



TUGAS AKHIR – RC14-1501

***REDESIGN* BANGUNAN PENGAMAN PANTAI
SEBAGAI ALUR MASUK PELAYARAN
PELABUHAN PERIKANAN JEMBER**

AFKARINA IZZATI
NRP. 03111645000025

Dosen Pembimbing I
Dr. Tech. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Dosen Pembimbing II
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

***REDESIGN* BANGUNAN PENGAMAN PANTAI
SEBAGAI ALUR MASUK PELAYARAN
PELABUHAN PERIKANAN JEMBER**

AFKARINA IZZATI
NRP. 03111645000025

Dosen Pembimbing I
Dr. Tech. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Dosen Pembimbing II
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT – RC14-1501

**REDESIGN OF SHORE PROTECTION STRUCTURE
FOR FISH PORT'S ENTRANCE CHANNEL AT
JEMBER**

AFKARINA IZZATI
NRP. 03111645000025

Academic Supervisor I
Dr. Tech. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Academic Supervisor II
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Environment, and Earth
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

REDESIGN BANGUNAN PENGAMAN PANTAI SEBAGAI ALUR MASUK PELAYARAN PELABUHAN PERIKANAN JEMBER

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:
AFKARINA IZZATI
NRP. 0311164500025**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Tech. Umboro Lasminto, ST, M.Sc. (.....)
2. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. (.....)



SURABAYA

JULI, 2018



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. tech Umboro Lasmino, ST. MT Ic. Bambang Sarwono, Msc.
NAMA MAHASISWA	: AFFARINA IZZATI
NRP	: 03111645000025
JUDUL TUGAS AKHIR	: Redesign bangunan pengamanan pantai sebagai Alur Masuk Pelayaran Pelabuhan Perikanan Jember
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	22/03/2018	kegiatan pengukuran angin 2m biasanya pmkg (ubah)	Hindcasting dan peramalan gelombang periode ulang	
2.	6/03/2018	Hindcasting ofe. - Peramalan gelombang periode ulang ofe.	Pelayaran software untuk analisis gelombang yang akan digunakan	
3.	6/03/2018	- cek ulang formula excel di periode ulang. - coba dengan kegiatan pengukuran angin lom.	- Apabila gelombang tinggi terlalu kecil pakai H10% jika masih kecil H0,1%.	
4.	22/03/2018	- pengecekan perhitungan peramalan gelombang periode ulang untuk kegiatan pengukuran angin $z = 2 \text{ mdp}$, $z = 10 \text{ mdp}$, $z = 52 \text{ mdp}$.	- Analisis gelombang menggunakan mike 21	 22/3-2018
5.	9/4/2018	- pasang surut metode admiralty untuk menentukan MSL, MLWL, LWL, MHWL, HHLWL - Menghitung periode gelombang	- Revisi perhitungan pasut admiralty dan coba metode least square - Perhitungan periode gelombang ambil bulanan	 9/4-2018
6.	10/4/2018	- Pembuatan mesh generator pada software mike. - Input pasang surut di mike - Input data gelombang di spectral wave. - Running	- Running per boundary - Revisi boundary - Perhitungan pasut admiralty ofe.	



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. tech. Umboro Lasminco, St. MT Ir. Bambang Sarwono, Msc
NAMA MAHASISWA	: Aftarna Izzati
NRP	: 03111645000025
JUDUL TUGAS AKHIR	: Redesign Bangunan pengamanan Pantai sebagai Alur masuk Pelayaran Pelabuhan Perikanan Jember
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
7.	18/04/2018	- Perhitungan pasang surut metode admiralty - Permodelan gelombang menggunakan mize 21 untuk kondisi layout eksisting	- Pembuatan layout rencana.	
8.	24/04/2018	- Layout rencana menggunakan mize dan cek tinggi gelombang sebelum dan setelah perubahan layout.	- Bandingkan tinggi gelombang secara detail dengan koordinat x, y. - Buat tutorial penggunaan mize dalam bentuk laporan.	
9.	31/05/2018	- Pembuatan layout rencana untuk bangunan pingga kedalaman 7m, 8m, 9m.	- Revisi layout rencana untuk mengurangi defraksi	 3/5-2018
10.	10/05/2018	- Layout rencana penambahan bangunan di ujung kraing setty ke arah luar, arah dalam muara dan breakwater - Dimensi breakwater		
11.	7/06/2018	- gambar redesign - Laporan		

REDESIGN BANGUNAN PENGAMAN PANTAI SEBAGAI ALUR MASUK PELAYARAN PELABUHAN PERIKANAN JEMBER

Nama Mahasiswa : Afkarina Izzati
NRP : 03111645000025
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing: 1.Dr. Tech. Umboro Lasminto ST., M.Sc.
2. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

ABSTRAK

Pantai Pancer yang terletak di desa Puger Kulon, kecamatan Puger, kabupaten Jember merupakan pantai yang berada dibagian selatan Pulau Jawa. Gelombang yang terjadi di laut selatan Pulau Jawa cukup tinggi. Sementara muara sungai digunakan masyarakat setempat sebagai alur masuk pelayaran pelabuhan perikanan puger. Maka, pada Pantai Pancer dibangun bangunan pengaman pantai. Bangunan tersebut telah beberapa kali mengalami redesign. Namun, masalah kecelakaan laut akibat gelombang masih tetap terjadi. Bangunan berupa groin dan training jetty belum bisa sepenuhnya meredam gelombang dari berbagai arah. Gelombang dari laut masuk ke alur pelayaran sehingga mengganggu pergerakan kapal nelayan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan redesign bangunan pengaman alur masuk pelabuhan tersebut.

Beberapa hal yang perlu dilakukan sebelum melakukan redesign bangunan pengaman pantai adalah studi pustaka, survei lapangan dan pengumpulan data sekunder. Data sekunder meliputi data angin, data pasang surut, data topografi dan bathimetri. Data angin digunakan untuk peramalan gelombang sehingga didapatkan tinggi, periode, dan arah gelombang. Data pasang surut digunakan untuk mendapatkan elevasi muka air laut rencana sehingga dapat digunakan untuk menentukan

elevasi puncak bangunan pengaman pantai. Data topografi digunakan yaitu garis pantai. Data bathimetri untuk mendapatkan kemiringan dasar laut. Data yang didapatkan dari hasil analisis data tersebut digunakan untuk analisis gelombang. Pada tugas akhir ini, analisis gelombang menggunakan software Mike 21.

Setelah dilakukan simulasi permodelan gelombang menggunakan Mike 21, didapatkan 3 layout alternatif. Dari 3 layout alternatif tersebut dipilih alternatif ke-3. Karena bangunan pada layout tersebut lebih bisa meredam gelombang dari berbagai arah datang gelombang. Layout alternatif ke-3 terdiri dari bangunan breakwater dan tambahan training jetty. Breakwater dan tambahan training jetty masing-masing berada hingga kedalaman -8 m. Material lapis lindung breakwater yaitu tetrapod. Kemiringan kepala breakwater yaitu 1:2. Sedangkan kemiringan lengan yaitu 1:1,5. Setelah dilakukan perhitungan dimensi struktur, didapatkan elevasi puncak breakwater +5,013 dengan lebar puncak 3 m. Pada kedalaman -8 m tinggi bangunan yaitu 13,01 m. Sedangkan material lapis lindung tambahan training jetty yaitu dolos dengan kemiringan 1:2. Elevasi puncak yaitu +5.193 dengan lebar puncak 3,6 m. Pada kedalaman -8 m tinggi bangunan yaitu 13,28 m.

Kata Kunci: Plawangan, Puger, Redesign, Groin, Training jetty

REDESIGN OF SHORE PROTECTION STRUCTURE FOR FISH PORT'S ENTRANCE CHANNEL AT JEMBER

Nama Mahasiswa : Afkarina Izzati
NRP : 0311164500025
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing: 1.Dr. Tech. Umboro Lasminto ST., M.Sc.
2. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

ABSTRACT

Pancer Beach, located in the village of Puger Kulon, Puger Kulon sub district, Jember district is a beach located on the southern part of the Java island. The waves that occurred in the southern sea of Java Island is quite high. While the estuary is used by local people for fish port's entrance channel. Thus, on those Pancer Beach was built shore protection structure. The buildings have been redesigned several times. However, the problem of marine accidents caused by the waves never end. Breakwater and training jetty can not fully muffle the waves from various directions. Waves from the sea enter to the entrance channel. Thus, disturb the movement of fishing vessels. Therefore, it is necessary to redesign of shore protection structure for fish port's entrance channel.

Somethings that need to be done before redesign the shore protection structure are literature study, field survey and collect secondary data. Secondary data include wind data, tidal data, topography and bathymetry data. Wind data is used to forecast the waves. The output is height, period, and direction of waves. Tidal data is used to obtain sea level elevation that can be used to determine the peak elevation of shore protection structure. The part of topography data that used is coastline. Bathymetry data is used to get the slope of the seabed. The data which is obtained

from the data analysis is used for wave analysis. In this final project, waves analysis use Mike 21 software.

After simulate the wave modeling using Mike 21, it is obtained 3 alternative layouts. Based on those 3 alternative layouts, layout selected is the third layout alternative. Because the structure on the third layout more able to reduce the waves from the various direction. The structure of the third alternative layout consists of breakwater and additional training jetty. Breakwater and additional training jetty are located on -8 m depth. The primary layer material of breakwater is tetrapod. The slope of the head of the breakwater is 1: 2. While the slope of the trunk is 1:1,5. After calculate dimensional structure, it is obtained that the peak elevation of breakwater is +5,013. The peak width is 3 m. At the depth of -8 m, height of the structure is 13.01 m. While the primary layer material of additional training jetty is dolos. The slope is 1: 2. The Peak elevation is +5,193. The peak width is 3.6 m. At the depth of -8 m, height of the structure is 13.28 m.

Keywords: Plawangan, Puger, Redesign, Groin, Training jetty

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahNya sehingga saya dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul “**Redesign Bangunan Pengaman Pantai Sebagai Alur Masuk Pelayaran Pelabuhan Perikanan Puger, Jember**”. Tugas ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagi seluruh mahasiswa dalam menempuh pendidikan pada program studi Lintas Jalur Sarjana Teknik Sipil FTSLK ITS.

Tersusunnya proposal tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada saya. Untuk itu saya ucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua sebagai penyemangat terbesar bagi saya, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materi terutama doa dan semangat.
2. Bapak Dr. Tech. Umboro Lasminto, ST., M.Sc. dan Ir. Bambang Sarwono, M.Sc selaku dosen konsultasi yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Serta semua pihak yang mendukung dan memberikan bantuan dalam penyelesaian proposal tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa dalam pengerjaan tugas ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi terciptanya hasil yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	4
1.6. Lokasi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Umum.....	7
2.2. Angin.....	7
2.3. Gelombang	9
2.3.1. Teori Gelombang Amplitudo Kecil.....	10
2.3.2. Analisis Gelombang	11
2.3.3. Transformasi Gelombang.....	18
2.3.4. Permodelan Gelombang	24
2.4. Elevasi muka air rencana.....	24
2.4.1 Pasang Surut	25
2.4.2. Kenaikan Muka Air Karena Gelombang (<i>Wave Set Up</i>)	27
2.4.3. Kenaikan Muka Air Karena Angin (<i>Wind Set Up</i>)....	27
2.4.4. Pemanasan Global	28
2.5. Bangunan Pengaman Pantai	28
2.5.1. Groin.....	29
2.5.2. Breakwater	29
2.6. Prinsip Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai.....	30
2.6.1. Konsep Bangunan Sisi Miring.....	30
2.6.2. Stabilitas Unit Lapis Pelindung.....	31
2.6.3. Elevasi Puncak Bangunan	34

2.6.4. Dimensi Bangunan Sisi Miring	36
BAB III METODOLOGI	39
Flowchart.....	39
3.1. Studi Pustaka	40
3.2. Survei Lapangan.....	40
3.3. Pengumpulan Data	40
3.4. Analisis Data	41
3.4.1. Analisis Gelombang	41
3.4.2. Analisis Pasang Surut.....	42
3.4.3. Analisis Topografi.....	42
3.4.4. Analisis Bathimetri.....	42
3.5. <i>Redesign</i> Layout Bangunan Pengaman Pantai	43
3.6. Perencanaan Struktur Bangunan.....	43
3.7. Hasil Perencanaan	43
BAB IV ANALISIS DATA	45
4.1. Umum.....	45
4.2. Data Angin	45
4.3. Data Pasang Surut	47
4.4. Data Peta Topografi.....	49
4.5. Data Peta Bathimetri	49
4.6. Analisis Gelombang	50
BAB V PERENCANAAN LAYOUT BANGUNAN PENGAMAN PANTAI.....	85
5.1. Umum.....	85
5.2. Layout 1 (Kondisi Eksisting)	85
5.3. Layout 2 (Alternatif <i>Design</i> 1)	87
5.4. Layout 3 (Alternatif <i>Design</i> 2)	88
5.5. Layout 4 (Alternatif <i>Design</i> 3)	91
BAB VI PERHITUNGAN DIMENSI STRUKTUR PEMECAH GELOMBANG	93
6.1. Umum.....	93
6.2. Umur Rencana.....	93
6.3. Elevasi Muka Air Rencana.....	94
6.4. Stabilitas Berat Butir Lapis Lindung.....	95
6.5. Perhitungan Dimensi Struktur <i>Breakwater</i>	104

6.6 Perhitungan Dimensi Struktur Tambahan Training Jetty	118
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	123
7.1. Kesimpulan.....	123
7.2. Saran.....	125
DAFTAR PUSTAKA.....	127

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Kabupaten Jember.....	4
Gambar 1. 2 Lokasi Studi	5
Gambar 1. 3 Bangunan Pengaman Pantai Pancer, Puger eksisting	5
Gambar 2. 1 Hubungan antara kecepatan angin di laut dan darat.....	8
Gambar 2. 2 Koefisien Koreksi Kecepatan terhadap perbedaan temperatur	9
Gambar 2. 3 Sketsa Definisi Gelombang	11
Gambar 2. 4 Contoh Penggambaran Fetch	13
Gambar 2. 5 Diagram Alir Proses Hindcasting	14
Gambar 2. 6 Refraksi Gelombang	19
Gambar 2. 7 Refraksi Gelombang pada kontur Lurus dan Sejajar	19
Gambar 2. 8 Difraksi Gelombang dibelakang Rintangan.....	21
Gambar 2. 9 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah	23
Gambar 2. 10 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah.....	23
Gambar 2. 11 Elevasi Muka Air Laut Rencana	25
Gambar 2. 12 <i>Wave Set Up dan Set Down</i>	27
Gambar 2. 13 Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut	28
Gambar 2. 14 Tipe Groin.....	29
Gambar 2. 15 Pemecah Gelombang	30
Gambar 2. 16 Potongan Melintang Pemecah Gelombang	31
Gambar 2. 17 Run Up Gelombang	35
Gambar 2. 18 <i>Run Up dan Run Down</i> Hasil Percobaan Irrebarren	35
Gambar 4. 1 <i>Wind Rose</i> BMKG Banyuwangi Tahun 2008-2017.....	47
Gambar 4. 2 Grafik Pasang Surut Pantai Pancer, Jember.....	47
Gambar 4. 3 Peta Topografi dan Bathimetri.....	50
Gambar 4. 4 <i>Fetch</i> Efektif Arah Tenggara	51
Gambar 4. 5 <i>Fetch</i> Efektif Arah Selatan	51
Gambar 4. 6 <i>Fetch</i> Efektif Arah Barat Daya	52
Gambar 4. 7 <i>Fetch</i> Efektif Arah Barat.....	52
Gambar 4. 8 Diagram Alir Hindcasting.....	55
Gambar 4. 9 <i>Wave Rose</i> Pantai Pancer, Jember, Tahun 2008-2017	67
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Fisher Tippett <i>Type I</i> dan Weibull	76
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Tinggi dan Periode Gelombang	77
Gambar 4. 12 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Tenggara.....	78
Gambar 4. 13 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Selatan.....	78
Gambar 4. 14 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Barat Daya.....	79

Gambar 4. 15	Distribusi Tinggi Gelombang Arah Barat	79
Gambar 4. 16	Grafik Penentuan Gelombang Pecah	84
Gambar 5. 1	Mesh Layout 1 (Eksisting).....	86
Gambar 5. 2	Mesh Layout 2 (Alternatif 1)	87
Gambar 5. 3	Mesh Layout 3 (Alternatif 2)	89
Gambar 5. 4	Mesh Layout 4 (Alternatif 3)	91
Gambar 6. 1	Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut.....	95
Gambar 6. 2	Grafik Hubungan Berat Butir dan Tinggi Gelombang pada Struktur Kepala	98
Gambar 6. 3	Grafik Hubungan Berat Butir dan Tinggi Gelombang pada Struktur Lengan	98
Gambar 6. 4	Tampak Tetrapod.....	102
Gambar 6. 5	Tampak Dolos.....	103
Gambar 6. 6	Grafik Penentuan Nilai Ru/H untuk Material Batu Pecah pada Kepala <i>Breakwater</i>	105
Gambar 6. 7	Grafik Penentuan Nilai Ru/H untuk Material Batu Pecah pada Lengan <i>Breakwater</i>	106
Gambar 6. 8	Potongan Melintang Kepala <i>Breakwater</i> dengan Lapis Lindung Batu Pecah	110
Gambar 6. 9	Potongan Melintang Lengan <i>Breakwater</i> dengan Lapis Lindung Batu Pecah.....	110
Gambar 6. 10	Grafik Penentuan Nilai Ru/H untuk Material Tetrapod pada Kepala <i>Breakwater</i>	111
Gambar 6. 11	Grafik Penentuan Nilai Ru/H untuk Material Tetrapod pada Lengan <i>Breakwater</i>	112
Gambar 6. 12	Potongan Melintang Kepala <i>Breakwater</i>	116
Gambar 6. 13	Potongan Melintang Lengan <i>Breakwater</i> dengan Lapis Lindung Tetrapod.....	116
Gambar 6. 14	Grafik Penentuan Nilai Ru/H untuk Material Dolos pada Training Jetty Tambahan	119
Gambar 6. 15	Potongan Melintang Kepala Training Jetty dengan Lapis Lindung Dolos	122

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi, dan Dangkal	11
Tabel 2. 2 Koefisien untuk menghitung deviasi standar.....	17
Tabel 2. 3 Batas Interval Keyakinan	18
Tabel 2. 4 Koefisien Refraksi	22
Tabel 2. 5 Koefisien Stabilitas KD untuk berbagai jenis butir	32
Tabel 2. 6 Koefisien Lapis.....	36
Tabel 4. 1 Frekuensi Jumlah Kejadian Angin	46
Tabel 4. 2 Frekuensi Distribusi Kejadian Angin	46
Tabel 4. 3 Konstanta Harmonik Pengamatan Pasang Surut Pantai Pancer, Puger, Jember, Jawa Timur	48
Tabel 4. 4 Elevasi Pasang Surut Pantai Pancer, Puger, Jember, Jawa Timur	49
Tabel 4. 5 Panjang <i>Fetch</i> Efektif dari arah yang berpengaruh	54
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam.....	57
Tabel 4. 7 Persentase Tinggi Gelombang Tahun 2008-2017.....	67
Tabel 4. 8 Tinggi Gelombang Signifikan yang Sudah diurutkan	69
Tabel 4. 9 Perhitungan Regresi Linear Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Fisher-Tippett <i>Type I</i>	69
Tabel 4. 10 Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Fisher-Tippett <i>Type I</i>	71
Tabel 4. 11 Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar.....	71
Tabel 4. 12 Perhitungan Regresi Linear Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Weibull	73
Tabel 4. 13 Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Weibull	74
Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah	83
Tabel 5. 1 Koordinat Titik Tinjau.....	86
Tabel 5. 2 Tinggi Gelombang Eksisting	86
Tabel 5. 3 Koordinat Titik Tinjau.....	88
Tabel 5. 4 Tinggi Gelombang Layout Alternatif 1	88

Tabel 5. 5 Koordinat Titik Tinjau.....	89
Tabel 5. 6 Tinggi Gelombang Layout Alternatif 2	90
Tabel 5. 7 Koordinat Titik Tinjau.....	92
Tabel 5. 8 Tinggi Gelombang Layout Alternatif 3	92
Tabel 6. 1 Dimensi Tetrapod yang Digunakan Dalam Desain	102
Tabel 6. 2 Dimensi Dolos yang Digunakan Dalam Desain	104
Tabel 6. 3 Elevasi Mercu <i>Breakwater</i> Lapis Lindung Batu Pecah	117
Tabel 6. 4 Elevasi Mercu <i>Breakwater</i> Lapis Lindung Batu Tetrapod	117
Tabel 6. 5 Tabel Dimensi <i>Breakwater</i> dengan Lapis Lindung Pertama dari Batu Pecah	117
Tabel 6. 6 Tabel Dimensi <i>Breakwater</i> dengan Lapis Lindung Pertama dari Tetrapod.....	117
Tabel 6. 7 Elevasi Mercu Tambahan <i>Training Jetty</i>	122
Tabel 6. 8 Tabel Dimensi Tambahan <i>Training Jetty</i>	122

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jember adalah salah satu kota yang terletak di wilayah selatan Pulau Jawa. Batas selatan kabupaten Jember merupakan wilayah pantai selatan Jawa. Terdapat beberapa pantai di Jember. Salah satunya Pantai Pancer yang terletak di sekitar muara Sungai Bedadung. Muara Sungai Bedadung digunakan oleh masyarakat setempat sebagai pelabuhan perikanan.

Permasalahan awal pada Pantai Pancer yaitu terjadi *long shore sediment transport* dan terjadi gelombang tinggi yang mengganggu lalu lintas laut di alur masuk pelayaran. *Long shore sediment transport* atau angkutan sedimen sepanjang pantai dapat terjadi apabila gelombang datang membentuk sudut terhadap garis pantai maka gelombang tersebut akan naik ke pantai (*uprush*). Massa air yang naik tersebut kemudian turun lagi dalam arah tegak lurus pantai. Gerak air tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen dalam arah sepanjang pantai. Selain itu *long shore sediment transport* juga dapat ditimbulkan oleh arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah (Triatmodjo, 2008). Pada Pantai Pancer angkutan sedimen sepanjang pantai dari arah barat ke timur atau menuju arah muara sungai yang dapat menutup mulut muara sehingga menghalangi aliran air dari sungai ke laut dan mengganggu pergerakan kapal di alur masuk pelayaran. Gelombang yang cukup tinggi pada Pantai Pancer apabila tidak diredam dapat membahayakan nyawa nelayan. Kapal nelayan yang melintas di pintu plawangan atau alur masuk pelayaran dapat terombang ambing akibat serangan gelombang.

Oleh sebab itu, dibangun pengaman pantai berupa groin yang diletakkan di sebelah kiri pintu alur masuk pelayaran. Groin tersebut menghadap ke arah barat daya.

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai dan berfungsi untuk menahan

transpor sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi atau menghentikan erosi yang terjadi. Bangunan ini juga bisa digunakan untuk menahan masuknya transpor sedimen sepanjang pantai ke pelabuhan atau muara sungai (Triatmodjo, 2011)

Groin yang dibangun di Pantai Pancer, Puger tahun 2008 tersebut mempunyai panjang 300 m. Material penyusunnya berupa batu kapur. Namun, setelah beberapa tahun dibangun groin tersebut rusak karena serangan gelombang yang menyebabkan groin semakin pendek. Akibatnya terjadi *endpassing sediment* ke mulut muara dan gelombang sulit diredam sehingga pergerakan kapal nelayan di alur masuk pelabuhan menjadi terbatas. *Endpassing* adalah proses berpindahnya suplai pasir melewati ujung groin. Endapan di sebelah hulu groin terus maju ke arah laut sehingga daerah gelombang pecah juga bergerak ke arah laut, sedemikian sehingga transpor sedimen sepanjang pantai akan melintasi ujung groin (Triatmodjo, 2011).

Untuk mengatasi masalah tersebut, pada tahun 2014 dilakukan *redesign* yaitu dengan penambahan training jetty sepanjang 184 m. Sedangkan groin eksisting tersisa 200 m. sehingga total panjang bangunan pengaman pantai adalah 384 m. Material penyusun inti training jetty berupa batu kapur yang dikunci dengan beton berupa dolos sebagai lapis pelindung untuk mencegah agar tidak longsor ketika diterjang gelombang. Namun, hasil *redesign* tersebut tidak dapat mengatasi masalah. Terbukti masih terjadi kecelakaan kapal nelayan oleh gelombang di alur masuk pelayaran.

Kepala groin dan training jetty menghadap arah barat daya. Apabila gelombang datang dari arah tenggara dan selatan kapal nelayan dapat terdorong menuju bangunan tersebut dan dapat menabrak. Begitu pula apabila gelombang datang dari arah barat menyebabkan terjadi difraksi. Difraksi terjadi apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan yang menyebabkan gelombang tersebut berbelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Apabila tidak terjadi

difraksi gelombang, daerah di belakang rintangan akan tenang tetapi karena adanya proses difraksi maka daerah tersebut terpengaruh oleh gelombang datang (Triatmodjo, 2008). Gelombang yang timbul karena difraksi tersebut menyebabkan perahu nelayan yang akan melewati alur pelabuhan menabrak bangunan pengaman tersebut.

Hingga tahun 2018 kecelakaan kapal nelayan oleh serangan gelombang masih terjadi. Sehingga dapat dikatakan bahwa keberadaan pengaman alur pelayaran pelabuhan Puger belum berfungsi secara tepat. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan bangunan pengaman alur pelayaran yang aman untuk keselamatan nelayan perlu dilakukan *redesign*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dan identifikasi masalah dari latar belakang yang telah penulis uraikan di atas, maka permasalahan dalam Tugas Akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana iklim gelombang di Pantai Pancer, Puger ?
2. Berapa elevasi pasang surut di Pantai Pancer, Puger ?
3. Bagaimana bentuk, dimensi bangunan, dan dimensi material penyusun bangunan pengaman Pantai Pancer, Puger ?

1.3. Tujuan

Tujuan dalam Tugas Akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui iklim gelombang di Pantai Pancer, Puger.
2. Dapat mengetahui elevasi pasang surut di Pantai Pancer, Puger.
3. Dapat merencanakan dimensi material penyusun, bentuk, dan dimensi bangunan pengaman Pantai Pancer, Puger.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Tidak menghitung sedimentasi dari sungai dan pantai.

2. Tidak menghitung rencana anggaran biaya bangunan pengaman pantai.
3. Tidak menghitung daya dukung tanah tempat bangunan pengaman pantai berada.
4. Tidak merencanakan metode pelaksanaan.

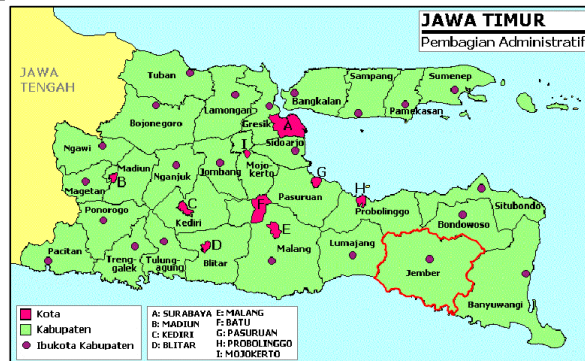
1.5. Manfaat

Manfaat penulisan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Untuk kepentingan akademis yaitu sebagai sarana pembelajaran dan referensi bagi mahasiswa dan pembaca lain.
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi instansi terkait untuk mengatasi masalah di alur masuk pelayaran pantai pancer, puger, Jember.

1.6. Lokasi

Kabupaten Jember adalah salah satu kabupaten yang berada di Pulau Jawa tepatnya pada koordinat $6^{\circ}27'9''$ - $7^{\circ}14'33''$ BT dan $7^{\circ}59'6''$ - $8^{\circ}33'56''$ LS. Gambar 1.1 merupakan Lokasi kabupaten Jember. Gambar 1.2 merupakan lokasi studi yang terletak di Pantai Pancer, desa Puger Kulon, kecamatan Puger, kabupaten Jember, Jawa Timur. Gambar 1.3. merupakan bangunan pengaman pantai eksisting Pantai Pancer, Puger.



Gambar 1. 1 Lokasi Kabupaten Jember

(Sumber : id.wikipedia.org, 2018)



Gambar 1. 2 Lokasi Studi
(Sumber : Google Earth, 2018)



Gambar 1. 3 Bangunan Pengaman Pantai Pancer, Puger eksisting
(Sumber : Google Earth, 2018)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar teori yang akan digunakan sebagai dasar *redesign* bangunan pengaman alur masuk pelabuhan. Bangunan pengaman alur masuk pelabuhan yang tepat dapat melindungi aktivitas nelayan yang keluar masuk pelabuhan terhadap serangan gelombang.

2.2. Angin

Angin merupakan unsur pembentuk gelombang yang paling dominan. Dengan adanya angin, permukaan air laut yang tenang akan mengalami gangguan pada permukaannya sehingga menimbulkan riak gelombang kecil. Bertambahnya kecepatan angin berakibat pada riak gelombang yang semakin besar.

Data angin diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat atau dari Bandar udara terdekat. Data yang diperoleh biasanya sudah terklarifikasikan sehingga pengolahan data lebih lanjut bisa lebih sederhana dan pada umumnya data dipilah berdasarkan distribusi kecepatan dan arah angin, serta prosentasenya atau dikenal dengan *windrose*.

Dalam Peramalan gelombang dibutuhkan data pada ketinggian 10 m diatas permukaan air laut. Namun, Data angin yang diperoleh kebanyakan diukur di darat dan tidak pada ketinggian 10 m diatas permukaan laut. Oleh sebab itu, data angin tersebut perlu dikoreksi. Terdapat beberapa koreksi angin antara lain, koreksi terhadap ketinggian, koreksi terhadap perbedaan temperatur dan koreksi terhadap lokasi pencatatan angin. Koreksi terhadap ketinggian dilakukan karena biasanya pengukuran angin dilakukan pada ketinggian tertentu. Padahal ketentuannya yaitu angin harusnya diukur pada ketinggian 10 m di atas permukaan laut. Koreksi terhadap temperatur diperlukan karena temperatur di laut dan di darat berbeda. Koreksi terhadap lokasi pencatatan angin diperlukan karena biasanya angin diukur di daratan padahal pembangkitan gelombang di atas permukaan laut. Oleh karena

itu, diperlukan transformasi dari data angin di atas daratan ke data angin di atas permukaan laut. Berikut langkah mengonversi data angin:

- a. Koreksi terhadap ketinggian

$$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{z} \right)^{1/7} \quad (2.1)$$

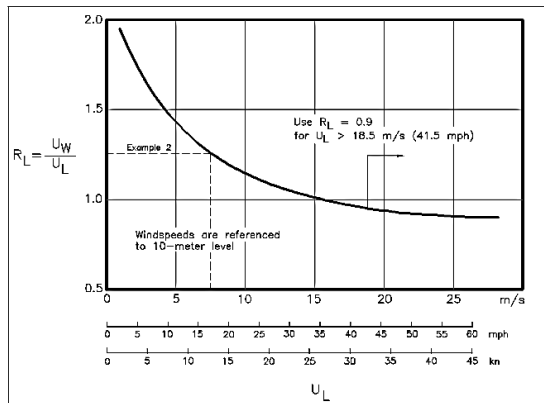
Keterangan :

U_{10} = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas permukaan laut (m/s)

U_z = Kecepatan angin pada ketinggian z di atas permukaan laut (m/s)

z = Ketinggian pengukuran angin (m)

- b. Koreksi terhadap lokasi pencatatan angin berdasarkan gambar 2.1 berikut :



Gambar 2. 1 Hubungan antara kecepatan angin di laut dan darat
(Sumber : CEM, 2008)

Berdasarkan nilai U_{10} didapatkan R_L :

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad (2.2)$$

Berdasarkan nilai R_L dan U_L didapatkan U_W .

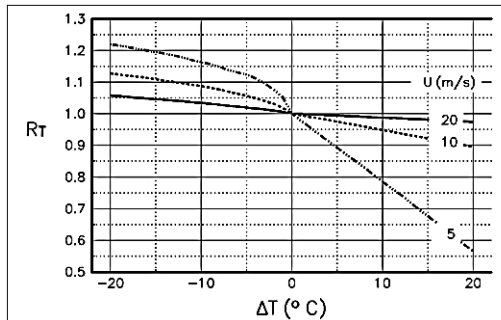
Keterangan :

R_L = Faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat

U_w = Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/s)

$U_L = U_{10}$ atau kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas daratan (m/s)

- c. Koreksi terhadap perbedaan temperatur berdasarkan gambar 2.2 berikut :



Gambar 2. 2 Koefisien Koreksi Kecepatan terhadap perbedaan temperatur

(Sumber : CEM, 2008)

- d. Faktor tegangan angin

Kecepatan angin tersebut masih harus di rubah ke faktor tegangan angin U_A (*wind stress factor*) yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,23} \quad (2.3)$$

Keterangan :

U = Kecepatan angin (m/dt)

U_A = Faktor tegangan angin (*wind stress factor*)

2.3. Gelombang

Gelombang merupakan faktor utama di dalam penentuan tata letak (*layout*) alur pelayaran pelabuhan dan bangunan pengaman pantai. Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi

karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya.

Umumnya bentuk gelombang di alam sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang sangat tidak beraturan. Ada beberapa teori yang menggambarkan gelombang di alam. Teori yang paling sederhana adalah teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil yang pertama kali dikemukakan oleh Airy pada tahun 1845 (Triatmodjo, 2008)

2.3.1. Teori Gelombang Amplitudo Kecil

Gambar 2.3. menunjukkan suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat x-y. Gelombang menjalar pada arah sumbu x. Beberapa notasi yang digunakan adalah:

d = Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut)

η = Fluktuasi muka air terhadap muka air diam

a = Amplitudo

H = Tinggi gelombang

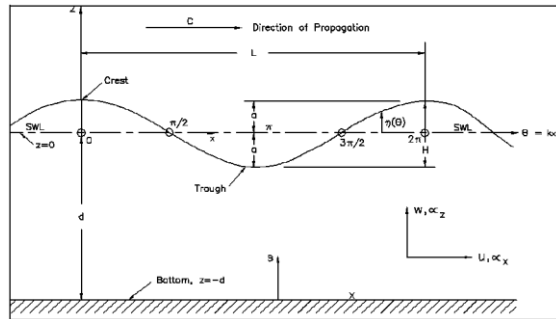
L = Panjang gelombang, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan

T = Periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.

c = Kecepatan rambat gelombang $=L/T$

k = Angka gelombang $= 2\pi/L$

σ = Frekuensi gelombang $= 2\pi/T$



Gambar 2. 3 Sketsa Definisi Gelombang

(Sumber : CEM, 2008)

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air dan panjang gelombang (d/L), gelombang dapat diklarifikasikan menjadi 3 macam, yaitu gelombang di laut dangkal, gelombang di laut transisi dan gelombang di laut dalam. Perbedaan dari masing-masing gelombang dijelaskan pada tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2. 1 Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi, dan Dangkal

	Laut Dalam	Transisi	Laut Dangkal
Kedalaman Relatif (d/L)	$> \frac{1}{2}$	$\frac{1}{20} - \frac{1}{2}$	$< \frac{1}{20}$
Cepat Rambat (c)	$1,56 T$	$\frac{gT}{2\pi} \tan kd$	\sqrt{gd}
Panjang Gelombang (L)	$1,56 T^2$	$\frac{gT^2}{2\pi} \tan kd$	$T\sqrt{gd}$

(Sumber: CEM, 2008)

2.3.2. Analisis Gelombang

Analisis gelombang digunakan untuk mendapatkan data gelombang rencana yang digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan pengaman pantai. karena data gelombang sulit didapatkan, maka untuk mendapatkan gelombang rencana perlu melakukan peramalan gelombang berdasarkan data angin dan fetch. Setelah mengolah data angin dan menghitung fetch efektif, dilakukan proses hindcasting untuk mendapatkan gelombang di

laut dalam. Kemudian dilakukan peramalan gelombang periode ulang. Sehingga dapat dipilih gelombang rencana yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan pengaman pantai.

2.3.2.1. Fetch

Fetch adalah daerah pembangkitan gelombang yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut. Fetch tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. (Triatmodjo, 2008). Contoh penggambaran fetch dapat dilihat pada gambar 2.4. Rumus untuk menghitung fetch efektif sebagai berikut:

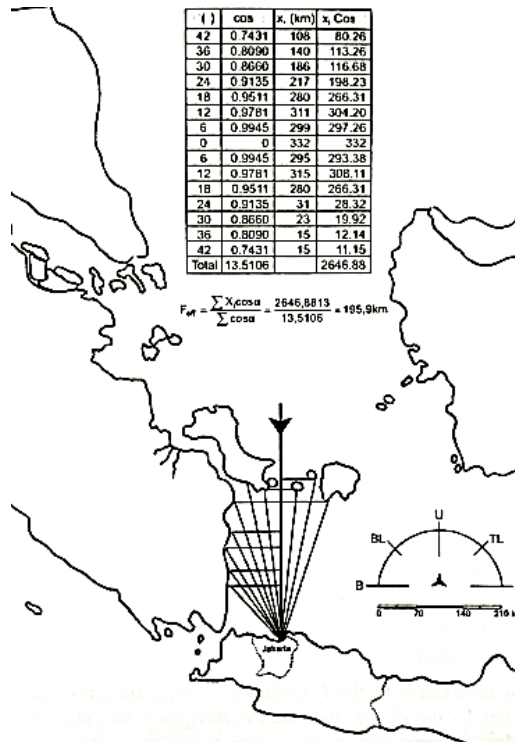
$$F_{eff} = \frac{\sum(X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i} \quad (2.4)$$

Keterangan :

F_{eff} = Fetch rerata efektif

X_i = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch

α_i = Deviasi pada kedua sisi arah angin dengan menggunakan pertambahan sudut. Misal 5° sampai mencapai sudut maksimal 45° pada kedua sisi dari arah angin. Semakin kecil pertambahan sudut maka perhitungan semakin teliti.

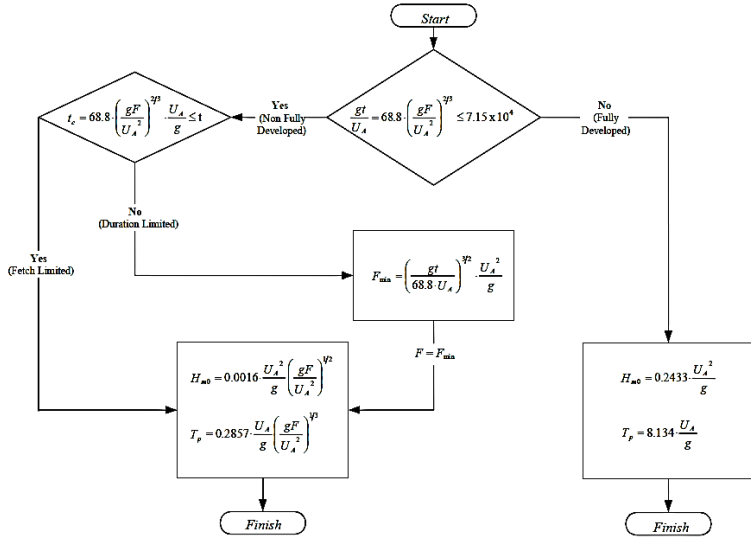


Gambar 2. 4 Contoh Penggambaran Fetch
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

2.3.2.2. Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Analisis gelombang seharusnya dilakukan berdasarkan data gelombang. Akan tetapi data gelombang tidak tersedia di Indonesia, sehingga gelombang tersebut diprediksi berdasarkan data angin yang merupakan faktor utama pembentukan gelombang. Peramalan tinggi dan periode gelombang dilakukan dengan proses *hindcasting*. Proses tersebut didasarkan pada lama hembus angin, kecepatan angin dan panjang fetch efektif yang sudah diperhitungkan sebelumnya. Metode yang digunakan dalam proses *hindcasting* mengikuti metode yang dijelaskan di dalam

SPM (*Shore Protection Manual*, 1984). Bagan alir proses *hindcasting* tersebut disajikan pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2. 5 Diagram Alir Proses Hindcasting
(Sumber: SPM, 1984)

Keterangan :

H_{m0} = Tinggi gelombang signifikan menurut spektral energi (m)

T_p = Periode puncak gelombang

t = Lama angin berhembus (detik)

F = Panjang fetch efektif (m)

U_a = Kecepatan angin yang telah dimodifikasi

Pemilihan rumus untuk peramalan tinggi dan periode gelombang harus memperhatikan kondisi lapangan, sehingga hasil dari pendekatan hitungan secara empiris bisa logis dan sesuai dengan kondisi yang ada. Perumusan berdasarkan kondisi *Non Fully Developed* digunakan bila pantai tertutup oleh penghalang (pulau atau teluk). Sedangkan perumusan berdasarkan kondisi *Fully Developed* digunakan bila pantai berhubungan dengan laut bebas yang tidak ada penghalangnya.

2.3.2.3. Peramalan Gelombang dengan Periode Ulang

Gelombang yang dihitung pada pembahasan sebelumnya merupakan tinggi gelombang pada laut dalam yang datanya merupakan hasil analisis dari kecepatan dan arah angin yang telah tercatat beberapa tahun secara urut sebelum bangunan pengaman pantai dibuat. Untuk menentukan tinggi gelombang rencana ini, maka hasil tinggi gelombang yang di dapat sebelumnya dihitung menggunakan fungsi distribusi probabilitas. Metode yang digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana adalah metode Weibull dan Fisher Tippet Type I. Kedua distribusi tersebut mempunyai bentuk berikut ini :

1. Distribusi Fisher Tippet Type I

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = e^{-e^{-\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)}} \quad (2.5)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = 1 - e^{-\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)^k} \quad (2.6)$$

Keterangan :

$P(H_s \leq \hat{H}_s)$ = Probabilitas bahwa \hat{H}_s tidak dilampaui

H = Tinggi gelombang representatif

\hat{H} = Tinggi gelombang dengan nilai tertentu

A = Parameter skala

B = Parameter lokasi

k = Parameter bentuk

Data masukan disusun dalam urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

1. Distribusi Fisher Tippet Type I

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,44}{N_T+0,12} \quad (2.7)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,2-\frac{0,27}{\sqrt{k}}}{N_T+0,2+\frac{0,23}{\sqrt{k}}} \quad (2.8)$$

Keterangan :

$P(H_s \leq H_{sm})$ = Probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui.

H_{sm} = Tinggi gelombang urutan ke m

m = Nomor urut tinggi gelombang signifikan

N_T = Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

Parameter A dan B dihitung dari metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Hitungan didasarkan pada analisis regresi linier dari hubungan berikut:

$$H_m = \hat{A} \cdot y_m + B \quad (2.9)$$

Dimana y_m untuk distribusi Fisher-Tippet tipe I :

$$y_m = -\ln\{-\ln F(H_s \leq H_{sm})\} \quad (2.10)$$

Untuk distribusi Weibull :

$$y_m = [-\ln\{1 - F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/k} \quad (2.11)$$

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi probabilitas dengan rumus berikut ini:

$$H_{sr} = \hat{A} \cdot y_r + B \quad (2.12)$$

Dimana y_r untuk distribusi Fisher-Tippet tipe I:

$$y_r = -\ln\left\{-\ln\left(1 - \frac{1}{L \cdot T_r}\right)\right\} \quad (2.13)$$

Untuk distribusi Weibull:

$$y_r = [\ln(L \cdot T_r)]^{1/k} \quad (2.14)$$

Keterangan :

H_{sr} = Tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r = Periode ulang (tahun)

K = Panjang data (tahun)

L = Rerata jumlah kejadian pertahun = $\frac{N_t}{K}$

2.3.2.4. Interval keyakinan

Perkiraan interval keyakinan adalah penting dalam analisis gelombang ekstrim. Hal ini mengingat bahwa biasanya periode pencatatan gelombang adalah pendek, tingkat ketidakpastian yang tinggi dalam perkiraan gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat dipengaruhi oleh penyebaran data,

sehingga nilainya bergantung pada deviasi standar. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2]^{1/2} \quad (2.15)$$

Keterangan :

σ_{nr} = Standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T

N = Jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$\alpha = \alpha_1 \cdot e^{\alpha_2 \cdot N^{-1.3 + k\sqrt{-\ln v}}}$$

$\alpha_1, \alpha_2, e, \varepsilon, k$ = koefisien empiris yang diberikan pada tabel 2.2

$$v = \frac{N}{N_T}$$

Tabel 2. 2 Koefisien untuk menghitung deviasi standar

Distribusi	α_1	α_2	e	c	ε
FT-1	0,64	9,0	0,93	0,0	1,33
Weibull (k=0,75)	1,65	11,4	-0,63	0,0	1,15
Weibull (k=1,0)	1,92	11,4	0,00	0,3	0,90
Weibull (k=1,4)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72
Weibull (k=2,0)	2,24	11,4	1,34	0,5	0,54

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Besaran absolut deviasi standar tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus:

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \cdot \sigma H_s \quad (2.16)$$

Keterangan :

σ_r = Kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

σ_{H_s} = Deviasi standar dari data gelombang signifikan

Interval keyakinan dihitung dengan anggapan bahwa perkiraan tinggi gelombang signifikan pada periode ulang tertentu terdistribusi normal terhadap fungsi distribusi yang diperkirakan. Batas interval keyakinan terhadap H_{S_r} dengan berbagai tingkat keyakinan diberikan pada tabel 2.3. Perlu diingat bahwa lebar interval keyakinan tergantung pada fungsi distribusi, N, dan v, tetapi tidak berkaitan dengan seberapa baik data mengikuti fungsi distribusi.

Tabel 2. 3 Batas Interval Keyakinan

Tingkat Keyakinan (%)	Batas Interval Keyakinan Terhadap H_{sr}	Probabilitas Batas Atas Terlampaui
80	$1,28 \sigma_r$	10,0
85	$1,44 \sigma_r$	7,5
90	$1,65 \sigma_r$	5,0
95	$1,96 \sigma_r$	2,5
99	$2,58 \sigma_r$	0,5

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

2.3.3. Transformasi Gelombang

Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi, pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah.

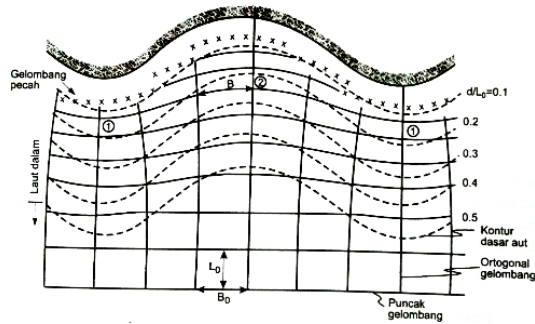
2.3.3.1. Refraksi

Kecepatan rambat gelombang tergantung pada kedalaman air dimana gelombang menjalar. Apabila cepat rambat gelombang berkurang dengan kedalaman, panjang gelombang juga berkurang secara linier. Variasi cepat rambat gelombang terjadi di sepanjang garis puncak gelombang yang bergerak dengan membentuk suatu sudut terhadap garis kedalaman laut, karena bagian dari gelombang di laut dalam bergerak lebih cepat daripada bagian di laut yang lebih dangkal. Variasi tersebut menyebabkan puncak gelombang membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut.

Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai.

Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (pengucupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang ter-

jadi di suatu tempat di daerah pantai. Refraksi gelombang ditunjukkan pada gambar 2.6 berikut :



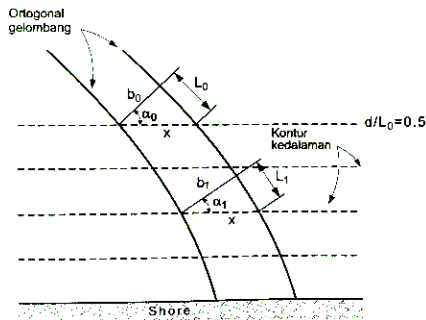
Gambar 2. 6 Refraksi Gelombang
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Apabila ditinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau, maka:

$$\sin \alpha = \left(\frac{c}{c_0}\right) \sin \alpha_0 \tag{2.17}$$

Keterangan:

- α_0 = sudut antara puncak gelombang dengan kontur dasar
- α = sudut yang sama diukur saat garis puncak gelombang melintasi kontur dasar
- c_0 = kecepatan gelombang pada kontur pertama
- c = kecepatan gelombang pada kontur kedua



Gambar 2. 7 Refraksi Gelombang pada kontur Lurus dan Sejajar
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Seperti terlihat dalam gambar 2.7 diatas, jarak antara orthogonal di laut dalam dan disuatu titik adalah b_o dan b . Apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak x di titik 0 dan di titik berikutnya adalah sama sehingga:

$$x = \frac{b_o}{\cos \alpha_o} = \frac{b}{\cos \alpha} \quad (2.18)$$

Maka koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}} \quad (2.19)$$

2.3.3.2. Pendangkalan Gelombang (*Wave Shoaling*)

Proses pendangkalan gelombang (*shoaling*) adalah proses berkurangnya tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman. Kecepatan gerak gelombang juga berkurang seiring dengan pengurangan kedalaman dasar laut, sehingga menyebabkan puncak gelombang yang ada di air dangkal bergerak lebih lambat dibandingkan puncak gelombang yang berada di perairan yang lebih dalam.

Koefisien *Shoaling* dapat dituliskan dalam bentuk:

$$K_s = \frac{H}{H_o} = \sqrt{\frac{n_o \cdot L_o}{n \cdot L}} \quad (2.20)$$

Maka tinggi gelombang pada kedalaman H_o akibat adanya refraksi dan *shoaling*: (2.21)

Keterangan:

K_s = Koefisien *Shoaling*

K_r = Koefisien Refraksi

H_o = Tinggi gelombang di laut dalam

n_o = 0,50 (di laut dalam)

n = koefisien di laut dangkal yang didapat dari tabel L-1

2.3.3.3. Difraksi Gelombang

Difraksi adalah pembelokan gelombang yang menabrak ujung rintangan seperti groin, *breakwater* atau pulau, sehingga di daerah belakang rintangan menjadi tidak tenang karena timbul arus. Selain menyebabkan timbulnya arus, tinggi gelombang yang datang tersebut menjadi berkurang. Gambar 2.8 menunjukkan

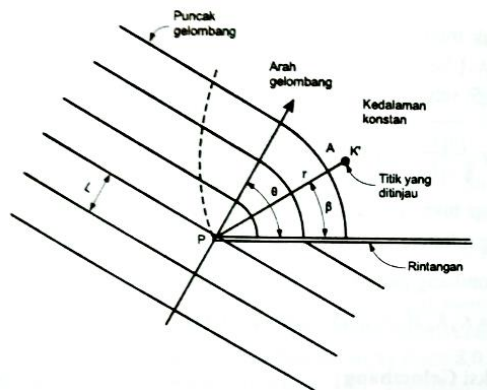
difraksi gelombang dibelakang rintangan. Persamaan tinggi gelombang akibat pengaruh difraksi gelombang dapat dilihat pada persamaan dibawah. Dengan K' merupakan koefisien difraksi yang merupakan perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang. Nilai K' untuk $\theta, \beta, r/l$ tertentu dapat dilihat dalam tabel difraksi.

$$H_A = K' \cdot H_P \quad (2.22)$$

Keterangan:

H_A = Tinggi gelombang yang ditinjau

H_P = Tinggi gelombang di ujung rintangan



Gambar 2. 8 Difraksi Gelombang dibelakang Rintangan
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

2.3.3.4. Refleksi Gelombang

Refleksi adalah pemantulan sebagian atau seluruhnya gelombang datang karena membentur suatu bangunan. Refleksi gelombang di dalam peabuhan menyebabkan ketidaktenangan di dalam pelabuhan. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu bisa menyerap energi gelombang lebih banyak dibanding dengan bangunan tegak. Pada bangunan vertikal, halus dan dinding tidak elastis, gelombang akan dipantulkan seluruhnya. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi pada tabel 2.4.

