



**TESIS MO18-5401**

**PEMODELAN MORFOLOGI PANTAI DENGAN DELFT3D  
AKIBAT PERENCANAAN JETTY DI MUARA REJOSO**

**ANNISAK LAILA RAKHMAWATI**

**NRP. 4311750012001**

**Dosen Pembimbing :**

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

**Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.**

**Departemen Teknik Kelautan**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2019**

# LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
**Magister Teknik (MT)**  
di  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
Oleh:

**ANNISAK LAILA RAKHMAWATI**

**NRP: 04311750012001**

Tanggal Ujian: Desember 2019

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:  
**Pembimbing:**

1. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP: 19710723 199512 1001



2. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.  
NIP: 19601214 198903 1 001

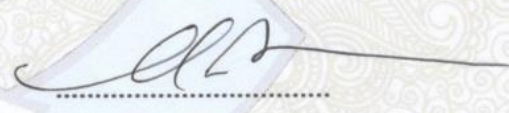


**Penguji:**

1. R. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP: 19680810 199512 1 001



2. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.  
NIP: 19770225 200212 1 002



3. Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc, Ph.D  
NIP: 19610805 198910 1 001



Kepala Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
  
DERAJAT Pratikno, S.T., M.T., Ph.D  
NIP: 197304152000031001

# PEMODELAN MORFOLOGI PANTAI DENGAN DELFT3D AKIBAT PERENCANAAN JETTY DI MUARA REJOSO

Nama mahasiswa : Annisak Laila Rakhmawati  
NRP : 04311750012001  
Pembimbing : Suntoyo, S.T.,M.Eng.,Ph.D.

## ABSTRAK

Sungai Rejoso terletak di Kecamatan Rejoso, Kabupaten Pasuruan dan mempunyai daerah aliran sungai seluas 361,2 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai 23,23 km. Muaranya memiliki ujung yang terpecah menjadi 2 bagian. Kondisi muara menghadap Selat Madura dengan lebar muara sekitar 50 m serta terdapat banyak tambak di sekitarnya. Daerah tersebut pada musim hujan sering terjadi luapan air yang cukup tinggi akibat terhambatnya aliran air sungai menuju ke laut. Hal ini disebabkan oleh angkutan sedimen yang menyusur pantai mengendap tepat di bagian muara sungai. Dinas PU SDA Provinsi Jawa Timur berencana untuk membangun konstruksi jetty di Muara Rejoso, namun akibat pembangunan ini berpotensi mengakibatkan perubahan morfologi sekitar muara. Penelitian ini bertujuan untuk melihat dampak pembangunan konstruksi *jetty* terhadap perubahan morfologi pantai di Rejoso yang dipengaruhi oleh aktifitas gelombang dan arus dengan melakukan pemodelan numerik dengan software Delft3D.

Dari hasil simulasi, hal-hal yang dapat disimpulkan bahwa dengan adanya jetty mampu menurunkan besarnya arus di muara sebesar 94,05% dari total keseluruhan hasil analisis di titik monitoring A dengan besarnya reduksi arus akibat adanya jetty adalah sebesar 0,299 m/detik. Sementara di titik B adalah 86,91% dengan besarnya reduksi arus sebesar 0,169 m/detik. Untuk di titik monitoring C mampu mengurangi besarnya arus sebesar 91,67% kejadian dengan besarnya reduksi arus adalah sebesar 0,033 m/detik. Selain itu, pada ketiga titik monitoring terjadi penurunan besarnya sedimentasi setelah dibangun jetty di Muara Rejoso. Penurunan sedimentasi terbesar terjadi pada titik monitoring A, yaitu di sebelah timur muara sebesar 91,37% dari total data simulasi.

Pada kondisi tanpa jetty, bentuk pantai dan elevasinya mengikuti bentuk garis pantai awal, sementara pada kondisi setelah dibangun jetty selama satu tahun terjadi sedimentasi sepanjang 120 meter hingga ujung jetty, sehingga elevasi *bed level* di bagian barat jetty menjadi semakin tinggi dan memerlukan waktu simulasi lebih dari satu tahun untuk mengubah bentuk morfologi pantai di Rejoso yang dapat dipantau langsung dari daratan.

Kata kunci : jetty, morfologi, pantai

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



# **COASTAL MORPHOLOGY MODELING WITH DELFT3D AS JETTY EFFECT IN REJOSO ESTUARY**

By : Annisak Laila Rakhmawati  
Student Identity Number : 04311750012001  
Supervisor : Suntoyo, S.T.,M.Eng.,Ph.D.

## **ABSTRACT**

Rejoso River is located in Rejoso District, Pasuruan Regency. It has a watershed area of 361.2 km<sup>2</sup> with a river length of 23.23 km. This estuary divided into 2 parts, faces the Madura Strait with width of about 50 m and there are many ponds. Flooding occurred in this area during the rainy season due to obstruction of river water flow into the sea. This is caused by sediment transportation along the coast settling right in the river mouth. East Java Provincial Water Resources Agency plans to build a jetty in Rejoso Estuary, but due to this development has the potential to cause morphological changes around the estuary. This study aims to look at the impact of jetty construction on changes in coastal morphology in Rejoso that is affected by wave and current activity by performing numerical modeling with Delft3D software.

From the simulation results, concluded that with the jetty can reduce the amount of current in the estuary by 94.05% of the total analysis results at monitoring point A with the amount of current reduction due to the jetty is 0.299 m / sec. While at point B is 86.91% with the amount of current reduction of 0.169 m / sec. At the monitoring point C is able to reduce the amount of current by 91.67% of events with the amount of current reduction is 0.033 m / sec. In addition, at the three monitoring points there was a decrease in the amount of sedimentation after the jetty was built in Rejoso Estuary. The biggest decrease in sedimentation occurred at monitoring point A, which is to the east of the estuary by 91.37% of the total simulation data.

In conditions without a jetty, the shape of the beach and its elevation follow the shape of the initial shoreline, while in conditions after a jetty is built for one year there is sedimentation along 120 meters to the end of the jetty, so that the elevation of the bed level in the western part of the jetty becomes higher and requires more simulation time than one year to change the shape of the coastal morphology in Rejoso that can be monitored directly from the mainland.

Keywords: coastal, jetty, morphology

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**Pemodelan Morfologi Pantai dengan DELFT3D Akibat Perencanaan Jetty di Muara Rejoso**”. Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Magister Teknik Kelautan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam persiapan hingga penyelesaian penulisan ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada yang terhormat:

1. Bapak Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, serta motivasi selama penulisan tesis ini.
2. Bapak R. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D., Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc, Ph.D, dan Bapak Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.. sebagai penguji dalam sidang tesis dan memberikan kritik dan saran yang melengkapi tesis ini.
3. Suami tercinta dan Yayah-nya anak-anak : Fauzy Nasruddin, yang telah memberikan cinta dan kasih sayang tanpa syarat, motivasi, doa, pengertian dan dukungan lahir batin.
4. Anak-anak saya, Ashraf Pramudya dan Abimanyu Al-Azhim yang selalu memberi semangat dan dukungan untuk Mamah.
5. Seluruh keluarga besar saya, kedua orang tua, serta keluarga suami saya.
6. Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur, seluruh atasan dan rekan kerja yang telah mengizinkan saya membagi waktu dan pikiran saya untuk ijin belajar di ITS, terutama untuk Mantan Kepala Bidang Sungai, Waduk dan Pantai Bp. Setyo Budi Utomo atas inspirasi dan motivasinya hingga saya dapat bersekolah lagi pada situasi sulit dalam kehidupan pribadi saya.

7. Dosen-dosen Pascasarjana Teknik Kelautan atas motivasi, doa, cerita pengalaman-pengalaman dalam menempuh pendidikan, serta tentunya ilmu yang sangat bermanfaat.
8. Teman-teman Pascasarjana Teknik Kelautan 2018 dan teman-teman anggota Laboratorium Pascasarjana Teknik kelautan atas semangat, motivasi, dan doanya.
9. Berbagai pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian dan penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam tesis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun akan sangat diharapkan untuk perbaikan selanjutnya. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pihak perusahaan, pemerintah, *stakeholder*, dan masyarakat luas serta menambah wawasan bagi pembaca pada umumnya, dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 22 Desember 2019

Annisak Laila R



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Hidrodinamika Pantai .....	8
2.1.1 Angin .....	8
2.1.2 Gelombang .....	10
2.1.3 Gelombang Pecah.....	12
2.1.4 Pasang Surut.....	14
2.1.5 Arus .....	17
2.2 Angkutan Sedimen Pantai.....	18
2.3 Tinjauan Teknis Perlindungan Pantai .....	20
2.4 Bangunan Jetty.....	21
2.5 Morfologi Pantai .....	24
2.6 Muara Sungai .....	26
2.7 Penggunaan Delft3D pada Simulasi .....	28
2.7.1 Delft 3D-FLOW .....	29
2.7.2 Delft 3D-WAVE .....	30

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>31</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	31
3.1.1. Umum .....	31
3.1.2. Hidrologi.....	32
3.1.3. Kondisi Tanah dan Pemanfaatan .....	33
3.1.4. Sungai Rejoso .....	35
3.2 Data .....	36
3.2.1. Persiapan Data .....	36
3.2.2. Analisis Data .....	36
3.3 Simulasi Pasang Surut dengan Delft3D-FLOW.....	38
3.3.1. Digitasi <i>Land Boundary</i> .....	38
3.3.2. Pembuatan Grid .....	38
3.3.3. Pemasukan data kedalaman .....	38
3.3.4. <i>Description</i> .....	39
3.3.5. <i>Domain</i> .....	39
3.3.6. <i>Time Frame</i> .....	39
3.3.7. <i>Processes</i> .....	40
3.3.8. <i>Boundaries</i> .....	40
3.3.9. <i>Physical parameters</i> .....	40
3.3.10. <i>Monitoring</i> .....	40
3.3.11. <i>Output</i> .....	41
3.4 Simulasi gelombang dengan <i>Master definition wave (Mdw-file)</i> ...	41
3.4.1. <i>Hydrodynamics</i> .....	41
3.4.2. <i>Grid</i> .....	41
3.4.3. <i>Time frame</i> .....	41
3.4.4. <i>Boundaries</i> .....	42
3.4.5. <i>Physical parameters</i> .....	42
3.4.6. <i>Output parameter</i> .....	42
3.5 Perubahan Morfologi Pantai.....	42
3.6 Skenario Simulasi .....	43

3.7	Diagram Alir Penelitian .....	43
3.7.1.	Persiapan Data .....	43
3.7.2.	Langkah-langkah Simulasi.....	44
3.7.3.	Validasi dengan Data Lapangan .....	44
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>45</b>
4.1	Validasi Data .....	45
4.1.1.	Validasi Model Pasang Surut .....	46
4.1.2.	Validasi Model Arus .....	48
4.2	Hidrodinamika .....	48
4.2.1.	Analisis Data Angin dan Gelombang.....	48
4.2.2.	Analisis Data Pasang Surut .....	57
4.2.3.	Analisis Data Arus .....	59
4.2.4.	Analisis Bathimetri .....	60
4.3	Persiapan Running Delft3D .....	61
4.3.1.	Generate Data Meteorologi untuk Delft3D.....	61
4.3.2.	Data Kedalaman Laut.....	68
4.3.3.	Garis Pantai ( <i>Land Boundary</i> ) .....	70
4.3.4.	<i>Samples</i> dan <i>Depth</i> .....	70
4.3.5.	Pembuatan Meshing .....	74
4.3.6.	Input Flow .....	74
4.3.7.	Wave Input .....	87
4.4	Hasil Simulasi .....	91
4.4.1.	Hasil Simulasi Arus .....	92
4.4.2.	Pola Arus.....	94
4.4.3.	Perubahan Transpor Sedimen .....	100
4.4.4.	Perubahan Morfologi Pantai .....	103
4.4.5.	Hubungan Arah Arus dan Sedimen Hasil Pemodelan .....	107
4.4.6.	Perbandingan Level Muka Air Pasut di Lokasi Monitoring .....	111
4.5	Normalisasi Hilir Sungai dan Muara Rejoso .....	113
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>115</b>
5.1	Kesimpulan .....	115
5.2	Saran .....	116

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**  
**BIODATA PENULIS**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat.....	9
Gambar 2.2. Grafik penentuan tinggi gelombang pecah.....	14
Gambar 2.3 Jenis – jenis <i>Jetty</i> .....	23
Gambar 2.4. Pengaruh jetty terhadap pantai sekitarnya.....	23
Gambar 2.5. Penampang Pantai .....	25
Gambar 2.6. Muara Didominasi Aliran Sungai .....	26
Gambar 2.7. Muara Didominasi Gelombang Laut.....	27
Gambar 2.8. Diagram Sistem pada Delft3D .....	28
Gambar 2.9 Grid pada Delft3D .....	29
Gambar 3.1. Profil topografi DAS Rejoso .....	32
Gambar 3.2. Batas Administrasi Kecamatan di DAS Rejoso .....	34
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian .....	43
Gambar 4.1 Pasang Surut Hasil Simulasi .....	45
Gambar 4.2 Perbandingan Pasang Surut Hasil Simulasi dan Pengukuran....	46
Gambar 4.3 Arus Hasil Simulasi Delft3D selama 15 hari .....	47
Gambar 4.4 Verifikasi Data Arus 22 Mei 2018 .....	47
Gambar 4.5. Grafik Distribusi Angin Hasil Plotting pada <i>Software</i> WRPlot	50
Gambar 4.6. <i>Wind Rose</i> Angin Maksimum Hasil Plotting di WRPlot .....	50
Gambar 4.7. Grafik hubungan Tinggi dengan Periode Gelombang.....	53
Gambar 4.8 Wave Rose.....	53
Gambar 4.9. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah.....	56
Gambar 4.10. Peta Bathimetri Lokasi Studi.....	61
Gambar 4.11. Alur Persiapan Running Delft3D .....	61
<i>Gambar</i> 4.12. User Interface ECMWF .....	62
Gambar 4.13. Tampilan Pemilihan Data Meteorologi .....	63
Gambar 4.14. Download Data Meteorologi dalam Format NetCDF .....	63
Gambar 4.15. Pemilihan Area dan Grid.....	64
Gambar 4.16. User Interface Anaconda Prompt .....	64
Gambar 4.17. Membuka Data Meteorologi melalui Phyton .....	64

Gambar 4.18. Data Meteorologi dalam Script Phyton .....	65
Gambar 4.19. Editing Script Data Meteorologi.....	65
Gambar 4.20. User Interface ECMWF .....	66
Gambar 4.21. Data Output Hasil Generate.....	66
Gambar 4.22. File Meteo.amu Hasil Generate Data Meteorologi.....	67
Gambar 4.23. File Meteo.amp Hasil Generate Data Meteorologi.....	67
Gambar 4.24. File Meteo.amu Hasil Generate Data Meteorologi.....	68
Gambar 4.25. Generate Kontur pada Global Mapper.....	69
Gambar 4.26. Delta Sungai Rejoso yang Terbentuk dari Tanah Oloran .....	69
Gambar 4.27. Tampilan Land Boundary pada RGFGRID Delft 3D.....	70
Gambar 4.28. Format dalam Ms.excel setelah Dilakukan Delimited.....	71
Gambar 4.29. Tampilan Samples pada QUICKIN Delft 3D .....	72
Gambar 4.30 Menu software Delft3D .....	72
Gambar 4.31 Grid Hasil Pemodelan.....	73
Gambar 4.32 Pengecekan Orthogonality pada Grid.....	74
Gambar 4.33 Delft3D-FLOW Input .....	75
Gambar 4.34 Input Grid dalam Domain.....	76
Gambar 4.35 Input Bathimetri dalam Domain .....	76
Gambar 4.36 Input Lokasi Jetty dalam Dry Points .....	77
Gambar 4.37 Input Time Frame .....	77
Gambar 4.38 Input Proses yang Digunakan dalam Studi.....	78
Gambar 4.39 Proses Input <i>Initial Condition</i> .....	78
Gambar 4.40 Proses Input <i>Boundaries</i> .....	79
Gambar 4.41 Visualization Area Studi Muara Rejoso .....	79
Gambar 4.42 Proses Input <i>Astronomical Data</i> .....	80
Gambar 4.43 Proses Input <i>Tranport Condition</i> .....	81
Gambar 4.44 Proses Input <i>Physical Parameter</i> .....	82
Gambar 4.45 Proses Input <i>Morphological</i> pada <i>Physical Parameter</i> .....	82
Gambar 4.46 File *mor untuk <i>Morphological</i> .....	83
Gambar 4.47 Proses Input <i>Sediment</i> pada <i>Physical Parameter</i> .....	83
Gambar 4.48 File *sed untuk <i>Sediment</i> .....	84
Gambar 4.49 Proses Input <i>Wind</i> pada <i>Physical Parameter</i> .....	84

Gambar 4.50 Proses Input <i>Numerical Parameter</i> .....	85
Gambar 4.51 Proses Input <i>Observation</i> .....	85
Gambar 4.52 Proses Input <i>Additional Parameter</i> .....	86
Gambar 4.53 Proses Input Hasil Simulasi .....	86
Gambar 4.54 <i>Running Delft3D</i> .....	87
Gambar 4.55 <i>Wave Input User Interface</i> .....	88
Gambar 4.56 Input Kombinasi dengan Data Flow.....	88
Gambar 4.57 Input <i>Computational Grid</i> .....	89
Gambar 4.58 Input Bathimetri .....	89
Gambar 4.59 Parameter Numerik untuk Wave Input.....	90
Gambar 4.60 Parameter Output untuk Wave Input.....	90
Gambar 4.61. Gambar Hasil Simulasi Pasang Surut.....	91
Gambar 4.62. Gambar Hasil Simulasi Arus.....	91
Gambar 4.63. Gambar Hasil Simulasi Tekanan Udara .....	92
Gambar 4.64. Gambar Hasil Kecepatan Angin.....	92
Gambar 4.65 Hasil QUICKPLOT file TRIH .....	93
Gambar 4.66 Awal Simulasi Arus Skenario 1 Tanpa Jetty.....	94
Gambar 4.67 Awal Simulasi Arus Skenario 2 dengan Jetty .....	94
Gambar 4.68 Akhir Simulasi Arus Skenario 1 Tanpa Jetty .....	95
Gambar 4.69 Akhir Simulasi Arus Skenario 2 dengan Jetty .....	95
Gambar 4.70. Lokasi Monitoring.....	96
Gambar 4.71. Perbandingan Besarnya Arus di Titik Monitoring A .....	97
Gambar 4.72. Perbandingan Besarnya Arus di Titik Monitoring B .....	98
Gambar 4.72. Perbandingan Besarnya Arus di Titik Monitoring C .....	99
Gambar 4.74 Awal Simulasi Sedimen Skenario 1 Tanpa Jetty .....	100
Gambar 4.75 Awal Simulasi Sedimen Skenario 2 dengan Jetty .....	100
Gambar 4.76 Awal Simulasi Sedimen Skenario 2 dengan Jetty .....	101
Gambar 4.77 Akhir Simulasi Sedimen Skenario 2 dengan Jetty .....	101
Gambar 4.78. Perbandingan Besarnya Sedimentasi di Titik Monitoring A ..	102
Gambar 4.79. Perbandingan Besarnya Sedimentasi di Titik Monitoring B...	102
Gambar 4.80. Perbandingan Besarnya Sedimentasi di Titik Monitoring C...	103
Gambar 4.81 Awal Simulasi Morfologi Skenario 1 Tanpa Jetty.....	104

Gambar 4.82 Awal Simulasi Morfologi Skenario 2 dengan Jetty .....	104
Gambar 4.83 Akhir Simulasi Morfologi Skenario 1 Tanpa Jetty .....	105
Gambar 4.84 Akhir Simulasi Morfologi Skenario 2 dengan Jetty .....	105
Gambar 4.85 Arah Arus di Ujung Jetty .....	107
Gambar 4.86 Perbandingan Arah Arus dan Pola Transpor Sedimen .....	110
Gambar 4.87 Perbandingan Arah Arus dan Pola Transpor Sedimen .....	110
Gambar 4.88. Perbandingan Level Muka Air Pasut di Titik Monitoring A..	111
Gambar 4.89. Perbandingan Level Muka Air Pasut di Titik Monitoring B ..	111
Gambar 4.90. Perbandingan Level Muka Air Pasut di Titik Monitoring C ..	112



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beberapa Komponen Harmonik Pasang Surut.....	16
Tabel 2.2 Klasifikasi Ukuran Butir dan Sedimen .....	19
Tabel 3. 1 Penyinaran Matahari dan Kecepatan Angin Bulanan .....	32
Tabel 3. 2 Rata Rata Suhu dan Kelembaban Udara .....	33
Tabel 3. 3 Tekanan Udara dan Curah Hujan di Pasuruan .....	33
Tabel 3. 4 Karakteristik DAS Rejoso.....	35
Tabel 3.5. Lokasi Rawan Banjir di DAS Rejoso .....	36
Tabel 3.6. Sumber Data dan Penggunaannya pada Simulasi .....	37
Tabel 4.1 Verifikasi hasil model dengan lapangan .....	46
Tabel 4.2. Kejadian angin maksimum di BMKG Juanda .....	49
Tabel 4.3. Perhitungan Morfac.....	49
Tabel 4.4. Perhitungan Fetch .....	51
Tabel 4.5. Pembacaan nilai d/L dan n .....	54
Tabel 4.6 Perhitungan Koefisien Refraksi .....	55
Tabel 4.7. Perhitungan Koefisien Shoaling.....	56
Tabel 4.8. Perhitungan Gelombang Pecah .....	57
Tabel 4.9. Konstanta Pasang Surut Rejoso .....	57
Tabel 4.10. Perhitungan Data Pasut Hasil Pengukuran di Lapangan.....	58
Tabel 4.11. Rekapitulasi Perhitungan Komponen Pasut di Flow-Input.....	59
Tabel 4.12. Tabel Koordinat Pengukuran Arus .....	59
Tabel 4.13. Perhitungan Arus.....	60
Tabel 4.14. Prosentase Penurunan Arus di Titik Monitoring A akibat Jetty	97
Tabel 4.15. Prosentase Penurunan Arus di Titik Monitoring B akibat Jetty	98
Tabel 4.16. Prosentase Penurunan Arus di Titik Monitoring C akibat Jetty	99
Tabel 4.17. Prosentase Penurunan Sedimentasi di Titik Monitoring.....	103
Tabel 4.18. Hubungan Arah Arus dan Sedimen pada Skenario 1.....	108
Tabel 4.19. Hubungan Arah Arus dan Sedimen pada Skenario 2.....	109
Tabel 4.20. Rekapitulasi Perubahan Muka Air akibat Jetty.....	113
Tabel 4.21. Kenaikan Elevasi Muka Air Sungai Akibat Dibangunnya Jetty.	113

Tabel 4.22. Rencana Normalisasi Hilir Sungai Rejoso .....	114
---	-----

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan air surut terendah, sedangkan garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi terjadi (Triatmodjo, 1999 :1). Garis pantai merupakan pertemuan antara pantai (daratan) dan air (lautan). Suatu tinggi muka air tertentu dipilih untuk menjelaskan posisi garis pantai, yaitu garis air tinggi (*high water level*) sebagai garis pantai dan garis air rendah (*low water level*) sebagai acuan kedalaman. Garis pantai dikatakan maju apabila ada petunjuk adanya pengendapan dan atau pengangkatan daratan (*emerge*). Garis pantai dikatakan mundur apabila terjadi proses abrasi dan atau penenggelaman daratan (*submerge*). Morfologi pantai disebabkan oleh adanya penyesuaian bentuk profil pantai sebagai bentuk pertahanan alami dan tanggapan dinamis dari pantai untuk menghancurkan energi gelombang yang datang.

Lingkungan pantai merupakan wilayah yang selalu mengalami perubahan, karena menjadi tempat bertemunya dua faktor yang berasal dari daratan dan dari lautan, garis pertemuan antara daratan dan lautan inilah yang disebut dengan garis pantai. Perubahan lingkungan pantai diakibatkan oleh gerakan angin yang membangkitkan gelombang sehingga dapat menyebabkan terjadinya morfologi pantai. Morfologi pantai merupakan satu proses secara terus menerus melalui berbagai proses baik pengikisan (abrasi) maupun penambahan (akresi) pantai yang diakibatkan oleh pergerakan sedimen, *longshore current*, dan gelombang. Aktivitas seperti penebangan hutan mangrove, penambangan pasir, serta fenomena tingginya gelombang, dan pasang surut air laut menimbulkan dampak terjadinya abrasi atau erosi pantai.

Morfologi pantai terjadi pada skala detik sampai jutaan tahun. Morfologi pantai sangat bervariasi antara satu tempat dengan tempat lainnya dan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Garis pantai pada umumnya mengalami perubahan dari

waktu ke waktu sejalan dengan perubahan alam seperti adanya aktivitas dari gelombang, angin, pasang surut, arus dan sedimentasi. Morfologi pantai juga terjadi akibat gangguan ekosistem pantai seperti pembuatan tanggul dan kanal serta bangunan-bangunan yang ada di sekitar pantai.

Jawa Timur adalah salah satu propinsi yang memiliki beberapa kawasan pantai, baik di bagian utara maupun bagian selatan. Kawasan pantai ini kaya akan sumber daya alam yang bernilai ekonomis, juga dimanfaatkan untuk pelabuhan, pariwisata, dll. Tidak menutup kemungkinan pantai juga mengalami berbagai kerusakan yang diakibatkan faktor-faktor alam, maupun faktor dari pengguna kawasan pantai. Salah satu pantai yang ada di Jawa Timur adalah Muara Rejoso yang letaknya  $\pm$  5000 meter dari pusat kota Pasuruan dan memiliki muara sungai yang dikenal dengan nama sungai Rejoso. Muara sungai ini terletak di perbatasan desa Rejoso dan Lekok.

Sungai Rejoso atau yang biasa disebut Sungai Rejoso merupakan salah satu dari 4 sungai besar di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Sungai Rejoso memiliki fungsi sebagai sarana pengendalian banjir, sumber air untuk keperluan irigasi serta pengendalian drainase untuk daerah yang dialirinya. Berbagai fungsi tersebut terkait erat dengan kapasitas sungai terutama kapasitas alur yang tidak lepas dari berbagai macam permasalahan sungai, seperti kondisi aliran, morfologi serta sedimentasi.

Sungai Rejoso terletak di Kecamatan Rejoso, Kabupaten Pasuruan. Sungai Rejoso mempunyai daerah aliran sungai seluas 361,2 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai 23,23 km. Daerah hulu berupa perbukitan yang terletak di daerah Gunung Bromo, daerah tengah berupa perumahan dan daerah hilir berupa tambak. Muara Sungai Rejoso terletak di Selat Madura. Kondisi badan sungai Sungai Rejoso antara lain curam pada bagian hulu dengan elevasi berkisar antara 600-3000 m di atas permukaan laut dengan kemiringan lebih dari 25%, bagian tengah memiliki elevasi 10-600 m di atas permukaan laut dengan kemiringan 10-25% dan bagian hilir memiliki elevasi 0-10 m di atas permukaan laut dengan kemiringan 0-10%. Kemiringan yang kecil di bagian hilir sungai mengakibatkan peluang terjadinya banjir menjadi besar.

Muara Sungai Rejoso memiliki ujung yang terpecah menjadi 2 bagian. Bentuk muara yang berbelok ke barat menandakan adanya arah gelombang yang dominan dari sisi timur muara sungai. Kondisi muara berada menghadap atau tegak lurus Selat Madura dengan lebar muara sekitar 50 m serta terdapat banyak tambak di sekitar muara.

Daerah tersebut pada musim hujan sering terjadi luapan air yang cukup tinggi akibat terhambatnya aliran air sungai menuju ke laut. Hal ini disebabkan oleh angkutan sedimen yang menyusur pantai mengendap tepat di bagian muara sungai, sehingga air sungai meluap, mengancam sarana maupun prasarana yang ada di kawasan Pasuruan. Untuk mengatasi permasalahan sedimentasi di Muara Rejoso maka perlu direncanakan konstruksi pelindung muara. Konstruksi ini penting mengingat pemanfaatan muara sungai sebagai alur pelayaran nelayan. Diharapkan nantinya dengan adanya konstruksi pelindung muara sungai dapat memperlancar aktifitas nelayan sehingga meningkatkan taraf hidup nelayan setempat.

Dinas PU SDA Provinsi Jawa Timur berencana untuk membangun konstruksi jetty di bagian hilir Sungai Rejoso. Pembangunan konstruksi jetty ini dimaksudkan untuk menanggulangi sedimentasi muara dan memperlancar aliran dari hulu sungai, namun akibat pembangunan ini berpotensi mengakibatkan perubahan morfologi pada bagian hilir sungai sekitar muara. Hal ini diakibatkan oleh bertambah panjangnya alur sungai setelah dibangunnya jetty. Oleh karena itu pada tesis ini akan dibahas pengaruh pembangunan jetty tersebut terhadap morfologi pantai.

Berdasarkan permasalahan diatas, tujuan penulisan tesis adalah untuk melihat dampak pembangunan konstruksi *jetty* terhadap perubahan morfologi pantai di Rejoso yang dipengaruhi oleh aktifitas gelombang dan arus dengan melakukan pemodelan numerik. Parameter input yang digunakan antara lain adalah gelombang dan arus.

Simulasi numerik adalah pemodelan yang menggunakan rumus-rumus matematika yang diselesaikan dengan mentransformasikan fisik pantai ke dalam wilayah komputasi yang selanjutnya dipecahkan secara numerik melalui bantuan piranti lunak. Delft3D merupakan program simulasi atau pemodelan hidrodinamik

multi dimensi yang memiliki fungsi untuk menghitung gelombang, aliran sungai, sedimen, kualitas air, dan analisis ekologi pada daerah pantai.

Ruang lingkup studi ini adalah mensimulasikan pengaruh arus dan gelombang terhadap perubahan morfologi pantai akibat konstruksi jetty dengan menggunakan Delft3D-FLOW dan Delft3D-WAVE dengan menggunakan dua skenario, yaitu skenario 1 tanpa ada konstruksi jetty dan skenario 2 dibangun konstruksi jetty dalam kurun waktu tertentu. Dalam simulasi ini juga dibutuhkan Delft3D-RGFGRID dan Delft3D-QUICKIN yang berfungsi untuk membangun grid dan memasukkan data kedalaman. Dengan demikian dapat dianalisis perbedaan morfologi sebelum dan sesudah dibangunnya jetty di Muara Rejoso.

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimanakah pengaruh jetty terhadap pola dan besarnya arus di Muara Rejoso?
2. Bagaimanakah pengaruh jetty terhadap penurunan besarnya sedimentasi di Muara Rejoso?
3. Bagaimanakah pengaruh jetty terhadap level muka air di sekitar Muara Rejoso?
4. Adakah perubahan morfologi pantai di daerah muara Sungai Rejoso sebelum dan setelah dibangunnya konstruksi jetty?

### **1.3. Batasan Masalah**

Ruang lingkup permasalahan yang dibahas dalam tesis ini adalah:

1. Batas wilayah studi dalam penelitian ini adalah area di sebelah kanan dan kiri lokasi rencana jetty masing-masing sejauh 8 km untuk tinjauan meteorologi, dan dipersempit masing-masing 1 km ke kanan dan 2 km kiri untuk tinjauan pola arus dan morfologi pantai.
2. Kontruksi meliputi dimensi standar dan tidak meninjau stabilitas dari struktur
3. Pembahasan perubahan morfologi pantai hanya menggunakan software Delft3D dengan validasi menggunakan data arus dan pasut pada lokasi studi.
4. Tidak membahas perhitungan sedimentasi secara detail melainkan hanya pada peningkatan dan penurunan kejadian sedimentasi.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penulisan Tesis ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh jetty terhadap pola dan besarnya arus di Muara Rejoso;
2. Mengetahui pengaruh jetty terhadap penurunan besarnya sedimentasi di Muara Rejoso;
3. Mengetahui pengaruh jetty terhadap level muka air di sekitar Muara Rejoso;
4. Mengetahui adanya perubahan morfologi pantai di daerah muara Sungai Rejoso sebelum dan setelah dibangunnya konstruksi jetty.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

1. Memberikan pemahaman mengenai bangunan pantai khususnya bangunan jetty;
2. Mengetahui kondisi arus, pasang surut dan sedimentasi di muara sungai Rejoso;
3. Mengetahui pengaruh pembuatan bangunan pengaman pantai berupa jetty di kawasan muara sungai Rejoso;
4. Sebagai bahan referensi dalam mempelajari mengenai bangunan pengamanan pantai dan muara.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam tesis ini terdiri dari empat bab yang di jelaskan sebagai berikut :

##### **1. BAB 1**

###### **Pendahuluan**

Dalam bab ini akan membahas latar belakang permasalahan dalam penelitian yang harus di selesaikan, rumusan masalah yang harus dipecahkan, tujuan permasalahan sebagai jawaban dari rumusan masalah, manfaat penelitian yang merupakan manfaat yang diperoleh dari adanya penelitian, batasan masalah yang menjadi batasan dalam pembahasan tesis serta sistematika penulisan yang menunjukkan susunan penulisan laporan dalam tesis.

## 2. BAB 2

### Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Tinjauan pustaka dari bab dua membahas tentang perbandingan penelitian yang dilakukan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya sehingga penelitian sebelumnya dapat dijadikan sebagai acuan dalam penelitian yang dilakukan. Sedangkan dasar teori berisi materi yang menjadi bahasan dalam penelitian yang dilakukan.

## 3. BAB 3

### Metodologi Penelitian

Pembahasan yang dilakukan pada metodologi penelitian adalah berupa tahapan yang dilakukan peneliti dalam melakukan penelitian dimulai dari pengumpulan data, pengolahan data hingga penulisan laporan akhir.

## 4. BAB 4

### Hasil dan Pembahasan

Pengolahan data dan analisa hasil dari penelitian dilakukan dalam bab ini. Analisa hasil dilakukan setelah data diolah menggunakan software Delft3D.

## 5. BAB 5

### Kesimpulan dan Saran

Setelah menganalisa hasil yang didapat dalam penelitian langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah menarik kesimpulan dari pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian. Selain itu dalam bab ini akan membahas saran yang peneliti tulis untuk penelitian selanjutnya.



## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

Ada dua istilah tentang kepantaian dalam bahasa Indonesia yang sering rancu pemakaiannya, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi.

Daerah di sekitar pantai dibagi dalam beberapa bagian seperti berikut:

- a. *Backshore* merupakan bagian dari pantai yang tidak terendam air laut kecuali bila terjadi gelombang badai.
- b. *Foreshore* merupakan bagian pantai yang dibatasi oleh *beach face* atau mukapada saat surut terendah hingga *uprush* pada saat air pasang tinggi.
- c. *Inshore* merupakan daerah dimana terjadinya gelombang pecah, memanjang dari surut terendah sampai ke garis gelombang pecah.
- d. *offshore* yaitu bagian laut yang terjauh dari pantai (lepas pantai), yaitu daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut.
- e. *Breaker zone* (daerah gelombang pecah) adalah daerah dimana gelombang yang datang dari laut (lepas pantai) mencapai ketidakstabilan dan akhirnya pecah. Di pantai yang landai gelombang pecah bisa terjadi dua kali.
- f. *Swash zone* adalah daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.
- g. *Surf zone* adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah dan batas naik turunnya gelombang di pantai. Pantai yang landai mempunyai *surf zone* yang lebar.

- h. *Longshore bar* adalah tumpukan pasir yang paralel terhadap garis pantai. Tumpukan pasir tersebut dapat muncul pada saat air surut, pada saat lain dapat menjadi barisan tumpukan pasir yang sejajar pantai dengan kedalaman yang berbeda.

## **2.1. Hidrodinamika Pantai**

Hidrodinamika adalah ilmu tentang gerak fluida yang dipengaruhi gelombang, arus, dan pasang surut. Dalam hidrodinamika laut gaya gravitasi, gaya gesekan, dan gaya coriolis adalah gaya-gaya dengan pengaruh. Gaya gravitasi merupakan gaya yang dominan dalam hidrodinamika. Gaya berat dari air laut yang merupakan akibat dari adanya gravitasi yang menghasilkan tekanan hidrostatik.

Perubahan gravitasi yang diakibatkan oleh gerakan matahari dan bulan relatif terhadap bumi, menyebabkan terjadinya pasang surut, arus dan pencampuran. Gravitasi juga menyebabkan terjadinya *buoyancy*, yaitu gaya naik atau gaya turun pada paket-paket air yang memiliki densitas lebih besar atau lebih kecil dari pada air di sekitarnya pada level yang sama. Gaya gesekan adalah gaya yang bekerja pada dua buah permukaan yang saling bersentuhan dan terjadi gerak relatif antara keduanya. Permukaan di sini dapat berupa paket air atau udara. Tekanan angin adalah gesekan yang disebabkan oleh bertiupnya angin di atas permukaan laut. Tiupan angin mentransfer momentum horizontal ke laut sehingga menghasilkan arus laut. Jika angin bertiup pada gelombang laut, maka akan terjadi gelombang laut yang lebih besar.

### **2.1.1. Angin**

Angin yang berhembus di atas permukaan air laut akan memindahkan energinya ke air (Arnott 2010). Kecepatan angin menimbulkan tegangan pada permukaan air laut, sehingga permukaan air yang awalnya tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan.

Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat di dekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin laut. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. Data yang diperoleh tersebut selanjutnya dilakukan pengelompokan berdasarkan arah dan kecepatan. Hasil pengelompokan (pengolahan) dibuat dalam bentuk tabel atau diagram yang disebut dengan mawar angin/wind rose.

Berhubung data angin yang diperoleh data angin pengukuran di darat, maka data angin ini harus di ubah menjadi data angin di laut yang selanjutnya akan digunakan sebagai analisa peramalan gelombang. Konversi data angin di laut (UW) menjadi kecepatan seret angin (UA) adalah :

$$UW = RL \times UL \dots\dots\dots (2.1)$$

$$UA = 0,71 \times UW^{1,23} \dots\dots\dots (2.2)$$

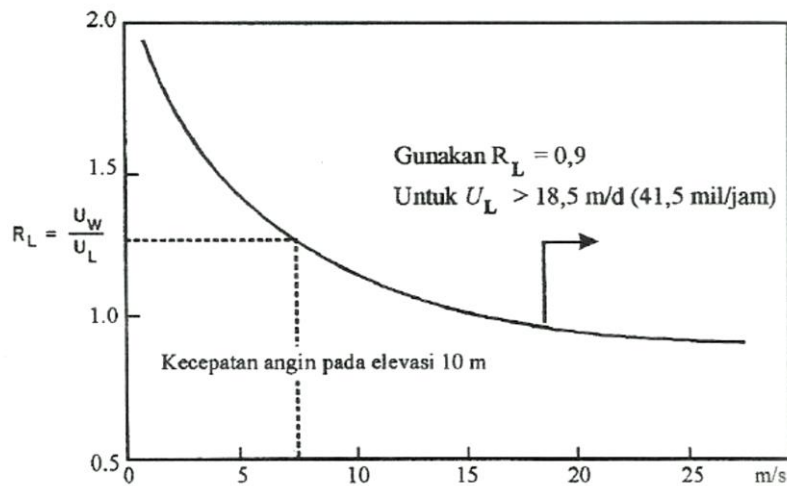
dengan:

UW = kecepatan angin yang diprediksikan di laut (m/dt);

UL = kecepatan angin yang di ukur di darat (m/dt);

RL = nilai perbandingan kecepatan;

UA = faktor tegangan angin atau *wind-stress factor* (m/dt)



Gambar 2.1. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat (Triatmodjo, 1999 )

Rumus-rumus dan grafik-grafik pembangkitan gelombang mengandung variable UA , yaitu faktor tegangan angin (wind-stress factor) yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Penyajian data angin berdasarkan arah tiupan dan persentase

kecepatan arah angin diplot dalam tabel. Kecepatan angin dan distribusi arah tiupan angin dominan digambarkan pada mawar angin atau *wind rose* (Triatmodjo,1999:154). Hasil dari persentase arah tiupan angin yang dominan akan digunakan untuk perencanaan gelombang rencana.

### **2.1.2. Gelombang**

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Proses ini terjadi akibat adanya gaya-gaya alam yang bekerja di laut seperti tekanan dari atmosfer (khususnya angin), gempa bumi, gaya gravitasi bumi dan benda-benda angkasa (bulan dan matahari), gaya coriolis (akibat rotasi bumi), dan tegangan permukaan (Sorensen, 1991: Komar, 1998 dalam Kalay, 2008).

Peramalan gelombang dimaksudkan untuk mengalihragamkan (transformasi) data angin di darat menjadi gelombang. Di Indonesia pencatatan gelombang belum banyak dilakukan karena mahalnya peralatan pencatat gelombang. Data angin yang sering digunakan untuk peramalan gelombang dalam proses perencanaan konstruksi bangunan pantai. Kecepatan angin di ukur dengan anemometer dan biasanya dinyatakan dalam Knot.

Gelombang di laut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa di laut (*tsunami*), dan lain sebagainya. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Pasang surut juga merupakan faktor penting karena bisa menimbulkan arus yang cukup kuat terutama di daerah yang sempit, misalnya di teluk, estuari, dan muara sungai. Selain itu elevasi muka air pasang dan air surut juga penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pantai.

#### *a. Teori Gelombang Amplitudo Kecil*

Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random (suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode berbeda). Beberapa teori yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam. Teori

yang paling sederhana adalah teori gelombang amplitudo kecil yang diperkenalkan oleh *Airy* pada tahun 1985 sehingga gelombang ini sering disebut gelombang *Airy*.

#### b. Hindcasting Gelombang

Hindcasting gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin di masa lampau. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut karena terjadinya gelombang laut paling dipengaruhi oleh tiupan angin. Pada daerah tiupan angin, terjadi peristiwa transfer energi angin ke air. Permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil diatas permukaan air, sebagai akibat dari ketegangan yang ditimbulkan oleh kecepatan angin pada permukaan laut. Dengan bertambahnya kecepatan angin, riak akan menjadi besar dan pada akhirnya terbentuk gelombang. Semakin lama angin berhembus, maka gelombang yang terbentuk akan semakin besar. Hindcasting gelombang akan menghasilkan perkiraan tinggi ( $H$ ) dan periode ( $T$ ) gelombang akibat adanya angin dengan besar, arah, dan durasi tertentu.

#### c. Perhitungan *Fetch*

*Fetch* dapat didefinisikan sebagai panjang daerah pembangkitan gelombang pada arah datangnya angin. Untuk peramalan gelombang angin, *fetch* biasanya dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi daerah pembangkitan gelombang. Dalam analisis peramalan gelombang, pekerjaan awal yang harus dilakukan adalah mengetahui berapa panjang *fetch* dari setiap arah angin yang mungkin membangkitkan gelombang.

#### d. Estimasi Angin Permukaan

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, hal yang harus diperhatikan adalah mendapatkan nilai *Wind Stress Factor* ( $U_A$ ), sebagai nilai yang akan digunakan dalam melakukan peramalan gelombang.

#### e. Pembentukan Gelombang Laut Dalam

Pada kondisi fetch terbatas, angin bertiup secara konstan cukup lama untuk tinggi gelombang mencapai keseimbangan pada akhir fetch. Durasi terbatas, kondisi gelombang dibatasi lamanya angin bertiup.

#### f. Deformasi Gelombang

Dalam perambatan gelombang dari perairan dalam ke perairan dangkal, gelombang akan mengalami suatu perubahan tinggi, arah, kecepatan dan panjang gelombang yang disebabkan oleh proses pendangkalan dan refraksi gelombang. Refraksi dan pengaruh pendangkalan, difraksi, refleksi gelombang, dan gelombang pecah akan menentukan tinggi gelombang dan pola (bentuk) garis puncak gelombang di suatu tempat di daerah pantai.

### 2.1.3. Gelombang Pecah

Tinggi gelombang rata-rata yang dihasilkan oleh angin merupakan fungsi dari kecepatan angin, waktu dimana angin ber-tiup, dan jarak dimana angin bertiup tanpa rintangan. Saat angin mulai bertiup, tinggi gelombang, kecepatan, panjang gelombang seluruhnya cenderung berkembang dan me-ningkat sesuai dengan meningkatnya waktu peniupan berlangsung (Hutabarat dan Evans, 1984).

