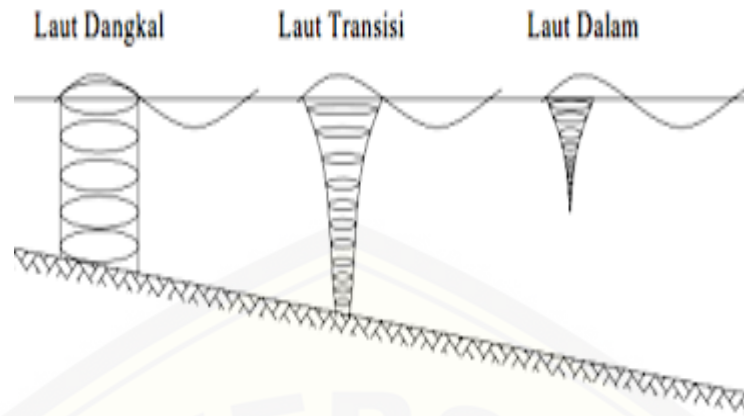
Tekanan gelombang diberikan sebagai berikut:

$$p = \rho g (y_0 - y) \dots\dots\dots 2.23$$

2.3 Deformasi Gelombang

2.3.1 Shoaling

Shoaling adalah perubahan tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman, kecepatannya juga berkurang yang besarnya linier dengan besarnya pendangkalan kedalaman laut.



Gambar 2.3. Deformasi Gelombang (Triatmodjo, 1999)

$$K_s = \frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{lC_0}{2nC}} \dots\dots\dots 2.24$$

Yang kemudian dapat diturunkan menjadi :

$$K_s = 0,4464 \sqrt[4]{\frac{L_0}{h}} \dots\dots\dots 2.25$$

Dimana :

L_0 = Panjang gelombang mula - mula

h = Kedalaman laut pada titik yang ditinjau

2.3.2 Gelombang Pecah

Panjang gelombang semng turunnya kedalaman akan beransur - angsur berkurang, sementara tinggi gelombang akan terns bertambah yang akhirnya pada titik tertentu kemiringan gelombang bertambah dan kemudian pecah pada kedalaman tertentu. Gelombang pecah diklasiflkasikan dalam tiga kategori yaitu spilling, plugging, dan surging, pada gelombang reguler lokasi gelombang pecah selalu tetap. Menurut Miche (1944) kondisi batas gelombang pecah untuk segala kedalaman adalah memenuhi persamaan berikut :

$$\left[\frac{H}{L}\right]_{\max} = \frac{1}{7} \tanh \left[\frac{2\pi h}{L}\right] \dots\dots\dots 2.26$$

sehingga untuk air dalam $\left[\frac{H}{L}\right] = \frac{1}{7}$ dan untuk air dangkal

$$\left[\frac{H}{L}\right]_{\max} = \tanh \left[\frac{2\pi h}{L}\right] \dots\dots\dots 2.27$$

2.3.3 Refraksi

Berbeda dengan shoaling gelombang refraksi adalah perubahan tinggi gelombang yang disebabkan karena adanya pembelokan arah gerak puncak gelombang.

Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (penguncupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai.

Ada beberapa anggapan yang digunakan dalam mempelajari refraksi :

1. Energi gelombang antara dua ortogonal adalah konstan.
2. Arah penjalaran gelombang tegak lurus pada puncak gelombang yang dalam arah ortogonal.
3. Cepat rambat gelombang yang mempunyai periode tertentu di suatu tempat hanya tergantung pada kedalaman di tempat tersebut.
4. Perubahan topografi dasar laut adalah berangsur - angsur.
5. Gelombang mempunyai puncak yang panjang, periode konstan, amplitude kecil dan monokromatik
6. Pengaruh arus, angin dan refleksi dari pantai dan perubahan topografi dasar laut diabaikan.

Berdasarkan persamaan umum cepat rambat yaitu :

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}} \dots\dots\dots 2.28$$

dimana untuk laut dalam :

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}} \dots\dots\dots 2.29$$

dan di laut transisi, kecepatan rambat dihitung dengan persamaan untuk laut dalam sedangkan persamaan untuk laut dangkal adalah

$$C = \sqrt{gd} \dots\dots\dots 2.30$$

Energi gelombang total tiap satuan lebar adalah dinyatakan

$$E = \frac{\rho g H^2 L}{8} \dots\dots\dots 2.31$$

sedangkan tenaga gelombang adalah

$$P = nEC \dots\dots\dots 2.32$$

Dua garis ortogonal yang melintasi dari taut dalam menuju pantai dan dianggap tidak ada energi gelombang yang keluar dari lintasan tersebut. Tenaga yang terkandung diantara kedua garis ortogonal dapat dianggap konstan. Apabila jarak garis ortogonal adalah b , maka tenaga gelombang dilaut dalam dan suatu titik di laut yang lebih dangkal adalah :

$$P_O = \frac{n_0 \times E_0 \times b_0}{T_0} \dots\dots\dots 2.33$$

$$P = \frac{n \times E \times b}{T} \dots\dots\dots 2.34$$

Tenaga yang tersimpan dari kedua gans adalah konstan sehingga kedua persamaan diatas dapat ditulis

$$\frac{b_0 \times n_0 \times E_0}{T_0} = \frac{b \times n \times E}{T} \dots\dots\dots 2.35$$

dari persamaan energi kemudian disubstitusikan kedalam persamaan diatas sehingga menjadi

$$\frac{H^2}{H_0^2} = \frac{b_0 \times n_0 \times L_0}{b \times n \times L} \dots\dots\dots 2.36$$

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} \sqrt{\frac{b_0}{b}} \dots\dots\dots 2.37$$

Pada persamaan diatas suku pertama adalah akibat pengaruh pendangkalan sedang suku kedua adalah pengaruh garis ortogonal konvergen atau divergen yang disebabkan oleh refraksi, kedua suku ini dikenal sebagai koefisien pendangkalan (K_s) dan koefisien refraksi K_r sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$H = K_0 K_r H_0 \dots\dots\dots 2.38$$

Koefisien pendangkalan merupakan fungsi panjang gelombang dan kedalaman air. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk menghitung tinggi gelombang pada laut transisi dan dangkal, berdasarkan tinggi gelombang di laut dalam dan jika jarak antara dua ortogonal diketahui

2.3.4 Difraksi

Difraksi adalah proses pemindahan energi gelombang ke daerah yang terlindungi oleh pulau, bukit batu/karang yang menjorok kelaut, atau bangunan

pantai. Proses ini akan menyebabkan gelombang di daerah yang terlindungi tersebut.

Jika gelombang yang datang terhalang oleh suatu rintangan maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan tersebut dan masuk di daerah yang terlindungi dibelakangnya. Dalam proses difraksi ini terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah yang terlindungi

Transfer energi tersebut menyebabkan timbulnya gelombang di daerah tersebut, meskipun tidak sebesar gelombang diluar daerah terlindung. Garis puncak gelombang dibelakang rintangan membelok dan mempunyai bentuk busur lingkaran dengan pusat pada ujung rintangan. Kedalaman di daerah yang terlindungi dianggap konstan jika tidak maka terjadi refraksi gelombang. Pada rintangan tunggal, tinggi gelombang di suatu daerah yang terlindung tergantung pada jarak titik tersebut terhadap ujung rintangan (r), sudut rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan (β), dan sudut antara arah penjalaran gelombang dengan rintangan (θ). Perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah yang terlindungi dengan tinggi gelombang datang disebut dengan koefisien difraksi (K_D).

$$H_A = K_D \times H_I \dots\dots\dots 2.39$$

$$\text{Dimana } K_D = f(\theta, \beta, \frac{r}{L}) \dots\dots\dots 2.40$$

2.3.5 Refleksi

Gelombang yang datang dan membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang sangat penting dalam perencanaan struktur bangunan pantai, terutama perencanaan pelabuhan. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam kolam labuh. Fluktuasi airnya akan dapat menyebabkan gerakan gerakan pada kapal dan dapat menimbulkan tegangan yang besar pada tali tambatnya. Untuk itu maka bangunan - bangunan yang ada harus mampu menyerap energi dari gelombang yang terjadi.

Besarnya kemampuan suatu bangunan dalam memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dengan tinggi gelombang datang H_i

$$C_r = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots 2.41$$

2.4 Fluktuasi Muka Air Laut

Fluktuasi air laut berdasarkan karakteristik dan Jenis gerakannya diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Pasang surut.
- b. Tsunami.
- c. Gelombang rencana .
- d. Badai.
- e. Pemanasan global.