Koefisien refleksi yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dengan tinggi gelombang datang H_i :

$$X = \frac{H_r}{H_i} \quad (2.23)$$

Tabel 2. 4 Koefisien Refraksi

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0,7-1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5-0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3-0,6
Tumpukan blok beton	0,3-0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lubang)	0,05-0,2

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

2.3.3.5. Gelombang pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai, pada suatu lokasi tertentu gelombang akan pecah. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\frac{H_b}{H_0'} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H_0'}{L_0} \right)^{1/3}} \quad (2.24)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{a \cdot H_b}{g \cdot T^2} \right)} \quad (2.25)$$

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \quad (2.26)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad (2.27)$$

Keterangan :

H_b = tinggi gelombang pecah

H_0' = tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

L_0 = panjang gelombang di laut dalam

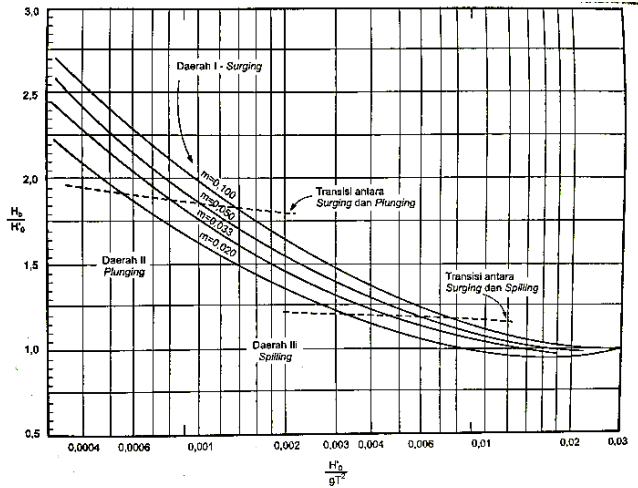
d_b = kedalaman air saat gelombang pecah

m = kemiringan dasar laut

g = percepatan gravitasi

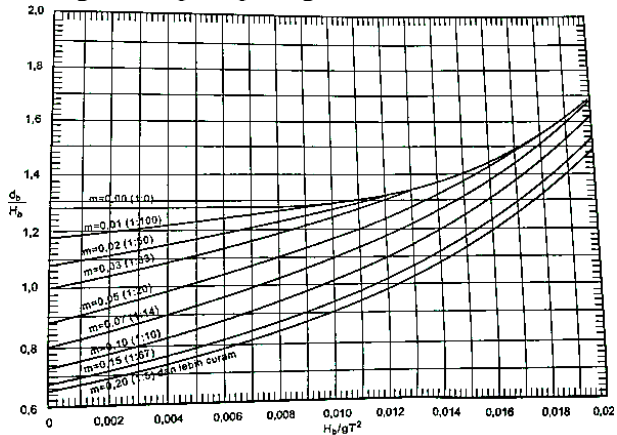
T = periode gelombang

Penentuan tinggi gelombang pecah juga dapat menggunakan grafik seperti pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2. 9 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah
(Sumber: SPM, 1984)

Penentuan kedalaman gelombang pecah dapat menggunakan grafik seperti pada gambar 2.10 berikut :



Gambar 2. 10 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah
(Sumber: SPM, 1984)

2.3.3.6. Gelombang Representatif

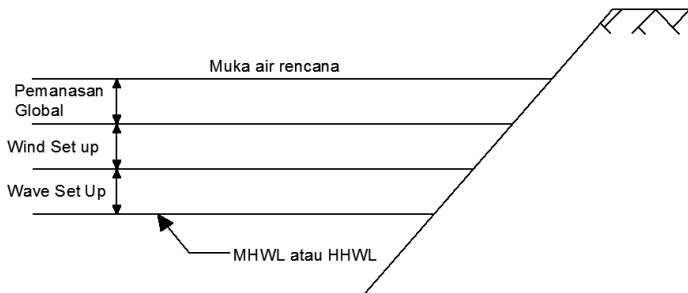
Gelombang representatif merupakan pemilihan tinggi dan periode gelombang individu (*individual wave*) yang dapat mewakili suatu spektrum gelombang. Apabila tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah, maka akan dapat ditentukan tinggi H_n yang merupakan rerata dari n persen gelombang tertinggi. Bentuk yang paling banyak digunakan adalah H33 atau tinggi tinggi rerata dari 33% nilai tertinggi dari pencatatan gelombang yang juga disebut sebagai tinggi gelombang signifikan H_s .

2.3.4. Permodelan Gelombang

Analisa gelombang pada pengerjaan tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan permodelan gelombang software MIKE 21. MIKE 21 HD merupakan sistem model numerik secara umum untuk memodelkan simulasi muka air dan aliran di estuari, teluk dan pantai. Model ini dapat mensimulasikan aliran dua dimensi di dalam fluida satu lapisan (secara vertikal homogen).

2.4. Elevasi muka air rencana

Elevasi puncak bangunan pantai ditentukan oleh elevasi muka air pasang. Sedangkan kedalaman alur pelayaran dan perairan pelabuhan ditentukan oleh muka air surut. Dalam menentukan elevasi puncak bangunan pengaman alur masuk pelabuhan, terlebih dahulu menghitung elevasi muka air rencana. Penentuan elevasi muka air rencana yaitu dengan menjumlahkan beberapa parameter diantaranya pasang surut, *wave set-up*, *wind set-up*, dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global. Tsunami tidak diperhitungkan mengingat kejadiannya sangat jarang. Apabila diperhitungkan, akan menyebabkan bangunan menjadi sangat besar. Gambar 2.11 menunjukkan contoh penentuan elevasi muka air rencana.



Gambar 2. 11 Elevasi Muka Air Laut Rencana
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

2.4.1 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik menarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting di dalam perencanaan bangunan pengaman pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-banguna tersebut (Triatmodjo, 2011).

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang bergantung pada tipe pasang surut. Periode pada mana muka air naik disebut pasang, sedangkan pada saat air turun disebut surut (Triatmodjo, 2011).

2.4.1.1 Beberapa Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu:

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan dan teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.

2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)
Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.
3. Pasang surut condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)
Dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)
Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

2.4.1.2. Beberapa Definisi Elevasi Muka Air

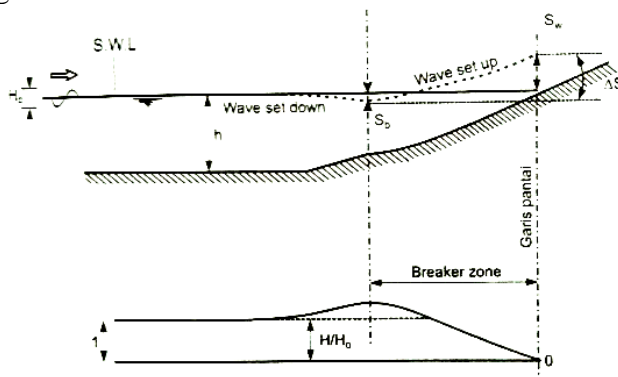
Mengingat elevasi muka air laut yang selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu bangunan pantai. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Muka air tinggi (*High Water Level/HWL*), yaitu muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam suatu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*Low Water Level/LWL*), yaitu kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam suatu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rata-rata (*Mean High Water Level/ MHWL*), yaitu rata-rata dari muka air tinggi selama 19 tahun.
4. Muka air rendah rata-rata (*Mean Low Water Level/ MLWL*), yaitu rata-rata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air 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 daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*Highest High Water Level/ HHWL*), yaitu muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama/ bulan mati.

7. Muka air rendah terendah (*Lowest Low Water Level/ LLWL*), yaitu air terendah pada saat pasang surut purnama.

2.4.2. Kenaikan Muka Air Karena Gelombang (*Wave Set Up*)

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah, akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian dari titik dimana gelombang pecah, permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai. Turunnya muka air laut dikenal dengan *wave set down*, sedangkan naiknya muka air laut disebut *wave set up* (Triatmodjo, 2011). *Wave set up* dan *wave set down* ditunjukkan pada gambar 2.12



Gambar 2. 12 *Wave Set Up dan Set Down*

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

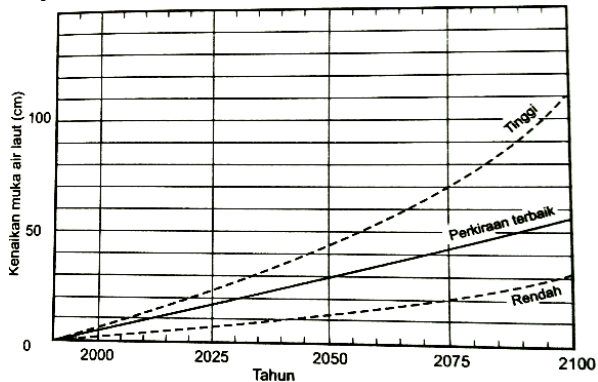
2.4.3. Kenaikan Muka Air Karena Angin (*Wind Set Up*)

Angin dengan kecepatan besar dapat terjadi di atas permukaan laut sehingga menyebabkan fluktuasi muka air laut yang besar sepanjang pantai. Oleh sebab itu, dalam menentukan elevasi muka air rencana perlu diperhitungkan pengaruh angin.

2.4.4. Pemanasan Global

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi dan berakibat pada mencairnya gunung-gunung es di kutub sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Di dalam perencanaan bangunan pantai, kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh pemanasan global ini harus diperhitungkan (Triatmodjo, 2008).

Gambar 2.13 merupakan grafik yang menunjukkan perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990 sampai 2100 yang disertai perkiraan batas atas dan batas bawah. Grafik tersebut didasarkan pada anggapan bahwa suhu bumi meningkat seperti yang terjadi saat ini, tanpa ada tindakan untuk mengatasinya.



Gambar 2. 13 Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut
Karena Pemanasan Global
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

2.5. Bangunan Pengaman Pantai

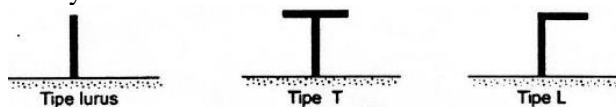
Bangunan pengaman pantai berupa bangunan untuk memperkuat pantai dan bangunan untuk stabilitas pantai. Bangunan perkuatan pantai berupa revetment, dinding pantai, dan dinding penahan. Sedangkan bangunan stabilitas pantai berupa groin, jetty, dan *breakwater*.

2.5.1. Groin

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai dan berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai sehingga bisa mengurangi atau menghentikan erosi yang terjadi (Triatmodjo, 2011).

Groin hanya bisa menahan transpor sedimen sepanjang pantai. Apabila groin ditempatkan pada pantai yang terabrasi, maka groin akan menahan gerak sedimen tersebut, sehingga sedimen mengendap di hulu (terhadap arah transpor sedimen sepanjang pantai). Sedangkan di sebelah hilir groin, angkutan sedimen masih tetap terjadi, sementara suplai sedimen dari hulu terhalang oleh bangunan, akibatnya daerah hilir mengalami defisit sedimen sehingga pantai mengalami erosi. Keadaan tersebut akan menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai yang akan terus berlangsung sampai dicapai satu keseimbangan baru. Keseimbangan baru tersebut tercapai pada saat sudut yang dibentuk oleh gelombang pecah terhadap garis pantai adalah nol ($\alpha=0$), dimana tidak terjadi lagi angkutan sedimen sepanjang pantai (Triatmodjo, 2011).

Groin memiliki beberapa tipe, ada tipe lurus, tipe T ataupun tipe L yang dapat dilihat pada Gambar 2.14. Pemilihan tipe-tipe groin bergantung kepada kegunaan dan kebutuhan perencanaannya.

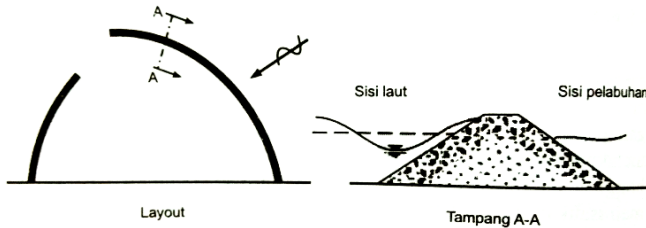


Gambar 2. 14 Tipe Groin
(Sumber: Triatmodjo, 2011)

2.5.2. Breakwater

Pemecah gelombang adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang. Pengaturan tata letak pemecah gelombang sedemikian rupa sehingga mulut pelabuhan tidak menghadap ke arah gelombang dan arus dominan. Gambar 2.15 merupakan

layout pemecah gelombang dan potongan melintang pemecah gelombang sisi miring.



Gambar 2. 15 Pemecah Gelombang

(Sumber: Triatmodjo, 2011)

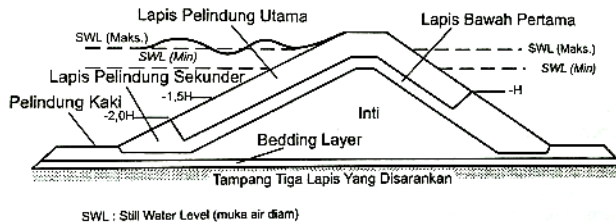
Dimensi pemecah gelombang tergantung pada banyak faktor, diantaranya adalah ukuran dan layout perairan pelabuhan, kedalaman laut, tinggi pasang surut dan gelombang.

2.6. Prinsip Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai

Dalam merencanakan bangunan pengaman pantai perlu diketahui prinsip dasar perencanaannya, diantaranya bentuk sisi bangunan, stabilitas batu pelindung, elevasi puncak bangunan, dan dimensi bangunan. Terdapat 3 jenis bentuk sisi bangunan yaitu bangunan sisi miring, bangunan sisi tegak, dan bangunan sisi campuran. Ketiganya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Dalam laporan ini hanya dibahas bangunan sisi miring sebagaimana berkaitan dengan jenis bangunan pengaman pantai groin dan *breakwater*.

2.6.1. Konsep Bangunan Sisi Miring

Pemecah gelombang sisi miring dari tumpukan batu dibuat dalam beberapa lapis seperti diberikan dalam Gambar 2.16 dalam gambar tersebut, pemecah gelombang terbuka ke arah laut pada satu sisi, sedang sisi lain berada di daerah terlindung. Sisi yang menerima serangan gelombang dibuat dengan kemiringan lebih landai untuk mendapatkan stabilitas unit lapis lindung yang lebih besar. Sisi terlindung dengan kemiringan yang lebih landai.



Gambar 2. 16 Potongan Melintang Pemecah Gelombang
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Pemecah gelombang terdiri dari beberapa lapis berikut ini:

1. Lapisan pelindung utama (*primary cover layer*), lapis paling luar yang menerima langsung serangan gelombang. Berat unit lapis lindung harus cukup besar sehingga stabil terhadap hantaman gelombang.
2. Lapis pelindung sekunder (*secondary cover layer*), lapis paling luar yang berada pada elevasi di bawah lapis pelindung utama. Berat unit lapis lindung lebih kecil daripada lapis lindung utama.
3. Lapis bawah pertama (*first underlayer*), lapis disebelah dalam dari lapis lindung utama dan sekunder.
4. Lapis bawah kedua (*second underlayer*), lapis disebelah dalam dari lapis bawah kedua.
5. Inti (*core*), bagian paling dalam dari pemecah gelombang.
6. *Bedding layer*, lapis yang merupakan alas untuk timbunan batu di atasnya.
7. Pelindung tumit, yang berfungsi untuk melindungi gerusan pada kaki bangunan.

2.6.2. Stabilitas Unit Lapis Pelindung

Stabilitas berat butir batu pelindung dapat dihitung dengan menggunakan rumus Hudson dan rumus Van Der Meer.

- Stabilitas berat butir batu pelindung dengan rumus Hudson

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (s_r - 1)^3 \cot \theta} \quad (2.28)$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad (2.29)$$

keterangan :

W = Berat butir batu pelindung

γ_r = Berat Jenis Batu

γ_a = Berat Jenis Air Laut

H = Tinggi gelombang rencana

θ = Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

K_D = Koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung, kekasaran permukaan batu, ketajaman sisi-sisinya, ikatan antara butir, dan kondisi gelombang. Nilai K_D untuk berbagai bentuk batu pelindung diberikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. 5 Koefisien Stabilitas KD untuk berbagai jenis butir

Lapis Lindung	n	Penempatan	Lengan Bangunan		Ujung (kepala) Bangunan		Kemiringan $cot\theta$
			K_D		K_D		
			Gelombang Pecah	Gelombang Tidak Pecah	Gelombang Pecah	Gelombang Tidak Pecah	
Batu Pecah							
Bulat halus	2	Acak	1,2	2,4	1,1	1,9	1,5-3,0
Bulat halus	>3	Acak	1,6	3,2	1,4	2,3	*2
Bersudut kasar	1	Acak	*1	2,9	*1	2,3	*2
Bersudut kasar	2	Acak	2	4	1,9 1,6 1,3	3,2 2,8 2,3	1,5 2,0 3,0
Bersudut kasar	>3	Acak	2,2	4,5	2,1	4,2	*2
Bersudut kasar	2	Khusus *3	5,8	7,0	5,3	6,4	*2
Paralel epipedum	2	Khusus	7,0-20,0	8,5-24	-	-	
Tetrapod dan Quadripod	2	Acak	7,0	8,0	5,0 4,5 3,5	6,0 5,5 4,0	1,5 2,0 3,0
Tribar	2	Acak	9,0	10,0	8,3 7,8 6,0	9,0 8,5 6,5	1,5 2,0 3,0
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,0 7,0	16,0 14,0	2,0 3,0
Kubus modifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	*2
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	5,0	7,0	*2
Tribar	1	Seragam	12,0	15,0	7,5	9,5	*2

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Catatan :

n = Jumlah susunan butir batu dalam lapis pelindung

*1 = Penggunaan n=1 tidak disarankan untuk kondisi gelombang pecah

*2 = Sampai ada ketentuan lebih lanjut tentang nilai K_D , penggunaan K_D dibatasi pada kemiringan 1:1,5 sampai 1:3

*3 = Batu ditempatkan dengan sumbu panjangnya tegak lurus permukaan bangunan.

- Stabilitas berat butir batu pelindung dengan rumus Van Der Meer

Formula untuk menentukan angka stabilitas (N_s) unit lapis lindung pemecah gelombang yang berlaku untuk jenis lapis lindung batuan dibedakan dengan tipe gelombang pecah (*Plunging*) dan gelombang tak pecah (*Surging*) (Van Der Meer, 1987).

1. Stabilitas berat batu pelindung untuk laut dalam

a) *Plunging waves*

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} \quad (2.30)$$

Untuk $C_{pl} = 6.2$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas.

b) *Surging waves*

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pu} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^p \quad (2.31)$$

Untuk $C_{pu} = 1.0$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas.

2. Stabilitas berat batu pelindung untuk laut dangkal

a) *Plunging waves*

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} \quad (2.32)$$

Untuk $C_{pl} = 8.4$, faktor pengaruh grading dan bentuk material.

b) *Surging waves*

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pu} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^p \quad (2.33)$$

Untuk $C_{pu} = 1.3$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas.

$$\text{Dimana } \xi_m = I_r = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{S}} = \frac{\tan \alpha^{0.5}}{\sqrt{H/L_0}} \quad (2.34)$$

Keterangan :

P = Porositas pemecah gelombang

N = Parameter untuk mempertimbangkan bahwa kondisi desain tercapai berkali-kali selama umur rencana struktur

ξ = Parameter *surf similarity*

S = *Armor damage*

Van Der Meer menyaranakan bahwa :

P = 0.1 untuk lapisan armor di atas lapisan kedap

P = 0.4 untuk armor di atas *coarse core*

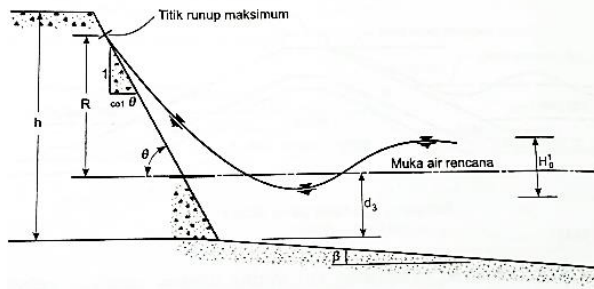
P = 0.6 untuk struktur yang seluruhnya dari batu armor

S = 2-3 untuk *zero damage*

N = 1000-7500

2.6.3. Elevasi Puncak Bangunan

Elevasi puncak bangunan dihitung berdasarkan kenaikan (*run up*) gelombang, yang tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang. Karena banyaknya variabel yang berpengaruh, maka besarnya *run up* sangat sulit ditentukan secara analitis. Gambar 2.17 menunjukkan *run up* gelombang yang terjadi karena gelombang membentur bangunan dengan permukaan miring, sedangkan Gambar 2.18 merupakan grafik hasil percobaan di laboratorium yang dilakukan oleh Iribaren untuk menentukan *run up* dan *run down* gelombang pada bangunan dengan permukaan miring dan dari berbagai tipe material.



Gambar 2. 17 Run Up Gelombang

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

$$I_r = \frac{\text{tg } \theta}{(H/L)^{0.5}} \quad (2.35)$$

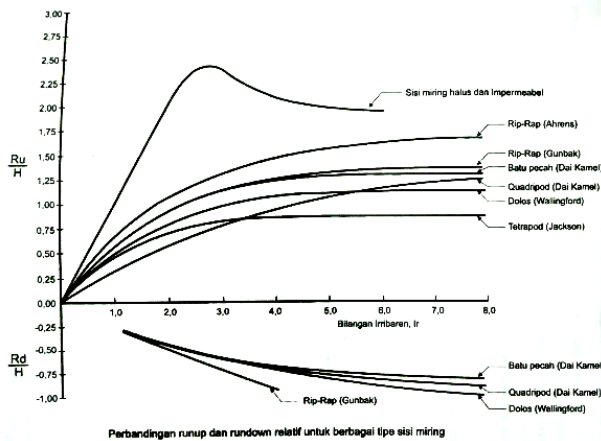
Keterangan:

I_r = Bilangan Irrebaren

θ_r = Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

H = Tinggi gelombang di lokasi bangunan

L_0 = Panjang gelombang di laut



Gambar 2. 18 Run Up dan Run Down Hasil Percobaan Irrebaren

(Sumber: Triatmodjo, 2011)

Grafik tersebut juga digunakan untuk menghitung *run down* yaitu turunnya muka air laut karena gelombang pada sisi

pemecah gelombang. Pada kurva tersebut mempunyai bentuk tak berdimensi untuk *run up* relatif R_u/H atau R_d/H sebagai fungsi dari bilangan Irrebarren, dimana R_u dan R_d adalah *run up* dan *run down* dari muka air laut rerata.

2.6.4. Dimensi Bangunan Sisi Miring

Perhitungan dimensi bangunan sisi miring meliputi lebar puncak bangunan, tebal lapisan, dan jumlah butir batu. Berikut rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung dimensi bangunan sisi miring.

2.6.4.1. Lebar Puncak Bangunan

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$B = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.36)$$

Keterangan :

B = lebar puncak

n = Jumlah butir batu (minimum n=3)

K_{Δ} = koefisien lapis dapat dilihat pada tabel 2.6

w = berat butir batu pelindung

γ_r = berat jenis batu pelindung

Tabel 2. 6 Koefisien Lapis

Batu Pelindung	n	Penempatan	Koef. Lapis (k_{Δ})	Porositas P(%)
Batu (<i>quarrystone</i> , halus)	2	acak	1,02	38
Batu (<i>quarrystone</i> , kasar)	2	acak	1,15	37
Batu (<i>quarrystone</i> , kasar)	>3	acak	1,10	40
Kubus	2	acak	1,10	47
Tetrapod	2	acak	1,04	50
Quadripod	2	acak	0,95	49
Hexapod	2	acak	1,15	47
Tribard	2	acak	1,02	54
Dolos	2	acak	1,00	63
Tribar	1	seragam	1,13	47
Batu (<i>quarrystone</i>)		acak	-	37

(Sumber: Triatmodjo, 2011)

2.6.4.2. Tebal Lapisan

Tebal lapisan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.37)$$

Keterangan:

B = lebar puncak

n = Jumlah lapis batu dalam lapis pelindung

K_{Δ} = koefisien lapis

W = berat butir batu pelindung

γ_r = berat jenis batu pelindung

2.6.4.3. Jumlah butir batu

Jumlah butir batu dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$N = A n K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.38)$$

Keterangan :

N = jumlah butir batu untuk satu satuan luas permukaan

A = luas permukaan

n = Jumlah lapis batu dalam lapis pelindung

K_{Δ} = Koefisien lapis batu alam kasar penempatan acak

P = porositas rerata dari lapis pelindung (%)

W = Berat butir batu pelindung

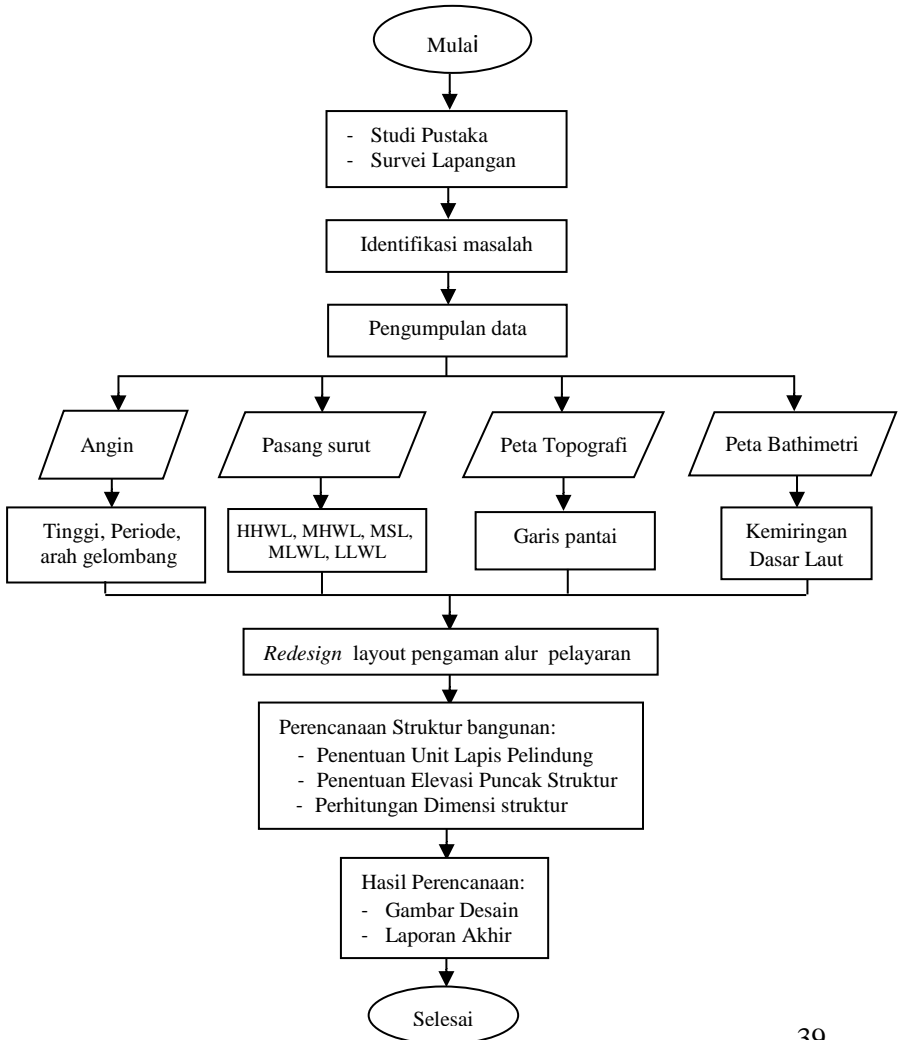
γ_r = Berat jenis batu pelindung

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Flowchart

Flowchart *Redesign* Bangunan Pengaman pantai pancer, Jember sebagai berikut:



3.1. Studi Pustaka

Studi pustaka meliputi pengumpulan dan mempelajari berbagai pustaka, data dan hasil-hasil penelitian, perencanaan dan kajian yang telah dilakukan serta hasil studi atau pekerjaan serupa yang pernah dilakukan di lokasi lain. Adapun studi yang dilakukan antara lain:

- Kondisi eksisting daerah studi saat ini, yaitu Pantai Pancer, Puger, Jember.
- Gelombang, meliputi analisis mengenai pembangkitan gelombang, kecepatan dan panjang gelombang, gelombang rencana, serta tinggi gelombang rencana di lokasi bangunan.
- Pengaman pantai di muara sungai, meliputi analisis mengenai bagaimana merencanakan bangunan pengaman pantai yang sesuai sehingga dapat mengamankan alur masuk pelayaran pelabuhan dari gelombang.

3.2. Survei Lapangan

Tinjauan lapangan meliputi pengamatan kondisi dan permasalahan serta potensi yang ada di lapangan. Peninjauan ini diharapkan dapat memahami dan mengidentifikasi permasalahan yang ada di lapangan, mencari dan mencoba menyelesaikan penyebab utama permasalahan.

3.3. Pengumpulan Data

Agar upaya perencanaan pengamanan pantai dapat berjalan dengan tepat, maka diperlukan data yang sesuai dengan kondisi asli di lapangan. Data-data tersebut kemudian akan dianalisis dan diolah dengan mempertimbangkan pengetahuan berdasarkan literatur yang ada. Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara, mengumpulkan, mengidentifikasi, serta mengolah data dari instansi yang terkait. Data tersebut antara lain:

1. Data angin

Data angin berguna untuk menentukan distribusi arah angin dominan dan kecepatan angin yang terjadi di lokasi. Serta dapat melakukan peramalan gelombang.

2. Data Pasang surut

Data Pasang surut diperlukan untuk menentukan HHWL, MHWS, MHWL, MSL, MLWL, MLWS, dan LLWL. Data tersebut berguna untuk menentukan elevasi puncak bangunan pengaman pantai.

3. Data Topografi

Data topografi dilakukan untuk mengetahui elevasi garis pantai yang digunakan untuk morfologi pantai dan sebagai pertimbangan dalam merencanakan layout bangunan pengaman pantai.

4. Data Bathimetri

Data bathimetri untuk mendapatkan kemiringan dasar laut.

3.4. Analisis Data

Dari data yang diperoleh dilakukan analisis mengenai perencanaan pengaman pantai sebagai alur masuk pelayaran pelabuhan. Analisis yang dilakukan sebagai berikut:

3.4.1. Analisis Gelombang

Analisis gelombang pada laut dalam dihitung dengan menggunakan data angin. Gelombang rencana terpilih akan digunakan perencanaan bangunan pengaman pantai dengan memperhitungkan transformasi gelombang yang terjadi. Metode yang digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana adalah metode Weibull dan Fisher Tippet Type I. Berikut detail analisis gelombang :

1. Menganalisis data angin dan fetch

Data angin yang berpengaruh dianalisis untuk menentukan fetch arah mana yang akan digunakan. Setelah dilakukan pengukuran fetch dan dianalisis, didapatkan panjang fetch efektif dari masing-masing arah.

2. Hindcasting atau peramalan gelombang

Bertujuan untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang. Penentuan tersebut didasarkan pada kondisi *fully developed* atau *non fully developed*. Jika termasuk kondisi *non fully developed* terdapat 2 kemungkinan yaitu *fetch limited* atau *duration limited*.

3. Peramalan gelombang periode ulang.
Menentukan tinggi gelombang signifikan (H_s) per tahun berdasarkan perhitungan tinggi gelombang dari hindcasting. Kemudian dilakukan proses peramalan gelombang pada periode ulang tertentu. Terdapat 2 metode yang digunakan, yaitu Metode Fisher Tippet II dan Metode Weibull. Kemudian dipilih tinggi gelombang yang akan digunakan.
4. Refraksi Gelombang
Tinggi gelombang yang dipilih tersebut merupakan gelombang di laut dalam. Oleh sebab itu, perlu dilakukan refraksi untuk mendapatkan tinggi gelombang di laut dangkal.
5. Gelombang pecah
Perhitungan gelombang pecah digunakan untuk menentukan posisi bangunan agar dapat meredam energi gelombang.
6. Difraksi Gelombang
Karena gelombang tersebut menabrak suatu rintangan maka perlu dilakukan refraksi. Sehingga didapatkan tinggi gelombang setelah refraksi.

3.4.2. Analisis Pasang Surut

Analisis Pasang surut dilakukan untuk dapat menentukan fluktuasi muka air laut di perairan Pancer yang digunakan sebagai penentuan elevasi puncak bangunan.

3.4.3. Analisis Topografi

Analisis topografi dilakukan untuk mengetahui elevasi garis pantai yang digunakan untuk morfologi pantai dan sebagai pertimbangan dalam merencanakan layout bangunan pengaman pantai.

3.4.4. Analisis Bathimetri

Analisis bathimetri dilakukan untuk mengetahui kemiringan dasar laut sehingga dapat digunakan untuk menghitung gelombang pecah.

3.5. Redesign Layout Bangunan Pengaman Pantai

Redesign layout menggunakan *software* Mike 21. Input yang dibutuhkan merupakan hasil dari analisis data yang telah dilakukan sebelumnya. Data input tersebut antara lain, peta topografi dan bathimetri sebagai input pembuatan *mesh*, tinggi, periode, dan arah gelombang serta data pasang surut sebagai input di modul *spectral wave*. Metode yang digunakan untuk menentukan layout yang sesuai yaitu dengan cara trial dari beberapa alternatif layout. Tinggi gelombang pada beberapa titik dari layout eksisting dibandingkan dengan layout alternatif. Layout alternatif terpilih yaitu layout yang dapat mengurangi tinggi gelombang eksisting.

3.6. Perencanaan Struktur Bangunan

Dalam merencanakan struktur bangunan, beberapa hal yang harus diperhitungkan sebagai berikut:

1. Penentuan unit lapis pelindung.
2. Penentuan elevasi puncak bangunan
3. Perhitungan dimensi struktur meliputi
 - Tinggi bangunan
 - Lebar puncak bangunan
 - Tebal lapisan
 - Jumlah butir batu

3.7. Hasil Perencanaan

Dari analisis yang dilakukan akan dihasilkan gambar perencanaan dan laporan akhir.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISIS DATA

4.1. Umum

Bangunan pengaman pantai pancer eksisting berupa Groin dan *Training Jetty*. Dilakukan evaluasi layout terhadap kondisi eksisting pengaman pantai tersebut untuk menentukan perlu atau tidaknya pembangunan pengaman pantai tambahan berupa breakwater. Selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap layout rencana dengan penambahan breakwater tersebut.

Sebelum dilakukan evaluasi layout serta perencanaan struktur bangunan, terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data dan analisis data. Data-data tersebut antara lain, data angin, data pasang surut, topografi dan bathimetri. Data-data tersebut merupakan data sekunder yang didapat dari berbagai sumber yang telah melakukan survei di lokasi perencanaan.

4.2. Data Angin

Pada perencanaan bangunan pengaman pantai di pantai pancer digunakan data angin harian tahun 2008-2017 yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Banyuwangi dapat dilihat pada lampiran III. Pemilihan data angin dari BMKG Banyuwangi didasari atas kedekatan jarak antara pantai puger, Jember dengan stasiun BMKG Banyuwangi dan kesamaan karakteristik daerah pantai. Data kecepatan dan arah angin digunakan untuk peramalan gelombang. Data kecepatan angin disajikan dalam satuan knot. Arah angin disajikan dalam derajat terhadap sumbu utara.

Penyajian data angin diberikan dalam bentuk tabel frekuensi Jumlah kejadian angin (tabel 4.1), tabel frekuensi distribusi kejadian angin (tabel 4.2), dan *Wind Rose* (gambar 4.1) agar karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat dan mudah.

Tabel 4. 1 Frekuensi Jumlah Kejadian Angin

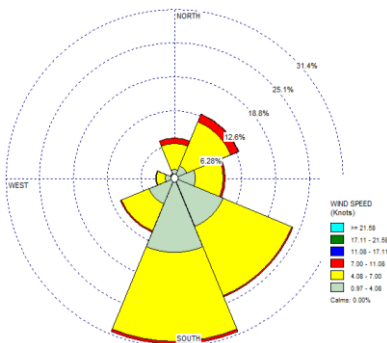
Kecepatan Angin	Arah angin								Jumlah
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
0 – 4.08	1375	2088	3216	8026	11264	4293	1488	360	32110
4.08 – 7.00	4000	7224	4248	11364	13575	4465	1296	384	46556
7.00 – 11.08	769	1272	288	170	409	218	96	48	3270
11.08 – 17.11	0	24	24	0	24	0	72	0	144
17.11 – 21.58	0	0	24	0	0	0	0	0	24
≥ 21.58	0	24	0	0	0	0	0	0	24
Jumlah	6144	10632	7800	19560	25272	8976	2952	792	82128

(Sumber: Hasil pengolahan Data Angin dengan WRPLOT)

Tabel 4. 2 Frekuensi Distribusi Kejadian Angin

Kecepatan Angin	Arah angin								Total (%)
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
0 – 4.08	1.67	2.54	3.92	9.77	13.72	5.23	1.81	0.44	39.10
4.08 – 7.00	4.87	8.80	5.17	13.84	16.53	5.44	1.58	0.47	56.69
7.00 – 11.08	0.94	1.55	0.35	0.21	0.50	0.27	0.12	0.06	3.98
11.08 – 17.11	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.18
17.11 – 21.58	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
≥ 21.58	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
Total (%)	7.48	12.95	9.50	23.82	30.77	10.93	3.59	0.96	100.00

(Sumber: Hasil pengolahan Data angin dengan WRPLOT)

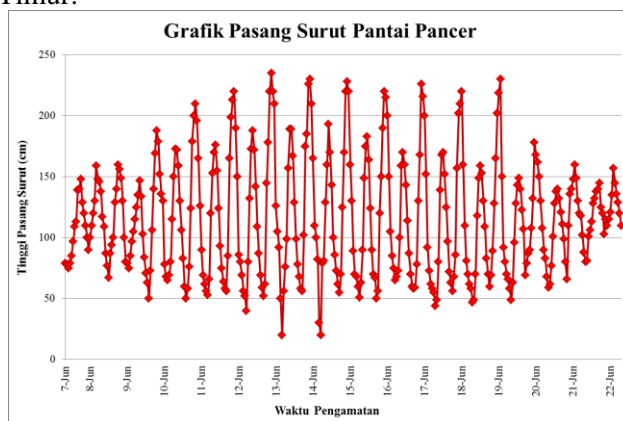


Gambar 4. 1 Wind Rose BMKG Banyuwangi Tahun 2008-2017
(Sumber: Hasil pengolahan Data angin dengan WRPLOT)

4.3. Data Pasang Surut

Data pasang surut dibutuhkan untuk merencanakan elevasi dan kedalaman dari bangunan pengaman pantai. Pengamatan dilakukan pada tanggal 7 Juni 2014 sampai 22 Juni 2014. Data pasang surut dianalisis menggunakan Metode *Admiralty*.

Gambar 4.2 adalah grafik hasil pengamatan pasang surut pada pantai puger, kecamatan Puger Kulon, kabupaten Jember, Jawa Timur.



Gambar 4. 2 Grafik Pasang Surut Pantai Pancer, Jember
(Sumber: Hasil perhitungan)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Metode *Admiralty*, diperoleh nilai amplitudo (A) dan keterlambatan fase (g°) yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Konstanta Harmonik Pengamatan Pasang Surut Pantai Pancer, Puger, Jember, Jawa Timur

Hasil Akhir										
	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A(cm)	115.4	22.5	18.0	14.8	52.0	4.7	12.5	5.3	4.8	17.2
g°		204.1	283.8	213.3	218.8	13.5	3.7	107.6	283.8	218.8

(Sumber: Hasil perhitungan)

Setelah konstanta pasang surut diperoleh, tipe pasang surut dapat didefinisikan dengan menggunakan bilangan formzahl, sebagai berikut:

$$F = \frac{A(O_1) + A(K_1)}{A(M_2) + A(S_2)}$$

Keterangan :

$0.00 < F < 0.25$ = Harian ganda beraturan (*Semi Diurnal*)

$0.25 < F \leq 1.50$ = Campuran condong ke harian ganda (*Mixed-Semi Diurnal*)

$1.50 < F \leq 3.00$ = Campuran condong ke harian tunggal (*Mixed-Diurnal*)

$3.00 < F$ = Harian tunggal beraturan (*Diurnal*)

Dengan menggunakan rumus di atas, pada lokasi studi didapatkan harga bilangan Formzahl :

$$F = \frac{4.7 + 5.2}{22.5 + 18.0} = 1.40$$

Berdasarkan harga bilangan formzahl $F = 1.40$ maka pasang surut pada perairan pancar dikategorikan tipe campuran condong ke harian ganda (*Mixed-Semi Diurnal*) artinya dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan tinggi dan periode berbeda.

Setelah mendapat hasil komponen pasang surut, maka dapat ditentukan pula elevasi pasang surut, berupa HHWL (*Highest High Water Level*), MHWL (*Mean High Water Level*), MSL (*Mean Sea Level*), MLWL (*Mean Low Water Level*), dan LLWL (*Lowest Low Water Level*). Hasil perhitungan elevasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Elevasi Pasang Surut Pantai Pancer, Puger, Jember, Jawa Timur

Elevasi	<i>Calculation</i>	Hasil (cm)
HHWL	$S0+(M2+S2+K2+K1+O1+P1)$	234.5
MHWL	$S0+(M2+K1+O1)$	194.6
MSL	S0	115.4
MLWL	$S0-(M2+K1+O1)$	36.3
LLWL	$S0-(M2+S2+K2+K1+O1+P1)$	-3.7

(*Sumber: Hasil Perhitungan*)

4.4. Data Peta Topografi

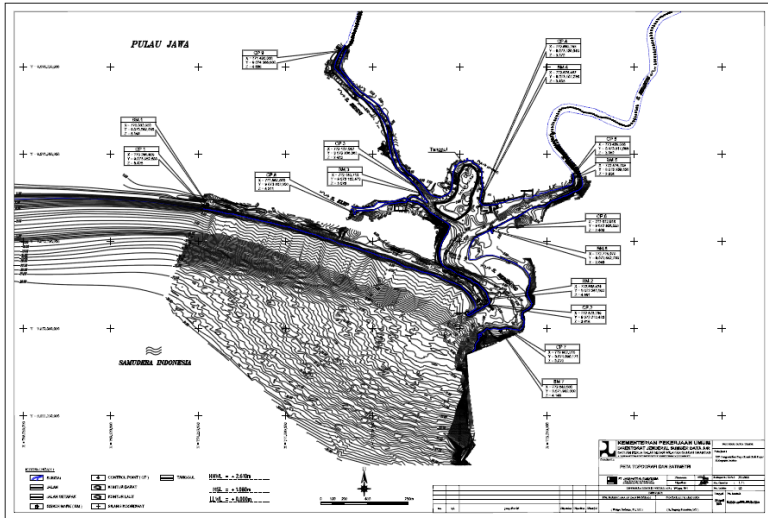
Peta topografi adalah gambaran bentuk permukaan tanah berupa situasi dan ketinggian serta posisi kenampakan yang berada di lokasi perencanaan. Peta topografi yang diperlukan dalam tugas akhir ini yaitu garis pantai yang digunakan sebagai input untuk pembuatan mesh permodelan gelombang.

4.5. Data Peta Bathimetri

Peta bathimetri adalah peta yang menunjukkan kedalaman laut sehingga dapat diketahui gambaran kondisi dasar laut lokasi perencanaan. Peta bathimetri digunakan sebagai input untuk pembuatan mesh untuk permodelan gelombang. Selain itu peta bathimetri juga diperlukan untuk perencanaan bangunan.

Peta bathimetri dan topografi pantai pancer, puger seluas 3248 Ha dengan panjang 5600 km ke arah utara dan 5800 ke arah barat. Peta tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Berdasarkan peta bathimetri tersebut dapat diketahui kemiringan dasar laut pada pantai pancer, puger cukup terjal dengan rata-rata kemiringan dasar laut 0,075.



Gambar 4.3 Peta Topografi dan Bathimetri

(Sumber: BBWS Brantas, 2014)

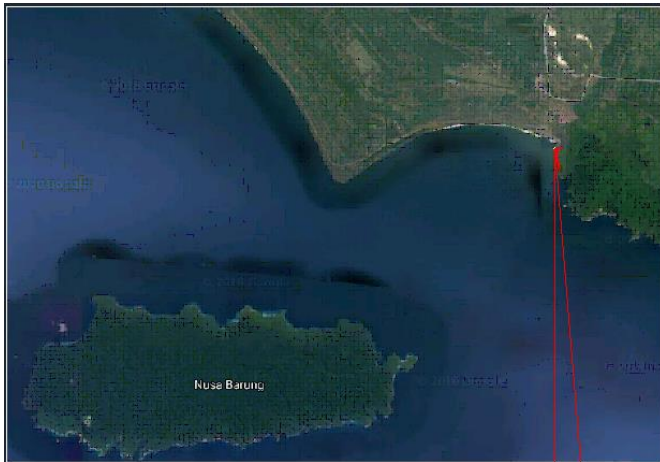
4.6. Analisis Gelombang

4.6.1. Panjang Fetch

Pantai pancer terletak di sebelah selatan pulau Jawa dengan garis pantai menghadap barat daya. Arah angin yang berpengaruh pada pantai ini adalah arah angin dari tenggara, selatan, barat daya, dan barat. Sedangkan arah utara, timur laut, timur, dan barat laut tidak berpengaruh karena bukan merupakan daerah pembangkitan gelombang.

Perhitungan panjang *fetch* menggunakan *software* bantu Google Maps dan Autocad. Sehingga memiliki ketepatan yang akurat dalam menentukan *fetch*. *Fetch* dibentuk dengan menarik garis dari satu titik pantau sampai menabrak suatu halangan berdasarkan masing-masing arah yang sudah ditentukan. Gambar

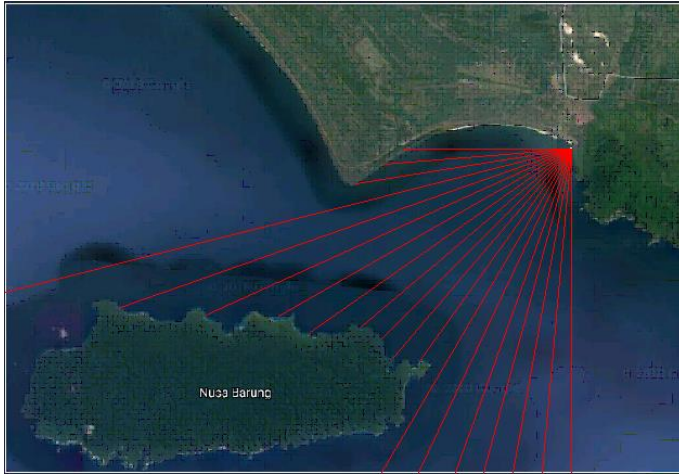
4.4, 4.5, 4.6 dan 4.7 merupakan hasil dari penarikan garis terhadap masing-masing arah dengan menggunakan pertambahan sudut 5° sampai sudut sebesar 45° pada kedua sisi dari arah angin.



