



**SIMULASI GELOMBANG AKIBAT ANGIN DI PANTAI PUGER  
JEMBER**

***SIMULATION OF WAVES DUE TO WIND AT PUGER BEACH JEMBER***

**SKRIPSI**

Oleh

**Mohamad Zidni Mustofa**

**NIM 161910301062**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2021**



**SIMULASI GELOMBANG AKIBAT ANGIN DI PANTAI  
PUGER 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

**Mohamad Zidni Mustofa**

**NIM 161910301062**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2021**

## 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 Bapak Katirin Al Ma'ruf dan Ibu tercinta Marmiati yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan dengan segala kasih sayang dan pengorbanan yang tak terhingga, serta tidak pernah lelah memberi semangat sekaligus dukungan kepada saya baik secara moral maupun materi dan selalu mendukung kebahagiaan anak-anaknya. Terima kasih atas semuanya.
2. Kakak tercinta Abdul Kadir Zuhri terimakasih telah mensupport dan mendoakan untuk adikmu.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir Dr. Ir. Entin Hidayah, MUM. dan ibu Retno Utami A.W., S.T., M.Eng., h.D, semua dosen pengajar. Terimakasih banyak atas bimbingan dan pelajaran yang tidak ternilai harganya, agar penulis selalu menjadi lebih baik.
4. Dosen Pembimbing Akademik bapak Dr. Gusfan Halik, ST., MT. yang selalu memotivasi dan membimbing selama kuliah
5. Teman-teman Teknik Sipil 2016 yang telah memberikan dukungan, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
6. Almamater Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

**MOTTO**

*“Never despair. Never surrender.”*

— Alan Moore, *Watchmen*

*“Do not go where the path may lead, go instead where  
there is no path and leave a trail.”*

— Ralph Waldo Emerson

**PERNYATAAN**

Saya sebagai penulis yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Mohamad Zidni Mustofa

NIM : 161910301062

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir atau Skripsi yang berjudul **“Simulasi Gelombang Akibat Angin di Pantai Puger Jember”** merupakan hasil karya penulis dengan kutipan beberapa sumber yang telah dicantumkan. Belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya imitasi ataupun duplikasi dari karya lain. Penulis bertanggung jawab atas validitas dan kebenaran dari penelitian sesuai dengan sikap ilmiah yang sangat dihargai.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan / atau paksaan dari pihak lain serta bersedia mendapatkan sanksi akademik apabila ternyata di kemudian hari pernyataan tersebut tidak dapat dipertanggung jawabkan.

Jember, 24 Juli 2021

Yang menyatakan,

Mohamad Zidni Mustofa

NIM 161910301062

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul “Simulasi Gelombang Akibat Angin di Pantai Puger Jember” karya Mohamad Zidni Mustofa NIM 161910301062 telah diuji dan disahkan pada:

Tanggal : 28 Juli 2021

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Tim Pembimbing:**

Dosen Pembimbing Utama

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.  
NIP. 196612151995032001

Dosen Pembimbing Anggota

Retno Utami A. W., S.T., M.Eng., Ph.D.  
NRP. 760017219

**Tim Penguji:**

Dosen Penguji Utama

Dr. Ir. Gusfan Halik, S.T., M.T.  
NIP. 197108041998031002

Dosen Penguji Anggota

Ir. Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T.  
NIP. 197006131998022001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Jember



  
Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP. 197008261997021001

**SKRIPSI**

**SIMULASI GELOMBANG AKIBAT ANGIN DI PANTAI  
PUGER JEMBER**

Oleh :

Mohamad Zidni Mustofa

NIM 161910301062

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Entin Hidayah, MUM

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

## RINGKASAN

**Simulasi Gelombang Akibat Angin Di Pantai Puger Jember**, Mohamad Zidni Mustofa 161910301062; 2021: 63 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pantai Puger terkenal dengan tempat pelelangan dan penjualan ikan. Pengunjung yang datang tidak hanya bisa menikmati keindahan laut tetapi juga melihat beberapa barisan Kapal kayu tradisional. Pengembangan dalam sektor kelautan masih dihadapkan dengan berbagai masalah yaitu cuaca buruk seperti angin kencang dan gelombang tinggi di Samudra Hindia sebelah selatan membuat nelayan memilih tidak melaut karena berisiko sangat tinggi dan keuntungan melaut tidak sebanding dengan biaya operasional, akibatnya nelayan tidak memiliki penghasilan akibat tidak melaut. Sehingga nelayan mulai menjual harta miliknya untuk kebutuhan sehari-hari.

Pada penelitian ini dilakukan simulasi numeris guna peramalan gelombang yang terjadi pada pantai Puger. Data yang digunakan adalah data angin yang diperoleh dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) dengan kurun waktu 4 tahun dari tahun 2016 hingga 2019, dan data batimetri dari Badan Informasi dan Geospasial (BATNAS) yang memiliki tingkat akurasi tinggi, 6-arcsecond. Serta data pasang surut yang diperoleh dari *Tide Model Driver* (TMD).

Dalam simulasi gelombang menggunakan Delft3D didapatkan gelombang tinggi gelombang signifikan sekitar 2,0-2,3 meter. Dengan tinggi gelombang maksimum dari pantai puger memiliki tinggi gelombang individu sebesar 2,9 sampai dengan 6,4 m.

## SUMMARY

**Simulation of Wind Waves at Puger Beach Jember**, Mohamad Zidni Mustofa 161910301062; 2021: 63 page; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Puger Beach is famous for its fish auctions and sales. Visitors who come can not only enjoy the beauty of the sea but also see several rows of traditional wooden boats. Development in the marine sector is still faced with various problems, namely bad weather such as strong winds and high waves in the southern Indian Ocean, making fishermen choose not to go to sea because the risk is very high and the profits from fishing are not proportional to operational costs, as a result fishermen do not have income due to not going to sea. So fishermen began to sell their property for daily needs.

In this study, numerical simulations were carried out for forecasting waves that occurred on the Puger coast. The data used are wind data obtained from the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) for a period of 4 years from 2016 to 2019, and bathymetry data from the Information and Geospatial Agency (BATNAS) which has a high accuracy level, 6-arcsecond. . As well as tidal data obtained from the Tide Model Driver (TMD).

In wave simulation using Delft3D, significant wave heights of around 2,0-2.3 meters were obtained. With a maximum wave height of the Puger beach has an individual wave height of 2.9 to 6.4 m.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Simulasi Gelombang Akibat Angin di Pantai Puger Jember” sebagai salah satu syarat menyelesaikan program studi strata 1 di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Dr. Ir. Gusfan Halik, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Dr. Ir. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Strata 1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Retno Utami Agung Wiyono, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan saran dan perhatian dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Dr. Gusfan Halik, ST., MT. selaku Dosen Penguji Utama dan Wiwiki Yunarni Widiarti, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan kritik yang bersifat membangun dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Dr. Gusfan Halik, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik selama saya menempuh Pendidikan Strata 1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
7. Teman-teman seperjuangan Biji Besi '16 Teknik Sipil Universitas Jember yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, terimakasih telah kebersamai dan berbagi semangat satu sama lain selama ini. Semoga kita diberikan kemudahan setiap langkah yang dipijak dan sukses kehidupan pasca kampusnya.

8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, terimakasih atas dukungan dan motivasi kalian selama penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Untuk itu, penulis memohon kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa, akademisi, dan *stakeholders* terkait.

Jember, 28 Juli 2021

Penulis

**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN/SUMMARY</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka .....	3
2.2 Gelombang .....	6
2.3 Arus Laut (Current) .....	7
2.4 Transformasi Gelombang .....	8
2.4.1 Refraksi .....	9
2.4.2 Difraksi .....	10

2.4.3 Refleksi .....	10
2.5 Pembangkitan Gelombang Oleh Angin .....	11
2.6 Pasang Surut .....	11
2.7 Tide Model Driver (TMD) .....	13
2.8 Program Delft3D .....	13
2.8.1 Delft3D-Flow .....	13
2.8.2 Delft3D-Wave .....	14

## **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Lokasi Penelitian .....	15
3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian .....	16
3.2.1 Penetapan Lokasi Penelitian .....	17
3.2.2 Pengumpulan Data .....	17
3.2.3 Pengolahan Data .....	17
3.2.4 Setting Parameter Model .....	17
3.2.5 Simulasi Gelombang Tinggi .....	17
3.2.6 Kalibrasi .....	18
3.2.7 Simulasi Gelombang Normal .....	18
3.2.9 Analisa Hasil Model .....	18
3.2.8 Kesimpulan .....	18
3.3 Simulasi Perambatan Gelombang Dengan Delft3D .....	20
3.3.1 Pembuatan Grid .....	20
3.3.2 Input Data Kedalaman .....	20
3.3.3 Flow Input .....	20
3.3.4 Wave Input .....	21
3.3.5 Running Simulasi .....	21

**BAB IV PEMBAHASAN**

4.1 Analisis Data .....	22
4.2 Data Angin .....	22
4.3 <i>Fecth</i> Efektif .....	25
4.4 Pasang Surut .....	29
4.5 Simulasi Gelombang dengan Delft3D .....	32
4.5.1 Input data pada Delft3D .....	32
4.5.1.1 Input data pada Delft3d-Flow .....	32
4.5.1.2 Input data pada Delft3D-Wave .....	44
4.5.2 Simulasi Gelombang .....	48
4.6 Hasil Simulasi .....	49

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	61
5.2 Saran .....	61

**DAFTAR PUSTAKA .....**

62

**LAMPIRAN .....**

64

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3.1 Pantai Puger, Jember .....	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	16
Gambar 3.3 Diagram Alir Permodelan .....	19
Gambar 4.1 <i>Windrose</i> tahun 2016-2019 .....	25
Gambar 4.2 <i>Fetch</i> dari arah selatan .....	27
Gambar 4.3 GUI Matlab .....	29
Gambar 4.4 Tampilan TMD ( <i>Tide Model Driver</i> ) .....	29
Gambar 4.5 Input kordinat <i>point</i> pada TMD .....	30
Gambar 4.6 Komponen pasang surut .....	30
Gambar 4.7 Hasil runing pada TMD.....	31
Gambar 4.8 Delft <i>Dashboard</i> .....	34
Gambar 4.9 Grid menggunakan data batimetri BATNAS .....	34
Gambar 4.10 Simulasi dengan bathimetri GEBCO .....	35
Gambar 4.11 Simulasi dengan bathimetri BATNAS .....	36
Gambar 4.12 Tampilan toolbar <i>time frame</i> .....	37
Gambar 4.13 <i>Processes</i> .....	38
Gambar 4.14 <i>Boundaries</i> .....	39
Gambar 4.15 Batasan wilayah untuk simulasi .....	39
Gambar 4.16 Data input pada <i>flow condition</i> .....	40
Gambar 4.17 <i>Observations points</i> .....	42
Gambar 4.18 <i>Cross-section</i> .....	43

Gambar 4.19 <i>Output</i> .....	44
Gambar 4.20 <i>Hydrodynamics</i> .....	45
Gambar 4.21 <i>Boundaries</i> .....	46
Gambar 4.22 <i>Boundary condition</i> .....	47
Gambar 4.23 <i>Output parameters</i> .....	48
Gambar 4.24 Simulasi model .....	49
Gambar 4.25 <i>Quickplot</i> .....	50
Gambar 4.26 GPP ( <i>General Postprocessing Program</i> ) .....	51
Gambar 4.27 Tinggi gelombang signifikan pada kondisi normal .....	51
Gambar 4.28 Keterangan ketinggian gelombang signifikan pada kondisi normal ....	52
Gambar 4.29 Arah gelombang .....	52
Gambar 4.30 Tinggi gelombang signifikan pada 28 Juli 2018 (pukul13.30) .....	53
Gambar 4.31 Titik gelombang tinggi di Pantai Puger .....	54
Gambar 4.32 Diagram hubungan waktu terhadap gelombang signifikan .....	55
Gambar 4.33 <i>Observation point</i> .....	56
Gambar 4.34 Gelombang signifikan dari data CDS Copernicus .....	57
Gambar 4.35 Gelombang signifikan dari simulasi .....	58
Gambar 4.36 Tinggi gelombang maksimum individu .....	58
Gambar 4.37 Grafik hubungan tinggi gelombang signifikan dengan waktu kejadian data CDS Copernicus .....	59
Gambar 4.38 Grafik hubungan tinggi gelombang signifikan dengan waktu kejadian data Simulasi .....	60

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	3
Tabel 2.2 Beberapa Komponen Harmonik Pasang Surut .....	12
Tabel 4.1 Distribusi presentase angin maksimum tahun 2016-2019 .....	24
Tabel 4.2 Hasil perhitungan <i>fetch</i> dari arah selatan .....	28
Tabel 4.3 Nilai amplitudo (A) dan keterlambatan fase ( $g^{\circ}$ ) Pantai Puger Jember .....	31
Tabel 4.4 Tipe pasang surut .....	32
Tabel 4.5 Data input <i>physical parameters</i> .....	41

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

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

Puger adalah salah satu wisata pantai yang terletak 36 km sebelah barat daya dari pusat kota Jember. Pantai Puger terkenal dengan tempat pelelangan dan penjualan ikan. Pengunjung yang datang tidak hanya bisa menikmati keindahan laut tetapi juga melihat beberapa barisan Kapal kayu tradisional.

Pengembangan dalam sektor kelautan masih dihadapkan dengan berbagai masalah, Seperti minimnya sarana dan prasaran yang ada. Dengan minimnya sarana dan prasarana penunjang maka akan menghambat pengembangan pertumbuhan ekonomi khususnya dibidang kelautan. Selain itu Cuaca buruk seperti angin kencang dan gelombang tinggi di Samudra Hindia sebelah selatan membuat nelayan memilih tidak melaut karena berisiko sangat tinggi dan keuntungan melaut tidak sebanding dengan biaya operasional, akibatnya nelayan tidak memiliki penghasilan akibat tidak melaut. Sehingga nelayan mulai menjual harta miliknya untuk kebutuhan sehari-hari

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka dapat dilakukan simulasi numeris guna peramalan gelombang yang terjadi pada pantai Puger Dalam penelitian ini akan dilakukan studi mengenai pengaruh angin terhadap tingi gelombang di daerah pantai Puger. Dalam melakukan permodelan gelombang menggunakan model numeris dengan perangkat lunak (software) Delft3D. Selanjutnya dengan mengetahui permodelan gelombang yang diakibatkan oleh angin maka dapat menjadi bahan pertimbangan untuk memecahkan permasalahan gelombang tinggi di pantai Puger.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, permasalahan yang dibahas dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah simulasi gelombang akibat angin di Pantai Puger ?

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mensimulasikan terjadinya gelombang akibat angin di Pantai Puger

## 1.4 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Menjadikan pengetahuan dan pemahaman terhadap perubahan tinggi gelombang signifikan akibat pengaruh angin.

## 1.5 Batasan Masalah

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

1. Software yang digunakan adalah Delft3D dan permodelan yang dibuat bersifat 2 dimensi
2. Mengabaikan faktor-faktor bencana alam seperti gelombang tsunami, gempa dan lain-lain.
3. Gelombang dibangkitkan dengan data angin tipe *uniform*.
4. Data angin yang digunakan menggunakan data angin dari ECMWF.

**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Tinjauan Pustaka**

Pantai merupakan daerah pesisir laut, daerah pantai merupakan batas antara daratan dan perairan lautan. Proses terjadinya pantai disebabkan oleh penggerusan wilayah tepi daratan secara terus menerus oleh gelombang laut. Sebagai negara kepulauan Indonesia memiliki wilayah lautan dan pantai yang begitu banyak, oleh karenanya banyak sekali potensi dibidang kelautan yang harus dimanfaatkan dengan baik. Pantai Puger merupakan pantai yang terletak di Kecamatan Puger yang memiliki banyak sekali potensi salah satunya tempat pelelangan dan penjualan ikan akan tetapi dalam perkembangannya sarana dan prasaran pendukung untuk untuk pengembangan sektor kelautan masih dihadapkan oleh berbagai masalah, maka dari itu masih diperlukan berbagai perbaikan disektor kelautan pada pantai puger. Dibawah ini dipaparkan beberapa penelitian terdahulu terkait penelitian bidang kelautan khususnya pantai.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Judul	Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Desa Kalinaung Kab. Minahasa Utara
Penulis	Anggi Cindy Wakkary, M. Ihsan Jasin, A.K.T. Dundu
Kesimpulan	Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap Pantai Paal, dapat disimpulkan sebagai berikut :  Tinggi gelombang maksimum (Hb) = 1.19 m Gelombang pecah pada kedalaman (db) = 4.5 m
Tahun	2017

Judul	Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Menanggulangi Masalah Erosi di Pantai Lontar, Kota Tangerang
-------	--

Penulis	Dias Titis Budi Pratama
Kesimpulan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alternatif yang digunakan untuk menanggulangi erosi adalah revetment dan jetty. Revetment di pilih untuk melindungi garis pantai dari arus sejajar garis pantai (long shore current) dan arus dari outlet. Kemudian jetty di pilih untuk melindungi outlet dari sedimentasi. Dengan adanya jetty dan revetment dapat mengurangi tingkat erosi pada area sebelah timur kolam labuh PLTU Lontar.</li> <li>2. Revetment di bangun dengan panjang 3000 meter dan jetty sepanjang 322 meter.</li> </ol>
Tahun	2017

Judul	Analisis Refraksi Gelombang Laut Berdasarkan Model <i>CMS-Wave</i> Di Pantai Keling Kabupaten Jepara
Penulis	Diyan Muhamad Ramdani, Dwi Haryo Ismunarti, Sugeng Widada
Kesimpulan	Dari hasil simulasi model terlihat bahwa arah penjalaran gelombang menuju pantai akan mengalami proses refraksi. Proses refraksi gelombang dapat dilihat pada skenario Musim Barat proses refraksi dimulai pada kedalaman 8 m, Pada Skenario Musim Peralihan I proses refraksi dimulai pada kedalaman 4 m, Pada Skenario Musim Timur proses refraksi dimulai pada kedalaman 4 m, Pada Skenario Musim Peralihan I proses refraksi dimulai pada kedalaman 4 m, terus berbelok hingga tegak lurus dengan pantai.
Tahun	2014

Judul	Dinamika Penjalaran Gelombang Menggunakan Model <i>CMS-Wave</i> Di Pulau Parang Kepulauan Karimunjawa
Penulis	Jejen Jenhar Hidayat, Muh.Yusuf, dan Elis Indrayanti
Kesimpulan	Hasil pemodelan gelombang dapat menjelaskan secara sederhana proses refraksi yang terjadi di Pulau Parang, gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai akan membelok dan berusaha untuk tegak lurus dengan garis kontur dasar laut ketika memasuki perairan dangkal. Pada Musim Barat gelombang menjalar dari arah Barat menuju Timur dengan tinggi gelombang berkisar antara 0.20-1.72 meter, pada Musim Timur tinggi gelombang berkisar antara 0.17-0.71 meter dan arah penjalarannya berasal dari Timur, sedangkan pada Musim Peralihan I dan Peralihan II gelombang menjalar dari arah Timur menuju Barat dengan tinggi gelombang masing-masing adalah 0.13-0.81 meter dan 0.12-0.94 meter.
Tahun	2013

Judul	Pengaruh Angin Terhadap Tinggi Gelombang Pada Struktur Bangunan Breakwater Di Tapak Paderi Kota Bengkulu
Penulis	Prima Nadia, Muhammad Ali, Besperi
Kesimpulan	Kecepatan angin tertinggi terjadi pada bulan Mei tahun 2003 dengan arah tenggara (south east ) dan terendah terjadi pada bulan April tahun 2002 dengan arah barat (west). Kurun waktu 10 tahun antara tahun 2002-2011 berdasarkan data dari BMKG kelas II Pulau Baai Bengkulu tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) rata-rata adalah setinggi 2,832 meter dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) rata-rata adalah sebesar 8,399 detik.
Tahun	2013

## 2.2 Gelombang

Gelombang sering juga disebut ombak atau alun. Gelombang ini terjadi karena adanya perbedaan dari massa air dan massa udara yang kontak satu dengan yang lainnya dengan kepadatan yang berbeda.