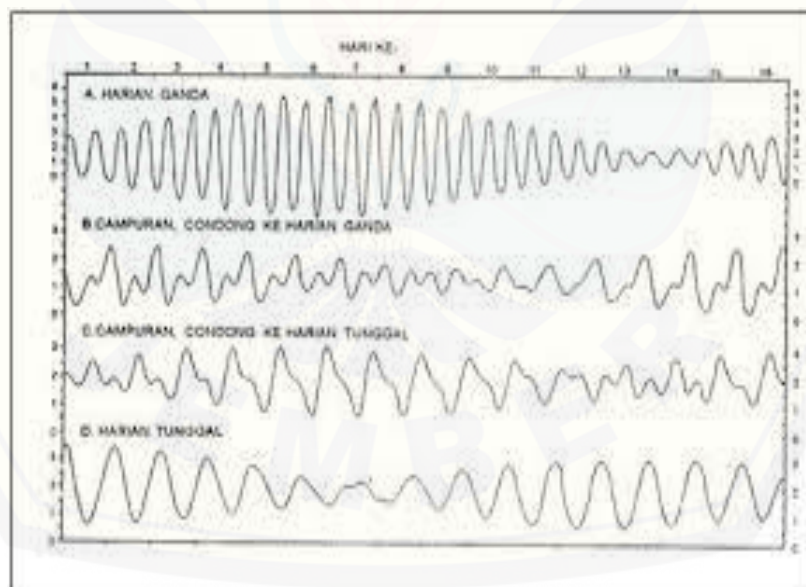
Hal tersebut diatas menjadi acuan dalam menentukan ketinggian suatu bangunan pelindung pantai, walaupun kadang tidak semua faktor tersebut diperhitungkan tergantung kondisi lapangan tempat bangunan tersebut akan dibangun.

2.4.1 Pasang Surut

Elevasi muka air laut setiap hari selalu mengalami perubahan, perubahan elevasi muka air laut sebagai fungsi waktu tersebut terjadi karena adanya pasang surut. Terjadinya pasang surut ini disebabkan adanya gaya tarik benda langit terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut (Triatmodjo, 1999).

Pengetahuan tentang pasang surut akan menjadi sangat penting ketika kita sedang merencanakan untuk membangun bangunan pantai dan pelabuhan. Menurut Triatmodjo (1999) pasang surut yang terjadi pada setiap daerah memang tidak sama. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dibedakan menjadi 4 tipe yaitu:

1. Pasang Surut Harian Tunggal (diurnal tide) Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan Selat Karimata.
2. Pasang Surut Harian Ganda (semi diurnal tide) Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Tipe pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit
3. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (mixed tide prevailing diurnal). Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terjadi di perairan Indonesia Timur
4. Pasang Surut campuran Condong Ke Harian Tunggal (mixed tide prevailing diurnal) Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.



Gambar 2.4 Tipe Pasang Surut (Triadmodjo,1999)

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*, HWL), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level*, LWL), 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* (HHWL), adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran
9. *Lower low water level* (LLWL), adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari

Pasang surut mempunyai kurang lebih 390 komponen dengan periode antara 8 jam sampai 18,6 tahun yang berperan aktif dalam pembangkitan pasang surut. Namun tmtuk alasan praktis hanya komponen - komponen utama saja yang yang dipakai dalam peramalan gelombang pasang surut. Masing - masing komponen mempunyai periode berdasarkan perhitungan astronomi, dan sudut fase yang tergantung kondisi lokal. Ini berarti konstanta masing - masing komponen tersebut berbeda antara daerah satu dengan daerah yang lainnya. Berikut ini adalah tabel delapan komponen utama pasang surut.

Persamaan dasar untuk mengetahui jenis pasang surut

$$NF = \frac{K1+O1}{M2+S2} \dots\dots\dots 2.42$$

Dengan:

K1 = komponen matahari dan bulan

O1 = komponen utama bulan

M2 = komponen utama bulan

S2 = komponen utama matahari

Dimana jika nilai:

$0,0 < NF < 0,25$ = Pasang surut harian ganda

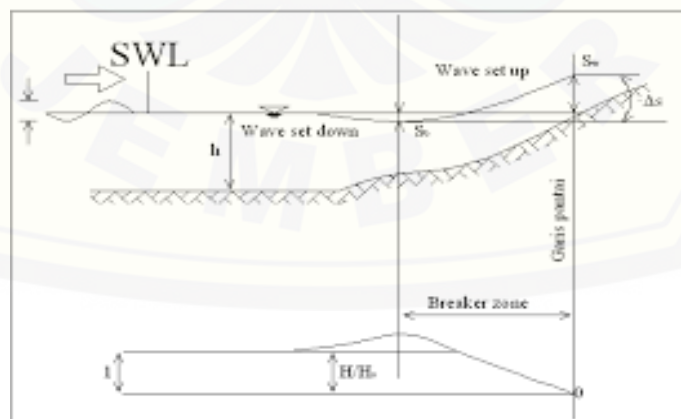
$0,25 < NF \leq 1,50$ = Pasang surut campuran condong ke harian ganda

$1,5 < NF \leq 3,0$ = Pasang surut campuran condong ke harian tunggal

$3,0 < NF$ = Pasang surut harian tunggal

2.4.2 Gelombang Recana (*Wave Set Up*)

Perubahan atau fluktuasi muka air juga dipengaruhi oleh besarnya gelombang yang terjadi, pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan terhadap muka air diam (*Wave set-up*) disekitar lokasi gelombang pecah, kemudian dari titik dimana gelombang pecah terjadi akan mengalami kemiringan keatas yang disebut *Wave set-up* seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.5. Wave set-up dan set-down

Wave set up ini dapat dihitung dengan persamaan longuet - Higgins dan Stewart (1963, dalam CERC, 1984) :

$$S_b = \frac{0,536H_b^{\frac{2}{3}}}{g^{1/2}T} \dots\dots\dots 2.43$$

dengan :

S_b : Set down didaerah gelombang pecah

T : Periode gelombang

H' 0 : Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

d_b : Kedalaman gelombang pecah

g : Percepatan gravitasi

Wave set up dipantai diberikan oleh bentuk berikut :

$$S_w = \Delta S - S_b \dots\dots\dots 2.44$$

Longuet - Higgins dan Stewart melakukan analisa data percobaan yang dilakukan oleh Saville (1961, dalam SPM, 1984) dan hasilnya adalah $\Delta S = 0,15 d_b$ Dengan menganggap bahwa $d_b = 1,28 H_b$ maka:

$$\Delta S = 0,15 d_b \dots\dots\dots 2.45$$

Dengan mensubstitusikan persamaan maka diperoleh :

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b \dots\dots\dots 2.46$$

2.4.3 Badai

Angin sebagai yang juga merupakan pembangkit gelombang jika memiliki kecepatan tinggi atau dalam kondisi badai (*storm condition*) dapat mempengaruhi muka air laut diam didaerah pantai, hal ini dapat terjadi jika badai cukup kuat dan daerah pantai dangkal dan luas. Kenaikan elevasi akibat badai ini dapat dihitung dengan (Triatmodjo, 1999):

$$\Delta h = \frac{F_i}{2} \dots\dots\dots 2.47$$

$$\Delta h = F_c \frac{v^2}{2gd} \dots\dots\dots 2.48$$

dimana :

Δh : Kenaikan elevasi muka air karena badai (m)

F : Panjang fetch (m)

I : Kemiringan muka air laut

c : Konstanta = $3,5 \times 10^{-6}$

v : Kecepatan angin (m/d)

d : kedalaman air (m)

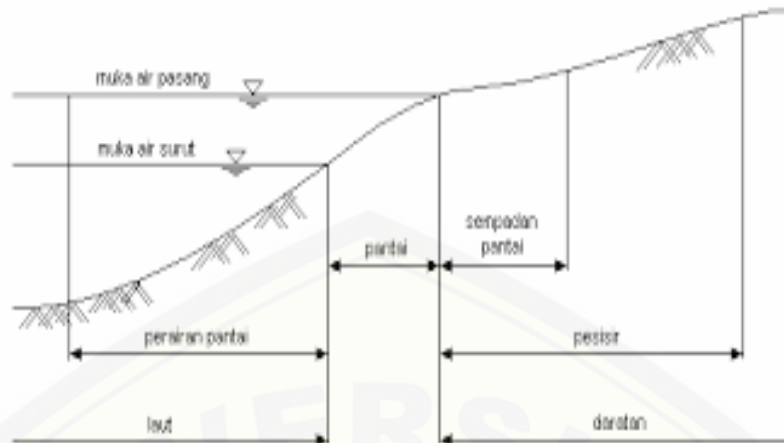
g : Percepatan gravitasi (m/d²)

2.5 Daerah Pantai

Daerah pantai adalah daerah yang selalu menjadi perhatian bagi manusia yang banyak memiliki ketergantungan dengan wilayah pantai, ini terbukti dengan banyaknya pusat kegiatan yang berada di wilayah pantai. Seiring dengan perkembangan jaman wilayah pantai mulai dikelola dengan memperhitungkan kondisi alam yang ada di wilayah tersebut, yang kemudian memunculkan beberapa teori tentang permasalahan - permasalahan di pantai

2.5.1 Definisi Daerah Pantai

Pantai merupakan batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Dimana daerah daratan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Sedangkan daerah lautan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi dibawahnya (Triadmodjo,1999).



Gambar 2.6 Definisi Daerah Pantai (Triadmodjo,1999)

Pengertian dari masing - masing daerah adalah sebagai berikut :

Pantai adalah daerah tepi perairan (laut atau danau) sebatas antara surut terendah dan pasang tertinggi.

Daerah Pantai adalah suatu pesisir beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih terpengaruh baik oleh aktifitas darat maupun marin.

Pesisir adalah daerah tepi laut yang masih terpengaruh oleh aktifitas marin.

Perairan Pantai adalah daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Sempadan Pantai adalah daerah sepanjang pantai yang diperuntukkan bagi pengamanan dan pelestarian pantai.