Jarak tanpa rintangan dimana arah angin bertiup merupakan *fetch* yang sangat penting untuk digambarkan dengan membandingkan gelombang yang terbentuk pada kolom air yang relatif lebih kecil seperti danau (di darat) dengan yang terbentuk di lautan bebas (Pond and Picard, 1983). Gelombang yang terbentuk di danau dengan *fetch* yang relatif kecil dengan hanya mempunyai beberapa centimeter sedangkan yang terbentuk di laut bebas dimana dengan *fetch* yang lebih sering mempunyai panjang gelombang sampai ratusan meter. Kompleksnya gelombang-gelombang ini sangat sulit untuk dijelaskan tanpa membuat pengukuran-pengukuran yang lebih akurat dan kurang berguna bagi nelayan atau pelaut.

Langkah-langkah perhitungan *fetch* (Triatmodjo, 2012) adalah sebagai berikut: Garis arah angin utama ditentukan sebagai *central radial* dengan menggunakan peta daerah pantai Rejoso dan dalam perhitungan dibuat sudut dari *central radial* kearah kanan dan kiri garis *fetch* dengan interval  $22,5^\circ$ . Lalu mengukur *fetch* sampai menyentuh daratan atau batas akhir peta kemudian kalikan dengan skala peta.

**a. Perhitungan Faktor Tegangan Angin**

Data angin yang akan digunakan untuk peramalan tinggi dan perioda gelombang harus dikoreksi terhadap elevasi, stabilitas, efek lokasi dan koefisien seret untuk mendapatkan *wind stress factor* atau faktor tenaga angin ( $UA$ ). Data angin yang digunakan adalah data angin maksimum bulanan yang didapatkan dari BMKG.  $UL$  adalah kecepatan angin hasil pengukuran dan  $RL$  adalah hubungan antara angin di atas laut dan angin di daratan terdekat yang didapatkan dari grafik hubungan kecepatan angin di laut dan darat (SPM, 1984).

**b. Perhitungan Koefisien Refraksi**

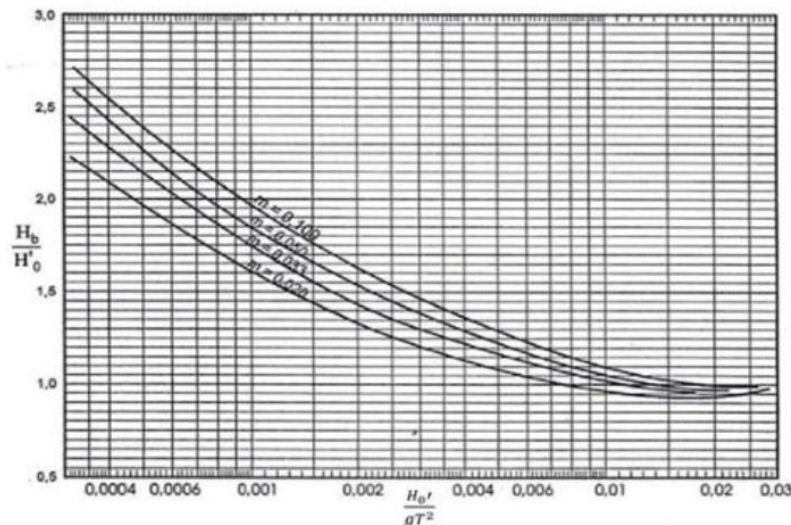
Refraksi gelombang adalah peristiwa pembelokan arah gelombang yang memasuki perairan dangkal yang disebabkan karena sebagian gelombang masih merambat dengan kecepatan gelombang laut dalam pada ketika masuk ke laut dangkal. Berikut ini adalah tahapan dalam penentuan nilai koefisien refraksi: menentukan sudut datang gelombang, menentukan kedalaman untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan, kedalaman diambil mulai dari 10 m sampai dengan 0,1 m, dan menentukan tinggi dan periode gelombang maksimum yang terjadi berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (12 tahun data masukan) yang telah dihitung dengan metode *hindcasting* untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.

**c. Perhitungan Koefisien Shoaling**

Koefisien *shoaling* atau koefisien pendangkalan merupakan fungsi panjang gelombang dan kedalaman air. *Shoaling* terjadi jika suatu gelombang menuju perairan dangkal maka akan terjadi perubahan karakteristik bentuk gelombang yang meliputi tinggi, panjang dan kecepatan gelombang. Koefisien pendangkalan dihitung dengan menggunakan persamaan  $K_s = \sqrt{n_0 L_0 n L}$  (Triatmodjo, 2012) dengan  $n_0$  adalah koefisien laut dalam (0,5) dan  $L_0$  adalah panjang gelombang laut dalam. Nilai  $n$  dan  $L$  didapatkan dari tabel pembacaan  $d/L$  dari buku triatmodjo B, "Teknik Pantai" (dapat dilihat pada daftar pustaka). Setelah perhitungan koefisien refraksi dan *shoaling*, akan didapatkan nilai tinggi gelombang dengan menggunakan persamaan  $H = H_0 K_r K_s$  (Triatmodjo, 2012).

#### d. Perhitungan Gelombang Pecah

Langkah berikutnya adalah penentuan tinggi gelombang pecah untuk kedalaman yang berbeda berdasarkan tabel persamaan  $d/L$  pada langkah sebelumnya. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara  $H_0'gT^2$  / dan  $H_b/H_0'$  (Triatmodjo, 1999). Nilai  $H_b$  didapatkan dari hasil plot antara nilai  $H_0'gT^2$  / dan kemiringan pantai (m) pada Gambar berikut



Gambar 2.2. Grafik penentuan tinggi gelombang pecah ( Triatmodjo, 1999)

#### 2.1.4. Pasang Surut

Menurut Triatmodjo (1999:115) 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.

Pasang surut merupakan fenomena perubahan muka air laut dalam masa periode yang pendek secara periodik yang diakibatkan oleh gaya tarik menarik dari benda – benda di langit (Garrison, 2006 dalam Kalay, 2008). Menurut Triatmodjo (2003) bentuk pasang surut disuatu daerah berbeda – beda. Di suatu 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 dapat dibedakan menjadi empat tipe, yaitu :

- a. 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 hampir sama dengan pasang surut rata – rata 12 – 24 menit.
- b. 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.
- c. 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.
- d. 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.

Elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditentukan berdasarkan data pasang surut yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu bangunan pantai. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Muka air tinggi (*high water level*), yaitu muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- b. Muka air rendah (*low water level*), yaitu muka air terendah yang dicapai pada saat air surut pada satu siklus pasang surut.
- c. Muka air tinggi rata-rata (*mean high water level, MHWL*), yaitu rata – rata dari muka air tinggi.
- d. Muka air rendah rata-rata (*mean low water level, MLWL*), yaitu rata – rata dari dari muka air rendah.
- e. Muka air laut rata-rata (*mean sea Level, MSL*), yaitu muka air rata-rata antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
- f. Muka air tinggi tertinggi (*highes high water level, HHWL*), yaitu muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama dan pasang surut perbani.
- g. Muka air rendah terendah (*lowes low water level, LLWL*), yaitu muka air terendah pada saat pasang surut purnama dan pasang surut perbani.

Menurut Triatmodjo (2009 : 89) 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 2.1 menunjukkan beberapa komponen pasang surut.

Tabel 2.1 Beberapa Komponen Harmonik Pasang Surut

Jenis	NO	Simbol	Periode (jam)	Keterangan
Semi diurnal (Ganda)	1	$M_2$	12.42	Bulan utama
	2	$S_2$	12.00	Matahari utama
	3	$N_2$	12.66	Elips bulan besar
	4	$K_2$	11.97	Bulan matahari
Diurnal (Tunggal)	5	$K_1$	23.93	Matahari bulan
	6	$O_1$	25.82	Bulan utama
	7	$P_1$	24.07	Matahari utama
Long period (Periode panjang)	8	$M_0$	327.86	Bulan dua mingguan

Sumber : Triatmodjo (2009 : 89)

Metode yang digunakan dalam pengolahan data arus pasang surut ini adalah Metode Admiralty. Metode Admiralty merupakan salah satu dari metode analisa harmonis yang digunakan untuk mendapatkan konstanta harmonis untuk menentukan tipe pasang surut.

Menurut Ongkosongo dan Suyarso (1989), metode *Admiralty* yaitu metode perhitungan dimana permukaan air laut rata-rata diperoleh dengan menghitung konstanta-konstanta pasut. Metode ini menggunakan data pengamatan selama 29 *piantan* dan 15 *piantan*. 1 *piantan* adalah pengamatan selama 24 jam, tiap data awal pengamatan diambil pada jam 00.00 hingga 24 jam berikutnya untuk satu *piantan*.

Sama halnya dengan pasang surut, secara umum arus pasang surut mempunyai komponen-komponen utama, yaitu M2, S2, K1, O1. Banyaknya konstanta harmonik ini didapat dari banyaknya data yang akan diolah, keempat komponen diatas merupakan komponen yang umum didapat dari data 15 dan 29 piantan hasil pengamatan pasang surut, atau sama halnya dengan arus pasang surut, karena arus pasang surut ini terjadi dibarengi dengan adanya pasang surut.

Dari 4 buah komponen utama tersebut, maka dapat ditentukan tipe pasang surut. Klasifikasi tipe pasang surut didasarkan pada perbandingan antara jumlah amplitudo konstanta-konstanta *diurnal* (K1 dan O1) dengan jumlah amplitudo konstanta-konstanta *semidiurnal* (M2 dan S2). Dalam menentukan tipe pasang surut dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan :

M2 : Komponen utama bulan (semi diurnal)

S2 : Komponen utama matahari (semi diurnal)

K1 : Komponen bulan

O1 : Komponen utama bulan (diurnal)

P1 : Komponen utama matahari (diurnal)

#### **2.1.5. Arus**

Arus adalah pergerakan suatu massa air dari suatu tempat ke tempat yang lain yang disebabkan oleh tiupan angin atau disebabkan oleh pergerakan pasang surut air laut (Nontji,1993). Menurut Gross (1972) arus merupakan gerakan horizontal atau vertikal dari massa air menuju kestabilan yang terjadi terus menerus. Gerakan yang terjadi merupakan hasil resultan dari berbagai macam gaya yang bekerja pada permukaan dan dasar perairan. Gerakan massa air berdasarkan penyebabnya diklasifikasikan menjadi :

##### **a. Angin**

Angin merupakan faktor yang membangkit arus, arus yang ditimbulkan oleh angin mempunyai kecepatan yang berbeda menurut kedalaman.

##### **b. Arus pasang surut**

Arus yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara bumi dan benda di angkasa. Arus pasut ini merupakan arus yang gerakannya horizontal.

### c. Turbulensi

Suatu gerakan yang terjadi pada lapisan batas air dan terjadi karena ada gaya gesekan antar lapisan. Menurut letaknya, arus dibedakan menjadi dua yaitu arus atas dan arus bawah. Arus atas adalah arus yang bergerak pada permukaan laut, arus bawah arus yang bergerak pada dasar permukaan laut. Faktor pembangkit arus adalah angin. Tiupan angin memberikan pengaruh terhadap arus permukaan dari kecepatan angin tersebut. Kecepatan arus akan berkurang sesuai dengan bertambahnya kedalaman pantai.

## 2.2. Angkutan Sedimen Pantai

Transpor sedimen pantai adalah gerak sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus. Transpor sedimen pantai mengakibatkan morfologi pantai baik terjadinya akresi maupun erosi. Transpor sedimen pantai dapat berupa transpor sedimen sejajar pantai dan transpor sedimen tegak lurus pantai. Transpor sedimen sejajar pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai, sedangkan transpor sedimen tegak lurus pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus pantai.

Angkutan sedimen sejajar pantai (*Long shore transport*) disebabkan oleh bergolak-nya sedimen saat gelombang pecah, lalu bergerak terbawa arus dan komponen gelombang sejajar pantai. Pada suatu titik di pantai, ada sedimen yang datang dan ada sedimen yang pergi (terangkut). Ketika sedimen yang terangkut lebih besar daripada sedimen yang datang, maka akan terjadi erosi pantai.

Pengangkutan sedimen dibagi atas dua bagian yaitu angkutan sedimen yang menuju arah laut dalam (*offshore*) seperti yang terjadi pada saat badai, dan menuju ke arah pantai (*onshore*) seperti yang terjadi pada saat gelombang. Angkutan sedimen menuju ke arah laut dalam terjadi dengan cepat dan sedimen akan terbentuk bar yang akan berfungsi untuk meredam gelombang.

Sedimen yang diangkut di pantai dibedakan berdasarkan ukuran butiran menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral (*pebble*), *cobble*, dan batun(*boulder*). Jenis sedimen terbagi 2 macam, yaitu : sedimen kohesif dan sedimen non-kohesif. Sedimen kohesif adalah butiran – butiran partikel lumpur

yang berada di dasar. Sedimen non-kohefif adalah sedimen dengan butiran – butiran partikel yang umumnya berasal dari pasir. Klasifikasi ukuran butir dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Pergerakan sedimen pada perairan dikategorikan menjadi 3 macam, yaitu: *bed load* (sedimen dasar), *suspended load* (sedimen melayang), dan *wash load*. *Bed load* adalah angkutan sedimen yang mengalami kontak terus menerus dengan jenis sedimen yang ditimbulkan selama pergerakannya (*sliding, jumping, dan rolling*). *Suspended load* adalah gerakannya tidak mengalami kontak yang terus menerus dengan dasar dan ukuran partikelnya kecil (Murphy dan Aguirre, 1985; Fredsoe dan Rolf, 1993 dalam Widiastuty, 2008). Pergerakan sedimen tersebut akan menyebabkan perubahan morfologi pantai berupa kedalaman dan garis pantai, hal ini dikarenakan material dasar pantai pada umumnya sebagian besar merupakan struktur tanah pasir atau lumpur yang sangat dipengaruhi oleh perilaku gelombang dan arus.

Tabel 2.2 Klasifikasi Ukuran Butir dan Sedimen

Klasifikasi	Diameter (mm)
Boulders	256 – 4096
Berbatu(cobbles)	64 – 256
Kerikil (gravel)	2 – 64
Pasir	
Sangat kasar	1 – 2
Kasar	0,5 – 1
Sedang	0,25 – 0,5
Halus	0,125 – 0,25
Sangat Halus	0,062 – 0,125
Lumpur	
Kasar	0,031 – 0,062
Sedang	0,016 – 0,031
Halus	0,008 – 0,016
Sangat halus	0,004 – 0,008
Lempung	
Kasar	0,002 – 0,004
Sedang	0,001 – 0,002
Halus	0,0005 – 0,001
Sangat halus	0,00024 – 0,0005

Sumber : Triatmodjo (2009 : 89)

Menurut Triatmodjo (1999 : 172) untuk mempelajari proses transport sedimen kecepatan partikel air didekat dasar dinyatakan dalam bentuk tegangan geser dasar  $\tau_b$ . Kecepatan partikel air didekat dasar atau yang dinyatakan dalam bentuk tegangan geser tersebut berusaha untuk menarik sedimen dasar. Sedimen dasar memberikan tahanan yang dinyatakan dalam bentuk tegangan kritis  $\tau_c$  atau kecepatan kritis  $\bar{U}_{cr}$ . Kedua parameter tersebut tergantung pada sifat sedimen dasar seperti diameter, bentuk, dan rapat massa sedimen untuk sedimen non kohesif (pasir).

Apabila kecepatan yang terjadi akibat pasang surut di dekat dasar kecil maka tegangan geser dasar juga kecil. Partikel sedimen tidak bergerak karena kemampuan tahanan sedimen atau tegangan kritis lebih besar dari tegangan dasar ( $\tau_b < \tau_c$ ). Sebaliknya apabila kecepatan aliran semakin besar maka tegangan dasar akan semakin besar, sampai pada kecepatan tertentu sedimen akan  $\tau_b = \tau_c$ . Bila kecepatan bertambah sedikit saja, maka hal tersebut akan menyebabkan sedimen bergerak maju-mundur sesuai dengan gerak partikel air. Semakin bertambahnya kecepatan menyebabkan gerak sedimen semakin bertambah. Pada fase ( $\tau_b > \tau_c$ ) maka sedimen yang terjadi disebut transpor sedimen (*bed load*).

Dengan semakin bertambahnya kecepatan didekat dasar gerak partikel sedimen semakin kuat dan kemudian sedimen akan membentuk *ripple*, yaitu dasar laut bergelombang kecil dengan puncaknya tegak lurus arah gelombang. Dengan terbentuknya *ripple* akan meningkatkan turbulensi, dan partikel akan terangkat dalam bentuk suspensi. Transpor sedimen dalam bentuk suspensi diatas dasar disebut transpor sedimen suspensi. Apabila gerak air semakin cepat, *ripple* akan menghilang dan terjadi transpor massa dimana suatu lapis dengan tebal tertentu terangkut dalam bentuk transpor sedimen dasar dan suspensi.

### **2.3. Tinjauan Teknis Perlindungan Pantai**

Alam umumnya telah menyediakan mekanisme perlindungan pantai alami yang efektif. Contoh pengamanan dengan struktur lunak antara lain pengisian ulang pasir (*sand nourishment*), pendaaur-ulangan pantai (*sand by passing*), dan

drainase pantai (*beach drains*). Sementara itu pengamanan pantai dengan struktur keras terdiri dari pengamanan sejajar pantai dan tegak lurus pantai. Pengamanan sejajar pantai contohnya pemecah gelombang, tembok laut, dan revetmen merupakan pengamanan pantai yang lazim dilihat di Indonesia. Bangunan ini terdiri dari struktur yang langsung menempel sepanjang garis pantai, atau dekat dan sejajar pada pantai untuk proteksi pantai dari serangan gelombang. Sedangkan pengamanan tegak lurus pantai contohnya groin dan jetty.

Tujuan utama dari pengamanan dan perlindungan pantai ini adalah untuk mengamankan dan melindungi :

- a. Masyarakat di sepanjang pantai dari ancaman gelombang maupun banjir.
- b. Fasilitas umum yang berada di sepanjang pantai.
- c. Daerah pantai terhadap ancaman erosi pantai.
- d. Terhadap pencemaran lingkungan perairan pantai yang dapat merusak biota pantai.

#### **2.4. Bangunan Jetty**

Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada satu atau kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mencegah terjadinya luapan air sungai oleh endapan sedimen pantai. Selama proses pengendapan tersebut biasanya disertai dengan membeloknya muara sungai dalam arah yang sama dengan arah transpor sedimen sepanjang pantai. Penanggulangan penutupan muara dibedakan atas penanggulangan untuk lalu lintas kapal (*jetty panjang*) dan penanggulangan penutupan mulut muara yang menyebabkan banjir (*jetty pendek*).

Keberadaan *jetty* selain dapat memperlancar aktivitas nelayan dalam mencari penghasilan juga dapat mencegah terjadi banjir di daerah hulu sungai. Material dasar untuk *jetty* adalah batu alam maupun buatan (beton).

Adapun jenis *jetty* yaitu :

##### **a. *Jetty* panjang**

*Jetty* ini ujungnya berada di luar gelombang pecah. *Jetty* ini dipakai untuk stabilisasi muara sungai yang dipergunakan untuk keperluan pelayaran atau untuk

pelabuhan. Yang perlu diperhatikan pada jetty ini ialah akan terjadi perubahan garis pantai yang cukup signifikan jika angkutan sedimen menyusur pantai cukup besar. Jika proses sedimentasi dibiarkan, majunya garis pantai akan mencapai ujung jetty dan dapat menyebabkan terjadinya penutupan mulut antara dua jetty. Sementara itu, erosi di hilir akan bertambah parah. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut, perlu adanya pemindahan pasir dari hulu ke hilir yang biasa dikenal dengan *sand by passing*. Tipe *jetty* panjang efektif untuk menghalangi masuknya sedimen ke arah muara tetapi biaya konstruksinya sangat mahal. Konstruksi *jetty* panjang dibangun cukup panjang sampai ujungnya berada di luar gelombang pecah. Jetty kanan dan jetty kiri biasanya tidak sama panjang. Pada arah dominan datangnya sedimen dibuat jetty yang lebih panjang agar mulut jetty terlindung.

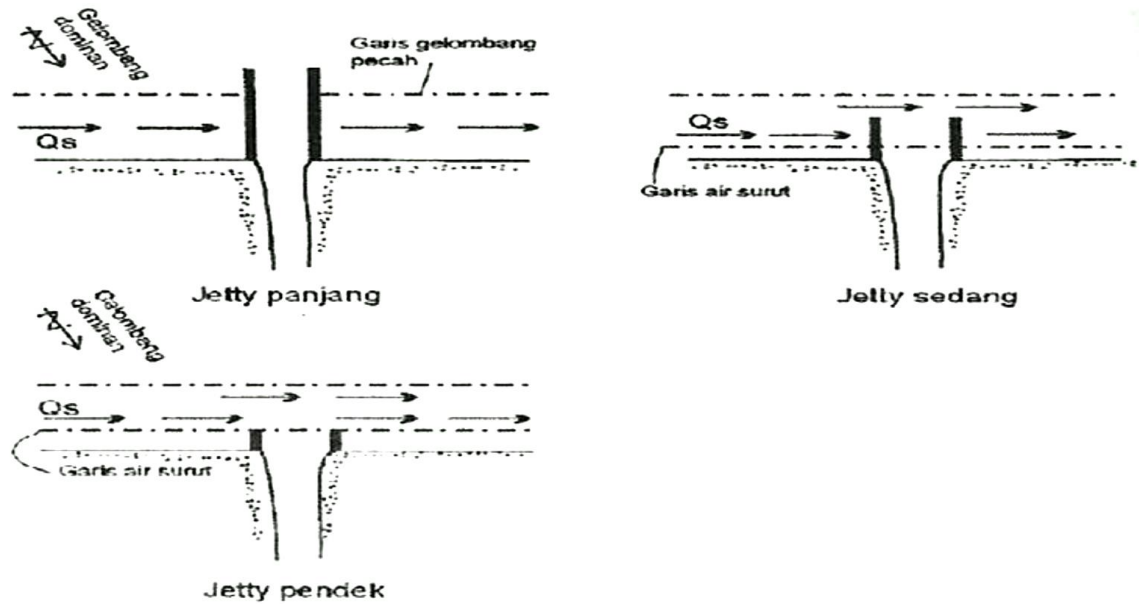
b. *Jetty* sedang

*Jetty* sedang ujungnya berada di antara muka air surut dan lokasi gelombang pecah dan dapat menahan transpor sedimen sepanjang pantai, sehingga alur di ujung *jetty* masih memungkinkan terjadi endapan pasir. Bangunan *jetty* dibuat sampai batas luar daerah *breakerzone* pada saat muka air surut. Keuntungan *jetty* ini adalah dapat mengurangi kelemahan pada kedua bangunan *jetty* panjang dan pendek. Bangunan *jetty* ini sangat cocok untuk pantai dengan arah datang gelombang yang tegak lurus dengan pantai. Karena angkutan sedimen pantai berada di daerah *surfzone*, pembangunan *jetty* ini dapat mengurangi pendangkalan pada muara, tetapi efektivitasnya dalam perlindungan muara tidak sebaik *jetty* panjang.

c. *Jetty* pendek

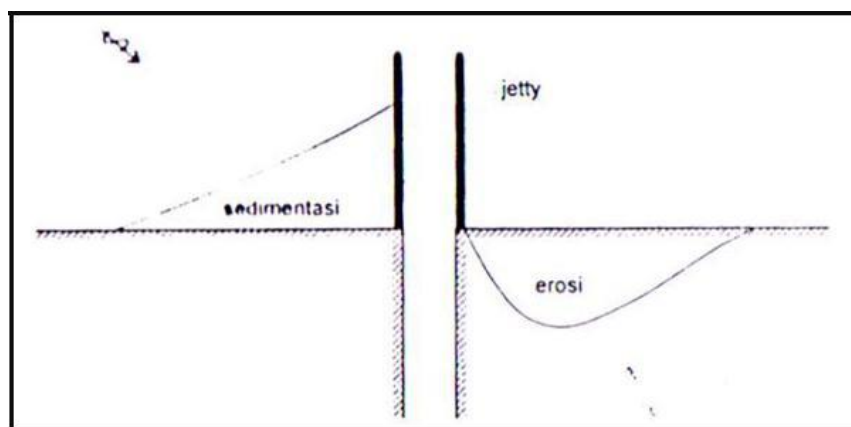
*Jetty* pendek ujungnya berada pada muka air surut. Fungsinya untuk menahan berbeloknya muara sungai dan mengkonsentrasikan aliran pada alur yang telah ditetapkan untuk bisa mengerosi endapan. Keuntungan utama *jetty* ini ialah perubahan garis pantai akibat konstruksi ini sangat minim dan biayanya murah. Bangunan *jetty* pendek dibuat sama panjang.





Gambar 2.3 : Jenis – jenis *Jetty* (Triatmodjo, 1999)

Di pantai berpasir, pembuatan jetty yang mencorok cukup jauh ke laut dapat menyebabkan terhalangnya transpor sedimen sepanjang pantai. Akibatnya, sedimen yang bergerak dari sebelah kiri akan terhalang oleh jetty, sehingga pengendapan terjadi di daerah tersebut. Daerah di sebelah kanannya, gelombang yang datang membentuk sudut terhadap garis pantai menyebabkan terjadi arus sepanjang pantai. Arus tersebut dapat mengangkut sedimen. Tetapi di daerah ini tidak mendapatkan suplai sedimen, karena sedimen yang bergerak dari sebelah kiri terhalang oleh bangunan. Akibatnya pantai di sebelah kanan jetty akan mengalami erosi.



Gambar 2.4. Pengaruh jetty terhadap pantai sekitarnya (Triatmodjo, 1999)

## 2.5. Morfologi Pantai

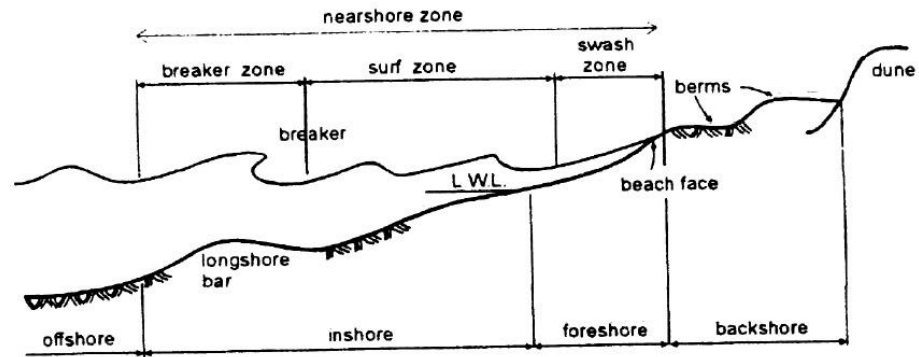
Perubahan morfologi pantai merupakan rangkaian proses pantai yang diakibatkan proses eksternal (arus, angin, gelombang dan pasang surut), faktor internal (karakteristik dan tipe sedimen serta lapisan dasar dimana sedimen itu berada). Pantai adalah suatu wilayah yang selalu mengalami perubahan, baik perubahan yang terjadi setiap hari, mingguan, bulanan, tahunan atau bahkan perubahan yang terjadi jutaan tahun.

Tidak semua perubahan yang terjadi di wilayah pantai dapat dilihat secara langsung tetapi hanya hasil dari proses perubahan tersebut yang bisa diamati dan dirasakan oleh manusia. Perubahan pada wilayah pantai tergantung pada proses yang dominan yang terjadi di wilayah pantai (Triatmodjo, 1999). Perubahan garis pantai terutama disebabkan oleh angkutan sedimen sepanjang pantai yang dapat mengangkut sedimen sampai jauh. Gelombang badai yang terjadi dalam waktu singkat dapat menyebabkan terjadinya erosi pantai, selanjutnya gelombang biasa yang terjadi sehari-hari akan membentuk kembali pantai yang sebelumnya erosi (pantai kembali stabil).

Pesisir adalah zona di tepi pantai atau daratan yang masih mendapat pengaruh dari laut seperti pasang surut dan angin laut. Sedangkan berdasarkan penampang bagian-bagian pantai, maka pantai adalah daerah ditepi perairan diantara pasang air laut tertinggi dan surut terendah. Jika angkutan sedimen pada pantai oleh arus susur pantai dan angkutan sedimennya aktif, maka akan terbentuk morfologi pantai antara lain: lidah pasir, laguna, endapan di depan teluk, dan tombolo. Lidah pasir (*spit*) merupakan endapan pasir yang memanjang dan sejajar garis pantai, dan biasanya menutupi teluk, sehingga membentuk laut yang terkungkung yang disebut laguna (*lagoon*).

Pada pantai - pantai yang landai, sering dijumpai pulau-pulau di depan pantai yang sejajar dengan garis pantai yang disebut pulau penghalang (*barrier islands*). Pulau-pulau ini akan membentuk laguna yang airnya tenang, sehingga memungkinkan terendapkannya material sedimen yang berbutir halus. Pantai berpasir dibagi menjadi *backshore* (pantai belakang) dan *foreshore* (pantai depan) seperti pada Gambar 2.5. Puncak *berm* menjadi batas antara kedua zona. *Berm* yaitu titik dari *runup* maksimum pada kondisi gelombang normal. *Runup* adalah

gelombang yang mencapai batas pesisir dan pantai hanya selama terjadi gelombang badai.



Gambar 2.5. Penampang Pantai (Triatmodjo, 1999)

Daerah di sekitar pantai dibagi dalam beberapa bagian seperti berikut:

- *Backshore* merupakan bagian dari pantai yang tidak terendam air laut kecuali bila terjadi gelombang badai.
- *Foreshore* merupakan bagian pantai yang dibatasi oleh *beach face* atau mukapada saat surut terendah hingga *uprush* pada saat air pasang tinggi.
- *Inshore* merupakan daerah dimana terjadinya gelombang pecah, memanjang dari surut terendah sampai ke garis gelombang pecah.
- *offshore* yaitu bagian laut yang terjauh dari pantai (lepas pantai), yaitu daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut.
- *Breaker zone* (daerah gelombang pecah) adalah daerah dimana gelombang yang datang dari laut (lepas pantai) mencapai ketidakstabilan dan akhirnya pecah. Di pantai yang landai gelombang pecah bisa terjadi dua kali.
- *Swash zone* adalah daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.
- *Surf zone* adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah dan batas naik turunnya gelombang di pantai. Pantai yang landai mempunyai *surf zone* yang lebar.
- *Longshore bar* adalah tumpukan pasir yang paralel terhadap garis pantai. Tumpukan pasir tersebut dapat muncul pada saat air surut, pada saat lain dapat menjadi barisan tumpukan pasir yang sejajar pantai dengan kedalaman yang berbeda.

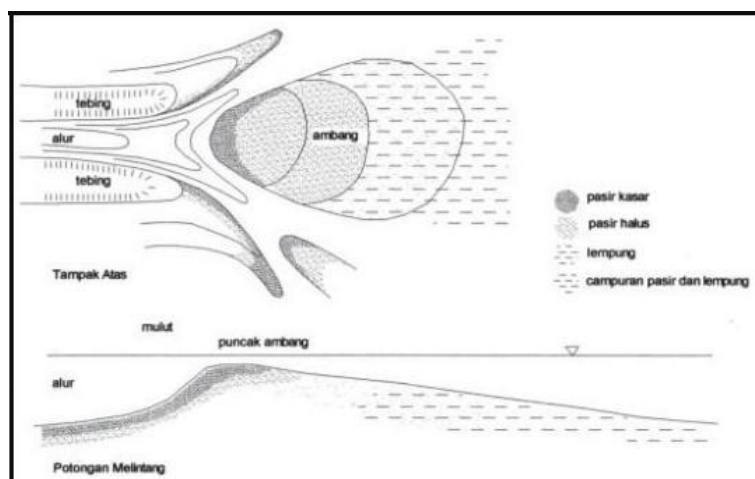
## 2.6. Muara Sungai

Menurut Triatmodjo (1999 : 277) muara sungai merupakan bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Permasalahan yang sering terjadi di muara sungai yaitu pada bagian mulut sungai, dimana sering terjadinya proses sedimentasi dan erosi yang dapat mengganggu aktifitas di sekitar muara. Mulut sungai adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang langsung bertemu dengan laut, sedangkan estuari adalah bagian dari sungai yang dipengaruhi pasang surut.

Muara sungai dapat dibedakan menjadi tiga kelompok tergantung dari faktor dominan yang mempengaruhinya. Ketiga faktor tersebut adalah gelombang, pasang surut, dan debit sungai (Nur Yuwono, 1994). Di suatu muara, ketiga faktor tersebut bekerja secara simultan, tetapi biasanya salah satunya mempunyai pengaruh lebih dominan dari yang lainnya. Sedimentasi adalah proses pengendapan yang tidak diharapkan yang terjadi di luar garis pantai (muara sungai).

### a. Didominasi Aliran Sungai

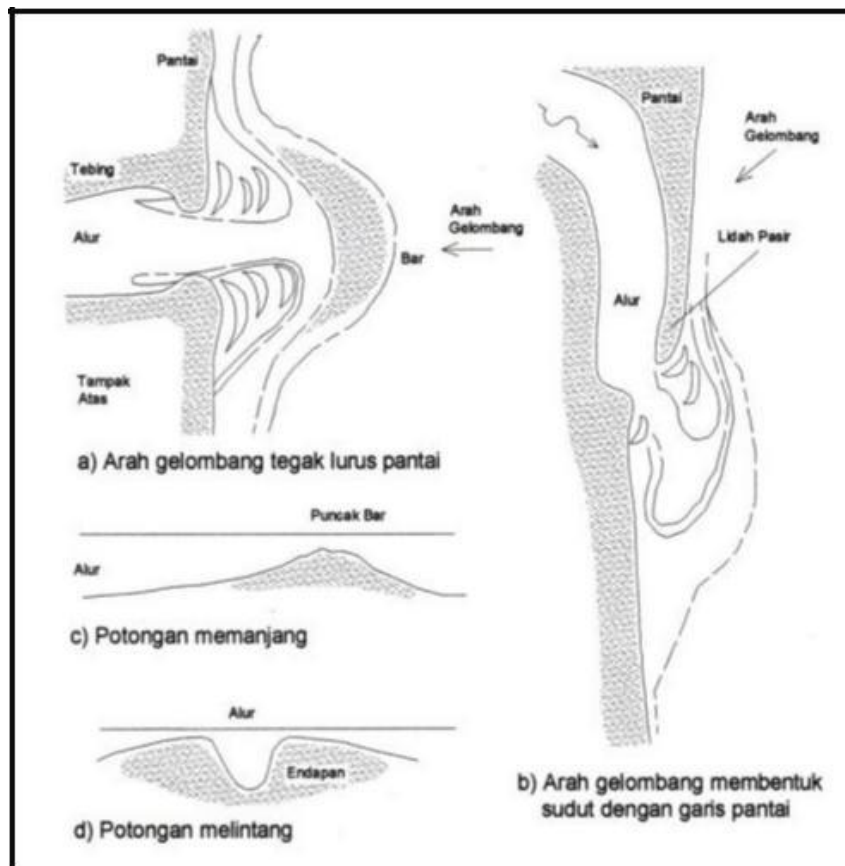
Tipe muara ini ditandai dengan debit sungai yang menyusur setiap tahunan cukup besar sehingga debit tersebut merupakan parameter utama pembentukan muara sungai di laut dengan gelombang relatif kecil. Sungai tersebut membawa angkutan sedimen dari hulu cukup besar.



Gambar 2.6. Muara Didominasi Aliran Sungai (Pedoman Perencanaan Teknis Pengamanan Pantai, Kementerian Pekerjaan Umum, 2011)

b. Didominasi Gelombang Laut

Tipe muara ini ditandai dengan angkutan sedimen menyusur pantai setiap tahun cukup besar. Pada tipe ini biasanya muara tertutup oleh lidah pasir dengan pola sedimentasi. Gelombang besar pada pantai berpasir dapat menyebabkan/menimbulkan angkutan (transpor) sedimen (pasir), baik dalam arah tegak lurus maupun sejajar/sepanjang pantai. Dari kedua jenis transpor tersebut, transpor sedimen sepanjang pantai adalah yang paling dominan. Angkutan sedimen tersebut dapat bergerak masuk ke muara sungai dan karena di daerah tersebut kondisi gelombang sudah tenang, maka sedimen akan mengendap. Semakin besar gelombang, semakin besar angkutan sedimen.



Gambar 2.7. Muara Didominasi Gelombang Laut (Pedoman Perencanaan Teknis Pengamanan Pantai, Kementerian Pekerjaan Umum, 2011)

c. Didominasi Pasang Surut

Tipe muara ini ditandai dengan fluktuasi pasang surut yang cukup besar. Apabila tinggi pasang surut cukup besar, volume air pasang yang masuk ke sungai sangat besar. Air tersebut akan berakumulasi dengan air dari hulu

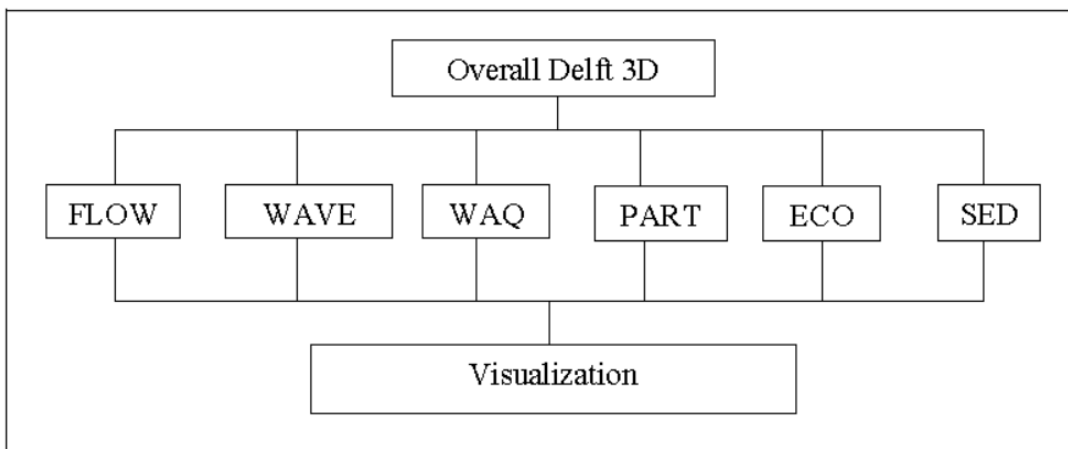
sungai. Pada waktu air surut, volume air yang sangat besar tersebut mengalir keluar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Dengan demikian, kecepatan arus selama air surut cukup besar, yang cukup potensial untuk membentuk muara sungai.

## 2.7. Penggunaan Delft3D pada Simulasi

Pemodelan morfologi pantai akibat konstruksi jetty ini menggunakan perangkat lunak Delft 3D. Delft 3D ini merupakan model yang berbasis windows yang dipakai untuk pemodelan perubahan morfologi pantai. Bagian – bagian dalam Delft3D dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Delft 3D terdiri dari beberapa sistem dan fungsi yaitu:

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

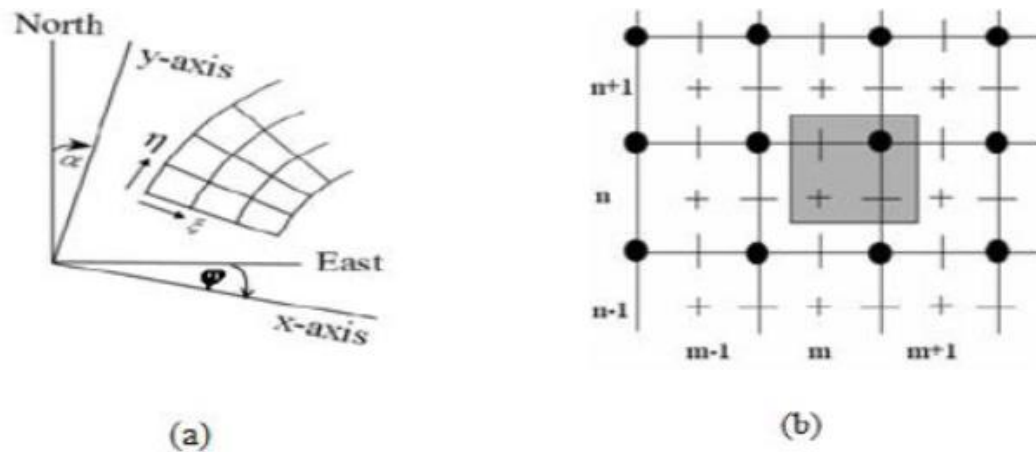


Gambar 2.8. Diagram Sistem pada Delft3D

### 2.7.1. Delft 3D-FLOW

Delft3D merupakan software yang berfungsi untuk simulasi pada daerah pantai, sungai dan pada muara. Selain pantai, sungai dan muara, Delft3D juga dapat mensimulasikan gelombang, sedimen, ekologi dan kualitas air pada pantai. Pada pemodelan ini menggunakan Delft3D-Flow dan Delft3D-Wave.

Delft3D-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. Simulasi Delft3D ini menggunakan grid atau garis bantu.



Gambar 2.9 Grid pada Delft3D

Grid adalah garis bantu koordinat arah vertikal dan horizontal untuk menentukan luas daerah yang disimulasi atau untuk mengatur batas daerah yang disimulasikan. Grid terdiri dari dua sistem yaitu *coordinate cartessian* berbentuk persegi dan *coordinat spherical*. Sistem *coordinate cartessian* berbentuk persegi, bersifat kaku dan hanya mempunyai parameter arah saja, yaitu arah vertikal ( ) dan arah horizontal ( $\xi$ ). Sedangkan sistem *coordinate spherical* mengikuti garis kontur permukaan bumi. *Coordinate spherical* memiliki dua parameter yaitu arah dan tinggi, dengan latitude ( $\theta$ ) bernilai positif ke arah utara dan longitude ( $\phi$ ) yang bernilai positif ke arah timur.

Konsep simulasi dengan menggunakan metode ini mampu mensimulasikan secara numerik perubahan morfologi pantai karena gelombang dan arus dalam skala waktu puluhan tahun dengan waktu simulasi komputer yang singkat.

Delft 3D-Flow terdiri dari 7 bagian yang memiliki fungsi sebagai berikut :

- Delft 3D-RGFGRID : Membuat zona segmen dalam bentuk grid pada topografi
- Delft 3D-QUICKIN : Masukan output pada grid berupa data bathimetri, kondisi awal untuk water level, salinitas dan lain-lain.
- Delft 3D-TRIANA : Analisis pasang surut dalam interval waktu.
- Delft 3D-TIDE : Analisis pasang surut terhadap water level dan kecepatan.
- Delft 3D-NESTHD : Membuat batasan dari keseluruhan model.
- Delft 3D-GPP : Menampilkan hasil simulasi berupa gambar animasi dan visualisasi.
- Delft 3D-QUICKPLOT : sama halnya dengan Delft3D-GPP

### **2.7.2. Delft 3D-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. 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**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Lokasi Penelitian**

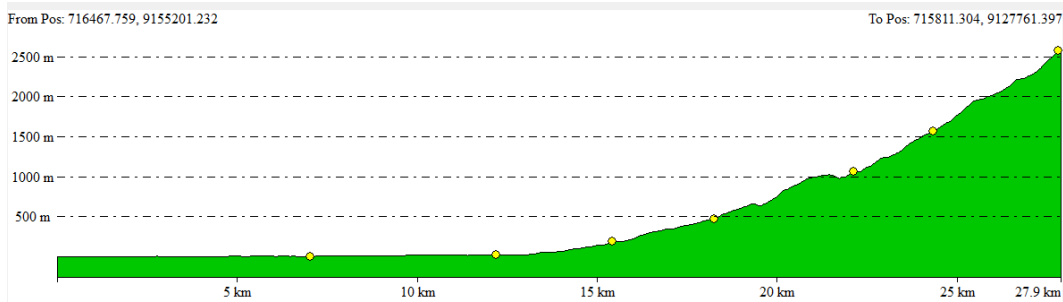
##### **3.1.1. Umum**

Kabupaten Pasuruan terletak antara  $112^{\circ}.30'$  -  $113^{\circ}.30'$  Bujur Timur dan  $7^{\circ}30'$  -  $8^{\circ}30'$  Lintang Selatan. Wilayah ini secara ekonomi mempunyai letak yang sangat strategis karena merupakan persimpangan jalan dari Surabaya-Malang, Surabaya-Probolinggo, maupun dari arah Probolinggo ke Malang, yang selalui melalui jalur wilayah Kabupaten Pasuruan.

Kabupaten Pasuruan berbatasan dengan Kabupaten Sidoarjo dan Selat Madura di sebelah Utara, sedangkan sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Malang. Sebelah Timur berbatasan langsung dengan Kabupaten Probolinggo dan di sebelah Barat berbatasan dengan wilayah Kabupaten Mojokerto.