Setiap gelombang mempunyai tiga unsur yang penting, yaitu panjang, tinggi dan periode. Panjang gelombang adalah jarak mendatar antara dua puncak atau antara dua lembah yang berurutan. Tinggi gelombang adalah jarak menegak antara puncak dengan lembah. Sedangkan periode gelombang adalah waktu yang diperlukan oleh dua puncak atau dua lembah yang berurutan untuk melalui suatu titik.

Pada perambatan gelombang, yang bergerak maju adalah bentuknya saja, sedangkan partikel airnya sendiri hampir tidak bergerak maju. Gelombang yang semacam ini disebut *oscillatory wave*. Secara teoretis setiap molekul air dipermukaan yang dilalui gelombang akan bergerak dalam orbit yang membentuk lingkaran. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu lingkaran penuh sama dengan periode gelombang, sedangkan diameternya sama dengan tinggi gelombang. Semakin dalam laut orbit lingkaran gelombang semakin kecil.

Umumnya gelombang di laut disebabkan karena angin. Bentuk gelombang yang dihasilkan disini cenderung tidak membentuk lingkaran penuh sehingga bentuknya tidak simetris antara lembah dan puncak. Gerakannya, partikel-partikel airnya maju – turun- mundur sedikit – naik dan maju lagi. Gelombang yang demikian disebut *translation wave*. *Translation wave* terjadi bila terjadinya gelombang akibat gangguan langsung dari angin (*force waves*), atau dari gempa dasar laut (*tsunami*).

Ada tiga faktor yang menentukan besarnya gelombang laut yang disebabkan karena angin yaitu kuatnya hembusan, lamanya hembusan, dan jarak tempuh angin (*fetch*).

- a. Kuatnya hembusan angin, makin kuat (kencang) angin yang bertiup maka makin besar gelombang yang terbentuk, semakin cepat gelombang, dan panjang gelombang semakin besar.
- b. Waktu dimana angin tersebut bertiup; tinggi, kecepatan dan panjang gelombang cenderung untuk meningkat sesuai dengan meningkatnya waktu pada saat angin pembangkit gelombang mulai bergerak bertiup.
- c. Jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup (*fetch*), Gelombang yang terbentuk di danau dimana fechnya kecil, biasanya panjang gelombang hanya beberapa centimeter saja, sedangkan panjang gelombang yang terjadi di lautan dimana *fetch*nya luas, panjang gelombang dapat sampai beberapa ratus meter.

### 2.3 Arus Laut (Current)

Menurut Gross (1990), arus laut adalah proses pergerakan massa air laut yang menyebabkan perpindahan horizontal dan vertikal massa air laut tersebut 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 adalah vektor yang mempunyai besaran kecepatan dan arah. Ada dua jenis gaya yang bekerja yaitu eksternal dan internal Gaya eksternal antara lain adalah gradien densitas air laut, gradient tekanan mendatar dan gesekan lapisan air.

Arus laut (*sea current*) dapat pula diartikan sebagai gerakan massa air laut dari satu tempat ke tempat lain baik secara vertikal (gerak ke atas) maupun secara horizontal (gerakan ke samping). Contoh-contoh gerakan itu seperti gaya *coriolis*, yaitu gaya yang membelok arah arus dari tenaga rotasi bumi. Pembelokan itu akan mengarah ke kanan di belahan bumi utara dan mangarah ke kiri di belahan bumi selatan. Gaya ini yang mengakibatkan adanya aliran *gyre* yang searah jarum jam (ke kanan) pada belahan bumi utara dan berlawanan dengan arah jarum jam di belahan bumi selatan. Perubahan arah arus dari pengaruh angin ke pengaruh gaya *coriolis* dikenal dengan spiral ekman.(Pustekkom, 2005)

Variasi dari arus yang dibangkitkan oleh angin terhadap kedalaman diterangkan secara teoritik oleh Ekman (1905) melalui persamaan matematis sbb :

$$\frac{A_z}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = -fv \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\frac{A_z}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = fu \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana  $A_z$  = koefisien eddy arah vertikal;  $\bar{\rho}$  = densitas perairan;  $u, v$  = komponen kecepatan horisontal;  $f$  = gaya coriolis dan  $z$  = kedalaman perairan yang ditinjau.

## 2.4 Transformasi Gelombang

Pada kondisi di alam, pergerakan angin dan orbital sangat mempengaruhi energi gelombang terhadap pantai. Energi gelombang merupakan jumlah energi kinetik dan energi potensial. Energi kinetik merupakan energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Sedangkan energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang.

Gelombang yang merambat menuju tepi pantai akan mengalami beberapa proses perubahan ketinggian gelombang sebagai akibat dari proses pendangkalan (*wave shoaling*), refraksi, difraksi atau proses refleksi sebelum akhirnya gelombang tersebut pecah (*wave breaking*) (Pratikto et al, 1997; Triatmodjo, 1999).

Menurut Carter (1988), jika suatu muka barisan gelombang datang membentuk sudut miring terhadap tepi pantai yang mempunyai kemiringan dasar landai dengan kontur-kontur kedalaman sejajar dengan pantai, maka muka gelombang akan berubah arah dan cenderung menjadi sejajar dengan garis pantai atau mengalami proses pembiasan (*refraksi*). Selanjutnya arah perambatan berangsur-angsur berubah dengan berkurangnya kedalaman (*shoaling*), sehingga dapat diamati bahwa muka gelombang cenderung sejajar dengan kedalaman. Hal ini disebabkan perubahan bilangan gelombang yang mengakibatkan perubahan kecepatan fase

gelombang. Bila keadaan pantai landai, ada kemungkinan bahwa gelombang tersebut tidak pecah tetapi pemantulan gelombang (*refleksi*), selain itu refleksi juga dapat terjadi jika mengenai/membentur suatu rintangan. Arah dari perambatan dapat juga berubah atau mengalami pelenturan (proses difraksi), ketika gelombang melewati perairan dengan kedalaman air yang konstan, seperti ketika gelombang menuju ke suatu pulau atau pemecah gelombang. Pola difraksi dapat diamati bila suatu gelombang melewati suatu tanjung atau ujung sebuah tanggul buatan, maka gelombang akan mengalami pemanjangan puncak secara melengkung ke arah sisi belakang tanjung atau tanggul perintang tersebut. Peristiwa ini terjadi karena perembesan energi ke dalam bayang-bayang yang merupakan daerah aliran tenang di belakang rintangan.

Menurut Danial (2008), Sejak keluar dari daerah pembentukannya, gelombang yang masih berada di laut dalam menjalani transformasi lebih teratur dibanding pada saat pembentukannya. Tetapi selama penjalarnya, angin dan durasi serta arah hembusannya masih tetap memberikan pengaruh sehingga menyebabkan terjadi perubahan baik tinggi, periode dan arah. Setelah memasuki suatu kawasan transisi, gelombang akan dipengaruhi oleh kedalaman kontur yang menyebabkan terjadinya proses deformasi gelombang baik dalam tinggi, periode dan kecepatannya. Proses transformasi gelombang berupa proses refraksi, refleksi, difraksi, shoaling, dan gelombang pecah.

#### 2.4.1 Refraksi

Refraksi gelombang adalah perubahan bentuk gelombang yang diakibatkan oleh berubahnya kedalaman laut. Di daerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang yaitu di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut.

Di daerah ini apabila ditinjau suatu garis puncak gelombang bergerak menuju pantai, maka bagian dari puncak gelombang yang berada di air yang lebih dangkal

akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil daripada di bagian air yang lebih dalam. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut. Begitu pula garis ortogonal gelombang, garis ini akan membelok dan berusaha untuk tegak lurus dengan garis kontur dasar laut.

Garis ortogonal gelombang adalah garis yang tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah penjalaran gelombang.

#### 2.4.2 Difraksi

Difraksi terjadi apabila suatu deretan gelombang terhalang oleh rintangan seperti pemecah gelombang atau suatu pulau yaitu apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik didekatnya maka menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil.

Difraksi secara sederhana adalah peristiwa pembelokan gelombang akibat adanya bangunan penghalang yang disebabkan oleh transfer energi gelombang. Gelombang yang tertahan suatu penghalang akan berhenti, sedangkan gelombang yang tidak tertahan akan terus merambat dan mengalami transformasi bentuk gelombang seperti penyebaran, pembelokan, dan perubahan tinggi gelombang.

#### 2.4.3 Refleksi

Gelombang yang membentur suatu pulau atau struktur bangunan seperti pemecah ombak akan mengalami refleksi gelombang dan dipantulkan kembali sehingga menimbulkan interferansi antara gelombang yang datang dengan gelombang yang memantul (Danial, 2008). Tinjauan refleksi gelombang penting di dalam perencanaan bangunan pantai, terutama pada bangunan pelabuhan. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam perairan pelabuhan.

## 2.5 Pembangkitan Gelombang oleh Angin

Pembangkitan gelombang laut terjadi akibat adanya gangguan pada batasan antara laut dan atmosfer. Gangguan yang paling sering terjadi di laut pada umumnya adalah angin. Angin timbul karena adanya perbedaan temperatur udara di Bumi yang mengakibatkan terjadi perbedaan tekanan udara. Kemudian angin bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi (temperatur rendah) ke daerah yang memiliki tekanan rendah (temperatur tinggi). Angin berhembus di atas permukaan laut menimbulkan gesekan dengan permukaan laut. Gesekan tersebut menyebabkan terjadinya transfer energi antara angin dengan lapisan air, hal inilah yang menyebabkan timbulnya riak (gelombang kapiler) di permukaan laut.

Ketika pembangkitan gelombang kapiler bertambah, permukaan laut menjadi lebih kasar. Jika angin bertiup lebih lama, angin dan permukaan laut akan berinteraksi lebih lama sehingga membentuk gelombang yang lebih besar. Pada kondisi ini gaya gravitasi menjadi pemberi gaya dominan menggantikan gaya kapilaritas. Ketika energinya semakin meningkat, tinggi gelombang bertambah lebih besar dibandingkan panjang gelombang. Puncaknya menjadi semakin sempit atau mengerucut dan lembahnya menjadi semakin lebar. Skema pembangkitan gelombang oleh angin.

## 2.6 Pasang Surut

Pasang surut adalah fenomena alam yang menyebabkan naik turunnya permukaan air laut yang disebabkan oleh gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dengan benda – benda di langit, seperti matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Besarnya gaya tarik menarik dengan benda-benda di langit tersebut tergantung pada besarnya massa benda tersebut, walaupun bulan memiliki massa lebih kecil dari matahari, bulan memberikan gaya tarik lebih besar dari matahari karena jarak bulan lebih dekat dari pada matahari (Triatmodjo,1999).

Bentuk pasang surut disuatu daerah berbeda-beda. Disuatu daerah dalam satu hari bisa terjadi satu sampai dua kali pasang surut. Tipe pasang surut ditentukan oleh

frekuensi air pasang surut setiap hari. Secara umum pasang surut disuatu daerah dapat dibedakan menjadi empat tipe, yaitu :

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*). Pasang surut ini dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hamper sama dengan pasang surut rata – rata 12 – 24 menit.
2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*). Pada pasang surut ini terjadi satu kali pada satu hari . Periode pada pasang surut ini 24 jam – 50 menit.
3. Pasang surut campuran yang lebih condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*). Pasang surut ini terjadi satu kali air pasang dan dua kali air surut pada satu hari dengan tinggi dan periode yang berbeda.
4. Pasang surut campuran yang lebih condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*). Pasang surut ini terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan tinggi dan periode berbeda.

Menurut Triatmadja (2009) pasang surut merupakan gelombang teratur yang dibentuk oleh komponen-komponen harmonik yang merupakan komponen utama pada pasang surut, komponen utama tersebut adalah memiliki amplitudo, frekuensi, perioda, dan fase, komponen-komponen tersebut dipengaruhi oleh keadaan geografis pada daerah tersebut. Ada banyak komponen pasang surut, akan tetapi yang memberikan dampak pengaruh yang signifikan hanya beberapa komponen.

Tabel 2.2 Beberapa Komponen Harmonik Pasang Surut

Jenis	NO	Simbol	Periode (jam)	Keterangan
Semi diurnal (Ganda)	1	M <sub>2</sub>	12.42	Bulan utama
	2	S <sub>2</sub>	12	Matahari utama
	3	N <sub>2</sub>	12.66	Elips bulan besar
	4	K <sub>2</sub>	11.97	Bulan matahari
Diurnal	5	K <sub>1</sub>	23.93	Matahari bulan

(Tunggal)	6	O <sub>1</sub>	25.82	Bulan utama Matahari utama
	7	P <sub>1</sub>	24.07	
Long Period (Periode Panjang)	8	M <sub>0</sub>	327.86	Bulan dua mingguan

Sumber : Triatmodjo (2009)

### 2.7 Tide Model Driver (TMD)

Tide Model Driver (TMD), dikembangkan oleh Gary Egbert dan Lana Erofeeva di Oregon State University; yang memodelkan pasang surut dengan menggunakan resolusi medium  $1/4^0 \times 1/4^0$  untuk wilayah global; Aplikasi TMD menggunakan data baru yaitu TPXO7.1 menggantikan data TPXO6.2; terdiri dari data asimilasi TOPEX/Poseidon serta Radar satelit altimetry TOPEX Tandem (untuk wilayah kutub), in situ data berasal dari tide gauge untuk wilayah Antartika dan Artik. TPXO7.1 adalah data untuk mengetahui pasang surut yang akurat pada saat ini terutama untuk lintang tinggi. TMD dapat dijalankan melalui GUI Matlab.

### 2.8 Program Delft3D

Permodelan gelombang bertujuan untuk mengetahui tinggi gelombang di pantai Puger, dimana dilakukan dengan menggunakan *software* Delft3D. Delft3D merupakan program simulasi atau pemodelan hidrodinamik multidimensi (2D atau 3D) yang berfungsi untuk perhitungan daerah pesisir, sungai, dan muara. Software ini dikembangkan oleh Deltares dan Delft University of Technology. Penelitian ini menggunakan Delft3D dengan sistem dan fungsi Delft3D WAVE yaitu suatu sistem untuk mendapatkan hasil perambatan gelombang, serta diperlukannya juga sistem Delft3D-FLOW untuk mensimulasikan pasang surut

#### 2.8.1 Delft3D-FLOW

Delft 3D-FLOW adalah 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).

Delft3D-Flow terdiri dari 7 bagian yang memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Delft3D-RGFGRID : Membuat zona segmen dalam bentuk grid pada topografi
2. Delft3D-QUICKIN : Masukan output pada grid berupa data bathimetri, kondisi awal untuk water level, salinitas dan lain-lain.
3. Delft3D-TRIANA : Melakukan analisis pasang surut off-line dari interval waktu yang telah ditentukan.
4. Delft3D-TIDE : Melakukan analisis pasang surut terhadap *water level* dan kecepatan
5. Delft3D-NESTHD : Membuat batasan dari keseluruhan model.
6. Delft3D-GGP : Visualisasi dan animasi hasil simulasi.
7. Delft3D-QUICKPLOT : Alat kedua untuk visualisasi dan animasi simulasi hasil.

#### 2.8.2 Delft3D-WAVE

Delft 3D-WAVE adalah sistem bagian dari Delft3D yang berfungsi untuk mensimulasikan perambatan gelombang yang dihasilkan di perairan pantai. Delft3D-WAVE juga dapat diterapkan di perairan dalam, menengah dan dangkal (Anonim, 2007b). WAVE-GUI (Graphical User Interface) alat yang digunakan untuk memberikan nilai pada semua parameter yang digunakan untuk mengimpor nama atribut file ke MDW-file. MDW-file adalah input file untuk simulasi gelombang. MDW-file ini berisi semua data yang diperlukan untuk pemodelan gelombang dan menjalankan perhitungan gelombang.

### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### 3.1 Lokasi Penelitian

Pantai Puger terletak di Desa Puger Kulon, Kecamatan Puger yang berjarak kurang lebih 40 km kearah selatan dari kota Jember. Kecamatan Puger memiliki luas wilayah 148,99 km<sup>2</sup> . Dengan kepadatan jumlah penduduk 119.289 jiwa/Km<sup>2</sup> (BPS, 2018).Terdiri atas wilayah kelurahan/desa sebanyak 12 desa yaitu Wringin Telu, Purwoharjo, Mojomulyo Puger Kulon, Puger Wetan, Mojosari, Grenden, Kasiyan, Mlokorejo, Wonosari, Jambearum, Bagon. Kecamatan Puger memiliki suhu maksimal 32<sup>0</sup> C dan suhu minimum 23<sup>0</sup> C Pada wilayah Kecamatan Puger memiliki curah hujan pada bulan Januari sampai Desember dengan jumlah curah hujan 1.349 mm<sup>3</sup> (BPS, 2013). Pantai Puger berada dalam wilayah administrasi kecamatan pugger dengan batas wilayah sebagai berikut:

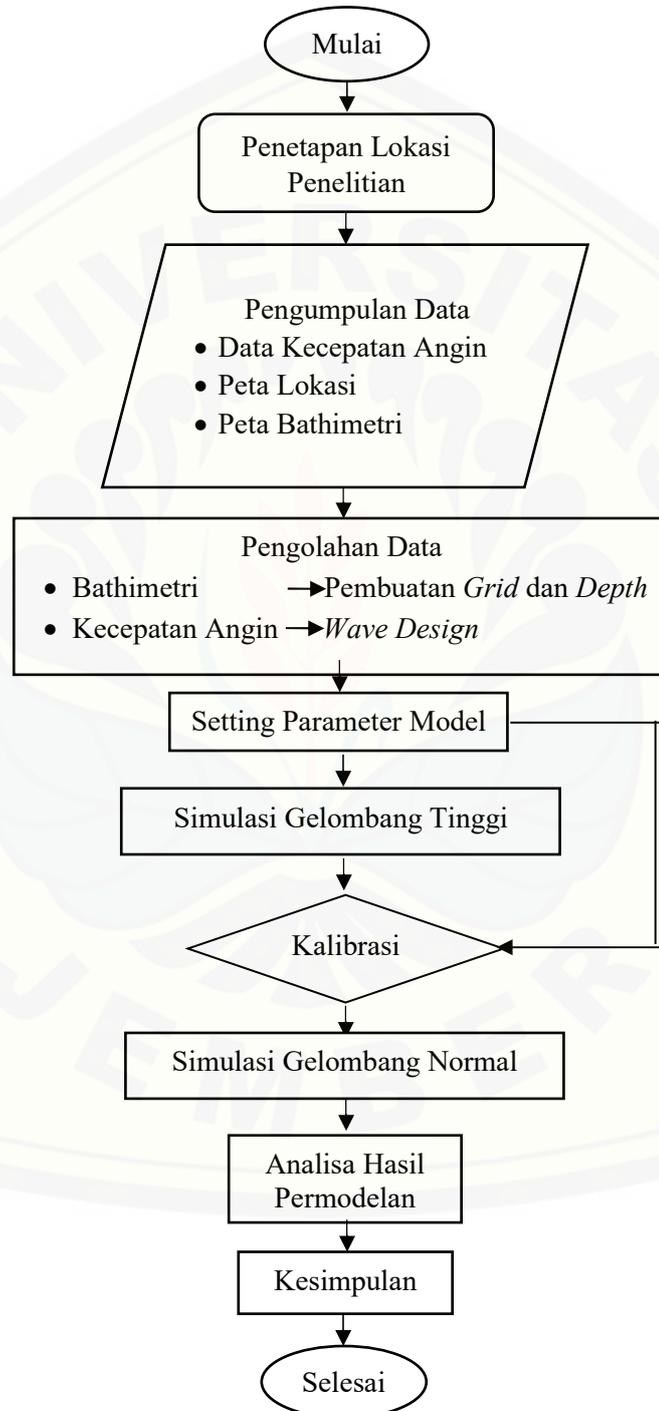
- a. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Balung.
- b. Sebelah Selatan berbatasan dengan Laut Jawa.
- c. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Gumukmas.
- d. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Wuluhan.



Gambar 3.1 Pantai Puger, Jember (Google maps)

### 3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

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



Gambar 3.2 Diagram alir metodologi penelitian

Adapun langkah – langkah penelitian dalam diagram alir pada gambar 3.2 dijelaskan sebagai berikut:

### 3.2.1 Penetapan Lokasi Penelitian

Penetapan lokasi penelitian didasarkan pertimbangan pada tujuan penelitian.

### 3.2.2 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan berupa data kecepatan angin, peta lokasi, peta bathimetri, dan segala data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir.