2.5.2 Arus di Daerah Pantai

Arus yang terjadi di daerah litoral penyebab utamanya adalah angin dan gerakan superimpose pada gerakan osilasi air. Secara umum gerakan ini memiliki kecepatan yang rendah, akan tetapi dapat menyebabkan perpindahan pasir, hal inilah yang menjadi sebab mengapa gerakan air mempengaruhi sedimentasi di daerah pantai.

2.5.2.1 Gelombang Penyebab Gerakan Air

Pada kondisi ideal di laut dalam, partikel air mempunyai gerakan memutar mengelilingi kedudukan rata - ratanya, akan tetapi tidak mempengaruhi sediment di dasar laut. Pada kedalaman dimana gerakan partikel tersebut dapat

mempengaruhi dasar laut, gerakan memutar ini menjadi berbentuk ellips, dan air di dasar mulai bergerak. Di laut yang dangkal bentuk ellips ini hampir menyerupai sebuah garis. Persamaan dasar yang digunakan sebelum terjadi breaking adalah persamaan kecepatan partikel pada teori gelombang linier.

2.5.2.2 Gerakan Fluida Pada Saat Gelombang Pecah

Jauh sebelum gelombang sampai di laut dangkal, kecepatan partikel mendekati horisontal dan konstan terhadap kedalaman, walaupun pada saat breaking secara signifikan kecepatan vertikal air naik hingga puncak gelombang sampai terjadi pecah.

2.5.2.3 Arus Onshore Offshore

2.5.2.3.1 Transisi Onshore Offshore

Dari lapangan dan data percobaan mengindikasikan bahwa air di daerah perairan pantai terbagi oleh garis gelombang pecah menjadi dua massa air yang berbeda dimana hanya terjadi perubahan air yang terbatas. Mekanisme perubahan tersebut terjadi karena :

1. Kecepatan perpindahan massa.
2. Angin yang mempengaruhi permukaan.
3. Gelombang.
4. Arus yang dipengaruhi ketidak teraturan dasar.
5. Rip current
6. Arus yang terjadi karena perbedaan berat jenis.

2.5.2.3.2 Arus Longshore

a. Kecepatan Dan Tingkat Aliran.

Aliran arus pada daerah longshore sejajar dengan garis pantai dan dibatasi oleh daerah gelombang pecah dan garis pantai. Secara garis besar arus ini disebabkan oleh komponen - komponen gerakan gelombang yang mendekati garis pantai. Besarnya arus ini berkisar antara 0,3 m/det atau kurang. Hal yang paling penting dalam mempengaruhi arus longshore ini adalah sudut antara puncak

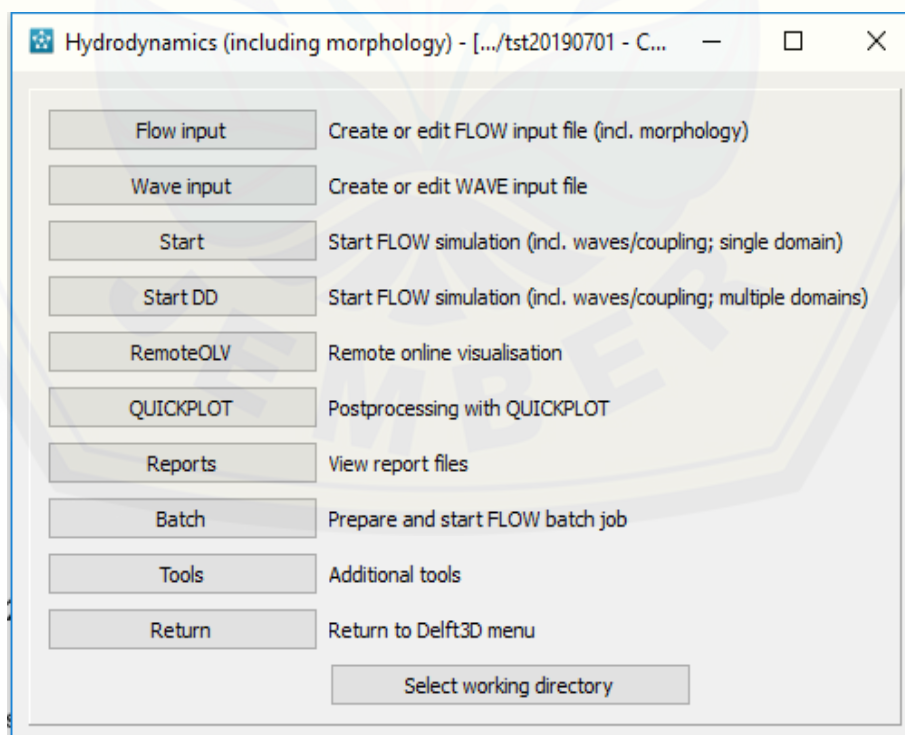
gelombang dan garis pantai. Akan tetapi besarnya aliran arus dan longshore transport tergantung dari tinggi gelombang pecah.

b. Prediksi Kecepatan.

Bervariasinya kecepatan arus yang terjadi sepanjang perairan pantai menyebabkan perkiraan kecepatannya sangat sulit. Berikut ini adalah rumus pendekatan Longuet - Higgins yang digunakan untuk memperkirakan kecepatan arus (SPM Vol I CERC, 1984)

2.6 Program Delft3D

Delft3D merupakan program simulasi atau pemodelan hidrodinamik multidimensi (2D atau 3D) yang berfungsi untuk perhitungan daerah pesisir, sungai, dan muara. Program ini dapat menyimulasikan gelombang arus, angkut sedimen, kualitas air, dan analisis ekologi pada daerah pantai. Software DELFT3D mempunyai modul utama yaitu FLOW-module berfungsi untuk menghitung kondisi hidrodinamika. Dalam perhitungan kondisi hidrodinamika, Delft3D-FLOW menggunakan penyelesaian persamaan Navier-Stokes menggunakan asumsi Boussineq. Tampilan menu software Delft3D seperti pada Gambar 2.7 berikut



Gambar 2.7. Tampilan menu software DELFT3D

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Pantai Puger terletak di Kecamatan Puger Kabupaten Jember. Kecamatan Puger dengan luas wilayah kurang lebih 148,99 km², secara geografis berada pada posisi koordinat 08°22' LS sampai dengan 113°29' BT. Pantai Puger berada dalam wilayah administrasi Kecamatan Puger dengan batas-batas wilayah sebagai berikut:

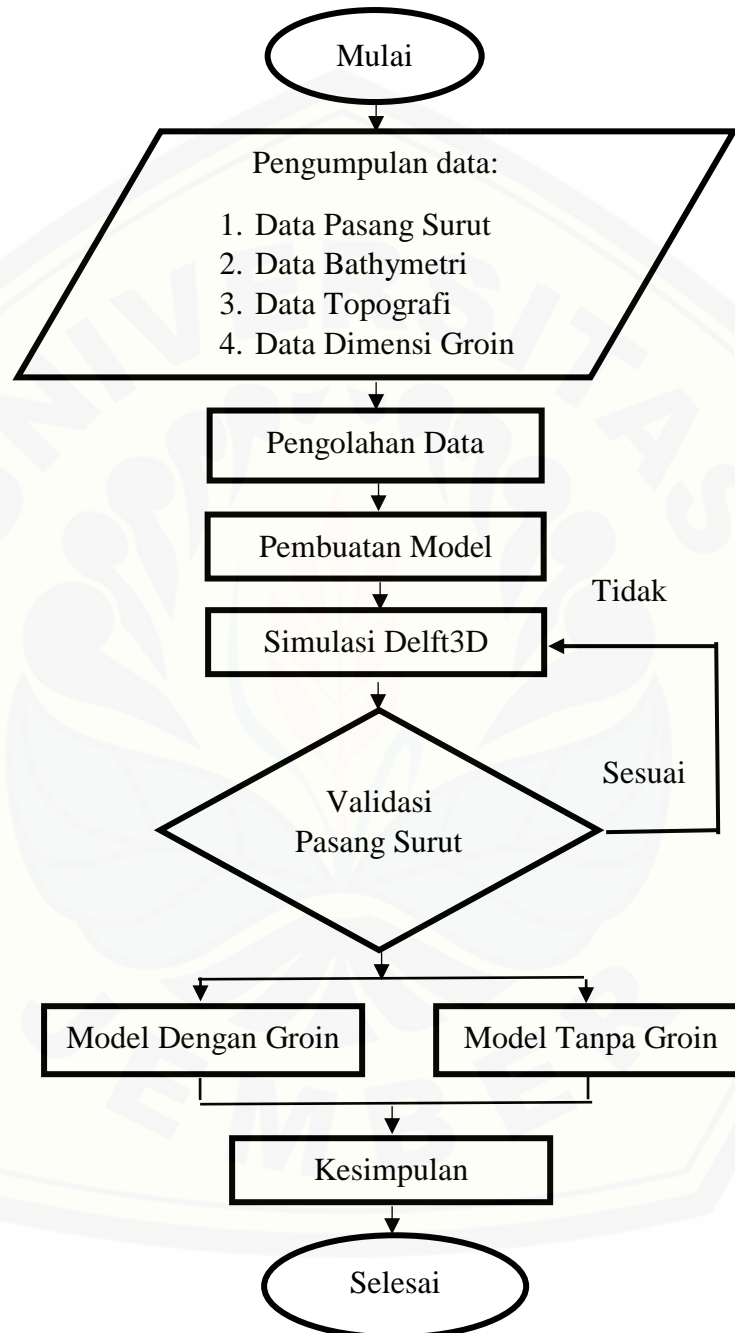
- a. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Balung
- b. Sebelah Selatan berbatasan dengan Laut Jawa
- c. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Gumukmas
- d. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Wuluhan