Mengingat wilayah Kabupaten Pasuruan sebagian besar mempunyai kemiringan antara 0-2 %, dan ketinggiannya mempunyai range antara 0-10 meter dari permukaan laut maka keberadaan sungai tersebut disamping menguntungkan juga merugikan karena di musim penghujan rawan banjir terutama di wilayah bagian utara. Secara administratif wilayah Sungai Rejoso termasuk dalam wilayah Kabupaten Pasuruan dimana DAS nya berada dalam wilayah 10 Kecamatan (Kecamatan Puspo, Tosari, Gondang Wetan, Rejoso, Winongan, Pasrepan, Grati Kabupaten Pasuruan dan Lumbang, Sukapura, Kabupaten Probolinggo). Luas DAS Sungai Rejoso adalah  $\pm 361,2 \text{ km}^2$  dibatasi oleh lereng bukit, hutan lindung.

Kondisi topografi DAS Rejoso terdiri dari daerah pegunungan berbukit dan daerah dataran rendah, yang secara rinci dibagi menjadi 3 bagian :



Gambar 3.1. Profil topografi DAS Rejoso

Bagian selatan terdiri dari pegunungan dan perbukitan dengan ketinggian permukaan tanah antara 100 meter sampai 2.500 meter yang membentang mulai dari wilayah kecamatan Tosari, Puspo hingga Winongan, daerah tengah 100 meter hingga 12,5 m berada di wilayah kecamatan winongan, dan bagian hilir 0 sampai 12,5m berada di kecamatan rejoso.

### 3.1.2. Hidrologi

Secara hidrologis, di DAS Rejoso pada kondisi normal, musim kemarau terjadi pada bulan Mei sampai Oktober dan musim penghujan terjadi pada bulan Nopember sampai dengan April. Berdasarkan pencatatan data di Stasiun Geofisika Klas II Tretes, kondisi temperatur pada tahun 2016 tertinggi di bulan Nopember (29,9°C) dan terendah di bulan September (13°C) dengan kelembaban udaranya berada pada kisaran kelembaban sedang tinggi yaitu berkisar antara 45-100 %. Tekanan udara tertinggi di bulan Maret sebesar 918,5 milibar. Sedangkan jumlah curah hujan dalam satu bulan, terbanyak terjadi di bulan februari dengan jumlah 730,4 mm, sedangkan terendah pada bulan September sebesar 0 mm.

Tabel 3. 1 Penyinaran Matahari dan Kecepatan Angin Bulanan di Pasuruan 2016

Bulan	Penyinaran Matahari (%)			Arah dan Kecepatan Angin (knot)		
	Maks	Min	Rata-rata	Arah Angin Maksimum	Kecepatan Angin	Rata-rata
Januari	100	0	17,7	Barat Daya	12	5,65
Februari	56,3	0	6,3	Tenggara	8	4,62
Maret	86,3	2,5	26,2	Timur Laut	8	5,68
April	97,5	6,3	47,2	Barat Daya	9	5,77
Mei	100	7,5	48,4	Barat Daya	9	5,26
Juni	100	1,3	48,2	Barat Daya	8	5,23
Juli	100	8,8	51,1	Barat Daya	10	5,9
Agustus	98,8	2,5	41,6	Timur	10	5,35
September	100	0	20,1	Timur	8	5,27
Oktober	100	0	39,6	Barat	9	5,23
Nopember	100	0	35,2	Utara	12	5,33
Desember	17,5	0	2,7	Selatan	12	4,45

Tabel 3. 2 Rata Rata Suhu dan Kelembaban Udara di Pasuruan 2018

Bulan	Suhu Udara ( $^{\circ}\text{C}$ )			Kelembaban (%)		
	Maks	Min	Rata-rata	Maks	Min	Rata-rata
Januari	28,8	16,8	22,4	96	56	89
Februari	28	17,4	21,7	100	73	94
Maret	28,4	17,4	22,5	99	67	92
April	28,8	17,4	22,7	98	65	89
Mei	28,8	17,4	23	98	63	89
Juni	28,2	15	22,3	91	60	89
Juli	28,6	15	21,6	100	61	90
Agustus	28	13,6	21,4	96	65	87
September	28,8	13	22,5	96	45	83
Oktober	29,2	16,2	22,5	95	50	85
Nopember	29,9	17	22,7	100	56	88
Desember	28,2	16,8	22	100	61	91

Tabel 3. 3 Tekanan Udara dan Curah Hujan di Pasuruan, 2018

Bulan	Tekanan Udara (mbar)			Curah Hujan (mm)		
	Maks	Min	Rata-rata	Jumlah	Maks	Rata-rata
Januari	918,5	911,2	913,3	274,5	52	9,2
Februari	917,6	914	915,8	730,4	118,5	26,1
Maret	918,5	914,7	916,3	467,3	59,9	15,1
April	917,4	915,3	916,1	439,3	96,7	14,6
Mei	917,1	914,4	915,7	452,5	94,5	14,6
Juni	917,8	914,8	916,2	362,4	70,9	12,5
Juli	917,3	914,7	915,8	420,2	169	13,6
Agustus	917,5	913,9	915,7	260,5	138,9	8,4
September	917,4	913,9	915,6	0	0	0
Oktober	916,2	913,9	915,2	108,9	35	3,8
Nopember	916,8	913,4	914,9	400,8	82,2	13,4
Desember	914,9	911,2	913,4	644,5	103,3	23

Sumber : BPS Kab. Pasuruan, 2019

### 3.1.3. Kondisi Tanah dan Pemanfaatan

Berdasarkan jenis tanahnya DAS Rejoso dapat dibedakan atas beberapa jenis tanah yaitu: aluvial, andosol, regosol, mediteran seluas, grumosol, latosol, dengan ciri-ciri sebagai berikut:

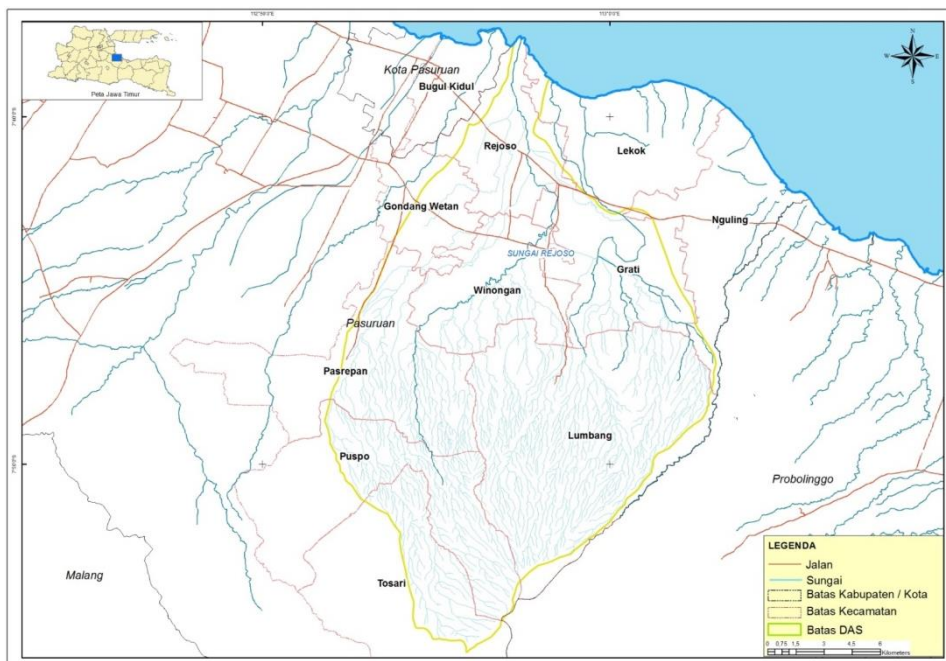
#### a. Aluvial seluas

Jenis tanah ini berwarna kelabu, coklat, dan hitam. Mempunyai sifat/karakteristik tidak peka terhadap erosi, dan cocok dipergunakan untuk budidaya pertanian. Proses pembentukan tanah alluvial dimulai dari endapan di dasar laut, sungai dan danau, dalam waktu yang relatif lama pada tempat-tempat tertentu di sekitar laut, sungai maupun danau terbentuk endapan tanah yang makin luas, sehingga tanah alluvial tersebut terbentuk. Tanah alluvial sangat subur, hal ini karena endapan di

DPS dasar laut, sungai, maupun danau banyak mengandung humus, dan zat hara yang bersifat menyuburkan tanaman.

b. Andosol seluas

Tanah Andosol, jenis tanah ini umumnya berwarna hitam, memiliki penampang yang berkembang, dengan horizon-A yang tebal, gembur dan kaya bahan organik. Sifat fisiknya baik, dengan kelulusan sedang. Sifat kimia sedang, peka terhadap erosi. Batuan asal adalah andesit, tufa andesit dan dasit. Di wilayah Indonesia pada umumnya, jenis tanah ini banyak terpakai untuk tanaman perdagangan karena kaya akan bahan organik, N dan K, tetapi miskin akan fosfor.



Gambar 3.2. Batas Administrasi Kecamatan di DAS Rejoso

c. Regosol seluas

Tanah regosol berciri-ciri: berbutir kasar, berwarna kelabu sampai kuning, dan berbahan organik sedikit. Tanah ini cocok untuk tanaman palawija (seperti jagung), tembakau, dan buah-buahan.

d. Mediteran

Tanah mediteran adalah tanah yang terbentuk dari pelapukan batuan kapur. Tanahnya tidak subur, akan tetapi cocok untuk tanaman jati.

e. Grumosol seluas

Jenis ini berasal dari batu kapur, batuan lempung, tersebar di daerah iklim subhumid atau subarid, dan curah hujan kurang dari 2.500 mm/tahun.

### 3.1.4. Sungai Rejoso

Karakteristik DAS Rejoso, dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 3. 4 Karakteristik DAS Rejoso

No	Teristik Parameter	Satuan	Karakteristik DAS Rejoso
1	Luas DAS (A)	Km <sup>2</sup>	361.2
2	Bentuk type DAS	-	Melebar seperti cabang pohon
3	Kemiringan rata-rata DAS bagian Hulu	%	20,2
4	Kemiringan rata-rata DAS bagian Tengah	%	1.50
5	Kemiringan rata-rata DAS bagian Hilir	%	1.00
6	Panjang Sungai Utama (L)	Km	27.12
7	Derajat Meander (M)	Km/ Km	1.50
8	Orde Sungai	-	1 s/d 4
9	Kerapatan Drainase (D)	Km/ Km <sup>2</sup>	0.157
10	Kemiringan rata-rata sungai utama di bagian Hulu	-	0.03
11	Kemiringan rata-rata sungai utama di bagian Tengah	-	0.0588
12	Kemiringan rata-rata sungai utama di bagian Hilir	-	0.0425

Kawasan rawan banjir ditetapkan dengan kriteria kawasan yang diidentifikasi sering dan /atau berpotensi tinggi mengalami bencana alam banjir. Sebagaimana besar wilayah kabupaten Pasuruan yang berada didaerah pesisir merupakan daerah rawan banjir.

Dari data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Pasuruan pada kejadian banjir tanggal 26 Januari 2017, 3 kecamatan yang terdampak banjir yakni sejumlah 6 desa di Kecamatan Winongan, yang terendam banjir mencapai 1.481 KK, Kecamatan Grati ada 8 desa dengan jumlah 4.397 KK dan di Rejoso ada 4 desa dengan jumlah 2.600 KK. Banjir juga merusak 1 buah rumah di Grati dan plengsengan sungai di Winongan jebol.

Berdasarkan data RTRW Kabupaten Pasuruan 2009 – 1029, tentang kawasan bencana rawan banjir, yang didapatkan dari Bappeda Kab. Pasuruan,

diidentifikasi beberapa lokasi rawan banjir di DAS Rejoso, seperti dapat dilihat pada tabel berikut, sedangkan peta Rawan Bencana Banjir di Kabupaten Pasuruan dapat dilihat pada Gambar berikut.

Tabel 3.5 Lokasi Rawan Banjir di DAS Rejoso

No	Nama Sungai	Desa	Kecamatan	Kota/Kabupaten
1	Sungai Rejoso	Jarangan	Rejoso	Kab. Pasuruan
		Sambirejo	Rejoso	Kab. Pasuruan
		Patuguran	Rejoso	Kab. Pasuruan
		Kamantrenrejo	Rejoso	Kab. Pasuruan
		Kawisrejo	Rejoso	Kab. Pasuruan
		Toyaning	Rejoso	Kab. Pasuruan
		Kedungbako	Rejoso	Kab. Pasuruan
		Kedawungkulon	Grati	Kab. Pasuruan
		Kedawungwetan	Grati	Kab. Pasuruan

### 3.2. Data

#### a. Data primer

Data primer didapat dari pengukuran di lapangan yang meliputi pengukuran pasang surut selama 15 hari dan arus selama 1 hari untuk validasi model.

#### b. Data sekunder

Data sekunder terdiri dari bathimetri, data meteorologi, gelombang dan pengukuran-pengukuran yang pernah dilakukan.

#### 3.2.1. Analisis Data

Langkah-langkah analisis adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan data angin ke data gelombang.
2. Analisa data dengan menggunakan software DELFT3D
3. Menganalisa model morfologi pantai.
4. Validasi model dengan data arus dan pasang di lapangan.

#### 3.2.2. Persiapan Data

Sebelum melakukan simulasi dibutuhkan data. Data yang diperlukan untuk melakukan simulasi ini adalah peta bathimetri, peta topografi, data pasang surut dan data sedimentasi. Sumber peta dan data berasal serta penggunaannya pada simulasi ini dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Sumber Data dan Penggunaannya pada Simulasi

No	Data	Penggunaan Data	Spesifikasi
1	Peta Bathimetri	Kedalaman area	Elevasi Kontur per 1 m
2	Peta Topografi	Kontur	Elevasi Kontur per 1 m
3	Data Sedimen	Angkutan Sedimen	Ukuran median sedimen D50
4	Data Pasang Surut	Batasan simulasi arus	Diukur selama 15 hari

a. Peta Bathimetri

Peta bathimetri merupakan peta kedalaman air dan konfigurasi topografi bawah laut. Peta ini pada umumnya mempunyai sistem koordinat yang bereferensi pada system koordinat peta topografi. Cakupan wilayah pengukuran bathimetri ini meliputi jarak dari muara sepanjang garis pantai ke kanan 8 km dan ke kiri 8 km. Peta Bathimetri diperoleh dari Pusat Riset Kelautan KKP.

b. 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.

c. Data Sedimentasi

Data sedimen digunakan untuk melakukan simulasi angkutan sedimen dasar dan menjadi data *input* pada Delft3D-FLOW. Dalam hal ini data sedimen yang digunakan pada pemodelan ini hanya sedimen dasar (*bed load*). Ukuran sedimen yang digunakan adalah D50. Data ukuran sedimen diperoleh dari Dinas PU SDA Provinsi Jawa Timur.

d. Data pasang surut

Untuk mengetahui 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.

### **3.3 Simulasi Pasang Surut dengan Delft3D-FLOW**

Simulasi dapat berjalan pada Delft3D-FLOW diperlukan daerah simulasi (*domain*) yang menunjukkan daerah yang dihitung dan batasan daerah hitungan. Daerah simulasi terdiri dari pembuatan *grid* dengan menggunakan Delft3DRGFGRID dan pemasukan data kedalaman dengan menggunakan Delft3DQUICKIN. Selain itu memerlukan data input lain yang diperlukan untuk proses simulasi dapat berjalan.

#### **3.3.1 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 2 km sejajar garis pantai dengan menggunakan ArcGIS.

ArcGIS berfungsi untuk mendigitasi daerah yang digunakan untuk simulasi. Peta yang digunakan untuk medigitasi wilayah yang disimulasi bersumber dari *Google Earth*.

Output yang telah didigitasi dalam bentuk koordinat X dan Y kemudian dipindahkan ke texpad 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.

#### **3.3.2 Pembuatan Grid**

Grid yang digunakan pada simulasi dalam bentuk *coordinate cartessian* berbentuk persegi. Pembuatan grid ini menggunakan program Delft3DRGFGRID, tujuan dari Delft3D-RGFGRID ini adalah untuk membuat *grid*, memodifikasi, dan memvisualisasikan orthogonal untuk Delft3D-FLOW. Pembuatan grid menggunakan Delft3D-RGFGRID, grid pada pemodelan menggunakan ukuran 40 x 40 dengan menggunakan koordinat spherical.

#### **3.3.3 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 pengukuran dilapangan akan didapat data dalam bentuk \*.xyz kemudian diekspor ke texpad dan disimpan dalam bentuk \*.xyz. Data format \*.xyz tersebut menjadi data input Delft3D-QUICKIN.

#### **3.3.4 Description**

*Description* adalah kotak teks yang digunakan untuk menginformasikan simulasi yang dilakukan atau untuk menerangkan tujuan dari simulasi yang akan dilakukan. Data grup ini mampu menampung 10 baris kalimat.

#### **3.3.5 Domain**

*Domain* merupakan area permodelan yang ditinjau untuk simulasi. Cakupan wilayah domain pada daerah simulasi adalah 2 km sejajar garis pantai dengan luasan 1 km ke kiri dan 1 km ke kanan. Pada simulasi ini akan menggunakan 2 skenario yaitu dengan dibangunnya *jetty* dan tanpa ada *jetty*. Skenario dengan dibangunnya *jetty* akan menggunakan *jetty* dengan panjang 120 m pada sebelah kiri dan 120 m sebelah kanan. Parameter data grup *Domain* berisikan beberapa sub-data yaitu *Grid parameters*, *Bathymetry*.

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

#### **3.3.6 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.

### **3.3.7 Processes**

*Processes* digunakan sebagai input tambahan yang akan digunakan untuk simulasi. Parameter *Processes* terdiri dari dua data grup yaitu *constituents* dan *physical*. Sub-data *constituents* terdiri dari *salinity*, *temperature*, *pollutants and tracers*, dan *sediments*. Sedangkan sub-data *physical* terdiri dari *wind*, *waves*, *secondary flow*, dan *tidal forces*. Untuk simulasi ini pada data grup *Constituents* menggunakan sub-data *sediments*, selanjutnya memilih *sediment noncohesive*. Pada data grup *physical* menggunakan sub-data *wave* dan Online Delft3D-WAVE.

### **3.3.8 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.

### **3.3.9 Physical parameters**

*Physical parameters* merupakan parameter fisik yang berhubungan dengan kondisi area permodelan. Parameter tersebut meliputi *constant*, *roughness*, *viscosity*, *sediment*, dan *morphology*. Pada *morphology* akan diisi *morphology scale factor*. Tujuan mengisi *morphology scale factor* adalah untuk melihat dampak perubahan morfologi pantai dengan rentang waktu lebih lama dari pemodelan. Data – data yang diinput pada *Physical Parameters* antara lain konstanta percepatan dan berat jenis air, kekasaran, viskositas dan sedimen.

### **3.3.10 Monitoring**

Pada data grup *monitoring* terdiri dari *observation*, *drogues*, dan *crosssection*. Dalam pemodelan ini hanya menggunakan sub-data *observation*.

Subdata *observation* meninjau setiap waktu perhitungan ketika pemodelan pada suatu titik tertentu yang telah dipilih.

### **3.3.11 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.

## **3.4 Simulasi gelombang dengan *Master definition wave* (Mdw-file)**

*Mdw-file* merupakan file masukan pada Delft3D-WAVE yang berisi informasi untuk menjalankan suatu simulasi gelombang. Sama halnya dengan *Mdw-file*, *Mdw-file* juga terdiri dari beberapa kelompok data input. Pada pemodelan ini data grup yang digunakan antara lain: *description*, *hydrodynamics*, *grid*, *time frame*, *boundaries*, *obstacles*, *physical parameters*, *output parameters*.

### **3.4.1 Hydrodynamics**

Data *Hydrodynamics* adalah data yang digunakan untuk menghubungkan hasil perhitungan arus pada *Mdf-file* ke perhitungan gelombang di *Mdw-file*. Penelitian ini menggunakan hasil *hydrodynamics* dari modul Delft3D-FLOW antara lain *bathymetry*, *water level*, dan *current*. Pengaktifan hubungan hasil pada hitungan arus ke hitungan gelombang akan dilakukan dengan mengaktifkan *select FLOW file* yang akan otomatis menghubungkan *Mdw-file* dan *Mdf-file*.

### **3.4.2 Grid**

Data grup *grid* terdiri *computational grid*, *bathymetry*, *spectral resolution*, dan *nesting*. Pada simulasi ini data grup *grid* yang digunakan pada simulasi ini hanya *bathymetry* dengan cara klik *select bathymetry data* untuk mengimpor file atribut kedalaman (\*.dep) yang telah diselesaikan dengan menggunakan Delft3DQUICKIN.

### **3.4.3 Time frame**

*Time frame* adalah waktu simulasi yang merekam setiap *propagation* yang terjadi dalam interval waktu. Sub-data dari *time frame* yang digunakan adalah *FLOW time points*. Pada simulasi ini, lama simulasi 15 hari dengan memilih waktu yang berisikan tanggal dan waktu awalnya simulasi.

### **3.4.4 Boundaries**

Data grup *boundaries* adalah batasan yang ditetapkan untuk suatu wilayah simulasi. *Boundaries* mempunyai parameter-parameter yang berhubungan dengan simulasi. Parameter-parameter tersebut adalah terdiri dari *data for selected* dan *boundary conditions*. Data yang di input adalah *boundary orientation* dan *edit conditions*. Pada *boundaries* ini perlu di input data tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ), periode gelombang signifikan ( $T_s$ ), dan sudut gelombang (*nautical*) dengan cara mengklik *edit condition*.

### **3.4.5 Physical parameters**

Pada data grup *physical parameters* berisikan data input fisik yang digunakan untuk simulasi gelombang pada DELFT3D-WAVE. Pada *Physical parameters* terdapat beberapa parameter yang digunakan yaitu *constants*, *wind*, *processes* dan *various*. Parameter - parameter ini merupakan data input fisik yang mempengaruhi kondisi area simulasi.

### **3.4.6 Output parameter**

Pada *output parameter* ini terdiri dari 3 sub-data yaitu *write and use hotstart file*, *only verify input files*, dan *output for FLOW grid*. Sub-data yang digunakan pada pemodelan ini adalah *Write and use hotstart file* dan *output FLOW grid*. Selanjutnya *output for computational grids* diaktifkan agar terhubung dengan Delft3D-FLOW.

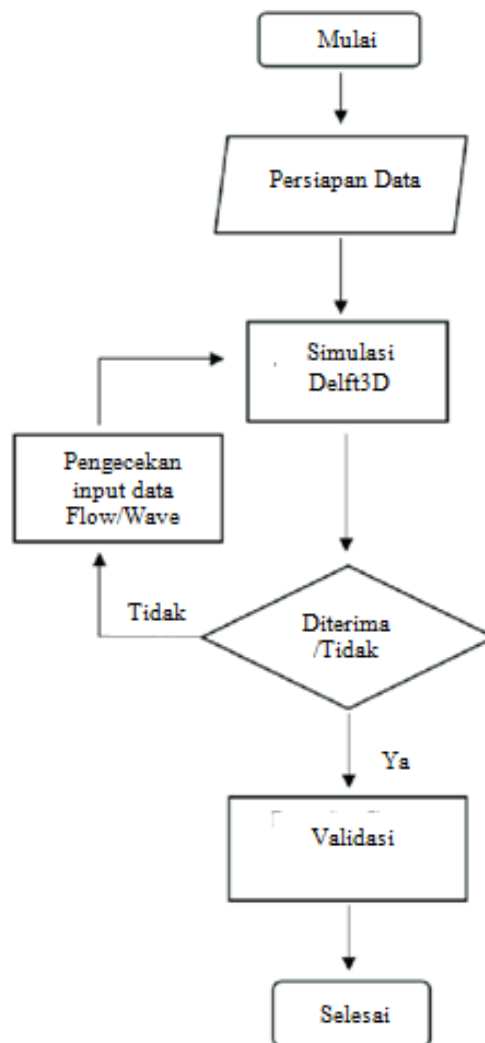
## **3.5 Perubahan Morfologi Pantai**

Setelah Mdf-file dan Mdw-file dijalankan selama rentang waktu yang telah ditetapkan pada *master definition flow file* yaitu data grup pada *physical parameters*, maka akan diperoleh bentuk morfologi pantai. Apakah mengalami erosi/abrasi atau sedimentasi, dapat dilihat dengan cara bathimetri baru akan dikurangi dengan bathimetri awal. Nilai negatif (-) menandakan erosi, nilai positif(+) sedimentasi. Pada penelitian ini morfologi skala faktor yang digunakan selama 3 tahun. Untuk dapat menjalankan simulasi selama 3 tahun maka diperlukan morfologi skala faktor. Morfologi skala faktor merupakan simulasi secara numerik dengan skala waktu puluhan tahun. Pada simulasi ini diisi morfologi skala faktor yang berbeda berdasarkan persentase kemunculan angin dengan lama simulasi selama 15 hari.

## **3.6 Skenario Simulasi**

Pada pemodelan ini digunakan dua skenario. Pada skenario 1 adalah perubahan morfologi pantai yang dilihat tanpa adanya bangunan jetty sedangkan pada skenario 2 adalah perubahan morfologi pantai yang dilihat berdasarkan pengaruh dibangunnya *jetty*.

### 3.7. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian

#### 3.7.1. Persiapan Data

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 3.3, sebelum melakukan simulasi dibutuhkan data. Data yang diperlukan untuk melakukan simulasi ini adalah peta bathimetri, peta topografi, data pasang surut dan data sedimentasi. Data primer didapat dari pengukuran di lapangan yang meliputi pengukuran pasang surut

selama 15 hari dan arusselama 1 hari untuk validasi model. Data sekunder terdiri dari bathimetri, data meteorologi, gelombang dan pengukuran-pengukuran yang pernah dilakukan. Dari data tersebut dilakukan pengolahan data angin dan pengolahan data pasut menjadi astronomical data untuk input Delft3D

### **3.7.2. Langkah-langkah Simulasi**

Simulasi dapat berjalan pada Delft3D-FLOW diperlukan daerah simulasi (*domain*) yang menunjukkan daerah yang dihitung dan batasan daerah hitungan. Daerah simulasi terdiri dari pembuatan *grid* dengan menggunakan Delft3DRGFGRID dan pemasukan data kedalaman dengan menggunakan Delft3DQUICKIN. Selain itu memerlukan data input lain yang diperlukan untuk proses simulasi dapat berjalan. Sementara itu *Mdw-file* merupakan file masukan pada Delft3D-WAVE yang berisi informasi untuk menjalankan suatu simulasi gelombang. Sama halnya dengan *Mdw-file*, *Mdw-file* juga terdiri dari beberapa kelompok data input. Pada pemodelan ini data grup yang digunakan antara lain: *description, hydrodynamics, grid, time frame, boundaries, obstacles, physical parameters, output parameters.*

Hasil simulasi dengan kedua skenario tersebut kemungkinan tidak langsung sesuai dengan yang diharapkan. Perlu dilakukan trial dan error agar simulasi bisa diterima. Apabila dari hasil simulasi diperoleh hasil error, harus dilakukan pengecekan ulang dari seluruh input data yang ada hingga hasil running selanjutnya dihasilkan error = 0.

### **3.7.3. Validasi dengan Data Lapangan**

Data lapangan yang digunakan untuk validasi adalah data pasang surut dan pata arus. Data dari hasil simulasi berupa file csv yang diekspor dari Quickplot-TRIH kemudian dibuat dalam bentuk grafik dan dilakukan overlay dengan data lapangan. Apabila diperoleh MRE kurang dari 50%, maka hasil simulasi dapat dinyatakan valid.

## BAB IV

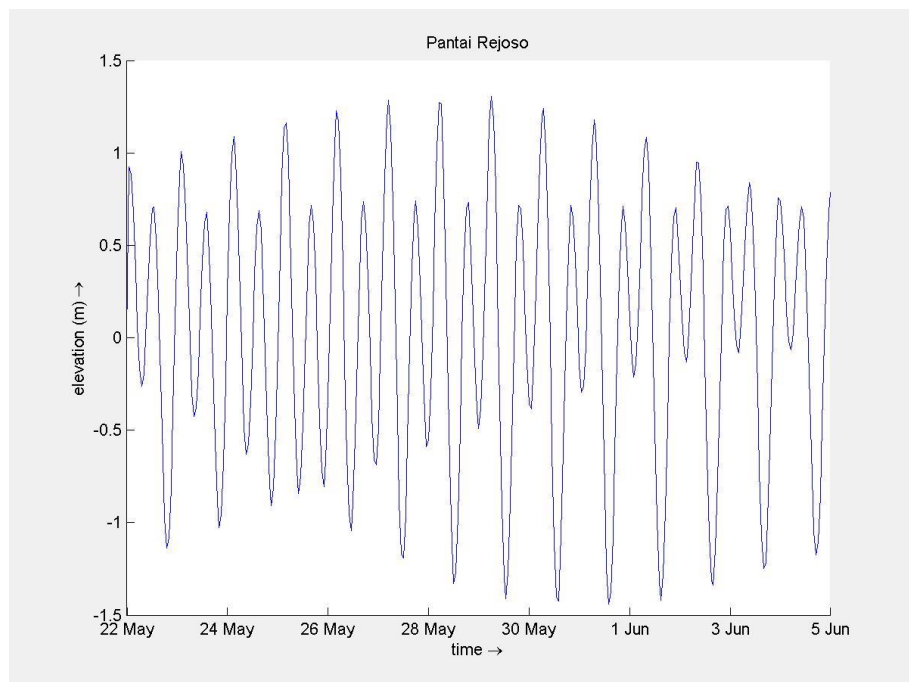
### PEMBAHASAN

#### 4.1. Validasi Data

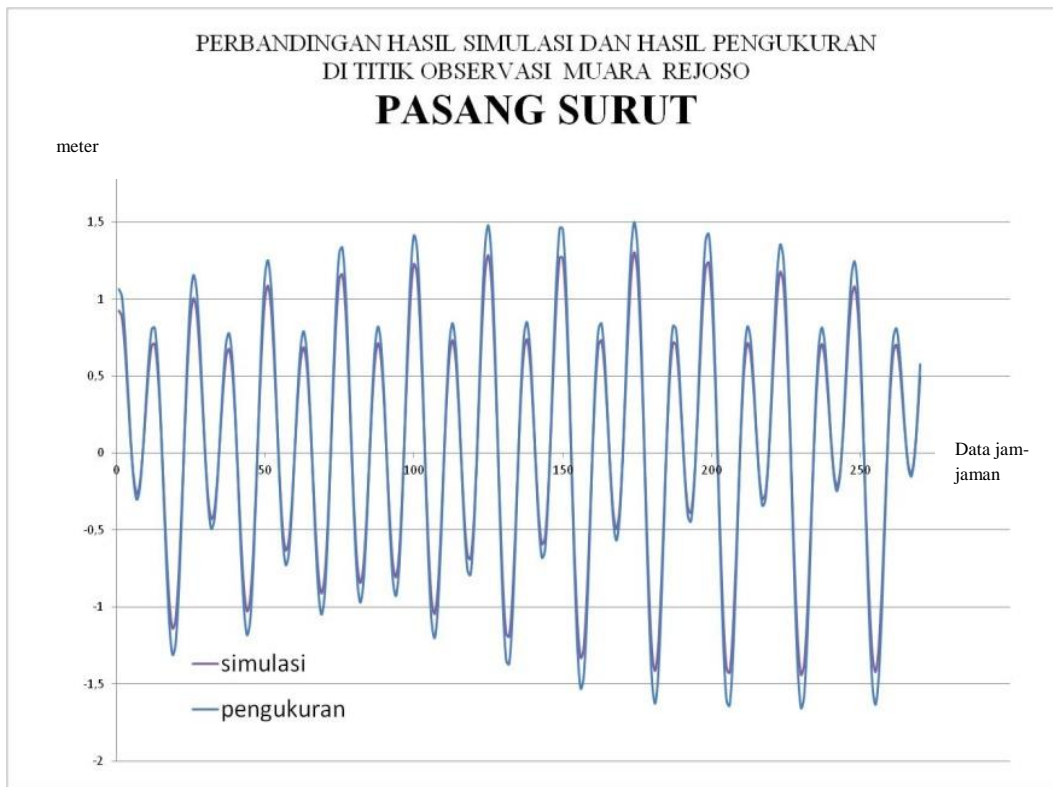
Validasi dilakukan dengan mencocokkan data inputan pasang surut dan data arus dari proses pengamatan di lapangan dengan data hasil simulasi numerik pada *software* Delft3D. Hal ini bertujuan agar simulasi yang dilakukan sesuai dengan keadaan di lokasi nyata.

##### 4.1.1. Validasi Data Pasang Surut

Hasil yang digunakan validasi berasal dari hasil simulasi kondisi awal (kondisi eksisting) Validasi pasang surut dilakukan dengan mencocokkan hasil simulasi *water level* dengan data pasang surut. Data pasang surut selama 15 hari diinputkan di Delft3D sehingga akan di dapatkan grafik yang sesuai dengan data hasil pengamatan. Dari hasil validasi pasang surut terdapat eror sebesar 4,1%. Error sebesar 4,1 % membuktikan bahwa model sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Berikut merupakan grafik perbandingan antara data pengamatan lapangan dengan hasil simulasi Delft3D.



Gambar 4.1 Pasang Surut Hasil Simulasi



Gambar 4.2 Perbandingan Pasang Surut Hasil Simulasi dan Pengukuran Hasil verifikasi pasut diperoleh nilai presentase MRE (*Mean relative Error*) 4,1%.

#### 4.1.2. Validasi Arus

Hasil yang digunakan validasi berasal dari hasil simulasi kondisi awal (kondisi eksisting) Validasi arus dilakukan dengan mencocokkan hasil simulasi *velocity* dengan data arus di lapangan pada tanggal pengukuran, yaitu satu hari pada 22 Mei 2018 selama 24 jam.

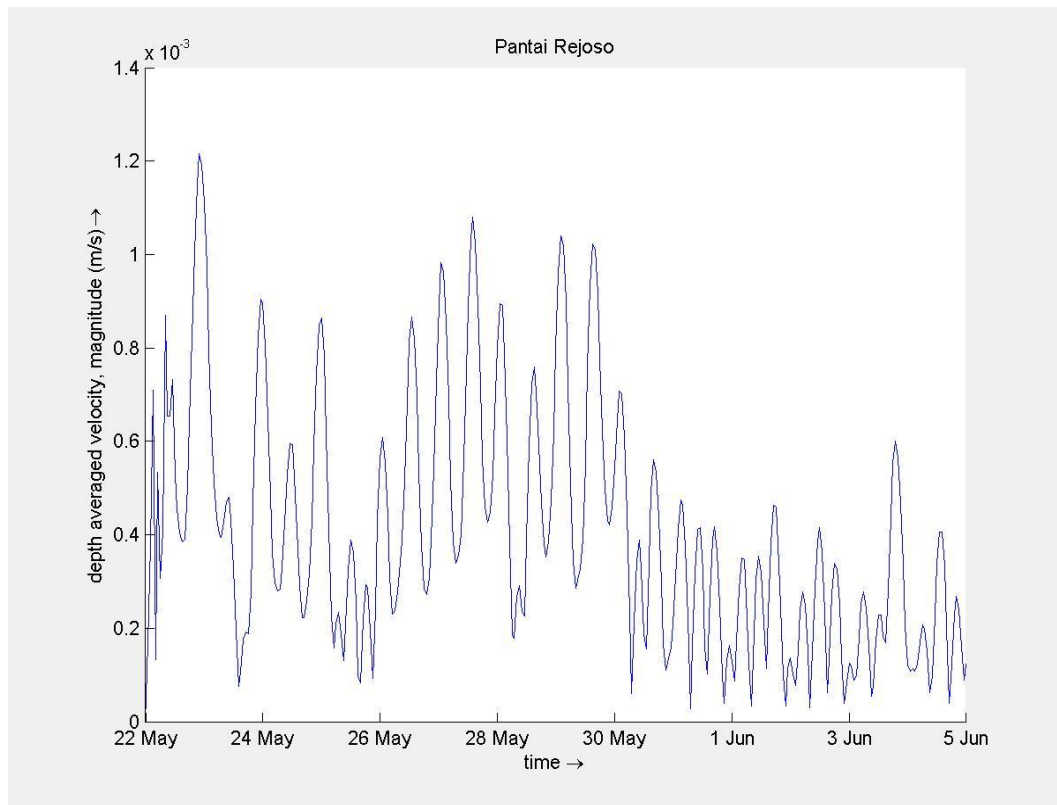
Hasil verifikasi arus diperoleh nilai presentase MRE (*Mean relative Error*) senilai 6,9 %. Nilai-nilai kesalahan yang diperoleh dari hasil verifikasi hasil model dengan data lapangan pada 22 Mei 2018 adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Verifikasi hasil model dengan lapangan

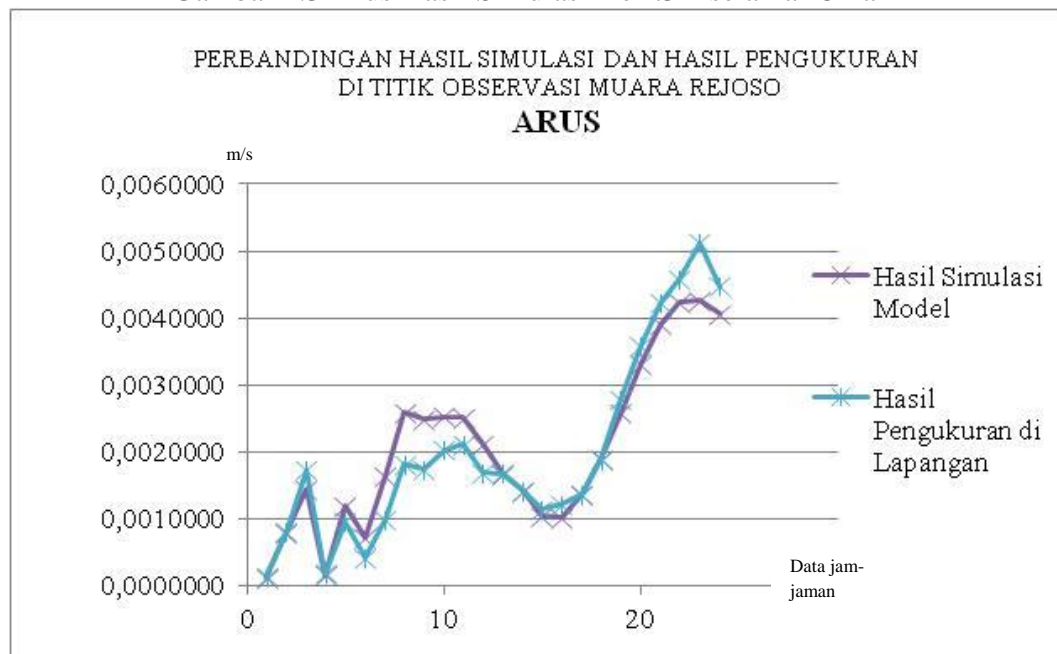
No	Parameter	Relative Error	Mean Relative Error (%)
1	Elevasi Muka Air	0,04	4,1
2	Kecepatan Arus	0,07	6,9

Sumber : Hasil Perhitungan





Gambar 4.3 Arus Hasil Simulasi Delft3D selama 15 hari



Gambar 4.4 Verifikasi Data Arus 22 Mei 2018

## 4.2. Hidrodinamika

Data fisik dari rencana jetty pada skenario dimaksud dalam Bab III adalah :

- Lebar mulut jetty : 25 meter
- Elevasi puncak : 3 meter
- Panjang jetty sebelah barat : 120 meter
- Panjang jetty sebelah timur : 120 meter

#### **4.2.1. Analisis Data Angin dan Gelombang**

Pada analisa data angin dan gelombang, menggunakan asumsi sebagai berikut :

1. Karakteristik gelombang yang ditinjau adalah tinggi gelombang, periode gelombang, refraksi gelombang, shoaling dan gelombang pecah.
2. Analisa gelombang yang digunakan adalah teori gelombang amplitudo kecil
3. Tinggi dan periode gelombang laut dalam diperoleh dengan metode hindcasting
4. Gelombang yang dihitung adalah gelombang yang diakibatkan oleh angin
5. Data angin yang dipakai adalah data angin 10 tahun terakhir dari BMKG Juanda, Sidoarjo.

##### **a. Pengolahan Data Angin**

Data angin maksimum digunakan untuk menghitung dan gelombang rencana, dimana gelombang rencana yang besar diperoleh dari data angin maksimum. Data angin maksimum diplot dalam sebuah tabel persentase dan kecepatan angin dibagi dalam lima kelompok angin yang besarnya berkisar antara 0 sampai 31 knot. Pada simulasi ini menggunakan dua arah angin. Arah angin yang digunakan pada simulasi ini adalah arah Timur dan arah Timur Laut. Pemilihan arah angin yang digunakan pada simulasi ini berdasarkan arah angin dominan yang datang dari laut yang dapat membangkitkan gelombang.

Data kecepatan angin telah dianalisa dalam bentuk persentase kemudian diplot dalam bentuk mawar angin (*wind rose*). Data angin yang digunakan adalah data angin rata-rata dan data angin maksimum selama tahun 2009 hingga tahun 2018. Dari data angin tersebut kita dapat membuat *wind rose* untuk mencari arah angin dominan.

Tabel 4.2. Kejadian angin maksimum di BMKG Juanda tahun 2007-2018

Arah Angin	0-0,5	0,5-2,1	2,1-3,6	3,6-5,7	5,7-8,8	Total
Barat Laut	24,6	2,78	2,51	0,93	0,23	6,45
Selatan		6,87	6,09	2,55	0,63	16,14
Tenggara		1,35	0,84	0,51	0,27	2,97
Barat Daya		1,29	0,84	0,51	0,7	3,33
Timur		7,46	4,3	2,61	1,71	16,08
Utara		2,04	1,2	0,44	0,23	3,92
Barat		0,33	0,32	0,08	0,08	2,81
Timur Laut		4,55	3,51	0,61	0,11	8,78
	24,6	23,2	29,5	21,4	1,3	100

Sumber : Hasil Perhitungan

Arah angin dominan menjadi acuan dalam penentuan panjang fetch, sehingga dari wind rose di atas diperoleh dua arah angin dominan yaitu timur dan timur laut. Data angin juga digunakan untuk mendapatkan nilai Morfac (*Morphological scale factor*). Untuk mendapatkan nilai morfac selama 1 tahun dengan lama 15 hari simulasi. Perhitungan untuk mendapatkan nilai morfac dapat dilihat perhitungan berikut :

Simulasi 15 hari = 0,5 bulan

Simulasi 30 hari = 1 bulan

Persentase kemunculan angin keseluruhan =  $16,08 + 3,92 + 2,81 + 8,78 = 31,59$

Untuk simulasi selama 1 tahun =  $0,5 \times 24 = 1$  tahun

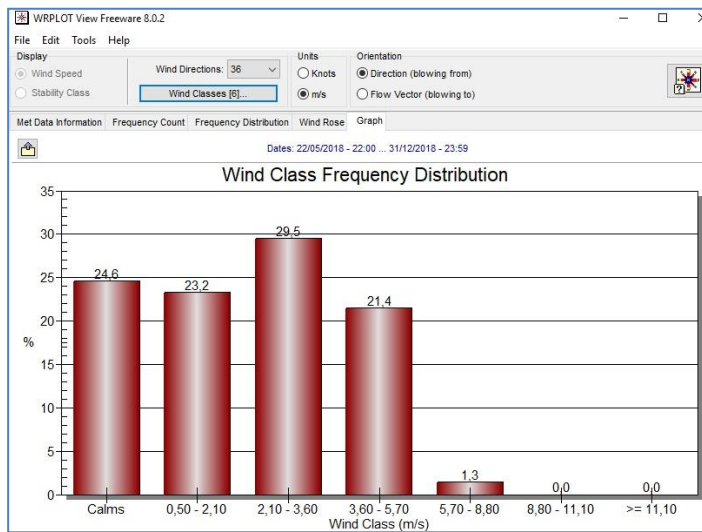
Untuk arah Barat =  $16,08/31,59 = 0,509$

Morfac =  $0,509 \times 24 = 12,216$

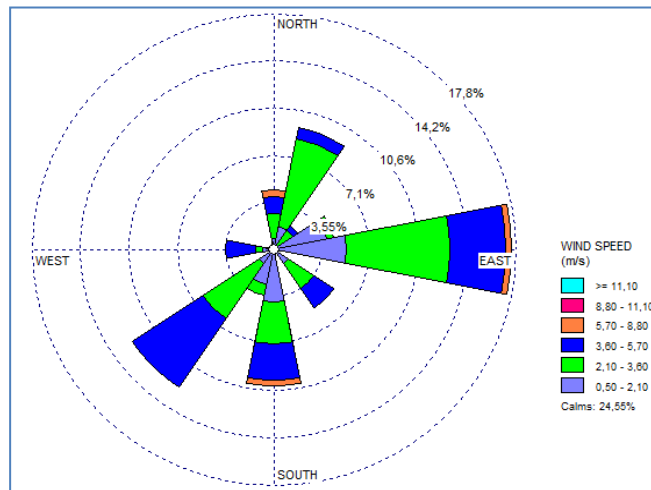
Tabel 4.3. Perhitungan Morfac

c	Prosentase kemunculan angin	Prosentase kemunculan selama 1 tahun	Morfac
Timur	16,08	0,509022	12
Utara	3,92	0,12409	3
Barat	2,81	0,088952	2
Timur Laut	8,78	0,277936	7
	31,59	1	24

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.5. Grafik Distribusi Angin Hasil Plotting pada *Software* WRPlot



Gambar 4.6. *Wind Rose* Angin Maksimum Hasil Plotting di WRPlot

Tabel 4.5 kecepatan angin dan gambar 4.6 dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum dari arah Timur. Hal ini disebabkan karena daerah Timur merupakan arah keluar selat dan secara topografi tidak ada penghalang untuk arah angin masuk kedalam bagian muara. Tabel 4.1 juga diketahui bahwa daerah gelombang dari arah timur mempunyai daerah pembangkitan gelombang yang lebih besar. Data angin yang digunakan untuk peramalan tinggi dan periode gelombang harus dikoreksi terhadap elevasi, stabilitas, efek lokasi dan koefisien seret untuk mendapatkan *wind stress factor* atau faktor tenaga angina (*UA*). Data angin yang digunakan adalah data angin maksimum bulanan yang akan menyebabkan tinggi gelombang maksimum.