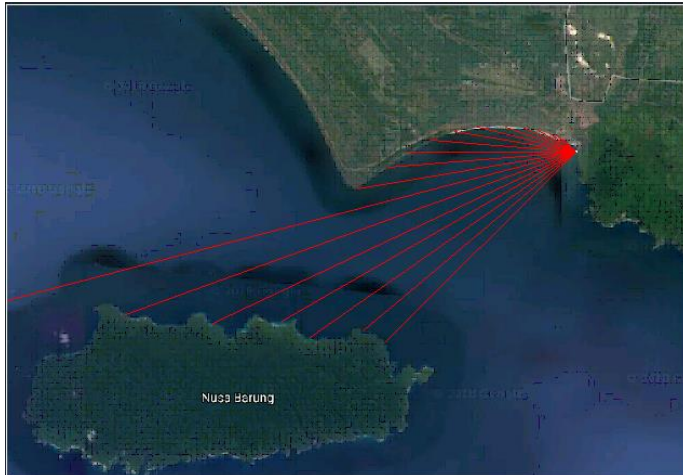
Gambar 4. 4 *Fetch* Efektif Arah Tenggara
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar 4. 5 *Fetch* Efektif Arah Selatan
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar 4. 6 *Fetch Efektif Arah Barat Daya*
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar 4. 7 *Fetch Efektif Arah Barat*
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berikut contoh perhitungan untuk mendapatkan panjang fetch efektif arah tenggara:

1. Menentukan Sudut Deviasi (α) pada kedua sisi fetch utama, dengan penambahan 5° sampai total sudut geser sebesar 45° pada kedua sisi fetch utama. Kemudian mengukur panjang garis dari titik pantai sampai menabrak suatu halangan.
2. Besarnya $\cos \alpha$ dari tiap-tiap sudut baik dari arah kanan maupun dari arah kiri acuan 0° tiap arah angin adalah:

$$\cos 0^\circ = 1.000$$

$$\cos 5^\circ = 0.996$$

$$\cos 10^\circ = 0.985$$

$$\cos 15^\circ = 0.966$$

$$\cos 20^\circ = 0.940$$

$$\cos 25^\circ = 0.906$$

$$\cos 30^\circ = 0.866$$

$$\cos 35^\circ = 0.819$$

$$\cos 40^\circ = 0.766$$

$$\cos 45^\circ = 0.707$$

Lalu semua nilai \cos dijumlahkan

3. Setelah didapatkan panjang garis yang ditarik tiap-tiap sudut sesuai perhitungan nomor satu, hasil dari pengukuran tersebut dikalikan dengan nilai $\cos \alpha$.
4. Nilai yang didapatkan pada nomor tiga dijumlahkan dalam tiap arah yang berpengaruh.
5. Hitung panjang fetch efektif menggunakan rumus:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i}$$

Hasil perhitungan panjang *fetch* efektif dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4. 5 Panjang *Fetch* Efektif dari arah yang berpengaruh

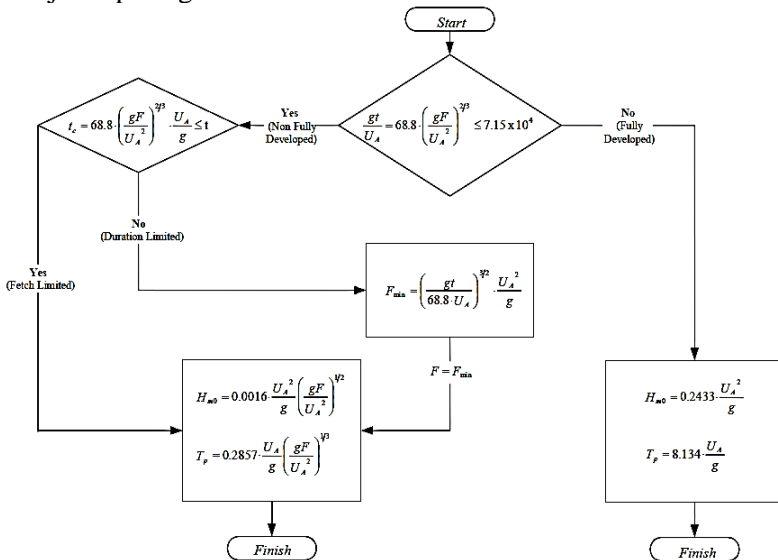
α	$\cos \alpha$	Xi				$X_i \cdot \cos \alpha$				
		TG	S	BD	B	TG	S	BD	B	
Kiri	45	0.707	200	12.12	7.59	0.81	141.42	8.57	5.36	0.57
	40	0.766	200	12.37	8.49	1.09	153.21	9.48	6.51	0.83
	35	0.819	1.12	11.72	9.84	1.41	0.92	9.60	8.06	1.16
	30	0.866	0.97	200	200	1.92	0.84	173.21	173.21	1.67
	25	0.906	0.39	200	21.59	2.57	0.36	181.26	19.57	2.33
	20	0.940	0.26	200	18.14	3.33	0.24	187.94	17.05	3.13
	15	0.966	0.21	200	15.24	4.48	0.20	193.19	14.72	4.33
	10	0.985	0.20	200	14.42	5.50	0.20	196.96	14.20	5.42
	5	0.996	0.19	200	12.44	6.53	0.19	199.24	12.39	6.50
	0	1.000	0.19	200	12.12	7.59	0.19	200.00	12.12	7.59
Kanan	5	0.996	0.18	200	12.37	8.49	0.18	199.24	12.32	8.46
	10	0.985	0.18	1.12	11.72	9.84	0.18	1.10	11.54	9.69
	15	0.966	0.18	0.97	200	200	0.17	0.94	193.19	193.19
	20	0.940	0.18	0.39	200	21.59	0.17	0.37	187.94	20.29
	25	0.906	0.18	0.26	200	18.14	0.17	0.23	181.26	16.44
	30	0.866	0.19	0.21	200	15.24	0.16	0.18	173.21	13.20
	35	0.819	0.19	0.20	200	14.42	0.16	0.16	163.83	11.81
	40	0.766	0.21	0.19	200	12.44	0.16	0.15	153.21	9.53
	45	0.707	0.36	0.19	200	12.12	0.26	0.13	141.42	8.57
Total	16.90	405.38	1639.74	1743.96	347.51	299.37	1561.94	1501.10	324.70	
Fetch Efektif (km)						17.71	92.41	88.81	19.21	

(Sumber: Hasil Phitungan)

4.6.2. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam (*Hindcasting*)

Hindcasting merupakan cara untuk meramalkan tinggi dan periode gelombang berdasarkan data angin. Sebenarnya akan lebih baik jika analisis gelombang dilakukan berdasarkan data gelombang. Akan tetapi data gelombang tidak tersedia di Indonesia, sehingga gelombang tersebut diprediksi berdasarkan data angin yang merupakan faktor utama pembentukan gelombang.

Metode yang digunakan dalam proses *hindcasting* ini mengikuti metode yang dijelaskan di dalam SPM (*Shore Protection Manual*, 1984). Bagan alir proses *hindcasting* tersebut disajikan pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4. 8 Diagram Alir Hindcasting
(Sumber: SPM, 1984)

Keterangan :

H_{m0} = Tinggi gelombang signifikan menurut spektral energi (m)

T_p = Periode puncak gelombang

t = Lama angin berhembus (detik)

F = Panjang fetch efektif (m)

U_a = Kecepatan angin yang telah dimodifikasi

Tabel 4.6 merupakan hasil dari analisis hindcasting gelombang pantai pancer, kecamatan puger kulon, jember, Jawa Timur dari tahun 2008-2017 dengan menggunakan data kecepatan dan arah angin maksimum harian. Selanjutnya tinggi dan periode gelombang akan digunakan dalam perhitungan periode ulang gelombang untuk kebutuhan perencanaan bangunan pengaman pantai. Gambar 4.9 merupakan *wave rose* dari hasil perhitungan tinggi gelombang di laut dalam yang besarnya tinggi gelombang dapat dilihat Pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam

Tahun	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin		U10	RL	Uw	Ua	F	g	td	g.td/Ua		Tc		Fmin	Hmo	Tp
			(knot)	(m/s)								(m/s)	(m/s)	hasil	ket			
2008	Jan	S	10	5.00	5.00	1.49	7.43	8.36	92408.83	9.81	25200	29560.43	Non Fully Developed	32363.45	Duration Limited	63493.91	1.08	5.05
	Feb	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Mar	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Apr	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Mei	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Jun	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Jul	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Agust	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Sep	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Okt	TG	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	17711.43	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	12788.56	Fetch Limited	-	0.34	2.77
	Nop	BD	8	4.00	4.00	1.55	6.21	6.71	88809.17	9.81	25200	36824.47	Non Fully Developed	33912.49	Duration Limited	56887.80	0.82	4.52
	Des	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin		U10 (m/s)	RL	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
			(knot)	(m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
2009	Jan	BD	9	4.50	4.50	1.52	6.83	7.55	88809.17	9.81	25200	32743.33	Non Fully Developed	32610.32	Duration Limited	60328.98	0.95	4.80
	Feb	S	8	4.00	4.00	1.55	6.21	6.71	92408.83	9.81	25200	36824.47	Non Fully Developed	34822.78	Duration Limited	56887.80	0.82	4.52
	Mar	BD	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	88809.17	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	40003.84	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Apr	TG	4	2.00	2.00	1.70	3.40	3.20	17711.43	9.81	25200	77374.01	Fully Developed	-	-	-	0.25	2.65
	Mei	S	4	2.00	2.00	1.70	3.40	3.20	92408.83	9.81	25200	77374.01	Fully Developed	-	-	-	0.25	2.65
	Jun	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Jul	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Agust	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Sep	S	4	2.00	2.00	1.70	3.40	3.20	92408.83	9.81	25200	77374.01	Fully Developed	44601.52	Duration Limited	39245.50	0.32	3.12
	Okt	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Nop	S	4	2.00	2.00	1.70	3.40	3.20	92408.83	9.81	25200	77374.01	Fully Developed	44601.52	Duration Limited	39245.50	0.32	3.12
	Des	BD	7	3.50	3.50	1.59	5.56	5.86	88809.17	9.81	25200	42221.74	Non Fully Developed	35494.37	Duration Limited	53127.50	0.69	4.22

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Arah	Kecepatan Angin		U10	RL	Uw	Ua	F	g	td	g.td/Ua		Tc		Fmin	Hmo	Tp
		Angin	(knot)	(m/s)	(m/s)	0	(m/s)	(m/s)	(m)	(m/s ²)	(detik)	hasil	ket	hasil	ket	(m)	(m)	(detik)
2010	Jan	BD	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	88809.17	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	40003.84	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Feb	B	9	4.50	4.50	1.52	6.83	7.55	19209.94	9.81	25200	32743.33	Non Fully Developed	11750.79	Fetch Limited	-	0.53	3.28
	Mar	B	4	2.00	2.00	1.70	3.40	3.20	19209.94	9.81	25200	77374.01	Fully Developed	-	-	-	0.25	2.65
	Apr	S	8	4.00	4.00	1.55	6.21	6.71	92408.83	9.81	25200	36824.47	Non Fully Developed	34822.78	Duration Limited	56887.80	0.82	4.52
	Mei	BD	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	88809.17	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	40003.84	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Jun	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Jul	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Agust	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Sep	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Okt	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Nop	TG	8	4.00	4.00	1.55	6.21	6.71	17711.43	9.81	25200	36824.47	Non Fully Developed	11575.96	Fetch Limited	-	0.46	3.07
	Des	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin		U10 (m/s)	RL	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
			(knot)	(m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
2011	Jan	B	11	5.50	5.50	1.45	7.99	9.15	19209.94	9.81	25200	27016.20	Non Fully Developed	11021.34	Fetch Limited	-	0.65	3.49
	Feb	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Mar	BD	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	88809.17	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	40003.84	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Apr	TG	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	17711.43	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	13655.23	Fetch Limited	-	0.28	2.60
	Mei	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Jun	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Jul	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Agust	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Sep	BD	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	88809.17	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	37464.90	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Okt	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Nop	TG	3	1.50	1.50	1.74	2.61	2.31	17711.43	9.81	25200	107226.87	Fully Developed	-	-	-	0.44	1.91
	Des	S	7	3.50	3.50	1.59	5.56	5.86	92408.83	9.81	25200	42221.74	Non Fully Developed	36447.13	Duration Limited	53127.50	0.69	4.22

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin		U10 (m/s)	RL 0	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
			(knot)	(m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
2012	Jan	BD	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	88809.17	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	37464.90	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Feb	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Mar	BD	8	4.00	4.00	1.55	6.21	6.71	88809.17	9.81	25200	36824.47	Non Fully Developed	33912.49	Duration Limited	56887.80	0.82	4.52
	Apr	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Mei	TG	9	4.50	4.50	1.52	6.83	7.55	17711.43	9.81	25200	32743.33	Non Fully Developed	11131.46	Fetch Limited	-	0.51	3.19
	Jun	TG	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	17711.43	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	12788.56	Fetch Limited	-	0.34	2.77
	Jul	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Agust	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Sep	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Okt	S	8	4.00	4.00	1.55	6.21	6.71	92408.83	9.81	25200	36824.47	Non Fully Developed	34822.78	Duration Limited	56887.80	0.82	4.52
	Nop	S	7	3.50	3.50	1.59	5.56	5.86	92408.83	9.81	25200	42221.74	Non Fully Developed	36447.13	Duration Limited	53127.50	0.69	4.22
	Des	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Arah	Kecepatan Angin		U10 (m/s)	RL	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
		Angin	(knot)	(m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
2013	Mei	TG	4	2.00	2.00	1.70	3.40	3.20	17711.43	9.81	25200	77374.01	Fully Developed	-	-	-	0.25	2.65
	Jun	TG	4	2.00	2.00	1.70	3.40	3.20	17711.43	9.81	25200	77374.01	Fully Developed	-	-	-	0.25	2.65
	Jul	BD	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	88809.17	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	37464.90	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Agust	S	13	6.50	6.50	1.39	9.04	10.65	92408.83	9.81	25200	23220.71	Non Fully Developed	29861.37	Duration Limited	71639.03	1.46	5.70
	Sep	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Okt	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Nop	BD	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	88809.17	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	40003.84	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Des	BD	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	88809.17	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	37464.90	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin		U10 (m/s)	RL	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
			(knot)	(m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
2014	Jan	S	8	4.00	4.00	1.55	6.21	6.71	92408.83	9.81	25200	36824.47	Non Fully Developed	34822.78	Duration Limited	56887.80	0.82	4.52
	Feb	TG	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	17711.43	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	13655.23	Fetch Limited	-	0.28	2.60
	Mar	BD	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	88809.17	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	40003.84	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Apr	BD	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	88809.17	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	37464.90	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Mei	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Jun	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Jul	TG	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	17711.43	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	12788.56	Fetch Limited	-	0.34	2.77
	Agust	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Sep	TG	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	17711.43	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	13655.23	Fetch Limited	-	0.28	2.60
	Okt	TG	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	17711.43	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	13655.23	Fetch Limited	-	0.28	2.60
	Nop	TG	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	17711.43	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	13655.23	Fetch Limited	-	0.28	2.60
	Des	S	8	4.00	4.00	1.55	6.21	6.71	92408.83	9.81	25200	36824.47	Non Fully Developed	34822.78	Duration Limited	56887.80	0.82	4.52

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin		U10 (m/s)	RL	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
			(knot)	(m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
2015	Jan	BD	7	3.50	3.50	1.59	5.56	5.86	88809.17	9.81	25200	42221.74	Non Fully Developed	35494.37	Duration Limited	53127.50	0.69	4.22
	Feb	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Mar	S	4	2.00	2.00	1.70	3.40	3.20	92408.83	9.81	25200	77374.01	Fully Developed	-	-	-	0.25	2.65
	Apr	S	8	4.00	4.00	1.55	6.21	6.71	92408.83	9.81	25200	36824.47	Non Fully Developed	34822.78	Duration Limited	56887.80	0.82	4.52
	Mei	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Jun	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Jul	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Agust	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Sep	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Okt	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Nop	B	16	8.00	8.00	1.30	10.42	12.69	19209.94	9.81	25200	19481.79	Non Fully Developed	9883.31	Fetch Limited	-	0.90	3.89
	Des	BD	9	4.50	4.50	1.52	6.83	7.55	88809.17	9.81	25200	32743.33	Non Fully Developed	32610.32	Duration Limited	60328.98	0.95	4.80

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin		U10 (m/s)	RL	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
			(knot)	(m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
2016	Jan	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Feb	TG	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	17711.43	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	12788.56	Fetch Limited	-	0.34	2.77
	Mar	B	12	6.00	6.00	1.42	8.53	9.91	19209.94	9.81	25200	24941.31	Non Fully Developed	10731.64	Fetch Limited	-	0.70	3.59
	Apr	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Mei	S	7	3.50	3.50	1.59	5.56	5.86	92408.83	9.81	25200	42221.74	Non Fully Developed	36447.13	Duration Limited	53127.50	0.69	4.22
	Jun	TG	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	17711.43	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	13655.23	Fetch Limited	-	0.28	2.60
	Jul	TG	4	2.00	2.00	1.70	3.40	3.20	17711.43	9.81	25200	77374.01	Fully Developed	-	-	-	0.25	2.65
	Agust	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Sep	TG	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	17711.43	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	13655.23	Fetch Limited	-	0.28	2.60
	Okt	S	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	92408.83	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	38470.54	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Nop	TG	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	17711.43	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	13655.23	Fetch Limited	-	0.28	2.60
	Des	TG	7	3.50	3.50	1.59	5.56	5.86	17711.43	9.81	25200	42221.74	Non Fully Developed	12115.93	Fetch Limited	-	0.40	2.93

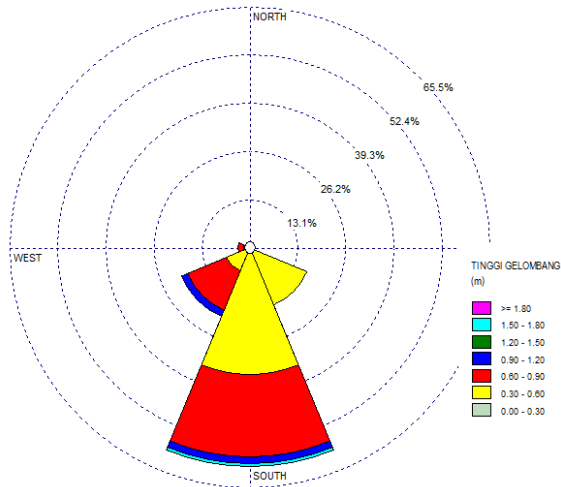
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Arah Angin	Kecepatan Angin		U10 (m/s)	RL	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
			(knot)	(m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
2017	Jan	BD	7	3.50	3.50	1.59	5.56	5.86	88809.17	9.81	25200	42221.74	Non Fully Developed	35494.37	Duration Limited	53127.50	0.69	4.22
	Feb	BD	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	88809.17	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	37464.90	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Mar	BD	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	88809.17	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	40003.84	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Apr	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Mei	BD	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	88809.17	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	40003.84	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Jun	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Jul	BD	6	3.00	3.00	1.62	4.87	4.98	88809.17	9.81	25200	49651.37	Non Fully Developed	37464.90	Duration Limited	48991.62	0.56	3.90
	Agust	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Sep	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Okt	S	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	92408.83	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	41077.64	Duration Limited	44402.36	0.44	3.53
	Nop	TG	5	2.50	2.50	1.66	4.15	4.09	17711.43	9.81	25200	60445.32	Non Fully Developed	13655.23	Fetch Limited	-	0.28	2.60
	Des	BD	7	3.50	3.50	1.59	5.56	5.86	88809.17	9.81	25200	42221.74	Non Fully Developed	35494.37	Duration Limited	53127.50	0.69	4.22

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari Tabel 4.6 di atas dapat disimpulkan bahwa tinggi gelombang di laut dalam maksimum adalah 1.46 m dengan periode 5.70 detik yang terjadi pada Bulan Agustus tahun 2013.



Gambar 4. 9 Wave Rose Pantai Pancer, Jember, Tahun 2008-2017
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 7 Persentase Tinggi Gelombang Tahun 2008-2017

Tinggi Gelombang	Arah angin								Total (%)
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
0 - 0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3 - 0.6	0.00	0.00	0.00	16.80	34.57	7.07	1.72	0.00	60.17
0.6 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	22.21	11.46	1.81	0.00	35.48
0.9 - 1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	1.78	1.81	0.00	0.00	3.59
1.2 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.5 - 1.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.76
≥ 1.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total (%)	0.00	0.00	0.00	16.80	59.32	20.34	3.54	0.00	100.00

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.6.3 Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang

Frekuensi gelombang merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Data gelombang dengan jangka waktu pengukuran yang cukup panjang (beberapa tahun) dibutuhkan untuk mendapatkan tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu. Periode ulang adalah suatu interval rata-rata yang dinyatakan dalam satuan waktu (tahun) antara peristiwa terjadinya gelombang yang tertentu besarnya dengan suatu gelombang yang bernilai sama atau melampauinya. Data untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu tersebut bisa merupakan data pengukuran langsung gelombang atau data gelombang hasil *hindcasting*. Pada tugas akhir ini data gelombang yang dipakai adalah data gelombang hasil *hindcasting* yang telah dilaksanakan pada tahap sebelumnya.

Berdasarkan pencatatan setiap tahun dapat ditentukan besarnya gelombang representatif misalnya H_s , $H_{rata-rata}$, H_{max} , dan sebagainya. Data representatif tersebut digunakan untuk memperkirakan gelombang yang akan disamai atau dilampau satu kali di dalam kurun waktu T tahun yang dikenal sebagai gelombang dengan periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan. Bangunan pengaman pantai pada tugas Akhir ini menggunakan umur rencana 50 tahun.

Terdapat beberapa alternatif untuk mendapatkan tinggi gelombang periode ulang yang mendekati akurat. Alternatif tersebut berupa analisis statistik menggunakan Metode Fisher-Tippett *type 1* dan Metode Weibull.

Tabel 4.8 merupakan nilai H signifikan ($H_{33\%}$) yang telah diurutkan per tahun berdasarkan tinggi gelombang dari analisis *hindcasting*. Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 merupakan hasil perhitungan tinggi gelombang periode ulang menggunakan Metode Fisher Tippett *Type I*. Sedangkan Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 perhitungan menggunakan Metode Weibull.

Tabel 4. 8 Tinggi Gelombang Signifikan yang Sudah diurutkan

Tahun	$\frac{H_{33\%}}{(m)}$
2013	1.46
2008	1.08
2009	0.95
2015	0.95
2010	0.82
2012	0.82
2014	0.82
2016	0.70
2011	0.69
2017	0.69

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 9 Perhitungan Regresi Linear Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Fisher-Tippett *Type I*

m	H_{sm}	P	y_m	$H_{sm} \cdot y_m$	y_m^2	$(H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2$	\hat{H}_{sm}
1	1.46	0.945	2.866	4.172	8.214	0.31306	1.336
2	1.08	0.846	1.787	1.924	3.194	0.03253	1.132
3	0.95	0.747	1.232	1.167	1.518	0.00262	1.027
4	0.95	0.648	0.836	0.792	0.699	0.00262	0.952
5	0.82	0.549	0.513	0.419	0.263	0.00611	0.891
6	0.82	0.451	0.227	0.185	0.051	0.00611	0.837
7	0.82	0.352	-0.044	-0.036	0.002	0.00611	0.786
8	0.70	0.253	-0.318	-0.223	0.101	0.03777	0.734
9	0.69	0.154	-0.626	-0.431	0.392	0.04273	0.676
10	0.69	0.055	-1.063	-0.733	1.129	0.04273	0.593
Jumlah	8.96	5.00	5.41	7.24	15.56	0.49	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berikut rumus dan contoh perhitungannya untuk $m=1$:

$$\begin{aligned} P(H_s \leq H_{sm}) &= 1 - \frac{m - 0,44}{N_T + 0,12} \\ &= 1 - \frac{1 - 0,44}{10 + 0,12} \\ &= 0,945 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_m &= -\ln\{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\} \\ &= -\ln\{-\ln 0,945\} \\ &= 2,866 \end{aligned}$$

$$H_{sm} \cdot y_m = 1,46 \cdot 2,866 = 4,172$$

$$y_m^2 = 2,866^2 = 8,214$$

$$\begin{aligned} \bar{H}_{sm} &= \frac{\sum H_{sm}}{n} \\ &= \frac{8,96}{10} \\ &= 0,90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 &= (1,46 - 0,90)^2 \\ &= 0,313 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{y}_m &= \frac{\sum y_m}{n} \\ &= \frac{5,41}{10} \\ &= 0,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{A} &= \frac{n \cdot \sum H_{sm} \cdot y_m - \sum H_{sm} \cdot \sum y_m}{n \cdot \sum (y_m^2) - (\sum y_m)^2} \\ &= \frac{10 \cdot 7,24 - 8,96 \cdot 5,41}{10 \cdot 15,56 - 5,41^2} \\ &= 0,19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{B} &= \bar{H}_{sm} - \hat{A} \cdot \bar{y}_m \\ &= 0,90 - 0,19 \cdot 0,54 \\ &= 0,79 \end{aligned}$$

Maka persamaan regresi yang diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{H}_{sm} &= \hat{A} \cdot y_m + \hat{B} \\ &= 0,19 \cdot y_m + 0,79 \end{aligned}$$

Tabel 4. 10 Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Fisher-Tippett
Type I

Periode Ulang	y_r	H_{sr}	σ_{nr}	σ_r	$H_{sr} - 1,28. \sigma_r$	$H_{sr} + 1,28. \sigma_r$
(Tahun)		(m)			(m)	(m)
2	0.367	0.863	0.337	0.079	0.762	0.964
5	1.500	1.077	0.571	0.134	0.906	1.248
10	2.250	1.219	0.780	0.183	0.986	1.453
25	3.199	1.398	1.062	0.248	1.080	1.716
50	3.902	1.531	1.277	0.299	1.149	1.914
100	4.600	1.663	1.492	0.349	1.217	2.110

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 11 Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar

Distribusi	α_1	α_2	k	c	ε
FT-1	0.64	9	0.93	0	1.33
Weibull (k=1.4)	2.05	11.4	0.69	0.4	0.72

(Sumber: Bambang Triatmodjo)

Berikut rumus dan contoh perhitungan untuk tinggi gelombang periode ulang 50 th Metode Fisher Tippett *Type I*:

$$\begin{aligned}
 y_r &= -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{L \cdot T_r} \right) \right\} \\
 &= -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{\frac{N_T}{K} \cdot T_r} \right) \right\} \\
 &= -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{\frac{10}{10} \cdot 50} \right) \right\} \\
 &= 3,902
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{sr} &= \hat{A} \cdot y_r + \hat{B} \\
 &= 0,19 \cdot 3,902 + 0,79 \\
 &= 1,531
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha &= \alpha_1 \cdot e^{\alpha_2 \cdot N^{-1.3} + k \cdot \sqrt{-\ln v}} \\
&= \alpha_1 \cdot e^{\alpha_2 \cdot N^{-1.3} + k \cdot \sqrt{-\ln\left(\frac{N}{N_r}\right)}} \\
&= 0,64 \cdot e^{9,10^{-1.3} + 0,93 \cdot \sqrt{-\ln\left(\frac{10}{10}\right)}} \\
&= 1,005
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_{nr} &= \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha \cdot (y_r - c + \varepsilon \cdot \ln v)^2]^{1/2} \\
&= \frac{1}{\sqrt{10}} \left[1 + 1,005 \cdot \left(3,902 - 0 + 1,33 \cdot \ln\left(\frac{10}{10}\right) \right)^2 \right]^{1/2} \\
&= 1,277
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma H_s &= \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 \right]^{1/2} \\
&= \left[\frac{1}{10-1} \cdot 0,49 \right]^{1/2} \\
&= 0,234
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_r &= \sigma_{nr} \cdot \sigma H_s \\
&= 1,277 \cdot 0,234 \\
&= 0,299
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_{sr} - 1,28 \cdot \sigma_r &= 1,531 - 1,28 \cdot 0,299 \\
&= 1,149
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_{sr} + 1,28 \cdot \sigma_r &= 1,531 + 1,28 \cdot 0,299 \\
&= 1,914
\end{aligned}$$

Tabel 4. 12 Perhitungan Regresi Linear Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Weibull

m	Hsm	P	ym	Hsm.ym	ym ²	$(H_{sm} - \bar{H}_{sm})^i$	\hat{H}_{sm}
1	1.46	0.955	5.139	7.480	26.404	0.313	1.469
2	1.08	0.846	2.477	2.666	6.135	0.033	1.082
3	0.95	0.747	1.586	1.502	2.514	0.003	0.952
4	0.95	0.648	1.066	1.009	1.135	0.003	0.876
5	0.82	0.549	0.720	0.589	0.518	0.006	0.826
6	0.82	0.451	0.476	0.389	0.226	0.006	0.790
7	0.82	0.352	0.298	0.244	0.089	0.006	0.765
8	0.70	0.253	0.168	0.118	0.028	0.038	0.746
9	0.69	0.154	0.075	0.052	0.006	0.043	0.732
10	0.69	0.055	0.016	0.011	0.000	0.043	0.724
Jumlah	8.96	5.01	12.02	14.06	37.06	0.49	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berikut rumus dan contoh perhitungannya untuk m=1:

$$\begin{aligned}
 P(H_s \leq H_{sm}) &= 1 - \frac{m - 0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{N_T + 0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}} \\
 &= 1 - \frac{1 - 0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{0,69}}}{10 + 0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{0,69}}} \\
 &= 0,955
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_m &= [-\ln\{1 - P(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/k} \\
 &= [-\ln\{-\ln 0,955\}]^{1/0,69} \\
 &= 5,139
 \end{aligned}$$

$$H_{sm} \cdot y_m = 1,46 \cdot 5,139 = 7,480$$

$$y_m^2 = 5,139^2 = 26,404$$

$$\begin{aligned}\bar{H}_{sm} &= \frac{\sum H_{sm}}{n} \\ &= \frac{8,96}{10} \\ &= 0,90\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 &= (1,46 - 0,90)^2 \\ &= 0,313\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{y}_m &= \frac{\sum y_m}{n} \\ &= \frac{12,02}{10} \\ &= 1,20\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{A} &= \frac{n \cdot \sum H_{sm} \cdot y_m - \sum H_{sm} \cdot \sum y_m}{n \cdot \sum (y_m^2) - (\sum y_m)^2} \\ &= \frac{10 \cdot 14,06 - 8,96 \cdot 12,02}{10 \cdot 37,06 - 12,02^2} \\ &= 0,15\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{B} &= \bar{H}_{sm} - \hat{A} \cdot \bar{y}_m \\ &= 0,90 - 0,15 \cdot 1,20 \\ &= 0,72\end{aligned}$$

Maka persamaan regresi yang diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{H}_{sm} &= \hat{A} \cdot y_m + \hat{B} \\ &= 0,15 \cdot y_m + 0,72\end{aligned}$$

Tabel 4. 13 Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Weibull

Periode Ulang	y_r	H_{sr}	σ_{nr}	σ_r	$H_{sr} - 1,28 \cdot c$	$H_{sr} + 1,28 \cdot \sigma_r$
(Tahun)		(m)			(m)	(m)
2	0.588	0.807	0.336	0.079	0.706	0.907
5	1.993	1.011	1.011	0.236	0.709	1.314
10	3.349	1.209	1.805	0.422	0.668	1.749
25	5.443	1.513	3.054	0.714	0.599	2.428
50	7.220	1.772	4.121	0.964	0.538	3.006
100	9.146	2.052	5.279	1.235	0.471	3.632

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berikut rumus dan contoh perhitungan untuk tinggi gelombang periode ulang 50 th Metode Weibull:

$$\begin{aligned}
 y_r &= \{\ln(L \cdot T_r)\}^{1/k} \\
 &= \left\{ \ln \left(\frac{N_T}{K} \cdot T_r \right) \right\}^{1/k} \\
 &= \left\{ \ln \left(\frac{10}{10} \cdot 50 \right) \right\}^{1/0,69} \\
 &= 7,220
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{sr} &= \hat{A} \cdot y_r + \hat{B} \\
 &= 0,15 \cdot 7,220 + 0,72 \\
 &= 1,772
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \alpha_1 \cdot e^{\alpha_2 \cdot N^{-1.3} + k \cdot \sqrt{-\ln v}} \\
 &= \alpha_1 \cdot e^{\alpha_2 \cdot N^{-1.3} + k \cdot \sqrt{-\ln \left(\frac{N}{N_T} \right)}} \\
 &= 2,05 \cdot e^{11,4 \cdot 10^{-1.3} + 0,69 \cdot \sqrt{-\ln \left(\frac{10}{10} \right)}} \\
 &= 3,630
 \end{aligned}$$

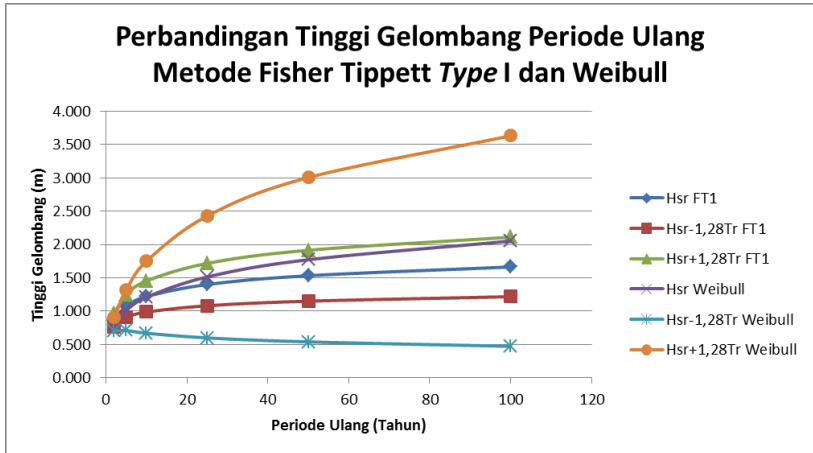
$$\begin{aligned}
 \sigma_{nr} &= \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha \cdot (y_r - c + \varepsilon \cdot \ln v)^2]^{1/2} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{10}} \left[1 + 3,630 \cdot \left(7,220 - 0,40 + 0,72 \cdot \ln \left(\frac{10}{10} \right) \right)^2 \right]^{1/2} \\
 &= 4,121
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{H_s} &= \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 \right]^{1/2} \\
 &= \left[\frac{1}{10-1} \cdot 0,49 \right]^{1/2} \\
 &= 0,234
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_r &= \sigma_{nr} \cdot \sigma_{H_s} \\
 &= 4,121 \cdot 0,234 \\
 &= 0,964
 \end{aligned}$$

$$H_{sr} - 1,28 \cdot \sigma_r = 1,772 - 1,28 \cdot 0,964 = 0,538$$

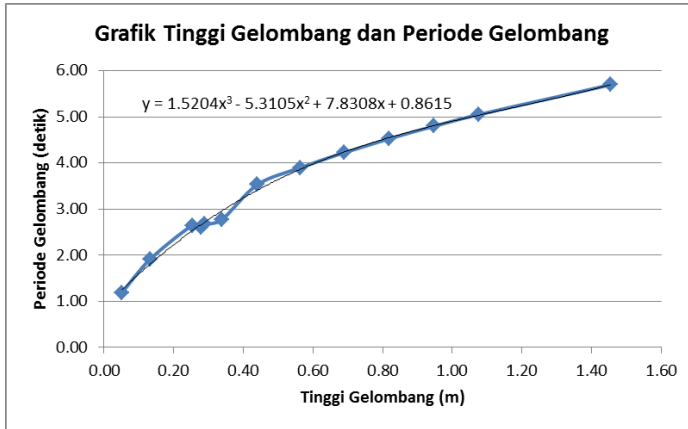
$$H_{sr} + 1,28 \cdot \sigma_r = 1,772 + 1,28 \cdot 0,964 = 3,006$$



Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Fisher Tippett Type I dan Weibull
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Gambar 4.10 merupakan hasil perhitungan tinggi gelombang dengan dua metode berbeda yaitu metode Fisher Tippett Type I dan metode Weibull. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tinggi gelombang signifikan dari 2 tahun sampai 100 tahun kedepan semakin tinggi. Data ini menjadi lebih akurat karena telah diuji dengan selang kepercayaan 80 %. Nilai gelombang signifikan berada pada interval selang kepercayaan yang ditentukan ($H_s - 1.28\sigma$ dan $H_s + 1.28\sigma$). Sehingga data tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam pembangunan struktur pengaman pantai. Tinggi gelombang signifikan periode ulang 50 tahun yang digunakan adalah tinggi gelombang hasil dari analisis statistik Metode Weibull yaitu sebesar 1,772 m.

Periode gelombang didapatkan dengan membuat grafik hubungan antara beberapa sampel tinggi dan periode gelombang hasil hindcasting seperti pada gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Tinggi dan Periode Gelombang
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.11 diatas, didapatkan persamaan yang mewakili perbandingan tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), yaitu:

$$y = 1,5204x^3 - 5,3105x^2 + 7,8308x + 0,8615$$

Jika y adalah periode gelombang, dan x adalah tinggi gelombang, maka untuk ketinggian gelombang 1,772 m, didapatkan periode gelombang:

$$\begin{aligned} y &= 1,5204 \cdot (1,772)^3 - 5,3105 \cdot (1,772)^2 + 7,8308 \cdot (1,772) + 0,8615 \\ &= 6,521 \text{ detik} \end{aligned}$$

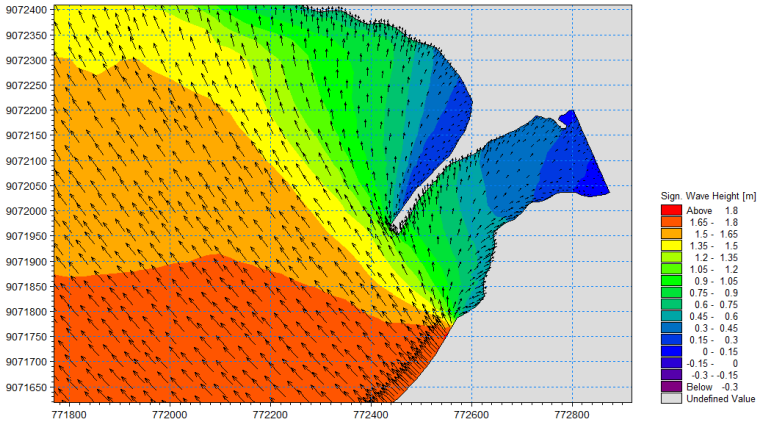
4.6.4. Tinggi Gelombang di Laut Dangkal Berdasarkan Periode Ulang 50 Tahun

Pergerakan gelombang dari laut dalam ke laut dangkal akan mengalami refraksi dan pendangkalan. Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Gelombang yang datang dari laut dalam akan mengalami pengurangan kecepatan dan panjang gelombang. Refraksi dan pendangkalan gelombang akan mempengaruhi tinggi dan arah gelombang.

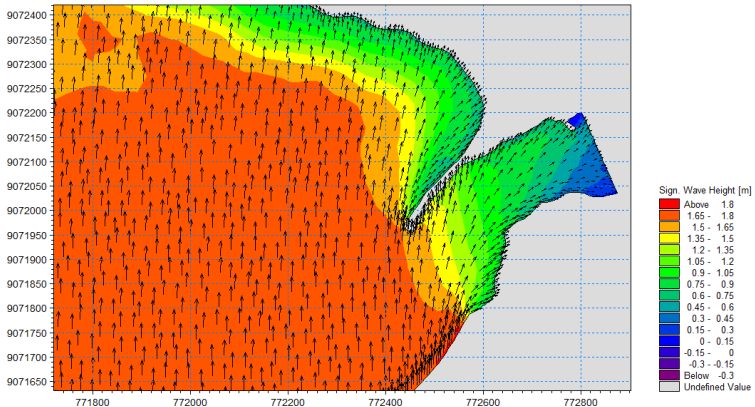
Pada tugas akhir ini, analisis refraksi dan pendangkalan gelombang menggunakan permodelan gelombang dengan *software* Mike 21. Hasil dari permodelan gelombang tersebut

digunakan untuk perencanaan layout dan perhitungan elevasi puncak bangunan. Tinggi gelombang dapat dilihat dengan menunjuk atau menginput titik-titik koordinat yang diinginkan.

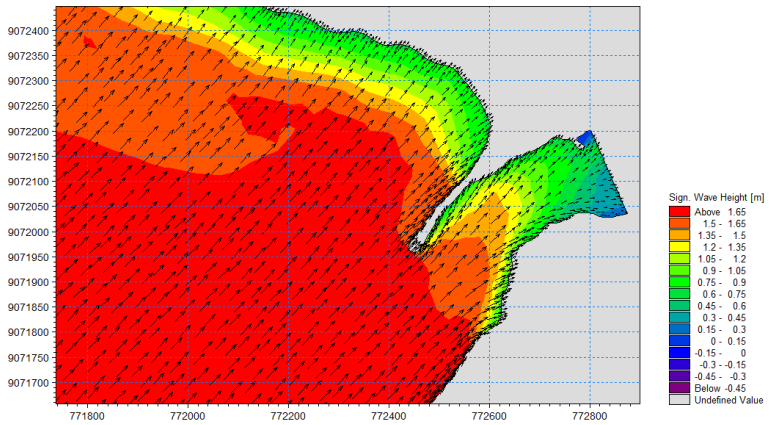
Gambar 4.12 sampai gambar 4.15 merupakan hasil permodelan dari masing-masing arah yang berpengaruh pada pantai pancer, Puger.



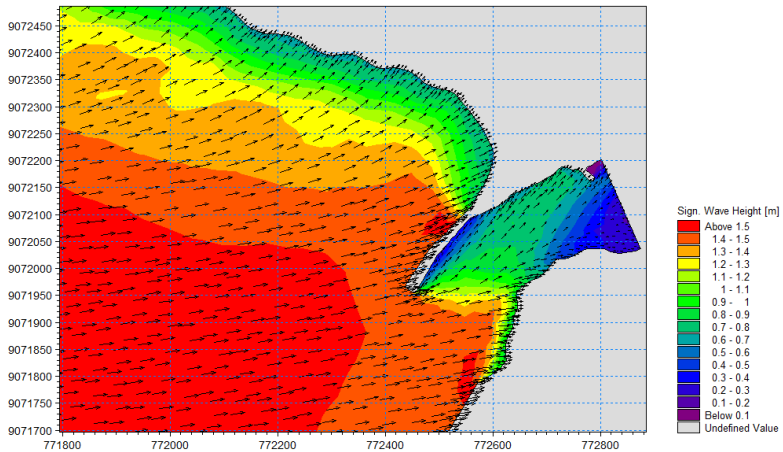
Gambar 4. 12 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Tenggara
(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)



Gambar 4. 13 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Selatan
(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)



Gambar 4. 14 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Barat Daya
(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)



Gambar 4. 15 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Barat
(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)

4.6.5. Gelombang Pecah

Perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah dibutuhkan untuk penentuan dalam meletakkan bangunan pantai pada layout rencana. Gelombang pecah mempengaruhi dimensi struktur bangunan. Apabila bangunan diletakkan tepat pada kedalaman gelombang pecah menyebabkan dimensi bangunan cukup besar. Oleh sebab itu, biasanya bangunan pantai diletakkan sebelum atau setelah gelombang pecah.

Data gelombang dari perhitungan gelombang signifikan adalah:

- Tinggi gelombang (H) = 1,772 meter
- Periode gelombang (T) = 6,521 detik
- Kemiringan dasar (m) = 0,117

Perhitungan gelombang pecah dapat dilihat pada Tabel 4.14. Berikut adalah contoh perhitungan tinggi dan cepat rambat gelombang pecah :

1. Gelombang Ekuivalen

$$H = K_s \times K_r \times H_o$$

Keterangan:

K_s = koefisien *shoaling*

K_r = koefisien refraksi

H = tinggi gelombang

H_o = tinggi gelombang representative

a) Perhitungan Koefisien *Shoaling* (K_s)

$$\begin{aligned} L_0 &= 1.56 T^2 \\ &= 1,56 \cdot 6,521^2 \\ &= 66,341 \text{ m} \end{aligned}$$

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{66,341}{6,521} = 10,173 \text{ m/det}$$

Untuk kedalaman 0,2 m;

$$\frac{d}{L_0} = \frac{0,2}{66,341} = 0,0030$$

Dari lampiran Tabel L-1 didapat;

$$\frac{d}{L} = 0,02192 \rightarrow n = 0,9937$$

$$L = \frac{d}{0,02192} = \frac{0,2}{0,02192} = 9,12$$

Pada laut dalam nilai n_0 adalah 0,5.

Maka koefisien *shoaling*:

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n \cdot L}} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot 66,341}{0,9937 \cdot 9,1241}} = 1,91$$

b) Perhitungan Koefisien Refraksi (K_r)

$$C = \frac{L}{T} = \frac{9,41}{6,521} = 1,40$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \sin \alpha_0 = \frac{1,40}{10,173} \sin 0 = 0$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 0}{\cos 0}} = 1$$

c) Perhitungan Gelombang Ekuivalen

$$\begin{aligned} H &= K_s \cdot K_r \cdot H_0 \\ &= 1,91 \cdot 1 \cdot 1,772 \text{ m} \\ &= 3,389 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah (H_b dan d_b)

Kemiringan dasar laut yaitu 0,117 yang didapatkan dari peta bathimetri. Kemiringan tersebut merupakan tempat rencana bangunan pantai berada.

$$\begin{aligned} a &= 43,75(1 - e^{-19m}) \\ &= 43,75(1 - e^{-19 \cdot 0,117}) \\ &= 39,056 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{1,56}{1 + e^{-19m}} \\ &= \frac{1,56}{1 + e^{-19 \cdot 0,117}} \\ &= 1,409 \end{aligned}$$

Rumus hubungan antara kedalaman dan tinggi gelombang pecah adalah:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{a \cdot H_b}{g \cdot T^2}\right)}$$

$$\frac{0,2}{H_b} = \frac{1}{1,409 - \left(\frac{39,056 \cdot H_b}{9,81 \cdot 6,521^2}\right)}$$

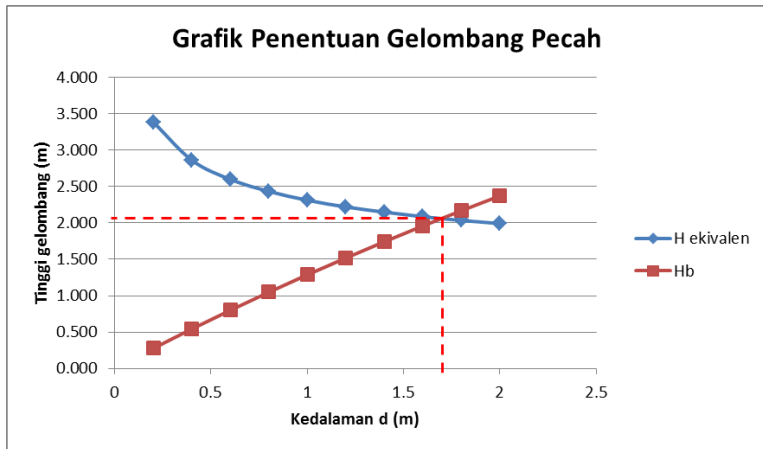
Dengan cara coba-coba, didapat nilai H_b sebesar 0.277 m. Perhitungan gelombang pecah di setiap kedalaman dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut:

Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah

No	H	T	α_0	d	L_0	C_0	d/L_0	d/L	n_0	n	L	C	α	Kr	Ks	H _{ekiv}	m	a	b	H_b
1	1.772	6.521	0	0.2	66.341	10.173	0.0030	0.02192	0.5	0.9937	9.124	1.40	0	1	1.91	3.389	0.117	39.056	1.409	0.277
2	1.772	6.521	0	0.4	66.341	10.173	0.0060	0.03110	0.5	0.9875	12.862	1.97	0	1	1.62	2.863	0.117	39.056	1.409	0.544
3	1.772	6.521	0	0.6	66.341	10.173	0.0090	0.03821	0.5	0.9813	15.703	2.41	0	1	1.47	2.599	0.117	39.056	1.409	0.800
4	1.772	6.521	0	0.8	66.341	10.173	0.0121	0.04437	0.5	0.9750	18.030	2.76	0	1	1.37	2.434	0.117	39.056	1.409	1.049
5	1.772	6.521	0	1	66.341	10.173	0.0151	0.04976	0.5	0.9688	20.095	3.08	0	1	1.31	2.313	0.117	39.056	1.409	1.289
6	1.772	6.521	0	1.2	66.341	10.173	0.0181	0.05470	0.5	0.9627	21.939	3.36	0	1	1.25	2.220	0.117	39.056	1.409	1.519
7	1.772	6.521	0	1.4	66.341	10.173	0.0211	0.05927	0.5	0.9546	23.621	3.62	0	1	1.21	2.149	0.117	39.056	1.409	1.743
8	1.772	6.521	0	1.6	66.341	10.173	0.0241	0.06356	0.5	0.9506	25.172	3.86	0	1	1.18	2.086	0.117	39.056	1.409	1.96
9	1.772	6.521	0	1.8	66.341	10.173	0.0271	0.06764	0.5	0.9445	26.610	4.08	0	1	1.15	2.035	0.117	39.056	1.409	2.169
10	1.772	6.521	0	2	66.341	10.173	0.0301	0.07154	0.5	0.9385	27.958	4.29	0	1	1.12	1.992	0.117	39.056	1.409	2.373

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Gambar 4.16 merupakan grafik hubungan antara tinggi gelombang ekuivalen dan gelombang pecah dengan kedalaman gelombang ekuivalen dan gelombang pecah. Grafik tersebut digunakan untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah pada pantai pancer. Berdasarkan grafik tersebut didapatkan tinggi gelombang pecah $H_b = 2,058$ m dan kedalaman gelombang pecah $db = 1,690$ m.



Gambar 4. 16 Grafik Penentuan Gelombang Pecah
(Sumber: Hasil Perhitungan)

BAB V

PERENCANAAN LAYOUT

BANGUNAN PENGAMAN PANTAI

5.1. Umum

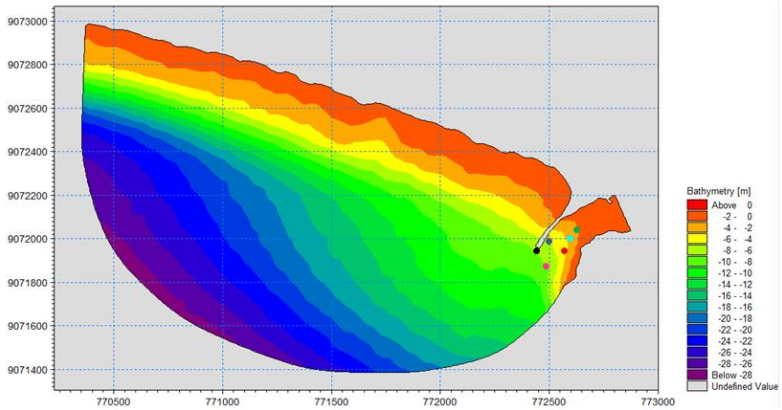
Penentuan layout merupakan hal yang penting untuk mendapatkan suatu *design* yang tepat. Dalam tugas akhir ini, untuk menentukan layout yang tepat dilakukan analisa gelombang menggunakan *software* Mike 21. Output yang digunakan sebagai dasar penentuan layout yaitu tinggi gelombang. Oleh sebab itu, perlu dibuat beberapa alternatif layout terlebih dahulu. Kemudian dari masing-masing layout tersebut dicari tinggi gelombang dan arus pada beberapa titik yang sudah ditentukan. Terdapat 4 kondisi layout, antara lain:

1. Kondisi eksisting yaitu terdapat groin dan training jetty
2. Kondisi *redesign* 1 yaitu terdapat groin, training jetty dengan tambahan belokan ke arah muara.
3. Kondisi *redesign* 2 yaitu terdapat groin, training jetty, dan breakwater.
4. Kondisi *redesign* 3 yaitu terdapat groin, training jetty beserta tambahan belokan di ujung kepala ke arah luar mulut muara, dan *breakwater*.

Hal yang perlu dilakukan adalah membuka file output dari mesh generator yang menampilkan peta bathymetri. Cursor yang diletakkan pada peta bathymetri tersebut menunjukkan koordinat x, y, dan kedalaman laut/bathymetri. Terdapat 6 titik tinjau yang tersebar pada alur masuk pelayaran pelabuhan puger dan depan bangunan training jetty.

5.2 Layout 1 (Kondisi Eksisting)

Layout 1 merupakan kondisi eksisting dimana terdapat bangunan groin dan training jetty. Gambar 5.1 merupakan mesh layout 1 beserta titik-titik tinjau yang tersebar di dalamnya. Tabel 5.1 menunjukkan koordinat titik yang akan dicek tinggi gelombangnya. Tabel 5.2 menunjukkan tinggi gelombang hasil permodelan layout eksisting.