Gambar 3.1 .Peta Lokasi Bangunan Pelindung Pantai (*Groyne*) di Pantai Puger, Jember (Google earth)

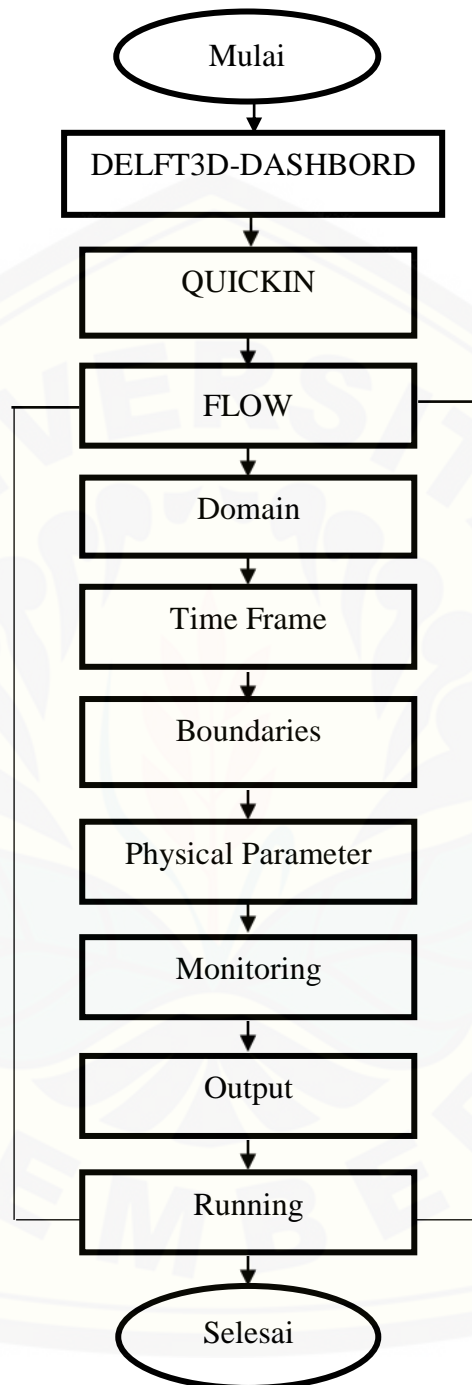
3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Adapun kerangka kerja/*flowchart* pada penelitian ini digambarkan dalam skema dibawah ini:



Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

Metodologi pemodelan secara bagan/kerangka kerja dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini:



Gambar 3.3 Flowchart Pemodelan

3.3 Persiapan data

Data yang diperlukan untuk melakukan simulasi ini adalah peta bathimetri, data pasang surut dan data dimensi groin. Sumber data serta penggunaannya pada simulasi ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sumber data dan penggunaannya pada simulasi ini

No	Data	Penggunaan Data	Sumber Data	Spesifikasi Data
1	Peta Bathimetri	Kedalaman area simulasi	BIG (Badan Informasi Geospasial)	Elevasi kontur per 1m
2	Data Pasang Surut	Batasan untuk simulasi arus	NAOtide	Di ukur selama 15 hari
3	Dimensi Groin	Dimensi struktur pada simulasi	UPT Pelabuhan dan Pengelolaan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan (P2SKP)	Struktur Groin

3.3.1. Peta Bathimetri

Peta bathimetri merupakan peta kedalaman air dan konfigurasi topografi bawah laut. Peta ini pada umumnya mempunyai sistem koordinat yang bereferensi pada sistem koordinat peta topografi. Cakupan wilayah bathimetri ini meliputi jarak dari muara ke lepas pantai sepanjang 4.5 km, panjang garis pantai ke kanan 2.4 km, garis pantai ke kiri 3.4 km. Data bathimetri untuk simulasi Tugas Akhir ini diperoleh dari BIG (Badan Informasi Geospasial) dan diolah menggunakan *software* Global Mapper.

3.3.2. Peta Topografi

Peta Topografi merupakan peta yang menyajikan posisi horizontal serta vertikal dari unsur alam dan unsur buatan manusia dalam bentuk tertentu dengan memperhatikan sistem proyeksi peta yang digunakan serta skala peta. Daerah daratan digunakan sebagai land boundary yaitu batasan darat pada daerah simulasi. Cakupan wilayah pengukuran topografi sepanjang 24 km sejajar garis pantai

dengan luasan 13 km ke kiri garis pantai dan 11 km ke kanan sepanjang garis pantai. Peta Topografi diperoleh dari Google Earth.

3.3.3. Data pasang surut

Untuk batas – batas muka air laut pada saat pasang tertinggi dan pada saat surut terendah maka perlu dilakukan pengukuran pasang surut. Pasang surut terjadi karena pengaruh posisi bumi terhadap bulan dan matahari. Pergerakan muka air akibat pasang dan surut ini menimbulkan arus pasang surut. Data pasang surut akan digunakan sebagai nilai batas (*boundary condition*) pada saat pemodelan arus diperoleh dari Naotide.

3.4 Simulasi Pasang Surut dengan Delft3D-FLOW

Simulasi dilakukan dengan Delft3D-FLOW. Daerah simulasi terdiri dari pembuatan grid dengan menggunakan Delft3D-DASHBOARD dan pemasukan data kedalaman dengan menggunakan Delft3D-QUICKIN. Selain itu memerlukan data input lain yang diperlukan untuk proses simulasi dapat berjalan.

3.4.1 Digitasi *Land Boundary*

Land boundary merupakan batas yang menunjukkan wilayah darat dan lautan. Melakukan simulasi memerlukan data digitasi yang dilakukan dengan menggunakan ArcGIS untuk mendapatkan nilai koordinat pada daratan. Daerah yg didigitasi sepanjang 24 km sejajar garis pantai dengan menggunakan ArcGIS.

ArcGIS berfungsi untuk mendigitasi daerah yang digunakan untuk simulasi. Peta yang digunakan untuk mendigitasi wilayah yang disimulasi bersumber dari Google Earth. Output yang telah didigitasi dalam bentuk koordinat X dan Y kemudian dipindahkan ke textpad yang sudah diformat agar dapat dijadikan sebagai input land boundary dengan format *.ldb. Setelah tersimpan file tersebut dapat dibuka dengan menggunakan Delft3D-RGFGRID sehingga terbentuk garis pantai dan wilayah daratan dan laut.

3.4.2 Pembuatan Grid

Grid yang digunakan pada simulasi dalam bentuk *spherical coordinate*. Pembuatan grid ini menggunakan program Delft3D-DASBHORD, dan diolah menggunakan Delft3D-RGFGRID, tujuan dari Delft3D-RGFGRID ini adalah untuk membuat grid, memodifikasi, dan memvisualisasikan orthogonal untuk Delft3D-FLOW. Grid pada pemodelan menggunakan ukuran 40 x 40 m dengan menggunakan koordinat *sperichal coordinates*.

3.4.3 Pemasukan data kedalaman

Delft3D-QUICKIN merupakan program yang berfungsi untuk membuat, dan memvisualisasikan model bathimetri. Delft3D-QUICKIN digunakan untuk memasukkan data kedalaman pada daerah simulasi. Data kedalaman digunakan sebagai data input bathimetri pada system Delft3D-FLOW. Untuk input data kedalaman dengan tanda positif (+) digunakan sebagai informasi kedalaman di laut, sedangkan untuk tanda negatif (-) digunakan sebagai informasi elevasi di darat. Dari hasil bathimetri nasional dari BIG (Badan Informasi Geospasial) didapat data dalam bentuk *.tiff kemudian diolah menjadi xyz menggunakan *software* global mapper, diekspor ke textpad dan disimpan dalam bentuk *.xyz. Data format *.xyz tersebut menjadi data input Delft3D-QUICKIN.

3.4.4 Description

Description adalah kotak teks yang digunakan untuk menginformasikan simulasi yang dilakukan atau untuk menerangkan tujuan dari simulasi yang akan dilakukan.

3.4.5 Domain

Domain merupakan area permodelan yang ditinjau untuk simulasi. Cakupan wilayah domain pada daerah simulasi adalah 2,9 km sejajar garis pantai dengan luasan 1,3 km ke kiri dan 1,6 km ke kanan. Pada simulasi ini akan menggunakan 2 skenario yaitu dengan menggunakan groin dan tanpa groin. Skenario dengan

menggunakan groin mempunyai panjang 50 m. 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 *spherical coordinates*.

Bathymetry adalah sub-data yang berguna untuk menginput data kedalaman yang telah dimasukkan sebelumnya pada Delft3D-QUICKIN.

3.4.6 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.

3.4.7 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 komponen hidrodinamika pasang surut dan nilai konsentrasi batas pada sedimen di bagian open boundaries. Komponen yang digunakan adalah astronomic dengan tipe pasang surut diurnal dan semidiurnal. Komponen utama diurnal K1 dan O1, sedangkan komponen semidiurnal M2 dan S2.

3.4.8 *Physical parameters*

Physical parameters merupakan parameter fisik yang berhubungan dengan kondisi area permodelan. Parameter yang digunakan dalam simulasi ini adalah constant

3.4.9 *Monitoring*

Monitoring terdiri dari *observation*, *drogues*, dan *crosssection*. Dalam pemodelan ini hanya menggunakan sub-data *observation*. Sub data *observation* meninjau setiap titik ketika pemodelan pada suatu titik tertentu yang telah dipilih.