### 3.2.3 Pengolahan Data

Data yang sudah dikumpulkan kemudian diolah dahulu sebelum dimodelkan dalam software Delft3D. Data yang diolah seperti data angin untuk mengetahui kecepatan angin dan arah angin yang nantinya digunakan untuk data pembangkitan gelombang. Kemudian data bathimetri sebagai input dalam pembuatan grid dan kedalaman area simulasi.

### 3.2.4 Setting Parameter Model

Dalam setting parameter model maka akan dilakukan pembuatan model pada software Delft3D. Dalam pembuatan dibutuhkan (*domain*) atau area yang akan ditinjau dalam simulasi. Sebelum melakukan simulasi model dilakukan beberapa setting parameter permodelan seperti pengaturan *time frame*, *boundaries*, dan lain sebagainya. Hasil simulasi dipengaruhi oleh setting parameter model, seperti setting kecepatan angin berpengaruh terhadap pembentukan gelombang pada saat simulasi.

### 3.2.5 Simulasi Gelombang Tinggi

Setelah selesai melakukan setting parameter model maka selanjutnya melakukan simulasi model. Simulasi dilakukan dengan menggunakan data angin pada kejadian gelombang tinggi di Pantai Puger.

### 3.2.6 Kalibrasi

Kalibrasi bertujuan untuk mengecek ataupun mengukur apakah simulasi berjalan dengan baik/normal, apabila hasil dari simulasi dinilai tidak sesuai ataupun menunjukkan hasil yang tidak normal maka akan dilakukan setting parameter ulang untuk mendapatkan hasil simulasi yang sesuai.

### 3.2.7 Simulasi Gelombang Normal

Simulasi gelombang normal dilakukan untuk membandingkan hasil gelombang signifikan pada saat gelombang tinggi dengan pada saat kondisi normal.

### 3.2.8 Analisa Hasil Model

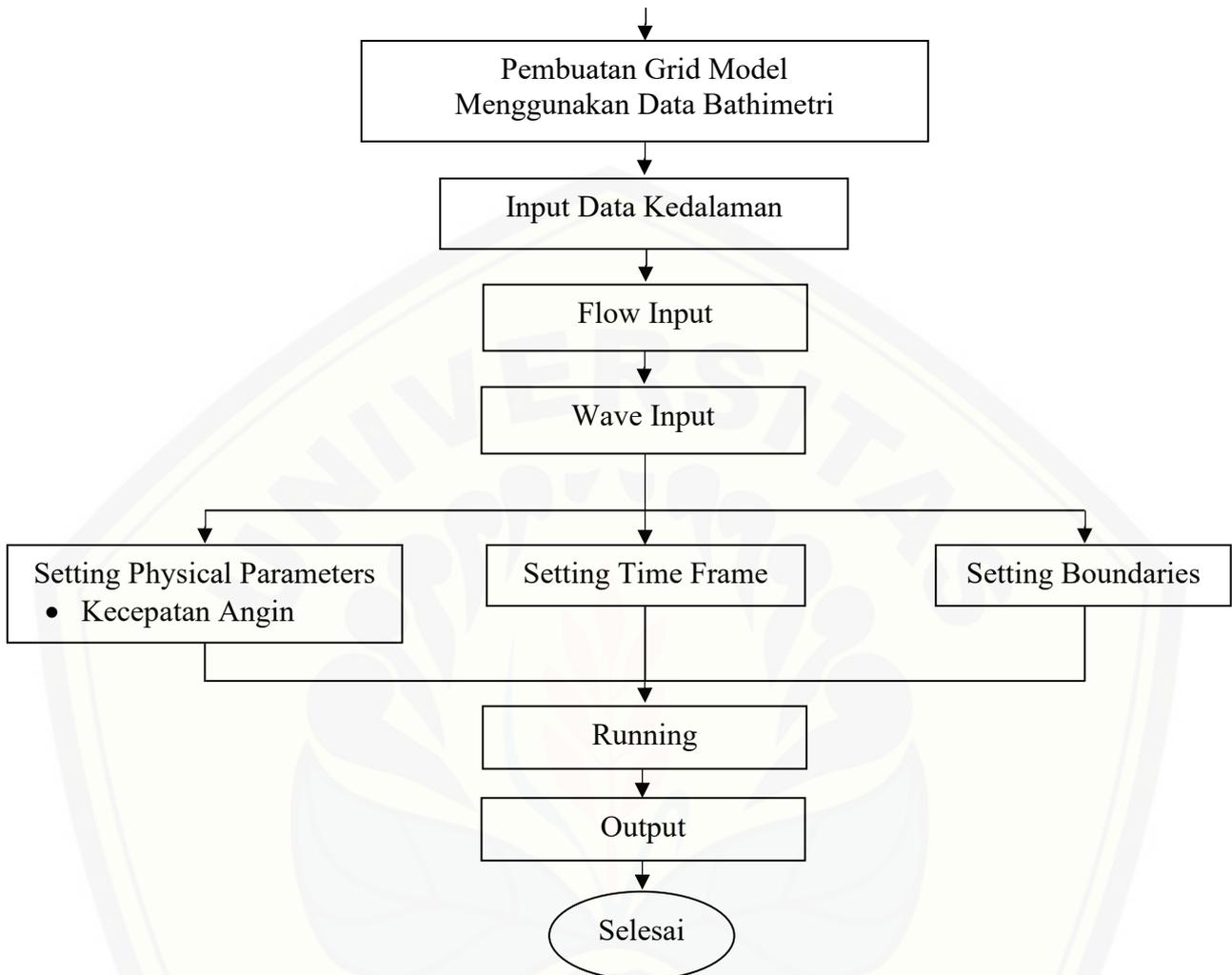
Hasil akhir dari permodelan software Delft3D berupa nilai dan grafik yang menunjukkan perubahan gelombang signifikan di Pantai Puger

### 3.2.9 Kesimpulan

Penarikan kesimpulan didasarkan pada rumusan masalah yang telah dibuat.

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

Mulai



Gambar 3.3 Diagram alir permodelan

### 4.3 Simulasi Perambatan Gelombang dengan Delft 3D

Simulasi perambatan gelombang dilakukan dengan Delft3D. Daerah simulasi dibatasi dengan pembuatan grid menggunakan Delft Dashboard dan input data kedalaman pada Delft3D-QUICKIN. Selain itu digunakan data tambahan lain yang diperlukan agar proses simulasi dapat berjalan.

#### 4.3.1 Pembuatan grid

Pembuatan grid bertujuan untuk membuat daerah yang akan disimulasikan. Grid yang digunakan dalam simulasi berbentuk *spherical coordinate*, proses pembuatan grid dilakukan pada Delft Dashboard.

#### 4.3.2 Input data kedalaman

Pada simulasi dimasukkan data kedalaman untuk input data bathimetri, Delft3D-QUICKIN berfungsi untuk memvisualisasikan dan membuat model bathimetri pada simulasi. Dari data BATNAS didapat data bathimetri yang menjadi input data pada Delft3D-QUICKIN. Pada saat input data bathimetri pada Delft3D-QUICKIN didapat kedalaman dengan nilai positif dan negatif, kedalaman yang bernilai positif menandakan wilayah perairan sedangkan kedalaman yang bernilai negatif menandakan wilayah daratan.

#### 4.3.3 Flow input

Dalam *flow input* ada beberapa parameter – parameter yang harus dimasukkan meliputi input data grid dan bathimetri, *time frame*, *boundaries*, *physical parameters*, *moitoring* dan output. Data grid dibuat menggunakan delft dashboard drngan resolusi grid 20x20 m sedangkan data kedalaman diperoleh dari BATNAS. *Time frame* berfungsi untuk menginformasikan dan merekam setiap bangkitan yang terjadi pada simulasi yang terjadi dalam interval menit. Setelah selesai dalam memasukan *time frame*, setting *boundaries* atau batas area simulasi dalam input *boundaries* terdapat beberapa input data yang harus dimasukkan seperti input data pasang surut, data pasang surut pada simulasi ini diperoleh dari TMD.

*Physical parameters* merupakan parameter fisik yang mempengaruhi hasil simulasi yang akan dijalankan. Setelah memasukan parameter fisik yang mempengaruhi simulasi tahapan selanjutnya yaitu *monitoring*, dalam monitoring kita menentukan titik pengamatan simulasi ataupun potongan melintang yang nantinya sebagai bahan acuan dalam menganalisis hasil dari simulasi.

#### 4.3.4 *Wave input*

Dalam *wave input* terdapat beberapa parameter yang harus dilengkapi meliputi input data grid dan bathimetri, *boundaries*, *physical parameter*, dan output. Data grid diperoleh pada saat permulaan simulasi yaitu pembuatan grid model simulasi sedangkan pada input data bathimetri pada simulasi ini digunakan data dari BATNAS (Batrimetri Nasional). Setelah input data grid dan bathimetri selanjutnya masuk ke *boundaries*, *boundaries* merupakan batasan dalam pemodelan, setelah menentukan batasan-batasan dalam simulasi tahap berikutnya yaitu menentukan parameter fisik, dalam parameter fisik sendiri terdapat empat masukan meliputi *constans*, *wind*, *processes* dan *various*, dalam simulasi digunakan parameter *wind* yang berisi input data kecepatan angin dan arah angin. Output merupakan tahap terakhir dalam *wave input* yang berfungsi untuk mengatur hasil simulasi.

#### 4.3.5 *Running simulasi*

*Running* simulasi merupakan bagian terakhir dalam simulasi perambatan gelombang. Setelah semua input data dimasukkan maka dapat dimulai *running*. Hasil *running* simulasi dapat dilihat pada tools QUICKPLOT maupun GPP.

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Data

Tahap pertama dalam melakukan permodelan gelombang adalah mengumpulkan data. Data – data dianalisa dengan cara yang berbeda sesuai tujuan yang akan dicapai.

### 4.2 Data Angin

Dalam penelitian ini digunakan data angin harian guna gelombang tinggi dan juga menentukan arah. Data yang digunakan adalah data tentang arah angin,serta data tentang kecepatan angin dengan berbagai parameter lain yang merupakan hasil dari pengamatan. Data angin yang digunakan untuk penelitian ini didapatkan dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Dalam tugas akhir ini menggunakan data angin selama kurun waktu 4 tahun yaitu tahun 2016 hingga 2019.

Data angin yang digunakan diperoleh dari ECMWF, data angin dari ECMWF menggunakan resolusi spasial  $0,125^{\circ} \times 0,125^{\circ}$  dan resolusi temporal 6 jam dengan menggunakan parameter *10 metre U wind component* dan *10 metre V wind component*. Data angin yang didapatkan dari ECMWF kemudian diolah menggunakan bantuan perangkat lunak *Ocean Data View*, *Ocean data View* merupakan program komputer perangkat lunak yang dibuat oleh R. Schlitzer untuk menampilkan hasil eksplorasi dari oseanografi dan tampilan geo-referensi, juga urutan data (*grid data*) secara interaktif. ODV dapat dijalankan pada sistem operasi Window (9X/NT/2000/XP), LINUX,UNIX, dan Mac OS X, sehingga menghasilkan output berupa data excel yang selanjutnya diolah dalam WRplot untuk menentukan distribusi angin maksimum dan membuat *windrose*.

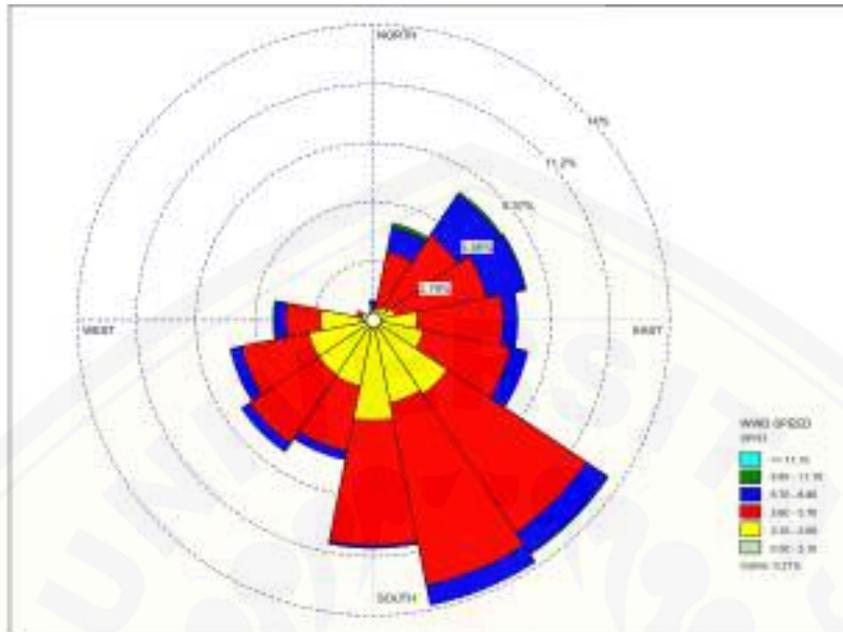
Langkah yang dilakukan pertama kali untuk melakukan peramalan gelombang menggunakan data angin yaitu dengan mengolah data angin dari data angin harian menjadi *windrose* untuk melihat arah angin yang signifikan terhadap area model yang ditinjau. Arah angin yang signifikan terhadap area yang ditinjau yaitu arah angin dari arah selatan seperti pada gambar 4.1



Tabel 4.1 Distribusi presentase angin maksimum tahun 2016-2019

No	Directions / Wind Classes (m/s)	0.50 - 2.10	2.10 - 3.60	3.60 - 5.70	5.70 - 8.80	8.80 - 11.10	>= 11.10	Total (%)
1	348.75 - 11.25	0.06845	0.20534	0.27379	0.34223	0.06845	0	0.95825
2	11.25 - 33.75	0	0.61602	2.6694	1.16359	0.20534	0	4.65435
3	33.75 - 56.25	0	0.75291	4.03833	2.32717	0.13689	0	7.2553
4	56.25 - 78.75	0.13689	0.8898	4.38056	1.84805	0.06845	0	7.32375
5	78.75 - 101.25	0.13689	1.9165	4.03833	0.68446	0	0	6.77618
6	101.25 - 123.75	0.20534	2.19028	4.17522	0.82136	0	0	7.3922
7	123.75 - 146.25	0.41068	3.76454	7.87132	1.16359	0.06845	0	13.2786
8	146.25 - 168.75	0.13689	3.83299	8.76112	0.95825	0	0	13.6893
9	168.75 - 191.25	0.41068	4.31211	5.88638	0.13689	0	0	10.7461
10	191.25 - 213.75	0.41068	2.73785	3.14853	0.41068	0	0	6.70773
11	213.75 - 236.25	0.13689	2.94319	3.90144	0.47912	0	0	7.46064
12	236.25 - 258.75	0.13689	2.94319	3.21697	0.54757	0	0	6.84463
13	258.75 - 281.25	0.61602	1.84805	1.64271	0.54757	0	0.06845	4.72279
14	281.25 - 303.75	0.06845	0.47912	0.27379	0	0	0	0.82136
15	303.75 - 326.25	0	0.06845	0.06845	0	0	0	0.13689
16	326.25 - 348.75	0	0	0.34223	0.06845	0	0	0.41068
	<b>Sub-Total</b>	<b>2.87474</b>	<b>29.5003</b>	<b>54.6886</b>	<b>11.499</b>	<b>0.54757</b>	<b>0.06845</b>	<b>99.1786</b>
	<b>Calms</b>							0.20534
	<b>Missing/Incomplete</b>							0.61602
	<b>Total</b>							<b>100</b>

Sumber Analisa penulis



Gambar 4.1 *Windrose* tahun 2016-2019

Berdasarkan *windrose*, presentase kejadian arah angin terbesar yaitu dari arah selatan dengan besaran kejadian sebesar 14%. Maka perhitungan selanjutnya arah angin yang digunakan yakni angin dari selatan.