Gambar 5. 1 Mesh Layout 1 (Eksisting)
(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)

Tabel 5. 1 Koordinat Titik Tinjau

No.Titik	Simbol	x	y	Bathymetry
1	●	772446.702768	9071958.102547	-7.163393
2	●	772488.200089	9072008.435898	-1.457067
3	●	772680.067314	9072078.615521	-1.195907
4	●	772598.942245	9072005.860499	-3.267515
5	●	772562.870991	9071953.428054	-4.728104
6	●	772474.974308	9071878.158665	-8.166447

(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)

Tabel 5. 2 Tinggi Gelombang Eksisting

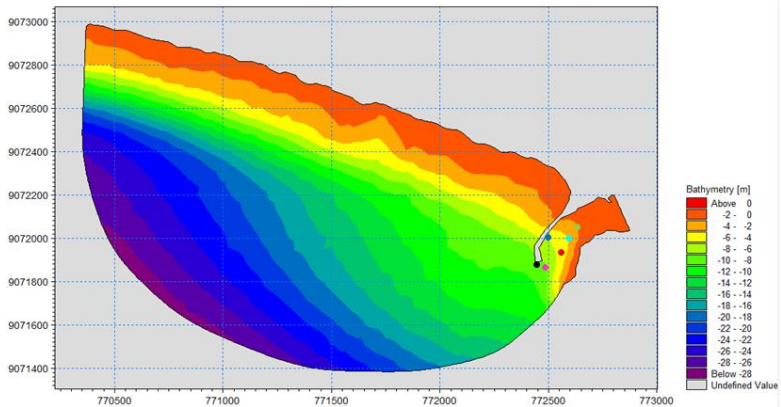
Arah	Tinggi gelombang (m)					
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
Tenggara	1.082	0.892	0.357	0.487	0.622	1.247
Selatan	1.628	1.486	0.798	0.972	1.118	1.620
Barat Daya	1.664	0.889	1.049	1.464	1.577	1.665
Barat	1.478	0.348	0.747	0.830	1.381	1.479

(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)

Berdasarkan hasil tabel gelombang diatas, dapat diketahui bahwa gelombang yang berasal dari barat daya mempunyai tinggi gelombang terbesar hampir dari semua titik tinjau. Oleh sebab itu, perlu dibuat layout baru untuk mendapatkan suatu *design* yang dapat menurunkan tinggi gelombang dari berbagai arah dan titik. Pada layout 2 dicoba untuk membuat bangunan training jetty berbelok ke arah muara yang bertujuan menghalangi gelombang dari barat daya masuk ke alur pelayaran.

5.3 Layout 2 (Alternatif Design 1)

Layout 2 merupakan kondisi *redesign* alternatif 1 dimana terdapat bangunan groin, dan training jetty dengan tambahan ke arah mulut muara. Gambar 5.2 merupakan mesh layout 2 beserta titik-titik tinjau yang tersebar di dalamnya. Tabel 5.3 menunjukkan koordinat titik yang akan dicek tinggi gelombangnya. Tabel 5.4 menunjukkan tinggi gelombang hasil permodelan layout *design* alternatif 1.



Gambar 5. 2 Mesh Layout 2 (Alternatif 1)

(Sumber: Hasil permodelan Mike 21)

Tabel 5. 3 Koordinat Titik Tinjau

No.Titik	Simbol	x	y	Bathymetry
1	●	772450.038958	9071889.854836	-8.506752
2	●	772488.200089	9072008.435898	-1.457067
3	●	772680.067314	9072078.615521	-1.195907
4	●	772598.942245	9072005.860499	-3.267515
5	●	772562.870991	9071953.428054	-4.728104
6	●	772474.974308	9071878.158665	-8.166447

(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)

Tabel 5. 4 Tinggi Gelombang Layout Alternatif 1

Arah	Tinggi gelombang (m)					
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
Tenggara	1.346	0.692	0.388	0.528	0.698	1.362
Selatan	1.642	1.031	0.757	0.955	1.196	1.628
Barat Daya	1.651	0.422	0.942	1.191	1.426	1.658
Barat	1.436	0.027	0.544	0.581	0.784	1.497

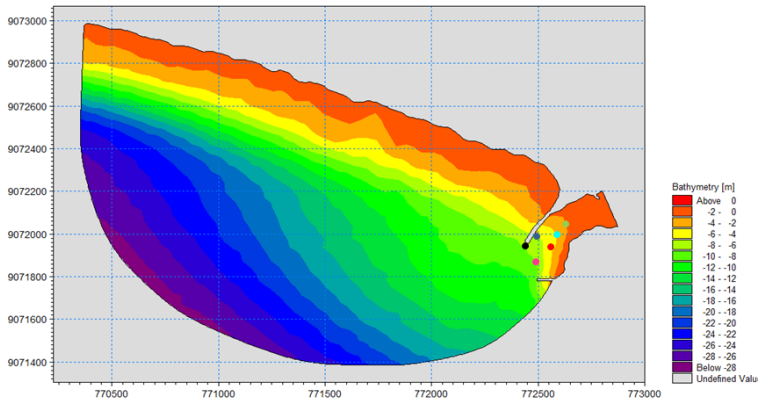
(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa layout 2 dapat mengurangi tinggi gelombang dari arah datang gelombang barat daya dan barat. Namun, gelombang yang datang dari arah tenggara dan selatan menyebabkan kenaikan tinggi gelombang hampir disemua titik. Sehingga layout 2 belum efektif untuk menurunkan gelombang dari berbagai arah. Maka dicoba membuat *design* layout lain.

5.4 Layout 3 (Alternatif *Design* 2)

Layout 3 merupakan kondisi *redesign* alternatif 2 dimana terdapat bangunan groin, training jetty dan breakwater. Gambar 5.3 merupakan mesh layout 3 beserta titik titik tinjau yang tersebar di dalamnya. Tabel 5.5 menunjukkan koordinat titik yang akan dicek tinggi

gelombangnya. Tabel 5.6 menunjukkan tinggi gelombang hasil permodelan layout alternatif 2.



Gambar 5. 3 Mesh Layout 3 (Alternatif 2)
(Sumber: Hasil permodelan Mike 21)

Tabel 5. 5 Koordinat Titik Tinjau

No.Titik	Simbol	x	y	Bathymetry
1	●	772446.702768	9071958.102547	-7.163393
2	●	772488.200089	9072008.435898	-1.457067
3	●	772680.067314	9072078.615521	-1.195907
4	●	772598.942245	9072005.860499	-3.267515
5	●	772562.870991	9071953.428054	-4.728104
6	●	772474.974308	9071878.158665	-8.166447

(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)

Breakwater dipasang di selatan alur pelayaran untuk menghalangi gelombang dari laut masuk ke alur pelayaran. *Breakwater* dipasang dibagian selatan alur pelayaran dengan alasan karena berdasarkan perhitungan peramalan gelombang didapatkan bahwa arah dominan gelombang dari arah selatan. Oleh sebab itu, untuk mencegah gelombang tidak mengganggu alur pelayaran maka dibangun *breakwater* tersebut.

Ujung *breakwater* dipilih hingga mencapai kedalaman 8m. Walaupun tidak menutup alur masuk pelabuhan secara menyeluruh, namun kedalaman tersebut cukup untuk mengurangi tinggi gelombang pada alur masuk pelabuhan. Karena jika ditutup secara menyeluruh yang artinya *breakwater* dibangun mencapai kedalaman lebih dari 8 m menyebabkan volume bangunan semakin tinggi yang berakibat pada tingginya biaya pembangunan. Jika dipilih ujung *breakwater* hanya pada kedalaman kurang dari 8m maka gelombang masih bisa masuk ke alur pelabuhan.

Pertimbangan lain untuk menentukan layout *breakwater* yaitu keberadaan *breakwater* diupayakan untuk tidak mempersempit alur masuk pelayaran. Sehingga tidak mengganggu nelayan yang keluar masuk pelabuhan, walau nelayan harus berputar terlebih dahulu untuk masuk ke alur pelayaran.

Tabel 5. 6 Tinggi Gelombang Layout Alternatif 2

Arah	Tinggi gelombang (m)					
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
Tenggara	0.828	0.649	0.195	0.218	0.225	0.612
Selatan	1.596	1.294	0.666	0.692	0.697	1.238
Barat Daya	1.665	0.999	0.991	1.387	1.435	1.610
Barat	1.508	0.459	0.728	0.980	1.308	1.498

(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)

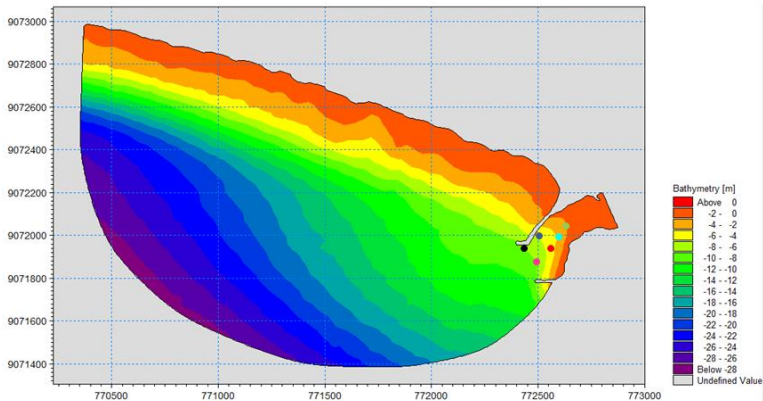
Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa keberadaan bangunan *breakwater* mampu mengurangi tinggi gelombang pada semua titik jika arah datang gelombang dari tenggara dan selatan. Jika arah datang gelombang dari barat daya justru tinggi gelombang semakin bertambah di titik titik dekat training jetty (titik 1 dan 2). Begitu pula jika gelombang datang dari arah barat, tinggi gelombang semakin bertambah hampir di semua titik.

Jika dibandingkan dengan layout 2, titik yang mengalami penambahan tinggi gelombang pada layout 3 lebih sedikit.

Sehingga layout 3 lebih efektif dibandingkan layout 2. Meskipun demikian, perlu dibuat *design* layout lain sebagai pertimbangan. Oleh sebab itu, dicoba untuk menambah bangunan di ujung kepala training jetty ke arah luar muara (layout 4).

5.5 Layout 4 (Alternatif Design 3)

Layout 4 atau kondisi *redesign* alternatif 3 terdapat bangunan groin, training jetty dengan tambahan belokan di ujung kepala ke arah luar muara dan *breakwater*. Tambahan belokan di ujung kepala training jetty bertujuan untuk mengurangi pengaruh difraksi yang menyebabkan timbulnya gelombang dibelakang bangunan training jetty. Gambar 5.4 merupakan mesh layout 4 beserta titik titik tinjau yang tersebar di dalamnya. Tabel 5.7 menunjukkan koordinat titik yang akan dicek tinggi gelombangnya. Tabel 5.8 menunjukkan tinggi gelombang hasil permodelan layout *design* alternatif 3.



Gambar 5. 4 Mesh Layout 4 (Alternatif 3)
(Sumber: Hasil permodelan Mike 21)

Tabel 5. 7 Koordinat Titik Tinjau

No.Titik	Simbol	x	y	bathymetry
1	●	772445.016566	9071953.733085	-7.75208
2	●	772488.200089	9072008.435898	-1.45707
3	●	772680.067314	9072078.615521	-1.19591
4	●	772598.942245	9072005.860499	-3.26752
5	●	772562.870991	9071953.428054	-4.7281
6	●	772474.974308	9071878.158665	-8.16645

(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)

Tabel 5. 8 Tinggi Gelombang Layout Alternatif 3

Arah	Tinggi gelombang (m)					
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
Tenggara	0.836	0.635	0.170	0.202	0.263	0.593
Selatan	1.613	1.290	0.660	0.693	0.766	1.316
Barat Daya	1.679	0.816	1.100	1.387	1.508	1.626
Barat	1.510	0.334	0.723	0.800	1.430	1.506

(Sumber: Hasil Permodelan Mike 21)

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa keberadaan bangunan groin, training jetty beserta tambahan belokan di ujung kepala, dan *breakwater* mampu mengurangi tinggi gelombang pada semua titik jika arah datang gelombang dari tenggara dan selatan. Penambahan bangunan ujung training jetty ini dapat mengurangi dampak difraksi yang ditunjukkan dengan menurunnya tinggi gelombang di samping training jetty (titik 2). Namun, hal tersebut menyebabkan titik 3 yang berada di alur pelayaran mengalami penambahan tinggi gelombang. Begitu pula jika gelombang datang dari arah barat, masih menyebabkan kenaikan tinggi gelombang di beberapa titik.

Jika layout 4 dibandingkan dengan layout 2 dan 3, layout 4 lebih efektif menurunkan tinggi gelombang. Sehingga layout 4 dipilih untuk menyelesaikan masalah gelombang di alur masuk pelayaran pelabuhan puger, Jember.

BAB VI

PERHITUNGAN DIMENSI STRUKTUR PEMECAH GELOMBANG

6.1. Umum

Pemecah gelombang yang di desain meliputi breakwater dan tambahan training jetty. Agar mendapatkan desain yang efektif dan efisien, perlu mempertimbangkan beberapa dasar desain, antara lain;

1. Pemilihan material lapis lindung pertama yang berpengaruh pada tinggi elevasi mercu. Semakin kasar permukaan material, semakin besar kemampuan menyerap energi. Sehingga tidak membutuhkan mercu yang tinggi.
2. Pemilihan jenis kemiringan dinding bangunan. Bangunan sisi miring dapat mencegah erosi di depan bangunan. Kemiringan bagian kepala yaitu 1:2. Sedangkan kemiringan bagian lengan yaitu 1:1,5.

6.2. Umur Rencana

Umur rencana bangunan pengaman pantai ini yaitu 50 tahun. Umur rencana tersebut dimaksudkan untuk mengetahui tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi selama umur periode rencana bangunan.

Dari Bab IV diperoleh tinggi, periode, dan panjang gelombang yang mungkin terjadi pada periode 50 tahun. Tinggi gelombang dari laut dalam tersebut kemudian direfraksi menuju kedalaman di depan struktur *breakwater*. Tinggi gelombang di depan *breakwater* selanjutnya digunakan untuk penentuan berat dan dimensi bangunan sehingga bangunan yang direncanakan mampu menahan gelombang maksimum yang mungkin terjadi selama periode umur rencana bangunan.

6.3. Elevasi Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana dihitung dengan rumus:

$$DWL = HHWL + S_w + SLR$$

Keterangan:

DWL = Elevasi muka air rencana (m)

HHWL = Muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama/
bulan mati (*Highest High Water Level*) (m)

S_w = *Wave set-up* (m)

SLR = Kenaikan elevasi muka air laut karena pemanasan global
(*Sea Level Rise*) (m)

- *Wave Set-Up*

Perhitungan *Wave set-up* mengambil data dari perhitungan gelombang rencana di bab IV.

$$H_b = 2,058 \text{ m}$$

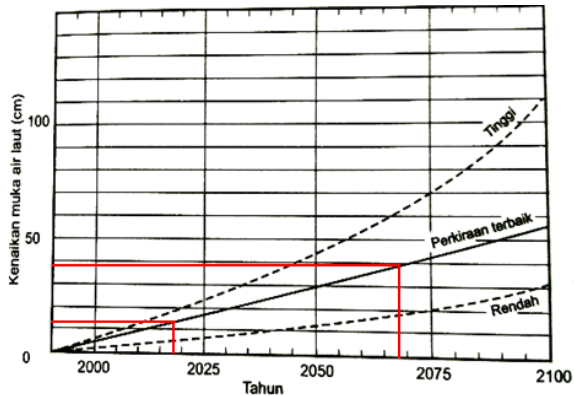
$$T = 6,521 \text{ detik}$$

Maka besar *wave set-up* :

$$\begin{aligned} S_w &= 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{g \cdot T^2}} \right] H_b \\ &= 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{2,058}{9,81 \cdot 6,521^2}} \right] 2,058 \\ &= 0,314 \end{aligned}$$

- *Sea Level Rise (SLR)*

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Perkiraan besar kenaikan muka air laut diberikan pada Gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut
(Sumber: Bambang Triatmodjo)

Dari Gambar 6.1 didapatkan kenaikan muka air laut yang terjadi tahun 2018 dengan perkiraan terbaik adalah 12 cm = 0,12 m dan pada tahun 2068 (direncanakan umur bangunan 50 tahun) adalah 39 cm = 0,39m. Sehingga nilai SLR yang didapat;

$$\begin{aligned} \text{SLR} &= \text{SLR}_{2068} - \text{SLR}_{2018} \\ &= 0,39 \text{ m} - 0,12 \text{ m} \\ &= 0,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga nilai DWL yang didapat yaitu ;

$$\begin{aligned} \text{DWL} &= 2,345 + 0,314 + 0,27 \\ &= 2,929 \text{ m} \end{aligned}$$

6.4 Stabilitas Berat Butir Lapis Lindung

Perhitungan berat butir lapis lindung dalam tugas akhir ini menggunakan Rumus Hudson dan Rumus Van Der Meer dengan kemiringan strukur kepala 1:2 dan lengan 1:1,5.

6.4.1 Rumus Hudson

Dalam perhitungan berat butir menggunakan Rumus Hudson, berat butir dihitung berdasarkan jenis material yang digunakan karena setiap jenis material memiliki nilai K_D yang berbeda.

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot\theta}$$

6.4.1.1 Berat Butir Lapis Lindung Batu Pecah

- Kepala *Breakwater*

Diketahui:

$$\gamma_a = 1,03 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_r = 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$H = 1,69 \text{ m (Hasil refraksi permodelan gelombang)}$$

$$\theta = 26,565^\circ \text{ (Kemiringan struktur kepala 1:2)}$$

$$K_D = 2,8$$

Maka;

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,65}{1,03} = 2,573$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot\theta} \\ &= \frac{2,65 \cdot 1,69^3}{2,8 \cdot (2,573 - 1)^3 \cdot \cot 26,565^\circ} \\ &= 0,59 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Lengan *Breakwater*

Diketahui:

$$\gamma_a = 1,03 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_r = 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$H = 1,8 \text{ m (Hasil refraksi permodelan gelombang)}$$

$$\theta = 33,690^\circ \text{ (Kemiringan struktur kepala 1:1,5)}$$

$$K_D = 4$$

Maka;

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,65}{1,03} = 2,573$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot\theta} \\ &= \frac{2,65 \cdot 1,8^3}{4 \cdot (2,573 - 1)^3 \cdot \cot 33,690^\circ} \\ &= 0,66 \text{ ton} \end{aligned}$$

6.4.1.2 Berat Butir Lapis Lindung Batu Tetrapod

- Kepala *Breakwater*

Diketahui:

$$\gamma_a = 1,03 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_r = 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$H = 1,69 \text{ m (Hasil refraksi permodelan gelombang)}$$

$$\theta = 26,565^\circ \text{ (Kemiringan struktur kepala 1:2)}$$

$$K_D = 5,5$$

Maka;

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,65}{1,03} = 2,573$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \theta} \\ &= \frac{2,65 \cdot 1,69^3}{5,5 \cdot (2,573 - 1)^3 \cdot \cot 26,565^\circ} \\ &= 0,30 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Lengan *Breakwater*

Diketahui:

$$\gamma_a = 1,03 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_r = 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$H = 1,8 \text{ m (Hasil refraksi permodelan gelombang)}$$

$$\theta = 33,690^\circ \text{ (Kemiringan struktur kepala 1:1,5)}$$

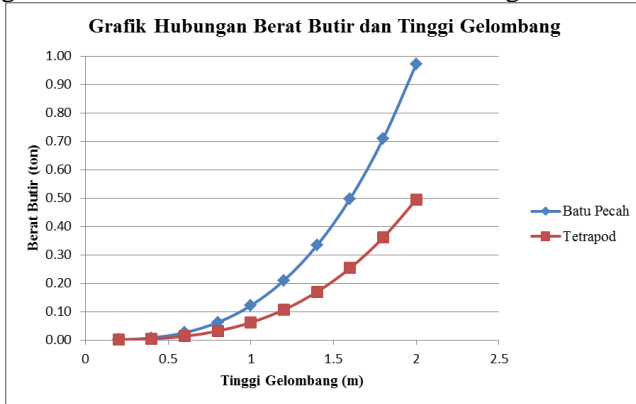
$$K_D = 8$$

Maka;

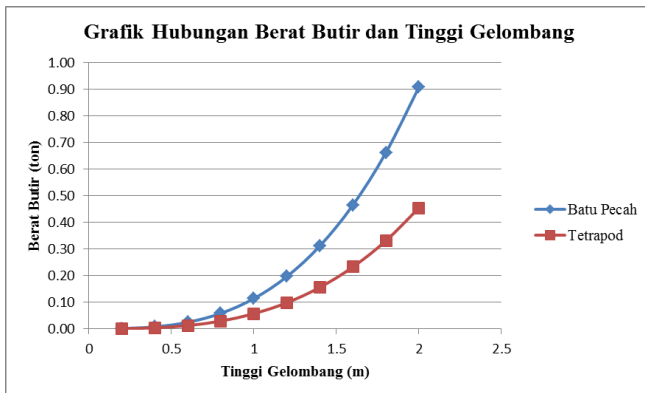
$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,65}{1,03} = 2,573$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \theta} \\ &= \frac{2,65 \cdot 1,8^3}{8 \cdot (2,573 - 1)^3 \cdot \cot 33,690^\circ} \\ &= 0,33 \text{ ton} \end{aligned}$$

Gambar 6.2 merupakan grafik hubungan antara tinggi gelombang dengan berat butir menggunakan Rumus Hudson untuk struktur kepala. Sedangkan gambar 6.3 merupakan grafik hubungan antara tinggi gelombang dengan berat butir menggunakan Rumus Hudson untuk struktur lengan.



Gambar 6. 2 Grafik Hubungan Berat Butir dan Tinggi Gelombang pada Struktur Kepala
(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 6. 3 Grafik Hubungan Berat Butir dan Tinggi Gelombang pada Struktur Lengan
(Sumber: Hasil Perhitungan)

6.4.2 Rumus Van Der Meer

Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Van Der Meer, stabilitas lapis lindung pada kedalaman yang terbatas lebih baik digunakan nilai karakteristik tertinggi dari distribusi tinggi gelombang ($H_{2\%}$) dari pada H_s . Sedangkan nilai dari $H_{2\%}/H_s$ adalah 1,4. (*The Rock Manual, 2007*). Rumus Van Der Meer tidak membedakan bagian kepala atau lengan struktur bangunan. Sehingga berat butir hanya 1 jenis.

$$\xi_{m-1,0} = \frac{\tan\alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT_{m-1,0}^2}}}$$

$$\xi_c = \left(\frac{C_{pl}}{C_s} P^{0.31} \sqrt{\tan\alpha} \right)^{\frac{1}{p+0.5}}$$

Stabilitas berat batu pelindung untuk laut dangkal

a) *Plunging waves*

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5}$$

Untuk $C_{pl} = 8.4$, faktor pengaruh grading dan bentuk material.

b) *Surgin waves*

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pu} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot\alpha} \xi_m^p$$

Untuk $C_{pu} = 1.3$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas.

Diketahui:

$$\alpha = 33,690^\circ$$

$$H_s = 1,772 \text{ m}$$

$$T_p = 6,521 \text{ detik}$$

$$T_p = 1,07 T_{m-1,0}$$

$$T_{m-1,0} = \frac{T_p}{1,07}$$

$$= \frac{6,521}{1,07}$$

$$= 6,095 \text{ detik}$$

$P = 0,4$ (untuk armor di atas *coarse core*)

$g = 9,81 \text{ m/det}^2$

$\gamma_a = 1,03 \text{ t/m}^3$

$S_d = 2$ (untuk *zero damage*)

$N = 3000$ (Untuk laut dangkal $N < 3000$)

$C_{pl} = 8,4$

$C_s = 1,3$

6.4.2.1 Berat Butir Lapis Lindung Batu Pecah

$$\begin{aligned}\xi_{m-1,0} &= \frac{\tan\alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT_{m-1,0}^2}}} \\ &= \frac{\tan 33,690^\circ}{\sqrt{\frac{2\pi \cdot 1,772}{9,81 \cdot 6,095^2}}} \\ &= 3,813\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\xi_c &= \left(\frac{C_{pl}}{C_s} P^{0,31} \sqrt{\tan\alpha} \right)^{\frac{1}{p+0,5}} \\ &= \left(\frac{8,4}{1,3} \cdot 0,4^{0,31} \sqrt{\tan 33,690^\circ} \right)^{\frac{1}{0,4+0,5}} \\ &= 4,629\end{aligned}$$

Karena $\xi_{m-1,0} < \xi_c$ maka gelombang diklasifikasikan dengan tipe *plunging*. Perhitungan stabilitas butir sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\xi_m &= \frac{\tan\alpha}{\sqrt{\frac{H_s}{L_o}}} \\ &= \frac{\tan 33,690^\circ}{\sqrt{\frac{1,772}{66,341}}} \\ &= 4,080 \\ \gamma_r &= 2,65 \text{ t/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 \\ &= \frac{2,65}{1,03} - 1 \\ &= 1,573\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_s &= \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0,18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \xi_m^{-0,5} \\ &= \frac{1,4 \cdot 1,772}{1,573 \cdot D_{n50}} = 8,4 \cdot 0,4^{0,18} \left(\frac{2}{\sqrt{3000}} \right)^{0,2} \cdot 4,080^{-0,5} \\ &= \frac{2,480}{1,573 \cdot D_{n50}} = 1,819\end{aligned}$$

$$D_{n50} = 0,867 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}W_{50} &= D_{n50}^3 \gamma_r \\ &= 0,867^3 \cdot 2,65 \\ &= 1,73 \text{ ton}\end{aligned}$$

6.4.2.2 Berat Butir Lapis Lindung Tetrapod

Berat butir lapis lindung tetrapod didapatkan dengan cara mengkonversi berat butir batu pecah ke berat beton. Dimensi tetrapod berdasarkan ketentuan pada tabel SPM 1984.

$$\begin{aligned}V &= \frac{W}{\gamma} \\ &= \frac{1,73 \text{ t}}{2,4 \text{ t/m}^3} \\ &= 0,72 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Berdasarkan ketentuan di SPM 1984. Vol II. Hal 7-218.

$$V = 0,28 \cdot H^3$$

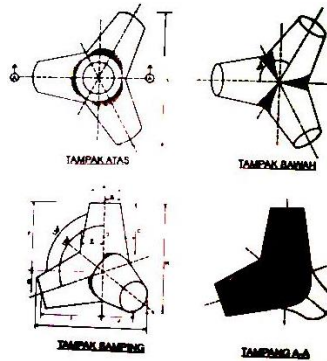
Maka, didapatkan tinggi tetrapod yang dibutuhkan:

$$0,72 = 0,28 \cdot H^3$$

$$h = 1,37 \text{ m}$$

Berdasarkan tabel 6.1 dimensi tetrapod, dipilih tetrapod dengan tinggi H = 1,44 m yang mempunyai berat W = 2 ton.

Gambar 6.4 merupakan tampak tetrapod dan keterangan untuk tabel 6.1



Gambar 6. 4 Tampak Tetrapod

(Sumber: *Shore Protection Manual 1984*)

Tabel 6. 1 Dimensi Tetrapod yang Digunakan Dalam Desain

Parameter	Berat Butir Lapis Lindung Tetrapod W (ton)								
	0.5	1	2	5	10	15	20	25	30
V (m ³)	0.21	0.42	0.83	2.08	4.17	6.25	8.33	10.42	12.5
H (m)	0.91	1.14	1.44	1.95	2.46	2.82	3.1	3.34	3.55
A (m)	0.27	0.34	0.43	0.59	0.74	0.85	0.94	1.01	1.07
B (m)	0.14	0.17	0.22	0.29	0.37	0.43	47	0.5	0.54
C (m)	0.43	0.54	0.69	0.93	1.17	1.34	1.48	1.59	1.69
D (m)	0.43	0.54	0.68	0.92	1.16	1.32	1.46	1.57	1.67
E (m)	0.21	0.27	0.34	0.46	0.58	0.66	0.73	0.78	0.83
F (m)	0.58	0.74	0.93	1.26	1.58	1.81	2	2.15	2.28
G (m)	0.19	0.25	0.31	0.42	0.53	0.61	0.67	0.72	0.76
I (m)	0.55	0.69	0.87	1.18	1.49	1.71	1.88	2.02	2.15
J (m)	0.27	0.35	0.44	0.59	0.75	0.85	0.994	1.01	1.07
K (m)	0.99	1.25	1.57	2.13	2.68	3.07	3.38	3.64	3.87
L (m)	1.09	1.37	1.73	2.34	2.95	3.38	3.72	4.01	4.26
TLL (m)	1.23	1.55	1.96	2.66	3.35	3.83	4.22	4.54	4.83
JBL (buah)	29.59	18.64	11.74	6.38	4.02	3.07	2.53	2.18	1.93

(Sumber: *Shore Protection Manual 1984*)

6.4.2.2 Berat Butir Lapis Lindung Dolos

Berat butir lapis lindung dolos didapatkan dengan cara mengkonversi berat butir batu pecah ke berat beton. Dimensi dolos berdasarkan ketentuan pada tabel *Shore Protection Manual* 1984.

$$\begin{aligned} V &= \frac{W}{\gamma} \\ &= \frac{1,73 \text{ t}}{2,4 \text{ t/m}^3} \\ &= 0,72 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan ketentuan di SPM 1984. Vol II. Hal 7-221.

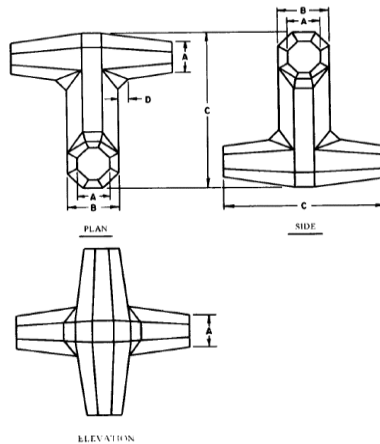
$$V = 0,16. C^3$$

Maka, didapatkan tinggi tetrapod yang dibutuhkan:

$$0,72 = 0,16. C^3$$

$$C = 1,67 \text{ m}$$

Berdasarkan tabel 6.1 dimensi tetrapod, dipilih tetrapod dengan tinggi $C = 1,72 \text{ m}$ yang mempunyai berat $W = 2 \text{ ton}$. Gambar 6.5 merupakan tampak dolos dan keterangan untuk tabel 6.2



Gambar 6. 5 Tampak Dolos
(Sumber: *Shore Protection Manual* 1984)

Tabel 6. 2 Dimensi Dolos yang Digunakan Dalam Desain

Parameter	Berat Butir Lapis Lindung Dolos W (ton)								
	0.5	1	2	5	10	15	20	25	30
V (m ³)	0.2	0.41	0.81	2.02	4.07	6.1	8.1	10.16	12.2
A (m)	0.22	0.28	0.35	0.47	0.59	0.68	0.75	0.80	0.85
B (m)	0.35	0.44	0.55	0.75	0.94	1.08	0.94	1.28	1.36
C (m)	1.09	1.37	1.72	2.33	2.94	3.37	3.70	3.99	4.24
D (m)	0.065	0.08	0.1	0.14	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25

(Sumber: *Shore Protection Manual 1984*)

6.5 Perhitungan Dimensi Struktur *Breakwater*

Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas batu pada perhitungan sebelumnya digunakan berat batu yang terberat, yaitu menggunakan Rumus Van Der Meer dengan dengan berat 1,73 ton untuk batu pecah dan 2 ton untuk tetrapod.

6.5.1. *Breakwater* Lapis lindung pertama dari Batu Pecah

6.5.1.1 Elevasi Mercu

Elevasi mercu bangunan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Elevasi mercu} = \text{DWL} + \text{Ru} + \text{Fb}$$

Keterangan:

DWL = *Design water level* (elevasi muka air rencana)

Ru = *Run-up* gelombang

Fb = Tinggi jagaan (0,5 – 1,5 m)

- Kepala *Breakwater*

Wave Run-Up

Lapis lindung = Batu Alam Kasar

Tinggi gelombang = 1,69 m

Kemiringan bangunan = 1 : 2

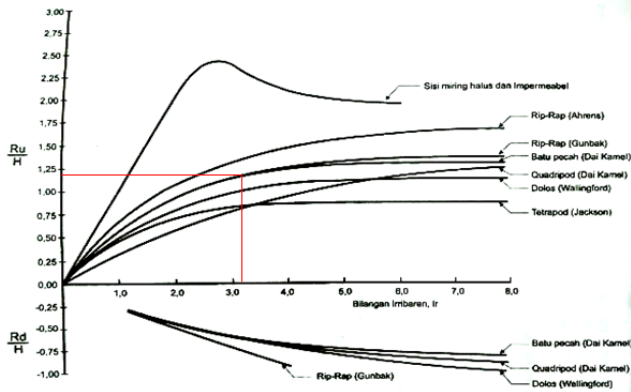
$$\begin{aligned} L_0 &= 1,56T^2 \\ &= 1,56 \cdot 6,521^2 \\ &= 66,341 \end{aligned}$$

$$I_r = \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}}$$

$$= \frac{tg 26,565^\circ}{\left(\frac{1,69}{66,341}\right)^{0.5}}$$

$$= 3,133$$

Bilangan Iribaren kemudian diplotkan pada grafik di Gambar 6.6 untuk mendapatkan nilai dari Ru/h .



Gambar 6. 6 Grafik Penentuan Nilai Ru/H untuk Material Batu Pecah pada Kepala *Breakwater*
(Sumber: Bambang Triatmodjo)

Dari Gambar 6.6 untuk nilai $I_r=3,133$ didapat nilai $Ru/H = 1,24$ m. Sehingga nilai $Ru = 2,096$ m.

Elevasi mercu = $DWL + Ru + Fb$

$$= 2,929 + 2,096 + 0,5 = 5,524 \text{ m}$$

- Lengan *Breakwater*

Wave Run-Up

Lapis lindung = Batu Alam Kasar

Tinggi gelombang = 1,8 m

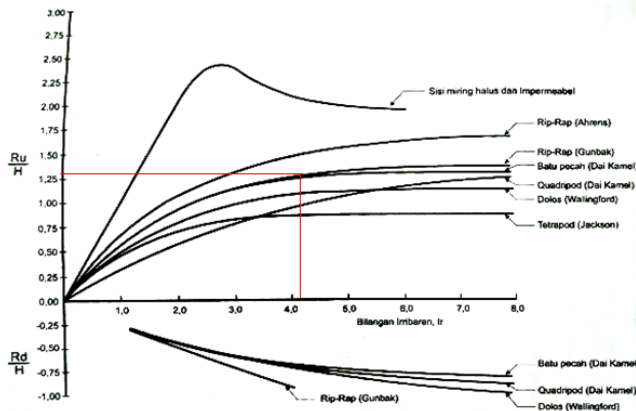
Kemiringan bangunan = 1 : 1,5

$$L_0 = 1,56T^2$$

$$= 1,56.6,521^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 66,341 \\
 I_r &= \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}} \\
 &= \frac{tg 33,690^\circ}{\left(\frac{1,8}{66,341}\right)^{0.5}} \\
 &= 4,047
 \end{aligned}$$

Bilangan Iribaren kemudian diplotkan pada grafik di Gambar 6.7 untuk mendapatkan nilai dari R_u/h .



Gambar 6. 7 Grafik Penentuan Nilai R_u/H untuk Material Batu Pecah pada Lengan *Breakwater*
(Sumber: Bambang Triatmodjo)

Dari Gambar 6.7 untuk nilai $I_r = 4,047$ didapat nilai $R_u/H = 1,26$ m. Sehingga nilai $R_u = 2,268$ m.

Elevasi mercu = $DWL + R_u + F_b$

$$= 2,929 + 2,268 + 0,5 = 5,697 \text{ m}$$

6.5.1.2 Perhitungan Lapis Lindung Batu Pecah

Perhitungan di bawah berlaku untuk struktur kepala dan lengan *breakwater*. Sebab penggunaan rumus Van Der Meer tidak membedakan berat butir bagian kepala ataupun lengan struktur.

A. Lapis Lindung Pertama (*Primary Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$W = 1.727 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \\ &= \left(\frac{1,727}{2,65} \right)^{1/3} = 0,867 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Lebar Puncak

$$\begin{aligned} B &= n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \\ &= 3 \cdot 1,15 \cdot \left(\frac{1,727}{2,65} \right)^{1/3} \\ &= 2,991 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai 3 m} \end{aligned}$$

4. Tebal Lapis Lindung

$$\begin{aligned} t &= n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \\ &= 2 \cdot 1,15 \cdot \left(\frac{1,727}{2,65} \right)^{1/3} \\ &= 1,994 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai 2 m} \end{aligned}$$

5. Jumlah Batu Pelindung

$$\begin{aligned} N &= A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3} \\ &= 10 \cdot 2 \cdot 1,15 \cdot \left(1 - \frac{37}{100} \right) \left(\frac{2,65}{1,727} \right)^{2/3} \\ &= 19,279 \rightarrow \text{dipakai 20 butir} \end{aligned}$$

B. Lapis Lindung Kedua (Secondary Layer)

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$\frac{W}{10} = \frac{1,727}{10} = 0,173 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= \left(\frac{0,173}{2,65}\right)^{1/3} \\ &= 0,402 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Lebar Puncak

Lebar puncak lapis lindung kedua disesuaikan dengan lebar lapis lindung pertama. Lebar lapis lindung kedua ini direncanakan 2,2 m.

4. Tebal Lapis Lindung

$$\begin{aligned} t &= n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= 2 \cdot 1,15 \cdot \left(\frac{0,173}{2,65}\right)^{1/3} \\ &= 0,926 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai 1 m} \end{aligned}$$

5. Jumlah Batu Pelindung

$$\begin{aligned} N &= A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3} \\ &= 10 \cdot 2 \cdot 1,15 \cdot \left(1 - \frac{37}{100}\right) \left(\frac{2,65}{0,173}\right)^{2/3} \\ &= 89.486 \rightarrow \text{dipakai 90 butir} \end{aligned}$$

C. Lapis Lindung Ketiga (*Core Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$\frac{W}{200} = \frac{1,727}{200} = 0,009 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \\ &= \left(\frac{0,009}{2,65} \right)^{1/3} \\ &= 0,148 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Lebar Puncak

Lebar puncak lapis lindung ketiga disesuaikan dengan lebar lapis lindung kedua. Lebar puncak *core layer* ini direncanakan 1,5 m.

D. *Toe Berm*

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$\frac{W}{10} = \frac{1,727}{10} = 0,173 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \\ &= \left(\frac{0,173}{2,65} \right)^{1/3} \\ &= 0,402 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Lebar *Toe Berm*

$$\begin{aligned} B_b &\geq 3,3D_{n50} \\ B_b &\geq 3,3 \cdot 0,867 \\ &\geq 2,478 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai 3 m} \end{aligned}$$

4. Jumlah Batu Pelindung

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3}$$

Ru = *Run-up* gelombang
 Fb = Tinggi jagaan (0,5 – 1,5 m)

• Kepala *Breakwater*

Wave *Run-Up*

Lapis lindung = Tetrapod

Tinggi gelombang = 1,69 m

Kemiringan bangunan = 1 : 2

$$L_0 = 1,56T^2$$

$$= 1,56 \cdot 6,521^2$$

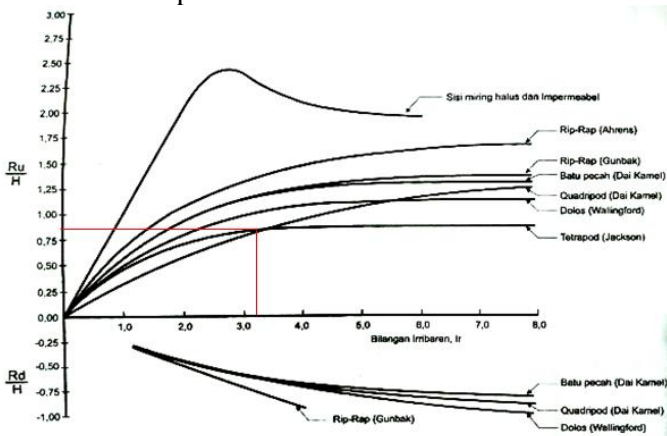
$$= 66,341$$

$$I_r = \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}}$$

$$= \frac{tg 26,565^\circ}{\left(\frac{1,69}{66,341}\right)^{0.5}}$$

$$= 3,133$$

Bilangan Iribaren kemudian diplotkan pada grafik di Gambar 6.10 untuk mendapatkan nilai dari Ru/h.



Gambar 6. 10 Grafik Penentuan Nilai Ru/H untuk Material Tetrapod pada Kepala *Breakwater*
 (Sumber: Bambang Triatmodjo)

Dari Gambar 6.10 untuk nilai $I_r=3,133$ didapat nilai $R_u/H = 0,78$. Sehingga nilai $R_u = 1,318$ m.

$$\begin{aligned} \text{Elevasi mercu} &= \text{DWL} + R_u + F_b \\ &= 2,929 + 1,318 + 0,5 = 4,747 \text{ m} \end{aligned}$$

• Lengan *Breakwater*

Wave Run-Up

Lapis lindung = Tetrapod

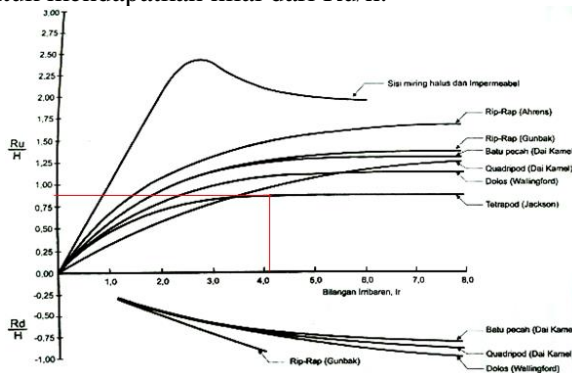
Tinggi gelombang = 1,8 m

Kemiringan bangunan = 1 : 1,5

$$\begin{aligned} L_0 &= 1,56T^2 \\ &= 1,56 \cdot 6,521^2 \\ &= 66,341 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_r &= \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}} \\ &= \frac{tg 33,690^\circ}{\left(\frac{1,8}{66,341}\right)^{0.5}} \\ &= 4,047 \end{aligned}$$

Bilangan Iribaren kemudian diplotkan pada grafik di Gambar 6.11 untuk mendapatkan nilai dari R_u/h .



Gambar 6. 11 Grafik Penentuan Nilai R_u/H untuk Material Tetrapod pada Lengan *Breakwater*
(Sumber: Bambang Triatmodjo)

Dari Gambar 6.11 untuk nilai $I_r = 4,047$ didapat nilai $R_u/H = 0,88$ m. Sehingga nilai $R_u = 1,584$ m.

$$\begin{aligned} \text{Elevasi mercu} &= \text{DWL} + R_u + F_b \\ &= 2,929 + 1,584 + 0,5 = 5,013 \text{ m} \end{aligned}$$

6.5.2.2. Perhitungan Lapis Lindung Tetrapod

Perhitungan di bawah berlaku untuk struktur kepala dan lengan *breakwater*. Sebab penggunaan rumus Van Der Meer tidak membedakan berat butir bagian kepala ataupun lengan struktur.

A. Lapis Lindung Pertama (*Primary Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$W = 2 \text{ ton}$$

2. Lebar Puncak

$$\begin{aligned} B &= n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= 3 \cdot 1,04 \cdot \left(\frac{2}{2,4}\right)^{1/3} \\ &= 2,936 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } 3 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Tebal Lapis Lindung

$$\begin{aligned} t &= n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= 2 \cdot 1,04 \cdot \left(\frac{2}{2,4}\right)^{1/3} \\ &= 1,957 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } 2 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Jumlah Batu Pelindung

$$\begin{aligned} N &= A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3} \\ &= 10 \cdot 2 \cdot 1,04 \cdot \left(1 - \frac{50}{100}\right) \left(\frac{2,4}{2}\right)^{2/3} \\ &= 11,744 \rightarrow \text{dipakai } 12 \text{ butir} \end{aligned}$$

B. Lapis Lindung Kedua (*Secondary Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$\frac{W}{10} = \frac{1,727}{10} = 0,173 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= \left(\frac{0,173}{2,65}\right)^{1/3} \\ &= 0,402 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Lebar Puncak

Lebar puncak lapis lindung kedua disesuaikan dengan lebar lapis lindung pertama. Lebar lapis lindung kedua ini direncanakan 2,2 m.

4. Tebal Lapis Lindung

$$\begin{aligned} t &= n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= 2 \cdot 1,15 \cdot \left(\frac{0,173}{2,65}\right)^{1/3} \\ &= 0,926 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai 1 m} \end{aligned}$$

5. Jumlah Batu Pelindung

$$\begin{aligned} N &= A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3} \\ &= 10 \cdot 2 \cdot 1,15 \cdot \left(1 - \frac{37}{100}\right) \left(\frac{2,65}{0,173}\right)^{2/3} \\ &= 89,486 \rightarrow \text{dipakai 90 butir} \end{aligned}$$

C. Lapis Lindung Ketiga (*Core Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$\frac{W}{200} = \frac{1,727}{200} = 0,009 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \\ &= \left(\frac{0,009}{2,65} \right)^{1/3} \\ &= 0,148 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Lebar Puncak

Lebar puncak lapis lindung ketiga disesuaikan dengan lebar lapis lindung kedua. Lebar puncak *core layer* ini direncanakan 1,5 m.

D. *Toe Berm*

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$\frac{W}{10} = \frac{1,727}{10} = 0,173 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \\ &= \left(\frac{0,173}{2,65} \right)^{1/3} \\ &= 0,402 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Lebar *Toe Berm*

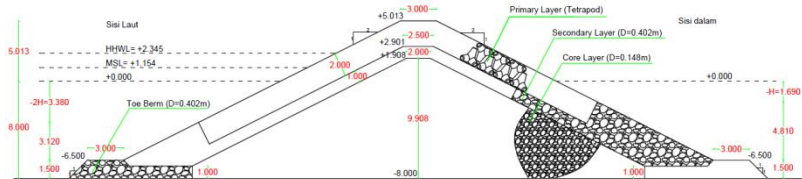
$$\begin{aligned} B_b &\geq 3,3D_{n50} \\ B_b &\geq 3,3 \cdot 0,867 \\ &\geq 2,861 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } 3 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Jumlah Batu Pelindung

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3}$$

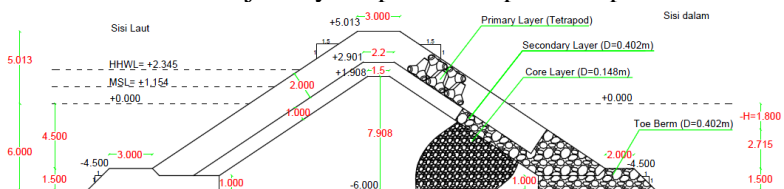
$$\begin{aligned}
 &= 10 \cdot 2 \cdot 1,15 \cdot \left(1 - \frac{37}{100}\right) \left(\frac{2,65}{0,173}\right)^{2/3} \\
 &= 89,486 \rightarrow \text{dipakai 90 butir}
 \end{aligned}$$

Gambar 6.12 merupakan dimensi struktur kepala *breakwater* yang telah dihitung dengan menggunakan rumus-
rumus di atas. Lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran



Gambar 6. 12 Potongan Melintang Kepala *Breakwater*
dengan Lapis Lindung Tetrapod
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Gambar 6.13 merupakan dimensi struktur lengan *breakwater* yang telah dihitung dengan menggunakan rumus-
rumus di atas. Lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran



Gambar 6. 13 Potongan Melintang Lengan *Breakwater*
dengan Lapis Lindung Tetrapod
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil rekap yang ditunjukkan pada tabel di bawah. Tabel 6.3 dan tabel 6.4 merupakan tabel elevasi mercu bangunan. Tabel 6.5 dan tabel 6.6 merupakan tabel dimensi struktur bangunan.

Tabel 6. 3 Elevasi Mercu *Breakwater* Lapis Lindung Batu Pecah

Bagian <i>Breakwater</i>	d (m)	Miring	DWL (m)	Run Up (m)	Fb (m)	Elevasi Mercu (m)
Kepala	-8	1 : 2	2.93	2.096	0.5	5.524
Lengan	-6	1 : 1,5	2.93	2.268	0.5	5.697

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 6. 4 Elevasi Mercu *Breakwater* Lapis Lindung Batu Tetrapod

Bagian <i>Breakwater</i>	d (m)	Miring	DWL (m)	Run Up (m)	Fb (m)	Elevasi Mercu (m)
Kepala	-8	1 : 2	2.93	1.318	0.5	4.747
Lengan	-6	1 : 1,5	2.93	1.584	0.5	5.013

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 6. 5 Tabel Dimensi *Breakwater* dengan Lapis Lindung Pertama dari Batu Pecah

Bagian <i>Breakwater</i>	d (m)	Miring	<i>Primary layer</i>				<i>Secondary layer</i>				<i>Core layer</i>				<i>Toe Berm</i>				
			W (ton)	D (m)	B (m)	t (m)	N	W (ton)	D (m)	B (m)	t (m)	N	W (ton)	D (m)	B (m)	W (ton)	D (m)	B (m)	N
Kepala	-8	1 : 2	1.727	0.867	3	2	20	0.173	0.402	2.2	1	90	0.009	0.148	1.5	0.173	0.402	3.0	90
Lengan	-6	1 : 1.5	1.727	0.867	3	2	20	0.173	0.402	2.2	1	90	0.009	0.148	1.5	0.173	0.402	3.0	90

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 6. 6 Tabel Dimensi *Breakwater* dengan Lapis Lindung Pertama dari Tetrapod

Bagian <i>Breakwater</i>	d (m)	Miring	<i>Primary layer</i>				<i>Secondary layer</i>				<i>Core layer</i>				<i>Toe Berm</i>				
			W (ton)	h (m)	B (m)	t (m)	N	W (ton)	D (m)	B (m)	t (m)	N	W (ton)	D (m)	B (m)	W (ton)	D (m)	B (m)	N
Kepala	-8	1 : 2	2	1.44	3	2	12	0.173	0.402	2.2	1	90	0.009	0.148	1.5	0.173	0.402	3	90
Lengan	-6	1 : 1.5	2	1.44	3	2	12	0.173	0.402	2.2	1	90	0.009	0.148	1.5	0.173	0.402	3	90

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa elevasi mercu bangunan dengan lapis lindung batu pecah lebih tinggi daripada bangunan dengan lapis lindung tetrapod. Hal tersebut karena tetrapod lebih mampu menyerap energi gelombang dibandingkan batu pecah. Sehingga apabila dipilih bangunan dengan material lapis lindung batu pecah berakibat pada besarnya volume bangunan. Oleh sebab itu, pada tugas akhir ini dipilih *breakwater* dengan lapis lindung pertama dari tetrapod.

6.6 Perhitungan Dimensi Struktur Tambahan Training Jetty

Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas batu pada perhitungan sebelumnya digunakan berat batu yang terberat, yaitu menggunakan Rumus Van Der Meer dengan dengan berat 1,73 ton untuk batu pecah dan 2 ton untuk Dolos.