3.4.10 *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.

3.5 Skenario Simulasi

Pada pemodelan ini digunakan dua skenario. Pada skenario 1 dampak perubahan pola arus dan tinggi muka air yang dilihat berdasarkan pengaruh dibangunnya groin sedangkan pada skenario 2 dampak perubahan pola arus dan tinggi muka air yang dilihat tanpa adanya bangunan groin. Skenario dengan bangunan groin memiliki panjang 50 m. Pada kedua skenario ini akan menggunakan data pasang surut hasil pengukuran pada tahun 2012.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil proses pemodelan software Delft3D di pantai Puger maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Berdasarkan hasil analisa pada 4 titik yang ditinjau didapatkan kecepatan tertinggi arus maksimum pada titik (82,62) kondisi model dengan groin sebesar 0.204 m/s, dan kecepatan maksimum pada titik (82,62) kondisi model tanpa groin 0.102 m/s.
2. Pada hasil tinggi muka air, dari 4 titik tinjauan tidak memiliki perbedaan signifikan, elevasi tertinggi yang didapat dari model dengan groin pada titik (82,62) sebesar 1.437 m dan model tanpa groin pada titik (82,62) sebesar 1.440 m
3. Hasil penelitian pola arus dan tinggi muka air menunjukkan bahwa hasil simulasi model dengan groin kecepatan maksimumnya lebih besar dan untuk model tanpa groin kecepatan arus lebih kecil.

5.2 Saran

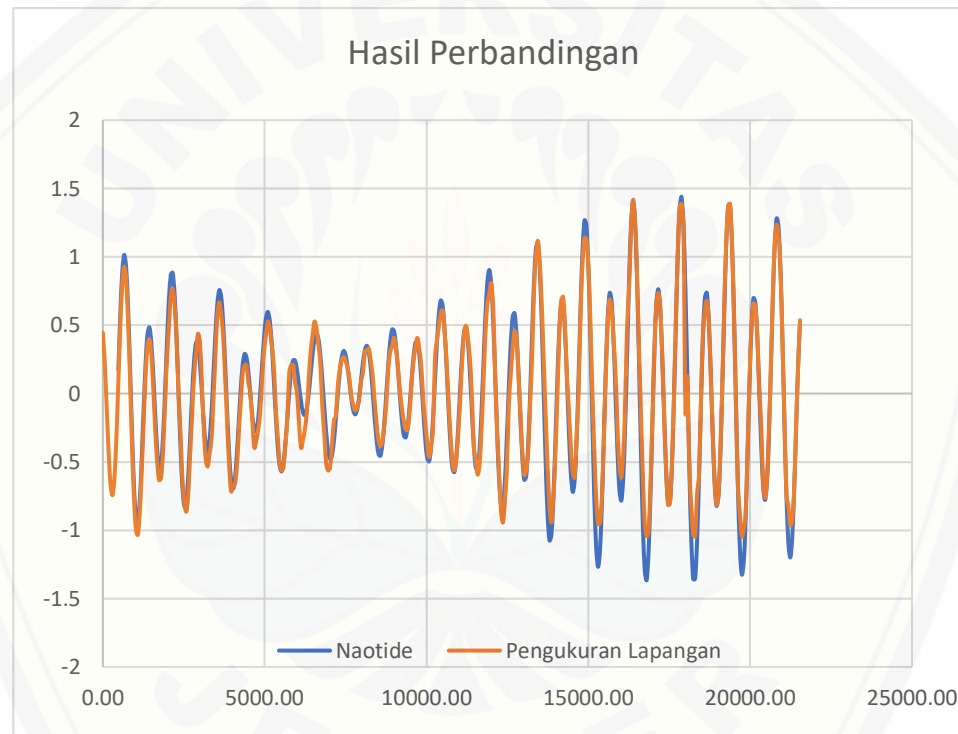
1. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya parameter yang ada di Delft3D di input lebih detail.
2. Diharapkan untuk simulasi selanjutnya agar dapat membuat grid yang lebih detail agar hasil simulasi lebih maksimal.

Daftar Pustaka

- Budiwicaksono A, R., P Subardjo, dan F. Novi. 2013. Pemodelan Pola Arus Pada Tiga Kondisi Musim Berbeda Sebagai Jalur Pelayaran Perairan Teluk Lampung Menggunakan Software Delft3D. *Jurnal Oseanografi*. 2(3): 280-292.
- Delft3D-FLOW User Manual 2011. Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments, Deltares, Rotterdamseweg 185, 672 pp.
- Novico, F. 2011. Penelitian Aspek Kebencanaan Geologi Kelautan di Sekitar PLTU Teluk Lampung, Puslitbang Geologi Kelautan. Bandung
- Triatmodjo, B. 1999. Perencanaan Bangunan Pantai. Yogyakarta: Beta offset.
- Triatmodjo, B. 1999. Perencanaan Pelabuhan. Yogyakarta: Beta offset.
- Widhi B, K., E Indrayanti, dan I. B Prasetyawan. 2012. Kajian Pola Arus di Perairan Teluk Lampung Menggunakan Pendekatan Model Hidrodinamika 2 Dimensi Delft3D. *Jurnal Oseanografi*. 1(2): 169-177.
- Widiyanto H. 2004. Perencanaan Pemecah Gelombang Pada Pintu Masuk Kolam Labuh Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Puger Jember. *Skripsi*. Surabaya: Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Yuliamangesti A, A., 2013. Evaluasi Kinerja Bangunan Pemecah Gelombang (Breakwater) Di Pantai Puger Jember. *Skripsi*. Diponegoro: Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.

LAMPIRAN

Lampiran.1 Grafik perbandingan data naotide dengan data pasang surut pengukuran periode 26 April – 10 Mei 2012



Lampiran.2 Data Pasang Surut

JAM	Tanggal														
	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	169	164	154	140	140	108	90	78	76	82	113	140	154	179	188
1	147	152	168	145	145	130	102	86	65	65	85	100	111	141	167
2	114	128	162	145	145	142	117	98	72	68	66	71	71	98	127
3	81	97	132	132	132	149	143	149	98	82	63	63	43	61	102
4	57	74	98	125	125	151	155	163	132	116	94	80	44	43	58
5	50	61	76	103	103	148	159	173	168	149	125	120	71	50	48
6	63	63	71	85	85	143	165	183	190	198	183	175	117	84	61
7	93	82	81	90	90	135	157	185	197	225	220	203	173	131	96
8	133	115	92	98	98	122	143	169	205	236	238	245	225	187	144
9	174	149	121	110	110	116	126	148	188	220	237	266	261	235	195
10	204	173	154	135	135	112	114	120	140	190	218	252	263	262	235
11	217	196	182	155	155	115	104	95	98	150	180	215	248	263	248
12	208	201	191	167	167	120	98	76	68	110	130	162	111	234	240
13	177	189	182	177	177	134	98	68	39	72	86	115	137	183	213
14	136	164	166	172	172	140	111	76	30	42	49	67	72	119	162
15	87	125	136	160	160	155	132	95	45	30	29	30	42	58	103
16	49	95	103	146	146	156	148	119	67	48	30	20	21	37	51
17	25	61	73	115	115	157	158	147	114	78	49	23	20	20	42
18	21	44	53	95	95	148	165	168	137	120	92	57	51	25	28
19	36	38	57	73	73	137	156	174	157	165	138	105	65	36	32
20	67	51	58	68	68	118	144	165	170	192	176	156	119	83	55
21	104	81	70	70	70	102	120	150	165	195	193	190	167	134	101
22	137	109	95	87	87	90	104	124	140	174	187	198	185	174	144
23	159	138	117	105	105	86	89	85	111	136	163	188	192	190	178

Lampiran.3 Validasi Data Pasang Surut

JAM	Data Pengamatan	Hasil Simulasi Delft3D	Selisih Error
0	0.45		
1	0.23		
2	-0.10		
3	-0.43		
4	-0.67		
5	-0.74		
6	-0.61		
7	-0.31		
8	0.09		
9	0.50	0.50	0.00
10	0.80	0.85	-0.05
11	0.93	1.04	-0.11
12	0.84	0.91	-0.07
13	0.53	0.68	-0.16
14	0.12	0.18	-0.06
15	-0.37	-0.29	-0.08
16	-0.75	-0.66	-0.09
17	-0.99	-0.87	-0.12
18	-1.03	-0.97	-0.07
19	-0.88	-0.76	-0.12
20	-0.57	-0.46	-0.11
21	-0.20	-0.12	-0.08
22	0.13	0.23	-0.10
23	0.35	0.45	-0.11
24	0.40	0.49	-0.10
25	0.28	0.37	-0.09
26	0.04	0.13	-0.10
27	-0.27	-0.17	-0.11
28	-0.50	-0.42	-0.09
29	-0.63	-0.54	-0.09
30	-0.61	-0.50	-0.11
31	-0.42	-0.30	-0.12
32	-0.09	0.01	-0.11
33	0.25	0.36	-0.11
34	0.49	0.68	-0.19
35	0.72	0.87	-0.16
36	0.77	0.87	-0.11
37	0.65	0.73	-0.08