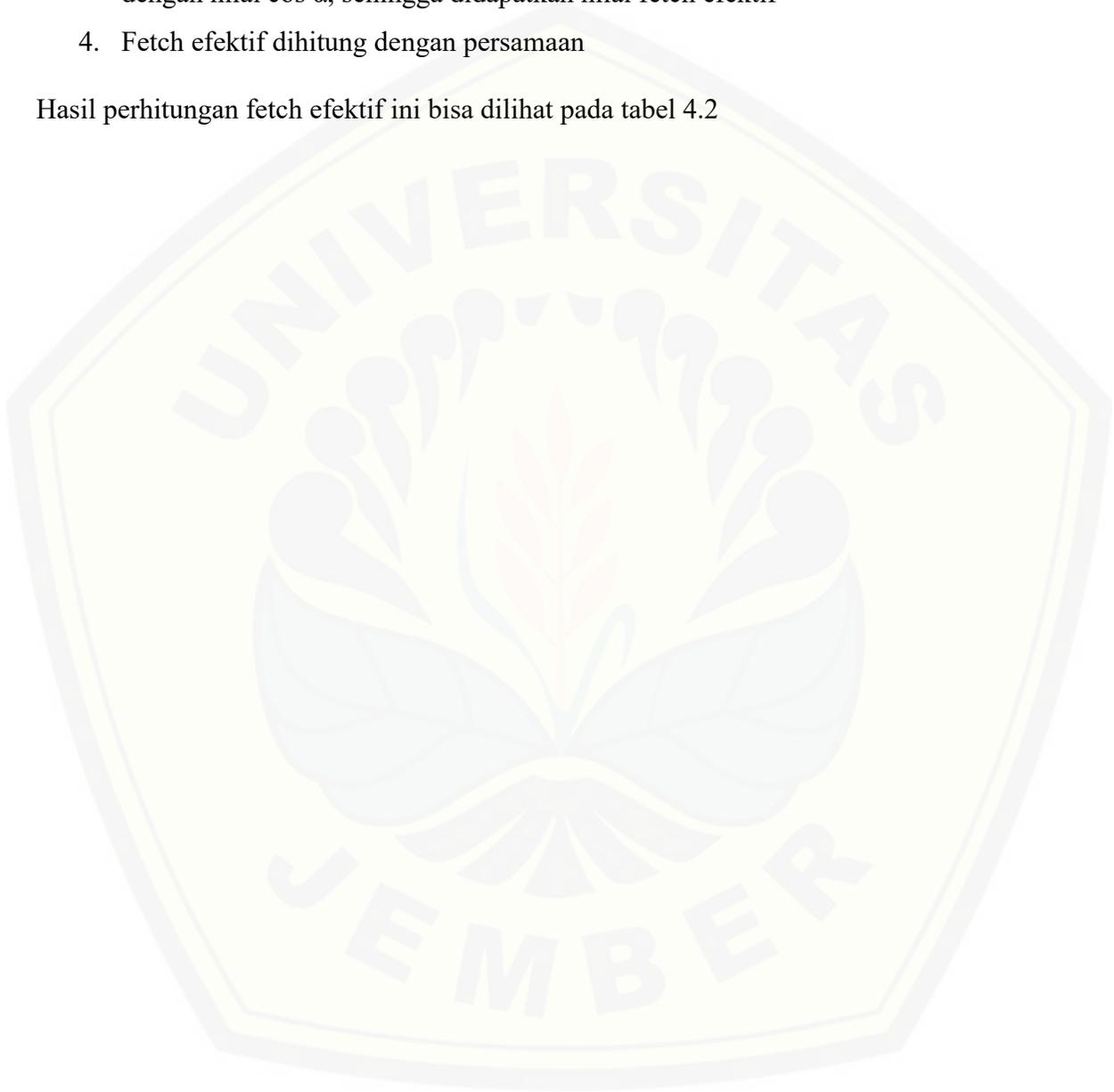
#### 4.3 *Fetch* Efektif

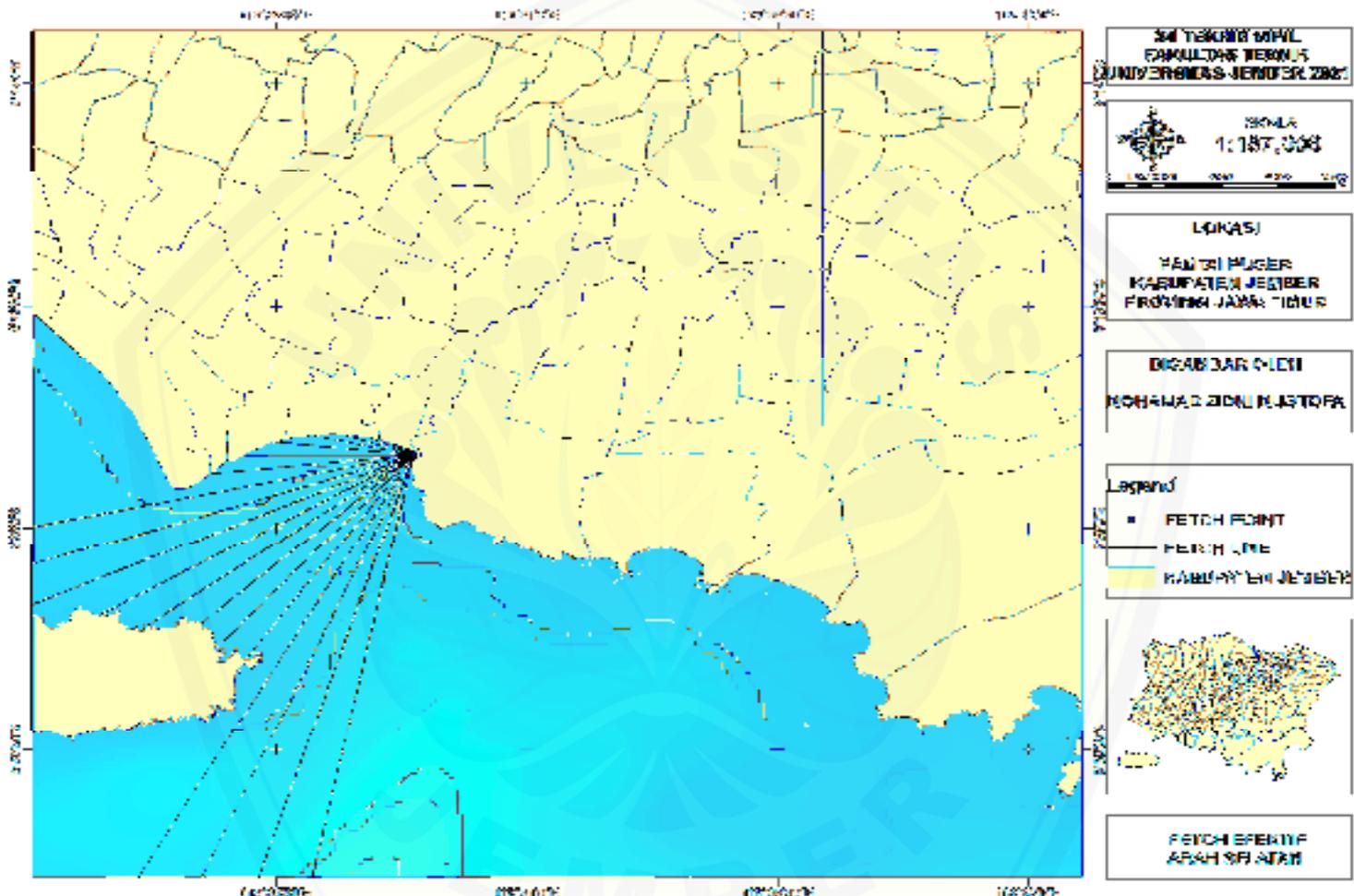
Perhitungan Panjang *fetch* (daerah pembentukan gelombang) berdasarkan peta kepulauan Indonesia dan berpusat pada lokasi penelitian ini. Langkah-langkahnya yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan salah satu arah mata angin sebagai sumbu utama atau central radial. Menggunakan peta daerah Kabupaten Jember.
2. Perhitungan ini dibuat dengan sudut dari garis central radial ke arah kiri dan kanan garis *fetch* dengan interval simpangan 6 hingga 42 , dengan acuan sumbu utama yang ditetapkan. Ukur *fetch* ini sampai menyentuh daratan/batas akhir peta, setelah itu dikalikan dengan skala dari peta tersebut.

3. Menghitung panjang fetch pada masing-masing derajat simpangan. Dari pengukuran tersebut didapatkan jarak sebenarnya yang kemudian dikalikan dengan nilai  $\cos \alpha$ , sehingga didapatkan nilai fetch efektif
4. Fetch efektif dihitung dengan persamaan

Hasil perhitungan fetch efektif ini bisa dilihat pada tabel 4.2





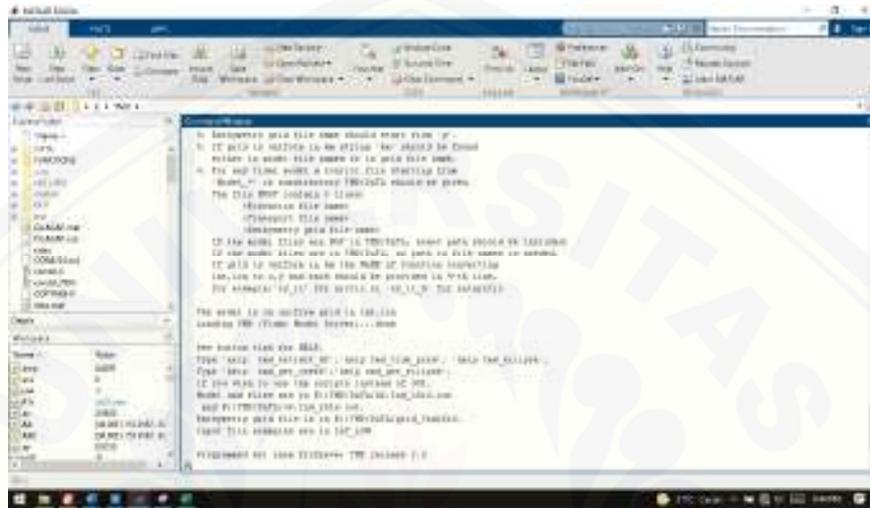
Gambar 4.2 *Fetch* dari arah selatan

Tabel 4.2 Hasil perhitungan *fetch* dari arah selatan

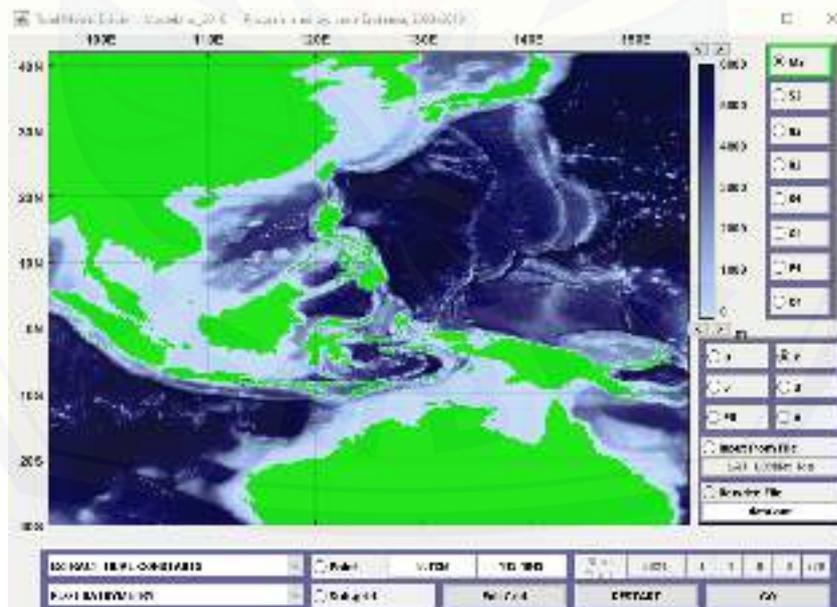
Selatan						
Sudut	Radian	Cos	Xi	XiCos(m)	XiCos(km)	Feff(km)
-90	-1.57	6.12574E-17	98.48	6.033E-15	6.03281E-18	9.15
-84	-1.47	0.104528463	116.26	12.151956	0.012151956	
-78	-1.36	0.207911691	140.05	29.116993	0.029116993	
-72	-1.26	0.309016994	178.54	55.170349	0.055170349	
-66	-1.15	0.406736643	219.92	89.449929	0.089449929	
-60	-1.05	0.5	270.19	135.097	0.135097	
-54	-0.94	0.587785252	11496.70	6757.5907	6.75759071	
-48	-0.84	0.669130606	410.96	274.98257	0.274982568	
-42	-0.73	0.743144825	495.69	368.3702	0.368370202	
-36	-0.63	0.809016994	670.63	542.54783	0.542547831	
-30	-0.52	0.866025404	989.71	857.11227	0.85711227	
-24	-0.42	0.913545458	17161.90	15678.176	15.67817579	
-18	-0.31	0.951056516	20666.90	19655.39	19.65538992	
-12	-0.21	0.978147601	23175.20	22668.766	22.66876628	
-6	-0.10	0.994521895	8234.98	8189.8679	8.189867918	
0	0.00	1	6765.43	6765.43	6.76543	
6	0.10	0.994521895	5582.85	5552.2666	5.552266564	
12	0.21	0.978147601	4219.84	4127.6264	4.127626371	
18	0.31	0.951056516	2954.64	2810.0296	2.810029625	
24	0.42	0.913545458	1850.02	1690.0774	1.690077368	
30	0.52	0.866025404	14665.30	12700.522	12.70052235	
36	0.63	0.809016994	13240.20	10711.547	10.71154681	
42	0.73	0.743144825	11500.50	8546.5371	8.546537065	
48	0.84	0.669130606	11953.10	7998.1851	7.998185051	
54	0.94	0.587785252	11496.70	6757.5907	6.75759071	
60	1.05	0.5	23403.00	11701.5	11.7015	
66	1.15	0.406736643	22292.30	9067.0953	9.067095268	
72	1.26	0.309016994	21061.00	6508.2069	6.508206919	
78	1.36	0.207911691	20931.30	4351.862	4.351861974	
84	1.47	0.104528463	353.44	36.944331	0.036944331	
90	1.57	6.12574E-17	279.22	1.71E-14	1.71044E-17	
<b>Total</b>		<b>19.08</b>	<b>256874.93</b>	<b>174639.21</b>	<b>174.64</b>	

#### 4.4 Pasang Surut

Dalam penelitian ini data pasang surut diperoleh dengan menggunakan software *Tide Model Driver* (TMD). Data ini akan digunakan untuk batas terluar model (*open boundary condition*).



Gambar 4.3 GUI Matlab



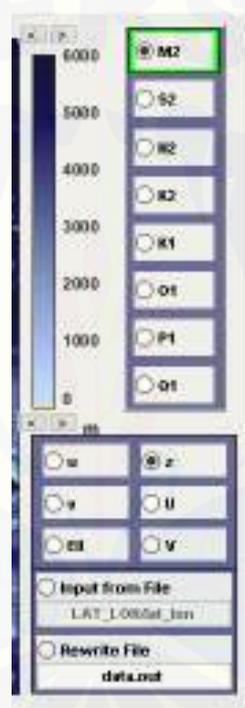
Gambar 4.4 Tampilan TMD (*Tide Model Driver*)

Input data di TMD (*Tide Model Driver*) yaitu berupa kordinat *point* wilayah/area dan waktu yang akan ditinjau. Untuk data hasil pengolahan di TMD

dapat berupa data prediksi pasang surut (*Predict Tidal*) atau komponen pasang surut yang kemudian dianalisa tipenya dengan menghitung nilai *Formzahl* (*Extract Tidal Constant*). Dalam TMD ada beberapa komponen pasang surut yang dapat dipilih, dilihat dalam gambar 4.6

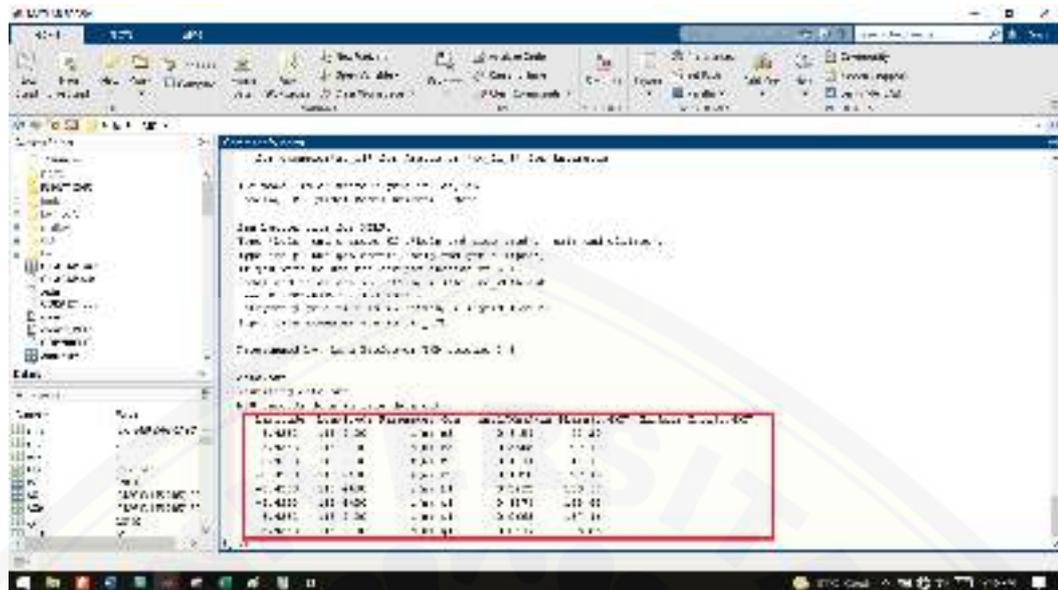


Gambar 4.5 Input kordinat *point* pada TMD



Gambar 4.6 Komponen pasang surut

Setelah melakukan input data kordinat point, waktu dan menentukan komponen pasang surut maka hasil runing dari TMD (*Tide Model Driver*) bisa dilihat dalam GUI matlab seperti yang ada pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Hasil runing pada TMD

Hasil analisa pasang surut yang diperoleh melalui TMD (*Tide Model Driver*) menghasilkan nilai konstanta harmonik yaitu nilai amplitudo dan nilai keterlambatan fase yaitu M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1. Didapatkan hasil yaitu nilai amplitudo (A) dan keterlambatan fase (g) pada lokasi penelitian di Pantai Puger Jember pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Nilai amplitudo (A) dan keterlambatan fase (g°) Pantai Puger Jember.

	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	Q1
A (cm)	64.84	35.68	12.01	10.1	22.22	13.73	6.68	3.07
g°	42.29	99.4	14.44	97.19	168.67	158.83	167.16	148.88

Berdasarkan tabel 4.3 pada lokasi penelitian didominasi pengaruh pasang surut semidiurnal oleh gaya tarik bulan dengan nilai M2 sebesar 64,84cm.

Setiap wilayah mempunyai tipe pasang surut yang berbeda, tipe pasang surut air laut dapat diidentifikasi menggunakan perhitungan bilangan Formzahl (F) yang diperoleh dari perbandingan antara amplitudo unsur – unsur pasut tunggal utama dengan amplitudo unsur – unsur pasut ganda utama. Berdasarkan Tabel 1 nilai F untuk lokasi penelitian pada Pantai Puger Jember didapatkan:

$$F = \frac{A_{K1} + A_{D1}}{A_{M2} + A_{S2}}$$

$$F = \frac{22,22 + 13,73}{64,84 + 35,68}$$

$$F = 0,3$$

Hasil perhitungan nilai F (bilangan Formzahl) pada lokasi penelitian sebesar 0,3 sehingga termasuk dalam kondisi  $0,25 < F < 1,5$  maka kondisi pasang surut pada lokasi penelitian di Pantai Puger Jember termasuk kedalam tipe pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed Tide prevailing semidiurnal*) sehingga dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut tetapi memiliki tinggi dan periode yang berbeda.

Tabel 4.4 Tipe pasang surut

Lokasi Penelitian	Nilai F	Tipe Pasang Surut
Pantai Puger Jember	0,3	Campuran Harian Ganda

#### 4.5 Simulasi Gelombang dengan Delft3D

##### 4.5.1 Input data pada Delft3D

Dalam permodelan gelombang akibat angin di Pantai Puger dengan software Delft3D ini, input data yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi yaitu sebagai berikut:

##### 4.5.1.1 Input data pada Delft3D- Flow

###### a) Batimetri

Data batimetri yang digunakan pada pengerjaan simulasi diperoleh dari *The General Bathymetric Chart of the Oceans* dan *Seamless Digital Elevation Model* dan Batimetri Nasional (DEMNAS). Resolusi spasial data BATNAS adalah 6arc-second (kurang lebih 180 meter) dengan menggunakan datum MSL (*Mean Sea Level*) dan EGM2008. Resolusi tersebut tergolong detail bila dibandingkan data batimetri global yang bisa diunduh secara gratis. Data batimetri ini memiliki

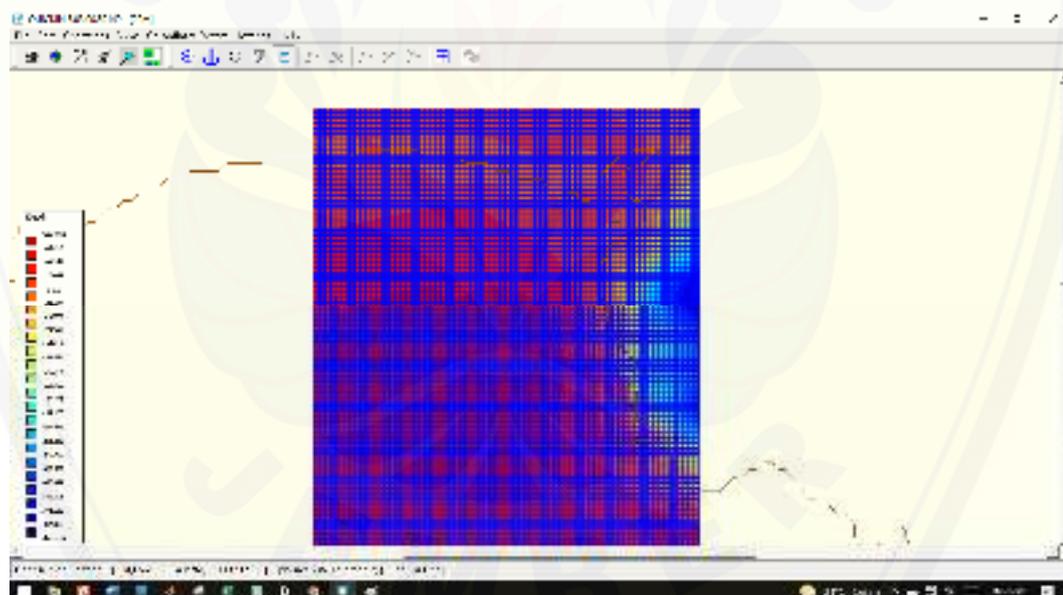
keunggulan di daerah pesisir maupun perairan dangkal karena berdasarkan survei dari Pusat Kelautan dan Lingkungan Pantai (PKLP), BIG. Secara garis besar, data Batimetri Nasional dibuat berdasarkan hasil inversi data *gravity anomaly* hasil kategorisasi data almetri dengan menambahkan data pemeruman (*sounding*) yang dilakukan oleh BIG, NGDC, BODC, BPPT, LIPI, P3GL dan lembaga lainnya dengan survei single maupun multibeam. Sedangkan *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO) adalah data Digital Elevation Model (DEM) global dengan resolusi spasial 30 detik. GEBCO merupakan model kontinyu data kedalaman dan ketinggian untuk wilayah laut dan darat. Data GEBCO merupakan hasil penggabungan data kedalaman dan data ketinggian. Data kedalaman diperoleh dari hasil pengukuran insitu kapal survey di seluruh dunia yang dikumpulkan oleh *British Oceanographic Data Centre* (BODC) dengan kualitas terkontrol. Data ketinggian didapat dari interpolasi titik ketinggian yang dihasilkan oleh program satelit Shuttle Radar Topografi Mission (SRTM30).