## b. Penentuan fetch

Dari hasil analisis fetch pada tabel 4.4 didapat fetch efektif terpanjang dari arah timur yaitu sebesar 204,3 km. Data fetch ini akan digunakan dalam menghitung tinggi gelombang di laut dalam.

Tabel 4.4. Perhitungan Fetch

$\alpha$	$\cos \alpha$	x (km)			
		timur	utara	barat	timur laut
45	0,5253	291,2257	101,9389	17,9532	115,1202
30	0,1543	268,1870	97,1666	16,5319	118,4526
25	0,9912	245,1483	92,3943	15,1106	121,7850
20	0,4081	222,1096	87,6220	13,6893	125,1174
15	-0,7597	199,0709	82,8497	12,2680	128,4498
10	-0,8391	176,0322	78,0774	10,8467	131,7822
5	0,2837	152,9935	73,3051	9,4254	135,1146
0	1,0000	129,9548	68,5328	8,0041	138,4470
-5	0,2837	123,5926	72,2539	6,8852	140,3215
-10	-0,8391	117,2304	75,9750	5,7663	142,1960
-15	-0,7597	110,8682	79,6961	4,6474	144,0705
-20	0,4081	104,5060	83,4172	4,5285	145,9450
-25	0,9912	98,1438	87,1383	4,4096	147,8195
-30	0,1543	91,7816	90,8594	4,2907	149,6940
	2,0022				
x.cos $\alpha$	timur	utara	barat	timur laut	
	152,9873	53,5507	9,4312	60,4752	
	41,3682	14,9881	2,5501	18,2715	
	242,9917	91,5815	14,9777	120,7136	
	90,6389	35,7570	5,5864	51,0582	
	-151,2318	-62,9399	-9,3199	-97,5818	
	-147,7036	-65,5125	-9,1012	-110,5747	
	43,3985	20,7939	2,6736	38,3269	
	129,9548	68,5328	8,0041	138,4470	
	35,0585	20,4957	1,9531	39,8039	
	-98,3647	-63,7485	-4,8383	-119,3126	
	-84,2252	-60,5442	-3,5306	-109,4486	
	42,6470	34,0411	1,8480	59,5575	
	97,2804	86,3717	4,3708	146,5191	
14,1574	14,0152	0,6618	23,0905		
408,9575	187,3826	25,2668	259,3457		
FETCH EFEKTIF Perairan Rejoso	timur	utara	barat	timur laut	
	204,3	102,0	12,6	129,5	

Sumber : Hasil Perhitungan

## c. Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Data angin yang dianalisa adalah data kecepatan dan arah angin maksimum harian dalam selang waktu 10 tahun terakhir, yakni tahun 2009 –2018. Data angin diperoleh dari Stasiun BMKG Juanda (WARR 96935 pada S 07'22'38" dan E 112'47'38). Arah angin diklasifikasikan dalam delapan arah mata angin. Kecepatan angin diukur dengan anemometer dan dinyatakan dalam knot. Satu

knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui katulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1.852 km/jam = 0.5144 m/d.

Data angin diperlukan untuk perkiraan tinggi dan periode gelombang. Data angin tersebut harus dikoreksi terhadap elevasi, stabilitas, dan efek lokasi untuk mendapatkan faktor tegangan angin (UA). Data angin yang digunakan adalah data angin maksimum harian yang setelah diolah pada akhirnya akan didapat tinggi gelombang maksimum.

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan nilai UA (Perhitungan pada data angin tanggal 18 November 2018 ) :

#### ***Koreksi Terhadap Elevasi***

Data angin diambil dari BMKG Juanda dengan elevasi +3 m dari muka air laut.

$$U(10) = U(z) / (10/3)^{1/7}$$

Dimana :

$$U(z) = 6.8 \text{ m/d}$$

$$z = 3 \text{ m}$$

$$U(10) = 6.8 / (10/3)^{1/7}$$

$$U(10) = 8,08 \text{ m/d}$$

#### ***Koreksi Terhadap Stabilitas dan Efek Lokasi***

Karena tidak ada data suhu udara, maka diambil  $RT = 1,13$  sedangkan nilai  $RL$  bervariasi sesuai dengan kecepatan angin (Gambar 2.1 pada Bab II).

$$UA = RT.RL.U(10)$$

dimana:

$$U(10) = 6.8 \text{ m/det}$$

$$RL = 1,26$$

$$RT = 1,13$$

$$UA = 1.13 \times 1.26 \times 6.8 \text{ m/det} = 8.65 \text{ m/det}$$

#### **d. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang**

Langkah-langkah perhitungan *hindcasting* gelombang untuk mendapatkan nilai  $H_o$  dan  $T_o$  adalah sebagai berikut :

Perhitungan digunakan data tanggal 18 November 2018 arah angin barat laut :

$$T_{fetch} = 68,8 \sqrt{F23/g13 / UA13} = 81926.9999 \text{ det}$$

$$(F \text{ digunakan } F_{eff} = 463.809 \text{ km} = 463809 \text{ m})$$

$t_i = 6$  jam (21600 dtk (pengukuran data angin harian maximum per 6 jam dari BMKG Juanda)

Karena  $t_{fetch} > t_i$  maka maka kondisi gelombang termasuk *Duration Limite*.

### e. Perhitungan Koefisien Refraksi

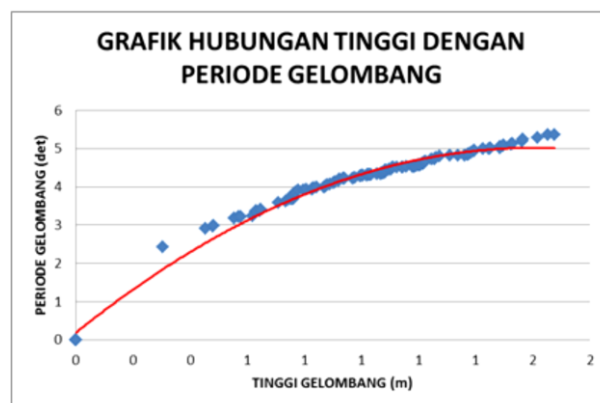
Berikut hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum yang telah dihitung dengan metode *hindcasting* untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan. Berdasarkan grafik hubungan tinggi ( $x$ ) dengan periode gelombang ( $y$ ) pada gambar 7 didapatkan persamaan yaitu :

$$y = -0,3395x^2 + 3,0066x + 1,4724$$

Metode Perhitungan Analitis

- Menentukan sudut datang gelombang ( $\alpha$ ).
- Sudut datang gelombang ( $\alpha$ ) =  $45^\circ$
- Menentukan kedalaman ( $d$ ), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan. Kedalaman diambil mulai dari -25 m sampai -0.1 m
- Tentukan tinggi dan periode gelombang rencana (yang paling maksimum dari arah tinjauan).

Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (10 tahun data masukan) yang telah dihitung dengan metode *hindcasting* untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.



Gambar 4.7. Grafik hubungan Tinggi dengan Periode Gelombang

$$H_o = 1,6747 \text{ m}$$

$$T_o = -1,8671.H_o^2 + 6,0071.H_o = 5,0144 \text{ det}$$

a) Hitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus :

$$L_o = 1,56 T^2 ,$$

dimana:

$L_o$  = Panjang gelombang laut dalam

$T$  = Periode gelombang laut dalam

$$L_o = 1,56 * (5,0144)^2 = 39,2249 \text{ m}$$

b) nilai  $\alpha = d/L_o = 0,64 / 39,2249 = 25$

Cari nilai  $d/L$  untuk nilai  $d/L_o = 0,64041$  (Tabel L-1 Bambang Triatmodjo)

Tabel 4.5. Pembacaan nilai  $d/L$  dan  $n$

396 TEKNIK PANTAI

**Tabel L-1. Lanjutan.**

$\frac{d}{L_o}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_s$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.6000	0.60063	3.7739	0.9989	21.763	21.786	0.997	0.0459	7.5477	948.21	948.2	0.5040
0.6100	0.61056	3.8363	0.9991	23.166	23.187	0.997	0.0431	7.6726	1074.3	1074.	0.5036
0.6200	0.62051	3.8988	0.9992	24.660	24.681	0.997	0.0405	7.7975	1217.3	1217.	0.5032
0.6300	0.63045	3.9613	0.9993	26.252	26.271	0.998	0.0381	7.9225	1379.3	1379.	0.5029
0.6400	0.64041	4.0238	0.9994	27.947	27.965	0.998	0.0358	8.0476	1563.1	1563.	0.5026

Untuk  $d/L_o = 0,6400$  (ditabel lihat yang diberikan lingkaran merah), didapat nilai:

$$d/L = 0,64041$$

maka  $L = 39,0375 \text{ m}$ .

Cepat rambat gelombang :

$$C_o = 7,8225 \text{ m/det } T L_o$$

$$C = 7,7851 \text{ m/dt } T L$$

$$\sin \alpha = C/C_o .$$

$$\sin \alpha_o = 0,6463$$

$$\alpha = 44,7369^\circ$$

Koefisien refraksi:

$$K_r = 0,9977$$



Tabel 4.6 Perhitungan Koefisien Refraksi

$a_0$	d	$H_0$	T	$L_0$	d/ $L_0$	d/L	L
45	25	1.6747	5.0144	39.2249	0.64	0.64041	39.0375
44.7369	20	1.6710	4.9640	38.4408	0.52	0.52148	38.3524
44.6119	15	1.6558	4.9680	38.5029	0.39	0.39546	37.9305
43.8165	10	1.6026	4.9751	38.6127	0.26	0.27660	36.1533
40.5458	5	1.4641	4.9429	38.1141	0.13	0.16657	30.0174
31.0339	1	1.2584	4.7599	35.3451	0.03	0.07135	14.0154
11.8911	0.5	1.3647	4.8747	37.0694	0.01	0.04032	12.4008

$C_0$	C	$\sin a$	a	$\cos a_0 / \cos a$	Kr
7.8225	7.7851	0.6463	44.7369	0.9954	0.9977
7.7439	7.7261	0.6448	44.6119	0.9978	0.9989
7.7501	7.6349	0.6352	43.8165	0.9866	0.9933
7.7612	7.2668	0.5947	40.5458	0.9496	0.9745
7.7109	6.0729	0.4684	31.0339	0.8868	0.9417
7.4255	2.9444	0.1857	11.8911	0.8757	0.9358
7.6045	2.5439	0.0621	3.9559	0.9809	0.9904

Sumber : Hasil Perhitungan

#### f. Perhitungan Koefisien *Shoaling*

Proses penjalaran gelombang menuju daratan terjadi kenaikan tinggi suatu gelombang akibat gelombang tersebut memasuki kawasan perairan yang lebih dangkal. Tinggi gelombang bisa meningkat lebih dari dua kali amplitudo awal, karena adanya perubahan kedalaman tersebut, maka terjadi perubahan kecepatan gelombang.

Koefisien pendangkalan dihitung dengan menggunakan persamaan  $K_s = \sqrt{n_0 L_0 / n L}$  (Triatmodjo, 2012) dengan  $n_0$  adalah koefisien laut dalam (0,5) dan  $L_0$  adalah panjang gelombang laut dalam.

Koefisien pendangkalan:

$$L_0 = 39,2249 \text{ m}$$

Dari tabel perhitungan *shoaling* untuk nilai  $d/L_0 = 0,6400$  diperoleh nilai  $n$  dengan melakukan pembacaan pada tabel.

Untuk nilai  $d/L_0 = 0,6400$  (tabel yang diberikan lingkaran merah yang dihubungkan dengan garis merah), maka didapat nilai  $n = 0,5026$

Setelah perhitungan koefisien refraksi dan shoaling, akan didapat nilai tinggi gelombang yang baru :

$$H = H_0 \cdot K_r \cdot K_s = 1,6705 \text{ m}$$

Tabel 4.7 Perhitungan Koefisien Shoaling

Lo	L	Kr	Ks	H
39.2249	39.0375	0.9977	0.9998	1.6705
38.4431	38.3524	0.9989	0.9920	1.6553
38.5045	37.9305	0.9933	0.9745	1.6022
38.6129	36.1533	0.9745	0.9375	1.4637
38.1114	30.0174	0.9417	0.9127	1.2580
35.3383	14.0154	0.9358	1.1588	1.3642
37.0625	12.4008	0.9904	1.2354	1.6691

Sumber : Hasil Perhitungan

**g. Perhitungan Gelombang Pecah**

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara  $H_o'/gT^2$  dan  $H_b/H_o'$ .

$H_o = 1,6747 \text{ m}$

$T_o = 5,0144 \text{ detik}$

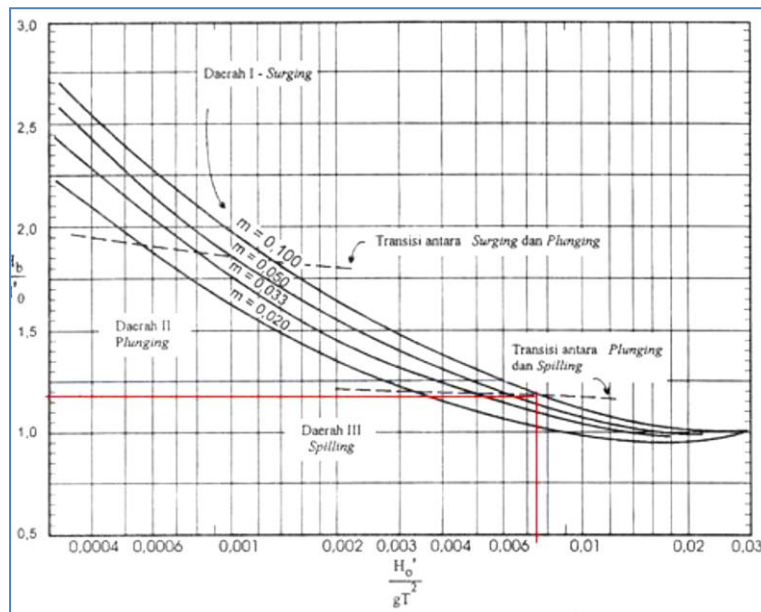
$H = 1,6705 \text{ m}$

$d/L_o = 0,6400$

maka :  $H_o' = K_s H_o = 1,6750 \text{ m}$  sehingga didapat nilai  $H_o'/gT^2 = 0,0068$

Nilai  $H_b$  didapatkan dari hasil plot antara nilai  $H_o'/gT^2 = 0,0068$  dan kemiringan pantai (m) pada grafik Gambar 4.9.

Plot pada grafik untuk :  $H_o'/gT^2 = 0,0068$  dan  $m = 0,063$



Gambar 4.9. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

$H_b/H_o = 1,21$

$H_b = 2.02675 \text{ m}$

Tabel 4.8. Perhitungan Gelombang Pecah

$H_o$	$H_o/gT^2$	m	$H_b/H_o'$	$H_b$
1.6750	0.0068	0.063	1.21	2.0267
1.6840	0.0070	0.053	1.15	1.9366
1.6987	0.0070	0.040	1.14	1.9365
1.7091	0.0070	0.029	1.03	1.7603
1.6038	0.0067	0.024	1.06	1.7000
1.0856	0.0049	0.013	1.14	1.2376
1.1043	0.0047	0.013	1.14	1.2589

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.2.2. Analisis Data Pasang Surut

Perhitungan pasang surut menggunakan data survei 15 hari dimulai pada 22 Mei 2018 hingga 5 Juni 2018 di Pesisir Rejoso. Perhitungan dilakukan sedemikian rupa dengan metode Admiralty (Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Vol. 1) sehingga menghasilkan konstanta-konstanta pasang surut utama seperti pada Tabel 4.8.

Tipe pasang surut pada perairan pesisir Rejoso adalah pasang surut campuran condong harian ganda (Mixed Tide Prevailing Semidiurnal) dengan nilai Formzahl 0,6 ( $0,25 < F < 1,5$ ).

Tabel 4.9. Konstanta Pasang Surut Rejoso

	AMP	PHASE
M2	83.88	202.16
S2	16.79	204.74
N2	9.11	205.1
K2	4.49	206.43
K1	42.42	219.07
O1	22.24	197.85
P1	12.05	212.39
Q1	3.77	187.12
MF	1.4	17.08
MM	0.72	10.93
M4	0.32	14.91
MS4	0.15	315.81
MN4	0.07	28.72

Keterangan :

- M2 : Komponen utama bulan (semi diurnal)
- S2 : Komponen utama matahari (semi diurnal)
- K1 : Komponen bulan
- O1 : Komponen utama bulan (diurnal)
- P1 : Komponen utama matahari (diurnal)

Dengan menggunakan rumus Formzahl ( F )

$$F = ( K1 + O1 ) / ( M2 + S2 ) = 0,6337$$

Kondisi purnama memiliki durasi pasang surut yang cukup lama sehingga dapat menghasilkan elevasi dan pasang yang tinggi, sedangkan kondisi perbani memiliki durasi pasang surut yang cukup pendek sehingga menyebabkan elevasi dan pasang yang rendah.

Tabel 4.10. Perhitungan Data Pasut Hasil Pengukuran di Lapangan

Z0	=	-0,7	meter	MSL	=	-0,7	meter
MHWL	=	0,31	meter	A1	=	1,86	meter
HHWL	=	0,95	meter	DL	=	0	meter
MLWL	=	-1,71	meter	HAT	=	1,16	meter
LLWL	=	-2,35	meter	LAT	=	-2,56	meter

Keterangan :

HWL : muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam 1 siklus pasut

LWL : muka air terendah yang dicapai pada saat air pasang dalam 1 siklus pasut

MHWL: rerata dari muka air tinggi

MLWL : rerata dari muka air rendah

MSL : muka air rerata antara muka air tinggi dan muka air rendah rerata

HHWL: air tertinggi pada saat pasut purnama atau bulan mati

LLWL : air terendah pada saat pasut purnama atau bulan mati

Ketepatan hasil analisa juga tergantung pada ketepatan dan metode survey data yang dilakukan. Direkomendasikan lebih baik survey dilakukan selama 30 hari.

Selanjutnya dilakukan perhitungan komponen data pasut untuk boundary saat FLOW-INPUT, yaitu pada titik-titik batas model di arah barat, utara dan timur sesuai koordinat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Rekapitulasi Perhitungan Komponen Pasut di Flow-Input Delft3D

komponen pasut Rejoso	NORTH BOUNDARY							
	WEST BOUNDARY				EAST BOUNDARY			
	1		2		3		4	
koordinat	112.89392 -7,62092		112, 89392 -7,59310		113,01582 -7,59310		113,01582 -7,62499	
	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
M2	83.88	202.16	83.89	202.16	84	202.18	83.99	202.17
S2	16.79	204.74	16.79	204.74	16.82	204.77	16.81	204.76
N2	9.11	205.1	9.11	205.1	9.12	205.13	9.12	205.12
K2	4.49	206.43	4.49	206.43	4.49	206.46	4.49	206.45
K1	42.42	219.07	42.42	219.07	42.43	219.09	42.43	219.08
O1	22.24	197.85	22.24	197.85	22.25	197.87	22.25	197.86
P1	12.05	212.39	12.05	212.39	12.06	212.41	12.05	212.4
Q1	3.77	187.12	3.77	187.12	3.77	187.14	3.77	187.14
MF	1.4	17.08	1.4	17.09	1.4	17.13	1.4	17.12
MM	0.72	10.93	0.72	10.93	0.72	10.96	0.72	10.95
M4	0.32	14.91	0.32	14.9	0.32	14.83	0.32	14.84
MS4	0.15	315.81	0.15	315.78	0.15	315.6	0.15	315.63
MN4	0.07	28.72	0.07	28.71	0.07	28.69	0.07	28.7

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.2.3. Analisis Data Arus

Analisis data arus ini nantinya akan digunakan sebagai verifikasi data model. Lokasi yang menjadi titik sampling berdasarkan koordinat dari GPS dimana lokasi arus dan gelombang direkam adalah sebagaimana pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Tabel Koordinat Pengukuran Arus

No	Koordinat Geodetic		Koordinat UTM ( 49S)		Elevasi (msl)
	Lintang (LS)	Bujur (BT)	X(m)	Y(m)	Z (m)
BM 00	7°37'28.8322"	112°57'09.724"	715418.800	9156707.267	1.727

Sumber : Hasil Perhitungan

Pengukuran pada stasiun arus dilaksanakan pada tanggal 22 Mei 2018. Pada tanggal tersebut di perairan Pasuruan sedang memasuki musim peralihan ke II. Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan alat ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) Sontek Argonaut XR, dimana data terekam secara otomatis setiap 60 menit selama 1 hari yang digunakan untuk validasi model.

Data kecepatan arus perata-rataan terhadap kedalaman merupakan arus rata-rata yang terjadi pada seluruh kolom air kedalaman perairan tersebut. Komponen kecepatan rata-rata terhadap kedalaman dalam koordinat x dan y didefinisikan sebagai berikut (Sorensen, 1978) :

$$U = \frac{1}{H} \int_{z_b}^{z_b + H} u \, dz$$

$$V = \frac{1}{H} \int_{z_b}^{z_b + H} v \, dz$$

Dengan :

H = kedalaman perairan

$z_b$  = elevasi dasar perairan

$z_b + H$  = elevasi muka air

u = kecepatan horizontal arah x

v = kecepatan horizontal arah y

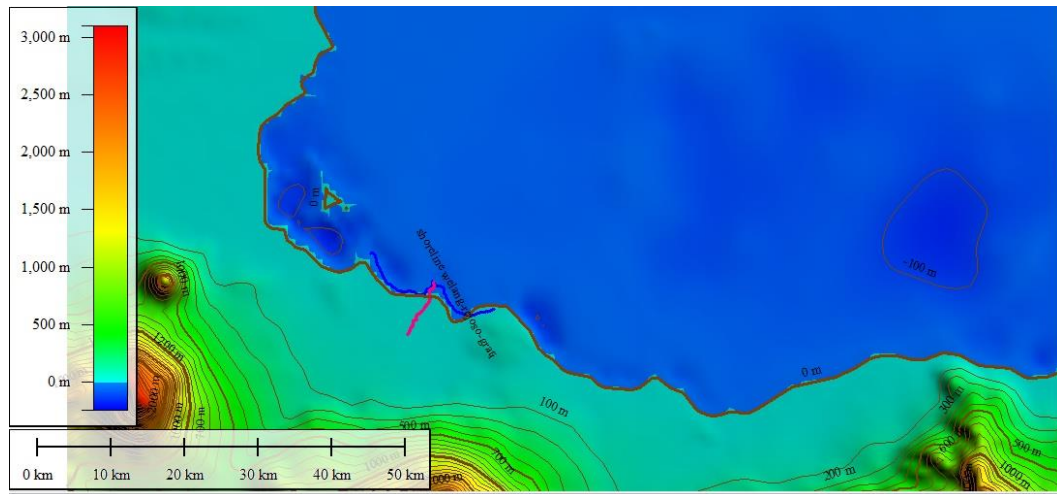
Kondisi pasang tertinggi mempunyai nilai kecepatan arus relatif bernilai kecil atau mendekati nol, dan pada saat perubahan kondisi dari pasang menuju surut kecepatan arus meningkat. Pola arus ini terjadi karena arus bergerak horizontal menuju kesetimbangan. Pada saat menuju surut dan menuju pasang massa air akan bergerak akibat adanya kekuatan laju arus pasut dari kondisi tersebut dan pada saat kekuatan laju arus pasut dari pasang surut mencapai kesetimbangan atau puncak tertinggi maka kecepatan yang dihasilkan mendekati nol dan begitu juga yang terjadi pada saat kondisi surut terendah.

#### 4.2.4. Analisa Bathimetri

Batimetri adalah ilmu yang mempelajari kedalaman di bawah air dan studi tentang tiga dimensi lantai samudra atau danau. Sebuah peta batimetri umumnya menampilkan relief lantai atau dataran dengan garis-garis kontur yang disebut kontur kedalaman (*depth contours* atau *isobath*), dan dapat memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan.

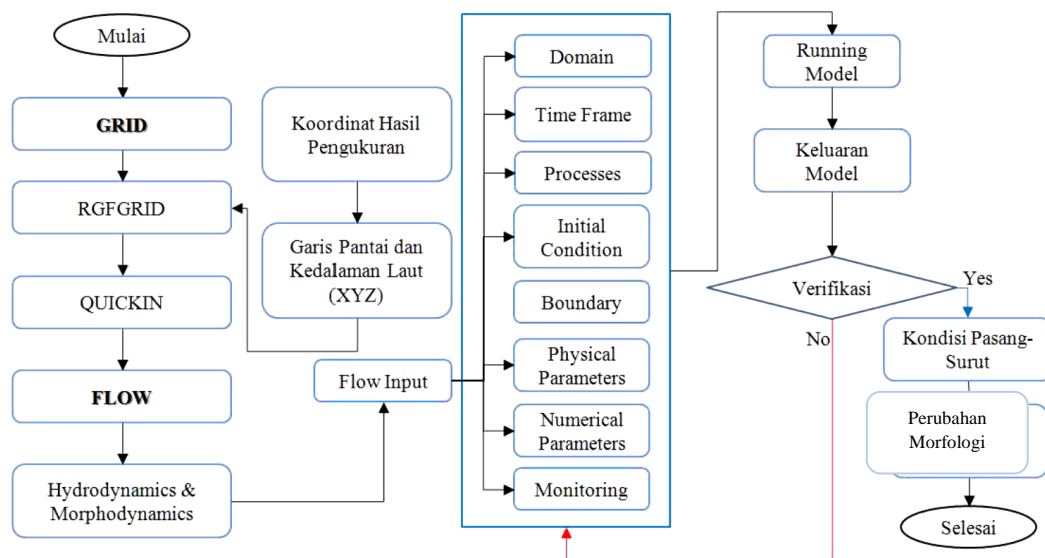
Di Indonesia badan resmi yang khusus menangani pembuatan peta batimetri adalah *Dinas Hidro Oseonografi (Dishidros) TNI AL*. Tidak seperti peta topografi atau geologi yang banyak beredar dan dapat dengan cukup mudah di dapatkan tanpa melalui prosedur yang berkepanjangan, data Batimetri hanya bisa didapatkan dengan menghubungi langsung pihak *Dishidros TNI AL* dan mengikuti beberapa prosedur yang cukup panjang, sehingga dapat membingungkan bagi masyarakat umum. Akan tetapi data batimetri sekarang sudah bisa didapatkan dengan mudah, *Pusat Penelitian dan Pengembangan*

Sumber Daya Laut dan Pesisir (P3SDLP) DKI Jakarta, telah menyediakan data bathimetri laut Indonesia.



Gambar 4.10. Peta Bathimetri Lokasi Studi

### 4.3. Persiapan Running Delft3D



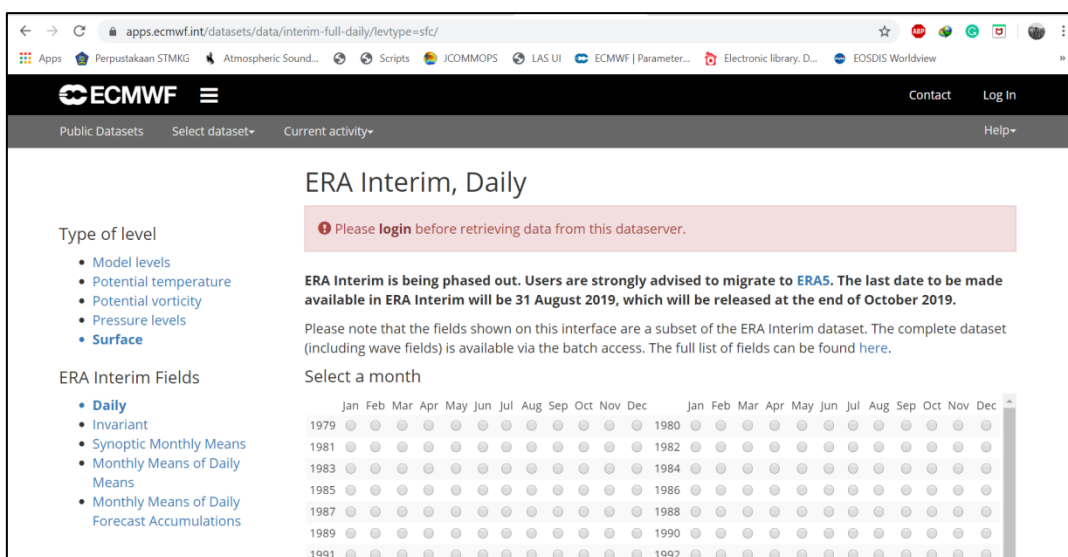
Gambar 4.11. Alur Persiapan Running Delft3D

#### 4.3.1. Generate Data Meteorologi untuk Delft3D

Data meteorologi yang digunakan sebagai input Delft3D dalam tesis ini meliputi vektor angin dalam arah angin zonal (U) dan meridional (V) pada ketinggian 10 m, serta data tekanan udara diatas permukaan laut atau *mean sea level pressure* (mslp). Data yang digunakan dalam bentuk grid, yaitu data yang memiliki sebaran secara spasial sesuai koordinat. Untuk data meteorologi

digunakan data reanalysis dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Data tersebut dapat diperoleh melalui <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>

Organisasi ini menyediakan peramalan jangka menengah sampai jangka panjang untuk data-data atmosfer atau cuaca serta fasilitas komputasi untuk penelitian ilmiah dan bekerja sama secara teknis maupun keilmuan dengan agen satelit dan komisi Eropa. ECMWF juga merupakan hasil pengembangan meteorologi secara dinamis dan sinoptik lebih dari 100 tahun dan lebih dari 50 tahun pengembangan prediksi cuaca secara numerik atau *numerical weather prediction*. Data gelombang ini digunakan untuk input data pada pemodelan Delft3D yang dilakukan pada penelitian ini.



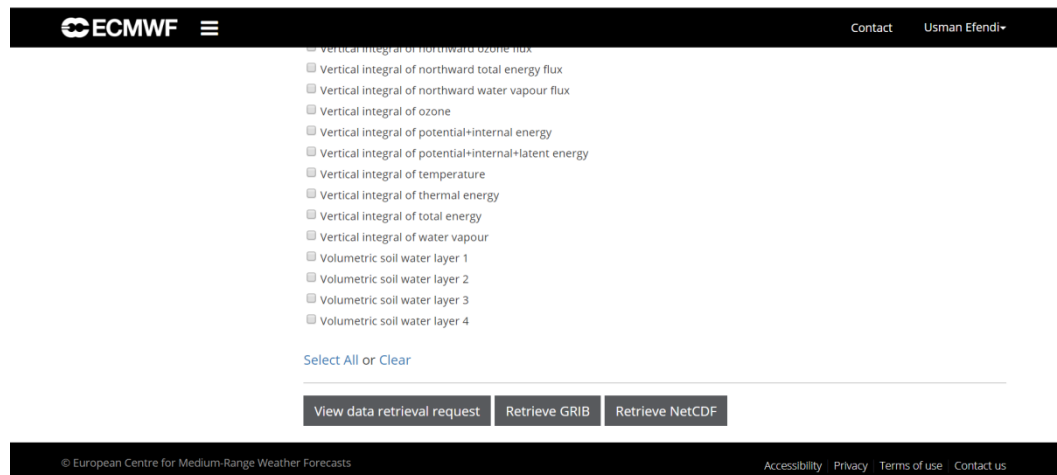
Gambar 4.12. User Interface ECMWF

Sebelum mendownload data harus login atau register terlebih dahulu di menu bagian pojok kanan atas (kotak merah). Pada menu type of level, pilih surface (level permukaan), sementara untuk ERA *Interim Fields* pilih *Daily* (Data harian). Pilih data yang akan didownload pada menu *Select a month*. Data yang di download minimal selama satu bulan.

Pada menu *select time* dipilih semua, jadi nanti dalam 1 hari akan ada 4 data yaitu data pada jam 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, serta 18 UTC.

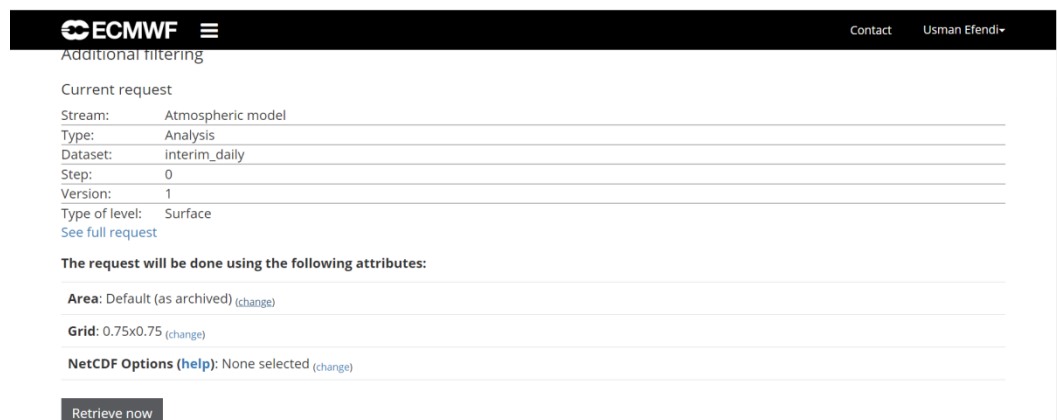


Select step kita pilih 0 agar didapatkan data analisis (jika dipilih selain nol akan didapat *data forecast*), kemudian untuk *Select parameter* dipilih 10 metre *U wind component*, 10 metre *V wind component*, serta *Mean sea level pressure*.



Gambar 4.13. Tampilan Pemilihan Data Meteorologi

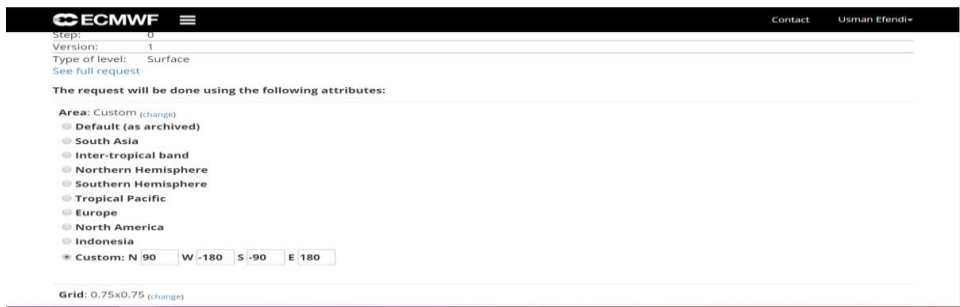
Selanjutnya pilih Retrieve NetCDF data. Data yang di download dalam format netCDF (.nc)



Gambar 4.14. Download Data Meteorologi dalam Format NetCDF

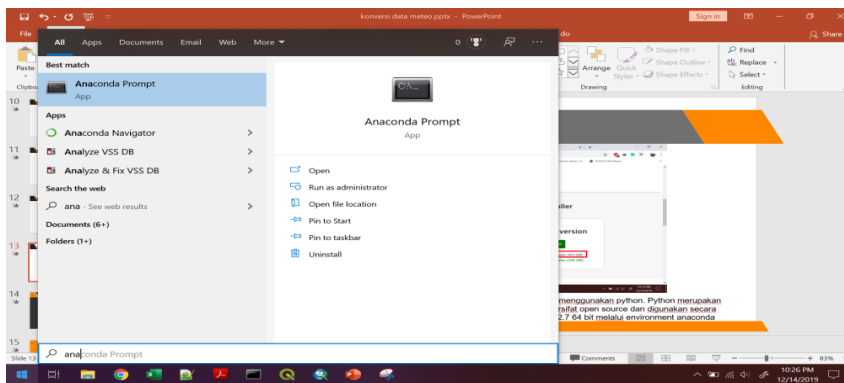
Akan muncul tiga menu diatas seperti pada Gambar 4.9, namun yang perlu diatur hanya menu Area serta Grid.

Area dipilih custom (Gambar 4.15), kemudian isi sesuai koordinat sesuai lokasi penelitian. Pastikan area yang terpilih lebih luas dari grid Delft3D. Untuk grid pilih resolusi yang paling tinggi (0.125 x 0.125 derajat), kemudian klik menu *retrieve now*. Klik download untuk mendownload data.



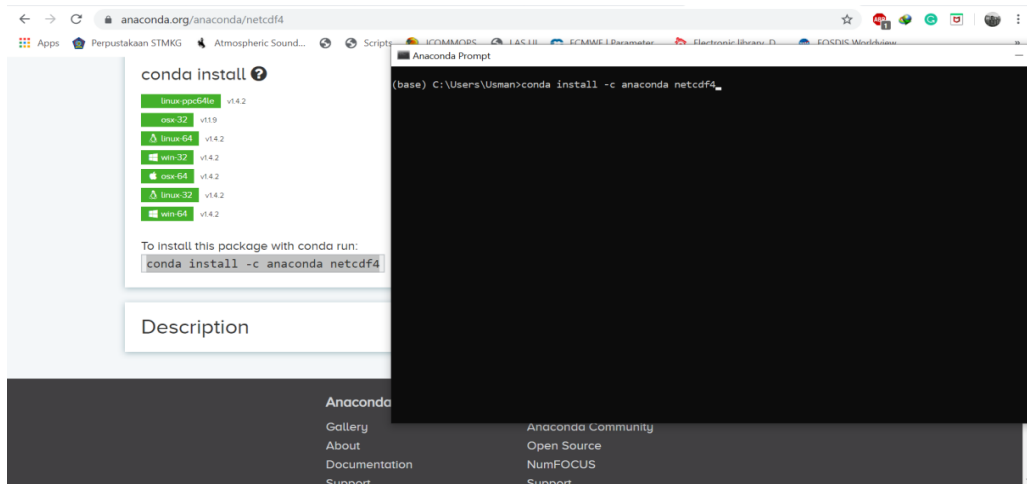
Gambar 4.15. Pemilihan Area dan Grid

Proses konversi data meteorologi dalam format netCDF dilakukan menggunakan python. Python merupakan bahasa pemrograman, hampir sama dengan MATLAB, R, yang bersifat *open source* dan digunakan secara luas dalam komputasi ilmiah. Pada kali ini digunakan python versi 2.7 64 bit melalui *environment anaconda*.



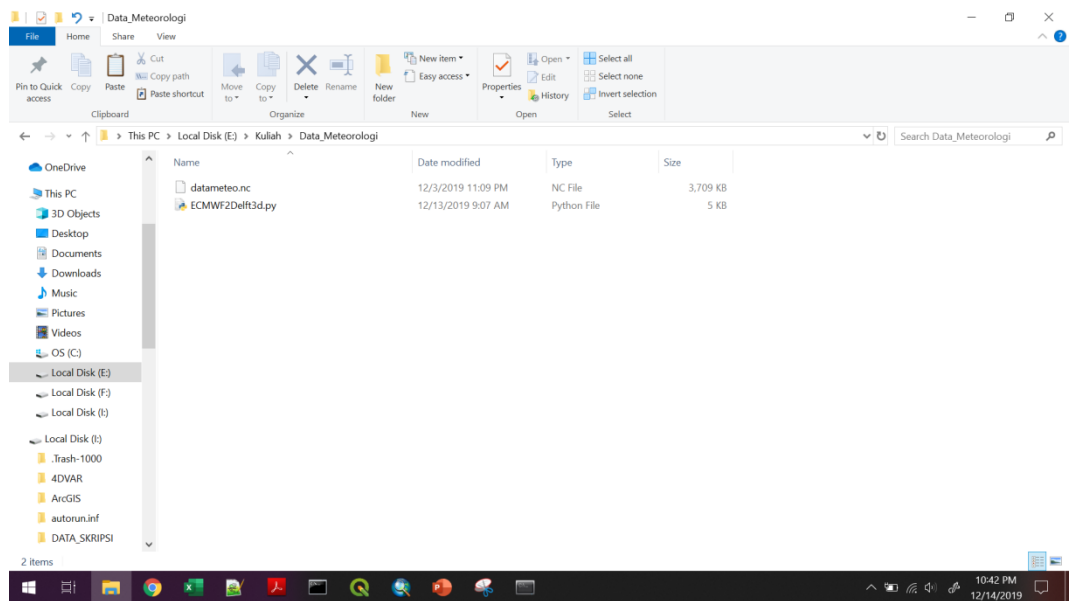
Gambar 4.16. User Interface Anaconda Prompt

Setelah diinstall, buka *anaconda prompt* seperti pada Gambar 4.11.



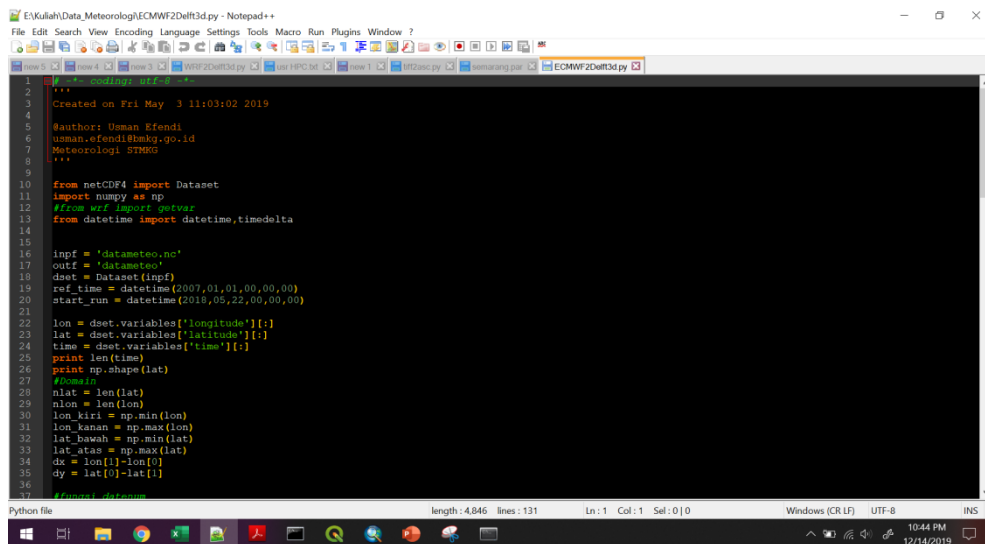
Gambar 4.17. Membuka Data Meteorologi melalui Phytton

Install package netcdf4 untuk membuka data netCDF lewat python dengan perintah seperti gambar diatas, kemudian enter.



Gambar 4.18. Data Meteorologi dalam *Script Phyton*

Data Meteorologi yang sebelumnya didownload disimpan satu folder dengan *script python* untuk mengkonversi data tersebut.