6.6.1. Elevasi Mercu

Elevasi mercu bangunan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Elevasi mercu} = \text{DWL} + \text{Ru} + \text{Fb}$$

Keterangan:

DWL = *Design water level* (elevasi muka air rencana)

Ru = *Run-up* gelombang

Fb = Tinggi jagaan (0,5 – 1,5 m)

- Kepala *Breakwater*

Wave Run-Up

Lapis lindung = Dolos

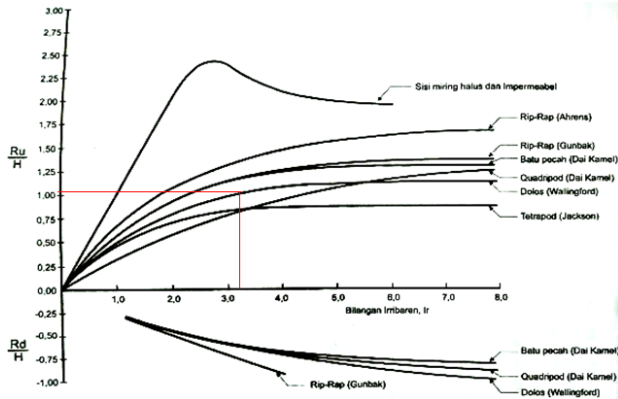
Tinggi gelombang = 1,68 m (tinggi gelombang depan bangunan)

Kemiringan bangunan = 1 : 2

$$\begin{aligned} L_0 &= 1,56T^2 \\ &= 1,56 \cdot 6,521^2 \\ &= 66,341 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_r &= \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}} \\ &= \frac{tg 26,565^\circ}{\left(\frac{1,68}{66,341}\right)^{0.5}} \\ &= 3,142 \end{aligned}$$

Bilangan Iribaren kemudian diplotkan pada grafik di Gambar 6.14 untuk mendapatkan nilai dari Ru/h.



Gambar 6. 14 Grafik Penentuan Nilai R_u/H untuk Material Dolos pada Training Jetty Tambahan
(Sumber: Bambang Triatmodjo)

Dari Gambar 6.14 untuk nilai $I_r=3,142$ didapat nilai $R_u/H = 1,05$ m. Sehingga nilai $R_u = 1,764$ m.

$$\begin{aligned} \text{Elevasi mercu} &= \text{DWL} + R_u + F_b \\ &= 2,929 + 1,764 + 0,5 = 5,193 \text{ m} \end{aligned}$$

6.6.2. Perhitungan Lapis Lindung Dolos

Perhitungan di bawah menggunakan berat butir dari rumus Van Der Meer. Penentuan dimensi dolos berdasarkan tabel yang tersedia pada SPM 1984.

A. Lapis Lindung Pertama (Primary Layer)

1. Berat Butir Lapis Lindung
2. Lebar Puncak

$$\begin{aligned} B &= n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= 2 \cdot 1 \cdot \left(\frac{2}{2,4}\right)^{1/3} \\ &= 2,863 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } 3,6 \text{ m disesuaikan dengan kondisi di lapangan} \end{aligned}$$

3. Tebal Lapis Lindung

$$\begin{aligned}
 t &= n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\
 &= 2 \cdot 1 \cdot \left(\frac{2}{2,4}\right)^{1/3} \\
 &= 1,909 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai 2 m}
 \end{aligned}$$

4. Jumlah Batu Pelindung

$$\begin{aligned}
 N &= A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3} \\
 &= 10 \cdot 2 \cdot 1 \cdot \left(1 - \frac{63}{100}\right) \left(\frac{2,4}{2}\right)^{2/3} \\
 &= 8,123 \rightarrow \text{dipakai 9 butir}
 \end{aligned}$$

B. Lapis Lindung Kedua (*Secondary Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$\frac{W}{10} = \frac{1,727}{10} = 0,173 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$\begin{aligned}
 D &= \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\
 &= \left(\frac{0,173}{2,65}\right)^{1/3} \\
 &= 0,402 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Lebar Puncak

Lebar puncak lapis lindung kedua disesuaikan dengan lebar lapis lindung pertama. Pada lapis lindung kedua ini direncanakan 3,1 m.

4. Tebal Lapis Lindung

$$\begin{aligned}
 t &= n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\
 &= 2 \cdot 1,15 \cdot \left(\frac{0,173}{2,65}\right)^{1/3} \\
 &= 0,926 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai 1 m}
 \end{aligned}$$

5. Jumlah Batu Pelindung

$$\begin{aligned}
 N &= A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3} \\
 &= 10 \cdot 2 \cdot 1,15 \cdot \left(1 - \frac{37}{100}\right) \left(\frac{2,65}{0,173}\right)^{2/3} \\
 &= 89,486 \rightarrow \text{dipakai 90 butir}
 \end{aligned}$$

C. Lapis Lindung Ketiga (Core Layer)

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$\frac{W}{200} = \frac{1,727}{200} = 0,009 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$\begin{aligned}
 D &= \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\
 &= \left(\frac{0,009}{2,65}\right)^{1/3} \\
 &= 0,148 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Lebar Puncak

Lebar puncak lapis lindung ketiga disesuaikan dengan lebar lapis lindung kedua. Pada *core layer* ini direncanakan 2,6 m.

D. Toe Berm

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$\frac{W}{10} = \frac{1,727}{10} = 0,173 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$\begin{aligned}
 D &= \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\
 &= \left(\frac{0,173}{2,65}\right)^{1/3} \\
 &= 0,402 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Lebar *Toe Berm*

$$B_b \geq 3,3D_{n50}$$

$$B_b \geq 3,3 \cdot 0,867$$

$$\geq 2,861 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } 3 \text{ m}$$

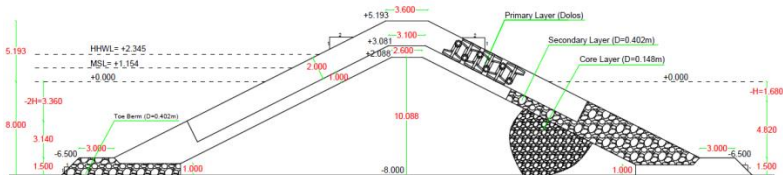
4. Jumlah Batu Pelindung

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3}$$

$$= 10 \cdot 2 \cdot 1,15 \cdot \left(1 - \frac{37}{100}\right) \left(\frac{2,65}{0,173}\right)^{2/3}$$

$$= 89,486 \rightarrow \text{dipakai } 90 \text{ butir}$$

Gambar 6.15 merupakan dimensi struktur training jetty tambahan yang telah dihitung dengan menggunakan rumus-rumus di atas. Lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran



Gambar 6. 15 Potongan Melintang Kepala Training Jetty dengan Lapis Lindung Dolos
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil rekap yang ditunjukkan pada tabel di bawah. Tabel 6.7 merupakan tabel elevasi mercu bangunan. Tabel 6.8 merupakan tabel dimensi struktur bangunan.

Tabel 6. 7 Elevasi Mercu Tambahan *Training Jetty*

Bagian	d	Miring	DWL	Run Up	Fb	Elevasi Mercu
<i>Training Jetty</i>	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)
Kepala	-8	1 : 2	2.93	1.764	0.5	5.193

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 6. 8 Tabel Dimensi Tambahan *Training Jetty*

Bagian	d	Miring	Primary layer					Secondary layer				Core layer			Toe Berm							
			W	h	B	t	N	W	D	B	t	N	W	D	B	W	D	B	W	D	B	N
<i>Training Jetty</i>	(m)		(ton)	(m)	(m)	(m)		(ton)	(m)	(m)	(m)		(ton)	(m)	(m)	(ton)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
Kepala	-8	1 : 2	3	1.72	3.6	2	9	0.173	0.402	3.1	1	90	0.009	0.148	2.6	0.173	0.402	3.0	90			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir yang berjudul *redesign* bangunan pengaman pantai sebagai alur masuk pelayaran pelabuhan puger, jember ini sebagai berikut:

1. Iklim Gelombang Pada Pantai Pancer Puger

Berdasarkan data angin 10 tahunan didapatkan angin dominan berasal dari arah selatan. Setelah dilakukan hindcasting dan hasilnya diplot pada waverose, didapatkan gelombang dominan dari arah selatan. Hasil perhitungan hindcasting didapatkan tinggi gelombang di laut dalam maksimum yaitu 1,46 m dengan periode 5,70 detik yang terjadi pada Bulan Agustus Tahun 2013. Kemudian dilakukan peramalan gelombang periode ulang 50 tahun menggunakan metode Fisher Tippett dan metode Weibull. Hasil tinggi gelombang yang digunakan adalah dari metode Weibull. Hal tersebut karena metode Weibull menghasilkan tinggi gelombang signifikan terbesar yaitu 1,772 m. Sedangkan periode gelombang didapatkan dengan pendekatan melalui suatu persamaan grafik yaitu 6,521 detik. Data tinggi dan periode gelombang tersebut digunakan untuk permodelan gelombang guna mendapatkan layout rencana yang tepat dan juga digunakan untuk perencanaan dimensi struktur bangunan.

2. Elevasi Pasang Surut Pantai Pancer

Data pasang surut pengamatan lapangan di pantai pancer diolah menggunakan metode Admiralty. Dari analisis data tersebut didapatkan elevasi pasang surut sebagai berikut:

- *Highest High Water Level* (HHWL) = +234,5 cm
- *Mean High Water Level* (MHWL) = +194,6 cm
- *Mean Sea Level* (MSL) = +115,4cm
- *Mean Low Water Level* (MLWL) = +36,3 cm
- *Lowest Low Water Level* (LLWL) = -3,7 cm

Data-data elevasi pasang surut tersebut digunakan untuk menentukan elevasi mercu bangunan pengaman pantai.

3. Bentuk, Dimensi Bangunan, dan Dimensi Material Penyusun Bangunan Pengaman Pantai Pancer, Puger

Berdasarkan analisis layout dengan permodelan gelombang menggunakan *software* Mike 21, didapatkan hasil bahwa layout eksisting masih mengalami gangguan gelombang. Gelombang dari laut dalam dapat masuk ke alur pelayaran karena tidak ada suatu penghalang. Oleh sebab itu dari 3 alternatif layout yang telah dibuat, dipilih alternatif ke-3 yaitu layout dengan keberadaan bangunan groin, training jetty dengan tambahan ke arah luar muara untuk mengurangi pengaruh difraksi gelombang, dan *breakwater* untuk mencegah gelombang masuk ke alur pelayaran.

Material tetrapod dipilih sebagai lapis lindung pertama bangunan *breakwater* karena jika dibandingkan dengan batu pecah, dolos, dsb, *run up* pada tetrapod paling rendah. Hal tersebut mengakibatkan elevasi mercu yang dibutuhkan rendah sehingga volume bangunan lebih sedikit. Sedangkan bangunan tambahan training jetty dipilih menggunakan dolos agar seragam dengan kondisi eksisting di lapangan.

Berat butir lapis lindung menggunakan rumus Van Der Meer karena rumus tersebut jika dibandingkan Hudson menghasilkan lebih berat butir material batu lebih besar sehingga bangunan menjadi aman. Berat material tetrapod dan dolos yang digunakan yaitu 2 ton. Tinggi tetrapod yaitu 1,44m. Sedangkan tinggi dolos yaitu 1,72 m.

Kemiringan kepala *breakwater* yaitu 1:2. Sedangkan kemiringan lengan *breakwater* yaitu 1:1,5. Elevasi puncak *breakwater* +5,013 dengan lebar puncak 3 m. Sedangkan material lapis lindung tambahan *training jetty* yaitu dolos dengan kemiringan 1:2. Elevasi puncak yaitu +5.193 dengan lebar puncak 3,6 m.

7.2. Saran

Tugas Akhir ini hanya memperhitungkan bangunan dari segi hidroteknik. Maka, untuk perencanaan lebih lanjut diharapkan memperhitungkan kondisi tanah, biaya pembangunan, ketersediaan material di dekat lokasi.

Layout hasil *redesign* pada tugas akhir ini dipilih dengan mempertimbangkan kondisi lapangan seperti lebar alur masuk pelayaran, kemudahan akses kapal ke alur masuk pelayaran, dan kedalaman dasar laut tempat bangunan berada. Sehingga layout terpilih tersebut tidak sepenuhnya mengatasi tinggi gelombang dari semua arah . Jika diinginkan layout yang dapat mengurangi seluruh tinggi gelombang dari semua arah maka dapat dilakukan dengan mengombinasi-kan beberapa alternatif layout. Namun, resikonya akses kapal yang keluar masuk pelayaran menjadi sulit karena kapal harus berputar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Alamratri, Arum. 2017. *Perencanaan Pengaman Pantai di Desa Tanjung Aru Kecamatan Sebatik Timur, Nunukan, Kalimantan Utara*. Surabaya : ITS
- Asnawi. 2012. *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai di Bulu, Tuban*. Surabaya : ITS
- Boonastria, Citra. 2014. *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai untuk Mengatasi Kemunduran Garis Pantai Teluk Penyu, Cilacap, Jawa Tengah*. Surabaya : ITS
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Book I*. Washington : US Army Coastal Engineering Research Center.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Book II*. Washington : US Army Coastal Engineering Research Center.
- PT. Jasapatria Gunatama. 2014. *SID Pengendalian Daya Rusak Kali Puger Kabupaten Jember Laporan Nota Desain*. Bandung
- Tiatmodjo, Bambang. 2008. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Tiatmodjo, Bambang. 2011. *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset.
- USACE. 2008. *Coastal Engineering Manual*. Washington : U.S. Army Corps of Engineers

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

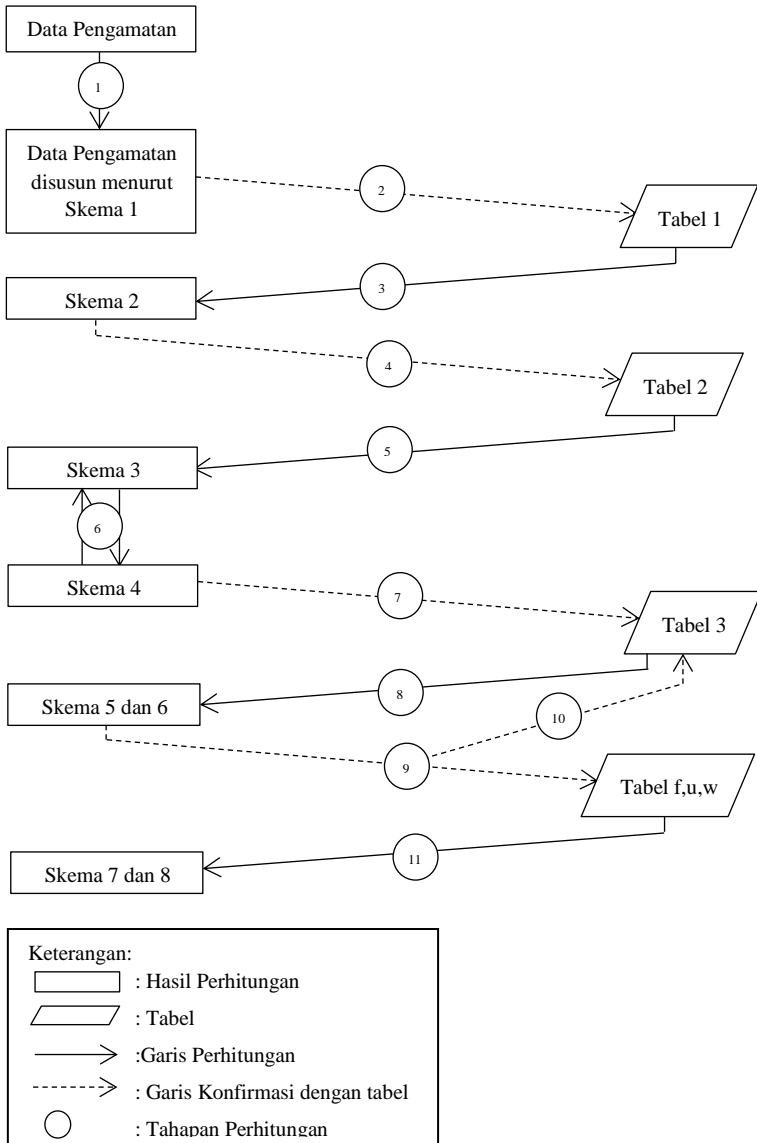
Tabel Data Pencatatan Elevasi Pasang Surut Muara Kali Puger

Tanggal/Jam	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00		
1-Jun-2014																										
2-Jun-2014																										
3-Jun-2014																										
4-Jun-2014																										
5-Jun-2014																										
6-Jun-2014																										
7-Jun-2014									79	78	75	79	85	97	109	113	139	140	148	129	120	110	100	90		
8-Jun-2014	100	110	120	130	159	148	146	138	117	109	87	77	67	87	94	100	129	140	160	156	149	130	100	80		
9-Jun-2014	79	75	85	97	105	115	125	135	147	134	103	84	71	63	50	73	106	140	169	188	179	152	136	130		
10-Jun-2014	78	68	65	69	80	115	150	173	172	159	130	106	83	60	50	58	76	124	179	200	210	196	165	126		
11-Jun-2014	90	69	62	56	53	66	120	153	170	176	155	124	93	75	64	58	56	85	165	199	213	220	190	150		
12-Jun-2014	86	80	69	56	52	40	80	132	173	188	172	142	109	87	69	59	52	62	145	178	220	235	220	210		
13-Jun-2014	126	105	92	50	20	56	76	99	157	189	189	167	129	99	78	68	58	56	102	175	185	226	230	210		
14-Jun-2014	165	110	100	82	30	20	79	81	129	160	193	170	143	100	86	73	62	55	70	125	170	220	228	220		
15-Jun-2014	160	130	89	70	68	60	51	63	90	149	175	183	164	124	90	70	67	50	56	120	150	190	220	215		
16-Jun-2014	200	150	105	85	75	65	68	73	100	159	170	160	143	114	97	70	60	58	59	78	130	168	226	216		
17-Jun-2014	200	152	92	73	62	58	55	44	49	80	139	168	170	152	125	97	72	63	56	68	86	157	202	210		
18-Jun-2014	220	160	110	81	70	62	58	47	49	70	118	149	159	153	130	109	83	70	60	69	89	128	165	202		
19-Jun-2014	219	230	150	92	80	70	66	58	49	63	96	128	143	149	140	123	107	69	79	87	90	108	132	178		
20-Jun-2014	168	162	150	130	108	90	83	68	59	62	77	101	128	132	140	132	121	111	99	80	66	110	136	140		
21-Jun-2014	148	160	149	130	120	118	102	88	80	81	101	106	113	138	132	138	140	145	125	120	103	115	110	115		
22-Jun-2014	121	135	157	145	136	129	120	110																		
23-Jun-2014																										
24-Jun-2014																										
25-Jun-2014																										
26-Jun-2014																										
27-Jun-2014																										
28-Jun-2014																										
29-Jun-2014																										
30-Jun-2014																										

(Sumber: BBWS Brantas)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Skema Perhitungan Pasang Surut Metode Admiralty



1. Penyusunan Skema I

Sebelum dilakukan proses pengolahan data pasang surut, terlebih dahulu dilakukan penyusunan data ke dalam kolom-kolom pada skema I. Pada skema I ke arah kanan menunjukkan waktu pengamatan dari pukul 00:00 sampai 23:00 dan ke bawah adalah tanggal pengamatan. Pada pengamatan pasang surut di muara kali puger dilakukan selama 15 hari atau 15 piantan. Skema I dapat dilihat pada tabel berikut:

Skema I :

Tanggal/Jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
7-Jun-2014	121	135	157	145	136	129	120	110	79	78	75	79	85	97	109	113	139	140	148	129	120	110	100	90
8-Jun-2014	100	110	120	130	159	148	146	138	117	109	87	77	67	87	94	100	129	140	160	156	149	130	100	80
9-Jun-2014	79	75	85	97	105	115	125	135	147	134	103	84	71	63	50	73	106	140	169	188	179	152	136	130
10-Jun-2014	78	68	65	69	80	115	150	173	172	159	130	106	83	60	50	58	76	124	179	200	210	196	165	126
11-Jun-2014	90	69	62	56	53	66	120	153	170	176	155	124	93	75	64	58	56	85	165	199	213	220	190	150
12-Jun-2014	86	80	69	56	52	40	80	132	173	188	172	142	109	87	69	59	52	62	145	178	220	235	220	210
13-Jun-2014	126	105	92	50	20	56	76	99	157	189	189	167	129	99	78	68	58	56	102	175	185	226	230	210
14-Jun-2014	165	110	100	82	30	20	79	81	129	160	193	170	143	100	86	73	62	55	70	125	170	220	228	220
15-Jun-2014	160	130	89	70	68	60	51	63	90	149	175	183	164	124	90	70	67	50	56	120	150	190	220	215
16-Jun-2014	200	150	105	85	75	65	68	73	100	159	170	160	143	114	97	70	60	58	59	78	130	168	226	216
17-Jun-2014	200	152	92	73	62	58	55	44	49	80	139	168	170	152	125	97	72	63	56	68	86	157	202	210
18-Jun-2014	220	160	110	81	70	62	58	47	49	70	118	149	159	153	130	109	83	70	60	69	89	128	165	202
19-Jun-2014	219	230	150	92	80	70	66	58	49	63	96	128	143	149	140	123	107	69	79	87	90	108	132	178
20-Jun-2014	168	162	150	130	108	90	83	68	59	62	77	101	128	132	140	132	121	111	99	80	66	110	136	140
21-Jun-2014	148	160	149	130	120	118	102	88	80	81	101	106	113	138	132	138	140	145	125	120	103	115	110	115

(Sumber: PT Jasapatria Gunatama)

2. Penyusunan Skema 2

Pengisian tiap kolom pada skema 2 dibantu dengan Tabel 1 yang merupakan konstanta pengali. Nilai pengamatan pada skema 1 dikalikan dengan harga konstanta pengali. Lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 dan diisikan pada kolom yang bertanda (+) di bawah kolom X1, Y1, X2, Y2, X4, dan Y4. Lakukan hal yang sama untuk pengali -1 dan isikan ke kolom di bawah tanda (-).

Contoh perhitungan penyusunan skema 2 sebagai berikut:

1. Mengisi kolom X1 (+) pada tanggal 7 Juni 2014 :

$$\begin{aligned} X1 (+) &= (120 \times 1) + (110 \times 1) + (79 \times 1) + (78 \times 1) + (75 \times 1) + \\ &\quad (79 \times 1) + (85 \times 1) + (97 \times 1) + (109 \times 1) + (113 \times 1) + \\ &\quad (139 \times 1) + (140 \times 1) \\ &= 1224 \end{aligned}$$

Keterangan :

- Angka 1 merupakan nilai konstanta pengali pada tabel 1 yang bernilai positif.
 - Angka 120, 110, 79, 78, 75, 79, 85, 97, 109, 113, 139 dan 140 merupakan nilai hasil pengamatan pada tanggal 7 Juni 2014 yang harus dikalikan dengan konstanta angka 1 pada tabel 1.
 - Angka 1224 merupakan hasil perkalian untuk mengisi kolom X1 (+).
2. Mengisi kolom X1 (-) pada tanggal 4 November 2014 :

$$\begin{aligned} X1 (-) &= (121 \times -1) + (135 \times -1) + (157 \times -1) + (145 \times -1) + (136 \times -1) \\ &\quad + (129 \times -1) + (148 \times -1) + (129 \times -1) + (120 \times -1) + \\ &\quad (110 \times -1) + (100 \times -1) + (90 \times -1) \\ &= 1520 \end{aligned}$$

Keterangan :

- Angka -1 merupakan nilai konstanta pengali pada tabel 1 yang bernilai negatif.
- Angka 121, 135, 157, 145, 136, 129, 148, 129, 120, 110, 100, dan 90 merupakan nilai hasil pengamatan pada tanggal 7 Juni 2014 yang harus dikalikan dengan konstanta angka -1 pada tabel 1.

- c) Angka 1520 merupakan hasil perkalian untuk mengisi kolom X1 (-).
3. Cara perhitungan diatas juga berlaku untuk mengisi semua kolom X1(+) dan X1(-), Y1(+) dan Y1(-), X2(+) dan X2(-), Y2(+) dan Y2(-), X4(+) dan X4(-), Y4(+) dan Y4(-) dari awal pengamatan hingga akhir.
 4. Hasil perhitungan dapat dilihat pada skema 2.

Tabel 1 Konstanta Pengali untuk menyusun skema 2

	WAKTU (JAM)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
X1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Y1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X2	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
Y2	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
X4	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1
Y4	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1

Skema II

Tanggal/Jam	X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
7-Jun-2014	1224	1520	1380	1364	1236	1508	1506	1238	912	911	1410	1334
8-Jun-2014	1291	1542	1392	1441	1161	1672	1384	1449	918	949	1444	1389
9-Jun-2014	1231	1510	1457	1284	1162	1579	1059	1682	913	917	1366	1375
10-Jun-2014	1341	1551	1527	1365	1286	1606	926	1966	961	979	1488	1404
11-Jun-2014	1329	1533	1568	1294	1468	1394	827	2035	893	1019	1473	1389
12-Jun-2014	1325	1591	1646	1270	1667	1249	821	2095	874	1069	1428	1488
13-Jun-2014	1365	1577	1616	1326	1840	1102	937	2005	922	1045	1423	1519
14-Jun-2014	1331	1540	1552	1319	1895	976	1026	1845	922	1020	1358	1513
15-Jun-2014	1276	1528	1516	1288	1889	915	1142	1662	939	898	1287	1517
16-Jun-2014	1272	1557	1419	1410	1908	921	1222	1607	969	914	1317	1512
17-Jun-2014	1214	1416	1458	1172	1847	783	1316	1314	980	759	1249	1381
18-Jun-2014	1195	1416	1417	1194	1764	847	1407	1204	980	766	1304	1307
19-Jun-2014	1191	1515	1405	1301	1736	970	1572	1134	952	815	1460	1246
20-Jun-2014	1214	1439	1395	1258	1506	1147	1572	1081	920	849	1335	1318
21-Jun-2014	1364	1513	1494	1383	1468	1409	1631	1246	972	928	1458	1419

(Sumber: Hasil Perhitungan)

3. Penyusunan Skema 3

Pengisian kolom-kolom pada skema 3 merupakan hasil penjumlahan dari perhitungan pada kolom-kolom pada skema 2. Berikut ini konsep penyusunannya :

1. Untuk X_0 (+) merupakan penjumlahan antara X_1 (+) dengan X_1 (-) tanpa melihat tanda (+) dan (-).
2. Untuk X_1 , Y_1 , X_2 , Y_2 , X_4 , dan Y_4 merupakan penjumlahan dengan melihat tanda (+) dan (-), untuk mengatasi hasilnya tidak ada yang berjumlah negatif, maka harus ditambahkan dengan ketentuan nilai 2000.

Contoh perhitungan penyusunan skema 3 sebagai berikut:

1. Untuk nilai X_0 (+) pada skema 3 merupakan penjumlahan antara X_1 (+) dengan X_1 (-) pada skema 2 tanpa melihat tanda (+) dan (-), jadi langsung dijumlahkan.

$$\text{Maka, } X_0 (+) = 1224 + 1520 = 2744$$

Perhitungan diatas berlaku untuk nilai X_0 (+) dari awal hingga akhir pengamatan.

2. Untuk nilai X_1 pada skema 3 merupakan penjumlahan dari nilai X_1 (+) dengan X_1 (-) pada skema 2 dengan melihat tanda positif (+) dan negatif (-) nya, jadi untuk mengatasi hasilnya berjumlah negatif (-), maka hasilnya harus ditambah dengan nilai konstanta yang telah ditetapkan yaitu 2000.

$$\text{Jadi } X_1 = 1224 + (-1520) + 2000 = 1704$$

Perhitungan diatas berlaku untuk nilai X_0 (+) dari awal hingga akhir pengamatan.

3. Hasil perhitungan dapat dilihat pada skema 3.

Skema 3 :

Tanggal/Jam	X ₀	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	X ₄	Y ₄
	+	2000	2000	2000	2000	2000	2000
7-Jun-2014	2744	1704	2016	1728	2268	2001	2076
8-Jun-2014	2833	1749	1951	1489	1935	1969	2055
9-Jun-2014	2741	1721	2173	1583	1377	1996	1991
10-Jun-2014	2892	1790	2162	1680	960	1982	2084
11-Jun-2014	2862	1796	2274	2074	792	1874	2084
12-Jun-2014	2916	1734	2376	2418	726	1805	1940
13-Jun-2014	2942	1788	2290	2738	932	1877	1904
14-Jun-2014	2871	1791	2233	2919	1181	1902	1845
15-Jun-2014	2804	1748	2228	2974	1480	2041	1770
16-Jun-2014	2829	1715	2009	2987	1615	2055	1805
17-Jun-2014	2630	1798	2286	3064	2002	2221	1868
18-Jun-2014	2611	1779	2223	2917	2203	2214	1997
19-Jun-2014	2706	1676	2104	2766	2438	2137	2214
20-Jun-2014	2653	1775	2137	2359	2491	2071	2017
21-Jun-2014	2877	1851	2111	2059	2385	2044	2039

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4. Penyusunan Skema 4

Pengisian kolom dan baris pada skema 4 yaitu merupakan penjumlahan dari skema 3 dibantu dengan konstanta pengali pada tabel 2. Pada tabel 2 tersaji konstanta pengali untuk 29 piantan dan 15 piantan. Karena pengamatan yang dilakukan hanya 15 hari, maka digunakan ketentuan konstanta pengali untuk 15 piantan.

Contoh perhitungan untuk menyusun skema 4 sebagai berikut:

1. Index 00 untuk X (tambahan) atau X00 positif (+) (tambahan), yaitu nilai perkalian antara X₀ pada skema 3 dan konstanta 0 pada tabel 2, lalu dijumlahkan. Berikut ini cara perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 X00 (+) \text{ tambahan} &= (2744 \times 15) + (2833 \times 1) + (2741 \times 1) + \\
 &(2892 \times 1) + (2862 \times 1) + (2916 \times 1) + \\
 &(2942 \times 1) + (2871 \times 1) + (2804 \times 1) + \\
 &(2829 \times 1) + (2630 \times 1) + (2611 \times 1) + \\
 &(2706 \times 1) + (2653 \times 1) + (2877 \times 1) \\
 &= 80327
 \end{aligned}$$

2. Index 00 untuk Y (tambahan) atau Y00 positif (+) (tambahan), yaitu nilai perkalian antara Y0 pada skema 3 dan konstanta 0 pada tabel 2. Dikarenakan nilai Y0 tidak ada pada skema 3, jadi nilai untuk Y00 positif (+) (tambahan) = tidak ada.

3. Index 10 untuk X (tambahan) atau X10 positif (+) dan negatif (-) (tambahan), yaitu nilai perkalian antara X1 pada skema III dan konstanta 0 pada tabel 2.

$$\begin{aligned}
 \text{a) } X10 (+) \text{ tambahan} &= (1749 \times 1) + (1721 \times 1) + (1790 \times 1) + \\
 &(1796 \times 1) + (1734 \times 1) + (1788 \times 1) + \\
 &(1791 \times 1) + (1748 \times 1) + (1715 \times 1) + \\
 &(1798 \times 1) + (1779 \times 1) + (1676 \times 1) + \\
 &(1775 \times 1) + (1851 \times 1) \\
 &= 24711
 \end{aligned}$$

$$\text{b) } X10 (-) \text{ tambahan} = 15 \times 2000 = 30000$$

4. Index 10 untuk Y (tambahan) berarti Y10 positif (+) dan negatif (-) (tambahan), yaitu nilai perkalian antara Y1 pada skema 3 dan konstanta 0 pada tabel 2.

$$\begin{aligned}
 \text{a) } Y10 (+) \text{ tambahan} &= (1951 \times 1) + (2173 \times 1) + (2162 \times 1) + (2274 \\
 &\times 1) + (2376 \times 1) + (2290 \times 1) + (2233 \times 1) + (2228 \times 1) + \\
 &(2009 \times 1) + (2286 \times 1) + (2223 \times 1) + (2104 \times 1) + (2137 \\
 &\times 1) + (2111 \times 1) = 30557
 \end{aligned}$$

$$\text{b) } Y10 (-) \text{ tambahan} = 15 \times 2000 = 30000$$

5. Index (15) untuk X positif (+) negatif (-) (tambahan) dan untuk Y positif (+) negatif (-) (tambahan) yaitu konstanta ditetapkan bernilai 2000.

$$(15) (+) (-) X = 2000 \text{ dan } (15) (+) (-) Y = 2000$$

6. Begitu seterusnya cara perhitungan index (n) untuk Xn (tambahan), Yn (tambahan), Xn (jumlah) dan Yn (jumlah).

7. Hasil perhitungan dapat dilihat pada skema 4.

Tabel 2 Konstanta pengali untuk menyusun skema 4

Index Kedua	0	2	b	3	c	4	d
Konstanta Perkalian Untuk 29 Hari	-29	-1	0	-1	0	-1	0
Konstanta Perkalian Untuk 15 Hari	-15	1	0	5	0	1	0
Untuk 29 Hari	1	1	0	-1	1	1	0
	1	1	-1	-1	1	1	-1
	1	1	-1	1	1	-1	-1
	1	1	-1	1	1	-1	-1
	1	-1	-1	1	1	-1	1
	1	-1	-1	1	-1	-1	1
	1	-1	-1	1	-1	1	1
Untuk 15 Hari Digunakan Pertengahan 15 Baris	1	-1	0	-1	-1	1	0
	1	-1	1	-1	-1	1	-1
	1	-1	1	-1	-1	-1	-1
	1	-1	1	-1	1	-1	-1
	1	1	1	-1	1	-1	1
	1	1	1	1	1	-1	1
	1	1	1	1	1	1	1
Hari Tengah-Tengah	1	1	0	1	0	1	0
	1	1	-1	1	-1	1	-1
	1	1	-1	1	-1	-1	-1
	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
	1	-1	-1	-1	1	1	1
Untuk 15 Hari Digunakan Pertengahan 15 Baris	1	-1	0	-1	1	1	0
	1	-1	1	1	1	1	-1
	1	-1	1	1	1	1	-1
	1	-1	1	1	-1	-1	-1
	1	1	1	1	-1	-1	1
	1	1	1	1	-1	-1	1
	1	1	1	-1	-1	1	1
Untuk 29 Hari	1	1	0	-1	-1	1	0

Skema 4

Index	Tanda	X	Y	X	Y
		Tambahkan		Jumlah	
0	+	80327		80327	
10	+	24711	30557	-5289	557
	-	30000	30000		
12	+	14074	17712	-267	851
	-	12341	14861		
(15)	(-) (+)	2000	2000		
1b	+	10578	13226	87	239
	-	10491	12987		
13	+	17296	21216	-639	-205
	-	15935	19421		
(15)	(-) (+)	2000	2000		
1c	+	10734	13350	-1452	-1624
	-	12186	14974		
20	+	34027	22517	4027	-7483
	-	30000	30000		
22	+	20902	10996	4049	-4793
	-	14853	13789		
(15)	(-) (+)	2000	2000		
2b	+	11982	6722	-5085	-5507
	-	17067	12229		
23	+	22676	17274	685	-1309
	-	19991	16583		
(15)	(-) (+)	2000	2000		
2c	+	13328	8286	-4452	-4764
	-	17780	13050		
42	+	15776	15292	-637	-1105
	-	14413	14397		
(15)	(-) (+)	2000	2000		
4b	+	11503	12058	-1236	387
	-	12739	11671		
44	+	13905	13706	-4379	-4277
	-	16284	15983		
(15)	(-) (+)	2000	2000		
4d	+	11978	12156	-286	583
	-	12264	11573		

(Sumber: Hasil Perhitungan)

5. Penyusunan Skema 5 dan 6

Kolom dan baris pada skema 5 yaitu pengurangan dari nilai X (jumlah) dan Y (jumlah) pada skema 4 dan dibantu dengan konstanta pengali pada tabel 3 yang telah ditetapkan. Begitu pula untuk mengisi kolom dan baris pada skema 6 yaitu penjumlahan dari nilai X (jumlah) dan Y (jumlah) pada skema 4 dan dibantu dengan konstanta pengali pada tabel 3 yang telah ditetapkan. Dibawah ini tersaji konstanta pengali pada tabel 3 tersebut

Contoh perhitungan untuk menyusun skema 5 dan skema 6 sebagai berikut.

1. Nilai X_{00} pada skema 5 adalah nilai index X_{00} (jumlah) pada skema 4. Jadi, $X_{00} = 80327$
2. Nilai $X_{12} - Y_{1b}$ pada skema 5 adalah hasil pengurangan antara index X_{12} (jumlah) dikurangi dengan index Y_{1b} (jumlah) pada skema 4.

$$X_{12} - Y_{1b} = -267 - 239 = -506$$
3. Nilai $X_{12} - Y_{1b}$ untuk M_2 pada skema V yaitu nilai pengurangan dari $X_{12} - Y_{1b}$ dikali dengan konstanta pengali $X_{12} - Y_{1b}$ untuk M_2 pada tabel 3.

$$X_{12} - Y_{1b} (M_2) = -506 \times 0.07 = -35.42$$
4. Begitu seterusnya cara perhitungan untuk mengisi kolom dan baris pada skema 5 dan skema 6.
5. Hasil perhitungan dapat dilihat pada skema 5 dan 6.

Tabel 3 Konstanta pengali untuk menyusun skema 5 dan 6

Skema 5	$X_{00} =$	1							
	$X_{10} =$					1	-0.01		
	$X_{12} - Y_{1b} =$		0.07			0	1		0.02
	$X_{13} - Y_{1c} =$								
	$X_{20} =$		-0.03	1	-0.03				
	$X_{22} - Y_{2b} =$		1	0.02	0.038	0	-0.06		-0.035
	$X_{23} - Y_{2c} =$		-0.06		1				
	$X_{42} - Y_{4b} =$		0.03						1
	$X_{44} - Y_{4d} =$							1	0.08
Skema 6	$Y_{10} =$					1	-0.08		
	$Y_{12} + X_{1b} =$		0.07			-0.02	1		
	$Y_{13} + X_{1c} =$								
	$Y_{20} =$		-0.03	1	-0.03				
	$Y_{22} + X_{2b} =$		1	0.02	0.032		-0.06		-0.035
	$Y_{23} + X_{2c} =$		-0.06		1				
	$Y_{42} + X_{4b} =$		0.03					0.01	1
	$Y_{44} + X_{4d} =$							1	0.08
		S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4
Untuk Skema VII Konstanta P	696	559	488	566	439	565	507	535	
Untuk Skema VII Konstanta p		333	345	327	173	160	307	318	

Skema 5 dan 6

Skema 5	$X_{00} =$	80327	80327							
	$X_{10} =$	-5289					-5289	52.89		
	$X_{12} - Y_{1b} =$	-506		-35.42			0	-506		-10.12
	$X_{13} - Y_{1c} =$	985								
	$X_{20} =$	4027		-120.81	4027	-120.81				
	$X_{22} - Y_{2b} =$	9556		9556	191.12	363.13	0	-573.36		-334.46
	$X_{23} - Y_{2c} =$	5449		-326.94		5449				
	$X_{42} - Y_{4b} =$	-1024		-30.72						-1024
	$X_{44} - Y_{4d} =$	-4962							-4962	-396.96
Skema 6	$Y_{10} =$	-5289					-5289	423.12		
	$Y_{12} + X_{1b} =$	938		65.66			-18.76	938		
	$Y_{13} + X_{1c} =$	-1657								
	$Y_{20} =$	-7483		224.49	-7483	224.49				
	$Y_{22} + X_{2b} =$	-9878		-9878	-197.56	-316.1		592.68		345.73
	$Y_{23} + X_{2c} =$	-5761		345.66		-5761				
	$Y_{42} + X_{4b} =$	-2341		-70.23					-23.41	-2341
	$Y_{44} + X_{4d} =$	-4563							-4563	-365.04
			S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4

(Sumber: Hasil Perhitungan)

6. Penyusunan Skema 7

Kolom dan baris pada skema 7 merupakan penjumlahan dari skema 5 dan skema 6 dan dibantu dengan konstanta pengali pada tabel 3 dan tabel 4 yang telah ditetapkan, serta data hasil perhitungan f , V , u dan r .

Berikut ini cara perhitungan untuk mengisi skema 7 dan cara perhitungan untuk menentukan nilai f , V dan u sebagai berikut :

1. Baris 1 pada skema 7 untuk V : $PR \cos r$ pada kolom (M2) yaitu penjumlahan semua nilai dalam kolom pada skema 5 (M2). Penjumlahan dilakukan dari kolom atas sampai kolom bawah pada skema 5 (M2).

$$\begin{aligned} V : PR \cos r (M2) &= -35.42 + (-120.81) + 9556 + \\ &\quad (-326.94) + (-30.72) \\ &= 9042.1 \end{aligned}$$

2. Baris 2 pada skema 7 untuk VI : $PR \sin r$ pada kolom (M2) yaitu penjumlahan semua nilai dalam kolom pada skema 6 (M2). Penjumlahan dilakukan dari kolom atas sampai kolom bawah pada skema 6 (M2).

$$\begin{aligned} VI : PR \sin r (M2) &= 65.66 + 224.49 + (-9878) + (345.66) + (-70.23) \\ &= -9312 \end{aligned}$$

3. Baris 3 pada skema 7 untuk PR dicari dengan rumus :

$$PR = \sqrt{(PR \cos r)^2 + (PR \sin r)^2}. \text{ Berikut perhitungannya :}$$

- a) Untuk PR ($S0$) yaitu nilai $S0$ pada skema 5, nilai ini langsung diturunkan karena tidak ada perhitungannya.

$$PR (S0) = 80327$$

- b) PR (M2) pada skema 7 merupakan perhitungan dari akar nilai V : $PR \sin r$ (M2) pada skema 7 dikuadratkan ditambah VI : $PR \cos r$ (M2) pada skema 7 dikuadratkan.

$$\begin{aligned} PR (M2) &= \sqrt{(9042.1)^2 + (-9312)^2} \\ &= 12980 \end{aligned}$$

4. Baris 4 pada skema 7 untuk P didapat dari nilai konstanta pengali pada tabel 3 yang telah ditetapkan nilainya.
5. Baris 5 pada skema 7 untuk f didapat dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

a) Dapatkan nilai : i , D , $(Y-1900)$, $(D+i)$, S , h , P , N terlebih dahulu. Berikut cara perhitungannya :

$$1) i = \frac{Y-1901}{4} = 28.25$$

2) $D = 151$ (bukan tahun kabisat pada bulan Juni) + 15 (hari pertengahan dari pengamatan pasang surut pada bulan Juni 2014).

$$D = 151 + 15 = 166$$

$$3) (Y-1900) = 2014 - 1900 = 114$$

$$4) (D + i) = 166 + 28.25 = 194.25$$

$$5) S = 277,025 + 129,38481(Y-1900) + 13,17640(D+i). \\ = 277,025 + (129,38481 \times 114) + (13,17640 \times 194.25) \\ = 17586.41$$

$$6) h = 280,19 - 0,23872(Y-1900) + 0,98565(D+i) \\ = 280,19 - (0,23872 \times 114) + (0,98565 \times 194.25) \\ = 444.44$$

$$7) P = 344,385 + 40,66249(Y-1900) + 0,11140(D+i). \\ = 344,385 + (40,66249 \times 114) + (0,11140 \times 194.25) \\ = 5001,55$$

$$8) N = 259,157 - 19,32818(Y-1900) - 0,05295(D+i). \\ = 259,157 - (19,32818 \times 114) - (0,05295 \times 194.25) \\ = -1954.54$$

b) mencari nilai f untuk $M2$, $K2$, $O1$, $K1$, $S2$, $P1$, $N2$, $M4$, dan $MS4$ pada skema 7 menggunakan persamaan yang telah ditentukan sebagai berikut :

1) Nilai f :

$$a) f_{M2} = 1,0004 - 0,0373 \cos N + 0,0002 \cos 2N$$

$$f_{M2} = 1,0004 - (0,0373 \times \cos -1954.54) + ((0,0002 \times \cos (2 \times -1954.54)) \\ = 1,03$$

$$b) f_{K2} = 1,0241 + 0,2863 \cos N + 0,0083 \cos 2N - 0,0015 \cos 3N$$

$$f_{K2} = 1,0241 + (0,2863 \cos -1954.54) + (0,0083 \times \cos (2 \times -1954.54)) - (0,0015 \times \cos (3 \times -1954.54)) \\ = 0,77$$

- c) $fO1 = 1,0089 + 0,1871 \cos N + -0,0147 \cos 2N + 0,0014 \cos 3N$
 $fO1 = 1,0089 + (0,1871 \times \cos -1954.54) + (-0,0147 \times \cos (2 \times -1954.54)) + (0,0014 \times \cos (3 \times -1954.54))$
 $= 0,83$
- d) $fK1 = 1,0060 + 0,1150 \cos N - 0,0088 \cos 2N + 0,0006 \cos 3N$
 $fK1 = 1,0060 + (0,1150 \times (\cos -1954.54)) - (0,0088 \times \cos (2 \times -1954.54)) + (0,0006 \times \cos (3 \times -1954.54))$
 $= 0,90$
- e) $fS2 = 1,0$ (tetap)
- f) $fP1 = 1,0$ (tetap)
- g) $fN2 = fM2 = 1,03$
- h) $fM4 = (fM2)^2 = 1,03^2 = 1,07$
- i) $fMS4 = fM2 = 1,03$

6. Baris 6 pada skema 7 untuk (1+W) dapat dilihat pada skema 8, karena pengisiannya merupakan hasil dari perhitungan pada skema 8.

7. Baris 7 untuk V diperoleh dari persamaan berikut:

a) $VM2 = -2S + 2h$
 $VM2 = (-2 \times 17586.41) + (2 \times 444.44)$
 $= -34283.94$

Karena nilainya negatif (-), diusahakan agar nilainya positif (+) dengan cara menambahkan jumlah nilai VM2 dengan kelipatan 360. Nilai kelipatan yang digunakan adalah $96 \times 360 = 34560$.

Jadi nilai $VM2 = -34283.94 + 34560 = 276.06$

b) $VK1 = h + 90$
 $VK1 = 444.44 + 90$
 $= 534.44$

Karena nilainya terlalu besar, diusahakan agar nilainya menjadi lebih kecil dengan cara mengurangi jumlah nilai

VM2 dengan kelipatan 360. Disini nilai kelipatan yang digunakan adalah $1 \times 360 = 360$.

Jadi nilai VK1 = $687,953 - 360 = 174.44$

c) $VO1 = -2S + h + 270$

$$VO1 = (-2 \times 17586.41) + 444.44 + 270$$

$$= -34458.38$$

Karena nilainya negatif (-), diusahakan agar nilainya positif (+) dengan cara menambahkan jumlah nilai VO1 dengan kelipatan 360. Nilai kelipatan yang digunakan adalah $96 \times 360 = 34560$.

Jadi nilai VO1 = $-34458.38 + 34560 = 101.62$

d) $VN2 = -3s + 2h + P$

$$VN2 = (-3 \times 17586.41) + (2 \times 444.44) + 5001,55$$

$$= -46868.80$$

Karena nilainya negatif (-), diusahakan agar nilainya positif (+) dengan cara menambahkan jumlah nilai VN2 dengan kelipatan 360. Nilai kelipatan yang digunakan adalah $131 \times 360 = 47160$.

Jadi nilai VN2 = $-46868.80 + 47160 = 291.20$

e) $VK2 = 2h$

$$VK2 = 2 \times 444.44 = 888.88$$

Karena nilainya terlalu besar, diusahakan agar nilainya menjadi lebih kecil dengan cara mengurangi jumlah nilai VK2 dengan kelipatan 360. Nilai kelipatan yang digunakan adalah $2 \times 360 = 720$.

Jadi nilai VK2 = $888.88 - 720 = 168.88$

f) $VP1 = -h + 270$

$$VP1 = -444.44 + 270 = -174.44$$

Karena nilainya negatif (-), diusahakan agar nilainya positif (+) dengan cara menambahkan jumlah nilai VP1 dengan kelipatan 360. Nilai kelipatan yang digunakan adalah $1 \times 360 = 360$.

Jadi nilai VN2 = $-174.44 + 360 = 185.56$

g) $VM4 = 2(VM2)$

$$VM4 = 2 \times -34283.94 = -68567.88$$

Karena nilainya negatif (-), diusahakan agar nilainya positif (+) dengan cara menambahkan jumlah nilai VM4 dengan kelipatan 360. Nilai kelipatan yang digunakan adalah $191 \times 360 = 68760$

$$\text{Jadi nilai VN2} = -68567.88 + 68760 = 192.12$$

- h) $VMS4 = VM2 = 276.06$
 i) $VS2 = 0$ (tetap)
8. Baris 8 pada skema 7 untuk u diperoleh dari persamaan berikut:
- a) $uM2 = -2,14 \sin N$
 $uM2 = -2,14 \times \sin -1954.54 = 0.92$
- b) $uK2 = -17,74 \sin N + 0,68 \sin 2N - 0,04 \sin 3N$
 $uK2 = -17,74 \times \sin -1954.54 + (0,68 \times \sin(2 \times -1954.54)) - (0,04 \times \sin(3 \times -1954.54))$
 $= 8.19$
- c) $uK1 = -8,86 \sin N + 0,68 \sin 2N - 0,07 \sin 3N$
 $uK1 = -8,86 \times \sin -1954.54 + (0,68 \times \sin(2 \times -1954.54)) - (0,07 \times \sin(3 \times -1954.54))$
 $= 4.40$
- d) $uO1 = 10,80 \sin N - 1,34 \sin 2N + 0,19 \sin 3N$
 $uO1 = 10,80 \times \sin -1954.54 - (1,34 \times \sin(2 \times -1954.54)) + (0,19 \times \sin(3 \times -1954.54))$
 $= -5.87$
- e) $uS2 = 0$ (tetap)
 f) $uP1 = 0$ (tetap)
 g) $uM4 = 2(uM2)$
 $uM4 = 2 \times 0,92 = 1,84$
- h) $uMS4 = uM2 = 0,92$
 i) $uN2 = uM2 = 0,92$

Rekapitulasi Hasil Perhitungan f, V, dan u untuk menyusun skema 7

	f	V	u
M2	1.03	276.06	0.92
S2	1	0	0
N2	1.03	291.20	0.92
K1	0.90	174.44	4.40
O1	0.83	101.62	-5.87
M4	1.07	192.12	1.84
MS4	1.03	276.06	0.92
K2	0.77	168.88	8.19
P1	1	185.56	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

9. Baris 9 pada skema 7 untuk w dapat dilihat pada skema 8, karena pengisiannya merupakan hasil dari perhitungan pada skema 8.
10. Baris 10 pada skema 7 untuk p didapat dari nilai konstanta pengali pada tabel 3 yang telah ditetapkan nilainya.
11. Baris 11 pada skema 7 untuk r ditentukan dari perhitungan tangen $r = \frac{PR \sin r}{PR \cos r}$. Berikut cara perhitungan untuk menentukan nilai tangen r pada skema 7 :
 - a) tangen r (S0) pada skema 7 = tidak ada
 - b) tangen r (M2) pada skema 7 :

$$\begin{aligned}
 \tan r &= \frac{PR \sin r}{PR \cos r} \\
 &= \frac{-9312.4}{9042.1} \\
 &= -1,03
 \end{aligned}$$

Setelah itu nilai hasil pembagian tersebut dicari pendekatan tangen r-nya untuk menentukan nilai r pada tabel 4 yang telah ditetapkan. Penentuan nilai r pada tabel 4 dilihat dari masing-masing tanda positif (+) atau negatif (-) yang

terdapat pada nilai $PR \cos r$ dan $PR \sin r$ pada skema 7 tersebut. Dari hasil perhitungan r untuk M2 ini didapat nilai $r = 314.1$. Demikian seterusnya cara perhitungan untuk mengisi baris 11 pada skema 7.