#### b) Pembuatan Grid

Grid yang digunakan pada simulasi ini dibuat menggunakan *Delft Dashboard* dengan ukuran 20mx20m dalam bentuk cordinat cartessian berbentuk persegi, tampilan tolbar *delft dashboard* dapat dilihat dalam gambar 4.8 .Pada pembuatan grid menggunakan data batimetri yang didapat dari *The General Bathymetric Chart of the Oceans* dan *Seamless Digital Elevation*, yang kemudian diubah dulu kedalam format.xyz menggunakan QGis. Setelah selesai mengkonfersi data kedalaman dari .tif ke .xyz maka tahapan selanjutnya yaitu input data batimetri kedalam Quickin pada program *delft3d* untuk mendapatkan kontur kedalaman area yang disimulasikan. Tampilan tolbar *quickin* dapat diketahui dalam gambar 4.9



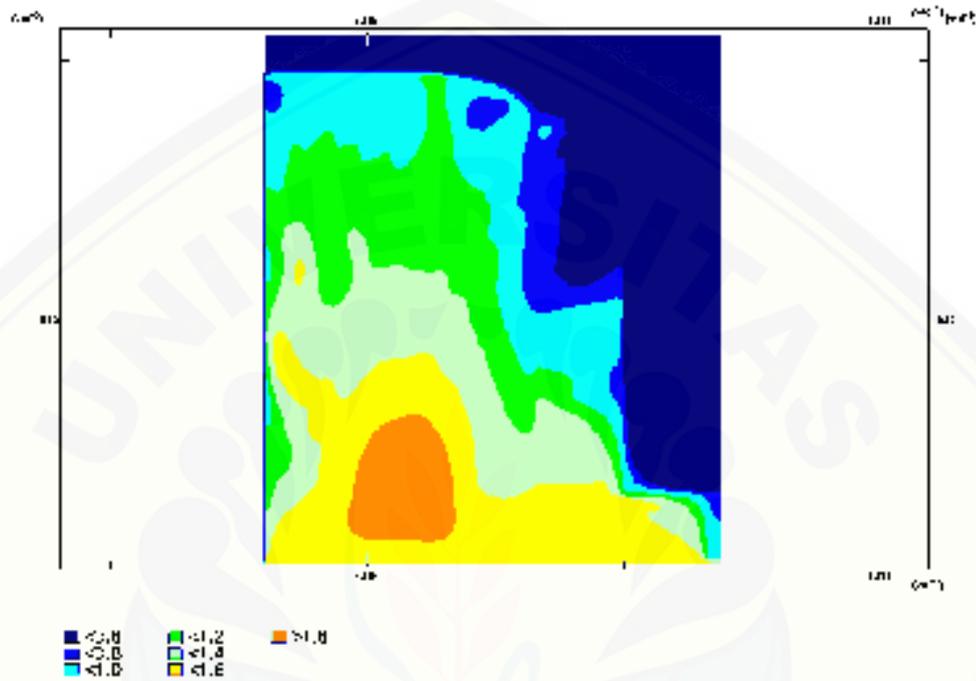
Gambar 4.8 *Delft Dashboard*



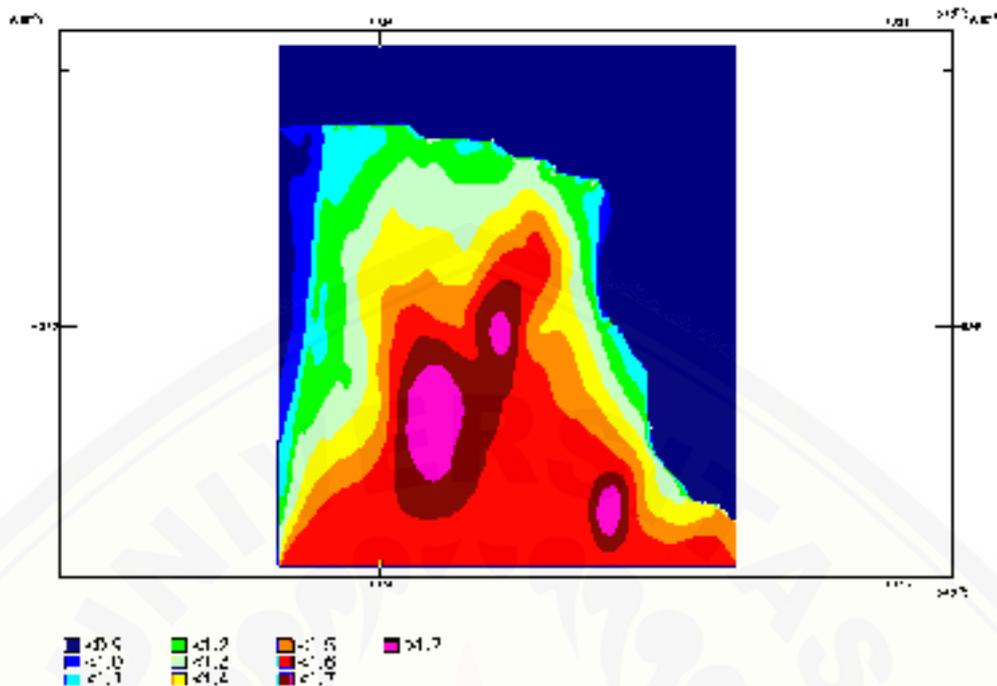
Gambar 4.9 Grid menggunakan data bathimetri BATNAS

Dalam penelitian ini menjalankan skenario berbeda pada setiap simulasinya. Perbedaan tersebut terdapat pada parameter – parameter meteorologi seperti angin, periode gelombang signifikan yang didapat dari perhitungan serta data bathimetri. Data bathimetri pada simulasi ini menggunakan 2 data bathimetri, dari hasil permodelan menggunakan data bathimetri dapat dilihat bahwa tingkat

akurasi data bathimetri GEBCO lebih rendah dibandingkan dengan BATNAS sehingga untuk hasil permodelan dari penelitian ini menggunakan data bathimetri BATNAS sebagai input permodelan gelombang. Dapat dilihat perbedaan hasil simulasi dari kedua data bathimetri.



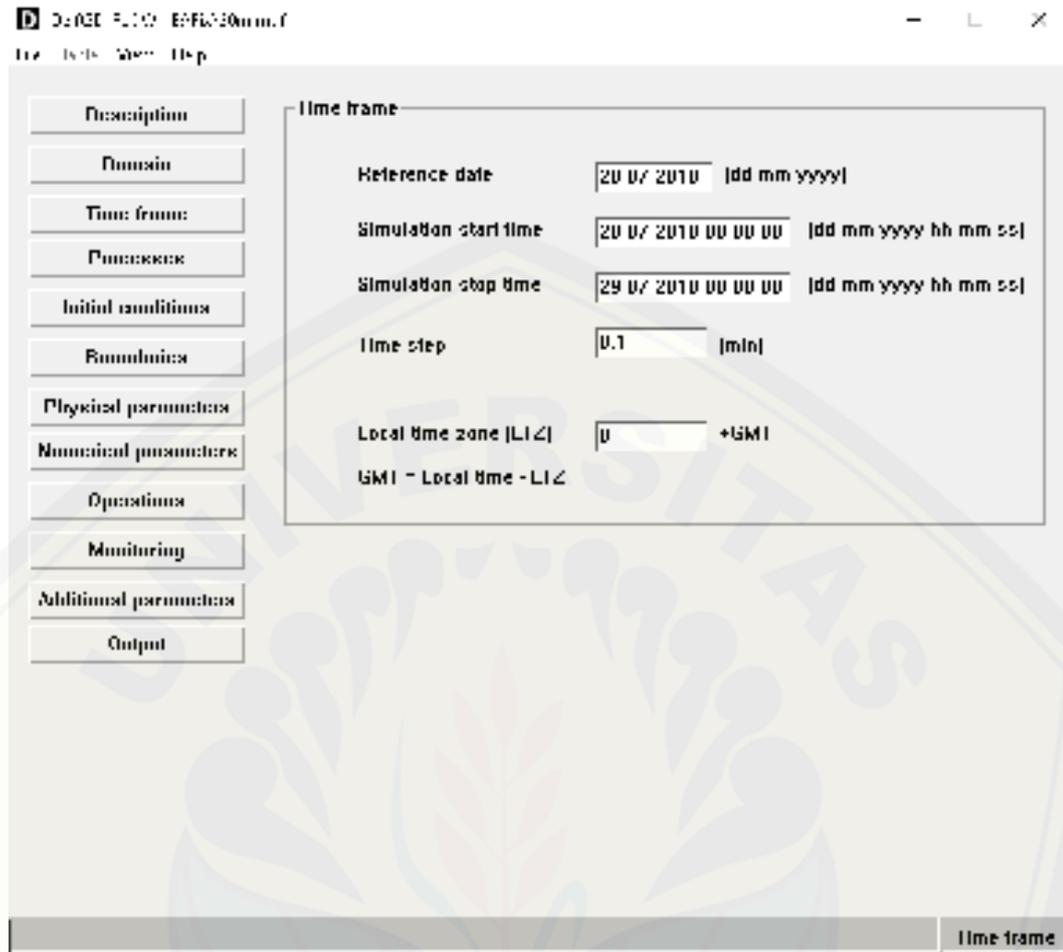
Gambar 4.10 Simulasi dengan bathimetri GEBCO



Gambar 4.11 Simulasi dengan bathimetri BATNAS

a) *Time Frame*

Setelah proses pembuatan grid selesai maka tahapan selanjutnya yaitu menentukan *time frame*. *Time frame* merupakan waktu simulasi yang merekam setiap propagation yang terjadi setiap interval waktu. Simulasi ini dilakukan selama 2 hari dengan menentukan waktu yang berisikan tanggal dan waktu awal simulasi, yakni dari tanggal 28-07-2018 sampai dengan tanggal 29-07-2018 dengan besaran *timestep* 0.1 menit. Tampilan toolbar *time frame* dapat diketahui pada gambar 4.12

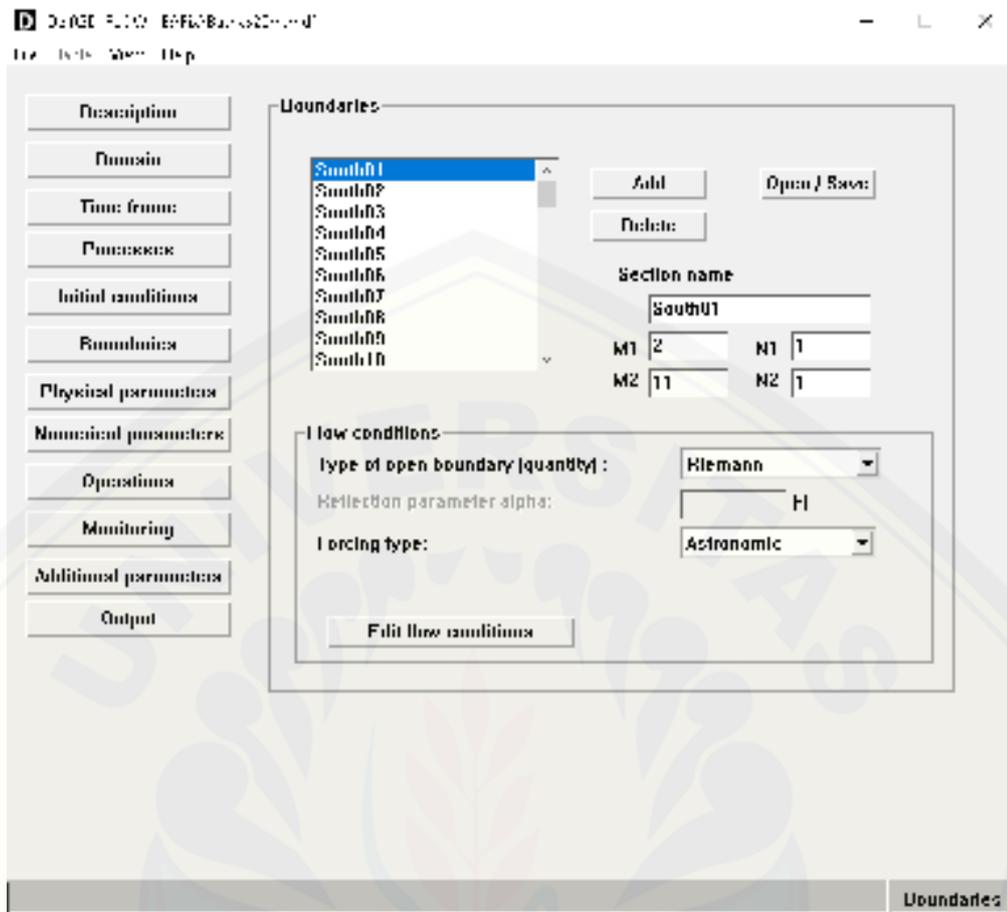


Gambar 4.12 Tampilan tolbar *time frame*

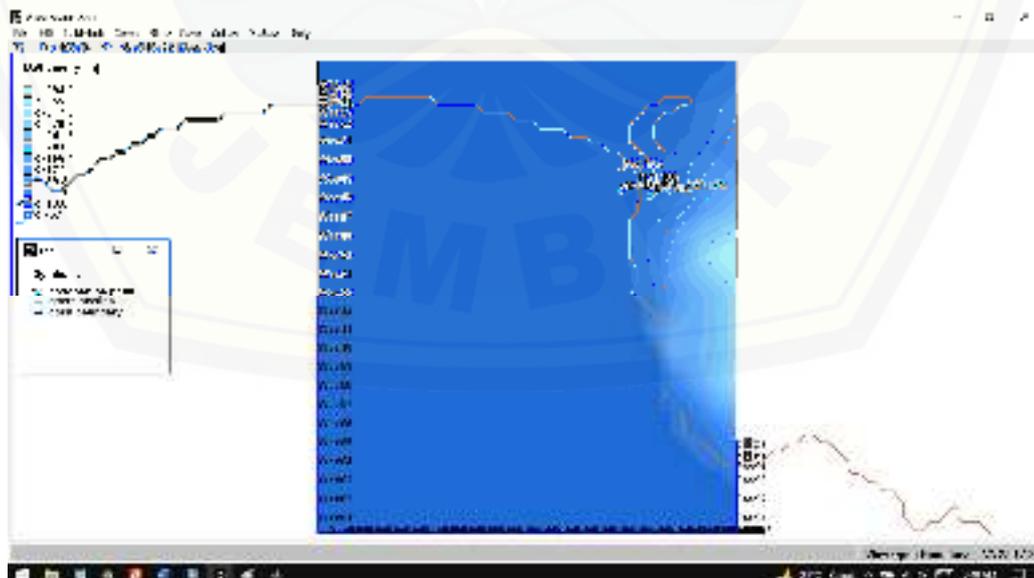
#### b) *Processes*

Dalam grup data *processes* adalah proses atau kuantitas mana yang mungkin memengaruhi simulasi hidrodinamika yang diperhitungkan. Meliputi *Constituents* yang terdiri dari *Temperature, salinity, pollutants and tracers, sediments*. Dan *Physical processes* yang terdiri dari *Wind, Wave, Online Delft3d-Wave, Secondary flow, Tidal Forces*. Tampilan tolbar *processes* dapat dilihat dalam gambar 4.13

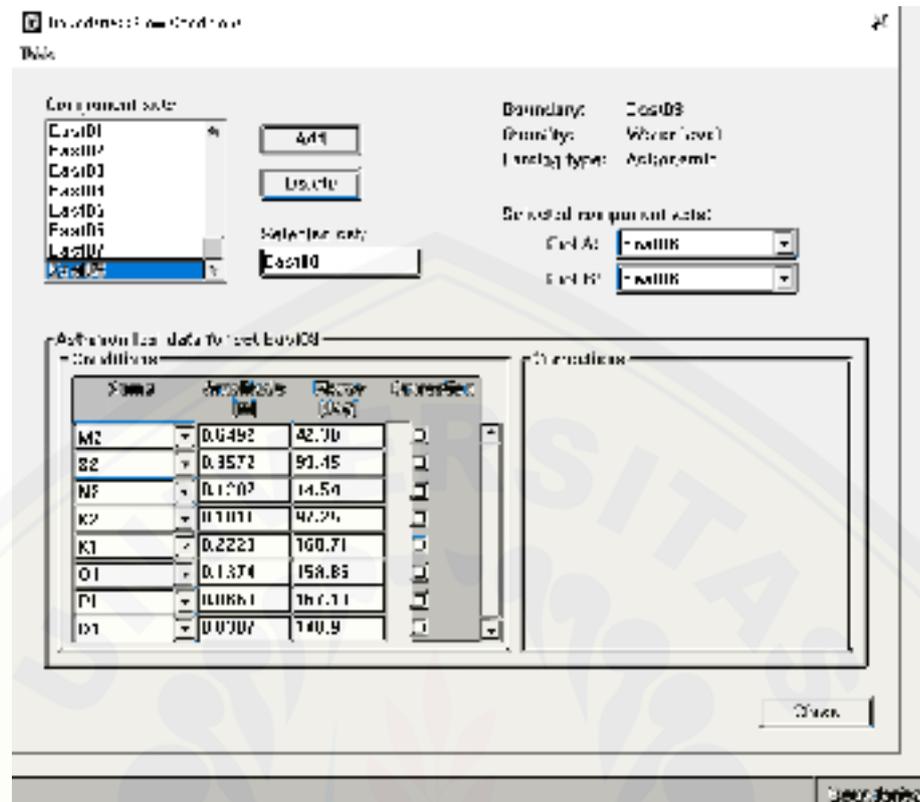




Gambar 4.14 Boundaries



Gambar 4.15 Batasan wilayah untuk simulasi



Gambar 4.16 Data input pada *flow condition*

Data input untuk *flow condition* berupa komponen *astronomical*. Komponen astronomi ini sebagian besar diperoleh dari beberapa jenis program analisis pasang surut, seperti Delft3D-TIDE atau Delft3D-TRIANA maupun TMD. Secara total dapat dipilih dari 234 komponen pasang surut yang akan digunakan dalam simulasi. Dalam simulasi ini digunakan 8 komponen harmonik pasang surut yaitu, M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, dan Q1 yang setiap komponennya mempunyai nilai *amplitude* dan *phase* yang didapat dari analisa pasang surut menggunakan TMD (*Tide Model Driver*).

Nilai *amplitude* dan *phase* dari setiap titik pada *boundary condition* berbeda – bedadipengaruhi oleh kondisi bathimetri area yang ditinjau. Untuk dapat memasukan data komponen astronomi sesuai dengan analisis pasang surut maka pertama harus dibuat *component sets* sesuai dengan *boundary condition* yang sudah dibuat. Setiap *component sets* saling terkait antara satu dengan yang lainnya misal *south 1* dimulai dari *south 1* dan berakhir di *south 2* kemudian dari *south 2*

berakhir di *south* 3 begitu seterusnya seperti pada *boundary condition*. Semakin detail *component sets* yang dibuat maka semakin detail pula analisa pasang surutnya.