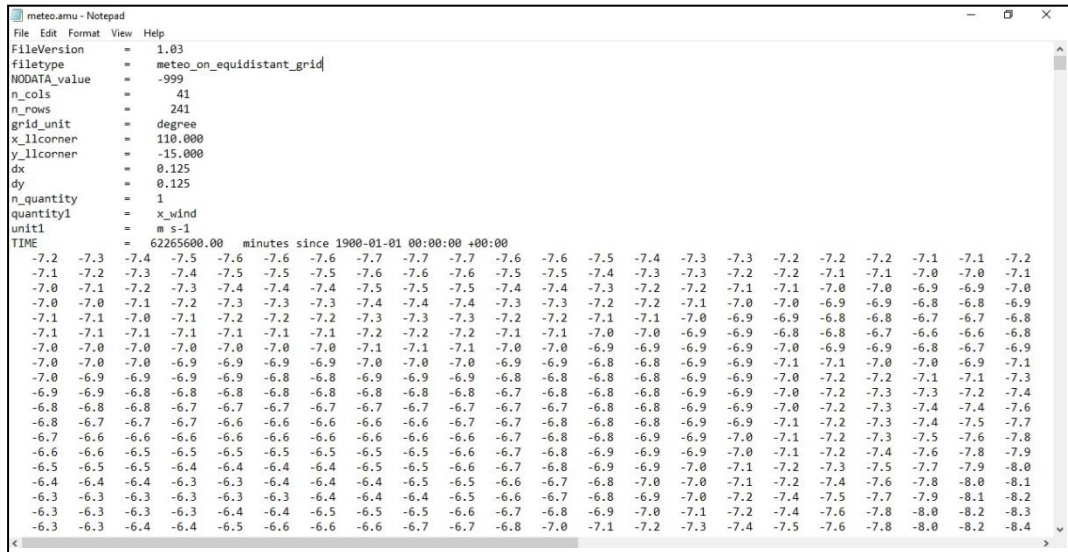


Gambar 4.19. Editing Script Data Meteorologi

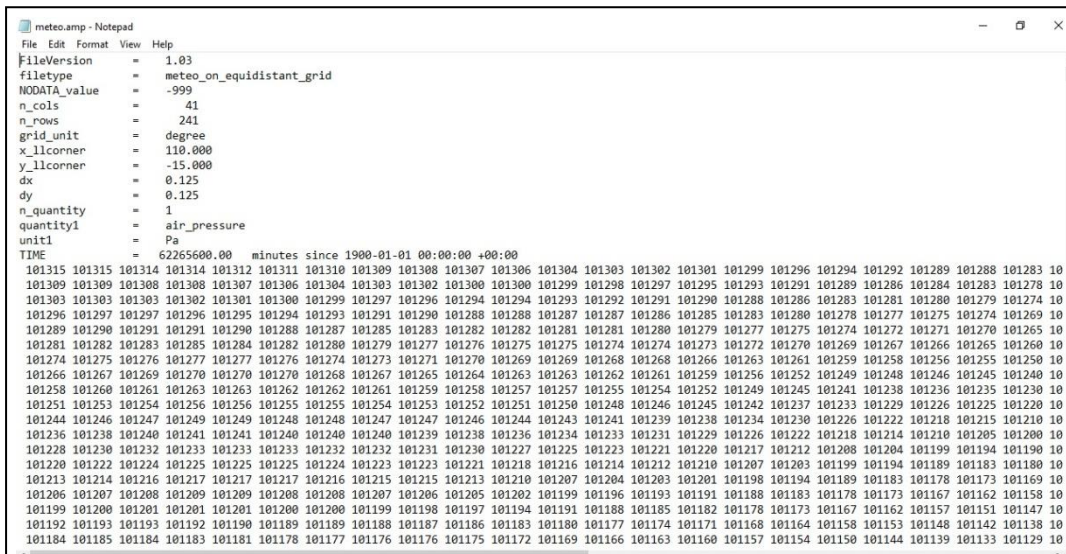
Buka script tersebut dengan notepad atau notepad ++. Baris 16 untuk inpF diisi sesuat nama data netCDF ECMWF yang sudah didownload, yaitu datameteo.nc. Pada baris 17, edit outF dengan nama file output, missal datameteo.amp. Nantinya output data akan berupa file dengan nama datameteo.amp,



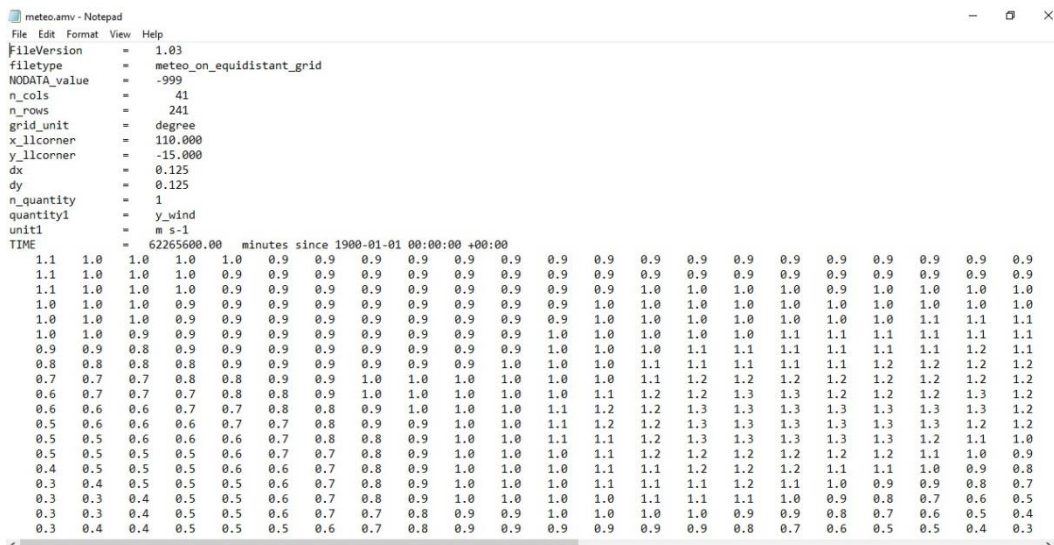
Ketiga data tersebut ( bentuk extension \*amp, \*amv dan \*amu) digunakan untuk diinput dalam additional parameter dalam Delft3D Flow Input.



Gambar 4.22. File Meteo.amu Hasil Generate Data Meteorologi di Pesisir Rejoso



Gambar 4.23. File Meteo.amp Hasil Generate Data Meteorologi di Pesisir Rejoso



Gambar 4.24. File Meteo.amu Hasil Generate Data Meteorologi di Pesisir Rejoso

### 4.3.2. Data Kedalaman Laut

Batimetri Pantai Rejoso ini diekstraksi dari General Bathymetric Chart of The Ocean dengan resolusi spasial 15 arc-second (~450m). Data di peta disajikan dalam format ASCII text file (nilai positif merupakan daratan, nilai negatif merupakan dasar laut) yang dapat didownload pada link dibawah gambar. Disarankan untuk membuka file bathimetri dari Pusriskel KKP ini menggunakan aplikasi TEXTPAD atau Programer File Editor (PFE) atau sejenisnya karena Notepad atau Wordpad belum tentu mampu membaca keseluruhan baris data. Data batimetri dari P3SDLP berformat ASCII Text, yang berisi nilai X,Y,Z. Atau dapat juga menggunakan software Global Mapper.

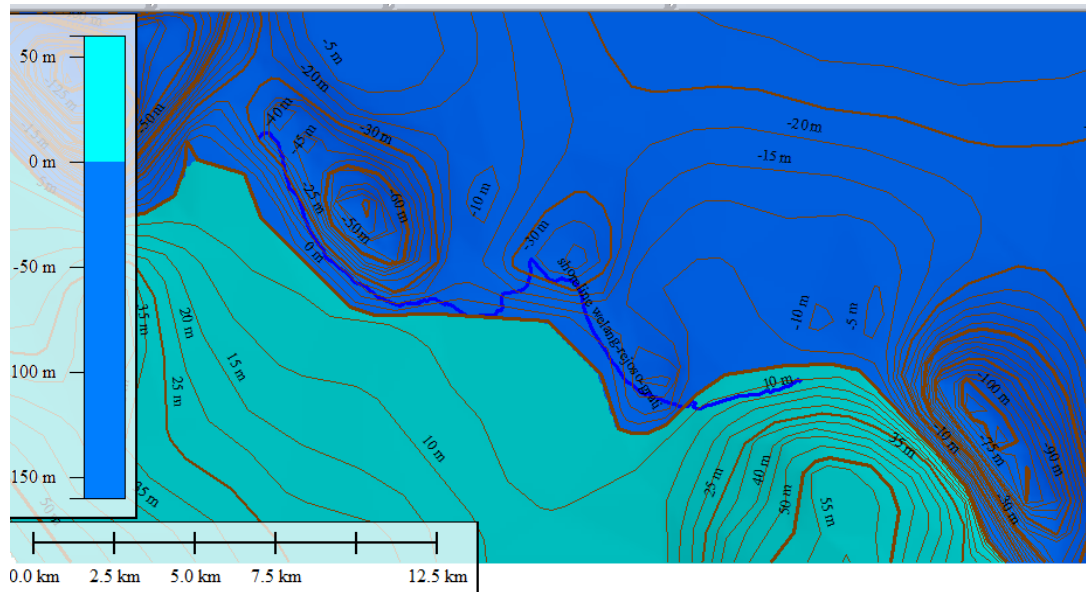
Dari Gambar 4.20 terlihat pada permukaan laut dan darat khususnya pada bagian laut yang mengarah ke arah samudra hindia memiliki kedalaman yang berbeda yang ditunjukkan dengan warna yang lebih gelap. Garis digitasi warna biru adalah garis pantai Muara Welang- Muara Rejoso – PLTU Grati yang di digitasi pada *google earth* pada tahun 2019.

Untuk melihat perbedaan nilai ketinggian di darat dan di laut, dibuat kontur dengan menggunakan *Generate Contours* yang tersedia pada menu Analysis pada software Global Mapper. Didapatkan nilai minus (-) pada kontur di wilayah laut dan nilai plus pada kontur di wilayah darat. Selain dari sumber di atas, data batimetri juga dapat diperoleh di ETOPO1 resolusi 1 menit (2 kilometer)

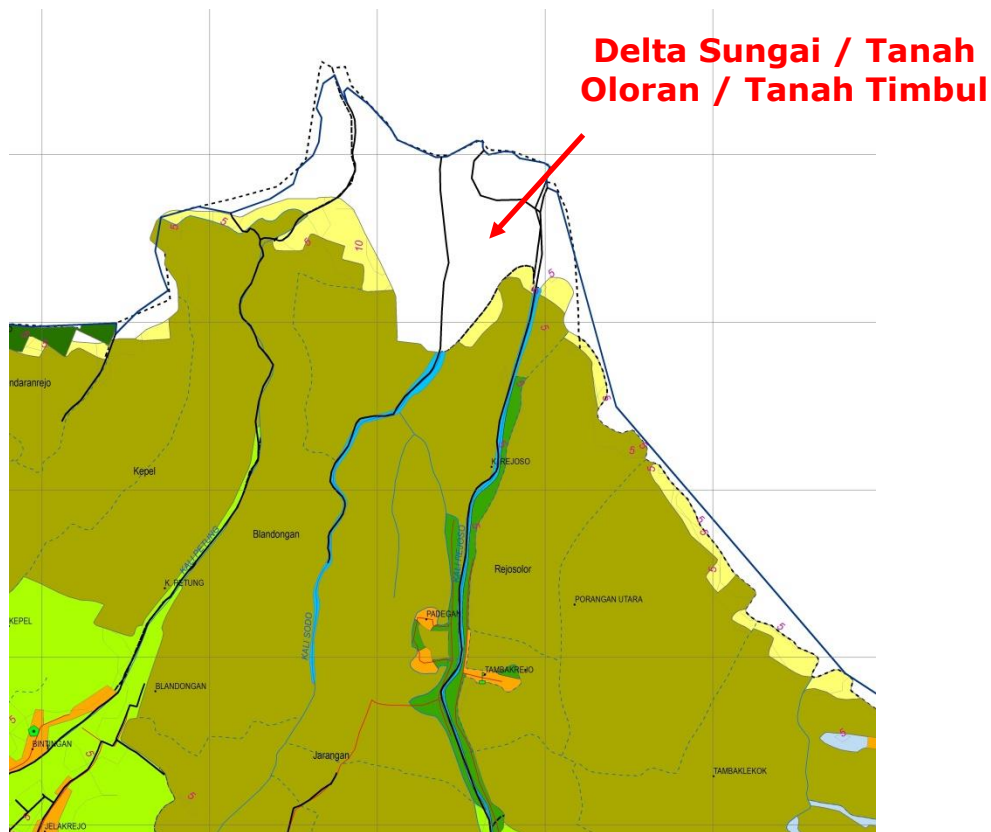


dan GEBCO resolusi 30 detik (1 Kilometer). Kedua data tersebut mencakup wilayah secara global.

Pada Gambar 4.20, dapat dilihat bahwa untuk area dengan warna biru merupakan area dengan nilai minus, yaitu merupakan area dengan elevasi nol. Namun area berwarna biru tersebut berada pada belakang *shoreline* Rejoso, dimana hal ini menunjukkan bahwa area dibelakang *shoreline* yang merupakan daratan dengan elevasi 0 meter adalah area yang sering disebut oleh warga setempat sebagai “tanah oloran”.



Gambar 4.25. Generate Kontur pada Global Mapper



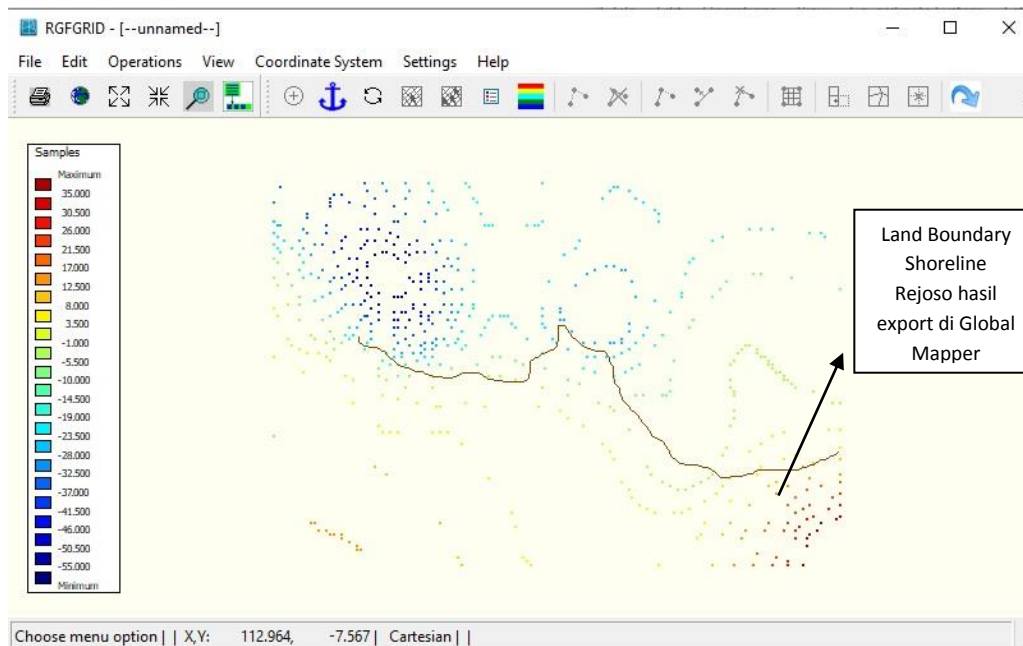
Gambar 4.26. Delta Sungai Rejoso yang Terbentuk dari Tanah Oloran

#### 4.3.3. Garis Pantai (*Land Boundary*)

Dari Google Earth, dilakukan penentuan titik awal dan titik akhir shoreline yang akan dijadikan garis batas studi. Pada studi ini dilakukan digitasi garis pantai pada Google Earth sejauh 16 kilometer, yaitu 8 kilometer ke arah barat di muara Sungai Welang dan sekitar 8 kilometer ke arah timur di PLTU Grati.

Hasil digitasi di Google Earth tersebut disimpan dalam format \*.kmz dan selanjutnya dibuka dalam software Global Mapper. Setelah add file kemudian dilakukan export menjadi vector/lidar format dalam bentuk Delft 3D (.ldb).





Gambar 4.27. Tampilan Land Boundary pada RGFGRID Delft 3D

#### 4.3.4. *Samples* dan *Depth*

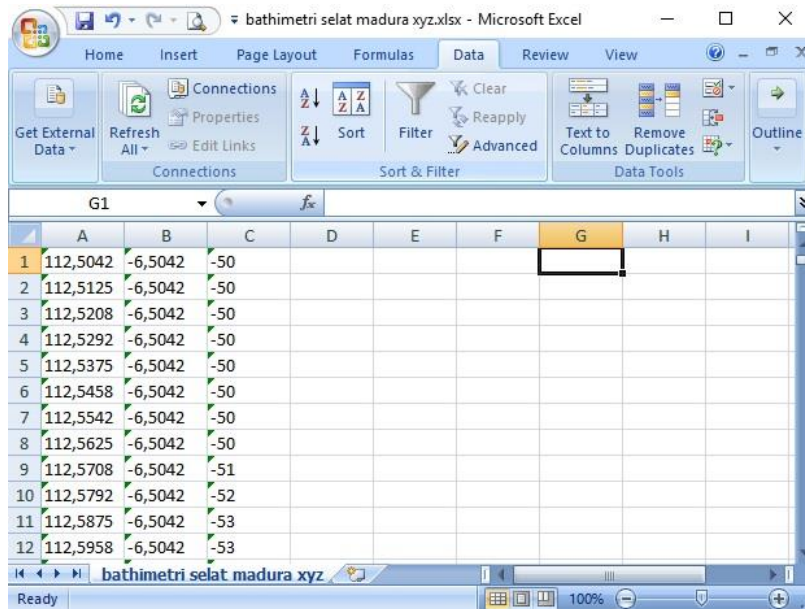
Setelah selesai membuat grid, maka langkah selanjutnya adalah menginputkan file FGRGRID ke dalam QUICKIN untuk menginput kedalaman dari masing-masing kontur. Penginputan dilakukan dengan menginputkan file bathimetri yang berformat XYZ atau *Samples*.

*Samples* dibuat dari data bathimetri yang telah diproses pada subbab sebelumnya. Setelah dilakukan pemilihan area studi dengan software ArcGIS atau Global Mapper, lalu dilakukan export menjadi format *\*xyz*.

File bathimetri yang diperoleh dari Pusriskel KKP adalah dalam bentuk textpad yang harus dilakukan penyesuaian terlebih dahulu sebagai berikut :

- a) Textpad di-copy (ctrl+A) lalu di-paste (ctrl+v) di dalam excel
- b) Dilakukan format ulang hingga isi kolom secara urut adalah latitude, longitude dan kedalaman (depth)
- c) Dilakukan delimited di excel apabila format dari *\*txt* belum sesuai
- d) Tidak diperkenankan ada spasi ataupun tanda lainnya
- e) Bilangan desimal pada latitude dan longitude harus menggunakan tanda koma (,)

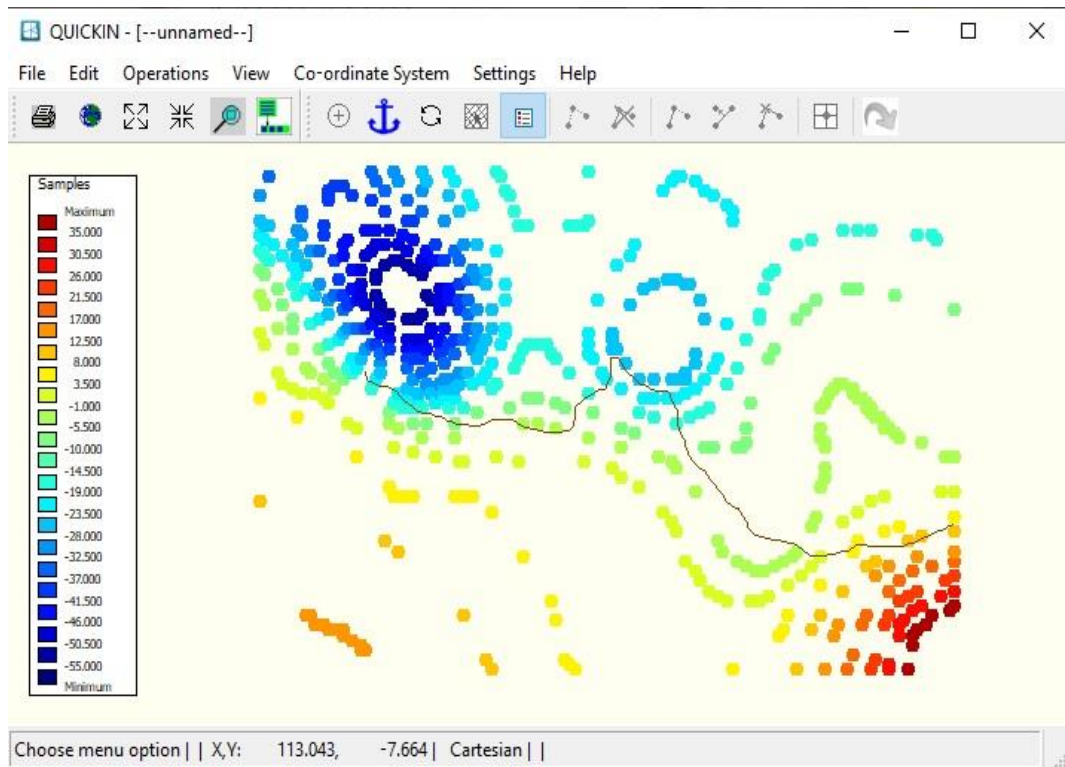
Setelah format di dalam Microsoft Excel telah sesuai seperti Gambar 4.16, lalu file disimpan dalam bentuk \*.csv. Selanjutnya file \*.csv tersebut diganti ekstensinya menjadi \*.xyz.



Gambar 4.28. Format dalam Ms.excel setelah Dilakukan Delimited

Setelah file samples \*.xyz telah siap, selanjutnya melalui modul QUICKIN dilakukan overlay samples dengan Grid atau Meshing yang telah dibuat sebelumnya.

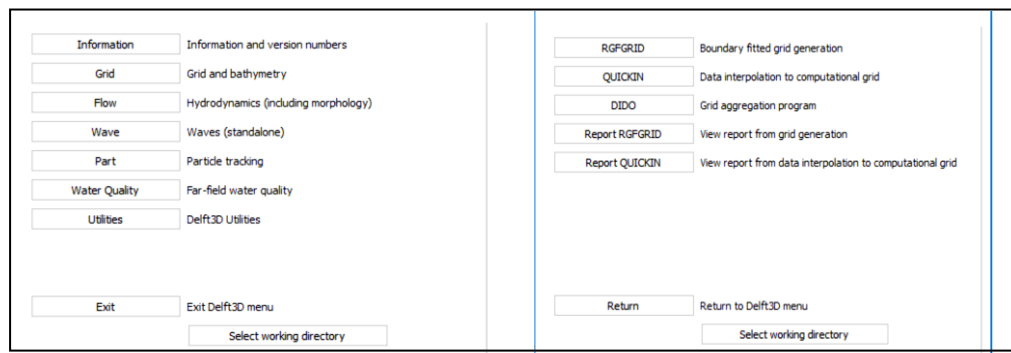
1. Karena pada peta Bathimetri nilai (+) adalah daratan dan (-) adalah lautan, sementara pada software Delft3D berlaku sebaliknya karena yang akan dianalisa adalah kejadian pada volume air di dalam laut. Oleh karena itu dilakukan multiply melalui Operation – Combine Sample and Uniform Value – masukkan angka <-1> lalu klik OK, maka posisi kedalaman (-) dan (+) akan bertukar sehingga nilai kedalaman air akan (+).
2. Triangular Interpolation untuk mengisi bathimetri antar grid.
3. Internal diffusion untuk mengisi bathimetri yang kosong.
4. Ekspor dalam format \*.dep.



Gambar 4.29. Tampilan Samples pada QUICKIN Delft 3D

#### 4.3.5. Pembuatan Meshing

Meshing adalah grid yang sudah dilengkapi dengan kedalaman. Setelah proses pada menu grid sudah dilakukan maka hasil dari pemodelannya disebut *meshing*. Langkah pertama yang harus dilakukan dalam permodelan Delft3D adalah membuat *meshing*. *Meshing* dalam Delft3D di artikan sebagai area studi yang akan dimodelkan.

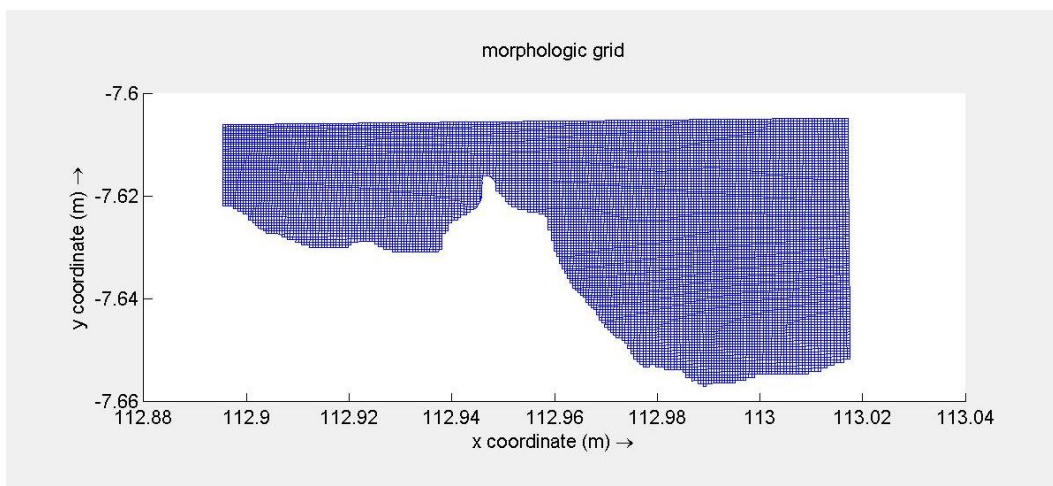


Gambar 4.30 Menu *software* Delft3D (a), menu untuk membuat meshing (b)

Data yang diinputkan dalam pembuatan meshing adalah data batimetri yang filenya telah diubah format menjadi XYZ. File tersebut dapat membantu dalam pembuatan grid karena file dalam format XYZ tersebut dapat digunakan sebagai

acuan dalam membentuk area studi yang akan di modelkan. Meshing dibuat dalam menu grid, jadi dipilih menu grid.

Dalam membuat meshing langkah pertama yang dilakukan adalah membuat grid seperti gambar grid berikut.



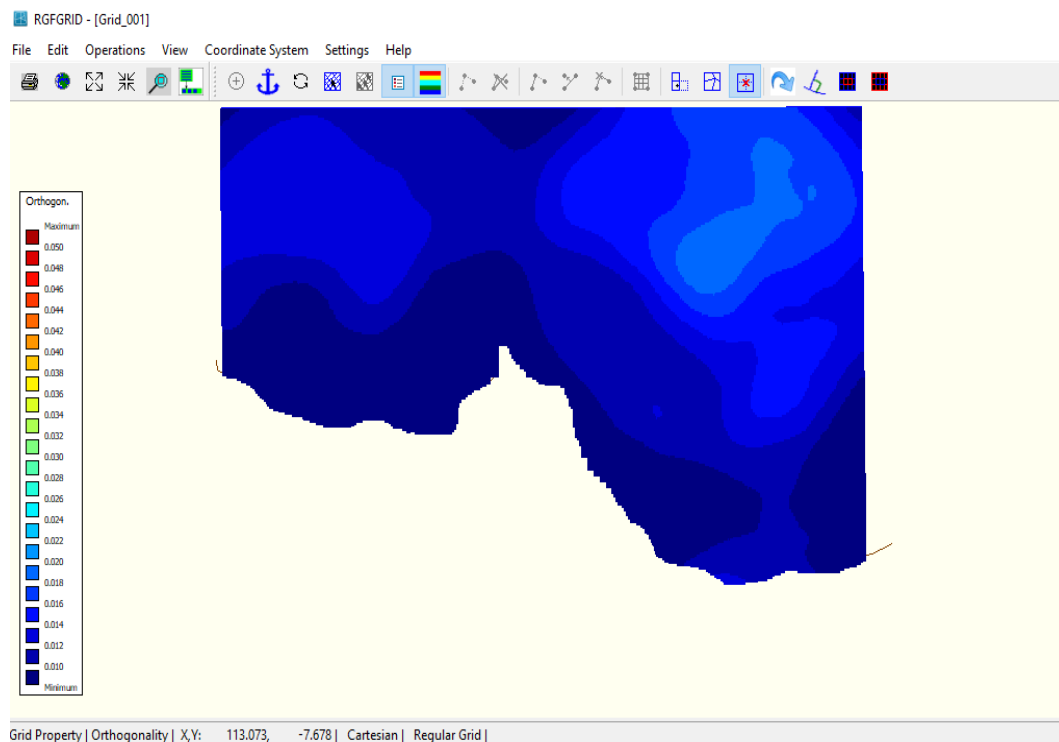
Gambar 4.31 Grid Hasil Pemodelan

Ada tiga grid yang harus di buat yaitu :

- Grid simulasi kondisi meteorologi dengan luas 84,25 km<sup>2</sup>.
- Grid kondisi awal (kondisi eksisting) dengan luas grid simulasi awal yang dipersempit di *rivermouth* Rejoso seluas 9,83 km<sup>2</sup>
- Grid dengan *jetty* sepanjang 120 meter dengan luas grid simulasi awal yang dipersempit di *rivermouth* Rejoso seluas 9,83 km<sup>2</sup>

Langkah-langkah pembuatan Grid dalam studi Rejoso ini adalah sebagai berikut :

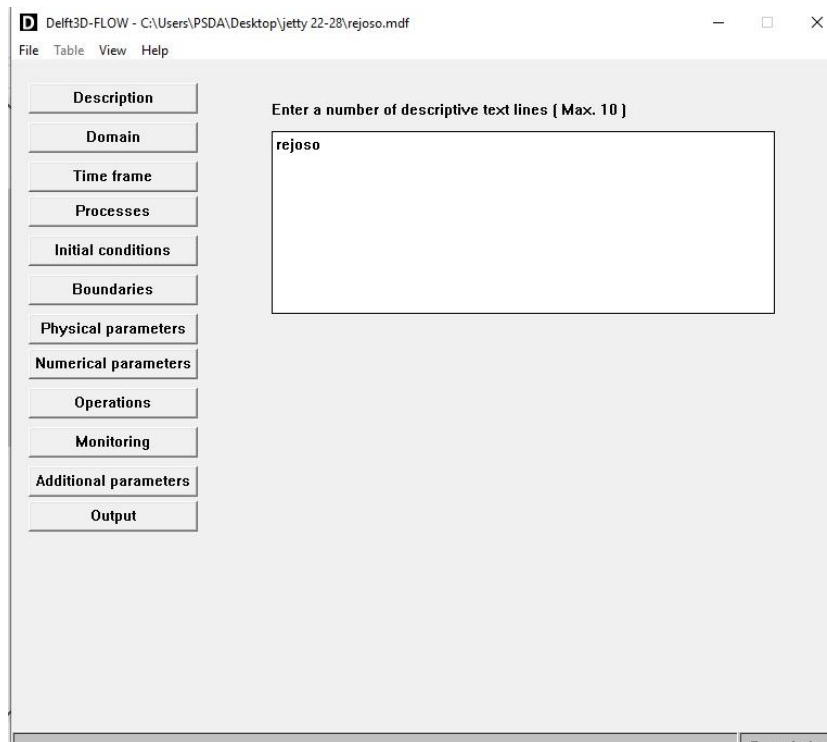
1. Buka *attribute*, pilih *open Land Boundary* lalu pilih hasil digitasi garis pantai yang telah dibuat dengan ArcGIS.
2. Buat batas area dengan *Splines*, lalu ubah *Splines* menjadi *Grid*.
3. *Grid coarseness* dapat dihaluskan dengan *refine* atau *derefine*.
4. Hapus *Grid* yang berada di area daratan, bisa dengan penghapusan satu-persatu atau dengan *Polygon*.
5. Periksa *orthogonality*, harus berada dibawah 0,04.
6. Apabila ada grid yang nilai *Orthogonality*-nya diatas 0,4, lakukan *orthogonalise* grid hingga mencapai angka yang diharapkan.
7. Setelah selesai, ekspor hasilnya menjadi dua file dengan extension *\*grd* dan *\*enc*.



Gambar 4.32 Pengecekan Orthogonality pada Grid

#### 4.3.6. Input Flow

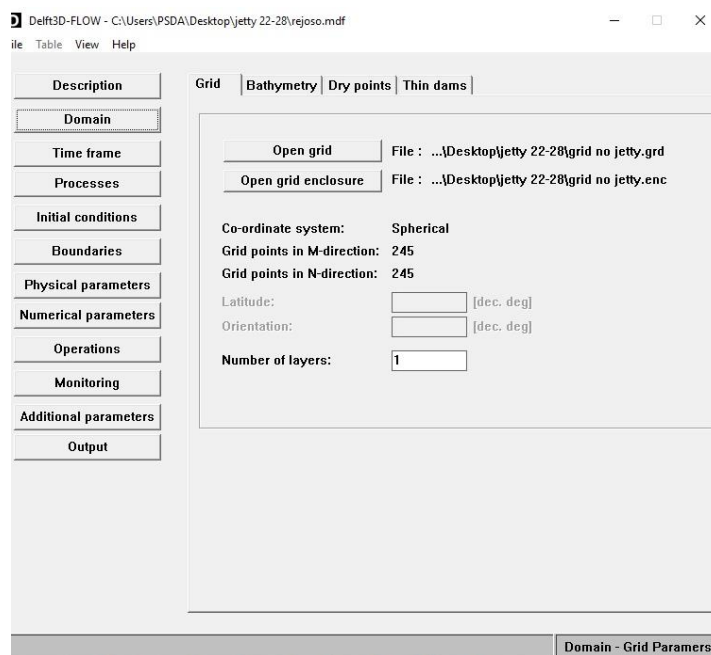
Setelah membuat meshing tahap selanjutnya adalah menginput beberapa parameter pada Delft3D-FLOW. Berikut merupakan parameter-parameter yang harus diinputkan pada Delft3D-FLOW



Gambar 4.33 Delft3D-FLOW Input

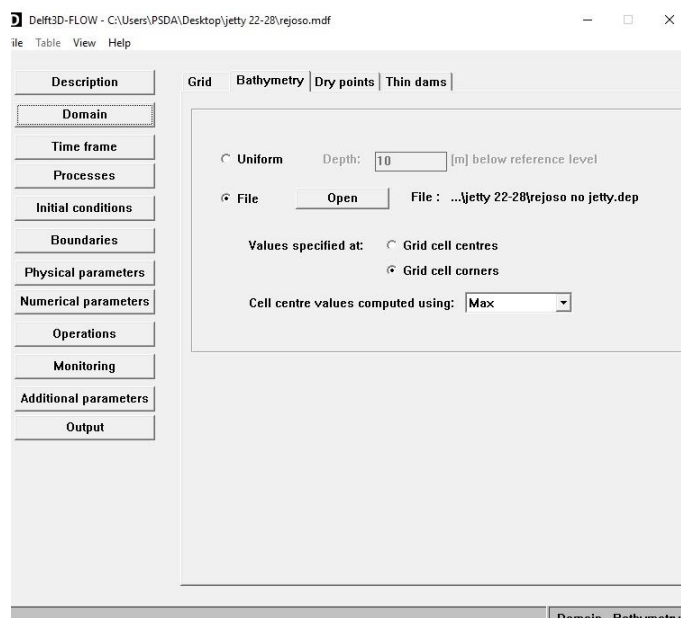
- Description : Kotak teks yang berfungsi untuk menerangkan tujuan dari simulasi
- Domain : Area yang di tinjau dalam permodelan
- Time Frame : Menu yang menginformasikan awal simulasi yang merekam setiap bangkitan yang terjadi dalam interval menit.
- Processes : Inputan tambahan dalam simulasi
- Boundaries : Menu yang memberikan informasi batasan-batasan dalam pemodelan
- Physical Parameters : Parameter fisik yang berkaitan dengan area studi
- Monitoring : Area yang mewakili semua area simulasi
- Output : Mengatur hasil simulasi

Pada tesis ini digunakan sistem koordinat Spherical karena dalam Spherical telah mengkalkulasi jarak (distance) / luasan (area) berdasarkan unsur kelengkungan bumi (curve surface). Sementara Cartesian tidak dapat digunakan pada permukaan yang lengkung karena menggunakan metode kalkulasi data yang didasarkan pada bidang datar (flat plane).



Gambar 4.34 Input Grid dalam Domain

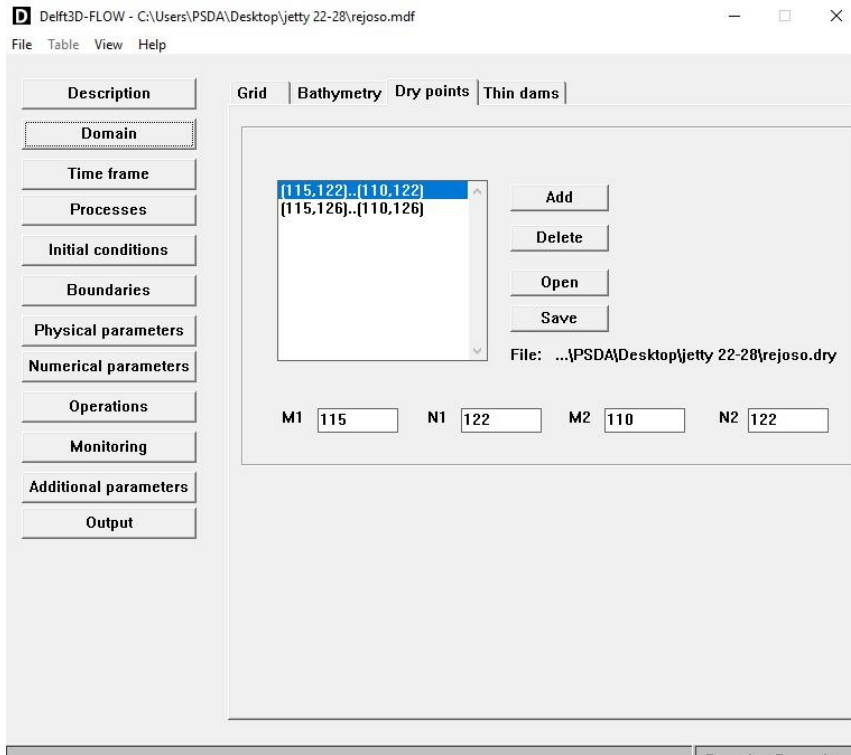
Karena Grid dibuat dalam sistem koordinat Spherical, maka setelah file \*.grd dan \*.enc dimasukkan dalam Flow Input maka selanjutnya keterangan tersebut akan muncul secara otomatis. Untuk perbedaan penggunaan sistem koordinat Kartesian dan Spherical telah dijelaskan dalam Manual Book Delft3D-FLOW.



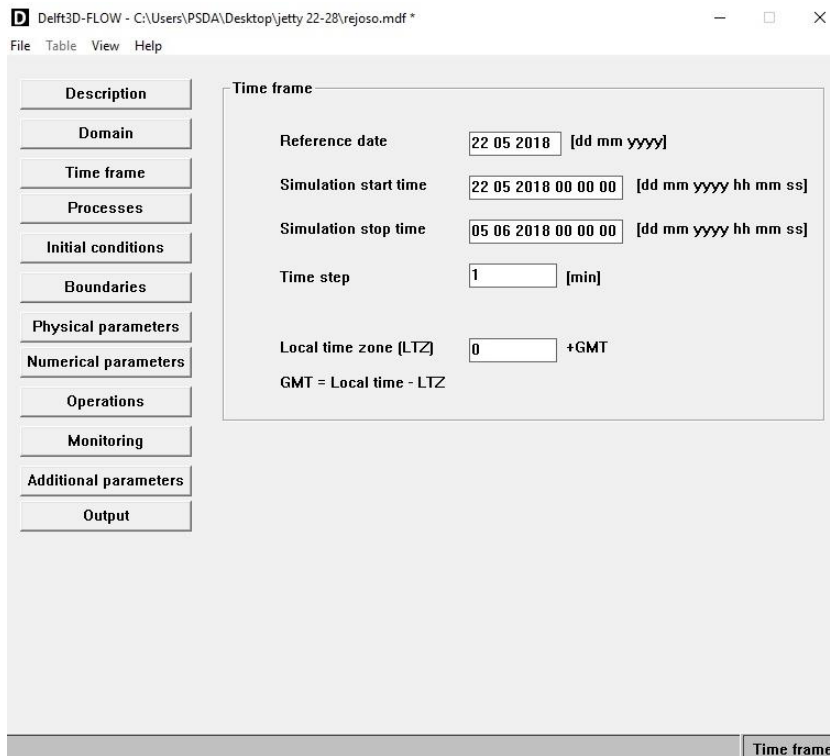
Gambar 4.35 Input Bathimetri dalam Domain

Dalam studi ini menggunakan skenario adanya bangunan jetty pada muara Rejoso. Input Dry Points digunakan untuk menambahkan objek yang harus selalu

berada diatas permukaan air seperti Jetty, sementara untuk Thin Dams digunakan untuk menambahkan objek yang boleh dilampaui air melimpas diatasnya.