12. Baris 12 pada skema 7 untuk jumlah g ditentukan dari perhitungan jumlah $g = V + u + w + p + r$. Berikut cara perhitungannya setelah dilakukannya perhitungan w pada skema 8. Contoh perhitungan untuk menentukan nilai g (M2):

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } g &= V + u + w + p + r \\ &= 276.06 + 0.92 + 0 + 333 + 314.15 \\ &= 924.12 \end{aligned}$$

13. Baris 13 pada skema 7 untuk $(n \times 360)$ ditentukan dari kelipatan 360, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi nilai pada jumlah g yang nilainya lebih dari angka 360 dan menambah nilai pada jumlah g yang nilainya negatif, namun tetap tidak lebih dari angka 360. Contoh perhitungan untuk M2:

Karena nilai jumlah $g = 924.12$, maka perlu dikurangi nilai $n \times 360 = 2 \times 360 = 720$.

14. Baris 14 pada skema 7 untuk g ditentukan dari hasil pengurangan dari jumlah g dan $(n \times 360)$ pada skema 7. Contoh perhitungan untuk g (M2) :

$$\begin{aligned} g &= 924.12 - 720 \\ &= 204.1 \end{aligned}$$

15. Baris 15 pada skema 7 menggunakan rumus $A = PR / (P \times f \times (1 + W))$. Sebelumnya, dilakukan perhitungan $(1 + W)$ pada skema 8. Berikut contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai A (S0):

$$\begin{aligned} A &= \frac{PR}{P \times f \times (1+W)} \\ &= \frac{80327}{696} \\ &= 115.4 \end{aligned}$$

Tabel 4. Konstanta Pengali untuk Nilai r pada Skema 7

$\pm \text{tg } r$	$r (^{\circ})$				$\pm \text{tg } r$	$r (^{\circ})$			
0	0	180	180	360	1	45	135	225	315
0.017	1	179	181	359	1.035	46	134	226	314
0.035	2	178	182	358	1.072	47	133	227	313
0.052	3	177	183	357	1.111	48	132	228	312
0.07	4	176	184	356	1.15	49	131	229	311
0.087	5	175	185	355	1.192	50	130	230	310
0.105	6	174	186	354	1.235	51	129	231	309
0.123	7	173	187	353	1.28	52	128	232	308
0.141	8	172	188	352	1.372	53	127	233	307
0.138	9	171	189	351	1.376	54	126	234	306
0.176	10	170	190	350	1.428	55	125	235	305
0.194	11	169	191	349	1.483	56	124	236	304
0.213	12	168	192	348	1.54	57	123	237	303
0.231	13	167	193	347	1.6	58	122	238	302
0.249	14	166	194	346	1.664	59	121	239	301
0.268	15	165	195	345	1.732	60	120	240	300
0.287	16	164	196	344	1.804	61	119	241	299
0.306	17	163	197	343	1.881	62	118	242	298
0.325	18	162	198	342	1.963	63	117	243	297
0.344	19	161	199	341	2.05	64	116	244	296
0.364	20	160	200	340	2.14	65	115	245	295
0.384	21	159	201	339	2.25	66	114	246	294
0.404	22	158	202	338	2.36	67	113	247	293
0.424	23	157	203	337	2.48	68	112	248	292
0.445	24	156	204	336	2.61	69	111	249	291
0.466	25	155	205	335	2.75	70	110	250	290

$\pm \operatorname{tg} r$	$r (^{\circ})$				$\pm \operatorname{tg} r$	$r (^{\circ})$			
0	0	180	180	360	1	45	135	225	315
0.488	26	154	206	334	2.9	71	109	251	289
0.51	27	153	207	333	3.08	72	108	252	288
0.532	28	152	208	332	3.27	73	107	253	287
0.554	29	151	209	331	3.49	74	106	254	286
0.577	30	150	210	330	3.73	75	105	255	285
0.601	31	149	211	329	4.01	76	104	256	284
0.625	32	148	212	328	4.33	77	103	257	283
0.649	33	147	213	327	4.7	78	102	258	282
0.675	34	146	214	326	5.14	79	101	259	281
0.7	35	145	215	325	5.67	80	100	260	280
0.727	36	144	216	324	6.31	81	99	261	279
0.754	37	143	217	323	7.12	82	98	262	278
0.781	38	142	218	322	8.14	83	97	263	277
0.81	39	141	219	321	9.51	84	96	264	276
0.839	40	140	220	320	11.4	85	95	265	275
0.869	41	139	221	319	14.3	86	94	266	274
0.9	42	138	222	318	19.1	87	93	267	273
0.933	43	137	223	317	28.6	88	92	268	272
0.966	44	136	224	316	57.3	89	91	269	271
1	45	135	225	315	>	90	90	270	270
PR cos r	+	-	-	+	PR cos r	+	-	-	+
PR sin r	+	+	-	-	PR sin r	+	+	-	-

Data Nilai r untuk Menyusun Skema 7

	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
V : PR cos r		9042.1	4218.1	5691.3	-5289	-1026.5	-4962	-1765.5
VI : PR sin r		-9312.2	-7680.6	-5852.6	-5307.8	1953.8	-4586.4	-2360.3
tg r		-1.030	-1.821	-1.028	1.004	-1.903	0.924	1.337
r		314.2	298.8	314.2	225.1	117.7	222.7	232.6

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Skema 7

	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄
V : PR cos r =		9042.1	4218.1	5691.3	-5289.0	-1026.5	-4962.0	-1765.5
VI : PR sin r =		-9312.4	-7680.6	-5852.6	-5307.8	1953.8	-4586.4	-2360.3
PR =	80327	12980.0	8762.6	8163.6	7493.1	2207.0	6757.0	2947.6
Tabel 3 : P =	696	559.0	488.0	566.0	439.0	565.0	507.0	535.0
Tabel Nilai: f =		1.03	1.00	1.03	0.90	0.83	1.07	1.03
Skema 7 : 1 + W=		1	1	0.94	0.37	1	1	1
Tabel Nilai : V =		276.1	0.0	291.2	174.4	101.6	192.1	276.1
Tabel Nilai : u =		0.92	0.0	0.92	4.40	-5.87	1.84	0.9
Skema VIII : w =		0	0	0	1.874	0	0	0
Tabel 3 : p =		333	345	327	173	160	307	318
Tabel 4 : r =		314.1	298.8	314.2	225.1	117.7	222.7	232.6
Jumlah = g		924.1	643.8	933.3	578.8	373.5	723.7	827.6
n x 360° =		720	360	720	360	360	720	720
g =		204.1	283.8	213.3	218.8	13.5	3.7	107.6
A = PR/((Px f x(1+W))=	115.4	22.5	18.0	14.8	52.0	4.7	12.5	5.3

(Sumber: Hasil Perhitungan)

7. Penyusunan Skema 8

Kolom dan baris pada skema 8 merupakan perhitungan dari nilai V dan nilai u pada skema 7 dibantu dengan konstanta pengali pada tabel 5 dan data hasil perhitungan f , V , u dan r .

Dalam pelaksanaan perhitungannya, skema 8 dibagi menjadi 3 kelompok perhitungan, antara lain:

1. Menghitung $(1 + W)$ dan w untuk S2 dan MS4 pada baris 6 dan 9 di skema 7
2. Menghitung $(1 + W)$ dan w untuk K1 pada baris 6 dan 9 di skema 7.
3. Menghitung w dan $(1 + W)$ untuk N2 pada baris 6 dan 9 di skema 7.

Berikut cara perhitungan untuk menyusun skema 8 :

1. Menghitung $(1 + W)$ dan w untuk S2 dan MS4 pada baris 6 dan 9 di skema VII :

- a. Baris 1 adalah harga V (K1) pada skema 7.

$$\text{Jadi, } V (K1) = 174.44$$

- b. Baris 2 adalah harga u (K1) pada skema 7.

$$\text{Jadi, } u (K1) = 4.40$$

- c. Baris 3 adalah nilai penjumlahan antara harga V dan harga u .

$$\text{Jadi, } V + u = 174.44 + 4.40 = 178.84$$

- d. Baris 4 adalah nilai w/f (S2) diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan konstanta pada tabel 5. Berikut contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai w/f (S2):

$$y = y_0 + \frac{(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)}(x - x_0)$$

$$\begin{aligned} w/f &= 6 + \frac{(-0.9 - 6)}{(180 - 170)}(178.84 - 170) \\ &= -0.102 \end{aligned}$$

- e. Baris 5 adalah nilai W/f (S2) diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan konstanta pada tabel 5. Berikut contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai W/f (S2):

$$y = y_0 + \frac{(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)}(x - x_0)$$

$$\begin{aligned} W/f &= -0.307 + \frac{(-0.33 - (-0.307))}{(180 - 170)}(178.84 - 170) \\ &= -0.327 \end{aligned}$$

- f. Baris 6 adalah harga f (K2) yang telah dihitung.

$$\text{Jadi, } f \text{ (K2)} = 0,771$$

- g. Baris 7 adalah harga w untuk skema 7 pada baris 9. Berikut contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai w (S2) dan (MS4):

$$\begin{aligned} w &= \frac{w}{f} x f \\ &= -0.102 x 0.771 \\ &= -0.078 \end{aligned}$$

Karena bernilai minus, maka nilai w dianggap 0.

- h. Baris 8 adalah harga W . Berikut contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai W (S2) dan (MS4):

$$\begin{aligned} w &= \frac{W}{f} x f \\ &= -0.327 x 0.771 \\ &= -0.252 \end{aligned}$$

Karena bernilai minus, maka nilai W dianggap 0.

- i. Baris 9 adalah harga $(1 + W)$ untuk skema 8 pada baris 9. Berikut contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai $(1+W)$ (S2) dan (MS4):

$$\begin{aligned} (1 + W) &= 1 + 0 \\ &= 1 \end{aligned}$$

2. Demikian seterusnya cara perhitungan w dan $(1+W)$ untuk K1 dan N2 sesuai ketentuan rumus pada tabel. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada skema 8.

Tabel 5. Konstanta Pengali untuk menyusun skema 8

	S2, MS4, 2MS6		K1, MK3		N2, MN4, 2MN6		
Angle	w/f	W/f	wf	Wf	w	1+W	Angle
	o		o		o		
0	0.7	-0.214	0	0.331	0	1.184	0
10	-6.6	-0.192	-2.5	0.327	1.6	1.182	10
20	-12.3	-0.131	-4.9	0.316	3.1	1.174	20
30	-15.5	-0.046	-7.3	0.297	4.6	1.163	30
40	-16.5	0.047	-9.6	0.271	5.9	1.147	40
50	-15.6	0.134	-11.8	0.239	7.2	1.127	50
60	-13.4	0.207	-13.8	0.201	8.3	1.104	60
70	-10.3	0.258	-15.6	0.157	9.2	1.077	70
80	-6.6	0.284	-17.1	0.107	9.9	1.048	80
90	-2.6	0.284	-18.3	0.053	10.4	1.017	90
100	1.6	0.256	-19.1	-0.003	10.6	0.984	100
110	5.6	0.204	-19.3	-0.06	10.4	0.953	110
120	9.2	0.131	-19	-0.118	10	0.922	120
130	12	0.041	-17.8	-0.173	9.1	0.893	130
140	13.7	-0.058	-15.9	-0.224	7.8	0.807	140
150	13.6	-0.157	-13.1	-0.268	6.2	0.846	150
160	11.2	-0.245	-9.3	-0.302	4.3	0.83	160
170	6	-0.307	-4.9	-0.323	2.2	0.819	170
180	-0.9	-0.33	0	-0.331	0	0.816	180
190	-7.8	-0.308	4.9	-0.323	-0.2	0.819	190

	S2, MS4, 2MS6		K1, MK3		N2, MN4, 2MN6		
Angle	w/f	W/f	wf	Wf	w	1+W	Angle
	o		o		o		
200	-12.6	-0.247	9.3	-0.302	-4.3	0.83	200
210	-14.9	-0.163	13.1	-0.268	-6.2	0.846	210
220	-14.8	-0.067	15.9	-0.224	-7.8	0.867	220
230	-13	0.029	17.8	-0.173	-9.1	0.893	230
240	-9.8	0.115	19	-0.118	-10	0.922	240
250	-6	0.186	19.3	-0.06	-10.4	0.953	250
260	-1.8	0.236	19.1	-0.003	-10.6	0.984	260
270	2.6	0.263	18.3	0.053	-10.4	1.017	270
280	6.9	0.265	17.1	0.107	-9.9	1.048	280
290	10.8	0.241	15.6	0.157	-9.2	1.077	290
300	14.1	0.192	13.8	0.201	-8.3	1.104	300
310	16.5	0.124	11.8	0.239	-7.2	1.127	310
320	17.5	0.039	9.6	0.271	-5.9	1.147	320
330	16.8	-0.051	7.3	0.297	-4.6	1.163	330
340	13.7	-0.133	4.9	0.316	-3.1	1.174	340
350	8	-0.193	2.5	0.327	-0.6	1.182	350
360	0.7	-0.214	0	0.331	0	1.184	360
	Angle is (V+u)		Angle is (2V+u)		Angle is (3V for M2)		
	for K1		for K1		minus (2V for N2)		
	f is f(K2)		f is f(K1)		(2V for N2)		

Tabel Koefisien untuk tahun kabisat

Bulan	Bukan Tahun Kabisat	Tahun Kabisat
Januari	0	0
Februari	31	31
Maret	59	60
April	90	91
Mei	120	121
Juni	151	152
Juli	181	182
Agustus	212	213
September	243	244
Oktober	273	274
November	340	305
Desember	334	335

Skema 8

w dan (1+W) untuk S ₂ , MS ₄	
VII : K ₁ : V =	174.438
VII : K ₁ : u =	4.404
Jumlah : V+u =	178.843
Tabel 5: S ₂ : w/f =	-0.102
Tabel 5: S ₂ : W/f =	-0.327
Nilai : K ₂ : f =	0.771
w/f * f = w =	0.000
W/f * f = W =	0.000
1 + W =	1.000
W dan (1 + W) untuk K ₁	
VII : K ₁ : 2V =	348.877
VII : K ₁ : u =	4.404
Jumlah : 2V + u =	353.281
Tabel 5: K ₁ : w/f =	1.680
Tabel 5:K ₁ : W/f =	0.328
Nilai : K ₁ : f =	0.896
w/f : f = w =	1.874
W/f : f = W =	0.366
1 + W =	1.366
w dan (1+W) untuk N ₂	
VII : M ₂ : 3V =	828.176
VII : N ₂ : 2V =	582.396
Selisih(M ₂ - N ₂)=	245.780
Tabel 5: N ₂ : w =	0.000
Tabel5:N ₂ :1+W =	0.940

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 6. Tambahan skema 8 amplitudo (A) dan simpangan (g) untuk konstanta harmonik K2 dan P1

M2 , O1, M4 =	W = 0 : w = 0
S2 =	f = 1 : V, u = 0
N2, MS4 =	f, u sama dengan M2
M4 =	$f = (f M2)^2$
	= 1.07
	$V = (VM2) \times 2$
	= 552.12
MS4 =	$u = (u M2) \times 2$
	= 1.84
MS4 =	V = V M2
	= 276.06
K2 =	A = A S2 x 0,27
	= 4.85
	S = g S2
P1 =	= 283.8
	A = A K1 x 0,33
	= 17.16
	g = g K1
	= 218.8

(Sumber: Hasil Perhitungan)

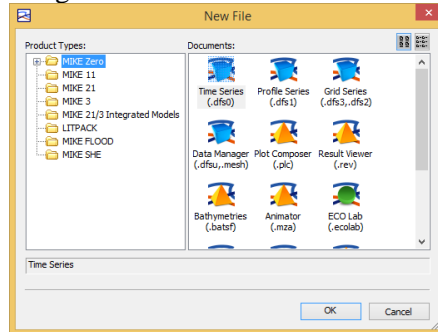
Tabel 7. Hasil Akhir Perhitungan Pasang Surut Metode Admiralty

Hasil Akhir										
	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
A cm	115.4	22.5	18.0	14.8	52.0	4.7	12.5	5.3	4.85	17.16
g °		204.1	283.8	213.3	218.8	13.5	3.7	107.6	283.8	218.8

(Sumber: Hasil Perhitungan)

TUTORIAL MIKE 21

Mike adalah salah satu perangkat lunak permodelan hidrodinamik yang dikembangkan oleh DHI (*Danish Hydrodynamic Institute*). Mike terdiri dari beberapa modul yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Dalam studi ini hanya digunakan modul Mike Zero dan Mike 21. Pada mike zero digunakan modul Time Series (.dfs0) untuk memasukkan data pasang surut dan mesh generator (.mdf) untuk membuat mesh. Pada Mike 21 digunakan Flow Model (.m21) untuk memodelkan arus akibat pasang surut dan Spectral Waves SW (.sw) untuk memodelkan gelombang dan arus akibat gelombang.

Terdapat 4 skenario dalam menganalisis gelombang untuk redesign bangunan pengaman alur masuk pelabuhan puger ini. Skenario tersebut yaitu kondisi eksisting dimana terdapat bangunan groin, dan training jetty, kondisi redesign dengan 3 tipe. Tipe pertama yaitu terdapat bangunan groin, training jetty, dan tambahan training jetty belok ke arah muara. Tipe kedua yaitu terdapat bangunan groin, training jetty, dan breakwater. Serta tipe ketiga yaitu terdapat bangunan groin, training jetty beserta tambahan ke arah luar muara, dan breakwater.

Dari empat skenario tersebut data input yang dimasukkan seperti pasang surut, data gelombang, dsb sama kecuali data mesh. Karena bentuk garis pantai dan bathimetri berbeda pada titik keberadaan bangunan.

A. PENGOLAHAN DATA MENTAH

Pengolahan data merupakan langkah awal sebagai persiapan sebelum menjalankan program Mike. Langkah-langkah tersebut antara lain;

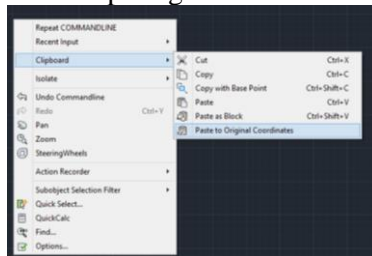
1. Mengolah data angin

Tujuannya untuk mendapatkan data tinggi gelombang, periode gelombang sebagai input pada model spectral wave.

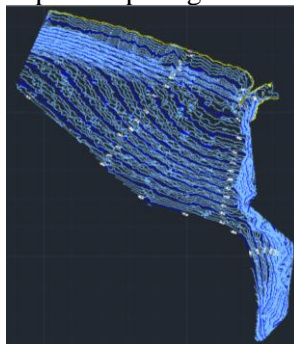
2. Mengolah data topografi dan bathimetri

Data topografi dan bathimetri dalam bentuk .dwg harus dirapikan dan dirubah terlebih dahulu sesuai input yang dibutuhkan mike. Berikut langkah-langkahnya :

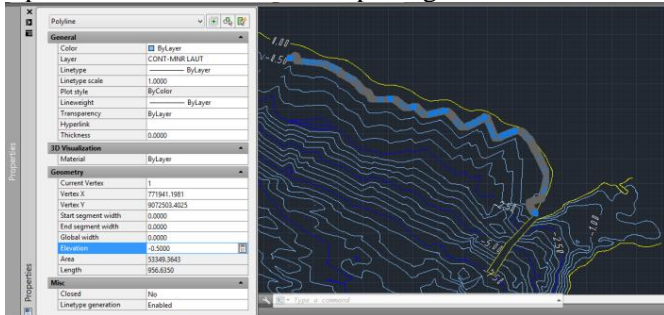
- a. Bangunan yang tidak dibutuhkan pada permodelan dihapus. Karena file tersebut terlalu besar, maka untuk memperkecil ukuran file perlu mengcopy kontur ke file autocad baru. Copy garis kontur dari file lama → Buka autocad baru → klik kanan → pilih clipboard → paste to original coordinates seperti gambar berikut :



Maka muncul tampilan seperti gambar berikut:

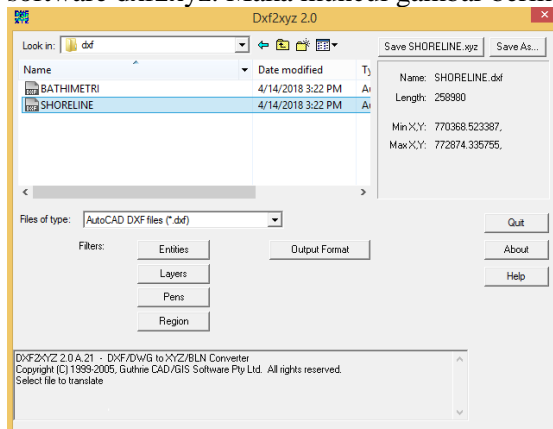


- b. Pastikan telah terdapat informasi elevasi pada garis kontur tersebut. Cek dengan cara select garis kontur → Pilih properties → maka muncul tampilan gambar berikut:

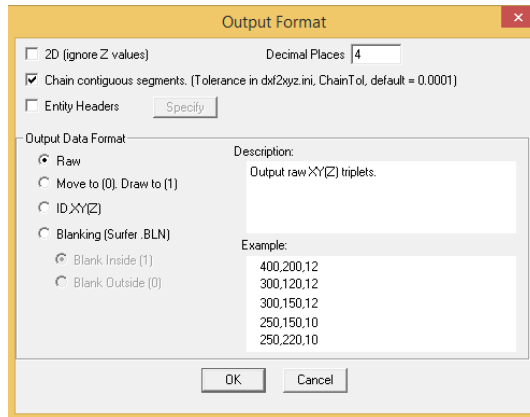


- c. Ubah format input data topografi dan bathimetri sesuai yang diminta oleh mike untuk membentuk mesh generator. Data shoreline dan bathimetri harus dipisah. Karena mike membutuhkan input elevasi 0 (shoreline) secara terpisah dengan kedalaman laut (bathimetri). Mike membutuhkan input dalam bentuk xyz, maka data dwg yang sudah terpisah perlu diubah terlebih dahulu ke dxf untuk selanjutnya di ubah ke xyz menggunakan software dxf2xyz. Berikut langkah-langkahnya :

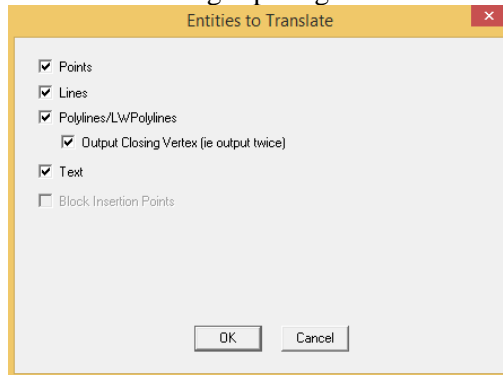
1. Buka software dxf2xyz. Maka muncul gambar berikut:



2. Klik data yang akan diubah ke format xyz. Misal klik shoreline.dxf → output format → centang seperti gambar berikut:



3. Klik Entities → centang seperti gambar berikut:

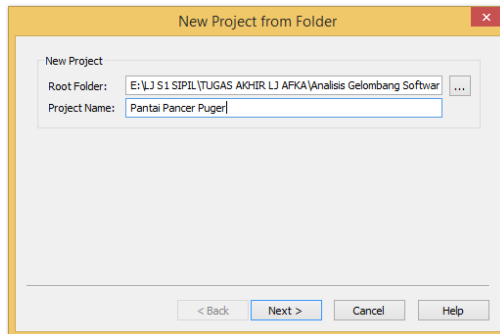


4. Klik save as → pilih folder penyimpanan → beri nama SHORELINE → save → Quit.
5. Ulangi langkah 1 – 4 untuk BATHIMETRI.

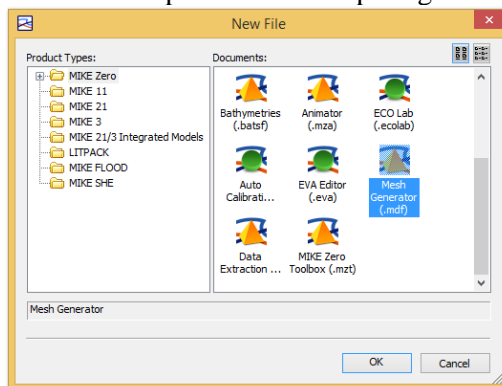
B. MESH GENERATOR

Setelah data input yang dibutuhkan mike siap, pembuatan mesh dapat dimulai. Mesh generator merupakan modul input yang dibutuhkan dalam pendefinisian daerah boundary condition pada model *Spectral Wave* dan *Flow Model*. Pembuatan mesh generator sebagai berikut:

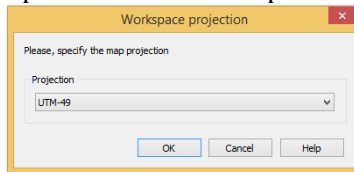
1. Buat folder project dengan cara buka software Mike → Pilih File → New → Project from folder → pilih lokasi folder penyimpanan pada root folder → beri nama folder pada project name → klik next → finish. Tampilan tersebut seperti gambar berikut:



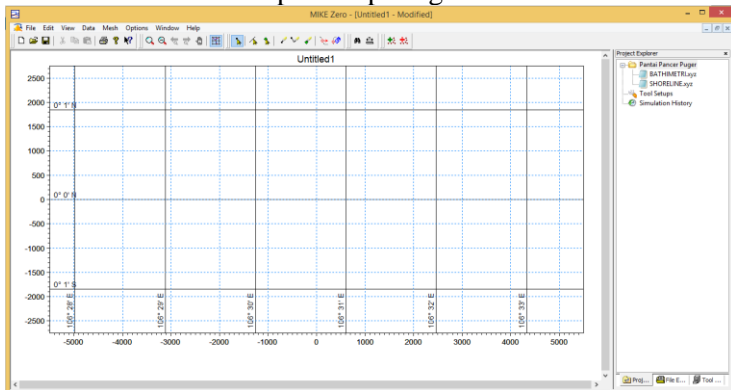
2. Pemilihan modul mesh generator dengan cara → Pilih File → New → File → Pilih Mike Zero → Klik Mesh Generator (.mdf) → klik Ok. Tampilan tersebut seperti gambar berikut:



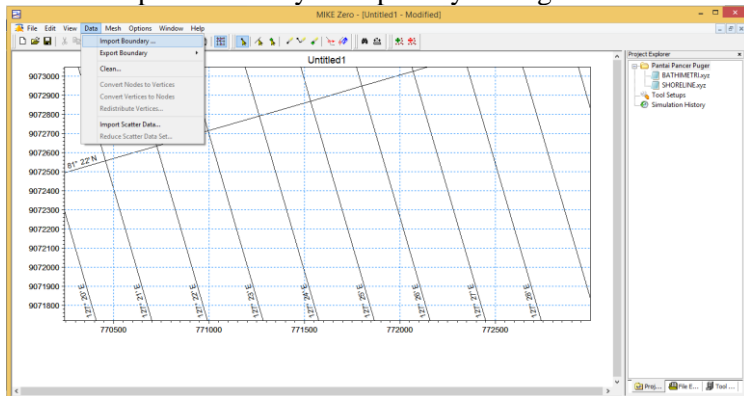
3. Pilih UTM sesuai dengan lokasi studi. Pantai pancer puger terletak pada UTM-49 maka pilih UTM-49 → Klik OK.



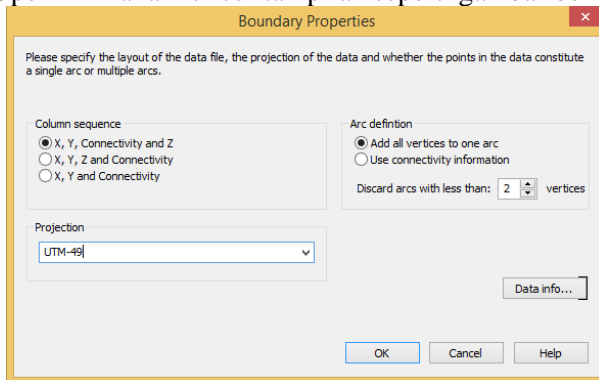
Maka akan muncul tampilan seperti gambar berikut:



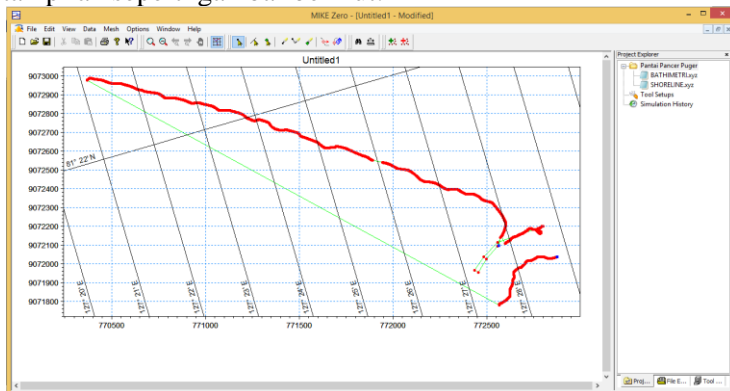
4. Memasukkan data garis pantai (elevasi 0) dengan cara → Pilih Data → Import Boundary. Tampilannya sebagai berikut:



Pilih data garis pantai dengan nama file SHORELINE.xyz → klik Open → maka muncul tampilan seperti gambar berikut:





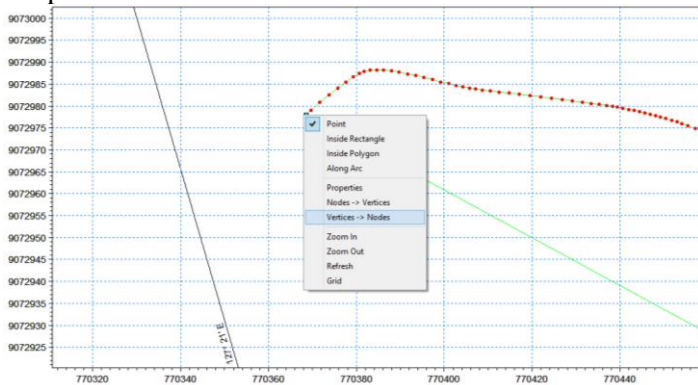
Pada column sequence pilih X, Y, Connectivity and Z. Pada arc definition pilih Add all vertices to one arc. Pada projection pilih UTM-49 sesuai lokasi studi → klik Ok. Maka muncul tampilan seperti gambar berikut:



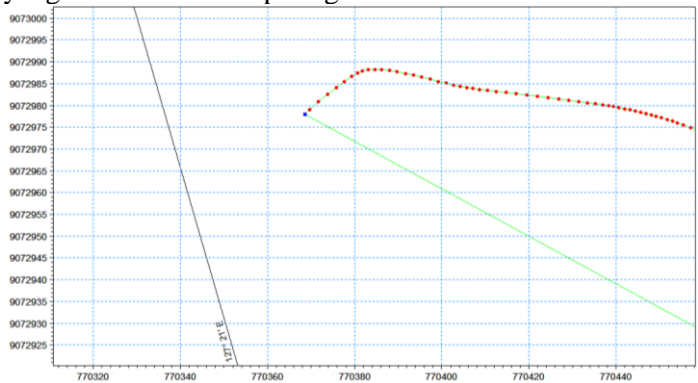
5. Merapikan shoreline

Pada tampilan diatas terlihat garis pantai yang belum rapi. Node garis pantai tidak pada akhir garis pantai sehingga terdapat garis yang tidak diperlukan. Garis tersebut harus dihapus. Titik berwarna biru merupakan node yang merupakan akhir setiap vertice. Cara merapikan shoreline sebagai berikut:

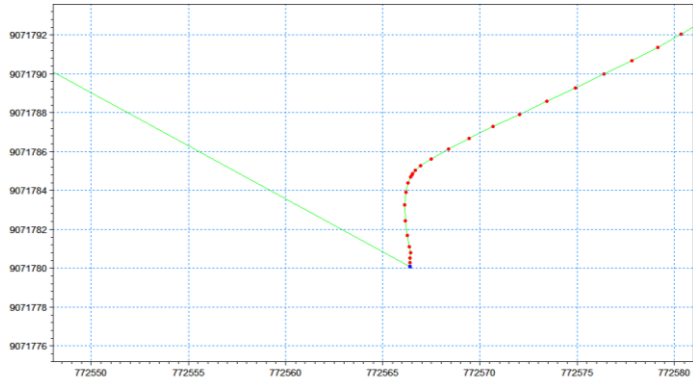
- Zoom in bagian yang akan dirapikan dengan memilih tool 
- Pilih tool select points  → Pilih vertex pada akhir garis pantai → Klik kanan dan pilih vertices – nodes seperti tampilan berikut:




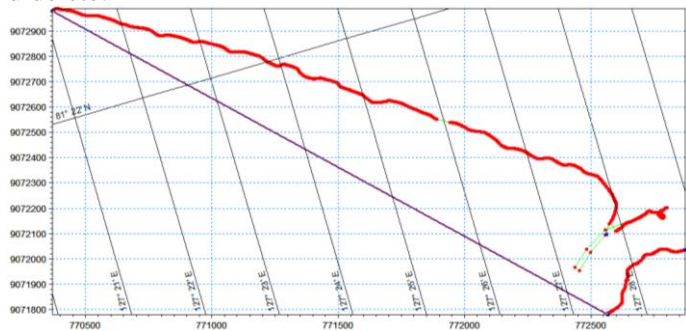
Maka vertex yang berwarna merah berubah menjadi node yang berwarna biru seperti gambar berikut:



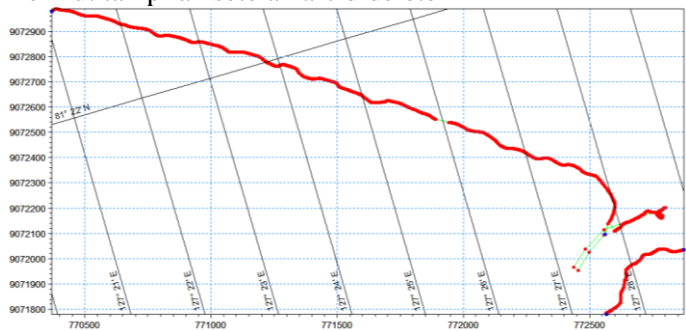
Lakukan hal yang sama untuk vertices sisi lainnya. Sehingga tampil seperti gambar berikut:





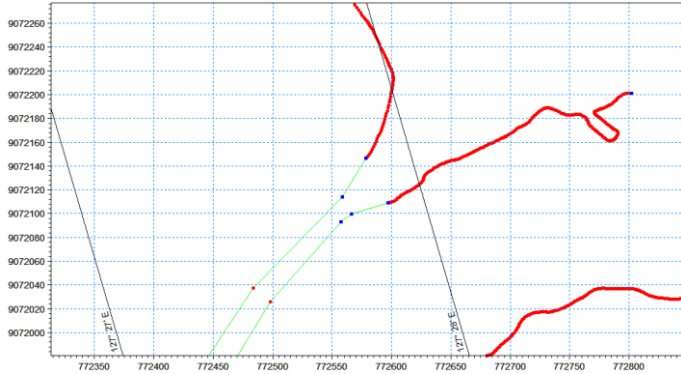
- c. Pilih tool select arcs  → Klik garis atau arc yang ingin dihapus → delete. Berikut tampilan sebelum arc didelete.



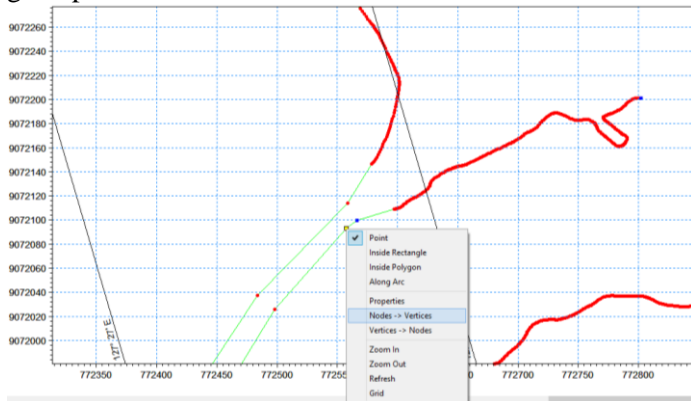
Berikut tampilan setelah arc didelete



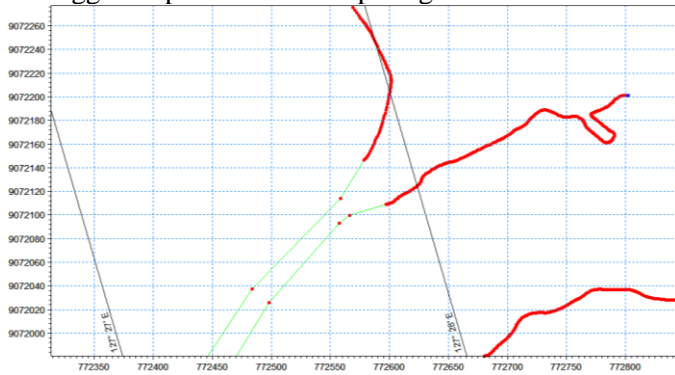
- d. Pilih tool insert nodes  untuk membuat node sebagai titik bantu dalam pembuatan arc.
- e. Pilih tool draw arc  untuk membuat garis penghubung nodes atau arc. Maka tampil gambar sebagai berikut:



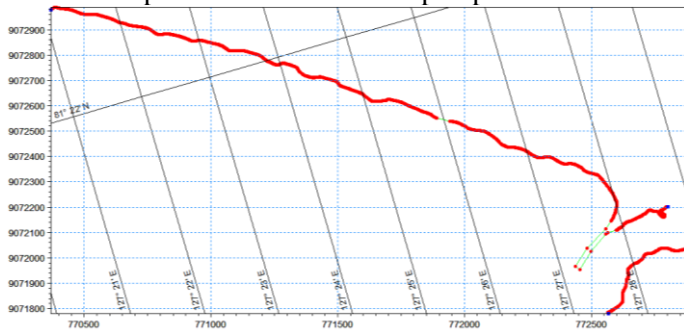
- f. Ubah point yang awalnya berupa node menjadi vertice. Karena point tersebut digunakan untuk menghubungkan garis pantai.



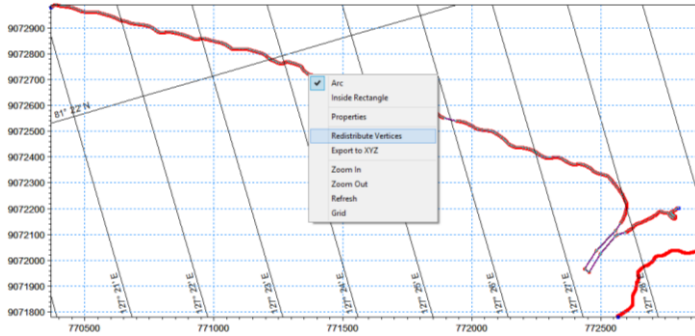
Sehingga tampilan berubah seperti gambar berikut:



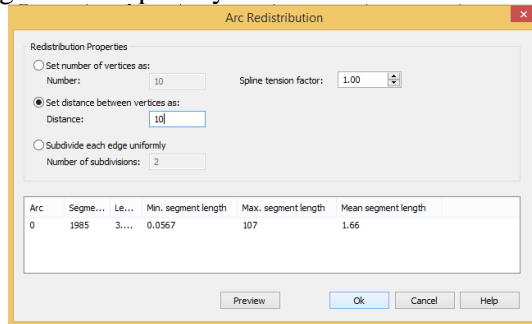
g. Berikut tampilan setelah dilakukan perapian shoreline.



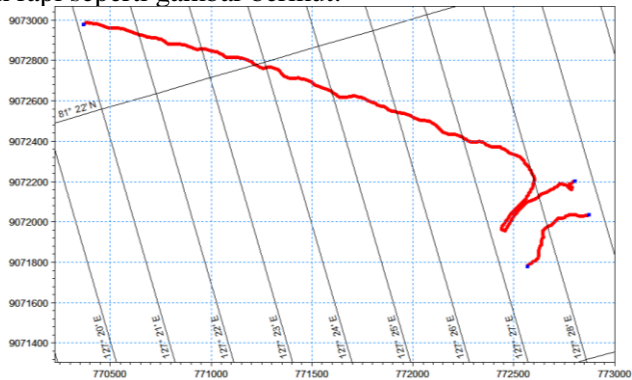
6. Mengatur penyebaran vertices dengan cara pilih tool select arcs → pilih arc yang akan diatur penyebarannya → klik kanan → pilih redistribute vertices seperti gambar berikut:



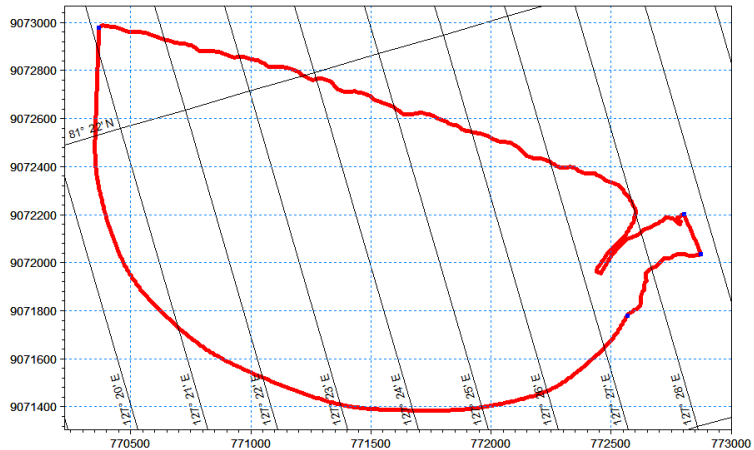
Pilih *set distance between vertices* untuk mengatur jarak yang sama antar vertices → Isi jarak antar distance → klik Ok.
Berikut gambar tampilannya:



Secara keseluruhan tampilan garis pantai berubah menjadi lebih rapi seperti gambar berikut:



7. Menggambar garis sebagai boundary condition menggunakan tool insert nodes, dan draw arc. Bentuk boundary condition sangat berpengaruh terhadap hasil permodelan. Dalam studi ini dibuat boundary melingkar. Dengan cara yang sama seperti langkah sebelumnya terbentuk tampilan seperti gambar berikut:

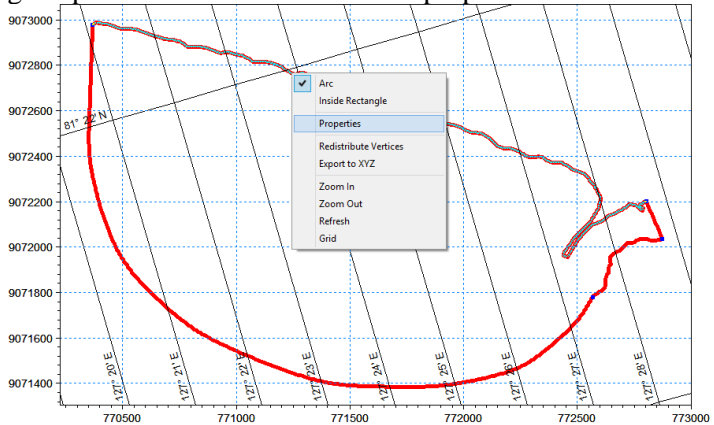


8. Pendefinisian boundary condition.

Definisi boundary condition bertujuan untuk membedakan arc yang menjadi batas lautan (open boundary) dan daratan (close boundary). Pada tabel arc property, terdapat kolom arc, arc attribute, end node attribute, dan start node attribute. Kolom Arc untuk mengisi nomor garis atau arc. Kolom Arc attribute untuk mengisi notasi angka untuk membedakan antara garis batas darat dan garis batas laut. Kolom End node attribute dan start node attribute untuk mengisi node akhir dan node awal dari sebuah garis atau arc dimana penetapan awal dan akhir dari node didasarkan pada arah putaran jarum jam atau searah dengan jarum jam. Arc attribute untuk close boundary atau batas darat yaitu garis pantai dinotasikan angka 0. Sedangkan arc attribute untuk open boundary atau batas laut dinotasikan angka 2 atau lebih

besar. Agar lebih mudah dipahami berikut langkah-langkah pendefinisian arc pada permodelan ini:

- a. Mendefinisikan garis pantai. Klik tool Select arc → Klik garis pantai → Klik kanan → Pilih properties



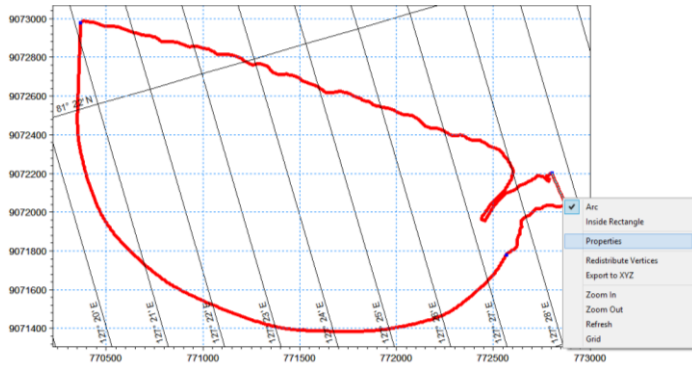
Maka muncul tampilan arc property → pada kolom Arc attribute tulis angka 0 sebagai definisi close boundary → pada End node attribute dan start node attribute tulis angka 2 sebagai identitas awal node → klik Ok.

Arc Property

Arc	Arc attribute	End node attribute	Start node attribute
1	0	2	2

OK
Cancel
Help

- b. Mendefinisikan sungai. Klik tool Select arc → Klik arc sungai → Klik kanan → Pilih properties



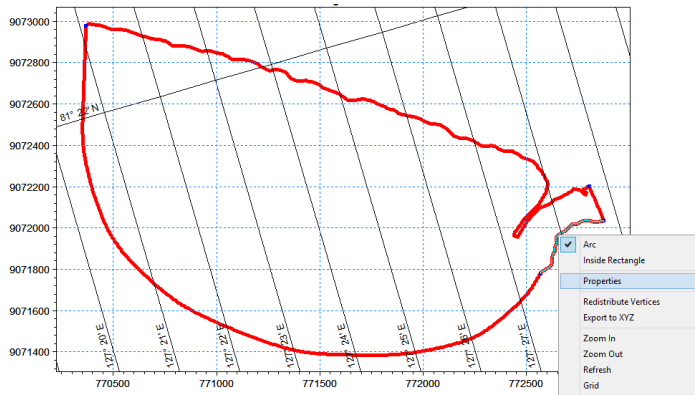
Maka muncul tampilan arc property → pada kolom Arc attribute tulis angka 2 sebagai definisi open boundary → pada End node attribute tulis angka 2 sebagaimana nomer node yang telah di tulis sebelumnya → pada start node attribute tulis angka 3. Penamaan node tersebut urut searah jarum jam dari node sebelumnya → klik Ok.

Arc Property

Arc	Arc attribute	End node attribute	Start node attribute
1	2	2	3

OK
Cancel
Help

- c. Mendefinisikan bukit sebagai shoreline. Klik tool Select arc → Klik arc bukit → Klik kanan → Pilih properties

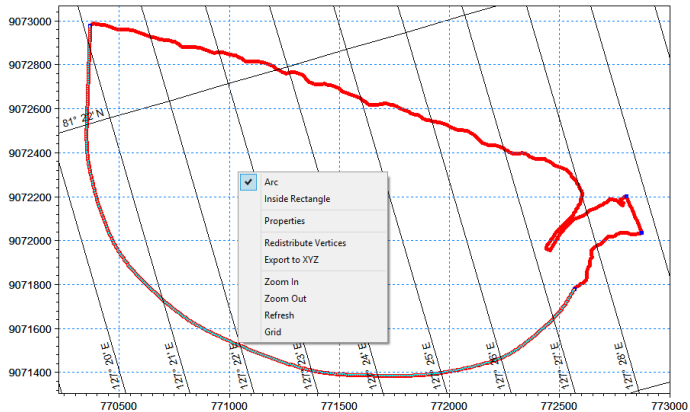


Maka muncul tampilan arc property → pada kolom Arc attribute tulis angka 0 sebagai definisi close boundary → pada End node attribute tulis angka 3 sebagaimana nomer node yang telah di tulis sebelumnya → pada start node attribute tulis angka 4. Penamaan node tersebut urut searah jarum jam dari node sebelumnya → klik Ok.

Arc Property

Arc	Arc attribute	End node attribute	Start node attribute
1	0	3	4

- d. Mendefinisikan laut. Klik tool Select arc → Klik arc laut → Klik kanan → Pilih properties

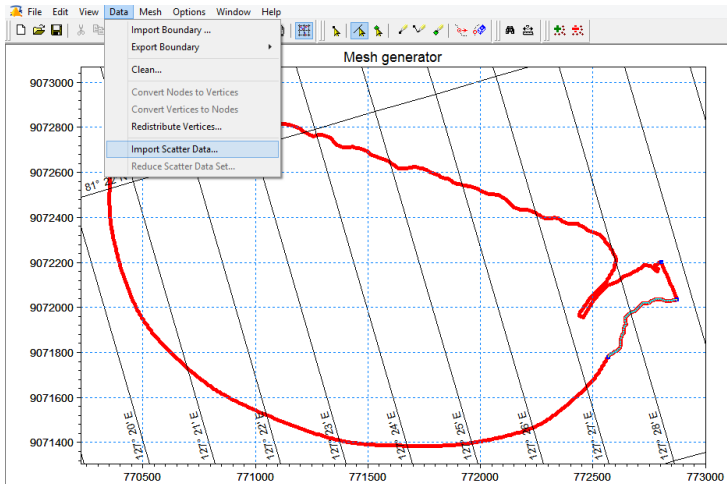


Maka muncul tampilan arc property → pada kolom Arc attribute tulis angka 3 sebagai definisi open boundary → pada End node attribute tulis angka 4 sebagaimana nomer node yang telah di tulis sebelumnya → pada start node attribute tulis angka 2 sebagaimana nomer node awal yang ditulis pada pendefinisian garis pantai → klik Ok.