#### d) *Physical Parameters*

Data group *physical parameters* berisi data input fisik yang dipakai pada simulasi gelombang. Ada beberapa parameter yang dipakai dalam input data *physical parameters* yaitu, *Constans*, *Roughness*, *Viscosity*, *Wind* dan *Tidal Forces*. Parameter – parameter tersebut adalah data - data input fisik yang berpengaruh dalam simulasi. Jenis data dan nilai yang dipakai dalam *physical parameters* dapat dilihat dalam tabel 4.3

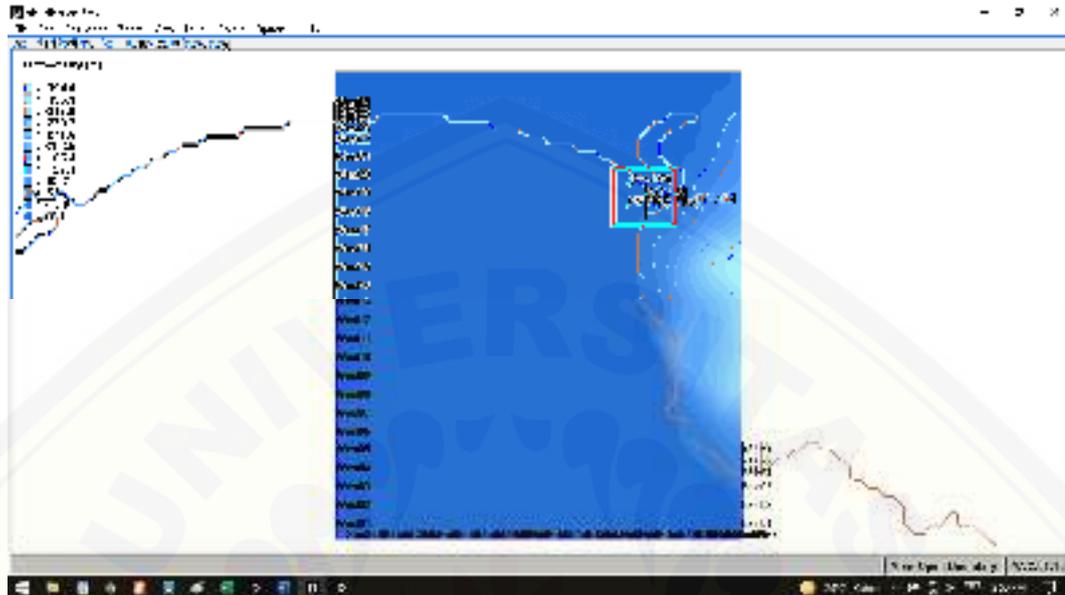
Tabel 4.5 Data input *physical parameters*

No	Jenis Data	Nilai
Constans:		
1	Percepatan gravitasi	9.81 m/s <sup>2</sup>
2	Berat jenis air	1025 kg/m <sup>3</sup>
3	Kepadatan udara	1 kg/m <sup>3</sup>
Wind:		
4	Uniform	5.5-7 m/s
Roughness:		
5	Manning	0.02
Viscosity:		
6	Uniform	1m/s <sup>2</sup>
Tidal Forces:		
7	Semi diurnal modes	
8	Diurnal modes	
9	Long periode modes	

#### e) *Monitoring*

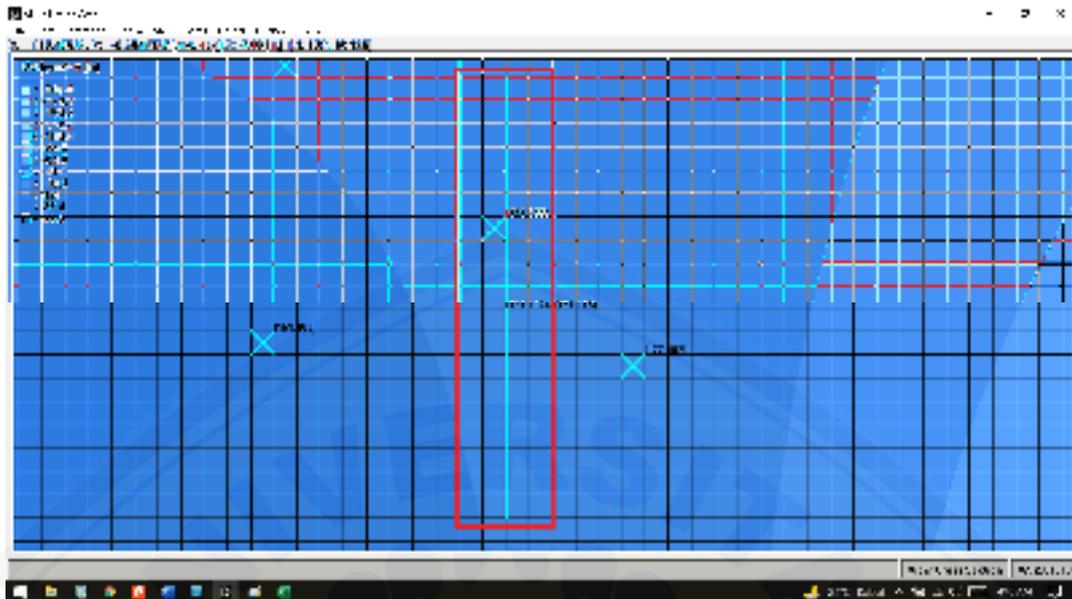
Dalam sub data monitoring berisi 3 sub kelompok data yaitu, *Observations*, *Drogues* dan *Cross-sections*. *Observation point* adalah lokasi grid di mana semua kuantitas yang dihitung selama simulasi disimpan pada interval waktu yang ditentukan. Titik pengamatan terletak di pusat sel grid komputasi, yaitu pada titik

ketinggian air. Representasi titik pengamatan di toolbar area visualisasi terdapat pada gambar 4.17



Gambar 4.17 *Observations points*

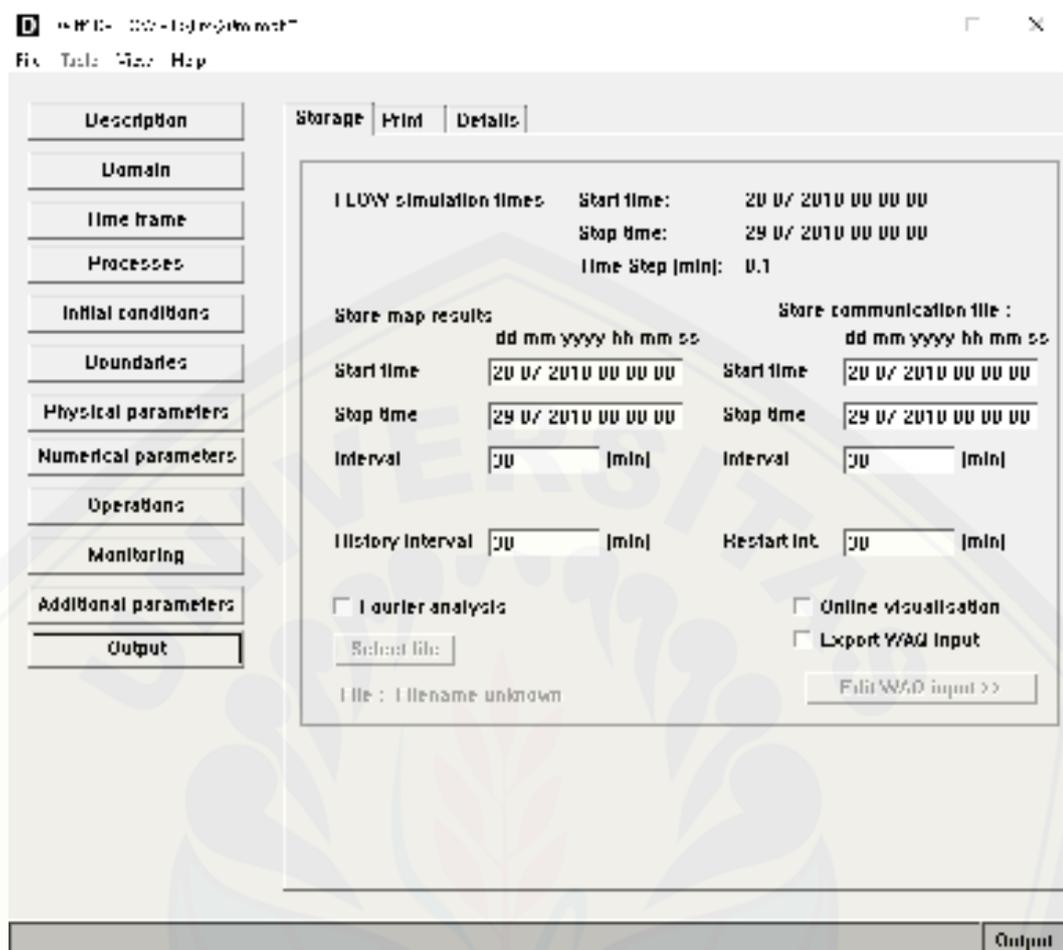
*Drogue* adalah pelampung yang bergerak mengikuti arus. Lokasi *drogue* disimpan pada interval waktu yang sama dengan waktu komputasi. *Cross-section* adalah bagian di sepanjang salah satu arah kisi yang dilalui berbagai jenis fluks transportasi ditentukan dan disimpan sebagai fungsi waktu. Representasi penampang melintang di toolbar area visualisasi terdapat pada gambar 4.18



Gambar 4.18 *Cross-section*

*f) Outputs*

Dalam grup data *Output* dapat ditemukan hasil komputasi mana yang akan disimpan untuk selanjutnya dianalisis. Dalam grup data output terdapat 3 sub data meliputi *storage*, *print* dan *details*. Untuk tampilan toolbar output terdapat pada gambar 4.19

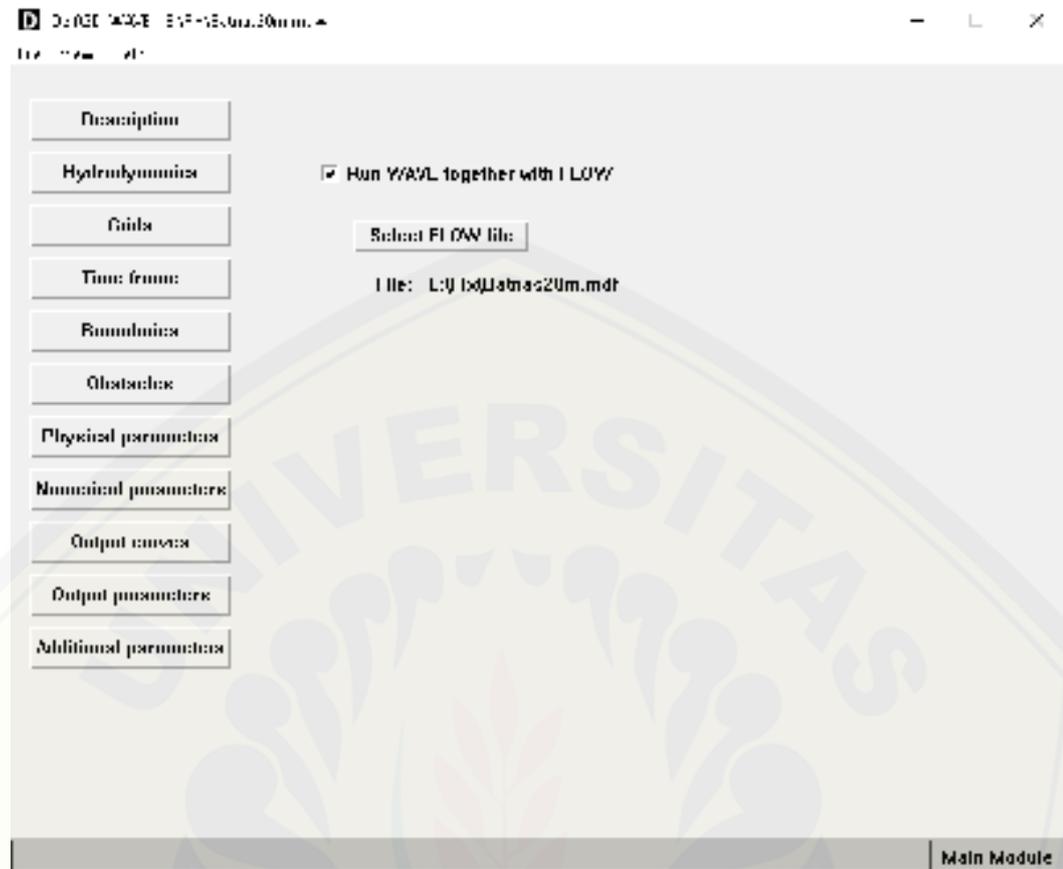


Gambar 4.19 Output

#### 4.5.1.2 Input data pada Delft3D- Wave

##### a) Hydrodynamics

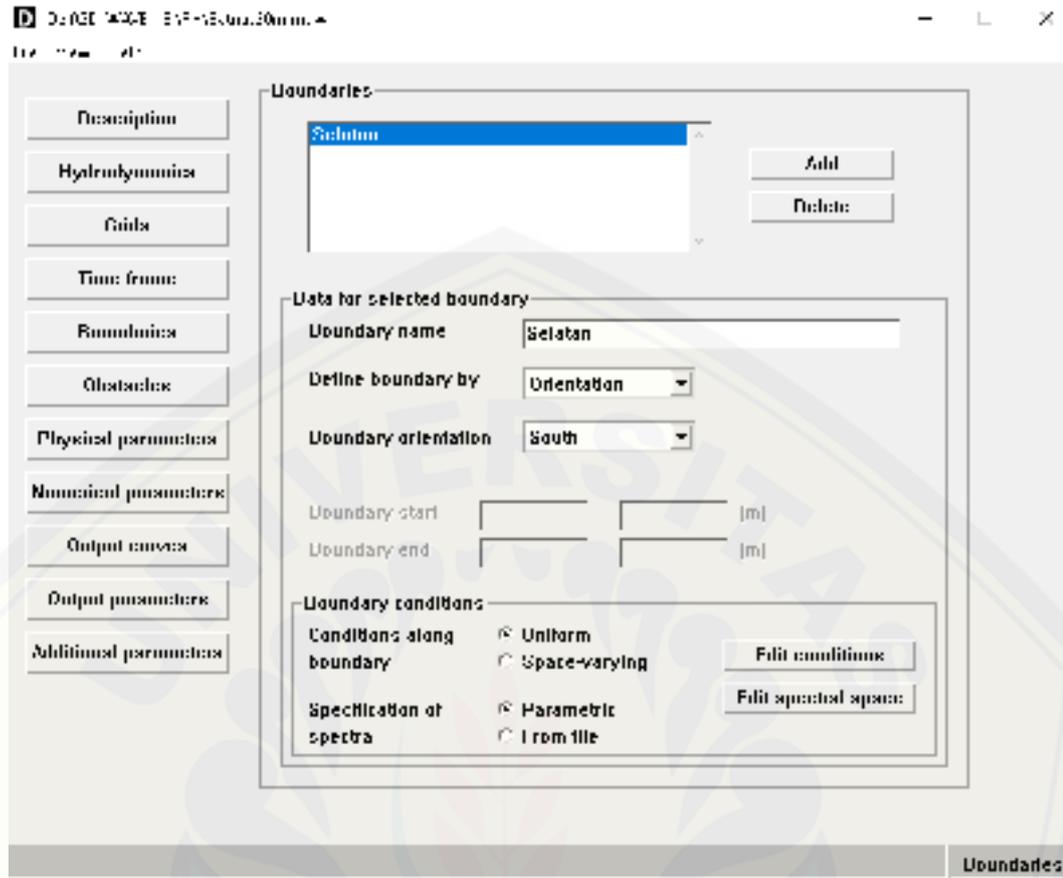
Pada group data *hydrodynamics* terdapat input data yang dapat dijalankan komputasi gelombang yang menggunakan hasil dari modul FLOW tetapi juga perhitungan gelombang mandiri. Pada simulasi ini menggunakan hasil FLOW, tampilan toolbar *hydrodynamic* dapat dilihat pada gambar 4.20



Gambar 4.20 *Hydrodynamics*

*b) Boundaries*

Dalam group data boundaries, kondisi gelombang datang pada batas komputasi pertama grid ditentukan (lihat Gambar 4.20). Dalam perhitungan SWAN, *boundary conditios* gelombang dapat ditentukan di setiap sisi grid komputasi (yaitu maksimal 4 sisi). Jumlah sisi di mana kondisi batas disediakan adalah nol secara *default*.

Gambar 4.21 *Boundaries*

Dalam *boundary conditions* sendiri terdapat beberapa input data yaitu, *Significant wave height*, *Peak period  $T_p$* , *Direction (nautical)*, *Directional spreading* (lihat gambar 4.22). Data input tersebut diperoleh melalui perhitungan menggunakan data angin. Dalam penelitian ini menggunakan input data *significant wave height* sebesar 2 m, dengan *peak period  $T_p$*  sebesar 5.5 detik, *direction (nautical)* sebesar  $180^0$  dan *directional spreading* sebesar 4.

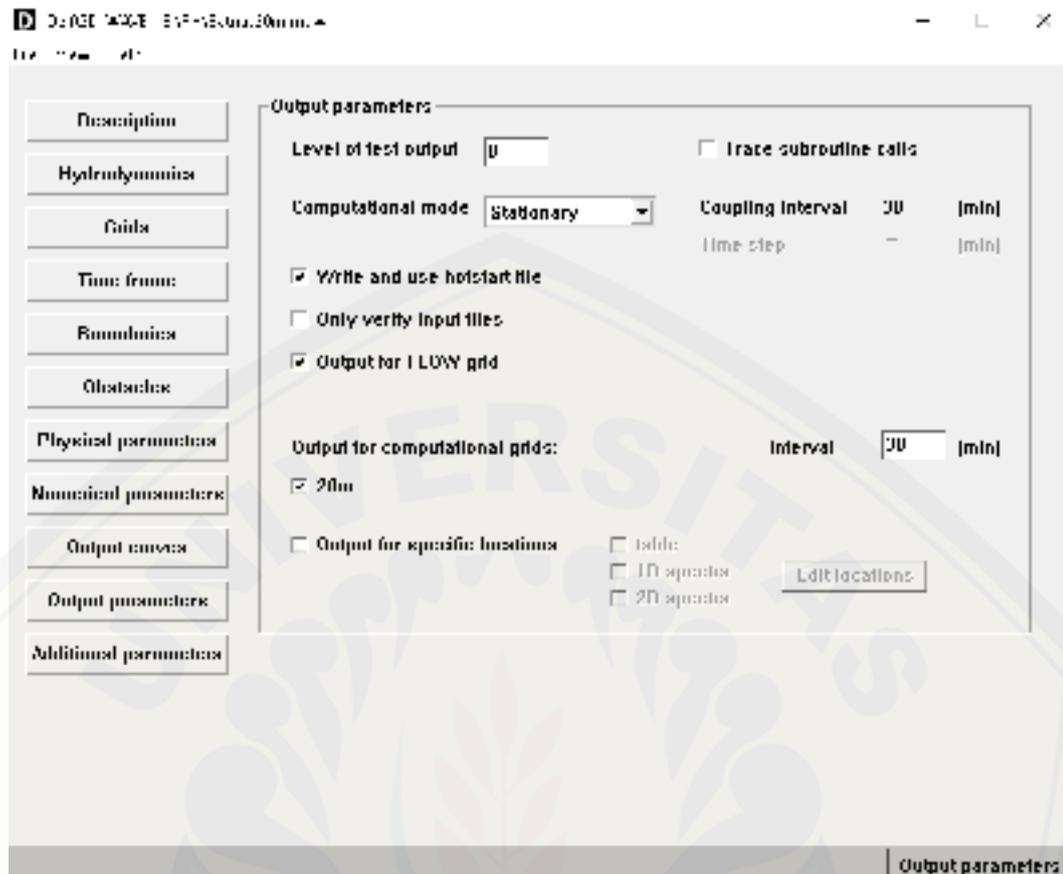
Uniform boundary conditions

Significant wave height:	<input type="text" value="2"/>	[m]
Peak period $T_p$	<input type="text" value="5.5"/>	[s]
Direction (nautical):	<input type="text" value="180"/>	[deg]
Directional spreading:	<input type="text" value="4"/>	[°]

Gambar 4.22 *Boundary conditios*

*c) Output parameters*

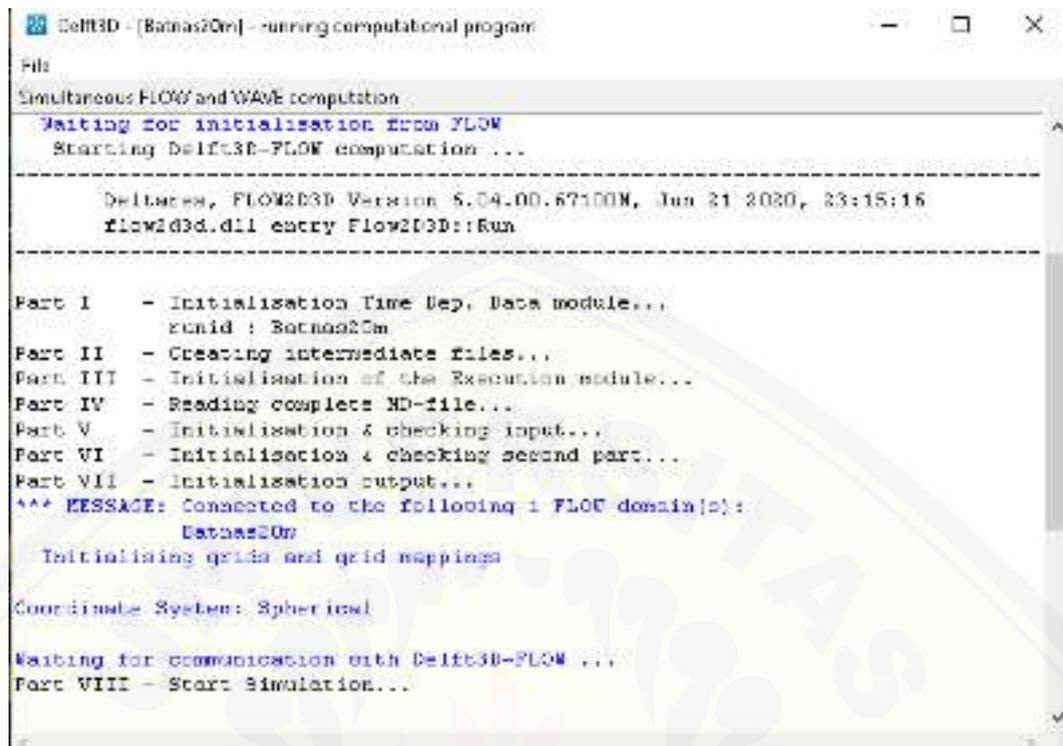
Dalam group data *output parameters* (lihat Gambar 4.23) dapat ditentukan mana *grid* (yaitu gelombang atau aliran *grid*) *output* ditulis dan sejauh mana perhitungan harus dipantau.