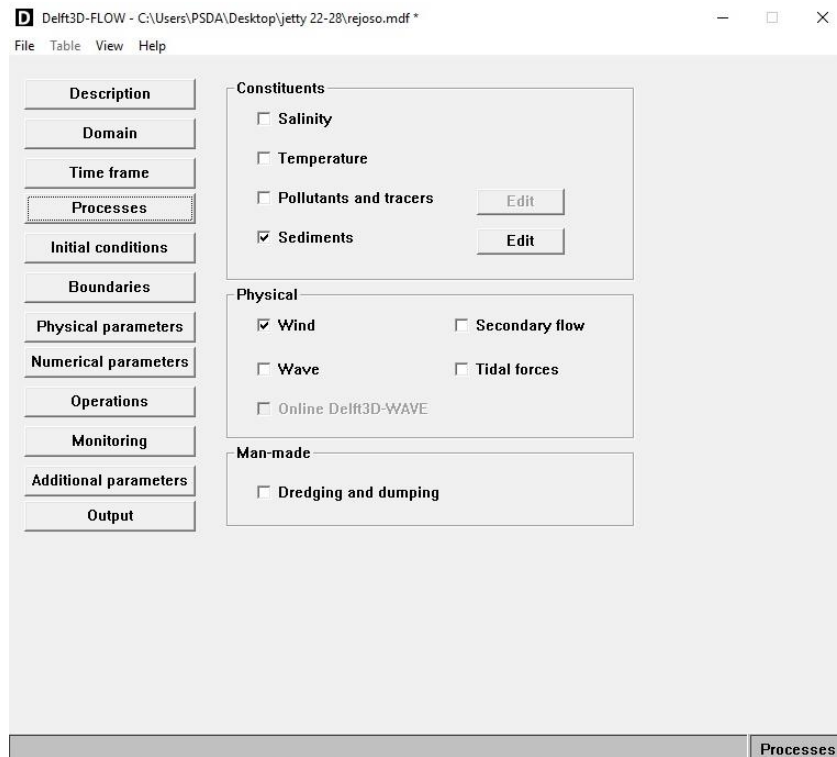


Gambar 4.36 Input Lokasi Jetty dalam Dry Points

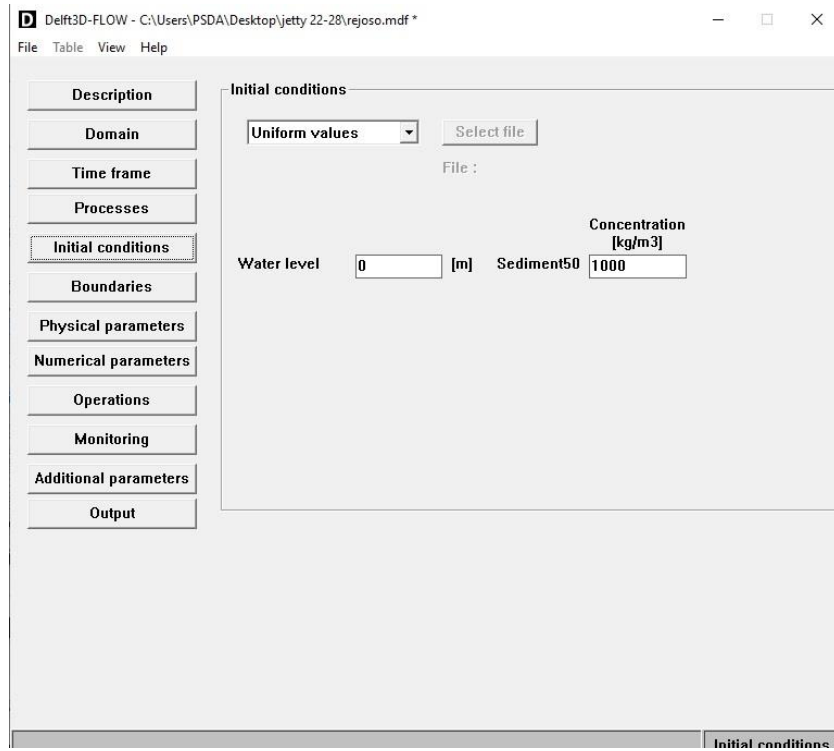


Gambar 4.37 Input Time Frame

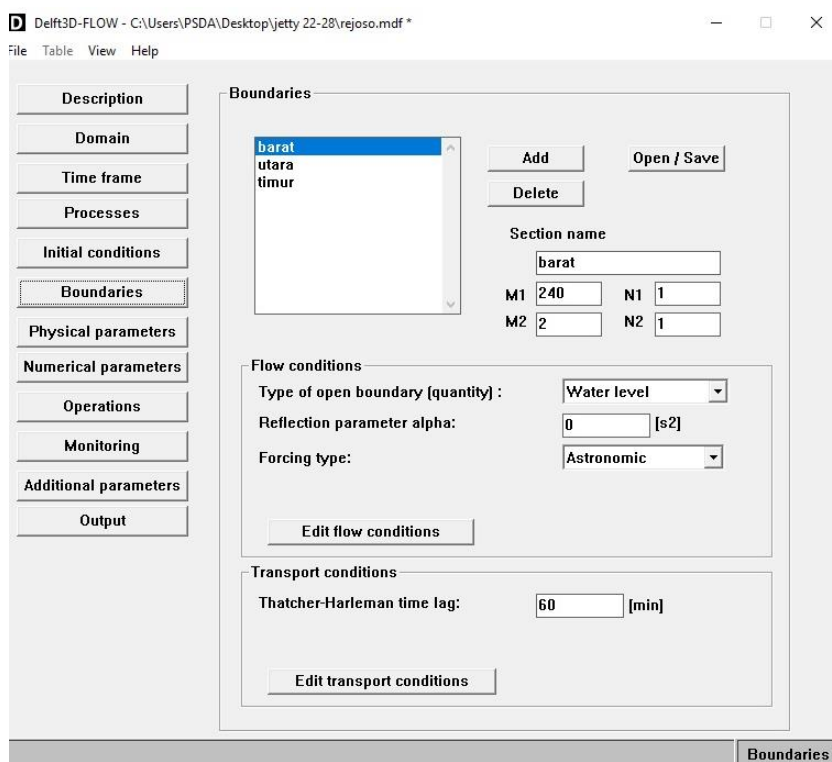




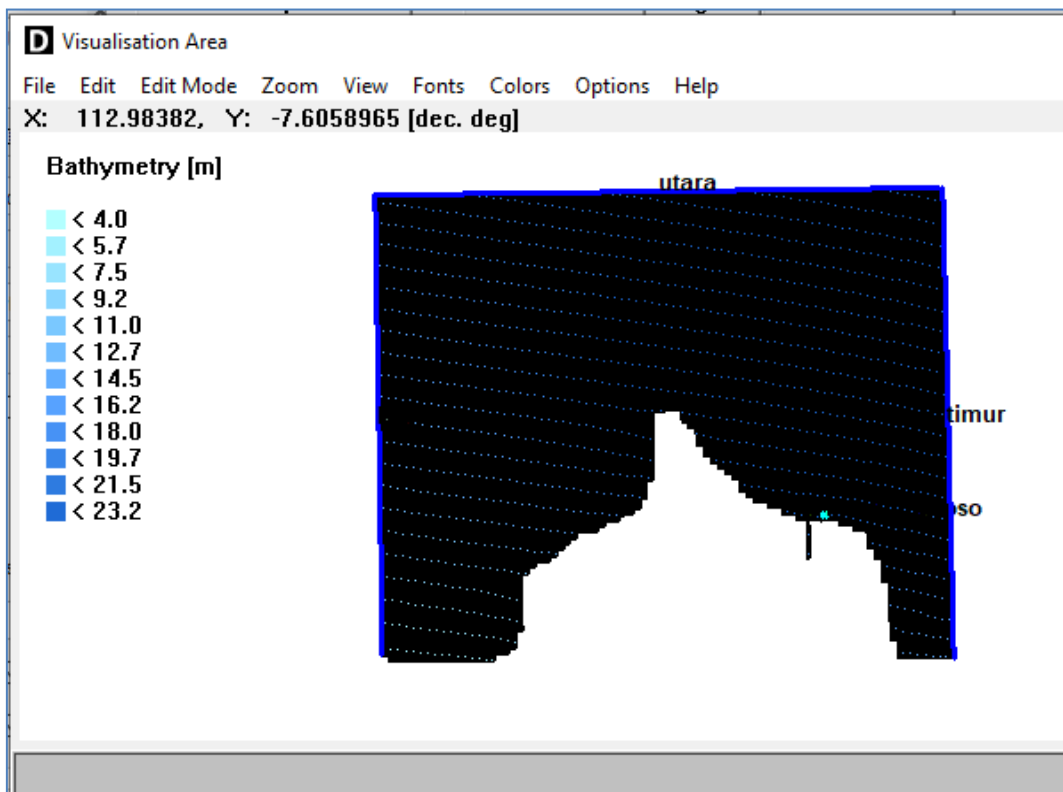
Gambar 4.38 Input Proses yang Digunakan dalam Studi



Gambar 4.39 Proses Input *Initial Condition*

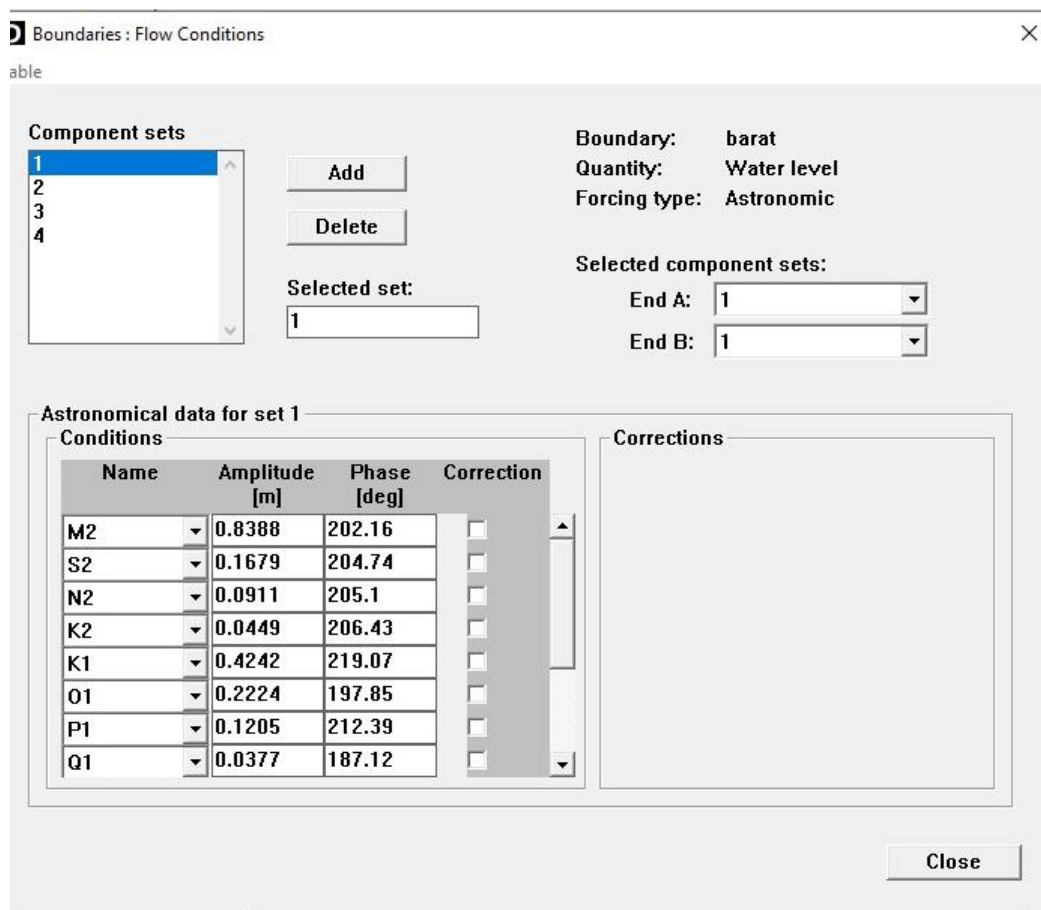


Gambar 4.40 Proses Input *Boundaries*



Gambar 4.41 Visualization Area Studi Muara Rejoso

Dalam studi Muara Rejoso ini, boundary berupa garis pantai berada pada bagian selatan, sehingga untuk penentuan boundary pada perairan di-setting pada input *boundaries* berupa 3 sisi *boundary* : barat, utara dan timur. Dalam melakukan *setting boundary* harus memperhatikan *visualisation area* dan dilakukan input manual pada lokasi M dan N yang bagian start dan finish dari boundary yang dimaksud. Apabila kolom *section name* berwarna merah, maka titik koordinat M dan N pada isian tersebut belum benar sehingga harus dilakukan trial dan error hingga seluruh kolom berwarna putih dan hasil *visualisation area* pada boundary tersebut membentuk *boundary line* berwarna biru.



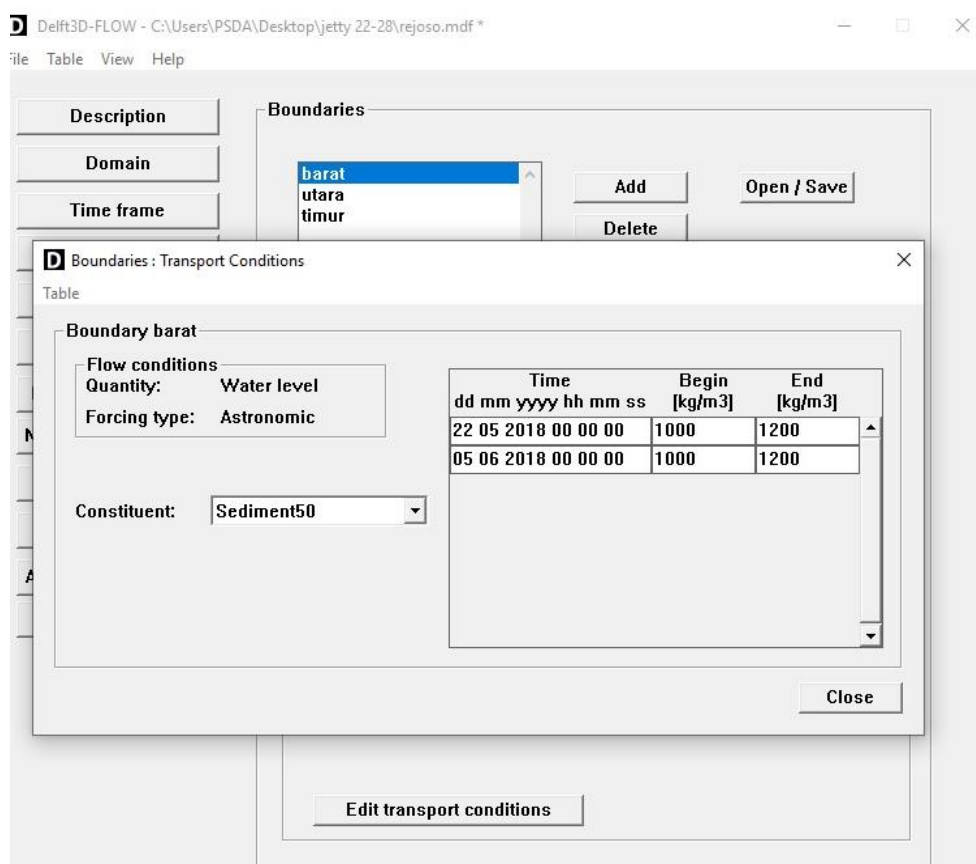
Gambar 4.42 Proses Input *Astronomical Data*

Setelah proses pembentukan Boundaries selesai, masing-masing titik start dan finish tiap boundary harus diisi keterangan pada edit flow condition. Dalam studi di Muara Rejoso ini dilakukan dengan memilih tipe boundary berupa water level dan forcing type : Astronomic, sehingga edit flow condition sesuai dengan Gambar 4.42.

Pada 3 boundary : barat, utara dan timur, masing-masing memiliki titik component set.

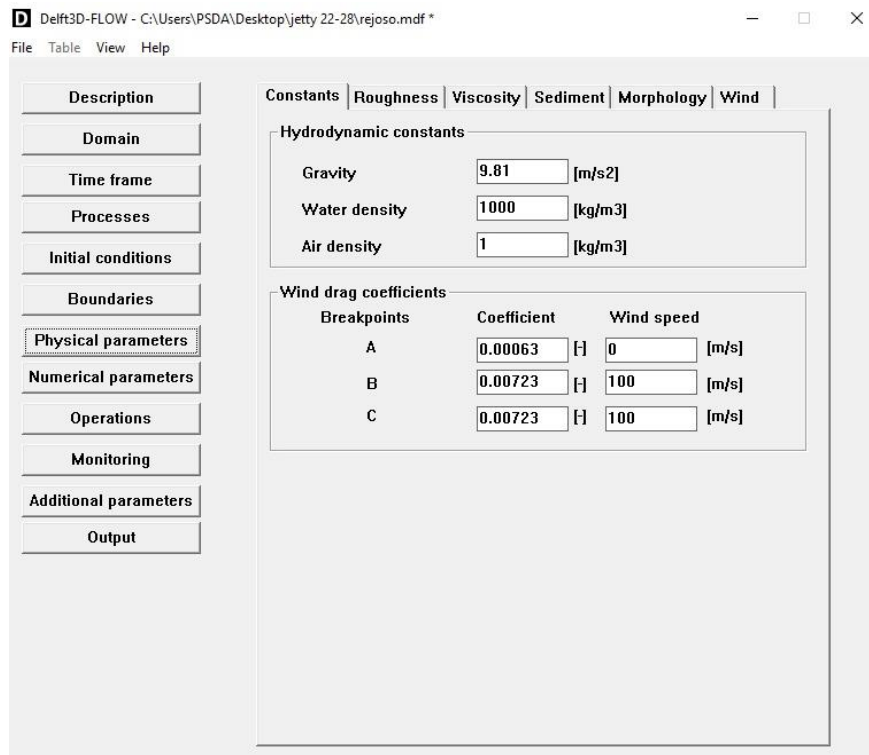
- Komponen set 1 dan 2 berada pada boundary “barat”.
- Komponen set 2 dan 3 berada pada boundary “utara”.
- Komponen set 3 dan 4 berada pada boundary “timur”.

Masing-masing komponen set memiliki data pasang surut yang harus diisikan secara manual. Pada studi ini telah dilakukan analisis data pasang surut pada keempat komponen set diatas, yaitu pada Tabel 4.43.

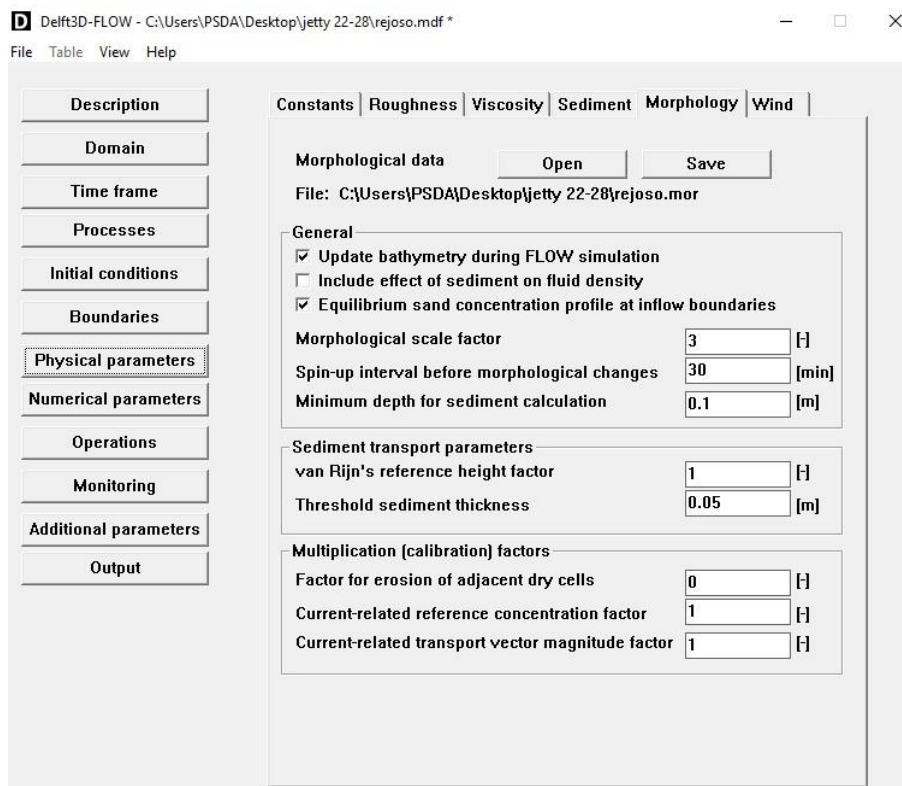


Gambar 4.43 Proses Input *Transport Condition*

Pada penentuan *boundaries* juga dilakukan penentuan *Transport Condition*. Pada studi ini dipilih Thatcher Harleman *time-lag* 60 menit dan dilakukan pengisian *constituent* sedimen pada tiap boundary sesuai pada toolbar *Process*.



Gambar 4.44 Proses Input *Physical Parameter*



Gambar 4.45 Proses Input *Morphological* pada *Physical Parameter*

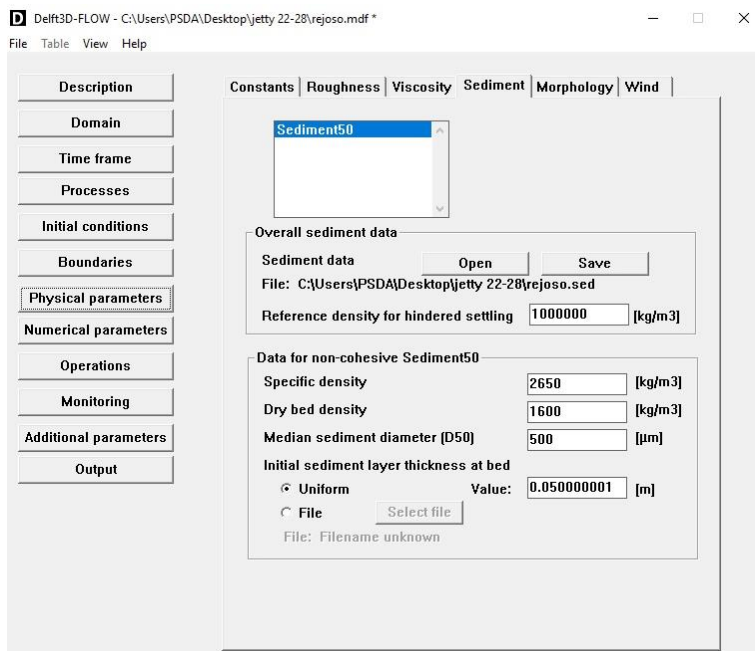
Proses input *Physical Parameter* ini didahului dengan mempersiapkan file yang harus diunggah dengan extension yang telah ditentukan dalam *Manual Book Delft3D*. Pada penentuan *Morphology*, file dengan extension *\*mor* harus dipersiapkan dengan penyesuaian *script* dan ketentuan-ketentuan dari *Manual Book Delft3D*.

```

File Edit Format View Help
[MorphologyFileInformation]
FileCreatedBy = Delft3D FLOW-GUI, Version: 3.59.01.40550
FileCreationDate = Sun Dec 08 2019, 17:21:33
FileVersion = 02.00
[Morphology]
EpsPar = false Vertical mixing distribution according to van Rijn (overrides k-epsilon model)
IopKCW = 1 Flag for determining Rc and Rw
RDC = 0.01 [m] Current related roughness height (only used if IopKCW <> 1)
RDW = 0.02 [m] Wave related roughness height (only used if IopKCW <> 1)
MorFac = 3.0000000e+000 [-] Morphological scale factor
MorStt = 3.0000000e+001 [min] Spin-up interval from TStart till start of morphological changes
Thresh = 5.0000000e-002 [m] Threshold sediment thickness for transport and erosion reduction
MorUpd = true Update bathymetry during FLOW simulation
EqmBc = true Equilibrium sand concentration profile at inflow boundaries
DensIn = false Include effect of sediment concentration on fluid density
AksFac = 1.0000000e+000 [-] van Rijn's reference height = AKSFAC * KS
RWave = 2.0000000e+000 [-] Wave related roughness = RWave * estimated ripple height. Van Rijn Recommends range 1-3
AlfaBs = 1.0000000e+000 [-] Streamwise bed gradient factor for bed load transport
AlfaBn = 1.5000000e+000 [-] Transverse bed gradient factor for bed load transport
Sus = 1.0000000e+000 [-] Multiplication factor for suspended sediment reference concentration
Bed = 1.0000000e+000 [-] Multiplication factor for bed-load transport vector magnitude
SusW = 1.0000000e+000 [-] Wave-related suspended sed. transport factor
BedW = 1.0000000e+000 [-] Wave-related bed-load sed. transport factor
SedThr = 1.0000000e-001 [m] Minimum water depth for sediment computations
ThetSD = 0.0000000e+000 [-] Factor for erosion of adjacent dry cells
HMaxTH = 1.5000000e+000 [m] Max depth for variable THETSD. Set < SEDTHR to use global value only
FlwFac = 1.0000000e+000 [-] Vertical mixing distribution according to van Rijn (overrides k-epsilon model)
BcF11 = rejoso.bcm
[Boundary]
Name = barat
IBedCond = 1
ICmpCond = 2
[Output]
ShearVeloc = true
CumNetSedimentationFlux = true
StatBedload = true

```

Gambar 4.46 File *\*mor* untuk *Morphological* pada Input *Physical Parameter*



Gambar 4.47 Proses Input *Sediment* pada *Physical Parameter*

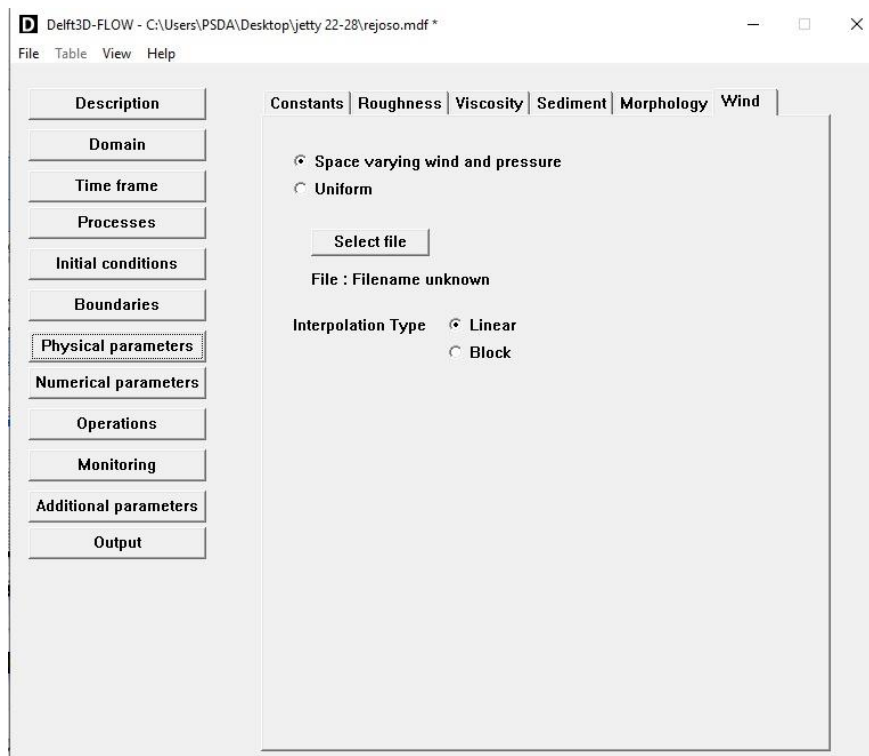
Selain pada input Mor, pada input sedimen di *Physical Parameter* ini juga didahului dengan mempersiapkan file yang harus diunggah dengan extension yang telah ditentukan dalam *Manual Book Delft3D*. Pada penentuan *Sediment*, file dengan *extension* \*sed harus dipersiapkan dengan penyesuaian *script* dan ketentuan-ketentuan dari *Manual Book Delft3D*.

```

File Edit Format View Help
[SedimentFileInformation]
FileCreatedBy = Delft3D FLOW-GUI, Version: 3.59.01.48550
FileCreationDate = Fri Dec 06 2019, 13:16:55
FileVersion = 02.00
[SedimentOverall]
Cref = 1.0000000e+006 [kg/m3] CSoil Reference density for hindered settling calculations
IopSus = 0 If Iopsus = 1: susp. sediment size depends on local flow and wave conditions
[Sediment]
Name = #Sediment50# Name of sediment fraction
SedTyp = sand Must be "sand", "mud" or "bedload"
RhoSol = 2.6500000e+003 [kg/m3] Specific density
SedDia = 5.0000000e-004 [m] Median sediment diameter (D50)
CDryB = 1.6000000e+003 [kg/m3] Dry bed density
IniSedThick = 5.0000001e-002 [m] Initial sediment layer thickness at bed (uniform value or filename)
FacDSS = 1.0000000e+000 [-] FacDss * SedDia = Initial suspended sediment diameter. Range [0.6 - 1.0]

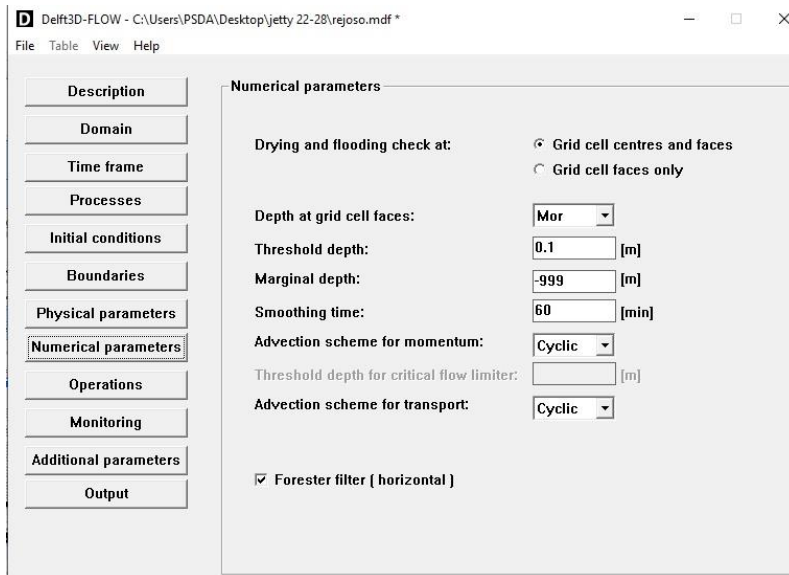
```

Gambar 4.48 File \*sed untuk *Sediment* pada Input *Physical Parameter*

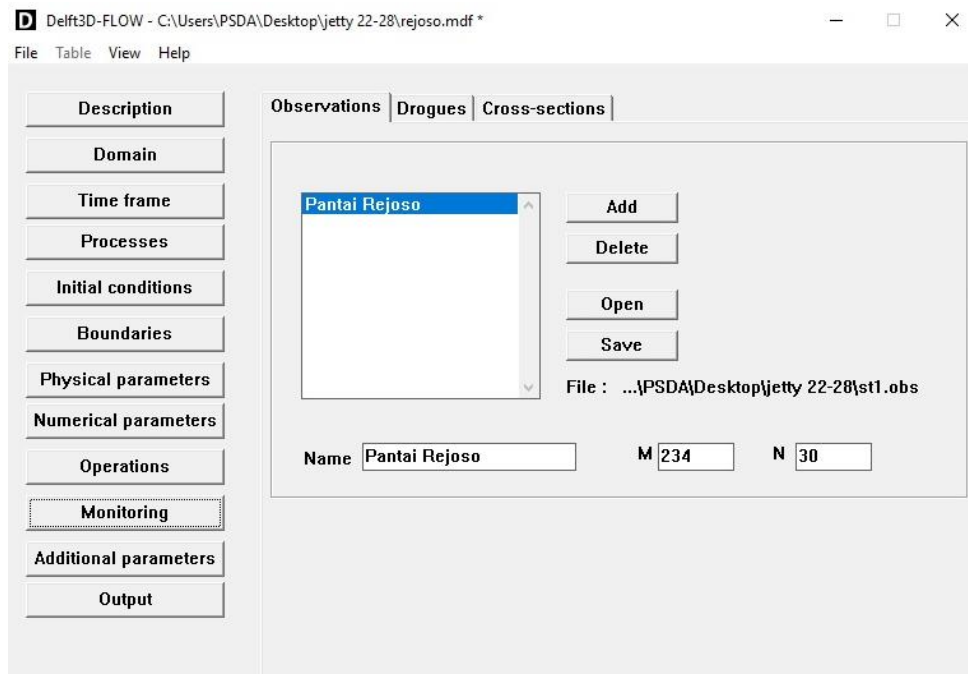


Gambar 4.49 Proses Input *Wind* pada *Physical Parameter*

Pada input parameter angin, dipilih *space varying wind and pressure*, dimana nantinya file hasil generate data meteorologi selama 10 tahun di lokasi studi di sekitar Muara Rejoso yang telah diproses menjadi extension berbentuk \*.amu, \*.amv, dan \*.amp seperti dalam Gambar 4.17, Gambar 4.18 dan Gambar 4.19 akan diproses sebagai file eksternal dalam *additional parameter*.



Gambar 4.50 Proses Input *Numerical Parameter*

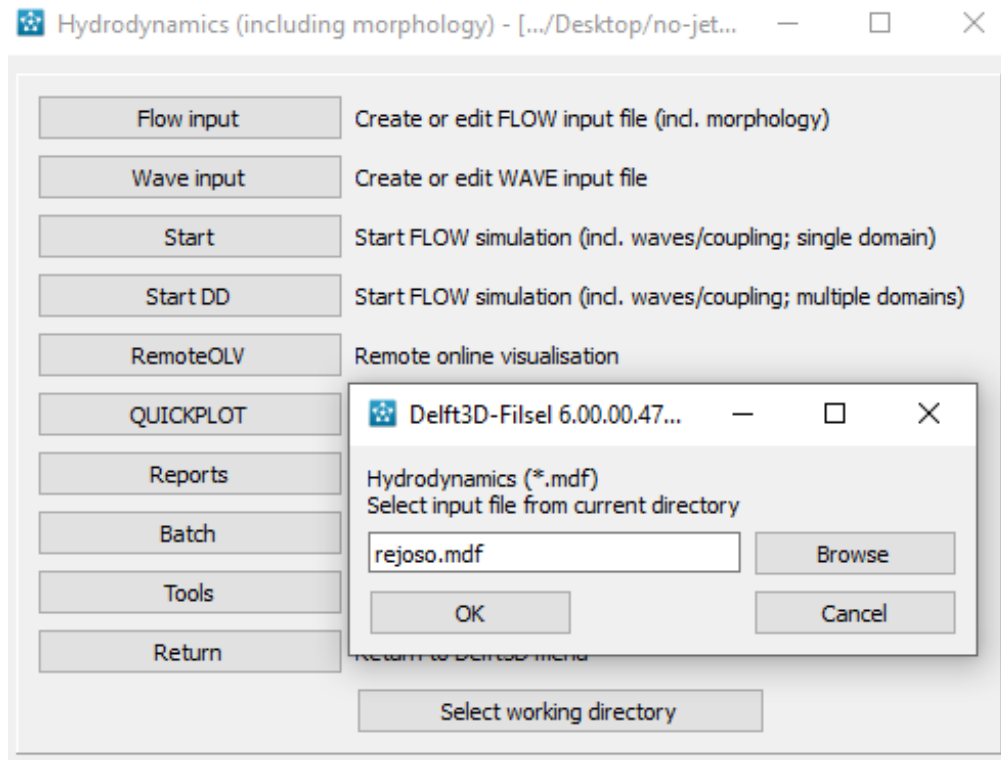


Gambar 4.51 Proses Input *Observation*





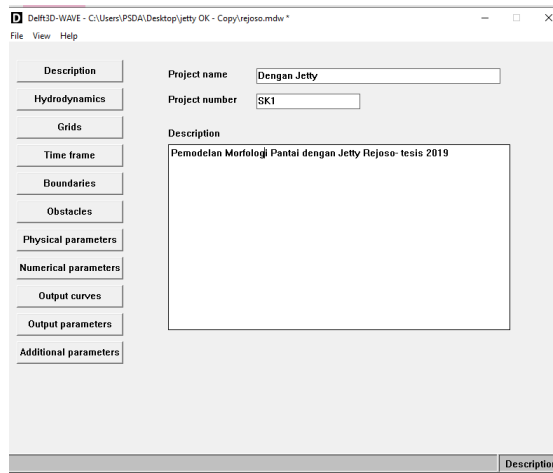
Setelah seluruh pengisian Flow-Input selesai, data tersebut disimpan seluruhnya dalam bentuk \*.mdf. Data \*.mdf tersebut nantinya akan menjadi input dari running Delft3D.



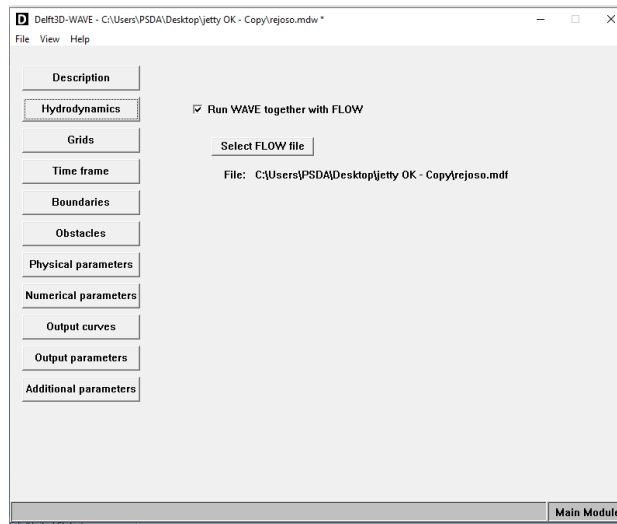
Gambar 4.54 Running Delft3D

#### 4.3.7. Wave Input

Pengisian Wave Input dilakukan agar mendapatkan Mdw-file. Mdw-file merupakan file masukan pada Delft3D-WAVE yang berisi informasi untuk menjalankan suatu simulasi gelombang. Sama halnya dengan Mdw-file, Mdw-file juga terdiri dari beberapa kelompok data input. Pada pemodelan ini data grup yang digunakan antara lain: *description*, *hydrodynamics*, *grid*, *time frame*, *boundaries*, *obstacles*, *physical parameters*, *output parameters*.



Gambar 4.55 Wave Input User Interface

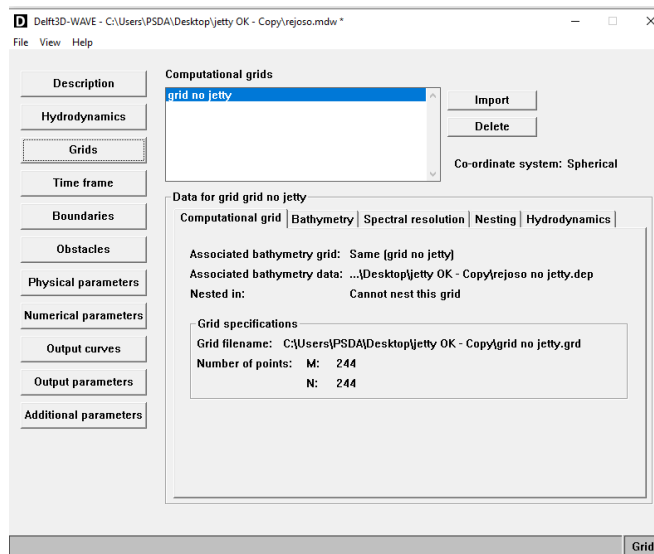


Gambar 4.56 Input Kombinasi dengan Data Flow

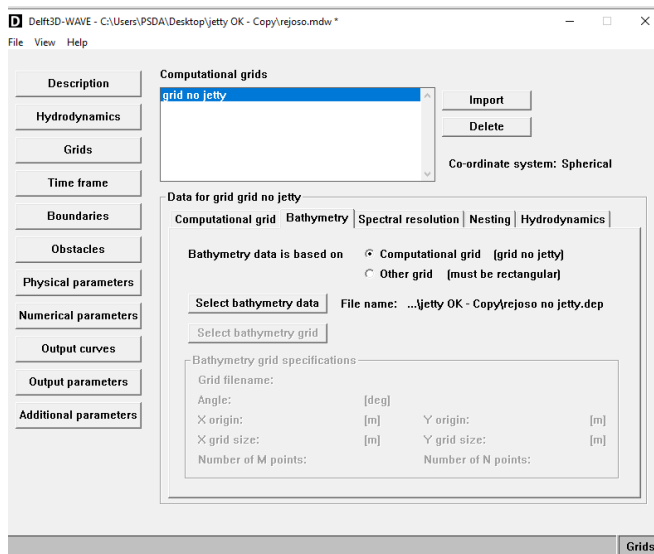
Data *Hydrodinamics* yang diisikan pada Gambar 4.51 adalah data yang digunakan untuk menghubungkan hasil perhitungan arus pada Mdf-file ke perhitungan gelombang di Mdw-file. Penelitian ini menggunakan hasil *hydrodinamics* dari modul Delft3D-FLOW antara lain *bathymetry*, *water level*, dan *current*. Pengaktifan hubungan hasil pada hitungan arus ke hitungan gelombang akan dilakukan dengan mengaktifkan *select FLOW file* yang akan otomatis menghubungkan Mdw-file dan Mdf-file.

Data grup *grid* terdiri *computational grid*, *bathymetry*, *spectral resolution*, dan *nesting*. Pada simulasi ini data grup *grid* yang digunakan pada simulasi ini hanya *bathymetry* dengan cara klik *select bathymetry data* untuk mengimpor file

atribut kedalaman (\*.dep) yang telah diselesaikan dengan menggunakan Delft3DQUICKIN.



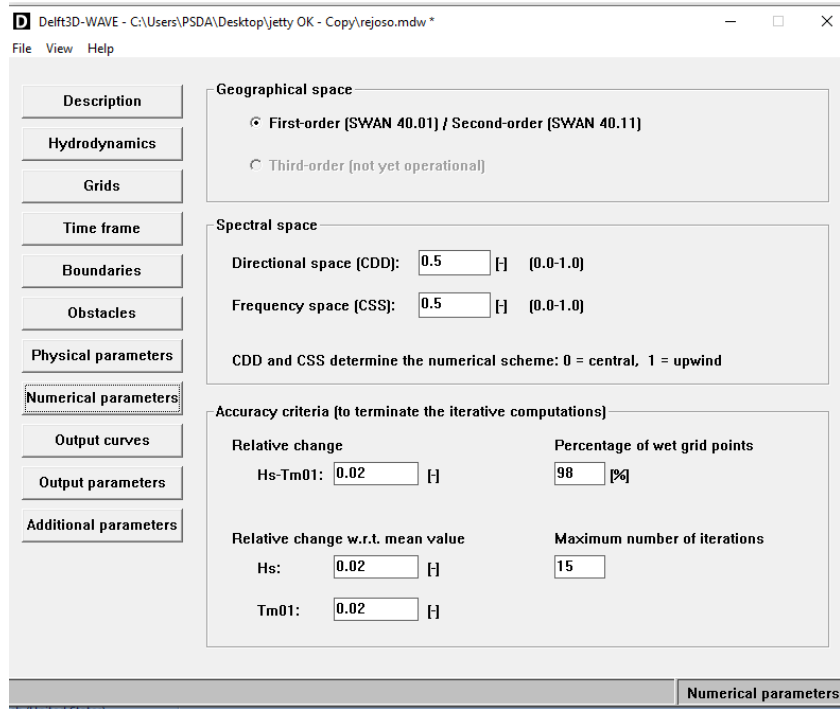
Gambar 4.57 Input *Computational Grid*



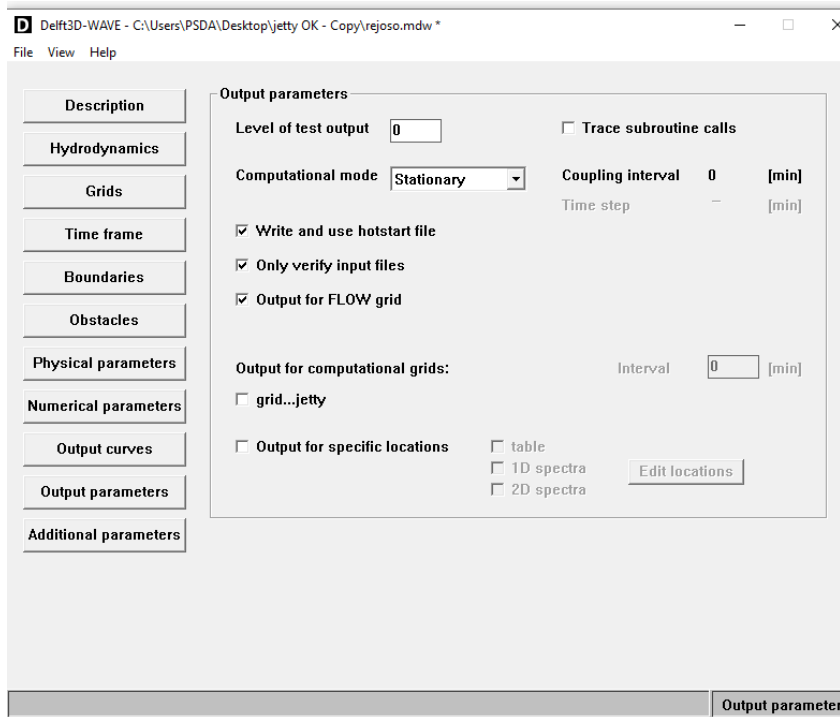
Gambar 4.58 Input Bathimetri

Data grup *boundaries* adalah batasan yang ditetapkan untuk suatu wilayah simulasi. *Boundaries* mempunyai parameter-parameter yang berhubungan dengan simulasi. Parameter-parameter tersebut adalah terdiri dari *data for selected* dan *boundary conditions*. Data yang di input adalah *boundary orientation* dan *edit conditions*. Pada *boundaries* ini perlu di input data tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ), periode gelombang signifikan ( $T_s$ ), dan sudut gelombang (*nautical*) dengan cara mengklik *edit condition*.

Pada *output parameter* ini terdiri dari 3 sub-data yaitu *write and use hotstart file*, *only verify input files*, dan *output for FLOW grid*. Selanjutnya *output for computational grids* diaktifkan agar terhubung dengan Delft3D-FLOW.