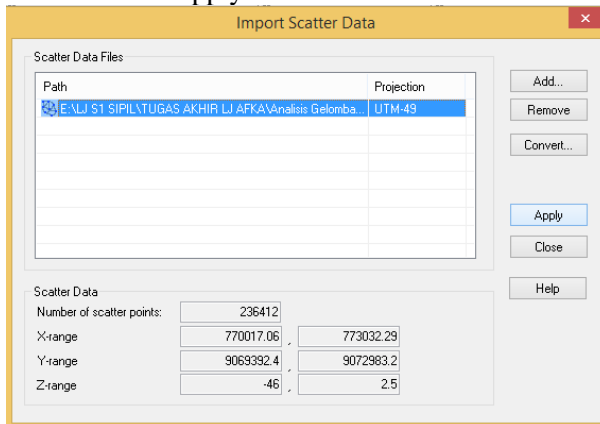
Arc Property

Arc	Arc attribute	End node attribute	Start node attribute
1	3	4	2

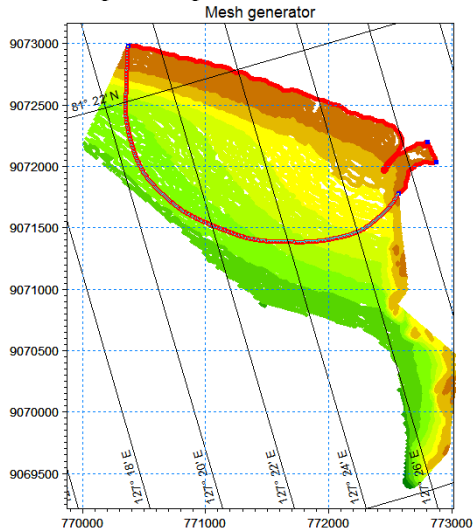
9. Memasukan data bathimetri. Pilih data → klik import scatter data sebagai berikut:



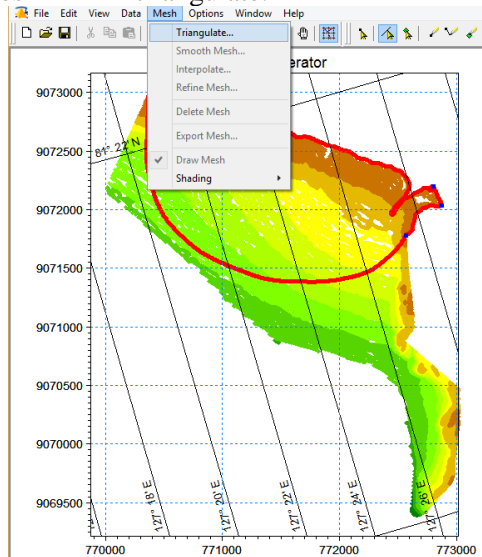
Klik add pada kotak dialog → pilih data bathimetri yang berformat .xyz → klik open → Pilih UTM-49 sesuai lokasi studi → klik Ok → Apply.



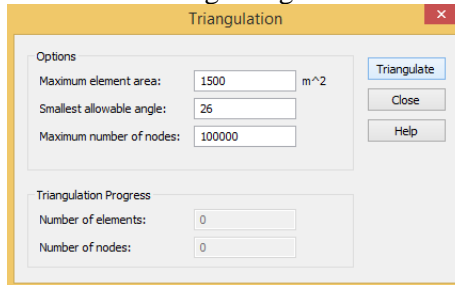
Maka muncul tampilan seperti berikut:



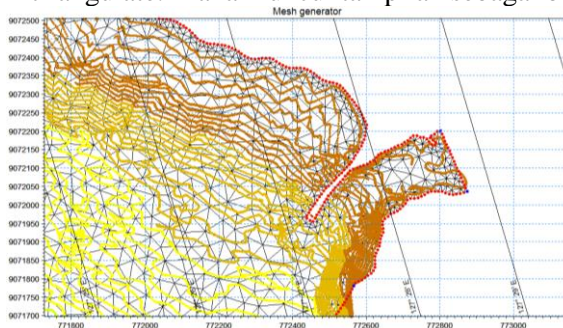
10. Melakukan triangulate yaitu membuat jaring-jaring mesh.
Pilih mesh → klik triangulate.



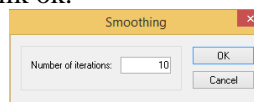
Maka muncul kotak dialog sebagai berikut:



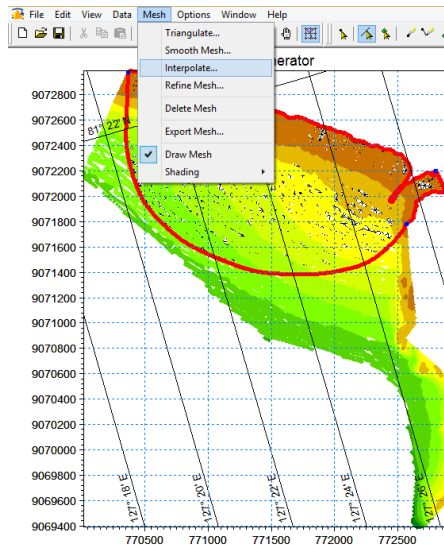
Maximum element area yaitu luas maksimum tiap elemen mesh. Pada studi ini luas maksimum tiap elemen tidak lebih dari 1500 m². Smallest allowable angle yaitu sudut paling kecil yang diizinkan dalam satu elemen mesh. Pada studi ini digunakan sudut 26°. Maximum number of nodes yaitu jumlah node maksimum dalam satu domain model. Pada studi ini jumlah node tidak lebih dari 100000. Pengaturan tersebut dapat diubah sesuai dengan yang dikehendaki → klik triangulate. Maka muncul tampilan sebagai berikut:



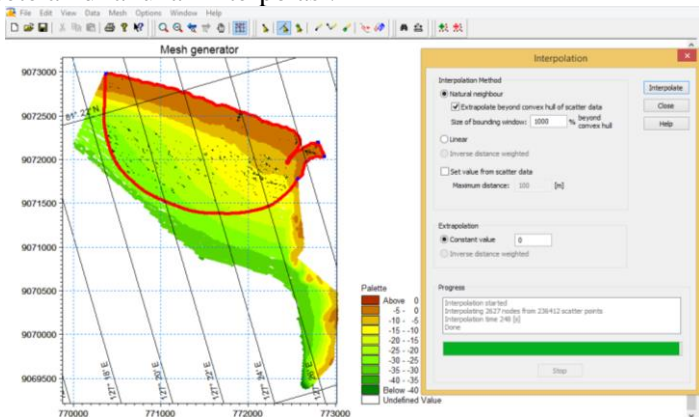
11. Menghaluskan bentuk mesh atau jaring-jaring agar hubungan antara satu elemen mesh dengan elemen yang lainnya lebih rapi. Pilih mesh → klik smooth mesh → masukan number of iteration 10 → klik ok.



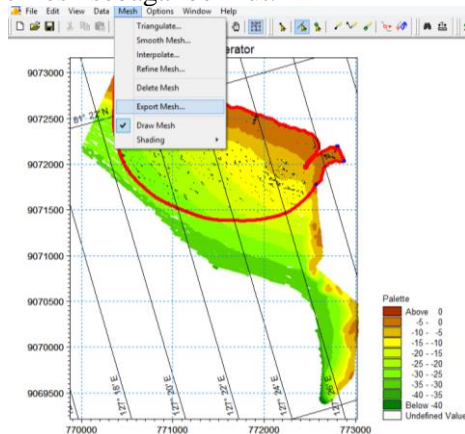
12. Interpolasi mesh. Pilih mesh → Klik interpolate sebagai berikut:



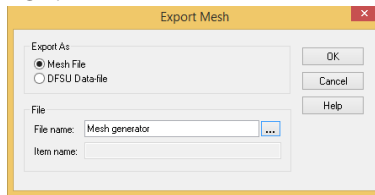
Maka muncul kotak dialog. Pada interpolation method pilih natural neighbour → interpolate → close. Berikut tampilan setelah dilakukan interpolasi.



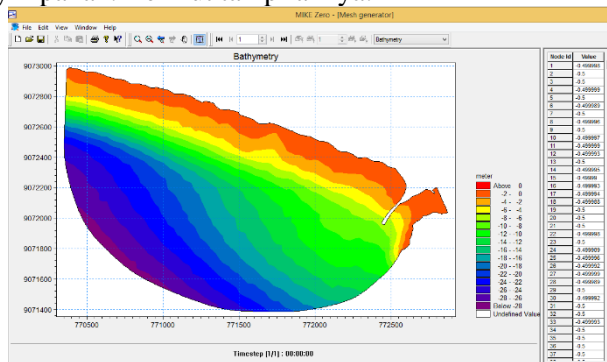
13. Menyimpan hasil pembuatan mesh dengan cara klik mesh → pilih export mesh sebagai berikut:



Muncul kotak dialog seperti dibawah. Tulis nama file → save → klik Ok.



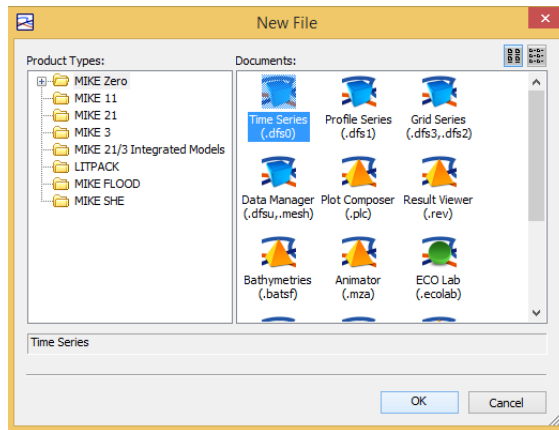
14. Hasil pembuatan mesh dapat dilihat di folder tempat penyimpanan. Berikut tampilannya:



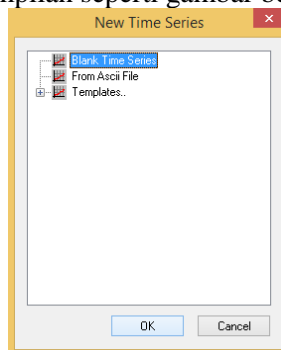
C. TIME SERIES

Modul time series digunakan untuk memasukkan data pasang surut hasil pengamatan di lapangan. File output time series ini digunakan sebagai input pada modul spectral wave dan Flow model. Berikut langkah-langkahnya:

1. Pemilihan modul time series dengan cara → Pilih File → New → File → Pilih Mike Zero → Klik Time Series (.dfs0) → klik Ok.



Maka muncul tampilan seperti gambar berikut:



Pilih Blank Time Series → klik ok

2. Memasukkan data pasang surut. Pada axis type pilih *equidistant calendar axis* → pada start time tulis waktu awal

pengamatan pasang surut dengan format bulan/tanggal/tahun. Maka sesuai data dari lapangan bahwa pengamatan dilakukan dari tanggal 7 Juni 2014 pada jam 8 pagi sampai tanggal 22 Juni 2014 pada jam 7 malam yang artinya selama 15 hari. Sehingga pada start time dimasukkan 6/7/2014 08.00.00 AM → Pada time step nya tulis 15 pada jumlah hari → masukkan 01.00.00 yang artinya interval pengukuran pasang surut per 1 jam → pada No. of time step masukan banyaknya jam dalam jumlah hari pengamatan pasang surut. Maka, $15 \times 24 \text{ jam} = 360 \text{ jam}$. Maka masukkan 360 pada No. of time step → Pada item information tulis Pasang surut pada kolom name dan pilih water level pada kolom type serta pilih meter pada kolom unit → Klik ok sebagai berikut:

File Properties

General Information
Title: Pasang Surut

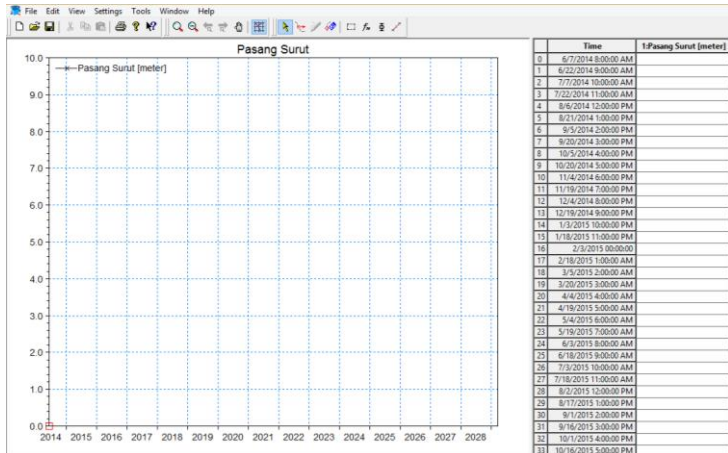
Axis Information
Axis Type: Equidistant Calendar Axis
Start Time: 6/7/2014 8:00:00 AM
Time Step: 15 [days]
01:00:00 [hour:min:sec]
0.000 [fraction of sec.]
No. of Timesteps: 360 Axis Units:

Item Information

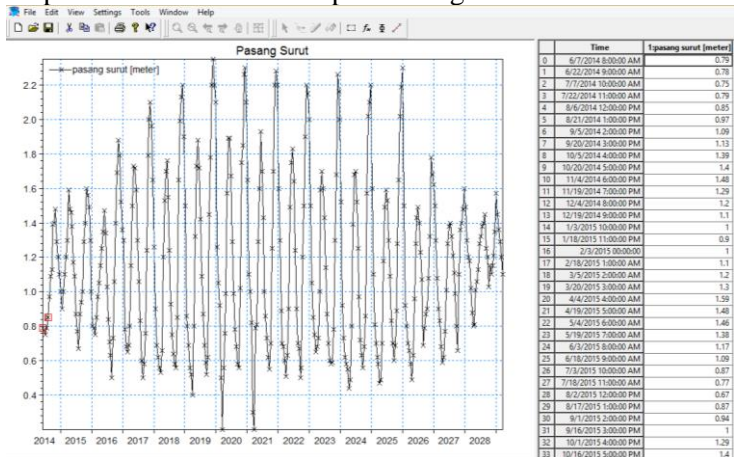
	Name	Type	Unit
1	pasang surut	Water Level	meter

Buttons: OK, Cancel, Help, Insert, Append, Delete, Item Filtering...

- Memasukkan tinggi pengukuran pasang surut. Berikut tampilannya:



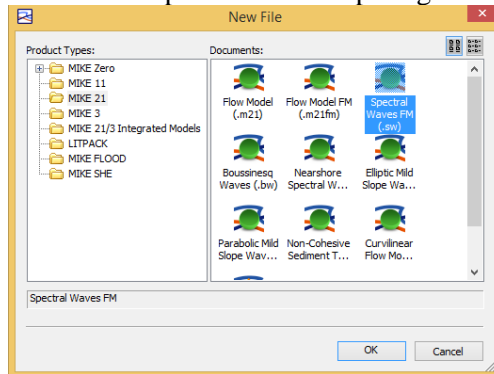
Buka file excel dari data pasang surut → setting data pasang surut dalam satuan meter urut secara vertikal sesuai waktu pengamatan → Copy data tinggi pengukuran pasang surut → klik pada cell Pasang Surut [meter] hingga terblok hitam → paste. Maka muncul tampilan sebagai berikut:



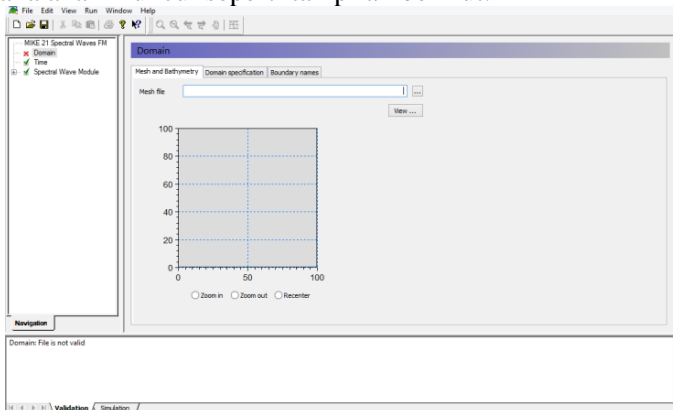
D. SPECTRAL WAVES

Modul *Spectral Wave* digunakan untuk memodelkan gelombang. Input yang dibutuhkan untuk modul ini yaitu hasil pengolahan data mentah atau data-data yang telah dipersiapkan pada modul lain sebelumnya. Misalnya data hasil peramalan gelombang, mesh yang telah dibuat pada modul mesh generator, dan data pasang surut yang telah dimasukkan pada modul time series. Berikut langkah menjalankan modul *Spectral Wave*:

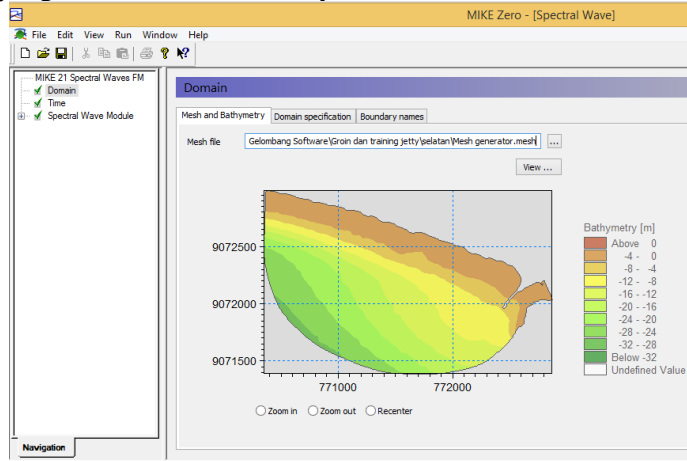
1. Pemilihan modul *Spectral Wave* dengan cara → Pilih File → New → File → Pilih Mike 21 → Klik *Spectral Waves FM* (.sw) → klik Ok. Tampilan tersebut seperti gambar berikut:



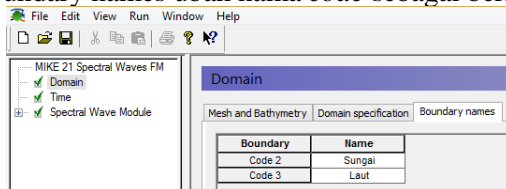
Maka akan muncul seperti tampilan berikut:



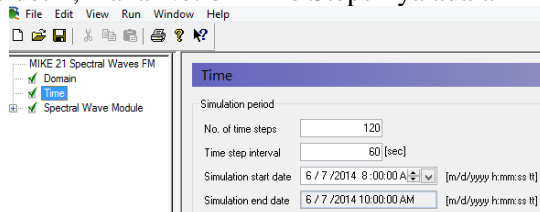
2. Memasukkan input pada domain dengan cara berikut:
 - a. Pada mesh and bathymetry masukkan file mesh generator yang telah dibuat sebelumnya



- b. Pada boundary names ubah nama *code* sebagai berikut:

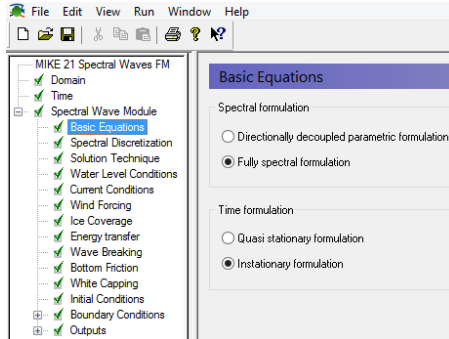


3. Mengatur time span dari pemodelan yang diinginkan tergantung kebutuhan pengguna. Dalam pemodelan ini, simulasi dilakukan untuk 2 jam. Sehingga apabila dikehendaki interval 60 detik, maka No. of Time Steps-nya adalah 120.

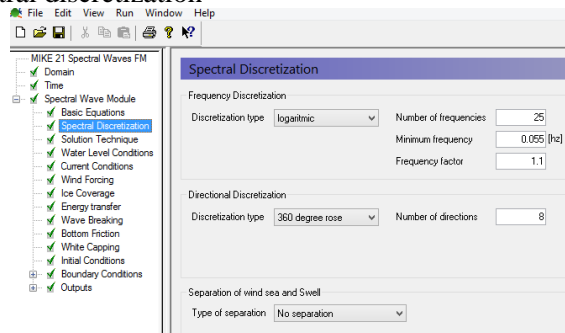


4. Memasukkan input pada *Spectral Wave* module dengan cara berikut:

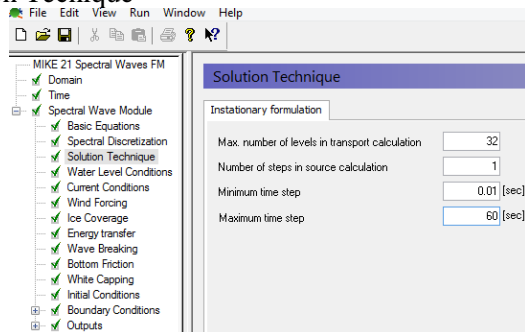
a. Basic Equation



b. Spectral discretization

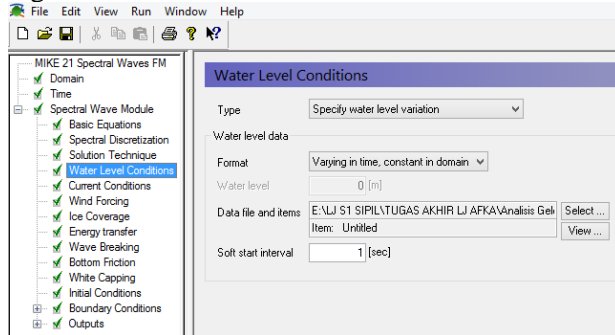


c. Solution Technique



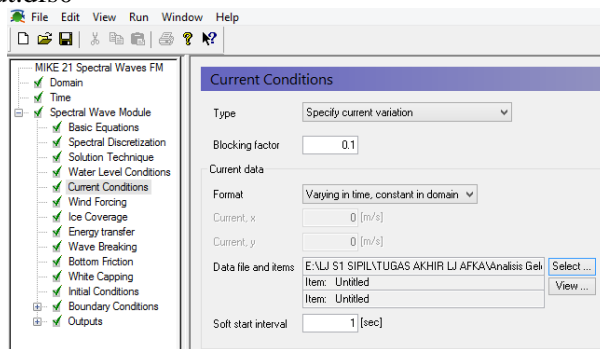
d. Water level condition

Karena kondisi muka air berubah-ubah oleh pengaruh pasang surut, maka pada type pilih specify water level variation → Pada format pilih varying in time, constant in domain → Pada data file and items masukkan data pasang surut yang telah dibuat pada time series dengan nama file pasang surut.dfs0



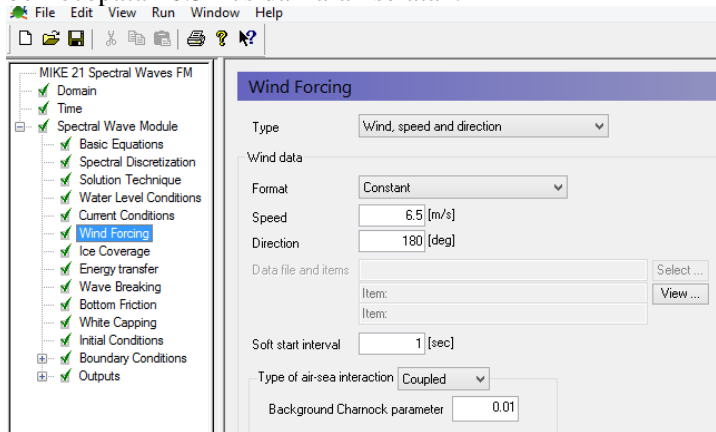
e. Current condition

Pasang surut menimbulkan arus. Karena kondisi pasang surut selalu berubah-ubah, maka kondisi arus juga berubah-ubah. Sehingga pada type dipilih specify current variation → pada format pilih varying in time, constant in domain → Pada data file and items masukkan data pasang surut yang telah dibuat pada time series dengan nama file pasang surut.dfs0



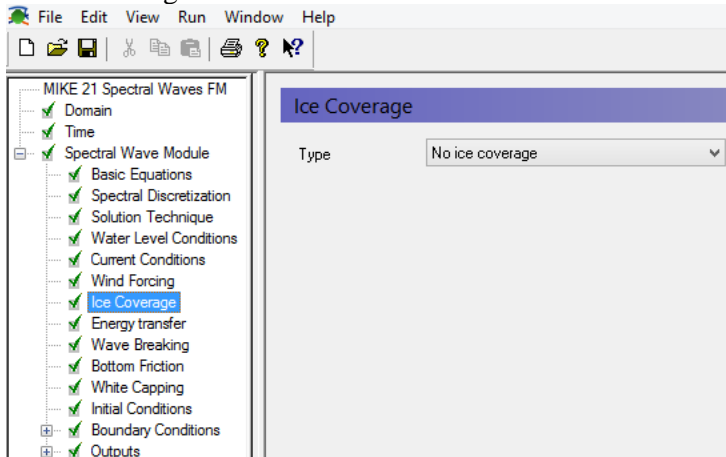
f. Wind forcing

Data yang dimasukkan yaitu kecepatan angin yang menimbulkan gelombang terbesar. Berdasarkan perhitungan hindcasting didapatkan tinggi gelombang terbesar yaitu 1.46 m yang ditimbulkan oleh angin berkecepatan 6.5 m/s dari arah selatan.

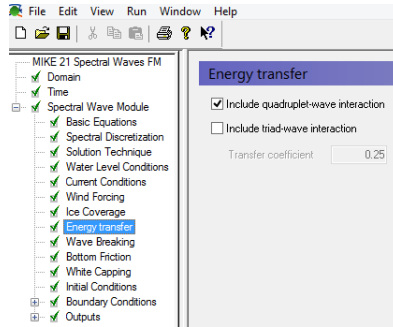


g. Ice coverage

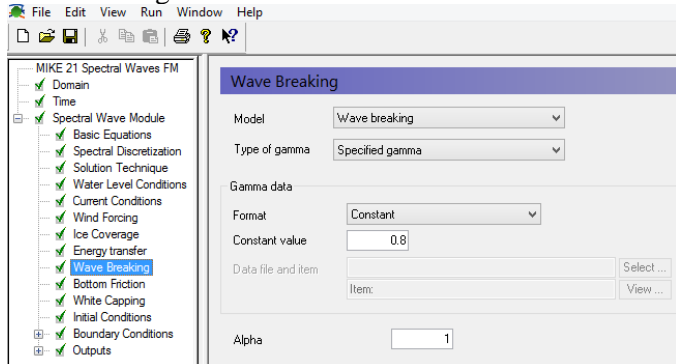
Karena lokasi studi di daerah tropis, maka pada type dipilih no ice coverage.



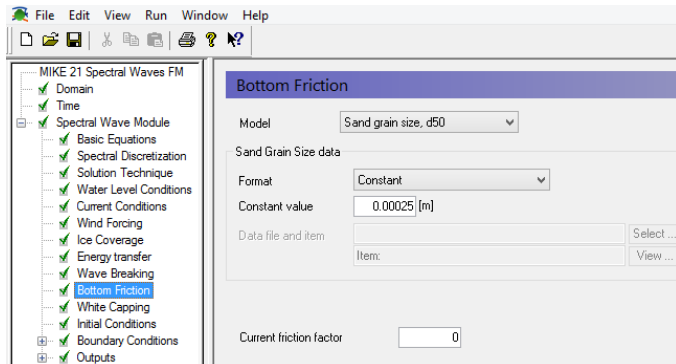
h. Energy transfer



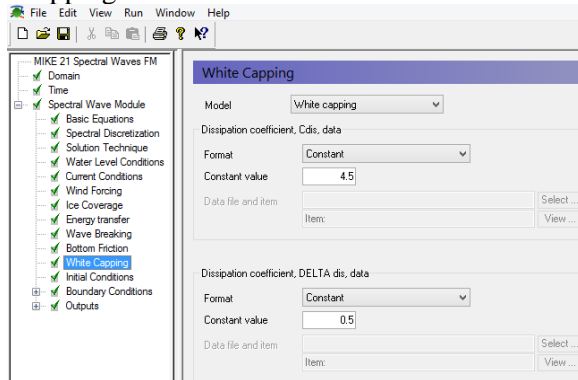
i. Wave breaking



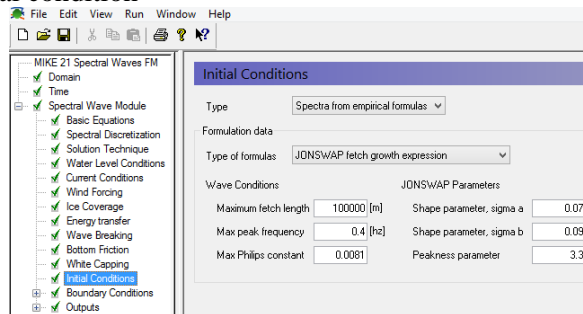
j. Bottom friction



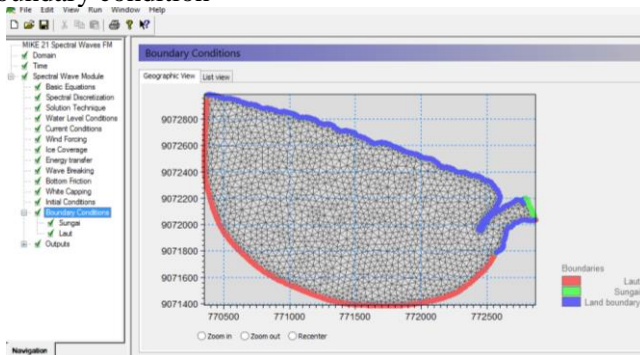
k. White capping



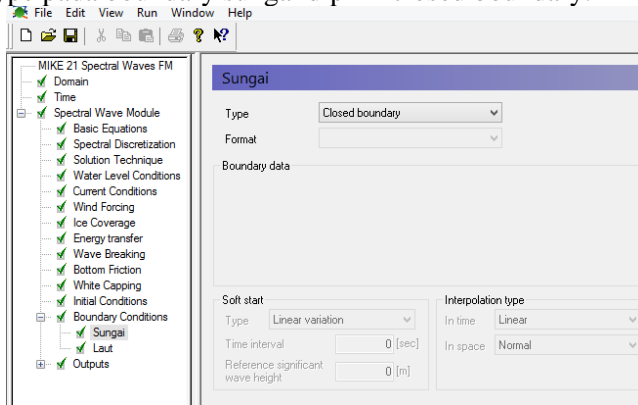
l. Initial condition



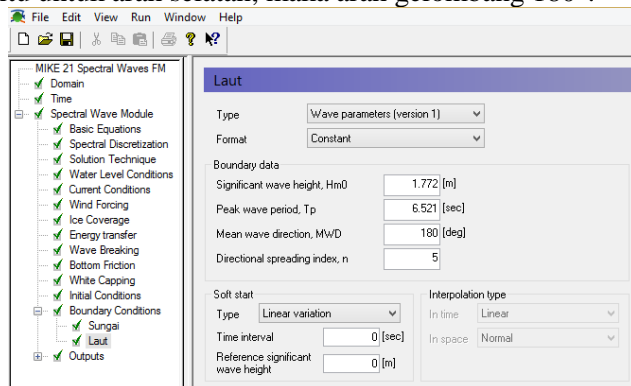
m. Boundary condition



Type pada boundary sungai dipilih closed boundary.

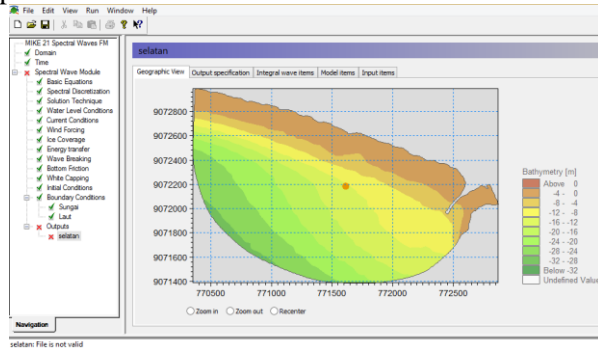


Type pada boundary laut dipilih wave parameter karena merupakan daerah pembangkitan gelombang. Pada boundary data, terdapat beberapa input antara lain tinggi gelombang = 1.772 m merupakan hasil peramalan gelombang periode ulang, periode gelombang = 6.521 detik merupakan hasil pendekatan dari suatu persamaan hubungan tinggi gelombang dan periode gelombang hasil hindcasting. Gelombang datang dari beberapa arah berpengaruh. Jadi, untuk memasukkan arah gelombang dalam permodelan ini harus satu persatu arah. Contoh ini yaitu untuk arah selatan, maka arah gelombang 180°.

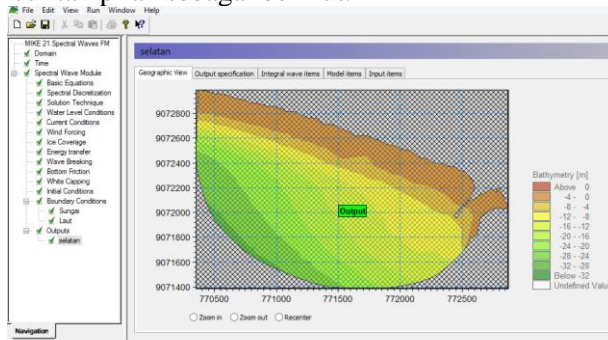


n. Output

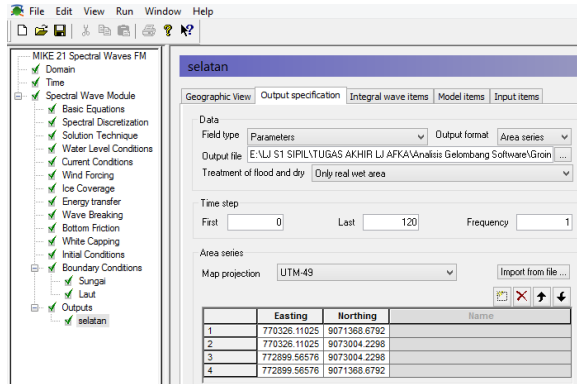
Output digunakan untuk memilih hasil yang ingin ditampilkan. Tulis nama output simulasi, misal “selatan” → klik “go to” untuk mengedit input untuk simulasi. Pada geographic view terdapat titik di tengah domain seperti tampilan berikut:



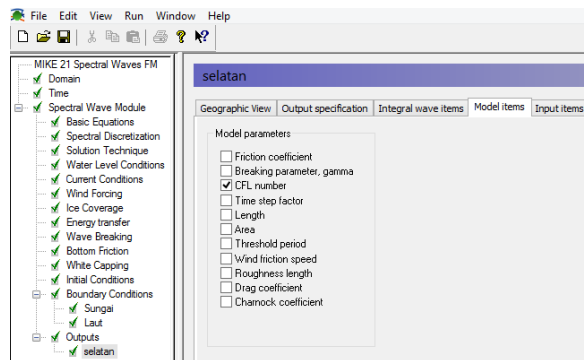
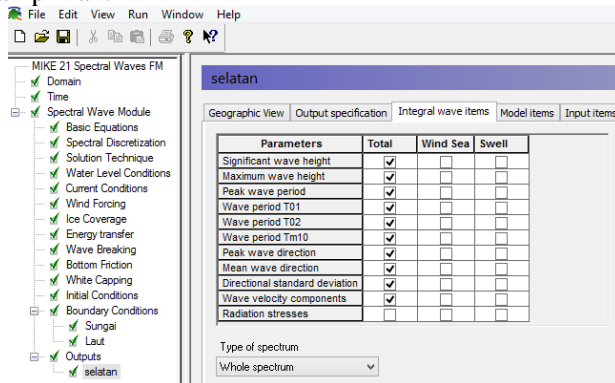
Karena output yang diinginkan untuk seluruh domain, maka pada output format di output specification ubah menjadi area series. Sehingga pada geographic view muncul tampilan sebagai berikut:

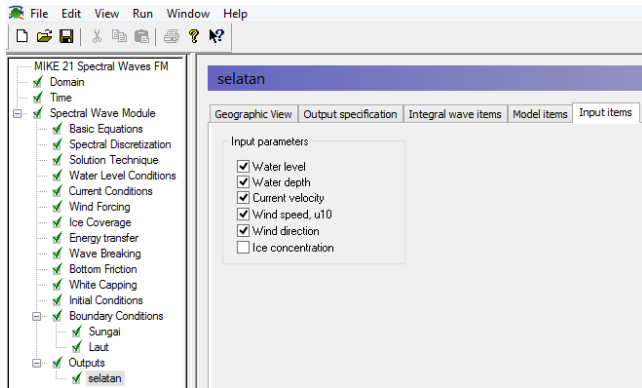


Pada output file pilih lokasi penyimpanan dan nama file output → Pada time step pada kotak first masukkan angka “0” dan pada kotak last masukkan angka “120” → pastikan UTM sesuai dengan lokasi studi. Berikut tampilannya:

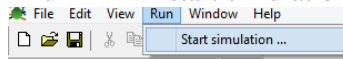


Pada integral wave items pilih parameter output yang ingin ditampilkan.

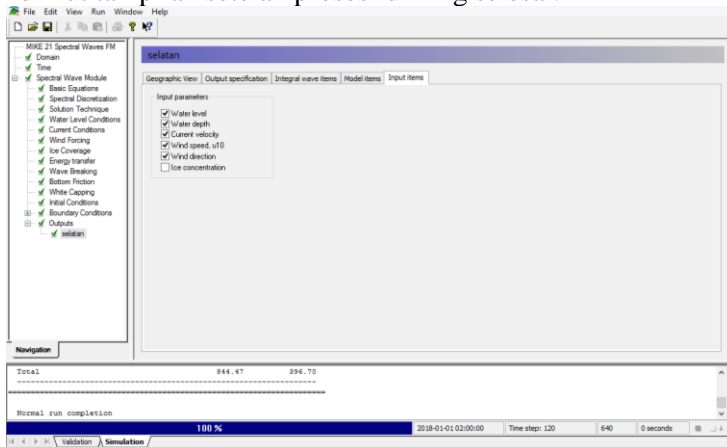




5. Running. Pilih run → klik start simulation.



Berikut tampilan setelah proses running selesai.

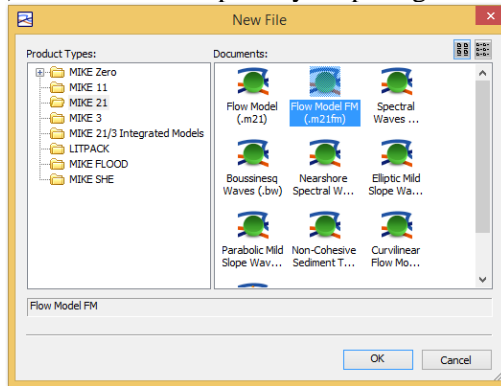


Tampilan tersebut menunjukkan bahwa permodelan gelombang telah berhasil dilakukan.

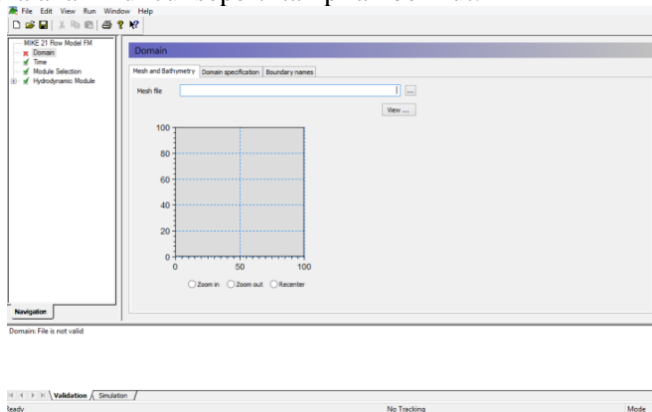
E. FLOW MODEL

Modul Flow Model digunakan untuk memodelkan arus akibat pasang surut. Input yang dibutuhkan untuk modul ini yaitu hasil pengolahan data mentah seperti data debit sungai dan data-data yang telah dipersiapkan pada modul lain sebelumnya. Misalnya data hasil mesh yang telah dibuat pada modul mesh generator, data pasang surut yang telah dimasukkan pada modul time series. Berikut langkah menjalankan modul Flow Model:

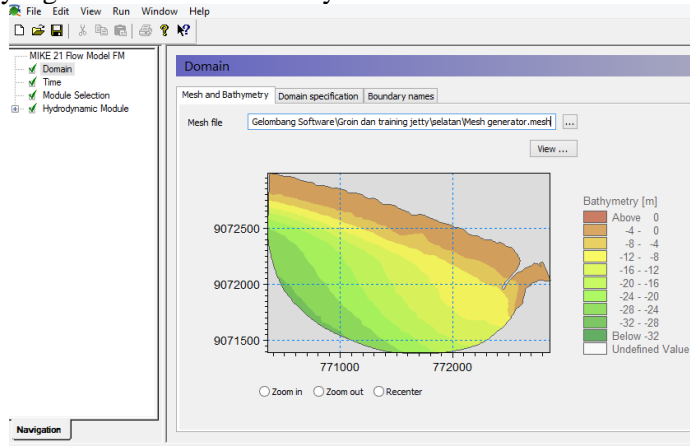
1. Pemilihan modul Flow Model dengan cara → Pilih File → New → File → Pilih Mike 21 → Klik Flow Model FM (.m21fm) → klik Ok. Tampilannya seperti gambar berikut:



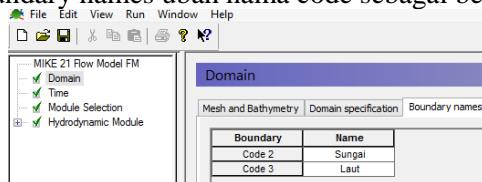
Maka akan muncul seperti tampilan berikut:



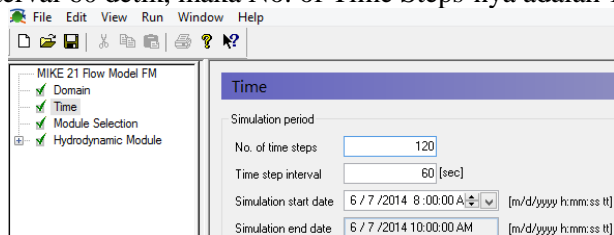
2. Memasukkan input pada domain dengan cara berikut:
 - a. Pada mesh and bathymetry masukkan file mesh generator yang telah dibuat sebelumnya



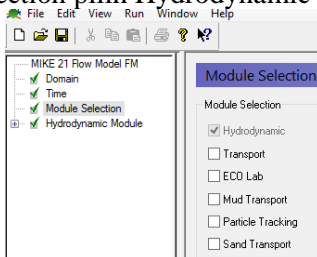
- b. Pada boundary names ubah nama code sebagai berikut:



3. Mengatur time span dari pemodelan yang diinginkan tergantung kebutuhan pengguna. Dalam permodelan ini, simulasi dilakukan untuk 2 jam. Sehingga apabila dikehendaki interval 60 detik, maka No. of Time Steps-nya adalah 120.

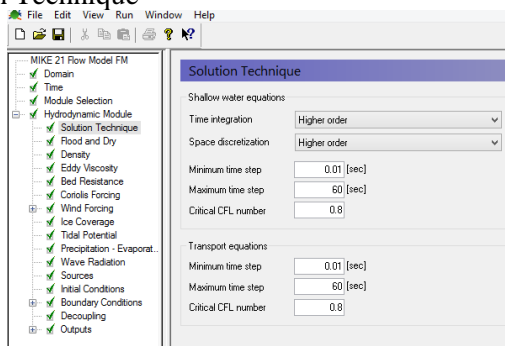


4. Pada Module Selection pilih Hydrodynamic



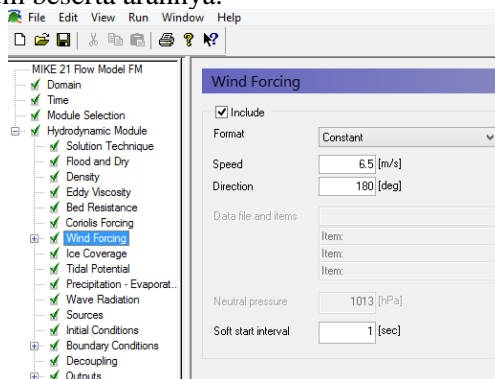
5. Memasukkan input pada *Hydrodinamic module* dengan cara berikut:

a. Solution Technique



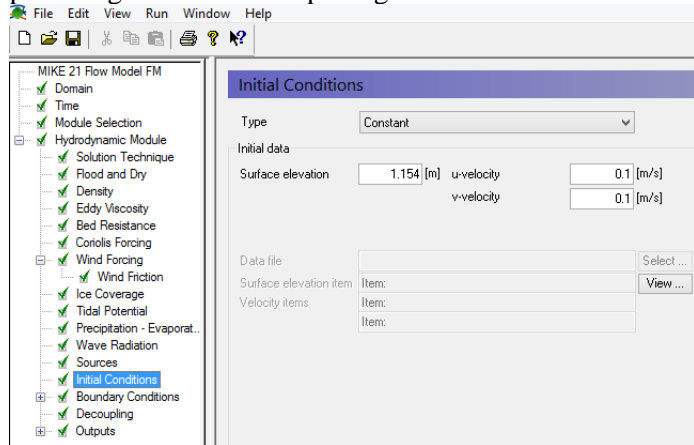
b. Wind Forcing

Masukkan kecepatan angin yang menyebabkan gelombang maksimum beserta arahnya.

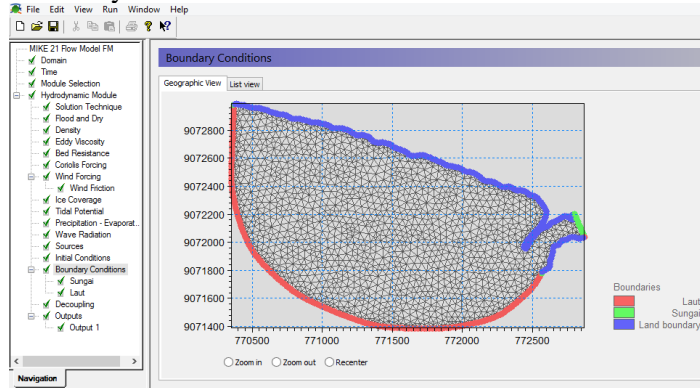


c. Initial conditions

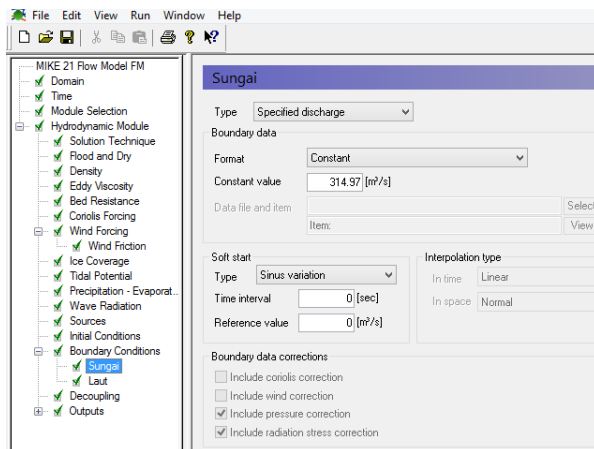
Pada surface elevation masukkan nilai MSL hasil perhitungan data mentah pasang surut.



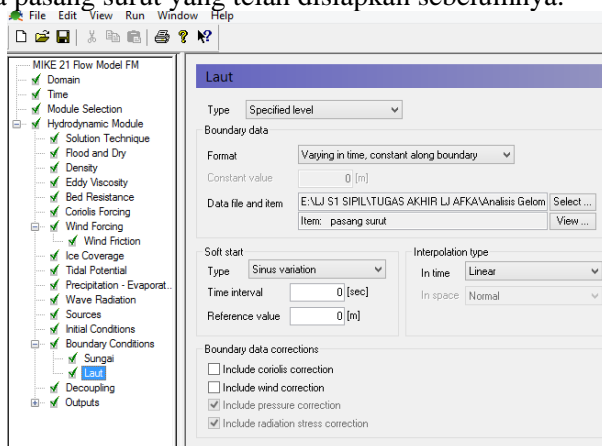
d. Boundary Conditions



Karena daerah studi merupakan muara, maka pada boundary sungai pilih type specified discharge dengan format constant kemudian masukkan debit sungai.

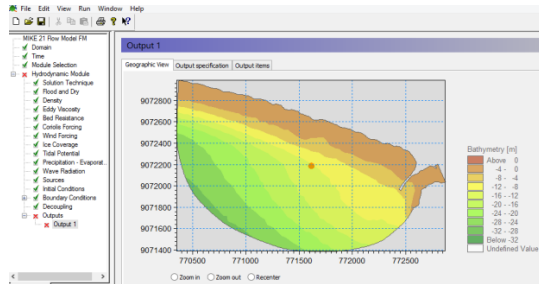


Pada boundary laut pilih type specified level dengan format varying time, constant along boundary kemudian masukkan data pasang surut yang telah disiapkan sebelumnya.

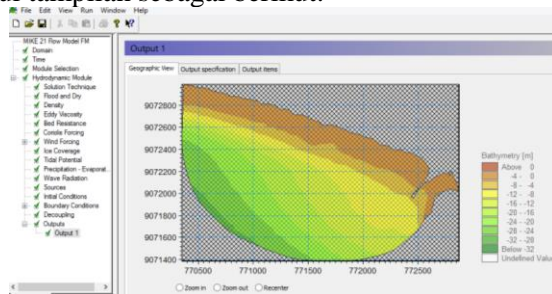


e. Output

Output digunakan untuk memilih hasil yang ingin ditampilkan. Tulis nama output simulasi, misal “Output 1” → klik “go to” untuk mengedit input untuk simulasi. Pada geographic view terdapat titik di tengah domain seperti tampilan berikut:



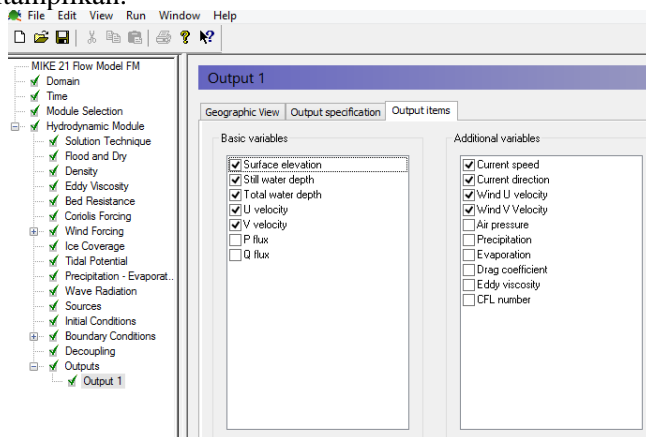
Karena output yang diinginkan untuk seluruh domain, maka pada output format di output specification ubah menjadi area series. Sehingga pada geographic view muncul tampilan sebagai berikut:



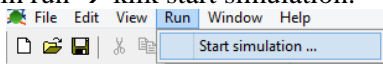
Pada output file pilih lokasi penyimpanan dan nama file output → Pada time step pada kotak first masukkan angka “0” dan pada kotak last masukkan angka “120” → pastikan UTM sesuai dengan lokasi studi. Berikut tampilannya:

	Easting	Northing	Layer no.	Name
1	770326.11025	9071368.6792		
2	770326.11025	9073004.2296		
3	772899.56576	9072004.2296		
4	772899.56576	9071368.6792		

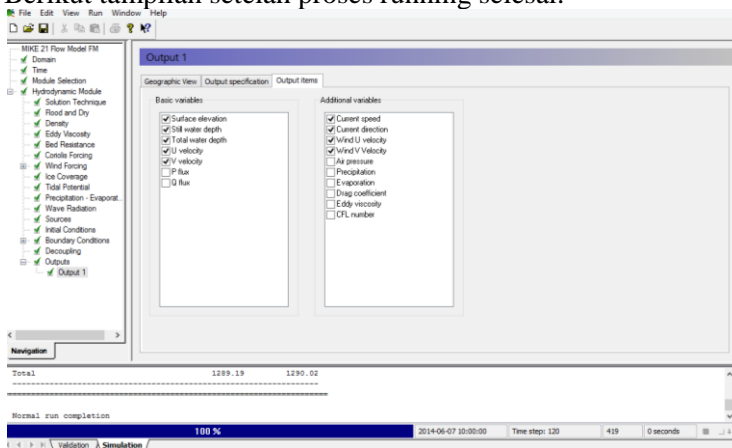
Pada Output items pilih parameter output yang ingin ditampilkan.