Gambar 4.23 *Output parameters*

#### 4.5.2 Simulasi gelombang

Dalam melakukan simulasi terdapat 2 file masukan yang harus diinputkan agar simulasi dapat berjalan yaitu *MDF-File* dan *MDW-File*. *Master Definition Flow File* (*MDF-file*) adalah *file* input untuk simulasi hidrodinamika program. Didalamnya berisi data yang digunakan untuk mendefinisikan model serta menjalankan program simulasi. Sedangkan *Master Definition Wave File* (*MDW-file*) adalah *file* input untuk program gelombang. Selaras dengan *Mdf-file*, *Mdw-file* juga terdiri dari kelompok – kelompok data input. Dalam simulasi ini menggunakan data group yaitu: *description*, *hydrodynamics*, *grid*, *time frame*, *boundaries*, *obstacles*, *physical parameters*, *output parameters*. Setelah semua input data pada *Mdf-file* dan *Mdw-file* selesai dimasukan maka simulasi model dapat dijalankan (lihat gambar 4.24)



```
Delft3D - [Batnas20m] - running computational program
File
Simultaneous FLOW and WAVE computation
Waiting for initialisation from FLOW
Starting Delft3D-FLOW computation ...

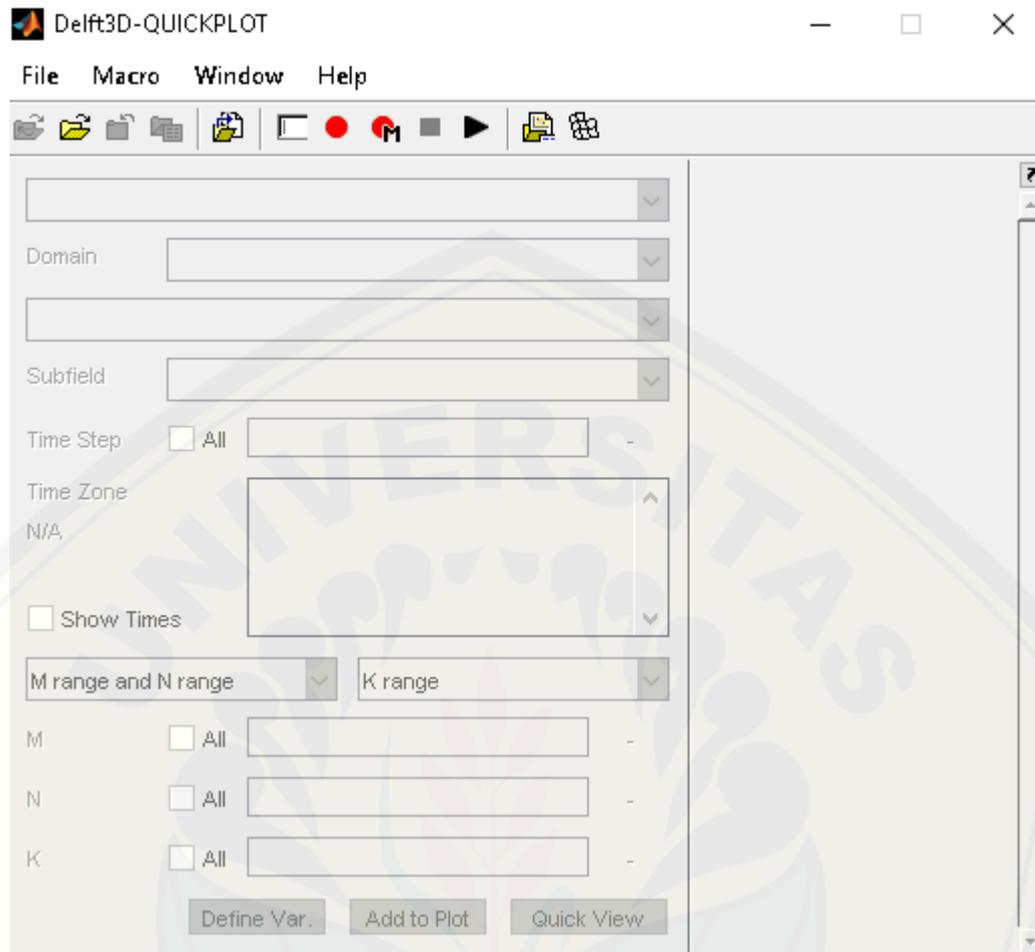
-----
Delft3D, FLOW2D3D Version 6.04.00.67100M, Jun 21 2020, 23:15:16
flow2d3d.dll entry Flow2D3D::Run
-----

Part I - Initialization Time Dep. Data module...
runid : Batnas20m
Part II - Creating intermediate files...
Part III - Initialization of the Execution module...
Part IV - Reading complete MD-file...
Part V - Initialization & checking input...
Part VI - Initialization & checking second part...
Part VII - Initialization output...
*** MESSAGE: Connected to the following 1 FLOW domain(s):
Batnas20m
Initializing grids and grid mappings
Coordinate System: Spherical
Waiting for communication with Delft3D-FLOW ...
Part VIII - Start Simulation...
```

Gambar 4.24 Simulasi model

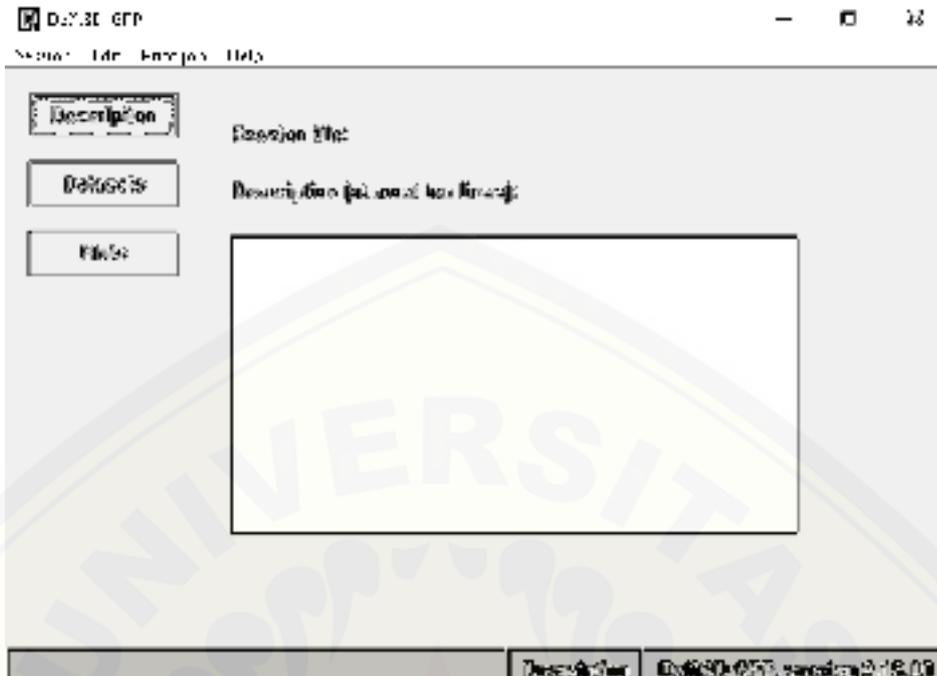
#### 4.6 Hasil Simulasi

Hasil simulasi model dapat dilihat melalui QUICKPLOT atau GPP. Delft3D-QUICKPLOT, (lihat Gambar 4.25), disediakan untuk membuat grafis dasar data atau membuat animasi cepat. Delft3D-QUICKPLOT dapat dimulai dari Delft3D-MENU atau dengan mengetik `d3d_qp` pada command prompt MATLAB.



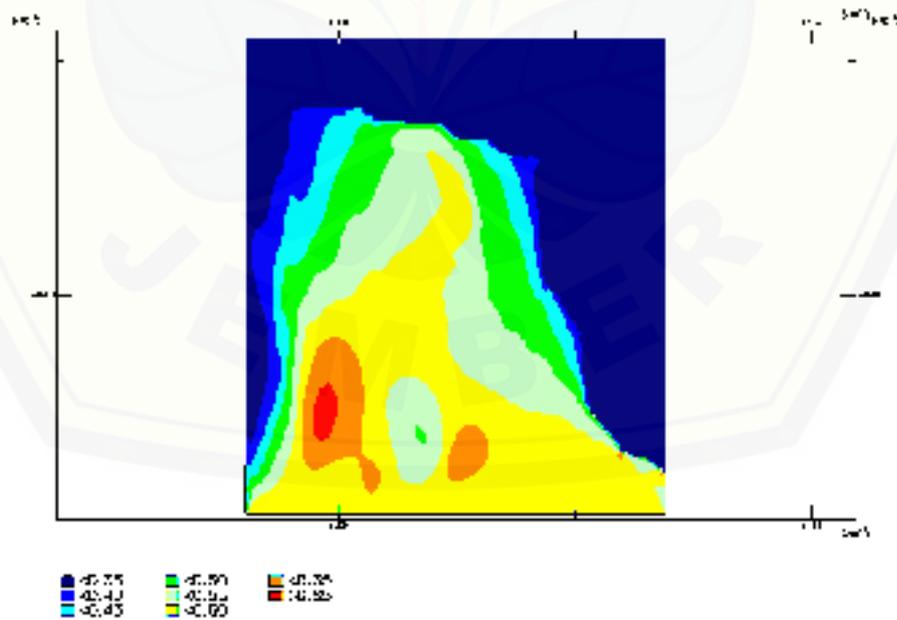
Gambar 4.25 Quickplot

Sedangkan GPP (*General Postprocessing Program*) lihat gambar 4.26 merupakan aplikasi yang dikembangkan oleh Deltares, yang dapat membaca sebagian besar file hasil yang dihasilkan oleh Delft3D modul dan menangani berbagai jenis lainnya.

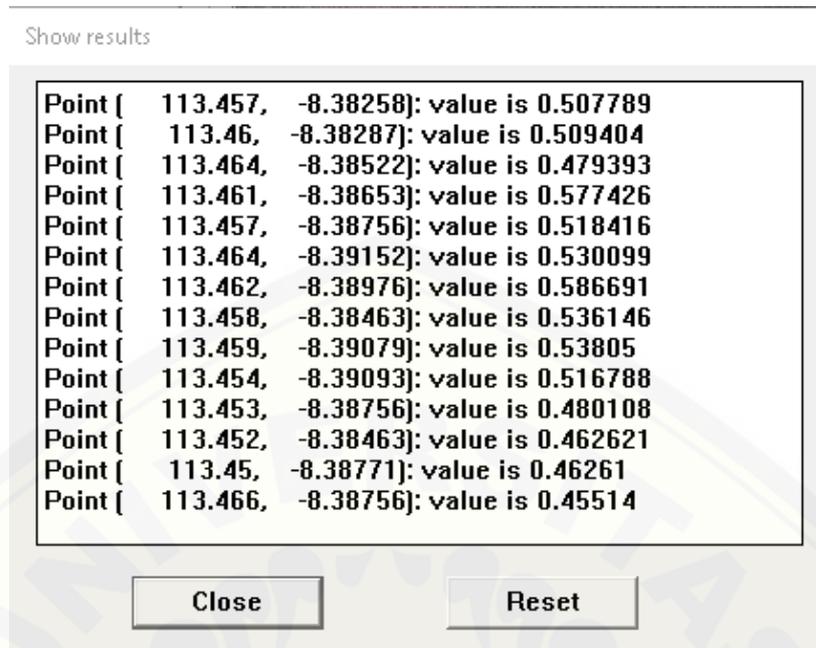


Gambar 4.26 GPP (*General Postprocessing Program*)

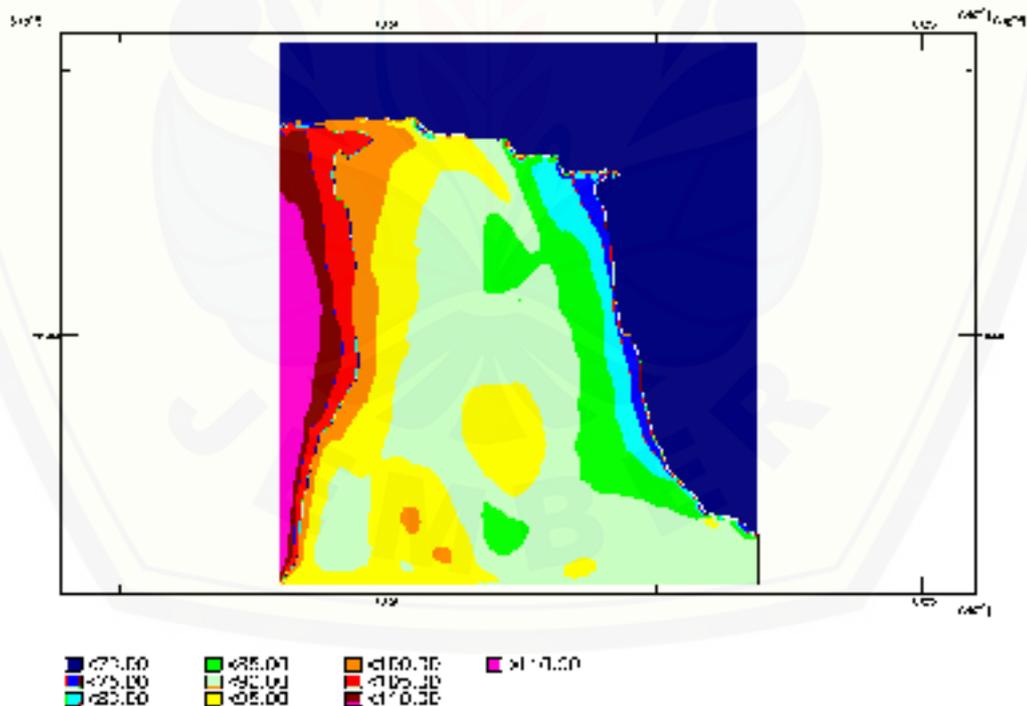
Berikut merupakan hasil simulasi yang berhasil dijalankan menggunakan GPP



Gambar 4.27 Tinggi gelombang signifikan pada kondisi normal



Gambar 4.28 Keterangan ketinggian gelombang signifikan pada kondisi normal



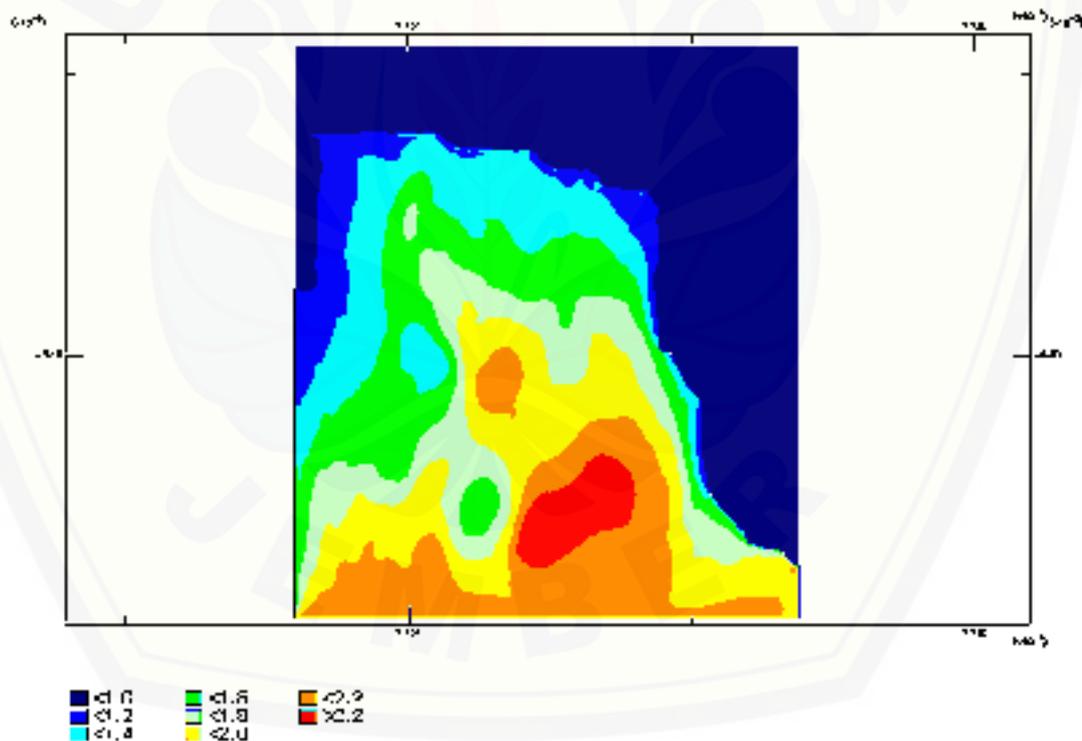
Gambar 4.29 Arah gelombang

Output yang didapatkan dari simulasi Delft3D di atas adalah tinggi gelombang signifikan yang dapat dilihat pada seluruh wilayah domain simulasi.

Sehingga tingkat akurasi jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan perhitungan gelombang signifikan menggunakan hitungan biasa.

Simulasi yang dijalankan adalah simulasi gelombang oleh angin yang menyebabkan gelombang tinggi yang diakibatkan oleh gaya angin. Besarnya gelombang dipengaruhi oleh kecepatan angin pada area simulasi, letak pantai Puger yang berlokasi pada pesisir selatan pulau Jawa mempunyai dampak yang signifikan terhadap kecepatan angin.

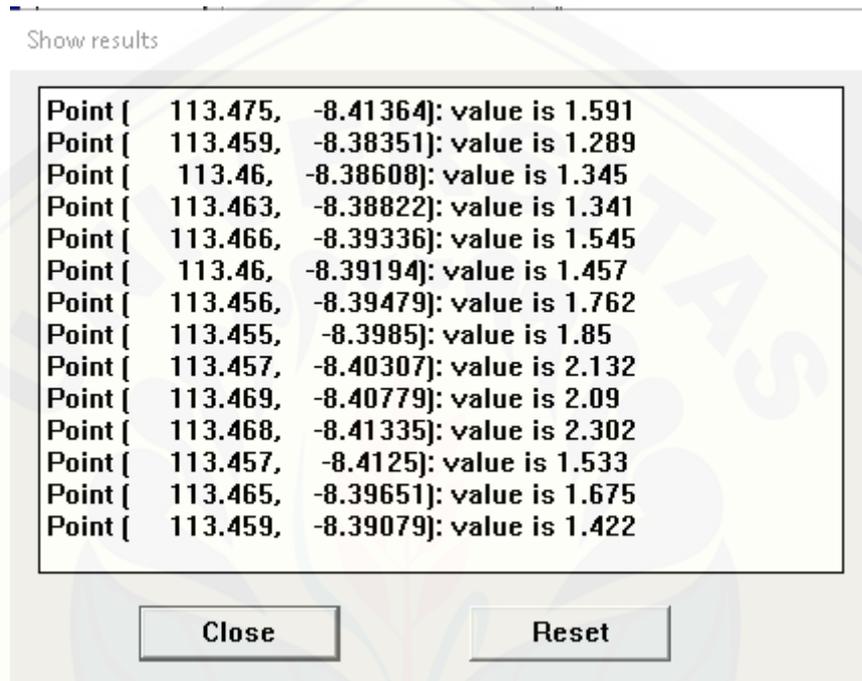
Hasil simulasi ini berfokus pada peristiwa gelombang tinggi yang terjadi di pantai puger pada periode tahun 2016-2019 tepatnya pada tanggal 28-29 Juli 2018 yang mengakibatkan beberapa kecelakaan kapal yang berada di pantai Puger.