38	0.40	0.40	0.00
39	0.01	-0.01	0.01
40	-0.29	-0.40	0.11
41	-0.63	-0.68	0.04
42	-0.80	-0.81	0.01
43	-0.86	-0.78	-0.08
44	-0.73	-0.57	-0.17
45	-0.43	-0.30	-0.14
46	-0.15	0.01	-0.16
47	0.14	0.25	-0.11
48	0.30	0.38	-0.08
49	0.44	0.37	0.06
50	0.38	0.24	0.14
51	0.08	0.00	0.07
52	-0.26	-0.21	-0.05
53	-0.48	-0.38	-0.10
54	-0.53	-0.41	-0.12
55	-0.43	-0.32	-0.11
56	-0.32	-0.11	-0.21
57	-0.03	0.16	-0.19
58	0.30	0.44	-0.14
59	0.58	0.67	-0.09
60	0.67	0.76	-0.09
61	0.58	0.69	-0.11
62	0.42	0.52	-0.10
63	0.12	0.22	-0.10
64	-0.21	-0.12	-0.09
65	-0.51	-0.42	-0.09
66	-0.71	-0.61	-0.10
67	-0.67	-0.68	0.01
68	-0.66	-0.62	-0.04
69	-0.54	-0.44	-0.11
70	-0.29	-0.20	-0.09
71	-0.07	0.04	-0.11
72	0.16	0.21	-0.05
73	0.21	0.29	-0.08
74	0.21	0.27	-0.07
75	0.08	0.16	-0.08
76	0.01	-0.01	0.02
77	-0.21	-0.17	-0.04
78	-0.39	-0.27	-0.12
79	-0.34	-0.27	-0.08

80	-0.26	-0.17	-0.09
81	-0.14	-0.01	-0.14
82	0.11	0.20	-0.09
83	0.31	0.40	-0.10
84	0.43	0.57	-0.14
85	0.53	0.60	-0.08
86	0.48	0.52	-0.04
87	0.36	0.37	-0.01
88	0.22	0.14	0.08
89	-0.09	-0.14	0.05
90	-0.29	-0.36	0.07
91	-0.51	-0.51	0.00
92	-0.56	-0.56	-0.01
93	-0.54	-0.50	-0.04
94	-0.37	-0.36	-0.01
95	-0.19	-0.18	-0.02
96	0.16	0.02	0.14
97	0.21	0.17	0.04
98	0.21	0.25	-0.04
99	0.08	0.25	-0.17
100	0.01	0.18	-0.17
101	-0.21	0.06	-0.27
102	-0.39	-0.06	-0.34
103	-0.34	-0.14	-0.20
104	-0.26	-0.16	-0.10
105	-0.14	-0.12	-0.03
106	0.11	-0.01	0.12
107	0.31	0.13	0.18
108	0.43	0.29	0.14
109	0.53	0.41	0.12
110	0.48	0.45	0.03
111	0.36	0.40	-0.04
112	0.22	0.29	-0.07
113	-0.09	0.12	-0.21
114	-0.29	-0.09	-0.21
115	-0.51	-0.27	-0.24
116	-0.56	-0.41	-0.15
117	-0.54	-0.47	-0.07
118	-0.37	-0.45	0.07
119	-0.19	-0.34	0.15
120	-0.16	-0.18	0.02
121	0.06	0.00	0.06

122	0.18	0.16	0.02
123	0.25	0.27	-0.02
124	0.27	0.32	-0.05
125	0.24	0.29	-0.06
126	0.19	0.20	-0.01
127	0.11	0.07	0.03
128	-0.02	-0.05	0.02
129	-0.08	-0.13	0.05
130	-0.12	-0.16	0.04
131	-0.09	-0.12	0.03
132	-0.04	-0.03	-0.02
133	0.10	0.10	0.00
134	0.16	0.23	-0.07
135	0.31	0.33	-0.03
136	0.32	0.36	-0.05
137	0.33	0.31	0.02
138	0.24	0.18	0.06
139	0.13	0.00	0.13
140	-0.06	-0.19	0.13
141	-0.22	-0.35	0.13
142	-0.34	-0.45	0.10
143	-0.38	-0.44	0.06
144	-0.34	-0.36	0.01
145	-0.22	-0.19	-0.03
146	-0.07	0.02	-0.09
147	0.19	0.22	-0.03
148	0.31	0.38	-0.07
149	0.35	0.48	-0.13
150	0.41	0.47	-0.06
151	0.33	0.35	-0.03
152	0.19	0.17	0.01
153	0.02	-0.04	0.05
154	-0.10	-0.20	0.10
155	-0.20	-0.31	0.11
156	-0.26	-0.32	0.05
157	-0.26	-0.23	-0.03
158	-0.13	-0.08	-0.05
159	0.08	0.10	-0.03
160	0.24	0.26	-0.03
161	0.34	0.38	-0.04
162	0.41	0.40	0.01
163	0.32	0.30	0.02

164	0.20	0.10	0.10
165	-0.04	-0.13	0.09
166	-0.20	-0.34	0.14
167	-0.35	-0.47	0.11
168	-0.46	-0.48	0.02
169	-0.38	-0.38	0.00
170	-0.26	-0.17	-0.09
171	0.25	0.09	0.15
172	0.39	0.36	0.02
173	0.49	0.58	-0.10
174	0.59	0.69	-0.10
175	0.61	0.64	-0.03
176	0.45	0.47	-0.02
177	0.24	0.21	0.02
178	-0.04	-0.09	0.05
179	-0.29	-0.37	0.07
180	-0.48	-0.53	0.05
181	-0.56	-0.56	0.00
182	-0.48	-0.45	-0.03
183	-0.29	-0.23	-0.06
184	-0.05	0.04	-0.09
185	0.23	0.29	-0.07
186	0.44	0.46	-0.02
187	0.50	0.50	0.00
188	0.41	0.39	0.01
189	0.26	0.17	0.09
190	0.00	-0.13	0.12
191	-0.39	-0.38	-0.02
192	-0.48	-0.53	0.05
193	-0.59	-0.54	-0.05
194	-0.52	-0.39	-0.13
195	-0.26	-0.11	-0.15
196	0.08	0.23	-0.16
197	0.44	0.57	-0.13
198	0.66	0.82	-0.16
199	0.73	0.90	-0.18
200	0.81	0.81	0.00
201	0.64	0.54	0.10
202	0.16	0.15	0.01
203	-0.26	-0.27	0.01
204	-0.56	-0.61	0.05
205	-0.85	-0.80	-0.05

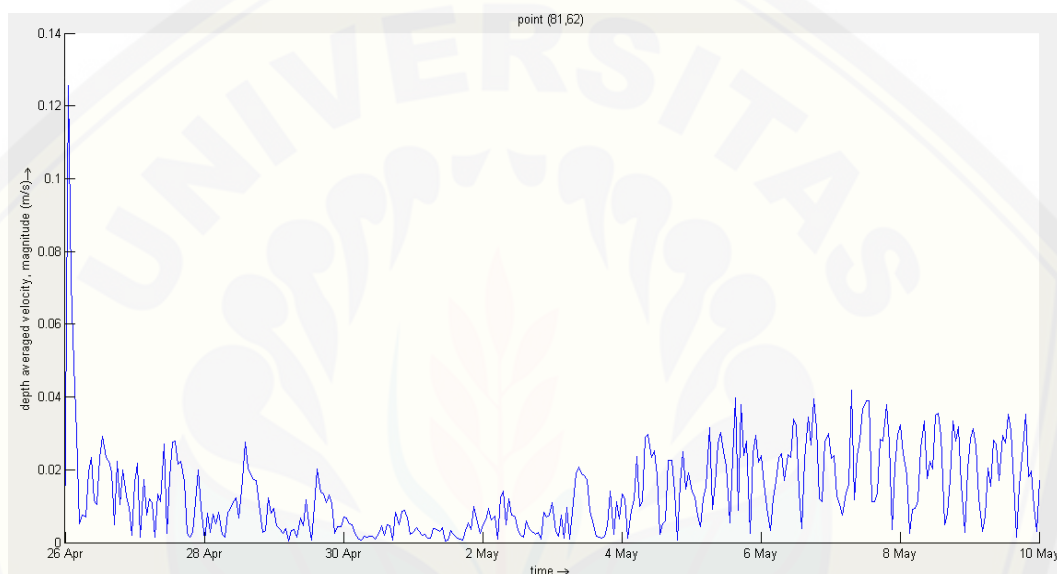
206	-0.94	-0.83	-0.12
207	-0.79	-0.63	-0.17
208	-0.57	-0.32	-0.25
209	-0.10	0.04	-0.14
210	0.13	0.35	-0.23
211	0.33	0.56	-0.24
212	0.46	0.59	-0.14
213	0.41	0.45	-0.04
214	0.16	0.18	-0.02
215	-0.13	-0.18	0.05
216	-0.42	-0.47	0.04
217	-0.59	-0.62	0.03
218	-0.56	-0.59	0.02
219	-0.42	-0.37	-0.06
220	-0.08	-0.01	-0.08
221	0.25	0.42	-0.18
222	0.74	0.81	-0.08
223	1.01	1.06	-0.05
224	1.12	1.10	0.02
225	0.96	0.91	0.05
226	0.66	0.52	0.14
227	0.26	0.02	0.24
228	-0.14	-0.49	0.35
229	-0.52	-0.88	0.35
230	-0.82	-1.07	0.25
231	-0.94	-1.03	0.08
232	-0.76	-0.77	0.00
233	-0.46	-0.34	-0.12
234	-0.04	0.08	-0.12
235	0.41	0.46	-0.05
236	0.68	0.67	0.01
237	0.71	0.65	0.06
238	0.50	0.45	0.05
239	0.12	0.12	-0.01
240	-0.11	-0.29	0.17
241	-0.39	-0.58	0.18
242	-0.58	-0.70	0.12
243	-0.61	-0.61	0.00
244	-0.30	-0.31	0.00
245	0.01	0.15	-0.14
246	0.59	0.63	-0.04
247	0.96	1.05	-0.10