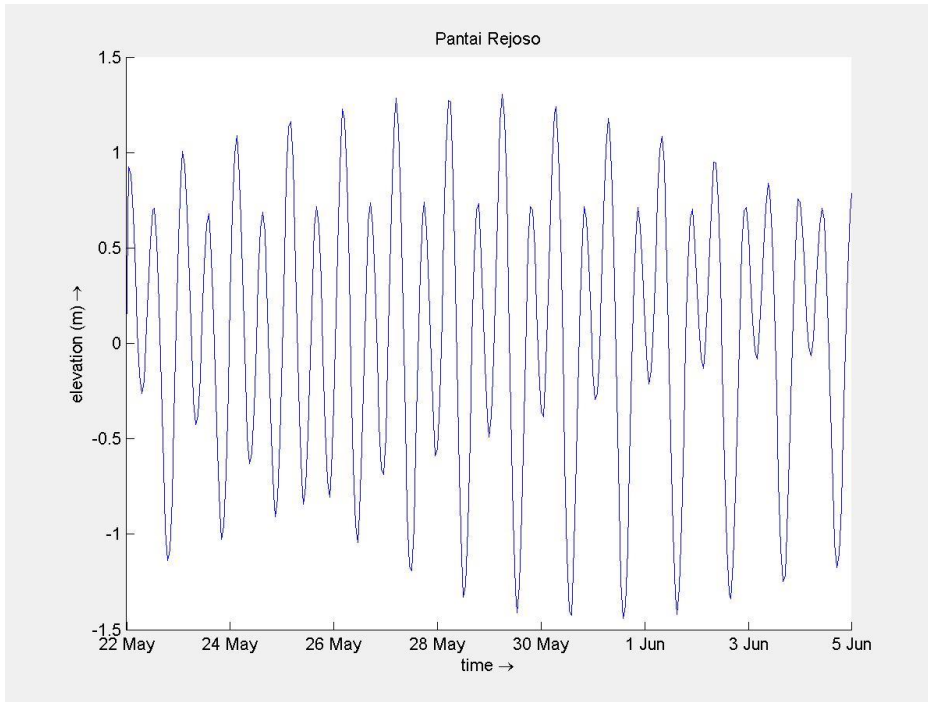
Gambar 4.59 Parameter Numerik untuk Wave Input



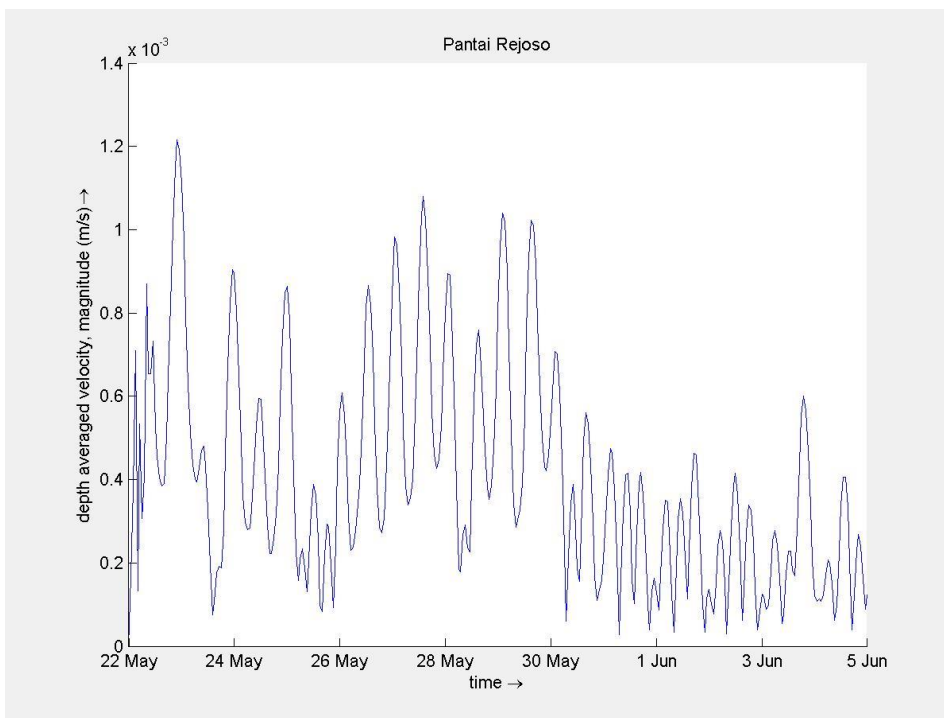
Gambar 4.60 Parameter Output untuk Wave Input

#### 4.4. Hasil Simulasi

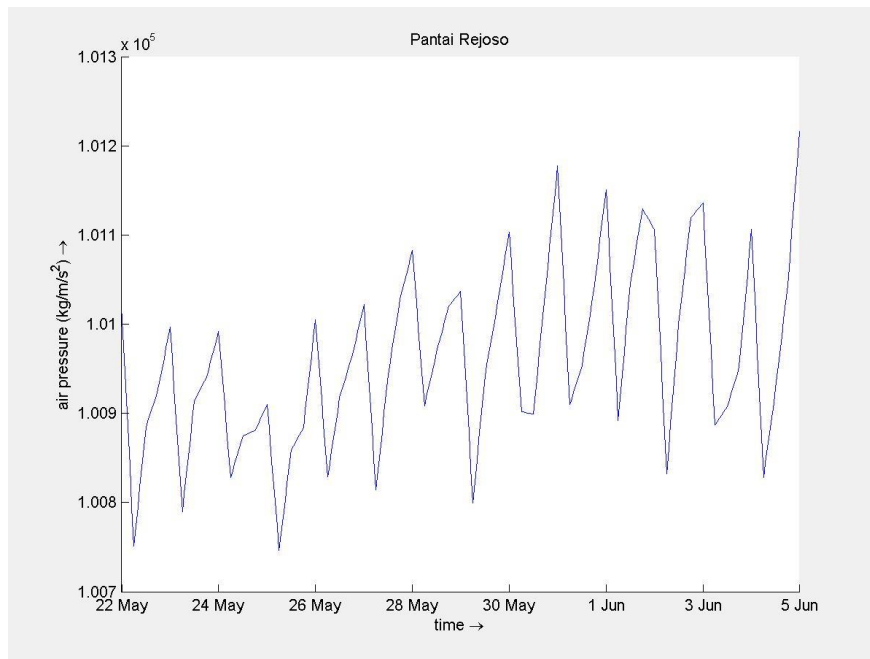
Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan sesuai Manual Book Delft3D, diperoleh hasil grafik simulasi arus dan pasang surut eksisting sebagai berikut.



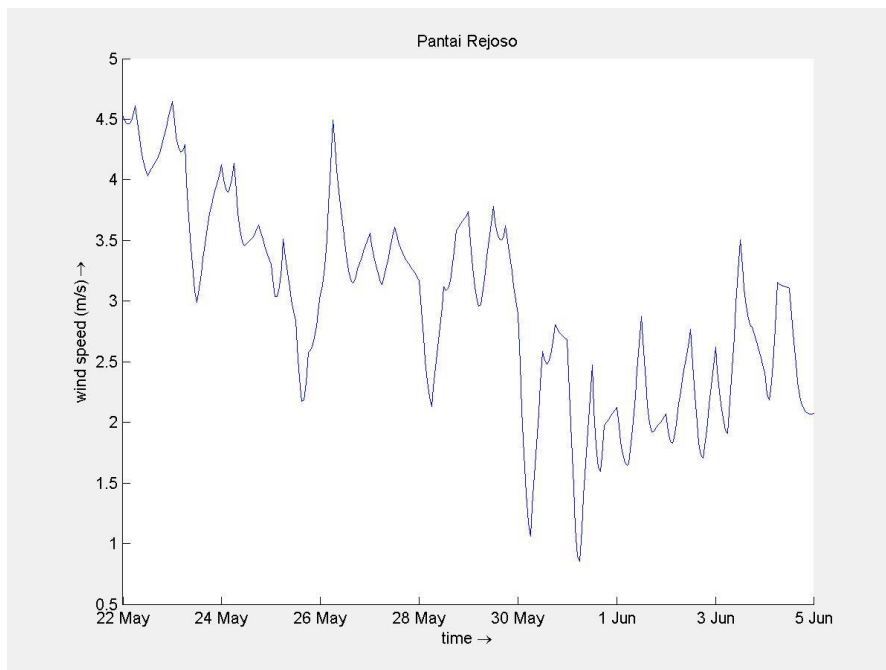
Gambar 4.61. Gambar Hasil Simulasi Pasang Surut



Gambar 4.62. Gambar Hasil Simulasi Arus



Gambar 4.63. Gambar Hasil Simulasi Tekanan Udara



Gambar 4.64. Gambar Hasil Kecepatan Angin

#### 4.4.1 Hasil Simulasi Arus

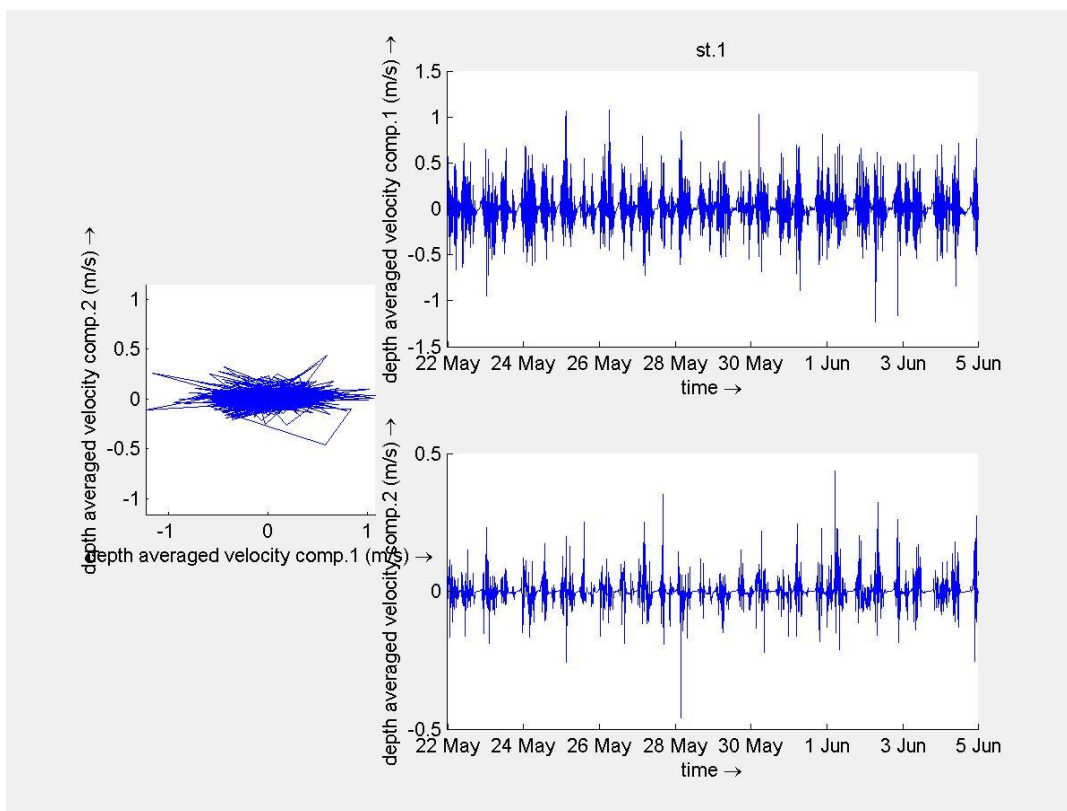
Berdasarkan hasil pengolahan data dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondisi arus menunjukkan adanya hubungan antara fluktuasi arah dan kecepatan arus dengan pola pasang surut yang terjadi, dengan melihat adanya pergerakan arah arus yang cenderung bolak-balik. Pada saat

kondisi surut arah arus cenderung ke arah utara- timur (0 – 90) dan pada saat pasang arah arus ke arah barat – selatan (180-270).

2. Kecepatan arus pada saat surut relatif lebih besar daripada saat kondisi pasang.
3. Kecepatan arus pada kolom air permukaan memiliki kecepatan arus yang lebih besar daripada kolom air tengah dan dasar. Semakin ke dasar laut, kecepatan arus relatif semakin kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengaruh angin dan kekasaran dasar laut cukup berperan dalam pergerakan arus di lokasi tersebut.
4. Pengaruh angin terhadap kecepatan arus juga dapat dilihat dari data dimana kecepatan arus cenderung meningkat sejalan dengan kecepatan angin yang semakin kencang seperti ditunjukkan pada Gambar 4.57 dan 4.59.

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada kondisi eksisting maka didapatkan kondisi arus sebagai berikut:

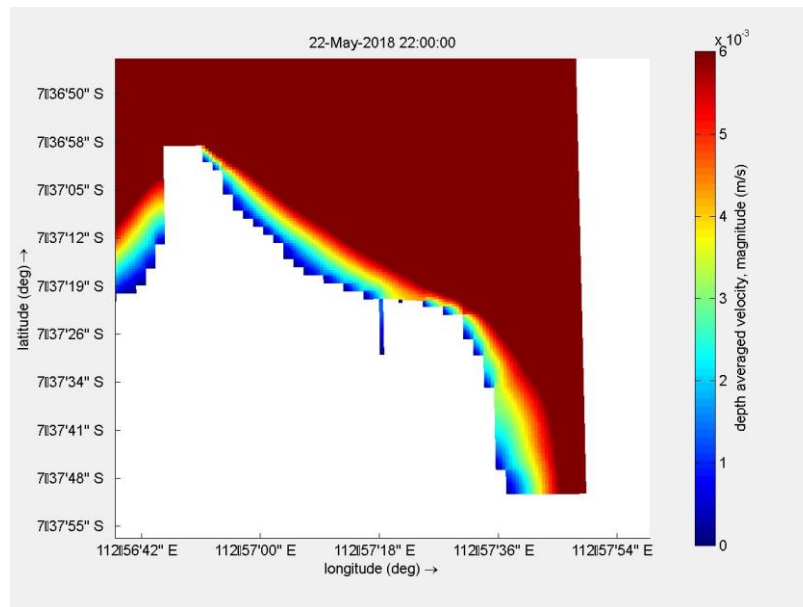


Gambar 4.65 Hasil QUICKPLOT file TRIH- pada Simulasi Arus 15 Hari

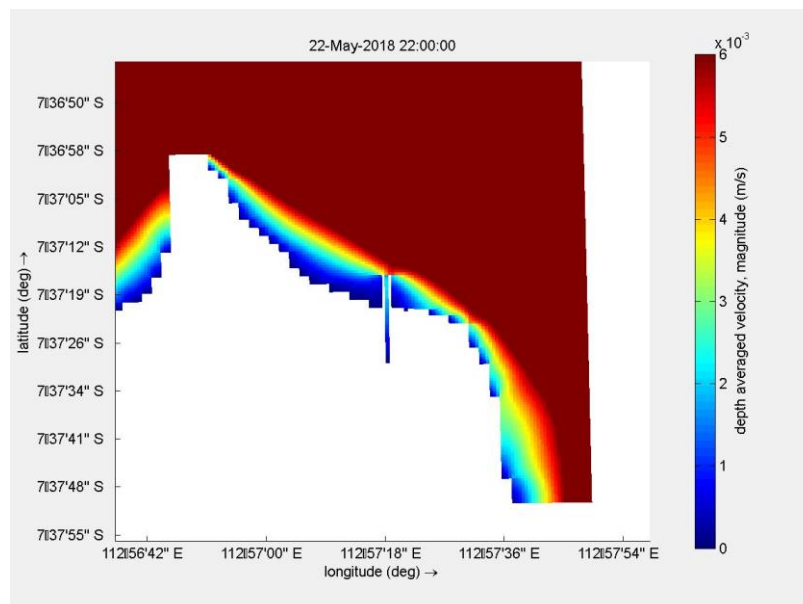


#### 4.4.2. Pola Arus

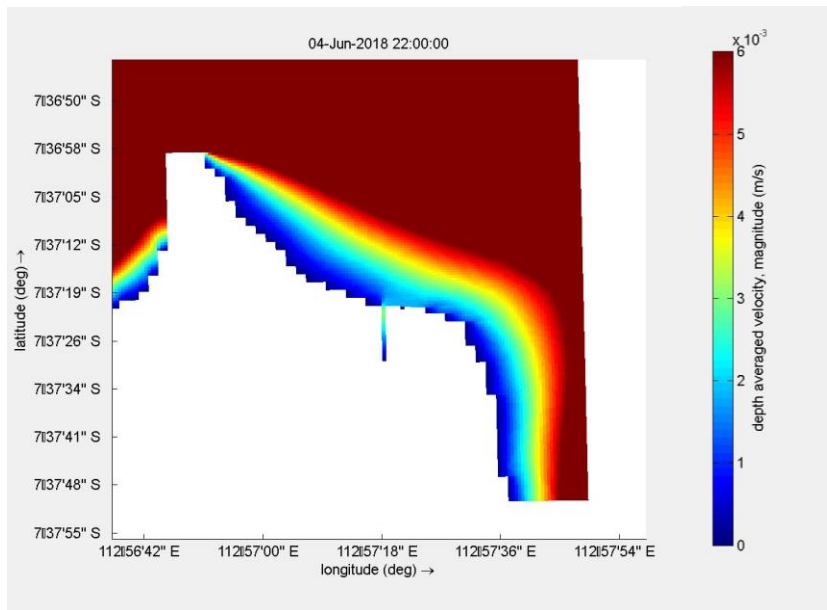
Hasil simulasi *software* Delft3D menunjukkan bahwa arus berasal dari arah timur pada saat pasang tertinggi dan ada arus yang datang dari utara pada saat surut terendah. Berikut merupakan gambar dari besaran dan arah arus dari dua skenario model saat pasang menuju surut tanggal 22 Mei 2018.



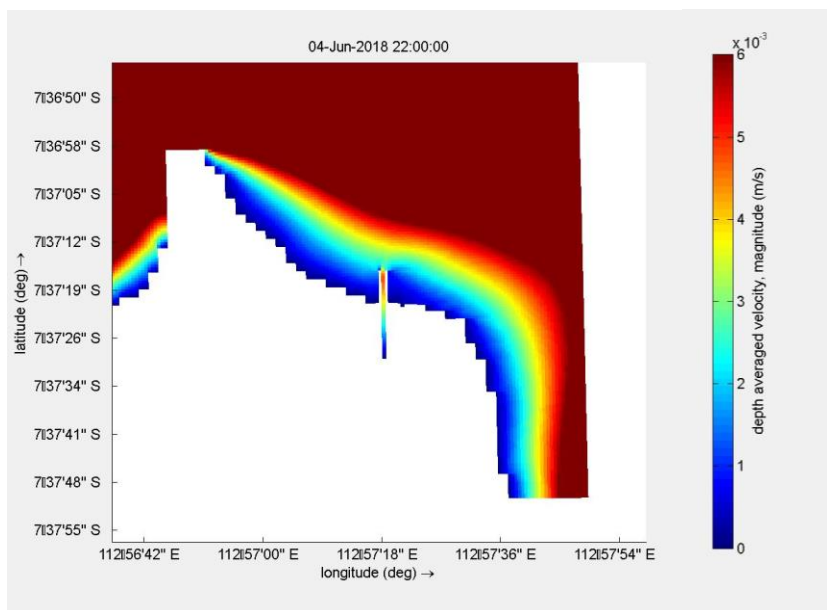
Gambar 4.66 Awal Simulasi Arus Skenario 1 Tanpa Jetty



Gambar 4.67 Awal Simulasi Arus Skenario 2 dengan Jetty



Gambar 4.68 Akhir Simulasi Arus Skenario 1 Tanpa Jetty



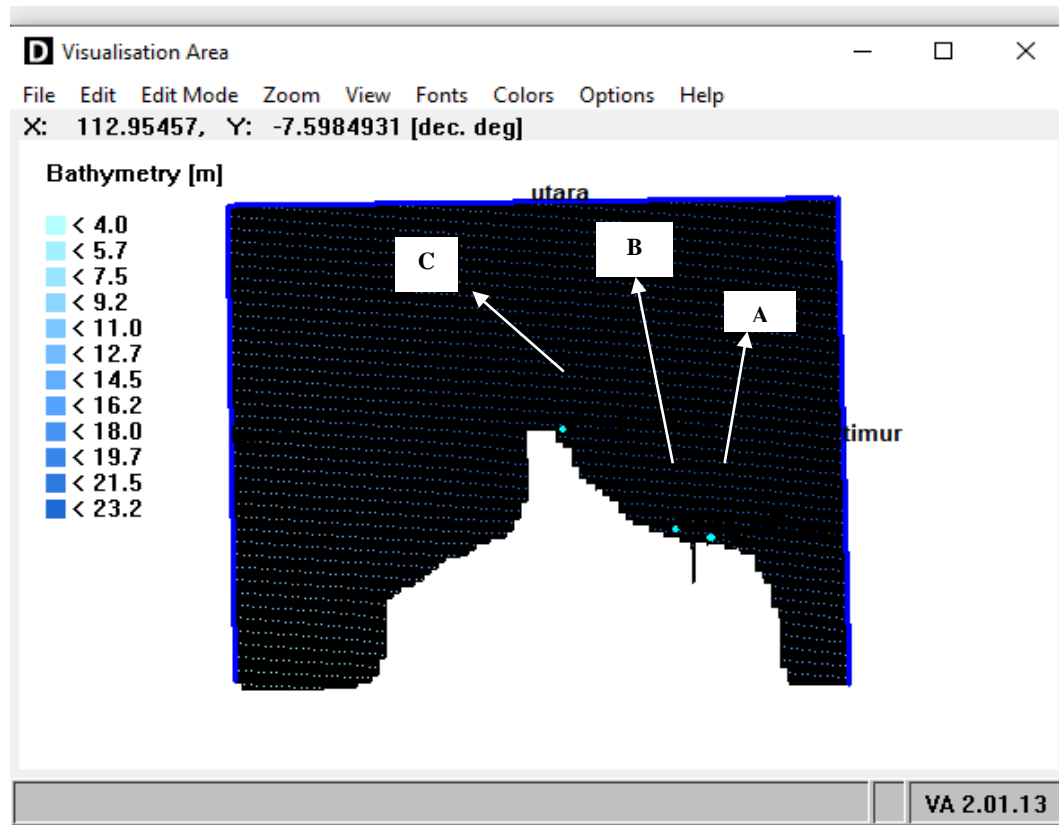
Gambar 4.69 Akhir Simulasi Arus Skenario 2 dengan Jetty

Gambar 4.66 dan Gambar 4.68 merupakan gambaran kondisi awal dan akhir skenario 1 (non *jetty*). Pada sisi Barat Daya sebelum simulasi dilakukan kondisi bathimetri di sekitar daerah simulasi sejajar garis pantai memiliki kondisi relatif dangkal. Setelah dilakukan simulasi dengan dua skenario didapatkan perubahan besarnya arus pada Muara Rejoso akibat adanya jetty. Pada kondisi awal simulasi, terlihat gradasi penurunan besarnya arus setelah dibangun jetty.

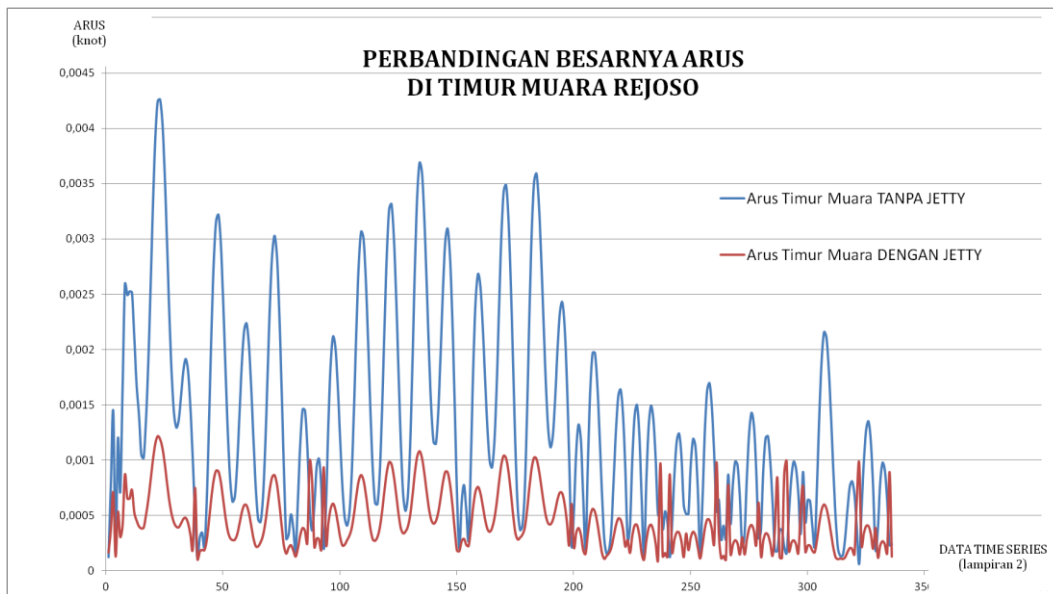
Untuk lebih memperjelas analisis pengurangan arus akibat adanya jetty, ditentukan tiga titik monitoring sebagai berikut :

- Titik Monitoring A : Sebelah Timur Muara Rejoso (sebelah timur jetty sebelah kanan)
- Titik Monitoring B : Sebelah Barat Muara Rejoso (sebelah barat jetty sebelah kiri)
- Titik Monitoring C : Sekitar 500 meter sebelah Barat Muara Rejoso (di sebelah timur muara Sungai Petung, untuk mengamati pengaruh perencanaan jetty terhadap muara lain di sekitarnya)

Lokasi monitoring ditunjukkan pada Gambar 4.70.



Gambar 4.70. Lokasi Monitoring Perbandingan Arus dan Pasut untuk Skenario 1 dan Skenario 2.



Gambar 4.71. Perbandingan Besarnya Arus di Titik Monitoring A

Pada Gambar 4.71 dapat dilihat perubahan besarnya arus di sebelah timur muara akibat adanya jetty. Adanya jetty mampu menurunkan besarnya arus di muara sebesar 94,05% dari total keseluruhan hasil analisis di titik monitoring A.

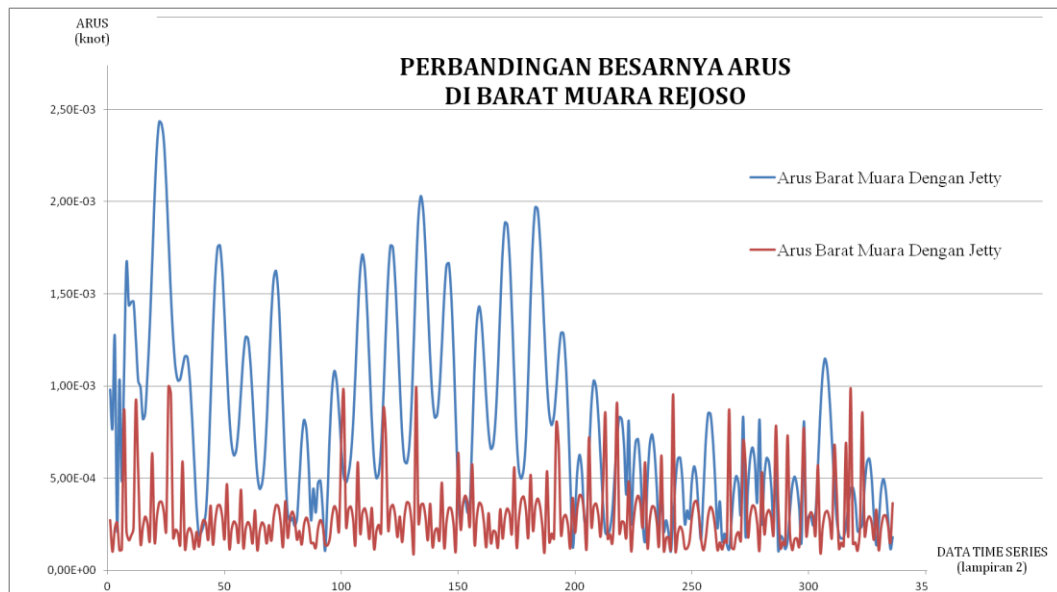
Adanya fluktuasi pada beberapa waktu tertentu dimana justru terjadi peningkatan arus disebabkan oleh arah angin pada waktu tersebut. Pada saat arah angin barat-timur atau sebaliknya cenderung membuat arus menurun karena terhalang oleh jetty, namun saat arah angin pada titik monitoring tersebut merupakan arah utara-selatan maka arus cenderung lebih tinggi.

Dari hasil pemodelan selama 15 hari, diperoleh besarnya reduksi arus di Titik Monitoring A akibat adanya jetty adalah sebesar 0,299 m/detik.

Tabel 4.14 Prosentase Penurunan Arus di Titik Monitoring A akibat Jetty

TITIK MONITORING A	PROSENTASE
ARUS MEMBESAR KARENA JETTY	5,95
ARUS MENGECIL KARENA JETTY	94,05
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.72. Perbandingan Besarnya Arus di Titik Monitoring B

Pada Gambar 4.72 dapat dilihat perubahan besarnya arus di sebelah timur muara akibat adanya jetty. Adanya jetty mampu menurunkan besarnya arus di muara sebesar 86,91% dari total keseluruhan hasil analisis di titik monitoring B.

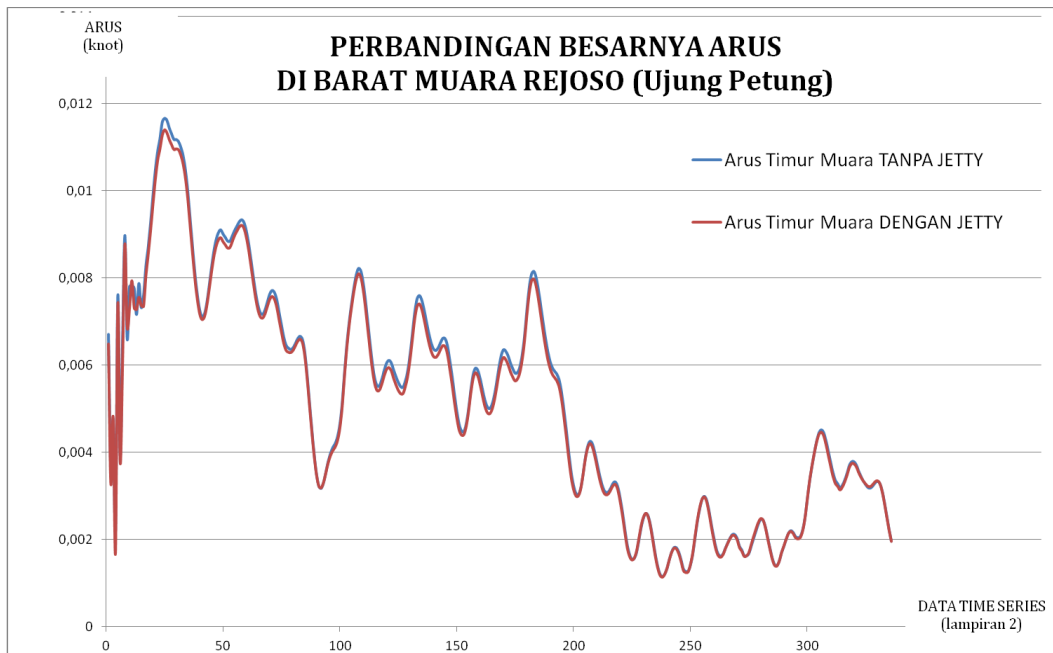
Pada titik monitoring B juga terdapat fluktuasi pada beberapa waktu tertentu yang justru terjadi peningkatan arus disebabkan oleh arah angin pada waktu tersebut. Saat arah angin pada titik monitoring tersebut merupakan arah utara-selatan maka arus cenderung lebih tinggi dan saat arah angin barat-timur atau sebaliknya cenderung membuat arus menurun karena terhalang oleh jetty.

Dari hasil pemodelan selama 15 hari, diperoleh besarnya reduksi arus di Titik Monitoring B akibat adanya jetty adalah sebesar 0,169 m/detik.

Tabel 4.15 Prosentase Penurunan Arus di Titik Monitoring B akibat Jetty

TITIK MONITORING B	PROSENTASE
ARUS MEMBESAR KARENA JETTY	13,09
ARUS MENGECIL KARENA JETTY	86,91
TOTAL	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.73. Perbandingan Besarnya Arus di Titik Monitoring C

Dari hasil pemodelan dapat ditinjau bahwa ternyata pembuatan jetty di Muara Rejoso juga memberikan pengaruh pada muara sungai lain di dekatnya, salah satunya adalah muara Sungai Petung yang berada di sebelah barat Muara Rejoso.

Perencanaan jetty di Rejoso juga mampu mengurangi besarnya arus sebesar 91,67%. Dengan demikian reduksi arus di pantai tersebut kemungkinan juga mampu mengurangi longshore sedimen di pantai dan mengurangi hambatan aliran dari sungai menuju laut.

Dari hasil pemodelan selama 15 hari, diperoleh besarnya reduksi arus di Titik Monitoring C akibat adanya jetty adalah sebesar 0,033 m/detik.

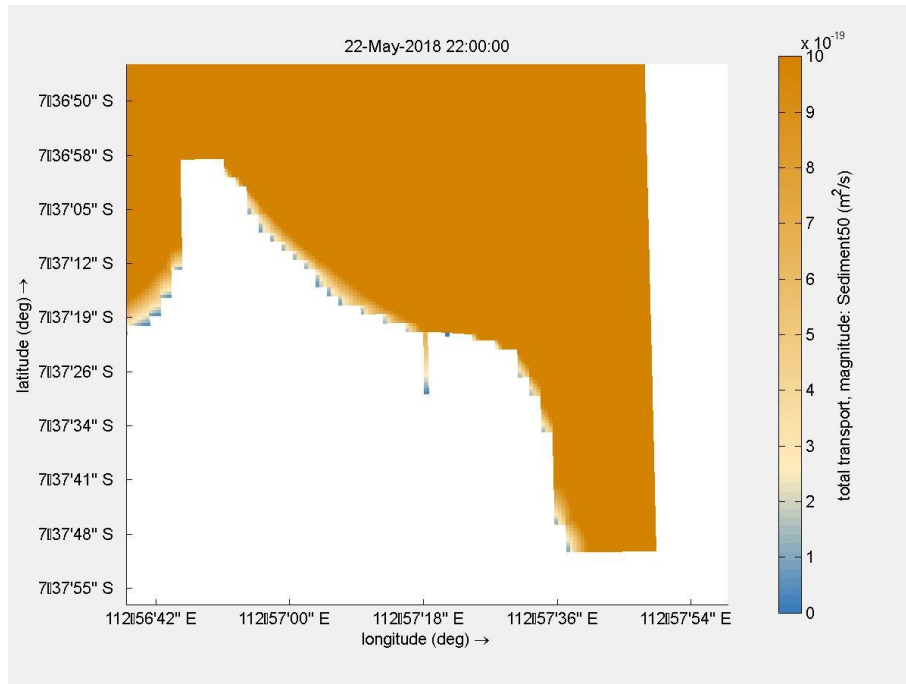
Tabel 4.16 Prosentase Penurunan Arus di Titik Monitoring C akibat Jetty

TITIK MONITORING C	PROSENTASE
ARUS MEMBESAR KARENA JETTY	8,33
ARUS MENGECIL KARENA JETTY	91,67
TOTAL	100

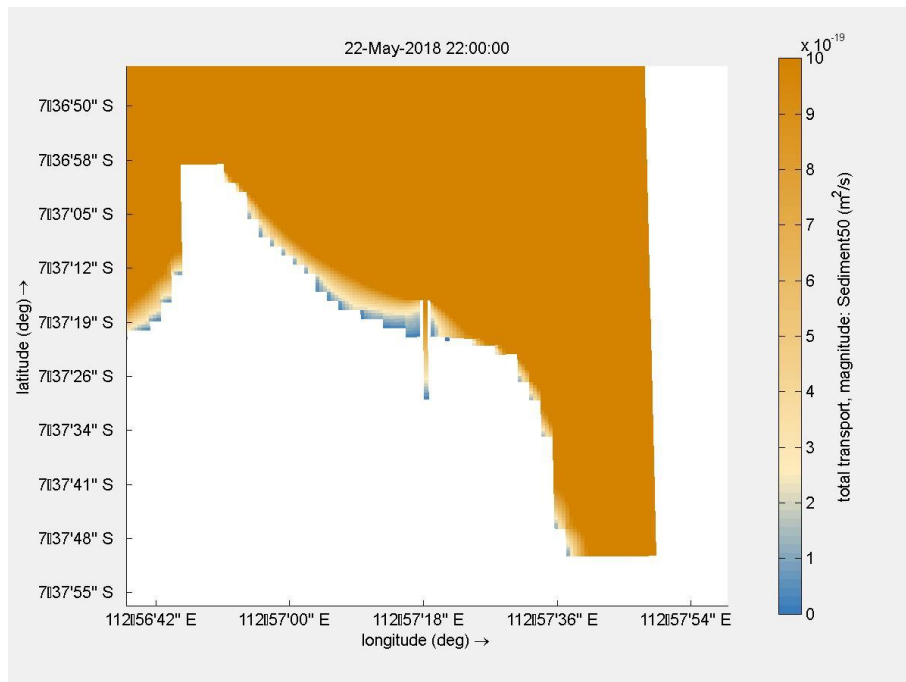
Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.4.3. Perubahan Transpor Sedimen

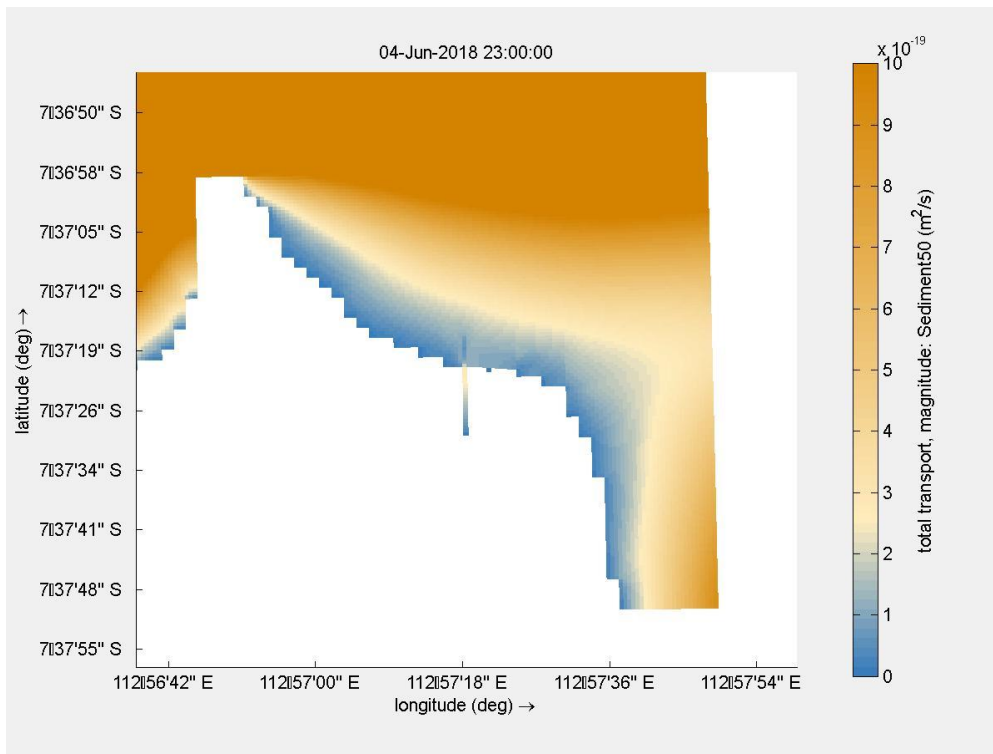
Berikut merupakan gambar dari hasil simulasi *software* Delft3D untuk transpor sedimen dari dua skenario model saat pasang menuju surut tanggal 22 Mei 2018.



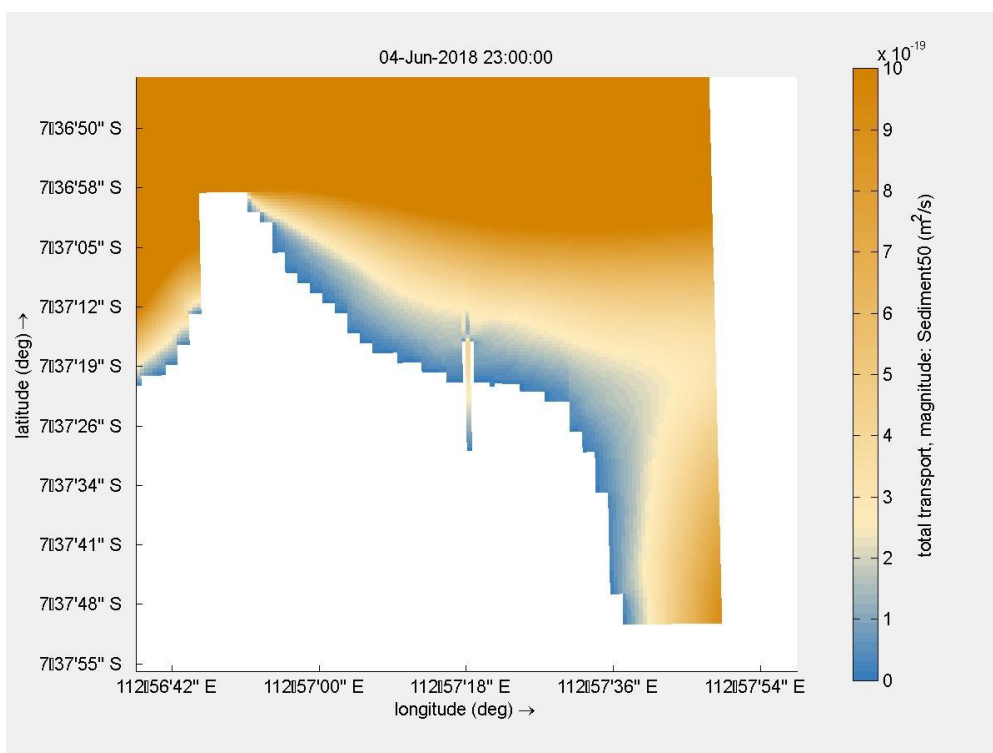
Gambar 4.74 Awal Simulasi Sedimen Skenario 1 Tanpa Jetty



Gambar 4.75 Awal Simulasi Sedimen Skenario 2 dengan Jetty



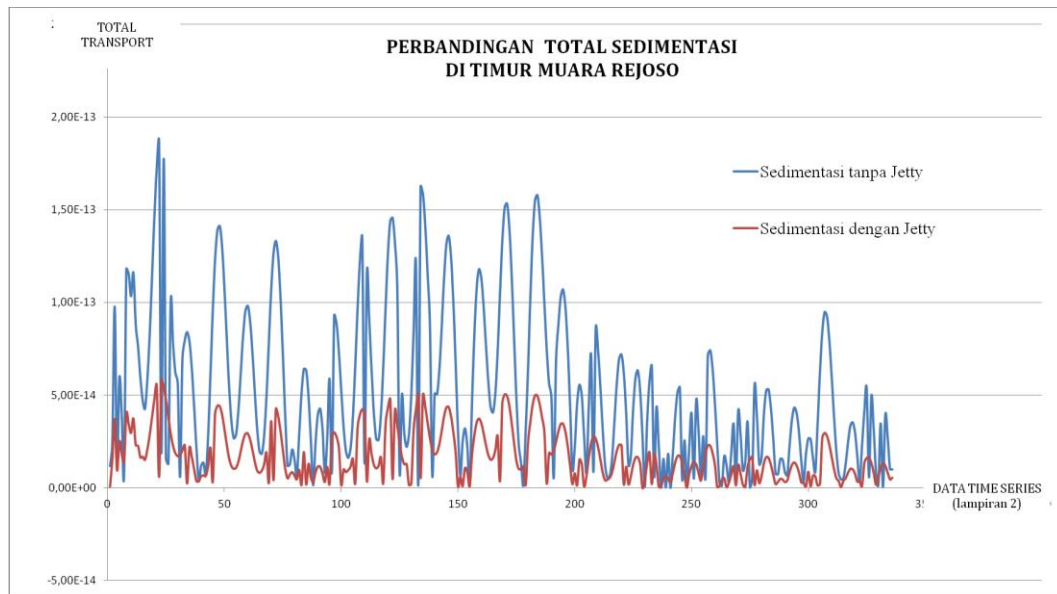
Gambar 4.76 Awal Simulasi Sedimen Skenario 2 dengan Jetty



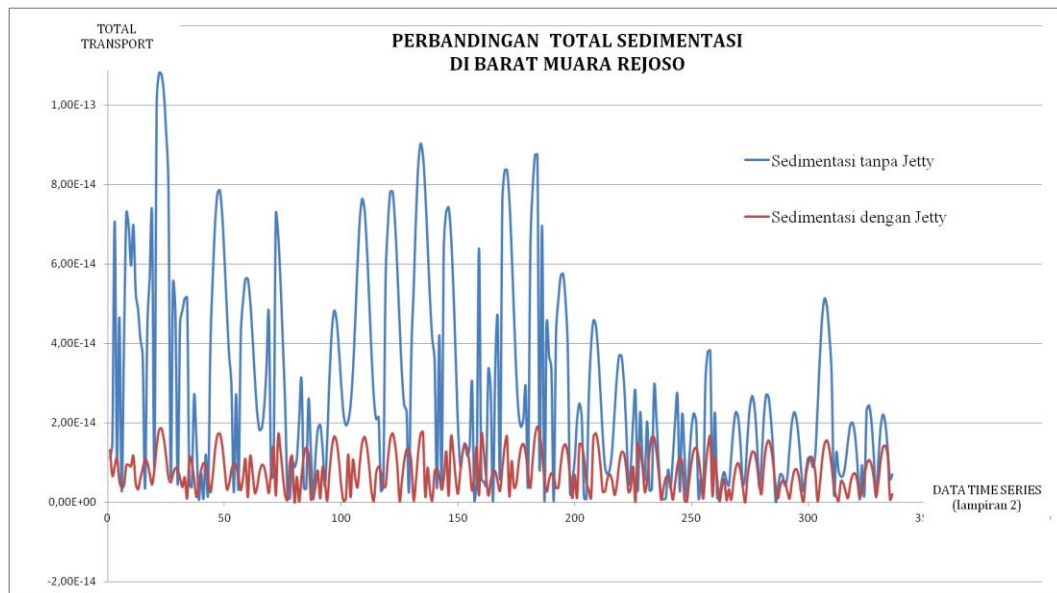
Gambar 4.77 Akhir Simulasi Sedimen Skenario 2 dengan Jetty



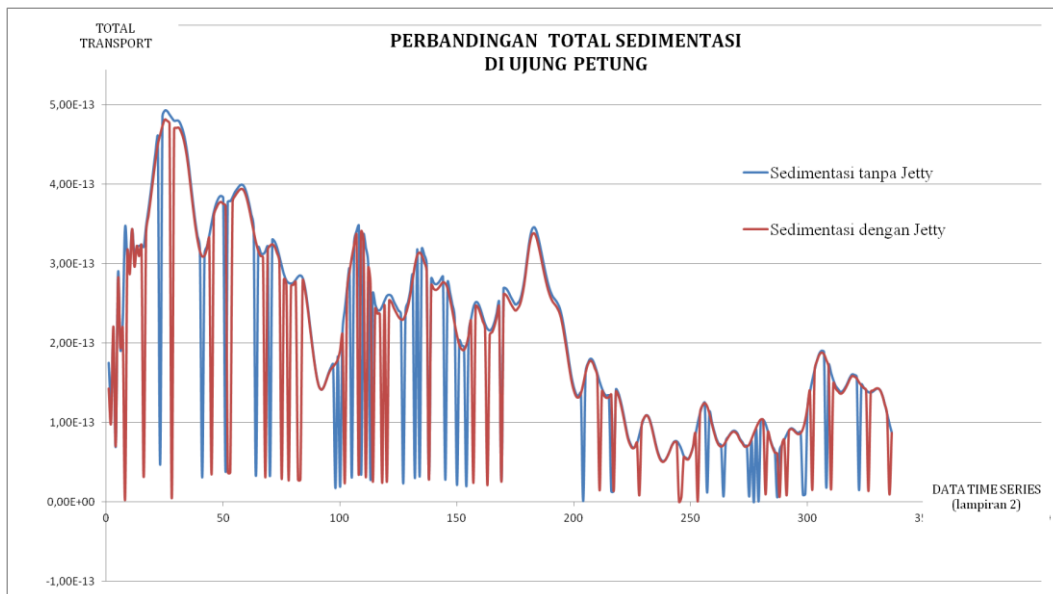
Setelah simulasi dilakukan maka dapat dilihat perubahan besaran transpor sedimen. Pada skenario-1 dengan kondisi tanpa jetty mulut muara terjadi sedimentasi yang relatif besar, sedangkan dengan adanya jetty membuat rivermouth lebih terlindungi dengan sedimen yang lebih sedikit di sekitar jetty sehingga aliran sungai relatif lebih lancar dan tidak terhalang sedimen.