Gambar 4.30 Tinggi gelombang signifikan pada 28 Juli 2018 (pukul 13.30)

Secara visual dapat dilihat warna pada legenda memiliki nilai yang berbeda. Semakin gelap warna pada area maka memiliki nilai yang besar.

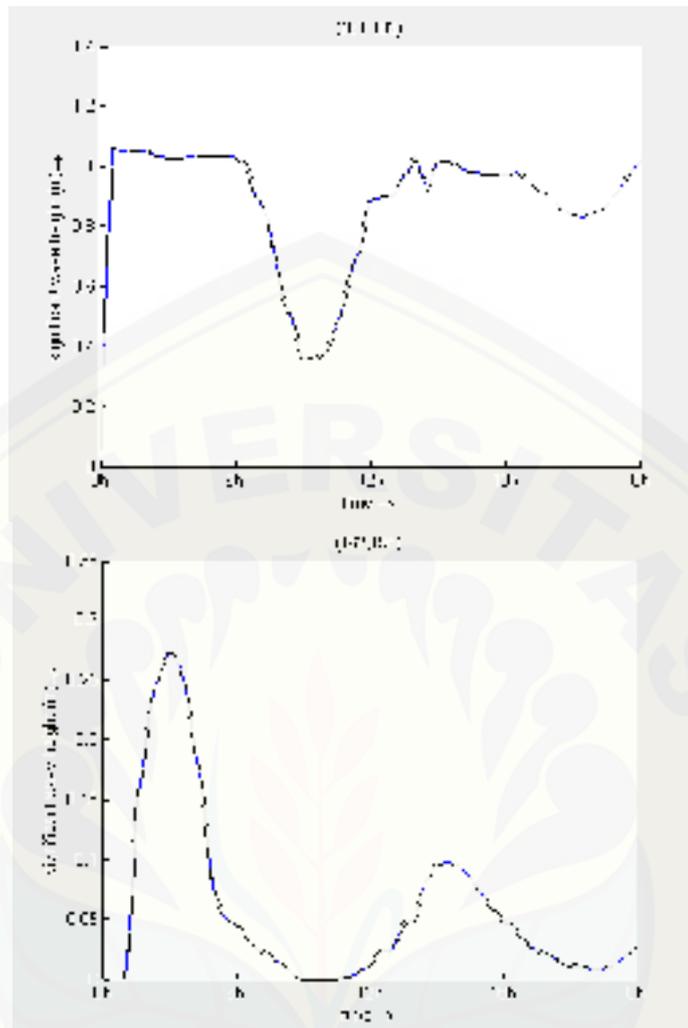
Dari gambar diatas, menunjukan tinggi gelombang signifikan pada saat terjadi gelombang tinggi di Pantai Puger. Dibawah merupakan titik – titik di Pantai Puger dimana gelombang tinggi terjadi. *Point* menunjukan koordinat dari titik titik terjadinya gelombang signifikan pada area simulasi sedangkan *value* menunjukan nilai gelombang signifikan hasil dari simulasi model.



Point	X	Y	Value
Point {	113.475,	-8.41364)	value is 1.591
Point {	113.459,	-8.38351)	value is 1.289
Point {	113.46,	-8.38608)	value is 1.345
Point {	113.463,	-8.38822)	value is 1.341
Point {	113.466,	-8.39336)	value is 1.545
Point {	113.46,	-8.39194)	value is 1.457
Point {	113.456,	-8.39479)	value is 1.762
Point {	113.455,	-8.3985)	value is 1.85
Point {	113.457,	-8.40307)	value is 2.132
Point {	113.469,	-8.40779)	value is 2.09
Point {	113.468,	-8.41335)	value is 2.302
Point {	113.457,	-8.4125)	value is 1.533
Point {	113.465,	-8.39651)	value is 1.675
Point {	113.459,	-8.39079)	value is 1.422

Gambar 4.31 Titik gelombang tinggi di Pantai Puger

Hasil observasi didapat diagram hubungan gelombang signifikan terhadap waktu pada 4 titik observasi yang sudah ditentukan sebagai berikut (lihat gambar 4.33) dari keempat titik observasi dua diantara titik observasi memiliki nilai gelombang signifikan yang sama yaitu 0 dan menandakan bahwa tidak adanya kenaikan maupun penurunan gelombang signifikan pada kedua titik observasi tersebut.



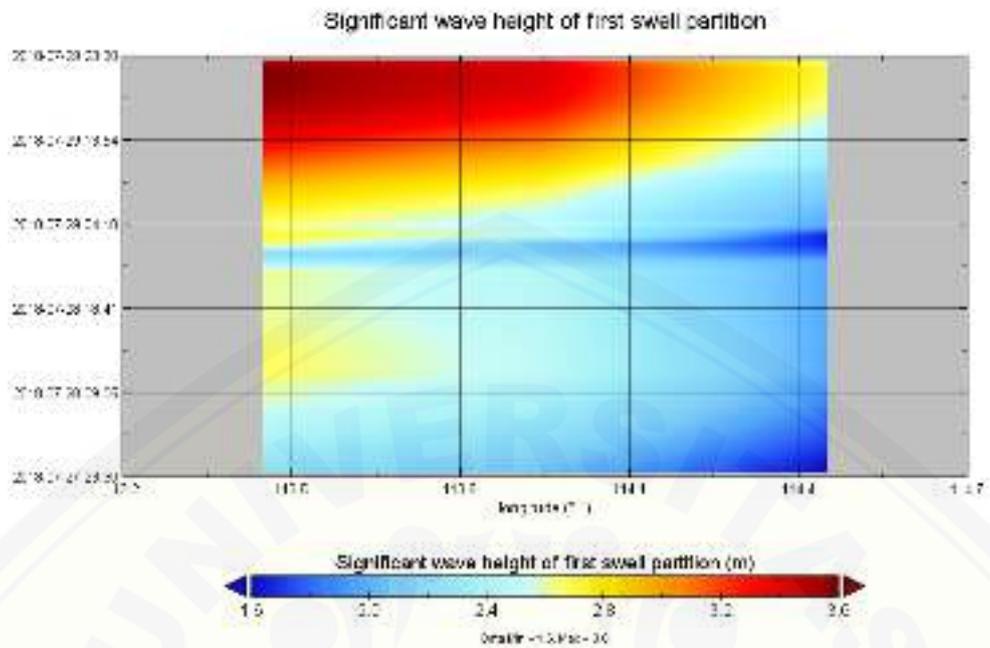
Gambar 4.32 Diagram hubungan waktu terhadap gelombang signifikan

Dari gambar diatas dapat dilihat digram hubungan waktu terhadap gelombang signifikan di pantai Puger teparnya pada titik observasi (161,183) yang terletak pada kordinat latitude -8.3870106, longitude 113.47183 dan (162,195) yang terletak pada kordinat latitude -8.3846016, longitude 113.47202 lihat gambar 4.32 pada titik observasi (161,183) dapat dilihat kenaikan tinggi gelombang signifikan 1 m dan bergerak secara konstan dan mengalami penurunan sebesar 0,6 m dalam selang waktu 6 jam simulasi dan kembali naik ke 1 m pada selang waktu 12 jam smulasi. Sedangkan untuk titik observasi (162,195) mengalami kenaikan gelombang signifikan sebesar 0,25 m pada 3 jam pertama simulasi dan turun sampai pada titik 0,05 m pada rentang waktu 6 jam simulasi.



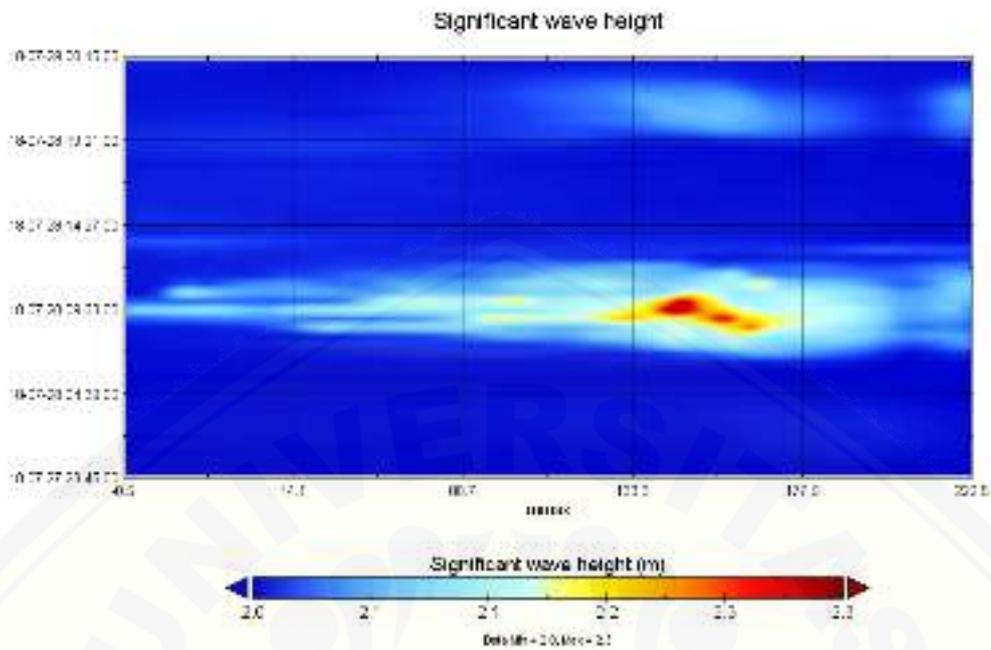
Gambar 4.33 Observation point

Berikut merupakan perbandingan gelombang hasil simulasi menggunakan Delft3D (lihat gambar 4.35) dan data gelombang yang telah tercatat di CDS Copernicus ERA5/Interim (lihat gambar 4.34). Hasil perbandingan data antara Delft3D dan CDS Copernicus diolah menggunakan software *panoply*, Panoply adalah aplikasi berbasis java yang bisa dipakai untuk mengelola barisan grid-grid (*geo-gridded array*) dari file netCDF (.nc), HDF, dan GRIB. Software *Panoply* dikembangkan oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) Goddard Institute for Space Studies (GISS) yang berlokasi di Morningside Heights, Columbia University, New York City.



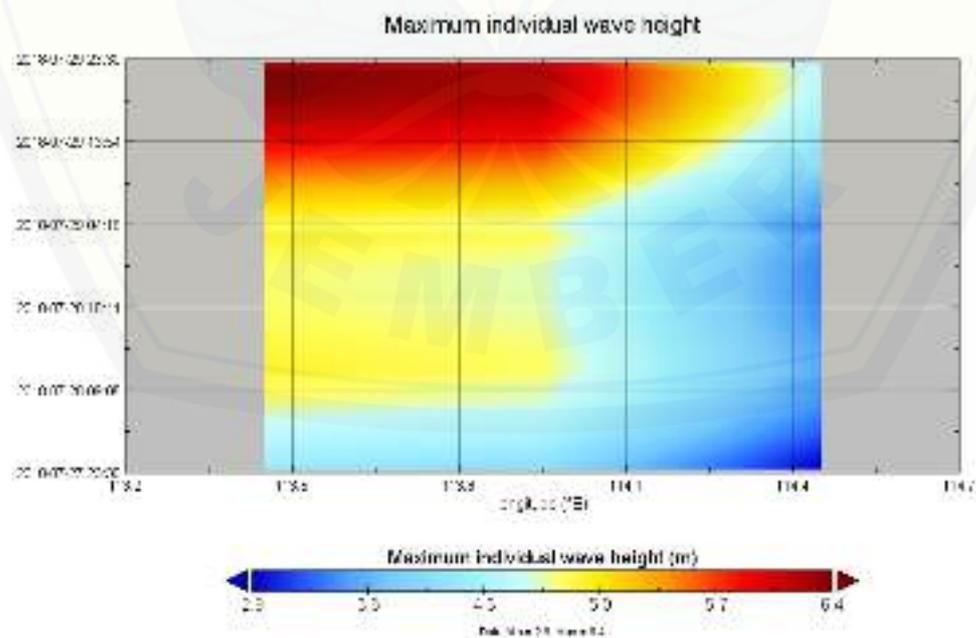
Gambar 4.34 Gelombang signifikan dari data CDS Copernicus

Dari gambar diatas dapat dilihat tinggi gelombang signifikan di Pantai Puger dengan sebesar 1,6 m semenjak tanggal 27 Juli 2018 dan sedikit meningkat sebesar 2,6 m pada tanggal 29 Juli 2018 dengan tinggi maksimal gelombang signifikan sebesar 3,6 m. Sedangkan dari hasil simulasi didapatkan tinggi gelombang signifikan sebesar 2,0 m pada tanggal 27 Juli 2018 dan sedikit meningkat menjadi 2,1 m pada tanggal 28 Juli 2018 dengan tinggi gelombang signifikan tersesar 2,3 m.



Gambar 4.35 Gelombang signifikan dari simulasi

Data tinggi gelombang maksimum dari pantai Puger memiliki tinggi gelombang individu sebesar 2,9 m pada tanggal 27 Juli 2018 dan terus naik hingga 6,4 pada tanggal 29 Juli 2018 (lihat gambar 4.35)



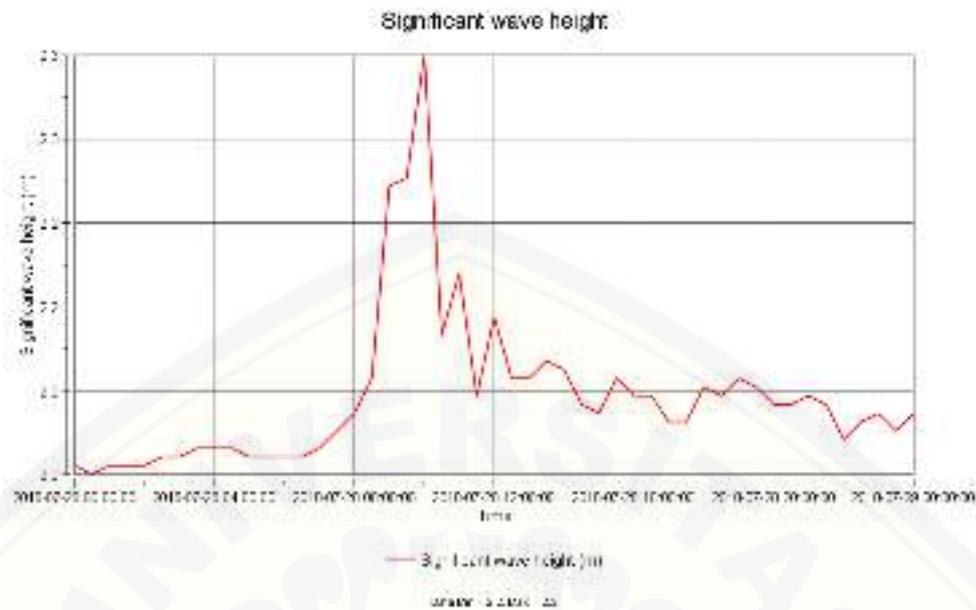
Gambar 4.36 Tinggi gelombang maksimum individu

Dari hasil simulasi menunjukkan di Pantai Puger memiliki kenaikan gelombang signifikan yang tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan gelombang yang dibangkitkan dari arah selatan laut. Pada saat simulai gelombang yang datang dari arah selatan menghasilkan tinggi gelombang signifikan yang cukup tinggi Hal ini dikarenakan oleh banyak faktor meliputi intensitas angin yang tinggi, pasang surut dan bathimetri yang mempengaruhi kondisi perairan di pantai Puger Jember.



Gambar 4.37 Grafik hubungan tinggi gelombang signifikan dengan waktu kejadian data CDS Copernicus

Gambar diatas merupakan grafik hubungan tinggi gelombang signifikan dengan waktu kejadian menggunakan data CDS Copernicus (gambar 4.37), dan grafik hubungan tinggi gelombang signifikan dengan waktu kejadian menggunakan data simulasi pada delft3d (gambar 4.38) dengan sumbu arah x menunjukkan waktu kejadian dan sumbu arah y menunjukkan tinggi gelombang signifikan.



Gambar 4.37 Grafik hubungan tinggi gelombang signifikan dengan waktu kejadian data Simulasi

Terlihat perbedaan dari kedua grafik tersebut untuk tinggi gelombang signifikan pada data CDS Copernicus memiliki kenaikan terus sampai 3,6 m pada tanggal 29 Juli 2018 sedangkan pada simulasi justru mengalami penurunan sehingga berada pada nilai 2,2 pada tanggal 29 Juli namun pada tanggal 28 Juli 2018 ketinggian gelombang signifikan antara data CDS Copernicus dan simulasi memiliki nilai yang sama yakni 2,3 m. Untuk hasil dari simulasi sendiri dipengaruhi oleh data angin sehingga hasil simulasi tidak begitu detail seperti hasil pengamatan di lapangan misalnya untuk input data angin yang digunakan pada simulasi menggunakan data angin *uniform*, data angin *uniform* merupakan input data angin dimana arah angin dan kecepatannya seragam untuk seluruh domain simulasi, sehingga didapatkan kondisi gelombang konstan sepanjang sisi (atau segmen).

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan simulasi yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi, didapat gelombang signifikan dengan tinggi 2,0 m pada tanggal 27 Juli 2018 dan terus meningkat hingga mencapai tinggi gelombang signifikan sebesar 2,3 m pada 29 Juli 2018.
2. Dari titik observasi model didapat tinggi gelombang signifikan sebesar 1 m dan bergerak secara konstan dan mengalami penurunan sebesar 0,6 m dalam selang waktu 6 jam simulasi dan kembali naik ke 1 m pada selang waktu 12 jam simulasi.

#### 5.2 Saran

1. Pada penelitian ini digunakan grid dengan ukuran 20x20 m, pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan grid dengan ukuran 10x10 m sehingga didapat hasil yang lebih rinci mengenai area yang disimulasikan.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan, untuk input data yang digunakan pada pembangkitan gelombang menggunakan data angin dengan tipe *space varying wind and preassure* sehingga dapat dilihat arah angin yang bervariasi pada area simulasi tidak hanya satu arah atau *uniform*.

**Daftar Pustaka**

- Azis M. F. 2006. Gerak Air Dilaut. *Oseana*. 4: 9-21
- Danial, M. 2008. Rekayasa Pantai Edisi Ke-1. Penerbit Alfabeta. Bandung, 320 hlm
- Dauhan, S. K., Tawas, H., Tangkudung, H., & Mamoto, J. D. (2013). Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Atepu Oki . *Jurnal Sipil Statik*. 1, 784-796.
- Ekman, V. W. 1905. On the influence of the Earth's rotation on ocean currents. *Arch. Math. Astron. Phys.*, 2, 1-52.
- Gross, M. G. 1990. *Oceanography*, Sixth Edition. New Jersey. Prentice-Hall.Inc.
- Hidayat J. J, Yusuf M, Indrayanti E. 2013. Dinamika Penjalaran Gelombang Menggunakan Model CMS-Wave Di Pulau Parang Kepulauan Karimunjawa. *Jurnal Oseanografi*. 2(3): 255-264
- Nadia P, Ali M, Besperi. 2013. Pengaruh Angin Terhadap Tinggi Gelombang Pada Struktur Bangunan Breakwater Di Tapak Paderi Kota Bengkulu. *Jurnal Inersia*. 5(1): 41-57
- Pratama D. T. B. 2017. Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Menanggulangi Masalah Erosi di Pantai Lontar, Kota Tangerang. *Skripsi*. Surabaya: Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Pratikno W. A, Armoro DH, dan Suntoyo. 1997. Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut. Yogyakarta: BPFE.
- Pusttekom. 2005. Gerakan Air Laut Dan Kualitas Air Laut.
- Ramdani D. M, Ismunarti D H, Widada S. 2014. Analisis Refraksi Gelombang Laut Berdasarkan Model *CMS-Wave* Di Pantai Keling Kabupaten Jepara. *Jurnal Oseanografi*. 3(3): 392 - 400.

Triatmodjo, B. 1999. Perencanaan Bangunan Pantai. Yogyakarta: Beta offset.

Triatmodjo, B. 1999. Perencanaan Pelabuhan. Yogyakarta: Beta offset.

Wakkary A. C, Jasin M I, Dundu A K T. 2017. Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Desa Kalinaung Kab. Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*. 5(3): 167-174.

Yuwono, Nur & Kodoatie, R.J. 2004. Pengembangan Reklamasi Pantai dan Perencanaan bangunan Pengamannya (Pedoman). Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta. 473 hal