248	1.14	1.26	-0.12
249	1.13	1.24	-0.11
250	0.94	0.93	0.01
251	0.56	0.44	0.11
252	0.06	-0.15	0.21
253	-0.38	-0.71	0.33
254	-0.75	-1.12	0.37
255	-0.95	-1.27	0.32
256	-0.94	-1.15	0.21
257	-0.75	-0.80	0.05
258	-0.32	-0.30	-0.03
259	0.14	0.18	-0.04
260	0.52	0.57	-0.06
261	0.69	0.74	-0.05
262	0.63	0.66	-0.04
263	0.39	0.39	-0.01
264	0.16	0.01	0.15
265	-0.24	-0.42	0.18
266	-0.53	-0.69	0.16
267	-0.61	-0.77	0.15
268	-0.44	-0.58	0.14
269	-0.04	-0.21	0.17
270	0.51	0.32	0.19
271	0.79	0.84	-0.06
272	1.21	1.24	-0.03
273	1.42	1.40	0.02
274	1.28	1.28	-0.01
275	0.91	0.88	0.03
276	0.38	0.30	0.07
277	-0.09	-0.35	0.25
278	-0.57	-0.91	0.34
279	-0.94	-1.28	0.34
280	-1.04	-1.38	0.34
281	-1.01	-1.17	0.16
282	-0.67	-0.73	0.06
283	-0.19	-0.19	0.00
284	0.32	0.30	0.02
285	0.66	0.66	0.00
286	0.74	0.76	-0.03
287	0.64	0.63	0.01
288	0.30	0.30	0.00
289	-0.13	-0.13	0.00

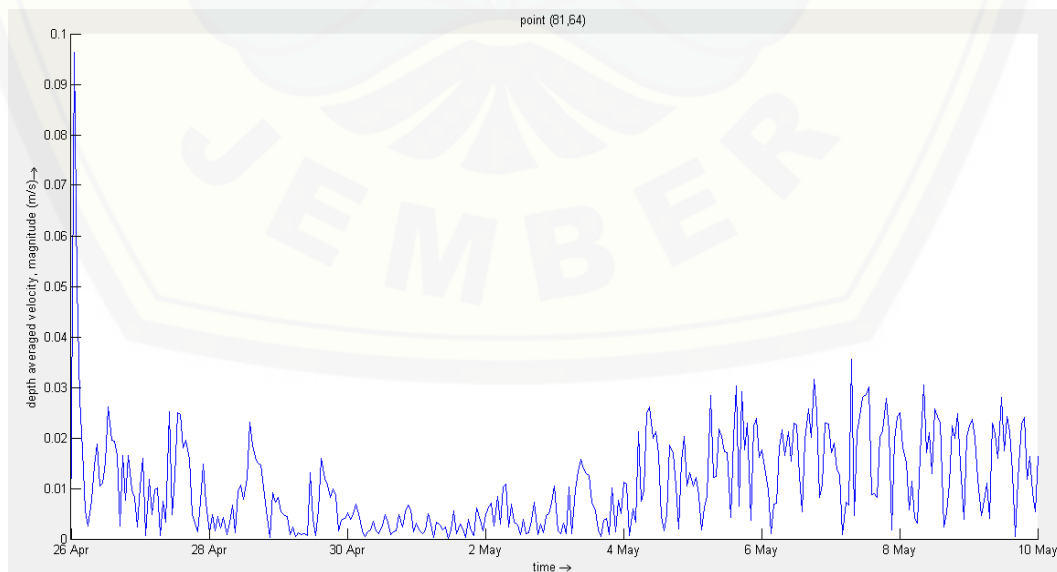
290	-0.53	-0.54	0.01
291	-0.81	-0.78	-0.03
292	-0.80	-0.79	-0.01
293	-0.53	-0.51	-0.02
294	-0.07	-0.08	0.00
295	0.49	0.48	0.00
296	1.01	1.01	0.00
297	1.37	1.36	0.01
298	1.39	1.44	-0.05
299	1.24	1.23	0.00
300	-0.13	0.75	-0.88
301	0.13	0.13	0.00
302	-0.52	-0.52	0.00
303	-0.82	-1.06	0.24
304	-1.03	-1.35	0.32
305	-1.04	-1.37	0.33
306	-0.73	-1.08	0.35
307	-0.59	-0.60	0.00
308	-0.05	-0.05	0.00
309	0.43	0.42	0.01
310	0.61	0.71	-0.10
311	0.68	0.74	-0.07
312	0.55	0.54	0.01
313	0.17	0.18	-0.01
314	-0.26	-0.27	0.01
315	-0.63	-0.63	0.00
316	-0.81	-0.81	0.00
317	-0.74	-0.74	-0.01
318	-0.40	-0.41	0.00
319	0.07	0.06	0.01
320	0.63	0.61	0.02
321	1.11	1.09	0.01
322	1.38	1.37	0.01
323	1.39	1.39	0.00
324	1.10	1.08	0.02
325	0.59	0.58	0.01
326	-0.05	-0.05	0.00
327	-0.66	-0.66	0.00
328	-0.87	-1.13	0.26
329	-1.04	-1.33	0.28
330	-0.99	-1.25	0.26
331	-0.88	-0.91	0.03

332	-0.41	-0.42	0.01
333	0.10	0.09	0.01
334	0.50	0.50	0.00
335	0.66	0.71	-0.05
336	0.64	0.67	-0.03
ERROR		0.01	

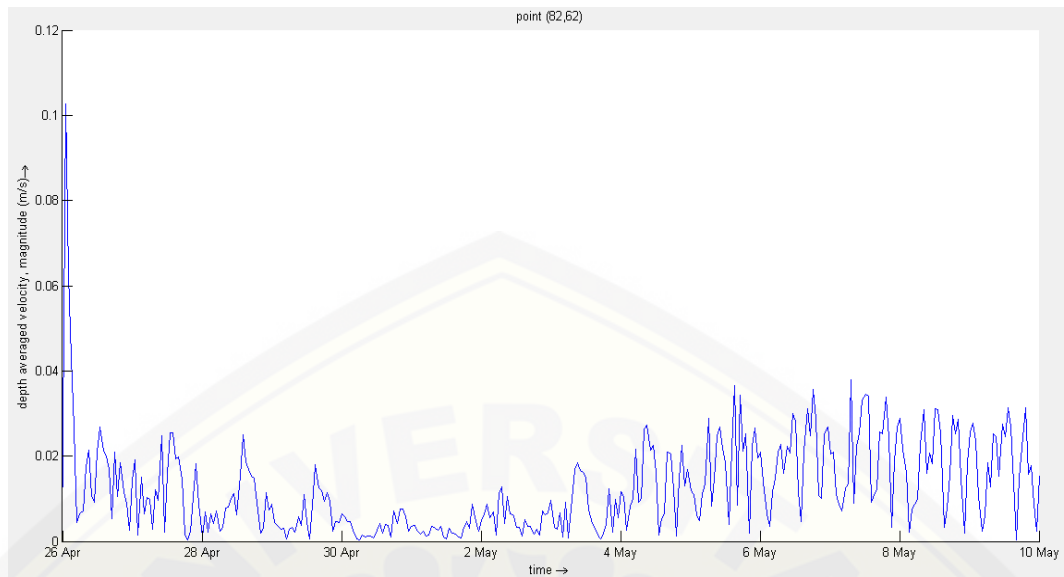
Lampiran 4. Grafik Kecepatan Arus



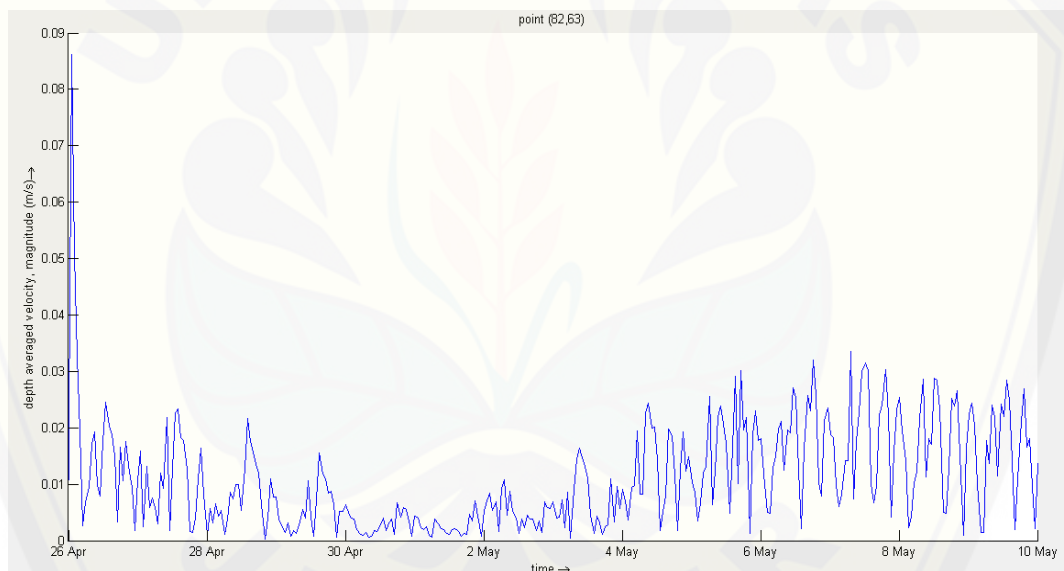
Gambar 4.1 Grafik kecepatan arus titik observation (81,62) model tanpa groin