Gambar 4.78. Perbandingan Besarnya Sedimentasi di Titik Monitoring A



Gambar 4.79. Perbandingan Besarnya Sedimentasi di Titik Monitoring B



Gambar 4.80. Perbandingan Besarnya Sedimentasi di Titik Monitoring C

Dari hasil simulasi, dapat dilihat bahwa di ketiga titik monitoring terjadi penurunan besarnya sedimentasi setelah dibangun jetty di Muara Rejoso. Besarnya prosentase penurunan pada masing-masing titik monitoring dapat dilihat pada Tabel 4.17.

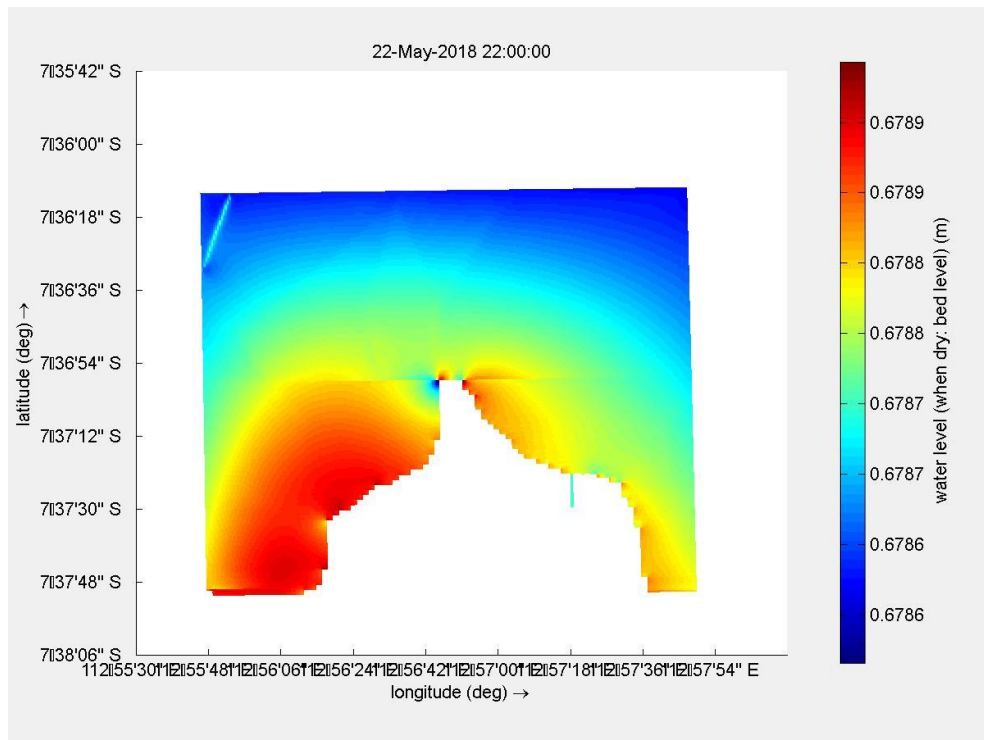
Tabel 4.17 Prosentase Penurunan Sedimentasi di Titik Monitoring akibat Jetty

PROSENTASE	TITIK MONITORING A	TITIK MONITORING B	TITIK MONITORING C
SEDIMENTASI MENINGKAT	8,630952381	17,26190476	14,28571429
SEDIMENTASI MENURUN	91,36904762	82,73809524	85,71428571
TOTAL	100	100	100

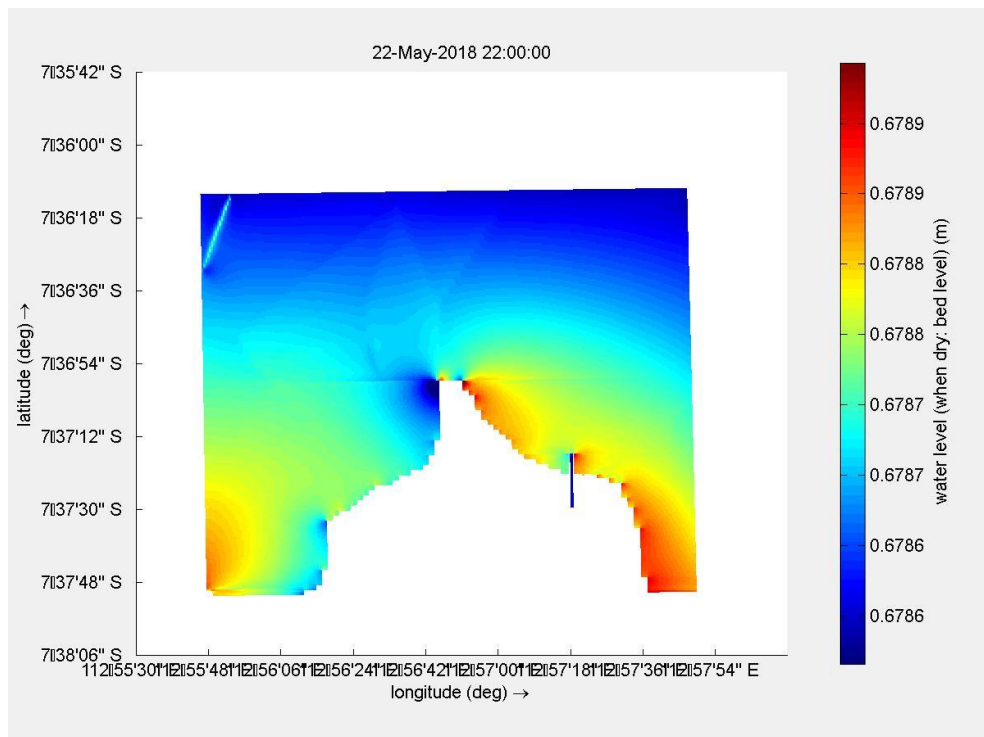
Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.4.4. Perubahan Morfologi Pantai

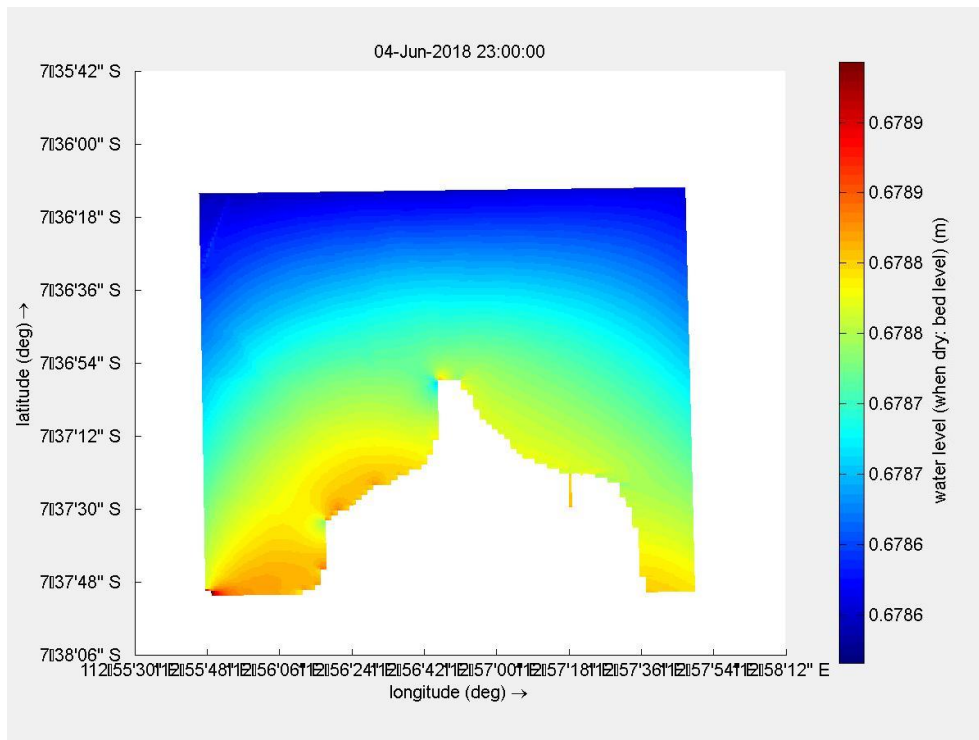
Berikut merupakan gambar dari hasil simulasi *software* Delft3D. Pada awal simulasi, dapat dilihat bahwa pada sebelah barat *rivermouth* yang belum dibangun jetty memiliki bentuk morfologi dengan elevasi yang sama dengan sebelah timur *rivermouth*. Namun setelah dibangun jetty, dapat dilihat bahwa pada awal simulasi di sebelah barat *rivermouth* lebih dangkal daripada di sebelah timurnya. Hal ini disebabkan karena angin dominan dari arah timur dan laut membawa sedimen dari kiri muara kearah barat, sehingga pada titik tersebut terjadi erosi.



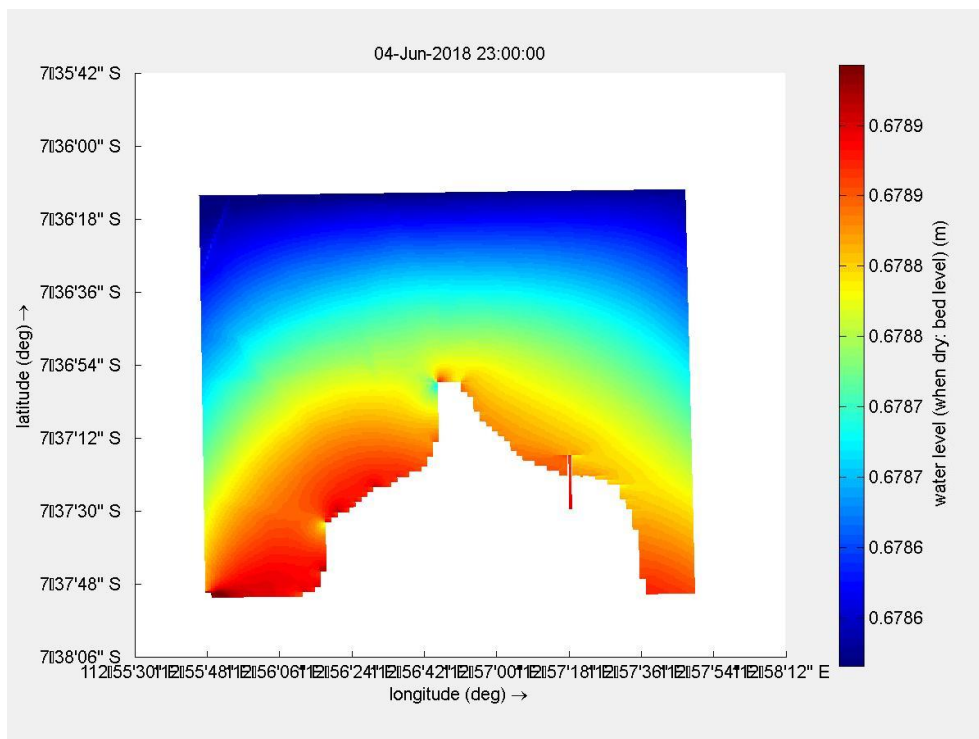
Gambar 4.81 Awal Simulasi Morfologi Skenario 1 Tanpa Jetty



Gambar 4.82 Awal Simulasi Morfologi Skenario 2 dengan Jetty



Gambar 4.83 Akhir Simulasi Morfologi Skenario 1 Tanpa Jetty



Gambar 4.84 Akhir Simulasi Morfologi Skenario 2 dengan Jetty

Gambar 4.83 dan Gambar 4.84 dapat dilihat perbandingan pada akhir simulasi untuk kondisi tanpa jetty dan dengan jetty. Pada kondisi tanpa jetty,

bentuk pantai dan elevasinya mengikuti bentuk garis pantai awal, sementara pada kondisi setelah dibangun jetty selama satu tahun terjadi pendangkalan sepanjang 120 meter hingga ujung jetty, sehingga elevasi dasar di bagian barat jetty menjadi semakin tinggi dan mengubah bentuk morfologi pantai di Rejoso.

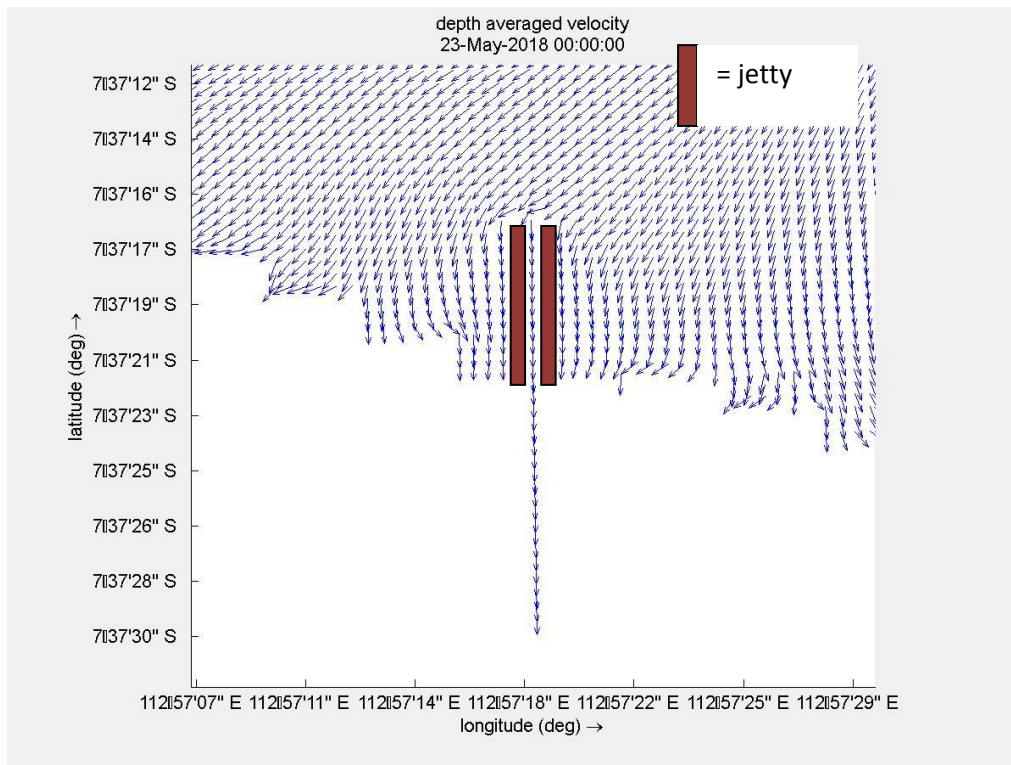
Hal ini disebabkan oleh arus yang bergerak dari arah Barat ke arah Timur Laut yang membawa butiran sedimen tertahan oleh konstruksi *jetty*. Butiran sedimen yang tertahan menghasilkan sedimentasi yang relatif besar pada area tersebut. Pada arus yang bergerak dari Timur Laut ke arah Barat tidak ada penambahan sedimentasi yang berarti. Hal ini diakibatkan butiran sedimen yang terbawa dari arah Timur Laut ke arah Barat tertahan oleh konstruksi *jetty* sebelah kanan.

Sedangkan pada kondisi tanpa jetty, arus yang terjadi dari arah Barat membawa butiran sedimen ke arah Timur Laut tanpa ada penghalang. Hal ini menyebabkan sedimentasi yang terjadi relatif besar sehingga menyebabkan tertutupnya mulut muara.

Tidak terdapat perubahan morfologi yang cukup signifikan pada muara Rejoso akibat dibangun jetty selama satu tahun pada *rivermouth*. Faktor penyebabnya antara lain adanya pola dan arah arus yang cukup seimbang sehingga pergerakan sedimen secara bolak-balik pada muara Rejoso juga masih seimbang.

Faktor lain yang perlu dipertimbangkan adalah kurangnya dominasi pengaruh dari aliran sungai terhadap penggelontoran sedimen dari sungai karena masih terhalang oleh pasang surut dan arus dari arah laut, sehingga sedimen hanya akan mengendap di bagian hilir sungai tanpa bisa bergerak ke arah laut.

Hal ini dapat menjadikan pertimbangan dalam perencanaan jetty yang hanya berfungsi memperpanjang alur sungai tanpa memberikan pengaruh signifikan dalam penggelontoran sedimen ke arah laut lepas. Pertimbangan lainnya adalah perlunya mempertimbangkan sudut kemiringan jetty terhadap garis pantai dan arah arus dominan, sehingga arah arus sungai tidak bertabrakan dengan arah arus di laut.



Gambar 4.85 Arah Arus Ujung Jetty

Dari hasil simulasi dapat dilihat pula arah arus dominan (Gambar 4.85) dari timur menuju ke barat. Oleh karena itu selain mempertimbangkan sudut arah arus perlu dipertimbangkan pula kemungkinan penambahan dimensi panjang jetty dengan sudut membelok ke arah barat.

Perubahan morfologi yang dapat dipantau dalam akhir simulasi ini adalah kemungkinan pengendapan sedimen di bagian barat jetty dalam waktu lama yang akan mengubah bentuk morfologi pantai pada titik tersebut. Untuk itu diperlukan simulasi dalam kurun waktu yang lebih lama untuk dapat melihat perubahan morfologi yang cukup signifikan.

#### 4.4.5. Hubungan Arah Arus dan Transpor Sedimen Hasil Pemodelan

Dari hasil pemodelan diperoleh rekapitulasi perbandingan arah arus dan arah total sedimen transpor dalam satu hari. Pada lokasi studi, karakteristik pasang surutnya adalah dua kali pasang dan dua kali surut. Diketahui bahwa pasang terjadi pada pukul 08.00-14.00 dan 20.00-02.00, sedangkan surut terjadi pada pukul 02.00-08.00 dan 14.00-20.00.

Tabel 4.18. Hubungan Arah Arus dan Sedimen pada Skenario 1 (tanpa Jetty)

No	Waktu	ARAH ALIRAN DARI SUNGAI-MUARA			ARAH ARUS LAUT	
		TOTAL TRANSPOR SEDIMEN	DEPTH AVERAGED VELOCITY	KET	TOTAL TRANSPOR SEDIMEN	DEPTH AVERAGED VELOCITY
1	01.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	B-T	U-B
2	02.00	keluar sungai	masuk sungai	kebalikan	B-T	B-T
3	03.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	U-B	U-B
4	04.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Bd- Tl	Tg-U
5	05.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	T-B	T-B
6	06.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
7	07.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
8	08.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
9	09.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
10	10.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
11	11.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
12	12.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
13	13.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
14	14.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
15	15.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
16	16.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
17	17.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
18	18.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
19	19.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
20	20.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
21	21.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
22	22.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
23	23.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl
24	24.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Tg - Bl	Tg-Bl

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.19. Hubungan Arah Arus dan Sedimen pada Skenario 2 (dengan Jetty)

No	Waktu	ARAH ALIRAN DARI SUNGAI-MUARA			ARAH ARUS LAUT	
		TOTAL TRANSPOR SEDIMEN	DEPTH AVERAGED VELOCITY	KET	TOTAL TRANSPOR SEDIMEN	DEPTH AVERAGED VELOCITY
1	01.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	U-S	B-S
2	02.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	B-Tg	B-Tg
3	03.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	B-S	B-S
4	04.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	B-Tg	B-Tg
5	05.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	U-B	U-B
6	06.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	T-Tg	T-Tg
7	07.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	T-Tg	T-Tg
8	08.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	T-S	T-S
9	09.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	U-S	U-S
10	10.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	U-S	U-S
11	11.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	U-S	U-S
12	12.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	BL-Tg	BL-Tg
13	13.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	T-Tg	T-Tg
14	14.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	B-Tg	B-Tg
15	15.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	B-Tg	B-Tg
16	16.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	U-B-Tg	U-B-Tg
17	17.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	U-B-Tg	U-B-Tg
18	18.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	U-B-Tg	U-B-Tg
19	19.00	keluar sungai	keluar sungai	searah	Tl -B	Tl - B
20	20.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	Bl-S	Bl -S
21	21.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	B-S	B-S
22	22.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	B-S	B-S
23	23.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	B-S	B-S
24	24.00	masuk sungai	masuk sungai	searah	B-S	B-S

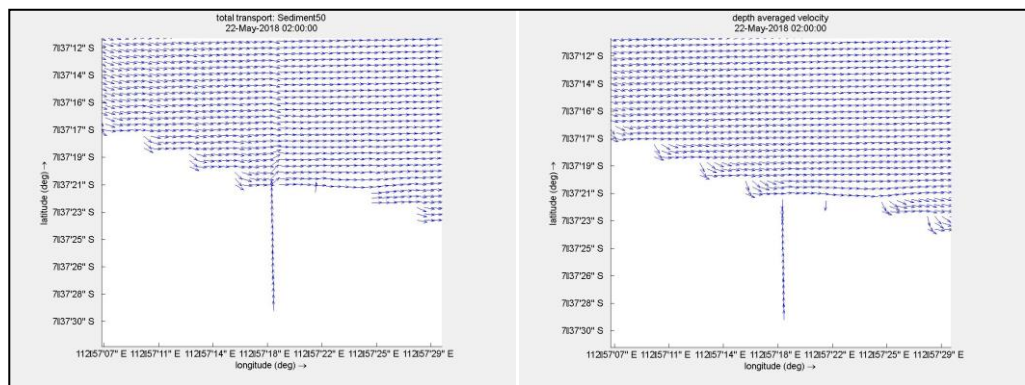
Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel rekapitulasi arah arus dan arah sedimen sebelum ada jetty dan setelah ada jetty, dapat dilihat beberapa perbedaan (Gambar Hasil Simulasi pada Lampiran 1 dan Lampiran 2). Pada Tabel 4.14 dengan adanya jetty menunjukkan arah arus dan arah pergerakan sedimen selalu searah, namun pada Tabel 4.13 tanpa jetty pada saat-saat tertentu terutama saat pergantian pasang



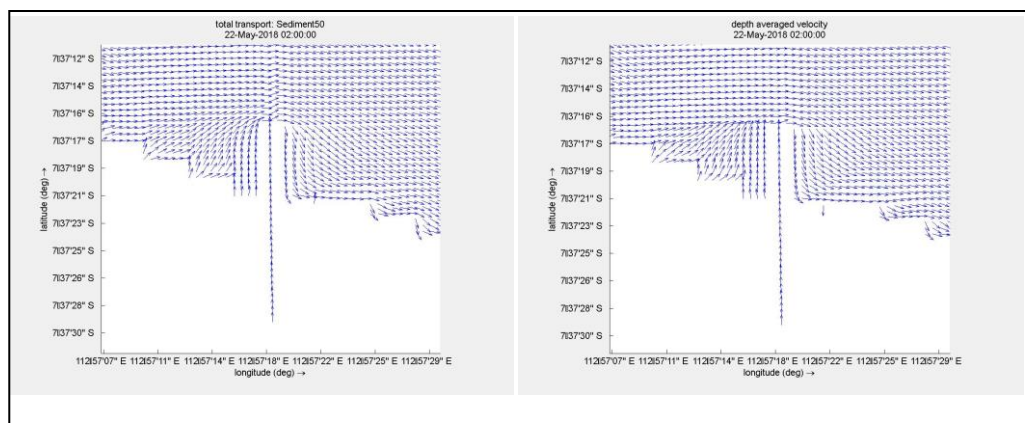
menuju surut dan surut menuju pasang, terjadi pola berkebalikan antara arah pergerakan sedimen dan arah arus.

Salah satu contohnya dapat dilihat pada saat pasang, yaitu mulai pukul 02.00 pada kondisi tanpa jetty terjadi pola arah berkebalikan dimana arus permukaan dari arah laut masuk menuju sungai dan bertubrukan dengan arus dari hilir sungai, sedangkan arah transpor sedimen menunjukkan sebaliknya. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.74.



Gambar 4.86 Perbandingan Arah Arus dan Pola Transpor Sedimen saat Mulai Pasang pukul 02.00 WIB

Sementara apabila dibandingkan dengan kondisi pada waktu tersebut apabila telah dibangun jetty (Gambar 4.75), dapat dilihat bahwa pola arus cenderung lebih stabil dan aliran dari sungai dapat mengalir lancar menuju laut.



Gambar 4.87 Perbandingan Arah Arus dan Pola Transpor Sedimen saat Mulai Pasang pukul 02.00 WIB

Jenis arus yang dominan terdapat di perairan muara Rejoso merupakan arus pasang surut. Variabilitas arus secara spasial memiliki kecepatan yang lebih tinggi pada mulut muara Rejoso dibanding perairan yang masih terkena pengaruh lepas

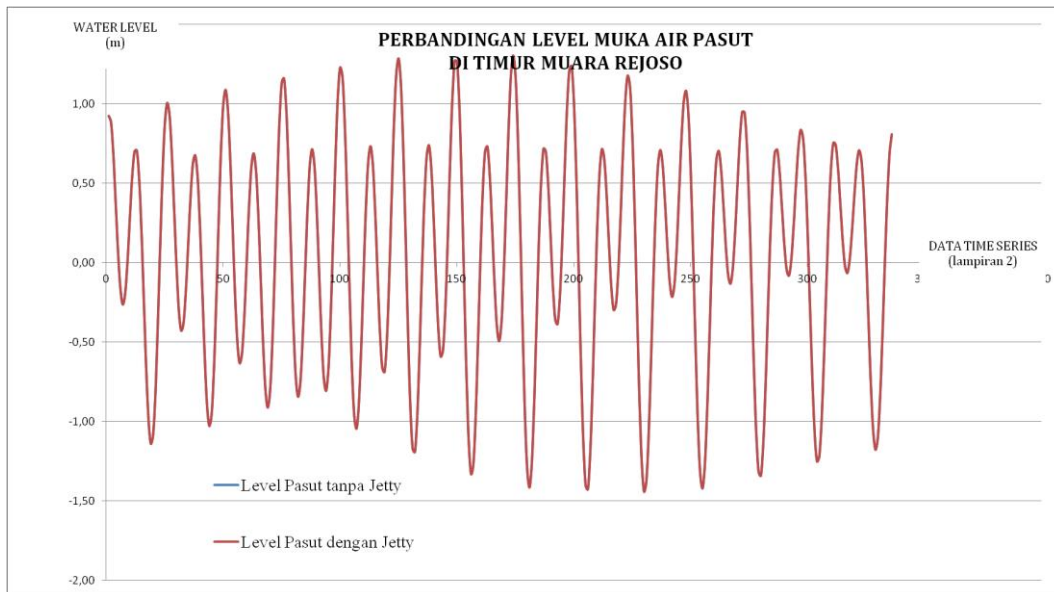
pantai. Variabilitas arus secara temporal pada saat pasang arah arus umumnya ke arah Barat dan Barat Laut, sedangkan pada saat surut arus bergerak ke arah Tenggara dan Timur. Arus semakin cepat ketika nilai pasang surut semakin tinggi.

Arus pasang surut adalah arus yang cukup dominan pada perairan muara Rejoso yang memiliki karakteristik pasang (*flood*) dan surut. Pada waktu gelombang pasut merambat memasuki perairan dangkal, seperti muara sungai atau teluk, maka badan air kawasan ini akan bereaksi terhadap aksi dari perairan lepas. Pada umumnya arus terjadi sepanjang pantai disebabkan oleh perbedaan muka air pasang dan surut tiap jam di sepanjang estuari yang dipengaruhi volume dari arah hulu sungai (*upstream*) menuju hilir sungai (*downstream*), sehingga perilaku arus dipengaruhi pola pasang surut.

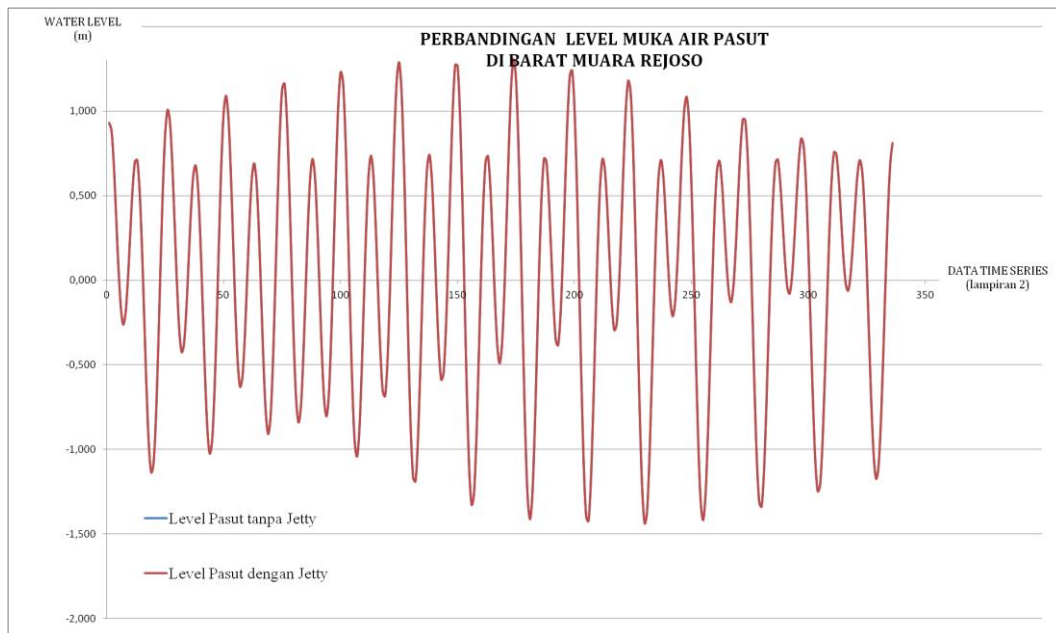
Kecepatan arus yang aman untuk kapal berlabuh disyaratkan berkecepatan maksimal 2 knot atau 1 m/dt. Kecepatan rata-rata arus yang didapatkan pada simulasi model yang dilakukan selama 15 hari, menunjukkan kondisi pada perairan muara Rejoso memiliki kecepatan arus yang tidak terlalu ekstrim.

#### 4.4.6. Perbandingan Level Muka Air Pasut di Lokasi Monitoring

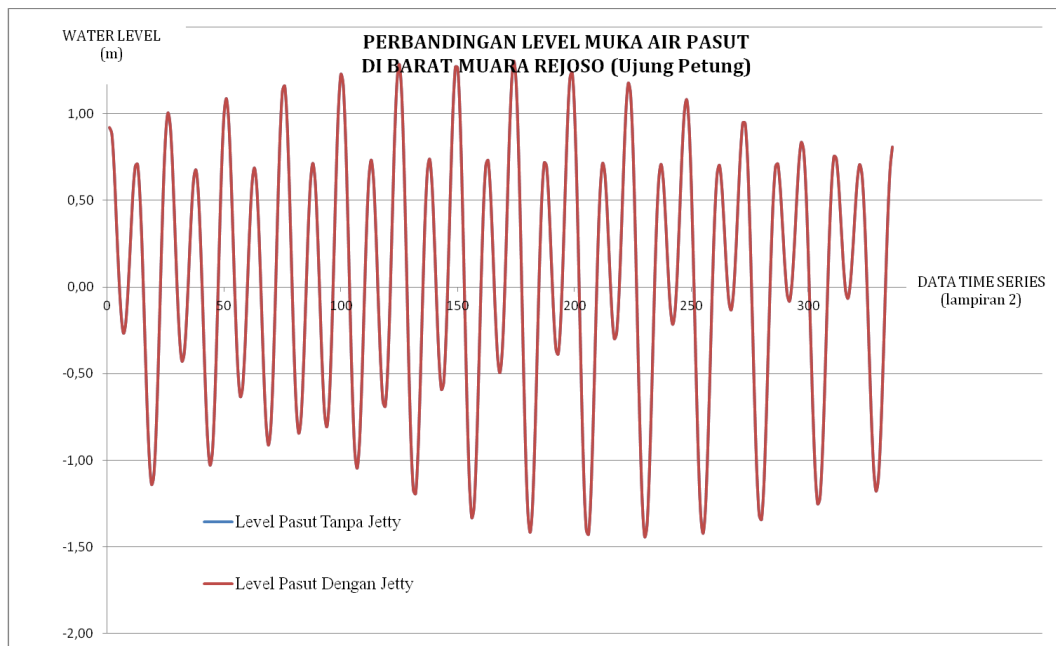
Lokasi monitoring ditunjukkan pada Gambar 4.70. Berdasarkan hasil running program, diperoleh level muka air pasut di tiap lokasi monitoring.



Gambar 4.88. Perbandingan Level Muka Air Pasut di Titik Monitoring A



Gambar 4.89. Perbandingan Level Muka Air Pasut di Titik Monitoring B



Gambar 4.90. Perbandingan Level Muka Air Pasut di Titik Monitoring C

Dari hasil pemodelan, terdapat perbedaan level muka air di semua Titik Monitoring pada kondisi tidak ada jetty dan setelah dibangun jetty. Perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan, namun pada masing-masing titik monitoring A (timur muara) terdapat peningkatan level muka air sebesar 74% dari seluruh kejadian, sementara pada titik monitoring B (barat muara) justru sebaliknya. Pada titik monitoring B level muka air setelah adanya jetty justru menurun sebesar 67%

dari seluruh kejadian. Sementara itu untuk rerata fluktuasi muka air di berbagai titik monitoring akibat adanya jetty dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Perubahan Muka Air akibat Jetty

INDIKATOR	TITIK MONITORING		
	A	B	C
MUKA AIR NAIK (%)	73,81	32,74	57,14
MUKA AIR TURUN (%)	26,19	67,26	42,86
RERATA FLUKTUASI MUKA AIR (m)	0,002683	0,007286	0,003818

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.5. Normalisasi Hilir Sungai dan Muara Rejoso

Sebagai tipe muara yang didominasi oleh gelombang laut, tipe muara Rejoso ditandai dengan angkutan sedimen menyusur pantai setiap tahun cukup besar dan arus menyusur pantai cukup dominan dalam pembentukan muara sungai. Pada tipe ini biasanya muara tertutup oleh sedimen dengan pola sedimentasi muara Rejoso yang sangat tergantung pada arah gelombang.

Jika arah gelombang dominan menyudut terhadap pantai, maka akan terjadi penutupan muara dengan arah penutupan sesuai dengan arah gerakan pasir menyusur pantai. Hal ini bisa menyebabkan Muara Rejoso berpindah tempat sehingga menyulitkan pengendalian banjir ataupun pengelolaan daerah sekitar muara.

Permasalahan utama pada muara Rejoso ini adalah saat awal musim hujan yaitu ketika endapan pasir di muara cukup tinggi dan muara Rejoso yang relatif lebih sempit, maka Muara Rejoso tidak mampu menyalurkan air banjir dan sedimen di dalamnya. Apalagi jika di Muara Rejoso dibangun jetty, maka akan menaikkan elevasi muka air di bagian hilir sungai.

Tabel 4.21 Kenaikan Elevasi Muka Air Sungai Akibat Dibangunnya Jetty Rejoso

Kala Ulang	Debit Banjir Rancangan	Kenaikan Elevasi Muka Air (m)
Q2	296,575 m <sup>3</sup> /s	0,29
Q5	399,954 m <sup>3</sup> /s	0,51
Q10	468,413 m <sup>3</sup> /s	0,67
Q25	554,984 m <sup>3</sup> /s	0,9

Kenaikan elevasi muka air tersebut disimulasikan dalam aplikasi Hec RAS 5.0.7 ditemukan bahwa kenaikan muka air di hilir Sungai Rejoso berbanding lurus dengan besarnya debit banjir rancangan. Hal ini dapat dilihat pada Table 4.21.

Oleh karena itu, pada bagian hilir sungai Rejoso harus dilakukan normalisasi karena selain untuk meningkatkan kapasitas tampungan, juga karena sedimen dari arah pantai yang justru ikut masuk ke alur sungai dan menghambat aliran air maupun sedimen di dalam aliran sungai. Rencana normalisasi sungai mengikuti asumsi sesuai Tabel 4.22 untuk dapat dimodelkan pada Hec RAS 5.0.7

Tabel 4. 22 Rencana Normalisasi Hilir Sungai Rejoso

Kemiringan Sungai	i	0,0008
Debit rancangan	$Q_{25}$	554 m <sup>3</sup> /s
Koefisien Manning	n	0,03
Kemiringan Tebing	z	2

Sumber : Hasil Perhitungan

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil simulasi, hal-hal yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut :

1. Adanya jetty mampu menurunkan besarnya arus di muara sebesar 94,05% dari total keseluruhan hasil analisis di titik monitoring A dengan besarnya reduksi arus akibat adanya jetty adalah sebesar 0,299 m/detik. Sementara di titik B adalah 86,91% dengan besarnya reduksi arus sebesar 0,169 m/detik. Untuk di titik monitoring C mampu mengurangi besarnya arus sebesar 91,67% kejadian dengan besarnya reduksi arus adalah sebesar 0,033 m/detik.
2. Dari hasil simulasi di ketiga titik monitoring terjadi penurunan besarnya sedimentasi setelah dibangun jetty di Muara Rejoso. Penurunan sedimentasi terbesar terjadi pada titik monitoring A, yaitu di sebelah timur muara sebesar 91,37% dari total data simulasi.
3. Dari hasil pemodelan, terdapat perbedaan level muka air di semua titik monitoring pada kondisi tidak ada jetty dan setelah dibangun jetty. Perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan, namun pada masing-masing titik monitoring A (timur muara) terdapat peningkatan level muka air sebesar 74% dari seluruh kejadian, sementara pada titik monitoring B (barat muara) justru sebaliknya. Pada titik monitoring B level muka air setelah adanya jetty justru menurun sebesar 67% dari seluruh kejadian. Muka air di bagian timur jetty meningkat sedangkan pada barat muara justru menurun.
4. Pada kondisi tanpa jetty, bentuk pantai dan elevasinya mengikuti bentuk garis pantai awal, sementara pada kondisi setelah dibangun jetty selama satu tahun terjadi sedimentasi sepanjang 120 meter hingga ujung jetty, sehingga elevasi dasar di bagian barat jetty menjadi semakin tinggi dan mengubah bentuk morfologi pantai di Rejoso apabila penumpukan sedimentasi yang terjadi telah mencapai *water level* dan membentuk dataran yang dapat dipantau dari daratan.

## 5.2. Saran

1. Faktor lain yang perlu dipertimbangkan adalah kurangnya dominasi pengaruh dari aliran sungai terhadap penggelontoran sedimen dari sungai karena masih terhalang oleh pasang surut dan arus dari arah laut, sehingga sedimen hanya akan mengendap di bagian hilir sungai tanpa bisa bergerak ke arah laut.
2. Hal ini dapat menjadikan pertimbangan dalam perencanaan jetty yang hanya berfungsi memperpanjang alur sungai tanpa memberikan pengaruh signifikan dalam penggelontoran sedimen ke arah laut lepas. Pertimbangan lainnya adalah perlunya mempertimbangkan sudut kemiringan jetty terhadap garis pantai dan arah arus dominan, sehingga arah arus sungai tidak bertabrakan dengan arah arus di laut.
3. Perubahan morfologi yang dapat dipantau dalam akhir simulasi ini adalah kemungkinan pengendapan sedimen di bagian barat jetty dalam waktu lama yang akan mengubah bentuk morfologi pantai pada titik tersebut. Untuk itu diperlukan simulasi dalam kurun waktu yang lebih lama untuk dapat melihat perubahan morfologi yang cukup signifikan.
4. Karena perencanaan jetty dengan panjang 120 meter ini justru menaikkan elevasi muka air hingga 0,9 meter pada Q25, maka perlu perencanaan alternatif jetty yang lebih pendek yang hanya berfungsi sebagai stabilisator muara dari pengaruh banjir di *upstream*.
5. Perlu studi lanjutan mengenai pengaruh hasil normalisasi di hilir dan terhadap reduksi banjir di hilir sebelum dan sesudah dibangun jetty, serta peningkatan kapasitas muara dalam menyediakan ruang untuk pertemuan sungai dan laut.

## BIODATA PENULIS



Bernama lengkap Annisak Laila Rakhmawati, anak pertama dari dua bersaudara yang lahir di Pacitan, 18 November 1987 dan melalui masa sekolah dari SD hingga SMA di Pacitan, Jawa Timur. Penulis melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang selama 3,5 tahun pada tahun 2010.

Di tahun yang sama, penulis langsung melanjutkan studi S2 di Teknik Manajemen Pantai ITS, namun setelah semester kedua penulis dinyatakan diterima CPNS di Pemprov Jatim sehingga harus meninggalkan studinya tersebut untuk bekerja. Pada tahun 2018, penulis mendapatkan kesempatan untuk ijin belajar di Teknik dan Manajemen Pantai ITS kembali, dan pada tanggal 23 Desember 2019 penulis dapat melaksanakan sidang akhir dan dinyatakan lulus dari program Pascasarjana Teknik Kelautan ITS Surabaya.