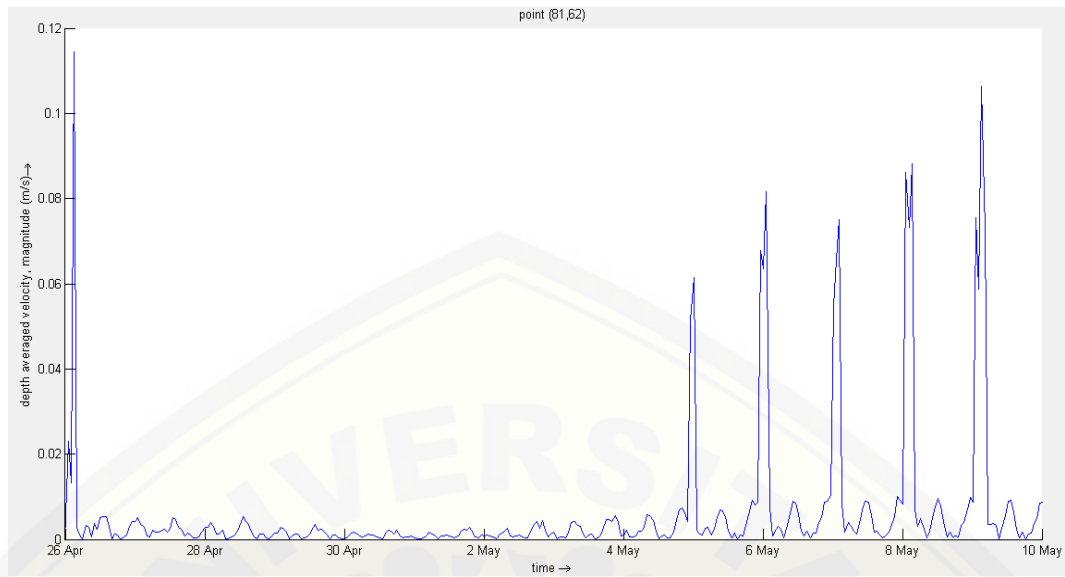
Gambar 4.2 Grafik kecepatan arus titik observation (81,64) model tanpa groin



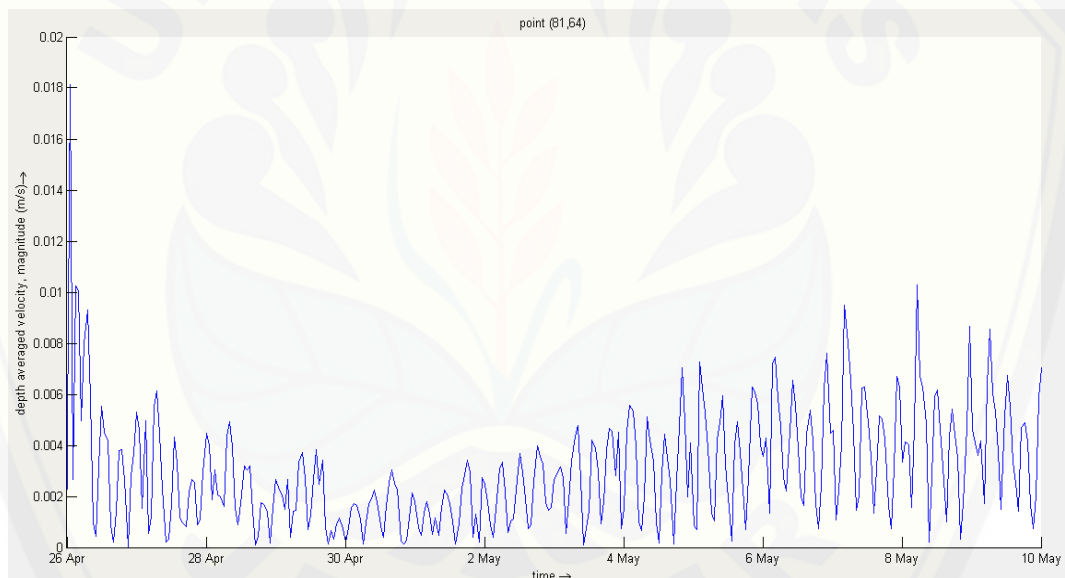
Gambar 4.3 Grafik kecepatan arus titik observation (82,62) model tanpa groin



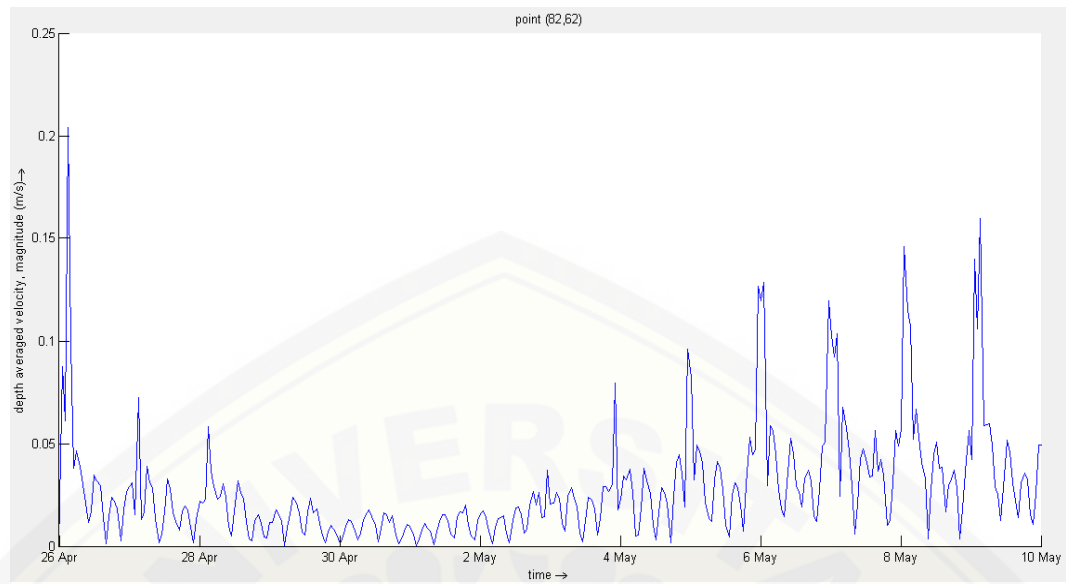
Gambar 4.4 Grafik kecepatan arus titik observation (82,63) model tanpa groin



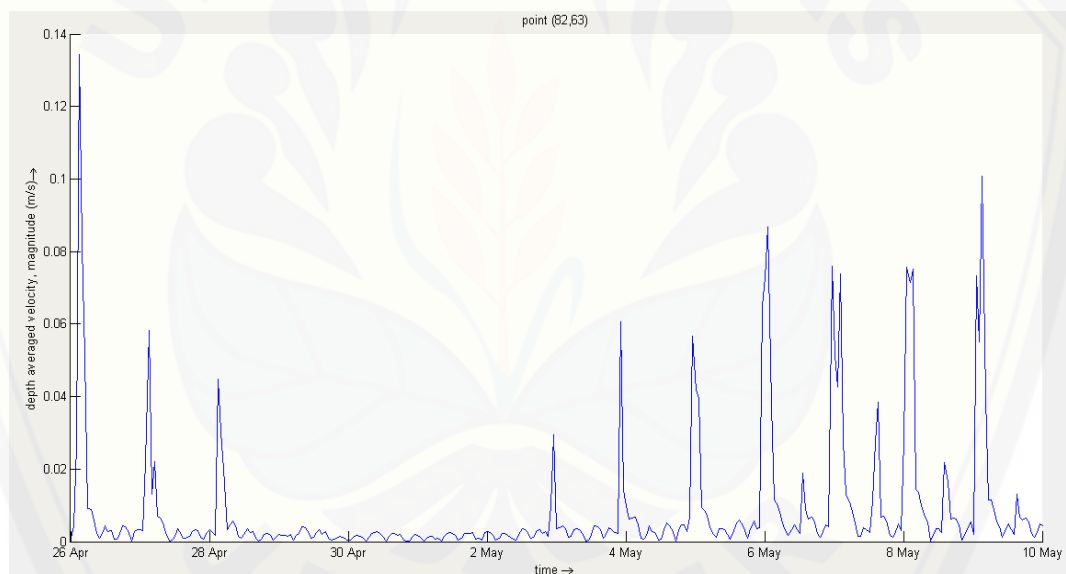
Gambar 4.5 Grafik kecepatan arus titik observation (81,62) model dengan groin



Gambar 4.6 Grafik kecepatan arus titik observation (81,64) model dengan groin



Gambar 4.7 Grafik kecepatan arus titik observation (82,62) model dengan groin



Gambar 4.8 Grafik kecepatan arus titik observation (82,63) model dengan groin