6. Running. Pilih run → klik start simulation.



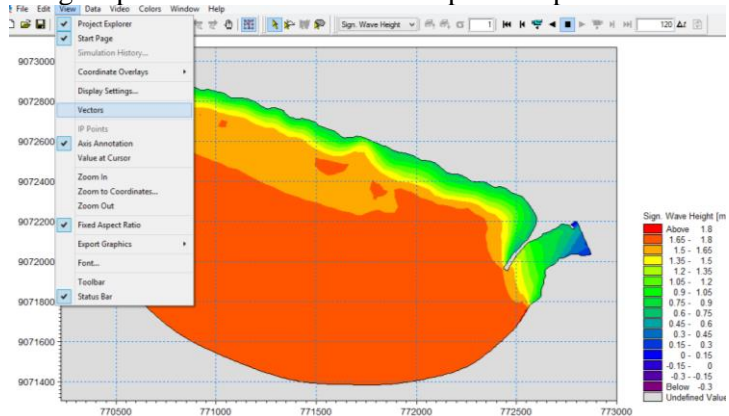
Berikut tampilan setelah proses running selesai.



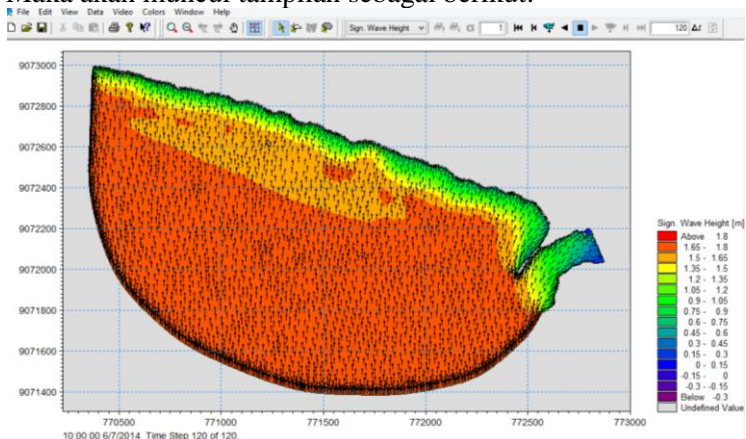
F. OUTPUT PERMODELAN

Hasil Output dari modul spectral wave dan modul flow model dapat dilihat menggunakan data viewer. Animasi output tersebut dapat dijalankan dengan klik tool play forward.

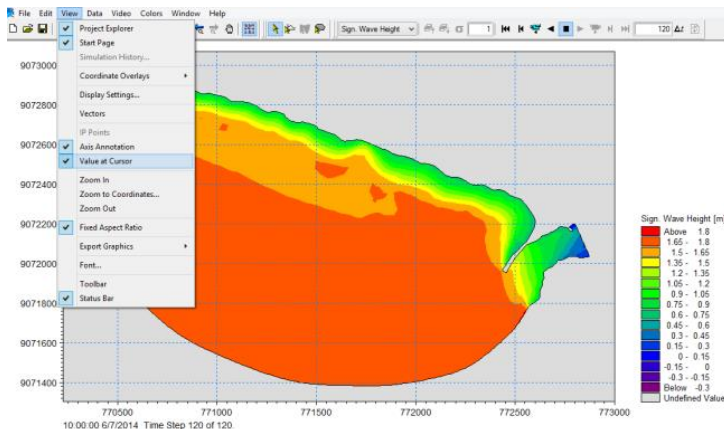
- a. Untuk menampilkan arah gelombang dari laut dalam ke laut dangkal pilih view → klik vector. Seperti tampilan berikut:



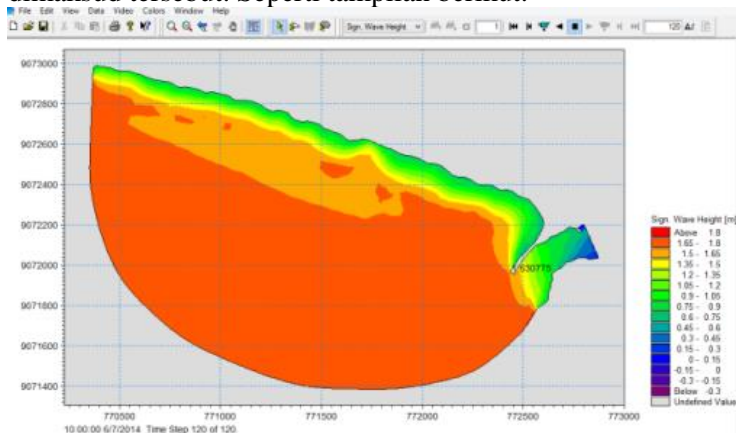
Maka akan muncul tampilan sebagai berikut:



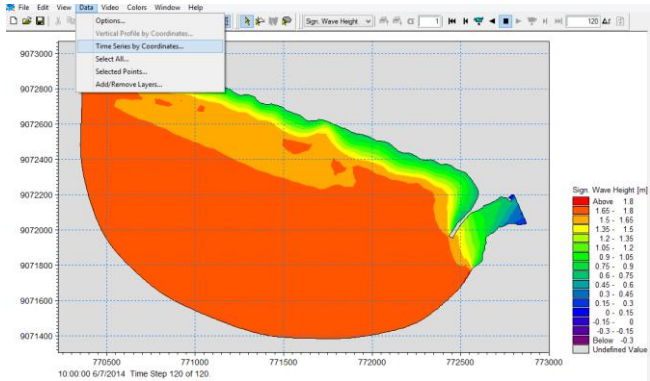
- b. Untuk mengetahui tinggi gelombang di titik-titik yang diinginkan, pilih View → Klik view at cursor. Seperti tampilan berikut:



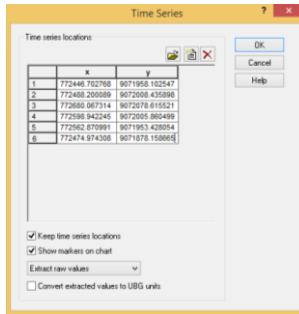
Misal ingin menampilkan tinggi gelombang di depan bangunan training jetty, maka kursor diarahkan ke titik yang dimaksud tersebut. Seperti tampilan berikut:



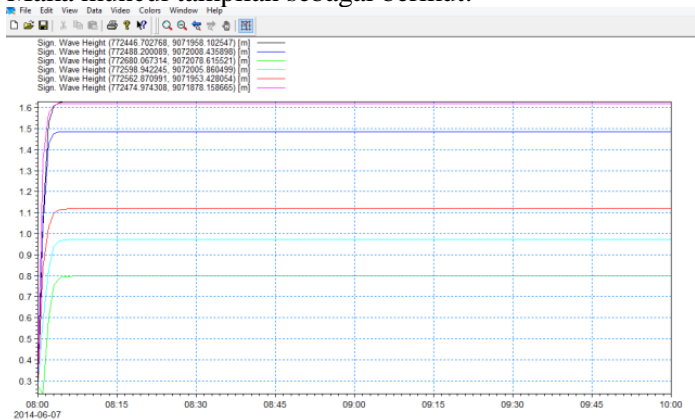
- c. Selain itu, untuk mengetahui hasil output tinggi gelombang dan arus juga dapat menginput koordinat x,y. pilih Data → Time series by coordinates seperti tampilan berikut:



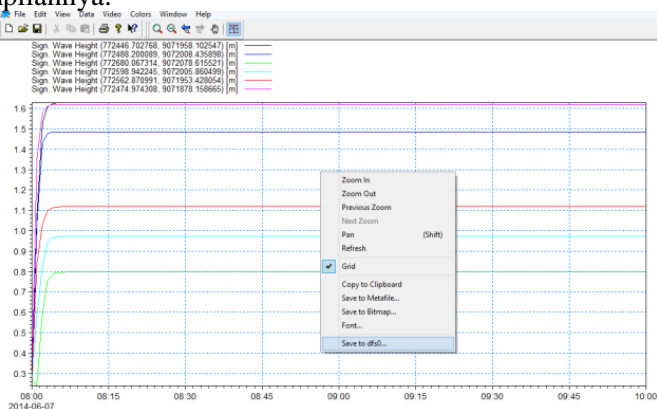
Masukkan koordinat x, y yang diinginkan → Klik Ok
 Contohnya sebagai berikut:



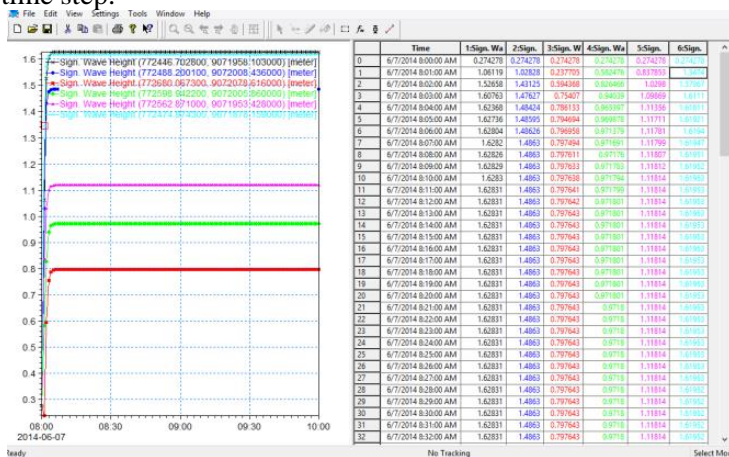
Maka muncul tampilan sebagai berikut:



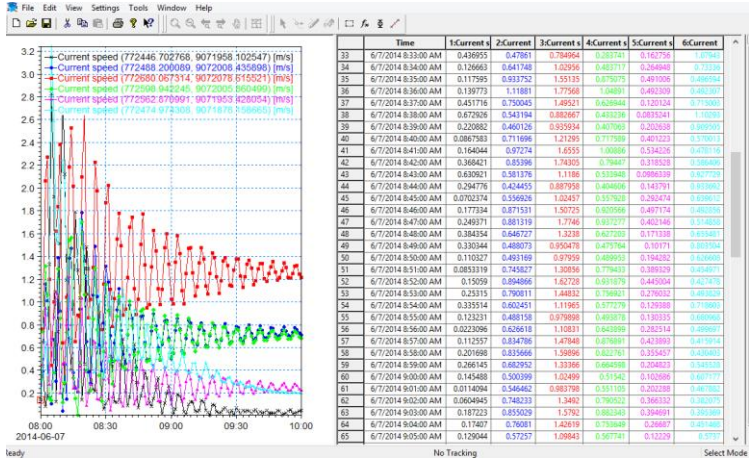
Kemudian klik kanan → save to dfs0 → Klik Ok. Berikut tampilannya:



Pilih lokasi penyimpanan dan beri nama file → Klik save. Buka file tersebut pada folder penyimpanan. Berikut tampilan hasil output modul spectral wave yang menunjukkan tinggi gelombang pada beberapa titik tinjau dari awal hingga akhir time step:



Sedangkan tampilan berikut merupakan hasil output modul Flow Model yang menunjukkan tinggi arus akibat pasang surut dari awal hingga akhir time step:



Data Kecepatan Angin

Tahun 2008

Tgl	Januari		Februari		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Dktober		Nopember		Desember		
	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	
1	5	TL	3	BL	5	TL	4	BD	5	U	3	S	3	TG	4	S	4	S	4	TG	3	S	3	S	
2	3	U	3	BL	5	TL	4	TL	3	S	4	S	4	BD	3	S	4	TG	6	TG	3	S	4	T	
3	8	BD	5	TL	4	TL	5	U	3	S	4	TG	4	BD	4	S	3	S	4	S	3	TG	4	S	
4	5	S	5	BD	4	BD	3	T	4	TG	4	S	5	TG	4	S	3	S	4	S	5	S	3	TG	
5	5	U	4	U	3	T	3	TG	5	S	3	S	4	S	4	T	4	S	3	S	5	T	4	S	
6	10	S	4	TL	2	S	3	T	4	TG	3	S	3	S	5	S	4	TG	3	S	4	T	5	BD	
7	4	TL	4	TL	4	BL	5	T	4	S	3	S	4	S	4	TG	4	TG	4	TG	4	S	4	T	
8	5	S	3	U	7	U	8	U	4	S	3	S	4	S	4	S	5	S	4	S	3	S	4	S	
9	6	S	3	U	3	S	4	S	4	S	3	S	4	S	4	S	4	S	3	TG	4	U	2	S	
10	5	S	5	U	4	BD	3	S	4	S	3	S	3	S	3	S	4	S	4	S	3	TG	3	S	
11	4	TL	4	U	5	TL	4	U	4	S	3	BD	3	BD	3	S	4	S	6	T	3	TG	3	BD	
12	3	S	4	TL	3	T	5	TL	3	S	3	S	3	S	3	S	4	S	4	TG	4	S	5	S	
13	3	U	4	TL	5	TG	4	S	4	T	4	S	4	S	3	S	3	S	4	S	3	T	4	S	
14	5	U	3	BD	5	TL	3	S	4	S	3	TG	3	S	4	TG	4	S	3	TG	3	S	4	S	
15	6	S	5	B	3	TL	4	S	4	S	5	S	4	S	4	T	4	S	3	TG	4	TG	4	S	
16	6	BD	6	S	3	S	5	S	3	BD	3	S	4	S	5	S	4	TG	4	TG	9	U	4	S	
17	3	U	4	U	5	S	3	S	4	S	4	S	4	S	5	S	4	T	4	S	6	TL	4	S	
18	6	S	5	U	5	TL	4	S	3	S	3	S	3	S	5	S	3	TG	4	TG	4	TL	5	TG	
19	4	TG	4	TL	5	BD	4	TG	3	S	3	S	3	BD	4	TG	4	S	4	S	6	TL	4	S	
20	3	TG	3	U	3	S	4	TG	3	TG	3	S	5	BD	4	S	3	S	4	TG	4	B	4	BD	
21	6	T	2	BD	3	TL	3	U	3	B	4	S	5	S	4	TG	3	S	5	T	8	BD	4	T	
22	4	S	3	TL	5	U	5	U	4	S	4	S	5	S	3	S	5	TG	4	TG	3	S	4	S	
23	4	T	5	BD	4	TG	8	U	3	TG	4	TG	4	S	5	S	4	TG	3	TG	3	S	5	S	
24	5	U	4	U	4	U	8	U	3	TG	4	S	3	S	3	S	5	S	4	S	3	T	5	S	
25	4	U	4	TL	9	U	4	TG	4	S	5	S	3	S	3	S	3	S	4	S	3	BD	6	S	
26	3	BD	5	U	3	TL	4	T	4	S	3	TG	3	S	4	TG	5	S	4	T	3	S	4	T	
27	5	S	9	B	5	TL	3	TG	4	S	4	TG	4	S	4	TG	6	S	4	S	5	S	5	TL	
28	4	S	2	B	6	TL	3	S	6	S	3	TG	4	S	3	S	4	S	3	S	4	S	4	U	
29	4	S	3	U	3	TL	3	TG	5	S	3	S	3	TG	4	TG	3	S	3	S	4	S	4	TG	
30	4	U	4	3	B	4	TG	4	TG	4	S	3	S	4	S	4	S	3	S	3	S	3	BD	4	U
31	5	BL	5	S	5	S	4	TG	4	TG	4	S	3	T	5	S	3	S	3	S	3	S	3	U	

(Sumber: BMKG Banyuwangi)

Tahun 2009

Tgl	Januari		Februari		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember	
	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah
	(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)	
1	5	BD	3	TL	4	U	4	TG	3	S	6	U	3	S	3	S	4	BD	3	BD	3	S	3	BD
2	8	S	3	TL	5	U	8	TL	3	S	3	T	3	S	4	S	3	BD	3	S	4	S	13	TL
3	5	S	5	TL	8	TL	5	TL	4	S	3	TG	3	BD	3	S	4	S	3	TG	8	U	4	S
4	3	S	4	U	4	S	4	TG	4	S	3	S	2	S	3	T	3	S	3	S	2	S	4	S
5	3	S	7	U	3	S	4	TG	3	S	3	U	3	TG	3	S	3	S	3	S	4	TG	3	TG
6	4	T	6	U	4	U	4	U	3	TG	3	TG	3	S	3	S	3	S	3	S	3	S	3	S
7	9	BD	3	U	3	U	3	S	3	TG	3	S	5	S	4	BD	3	S	5	S	4	S	4	S
8	5	U	3	U	3	S	4	U	3	S	5	S	3	T	4	S	3	S	3	TG	3	S	3	TG
9	5	BD	3	U	3	S	4	TG	3	S	2	S	3	TG	3	S	4	TG	4	TG	4	S	4	BD
10	6	BD	3	U	5	B	4	S	2	S	8	U	3	TG	3	TG	4	TG	3	TG	3	TG	4	S
11	8	S	6	S	5	BD	3	TG	4	U	4	U	4	BD	3	S	3	TG	4	TG	3	S	3	T
12	5	U	8	TG	3	S	3	S	2	B	3	T	3	BD	3	S	3	TG	4	S	4	T	4	U
13	4	TL	8	S	3	TG	4	TG	3	U	3	S	5	S	3	S	4	S	4	S	4	S	3	T
14	4	B	4	U	4	S	3	S	2	BD	3	TG	5	S	4	S	3	TG	3	BD	4	S	4	S
15	3	U	8	U	5	T	3	S	8	TL	3	S	3	S	4	S	3	S	3	BD	4	T	7	BD
16	5	S	4	U	5	S	4	S	6	U	4	TG	5	S	4	S	3	S	3	S	4	TG	5	TL
17	4	S	4	U	3	S	3	T	3	T	3	S	3	S	3	TG	4	S	4	S	3	S	4	TL
18	5	U	4	S	8	U	3	T	3	S	3	S	4	S	4	S	3	BD	4	TG	5	TG	4	T
19	4	TL	3	U	9	U	3	TG	3	TL	3	BD	4	T	4	S	3	TG	3	T	3	T	5	BL
20	4	TL	4	U	5	U	4	TG	3	S	3	S	2	S	3	S	3	S	4	BD	3	T	2	BD
21	3	U	4	U	8	U	4	U	3	T	3	S	5	S	3	S	4	S	3	S	4	S	3	TL
22	4	U	4	T	3	S	4	TL	3	TG	3	TG	4	S	4	TG	4	S	4	S	3	S	4	BD
23	6	U	4	S	3	S	5	U	4	T	3	S	3	S	3	S	4	S	2	S	4	S	3	T
24	4	TL	3	TL	3	S	3	TG	2	BD	3	S	3	S	4	TG	3	S	4	S	4	S	3	S
25	6	B	3	T	3	T	3	BD	3	U	3	S	4	S	3	TG	3	S	4	S	4	TG	4	TG
26	4	S	4	BD	3	S	3	S	4	U	3	S	4	S	3	S	4	S	3	S	3	TG	3	S
27	4	U	4	T	3	S	2	S	3	S	3	T	4	S	3	S	3	TG	3	BD	3	TL	3	TG
28	3	TL	3	TL	3	S	3	TG	4	TG	3	S	4	TG	4	TG	4	B	4	S	5	TG	3	TG
29	3	TL			3	U	3	TG	4	S	3	S	4	BD	3	S	3	S	3	BD	3	TG	4	TG
30	4	S			4	U	3	S	3	TG	4	S	4	S	3	S	4	S	4	S	4	TG	4	BL
31	2	S			4	U			5	T			3	S	5	S			4	TG			4	TL

(Sumber: BMKG Banyuwangi)

Tahun 2010

Tgl	Januari		Februari		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember	
	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah
	(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)	
1	5	TL	3	S	3	TG	3	S	4	BD	3	TG	3	TG	4	S	4	S	4	S	4	BD	3	TG
2	5	U	3	S	4	B	3	S	4	S	5	S	3	S	4	S	4	S	7	U	3	S	3	TG
3	4	U	3	U	4	TG	8	S	10	U	3	TG	5	TG	4	S	3	TG	6	S	4	TG	4	T
4	4	S	3	U	5	TL	3	T	6	TG	3	BD	3	BD	3	S	4	S	3	S	7	TL	4	BD
5	4	TL	4	U	5	TL	3	S	5	BD	4	B	3	B	5	S	4	S	3	S	6	U	4	T
6	4	TL	3	S	5	T	3	S	6	U	3	BD	3	BD	5	S	5	TG	3	BD	4	TG	4	TL
7	4	BD	4	S	6	U	4	BD	5	T	4	B	5	B	3	S	3	S	4	S	5	T	4	T
8	3	U	4	U	4	TL	3	S	5	BD	2	TG	6	TG	3	S	3	TG	4	TL	7	TL	4	T
9	4	TL	5	U	4	U	5	TG	3	TG	4	B	3	B	4	S	3	TL	3	TL	10	U	4	S
10	4	S	4	U	4	TL	5	TG	3	TG	3	B	3	B	4	TG	7	TL	3	TG	5	TG	3	TG
11	5	BD	4	U	4	T	2	S	6	U	3	U	4	U	3	TG	9	T	3	S	8	TG	3	U
12	4	TG	4	TL	5	U	5	S	7	TL	3	TG	6	TG	3	TG	3	BD	4	TG	5	TG	3	BL
13	3	TL	3	U	3	TG	6	S	5	TL	4	TL	5	TL	6	U	3	TG	4	BD	7	TG	3	T
14	3	U	5	U	5	TL	8	S	5	N	3	S	5	S	3	BD	4	S	3	TG	4	S	7	U
15	4	TL	4	T	3	S	3	S	8	TL	2	T	3	T	4	S	3	T	4	TG	4	T	9	TL
16	4	TL	4	T	4	TL	3	TG	7	TL	4	S	3	S	4	TG	4	TL	5	TG	3	S	5	B
17	4	TL	4	T	6	U	4	TG	5	U	5	S	4	S	3	S	4	T	3	T	4	S	2	T
18	3	TG	3	TG	5	TL	4	S	8	TL	5	TG	5	TG	3	S	3	S	4	S	3	TG	3	T
19	6	B	2	S	5	TL	4	S	5	T	4	TG	5	TG	3	B	5	S	5	S	4	S	3	S
20	4	T	2	BD	3	TG	3	S	3	T	3	S	4	S	4	TG	5	S	4	S	7	TG	3	TG
21	5	BD	4	TL	5	TL	5	S	3	TG	3	S	3	S	5	S	4	S	3	S	4	TG	3	BD
22	4	U	6	TG	4	TL	5	TG	3	S	4	S	5	S	5	TG	4	TL	3	B	3	TG	4	T
23	4	TL	3	TG	4	S	5	S	2	TG	4	S	4	S	5	TG	4	TG	3	S	4	S	3	BD
24	3	U	4	T	6	TL	6	TG	3	S	5	S	3	S	3	S	3	S	3	S	3	TG	5	S
25	3	T	5	TL	7	TL	5	TG	3	S	3	S	3	S	3	BD	4	U	4	TG	5	TG	4	TL
26	2	T	9	B	6	U	4	S	4	TG	5	BD	3	BD	5	TG	4	TG	8	TL	3	TL	5	TL
27	5	TL	3	S	4	TG	8	S	3	BD	3	TG	3	TG	4	BD	4	TG	3	T	4	T	3	BD
28	4	U	4	TG	4	TG	4	TG	4	BD	3	TG	3	TG	3	BD	4	TG	4	T	5	TG	3	T
29	4	TG			3	BD	5	S	3	BD	3	S	3	S	3	S	4	TG	4	TG	5	TG	3	S
30	4	TG			6	U	5	S	3	BD	3	TG	4	TG	3	TG	3	B	9	TL	3	S	5	TL
31	4	U			4	TG			4	TG			4	TG	4	S			5	TG			4	B

(Sumber: BMKG Banyuwangi)

Tahun 2011

Tgl	Januari		Februari		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember	
	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah
	(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)	
1	2	U	5	TL	5	BD	3	U	3	S	6	TL	3	TG	4	BD	4	S	5	S	3	T	4	TG
2	5	TL	4	BL	3	T	4	TG	3	S	3	TG	3	S	3	S	3	BD	5	TG	3	S	5	TG
3	6	TL	3	TG	3	T	4	T	3	U	4	S	3	S	6	S	4	BD	4	TG	4	T	4	TG
4	4	TL	5	BD	4	TL	5	TG	4	U	3	TG	3	S	5	TG	3	S	5	BD	4	T	4	S
5	5	TL	5	S	3	TL	3	TG	8	TL	3	S	3	TG	3	TG	3	BD	5	S	4	S	4	TG
6	3	TL	5	TL	3	TL	4	U	8	TL	3	S	4	BD	4	S	3	S	4	TG	4	TG	6	TG
7	4	TG	3	S	4	S	4	TG	5	TL	3	TG	4	S	3	TL	3	S	5	S	3	TG	4	TG
8	5	T	2	TL	3	U	3	S	5	B	4	TG	4	BD	3	S	5	B	4	BD	5	S	6	BD
9	3	T	3	B	3	TL	3	T	5	T	4	T	3	B	3	S	3	BD	3	TG	3	TG	5	S
10	4	U	5	TL	3	U	6	BL	3	BD	4	TG	7	TL	4	S	4	TG	4	S	4	TL	3	TG
11	4	TL	5	TL	3	T	4	TL	5	TL	3	TG	5	U	3	TG	5	S	5	S	4	T	4	S
12	4	BD	5	BD	3	TL	3	S	4	TL	5	S	8	TL	3	S	4	S	5	S	4	TG	3	TG
13	4	TG	4	BD	5	BD	3	TG	4	TL	5	S	4	S	6	U	4	S	3	S	4	T	4	TG
14	11	B	7	TL	4	S	3	S	4	TL	6	S	4	S	4	S	4	S	5	S	4	TG	4	TL
15	4	TL	5	TL	6	U	4	B	4	TL	4	BD	3	S	4	TG	4	S	3	T	3	S	2	TG
16	4	U	6	TL	3	U	3	TG	3	TG	3	S	4	S	4	S	4	S	4	S	4	TG	3	T
17	4	T	5	TL	9	TL	3	S	3	TG	4	S	5	S	4	S	5	S	4	S	4	S	4	T
18	5	TL	5	TL	6	TL	3	S	3	S	4	BD	4	S	4	S	3	S	4	TG	3	BD	5	S
19	3	TG	4	T	3	T	4	B	5	S	4	S	4	T	3	TG	4	BD	3	S	4	TG	3	S
20	7	TL	3	T	4	TG	3	S	4	S	3	S	4	S	5	TG	4	S	3	S	5	T	4	S
21	7	U	5	T	4	TG	4	B	3	T	5	S	4	TG	4	S	5	S	3	TG	3	BD	3	TG
22	7	TL	5	TL	2	TL	6	BL	5	TG	4	S	4	TG	4	TG	4	S	3	S	2	B	4	S
23	5	TL	4	U	6	T	4	B	4	S	4	S	5	S	5	S	5	S	5	TL	3	S	5	BD
24	3	TL	6	TL	4	T	8	T	3	S	4	S	4	TG	3	S	4	BD	4	TG	4	S	4	TG
25	4	U	3	TL	4	B	6	TL	4	BD	4	S	3	TG	3	TG	4	BD	4	T	3	B	3	TG
26	4	U	5	S	3	TG	6	TL	4	BD	4	TG	3	BD	4	TG	6	B	3	S	4	TG	4	BD
27	3	TL	4	TL	2	BL	3	TG	4	S	6	T	5	BD	5	S	6	BD	3	TG	4	S	5	BD
28	6	TL	5	BD	4	TL	5	TL	3	S	4	S	5	S	5	S	4	BD	4	TG	4	TG	7	S
29	3	TG			6	TL	3	T	3	S	4	S	5	S	4	S	4	TG	4	TG	6	TL	7	S
30	4	BD			5	TL	2	TG	4	TG	4	S	5	TG	4	T	2	S	4	BD	4	T	3	TL
31	3	TL			3	BL			3	BD		4	S	4	S		4	S		4	S		6	TL

(Sumber: BMKG Banyuwangi)

Tahun 2012

Tgl	Januari		Februari		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember	
	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah
	(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)	
1	3	TL	3	S	3	BD	4	TL	3	S	4	BD	3	TG	4	S	3	TG	3	TG	3	TG	3	T
2	3	TG	4	S	6	BD	5	TL	4	S	3	BD	5	S	3	S	3	T	5	T	3	S	4	BD
3	3	T	2	T	3	S	4	T	3	TG	3	BD	5	TG	4	S	5	S	3	S	4	TG	6	TG
4	4	TL	3	TL	4	TL	3	TG	4	TL	2	TG	4	TG	4	S	5	TG	4	TG	3	TG	4	TG
5	5	BL	3	U	3	TL	3	TL	3	TG	3	TG	4	S	3	S	3	S	3	S	4	T	3	S
6	4	BL	4	TL	4	BD	3	T	5	TL	4	T	6	S	4	TG	4	T	4	T	5	S	5	T
7	3	TG	4	T	5	TG	4	TL	4	TG	3	TL	4	BD	3	S	3	T	3	T	3	S	6	S
8	4	S	5	S	4	T	3	S	3	S	3	T	2	T	3	S	3	TG	3	S	3	S	3	TG
9	6	BD	4	S	4	TL	5	U	3	S	3	T	3	S	4	S	4	S	4	S	3	TG	5	TG
10	3	TL	4	S	3	T	5	T	4	TG	3	S	2	BD	5	TG	5	S	4	TG	3	TG	4	S
11	2	T	6	U	3	TL	4	TG	4	BD	3	TG	3	S	3	S	4	S	3	T	3	TG	8	TL
12	5	TG	4	S	5	TL	3	S	5	BD	3	BD	3	S	3	TG	3	TG	4	S	3	TG	6	TG
13	3	TL	2	TG	3	T	4	TG	4	BD	3	S	3	TG	4	S	4	S	3	S	3	S	5	U
14	4	U	3	TG	3	TL	4	T	3	BL	3	T	3	S	5	TG	4	TG	4	BD	3	T	3	S
15	4	TL	3	S	6	B	4	T	4	TL	3	TG	4	S	5	BD	3	TG	4	S	3	TL	6	U
16	5	TL	4	TG	3	TG	5	T	3	T	3	S	6	S	4	TG	3	T	4	TG	3	TG	4	U
17	9	T	4	TG	3	TL	6	U	6	TL	3	BD	4	S	5	TG	3	TL	3	TG	2	U	4	TG
18	7	BL	4	TG	4	TL	5	TG	4	TG	4	S	3	S	5	TG	3	TG	3	TG	4	T	4	TL
19	3	BD	3	TG	6	B	2	S	3	S	4	S	3	T	4	TG	3	S	4	TG	5	BD	4	TG
20	4	BD	3	TL	2	T	3	T	4	S	2	BD	4	S	4	S	4	BD	3	TG	3	TG	5	TG
21	3	BD	8	U	8	BD	3	S	3	T	6	TG	3	TG	4	TG	4	TG	3	TG	7	S	5	B
22	4	T	4	TL	5	T	5	S	4	TG	4	S	3	S	4	S	3	T	3	TG	6	S	3	T
23	5	TL	4	TL	4	U	4	TG	4	S	4	S	3	S	4	TG	3	BD	3	S	4	S	3	TL
24	3	S	4	U	6	TG	3	S	4	S	4	S	3	BD	2	S	3	S	4	S	3	S	4	TG
25	5	B	3	T	5	T	4	T	5	TG	5	TG	4	S	4	S	5	T	8	S	3	T	4	TG
26	3	BD	3	S	5	S	4	TG	4	BD	4	S	4	TG	4	S	5	TG	3	T	3	TL	4	T
27	3	S	3	BD	5	TG	4	TG	9	TG	4	S	4	BD	3	S	4	S	4	T	5	TL	5	S
28	6	B	3	T	5	TG	5	T	3	S	3	BD	4	S	5	TG	4	TG	3	TG	6	T	5	U
29	4	TL	6	TL	5	TG	5	TL	3	BD	3	BD	3	S	5	S	4	TG	3	S	3	TG	8	U
30	4	TL			4	S	3	B	2	TG	4	TG	5	S	3	S	3	TG	4	TL	4	S	5	S
31	5	TL			4	T			4	BD			5	TG	3	TG			3	T			4	U

(Sumber: BMKG Banyuwangi)

Tahun 2013

Tgl	Januari		Februari		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember		
	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	
	(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		
1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	TG	5	TL	4	S	4	TG	2	S	3	TG	3	TG	3	TG	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	TG	7	TL	3	BL	3	S	3	TG	4	S	-	-	-	3	BD
3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	TL	5	TL	4	T	4	S	3	TG	4	S	4	S	3	TG	TG
4	-	-	-	-	-	-	-	-	3	TG	4	TL	3	B	5	TG	3	TG	4	TG	4	TG	4	TG	TG
5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	T	3	T	5	TG	3	BD	4	S	3	BD	4	S	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	3	TG	4	TL	4	S	4	S	2	B	4	TG	3	S	3	TG	TG
7	-	-	-	-	-	-	-	-	3	TG	3	TL	4	TG	4	TG	3	S	3	TG	4	S	4	S	S
8	-	-	-	-	-	-	-	-	3	TG	3	TL	4	S	5	S	5	S	3	S	4	S	3	TG	TG
9	-	-	-	-	-	-	-	-	3	TG	3	BD	4	S	3	TG	4	S	4	TG	4	S	3	TG	TG
10	-	-	-	-	-	-	-	-	4	TG	4	TG	4	S	3	S	5	TG	4	S	3	TG	4	TL	TL
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	TL	3	BD	-	-	-	-	-	-	4	TG	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	BD	4	TG	13	S	-	-	4	S	2	S	2	BL	BL
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	TL	2	S	3	S	5	TG	4	S	3	TG	4	T	T	T
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	TG	3	BD	4	TG	5	S	4	S	3	B	3	TG	TG	TG
15	-	-	-	-	-	-	-	-	4	TG	-	-	3	BD	3	B	4	BD	4	S	5	U	4	TL	TL
16	-	-	-	-	-	-	-	-	3	T	3	U	4	BD	-	-	3	S	3	TG	21	T	5	TL	TL
17	-	-	-	-	-	-	-	-	4	TL	4	U	4	S	4	TG	-	-	-	-	4	TL	3	T	T
18	-	-	-	-	-	-	-	-	3	BL	5	TL	6	BD	4	S	2	S	4	TG	3	T	4	TG	TG
19	-	-	-	-	-	-	-	-	6	T	3	TL	-	-	3	BD	2	TG	4	TG	-	-	5	B	B
20	-	-	-	-	-	-	-	-	4	TG	3	TL	4	TG	5	TG	4	TG	4	S	3	T	4	BD	BD
21	-	-	-	-	-	-	-	-	4	TL	-	-	5	TG	3	S	4	B	3	B	5	BD	4	S	S
22	-	-	-	-	-	-	-	-	4	TG	-	-	4	TG	4	S	-	-	4	S	2	TG	3	B	B
23	-	-	-	-	-	-	-	-	4	TG	-	-	4	TG	3	TG	3	S	5	S	3	T	5	S	S
24	-	-	-	-	-	-	-	-	2	TG	-	-	6	T	-	-	-	-	3	TG	2	BD	3	TG	TG
25	-	-	-	-	-	-	-	-	4	U	3	T	5	S	-	-	4	S	3	S	3	BD	6	BD	BD
26	-	-	-	-	-	-	-	-	6	BL	3	S	2	S	-	-	3	TG	-	-	2	BD	5	BD	BD
27	-	-	-	-	-	-	-	-	4	TL	4	BD	3	S	4	TG	5	TG	3	TG	3	TG	4	TG	TG
28	-	-	-	-	-	-	-	-	3	TL	-	-	3	S	4	BD	4	TG	4	TG	-	-	4	TG	TG
29	-	-	-	-	-	-	-	-	3	S	-	-	3	S	5	BD	4	S	3	TG	-	-	4	TL	TL
30	-	-	-	-	-	-	-	-	5	T	-	-	4	BD	5	S	-	-	4	S	4	S	3	TG	TG
31	-	-	-	-	-	-	-	-	6	U	-	-	4	BD	3	S	-	-	3	TG	-	-	3	BL	BL

(Sumber: BMKG Banyuwangi)

Tahun 2014

Tgl	Januari		Februari		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember		
	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	
	(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		
1	6	BD	6	U	5	TG	3	S	4	TL	3	S	5	U	-	-	-	-	4	S	4	TG	-	-	
2	3	B	4	U	-	-	3	T	5	U	4	S	6	U	-	-	-	-	4	S	3	BD	4	TG	
3	3	S	4	TL	4	TG	4	BD	7	TL	4	S	7	U	-	-	-	-	4	S	6	T	4	TG	
4	3	T	3	TL	4	T	3	S	5	TL	2	U	6	U	-	-	-	-	4	S	4	BD	4	S	
5	5	BD	7	TL	4	TG	3	S	6	TL	6	S	4	S	-	-	-	-	4	BD	3	S	4	BD	
6	6	TL	8	TL	4	BD	3	TG	3	TL	6	S	3	T	-	-	-	-	4	BD	3	S	3	TG	
7	3	TG	3	T	3	B	5	T	3	S	3	S	4	S	-	-	-	-	4	S	3	TG	4	TL	
8	3	BD	4	U	4	S	3	T	2	TG	3	S	5	U	-	-	-	-	4	S	4	TG	3	TG	
9	3	S	5	TL	4	TG	3	BD	3	S	4	T	6	U	-	-	-	-	4	TG	3	S	4	S	
10	4	BD	3	U	4	TL	3	U	3	TL	3	TG	5	U	-	-	-	-	3	BD	3	BD	4	BD	
11	5	TL	3	U	3	S	3	TG	3	S	4	TG	2	T	-	-	-	-	4	S	4	TG	3	TL	
12	3	TL	4	U	6	BL	3	TG	3	S	3	TG	6	TG	-	-	-	-	4	TG	4	TG	5	U	
13	5	S	4	T	4	BD	7	B	3	S	5	BD	3	B	3	TG	-	-	4	T	4	S	5	T	
14	8	S	3	S	5	BD	4	BD	2	BD	6	U	-	-	4	TG	-	-	4	TG	5	TG	3	S	
15	4	BD	3	TL	38	TL	3	S	4	TG	5	U	-	-	5	S	-	-	4	TG	5	T	4	TL	
16	7	S	2	TG	4	TG	3	S	3	TG	6	U	-	-	4	TG	-	-	4	S	4	TG	3	S	
17	4	TL	3	TG	4	T	4	T	5	T	5	U	-	-	4	S	-	-	5	TG	3	S	5	S	
18	3	U	3	TL	5	TG	5	T	3	TG	3	S	-	-	3	BD	-	-	4	BD	4	S	3	TG	
19	3	TL	2	TL	4	TG	5	U	3	TG	6	U	-	-	3	S	-	-	3	S	4	TG	4	BL	
20	3	TG	5	TG	6	TL	5	U	6	U	6	U	-	-	4	TG	-	-	-	-	-	-	4	T	
21	3	TL	-	-	9	T	4	TL	4	U	5	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	TG	6	TG
22	3	TL	4	BD	5	TL	3	S	3	S	4	U	-	-	-	-	-	-	4	TG	4	TG	4	TG	
23	3	U	8	T	3	T	3	TL	3	BD	4	U	-	-	-	4	S	-	-	4	TG	4	TG		
24	3	U	-	-	8	U	3	U	4	TL	7	U	-	-	-	4	S	4	TG	4	TG	4	TG		
25	4	BL	4	TG	6	TL	6	BD	3	TG	4	U	-	-	-	-	5	TG	5	TG	3	S	4	BD	
26	5	S	4	S	7	U	4	TG	5	S	6	U	-	-	-	3	TG	4	TG	5	TG	6	BD		
27	4	TL	2	BL	8	TL	-	-	4	S	5	U	-	-	-	3	TG	4	TG	6	T	6	TG		
28	3	TG	4	T	6	TL	4	TG	3	TG	5	U	-	-	-	-	-	-	4	TG	4	S	5	BD	
29	3	TL			6	TL	2	S	3	S	6	U	-	-	-	-	2	S	3	S	4	S	8	S	
30	4	U			5	U	2	TG	5	BD	6	U	-	-	-	-	-	-	4	TG	4	TG	4	TG	
31	4	U			4	U			4	TL			-	-	-	-	-	-	3	TG			5	B	

(Sumber: BMKG Banyuwangi)

Tahun 2015

Tgl	Januari		Februari		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember	
	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah	Kec (knot)	Arah
1	5	U	3	TG	2	U	8	U	4	U	3	S	5	S	5	BD	5	TG	-	-	3	S	3	T
2	7	BD	5	TG	5	TL	4	TG	3	T	3	BD	3	BD	4	S	5	TG	4	TG	4	BD	4	TG
3	5	BD	5	TG	5	BL	3	U	3	S	4	B	5	TG	4	BD	4	BD	4	TG	3	S	3	TG
4	4	TG	4	T	3	TL	3	TG	4	TG	3	BD	4	BD	3	BD	4	BD	4	TG	4	TG	3	TG
5	3	S	4	U	3	U	4	TL	4	S	4	S	3	BD	5	S	3	BD	3	TG	6	TL	5	BD
6	4	T	4	TG	3	TL	4	U	6	S	4	S	3	TG	3	TG	4	S	2	S	5	TG	3	BD
7	4	T	4	S	6	TL	7	U	3	TG	4	S	3	S	3	TG	3	TG	4	TG	4	S	6	TL
8	5	U	5	U	3	S	5	U	3	TG	5	BD	4	S	3	TG	3	S	3	TG	4	S	5	TG
9	4	S	6	TL	3	T	4	U	4	TG	5	S	3	B	3	S	3	S	5	T	4	TG	4	TG
10	3	U	3	TL	5	U	3	S	3	TG	4	BD	3	TG	3	S	5	TG	3	TG	4	TG	3	S
11	6	TG	5	S	4	TL	4	BD	5	T	3	S	3	TG	3	TG	3	S	4	TL	4	TG	3	T
12	3	TL	4	TL	3	TL	5	U	5	TG	4	S	7	U	5	BD	5	S	4	S	4	TG	4	S
13	4	TL	7	BL	4	TL	8	TL	-	-	4	S	7	U	3	S	4	S	3	TG	4	TG	6	B
14	4	TG	3	S	3	TG	5	T	5	TG	3	S	5	U	6	TL	3	BD	6	S	4	TG	4	TL
15	5	BD	4	TL	3	BL	8	TL	3	B	3	T	5	TG	6	U	4	S	5	TG	16	B	3	BD
16	4	T	4	TG	3	TG	4	U	4	S	4	U	4	TL	7	TL	3	TG	3	BD	4	TG	4	TG
17	3	B	4	S	3	TG	8	TL	4	TL	5	S	4	S	3	TG	4	S	5	BD	4	TG	5	TG
18	3	S	4	B	3	TG	3	T	3	S	4	S	5	S	4	S	3	S	3	BD	4	TG	6	S
19	4	TG	7	U	3	S	4	T	4	T	4	S	3	T	3	B	4	S	3	BD	4	TG	9	BD
20	4	TL	5	BD	4	S	4	TL	3	TG	4	S	4	S	4	TG	4	BD	4	T	3	S	5	S
21	4	S	10	T	4	U	5	TL	3	TL	4	S	3	TG	4	BD	3	TG	4	TG	4	TG	3	BD
22	4	TG	6	TL	6	U	7	S	3	TG	5	S	3	S	4	S	4	TG	3	B	5	TL	3	S
23	4	TL	6	TG	6	U	4	T	3	BD	5	TG	3	S	3	TG	3	TG	3	B	3	TG	3	TG
24	3	TG	3	BD	6	U	8	S	5	TL	6	S	4	BD	6	S	-	-	3	S	3	BD	3	BD
25	4	TL	3	TG	8	TL	3	T	5	U	4	BD	3	BD	3	B	5	TG	4	TG	4	TG	4	TL
26	3	U	3	BL	7	TL	3	BD	3	S	3	S	3	BD	5	S	4	BD	4	T	4	TG	3	TL
27	3	TG	3	B	5	TL	5	U	3	B	4	S	4	S	4	TG	3	BD	4	TG	4	TG	3	TG
28	5	BD	5	BL	4	TG	5	T	3	TG	5	BD	3	TG	3	S	3	S	4	TG	4	TG	4	T
29	6	B			-	-	5	TL	3	TG	3	BD	5	B	3	TG	3	S	5	T	4	TG	3	BD
30	5	BD			6	TL	6	TL	3	BD	4	TG	4	TG	4	S	3	S	5	TG	6	TG	4	BD
31	4	TG			4	TG			4	S			4	S	3	S			4	S			5	TL

(Sumber: BMKG Banyuwangi)

Tahun 2016

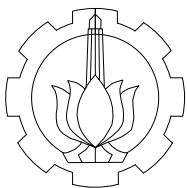
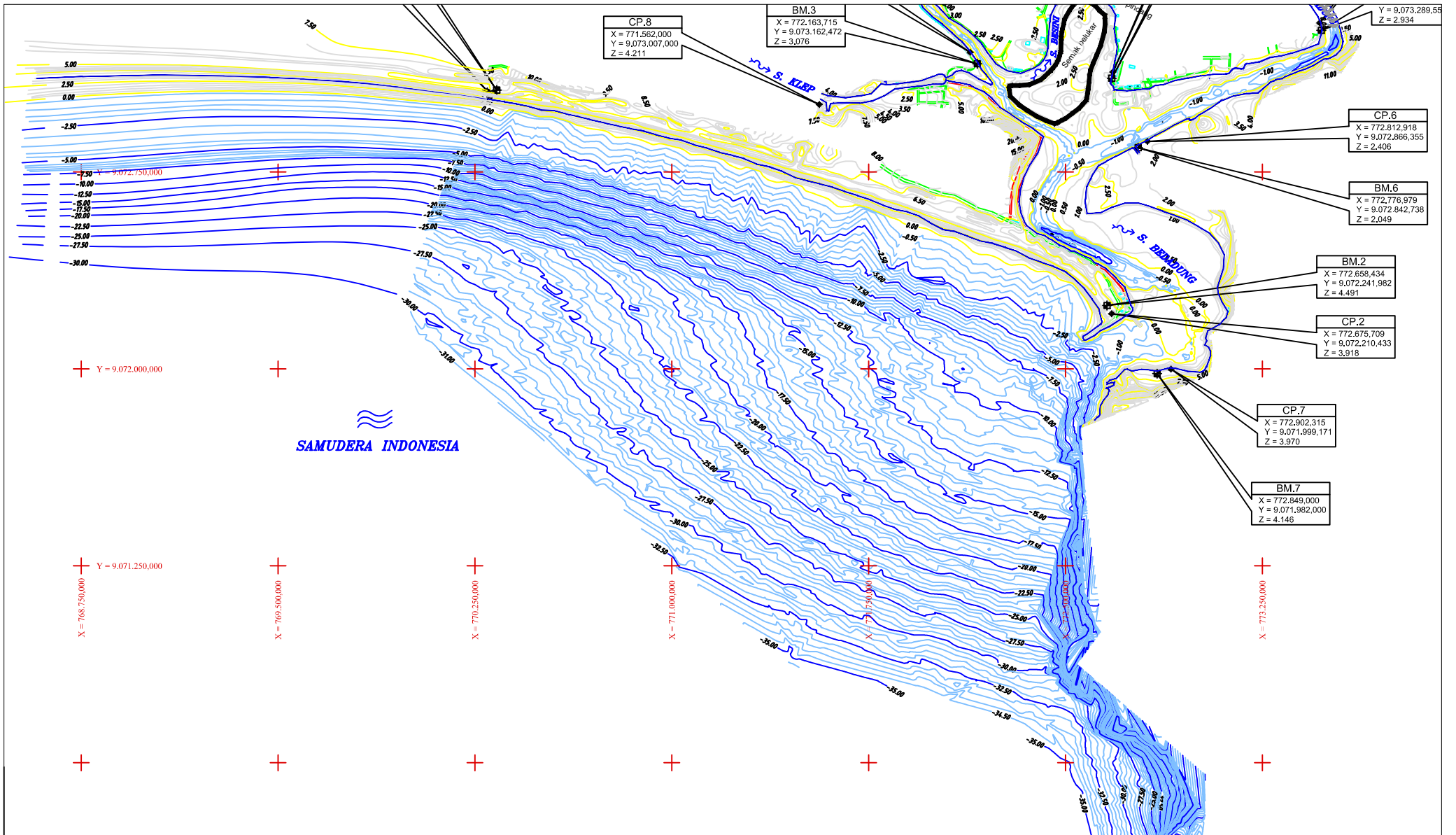
Tgl	Januari		Februari		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember	
	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah
	(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)	
1	4	B	3	T	3	T	6	T	7	T	3	S	4	TL	5	BD	4	TG	4	TL	4	TG	5	TG
2	4	TL	3	TL	3	T	6	T	6	TL	5	U	5	TL	3	S	3	S	4	T	3	S	6	T
3	3	TG	4	BD	4	TG	6	T	7	T	5	TL	7	TL	3	BD	3	S	3	BD	3	BD	2	BD
4	6	TL	5	U	6	TL	4	T	3	B	3	TG	6	TL	3	T	4	S	5	TL	4	TL	4	S
5	5	T	5	U	8	TL	4	T	5	T	5	T	4	TL	7	U	7	TL	5	TL	3	TG	4	U
6	5	TL	4	TG	4	BL	6	TL	5	T	2	T	3	T	5	TL	3	S	5	TG	3	S	4	TG
7	3	B	3	TL	7	TL	5	TL	4	TL	6	TL	3	T	4	TL	4	S	4	S	5	T	3	TL
8	3	S	3	T	4	T	6	T	4	T	2	BD	3	BL	3	TG	4	BD	8	TG	5	BL	4	TG
9	5	TG	4	T	6	T	3	BD	4	TL	3	BD	3	U	4	S	4	S	5	TL	4	TG	4	TG
10	4	TL	9	TL	3	TG	5	TL	5	T	4	U	3	TG	3	S	3	S	7	TL	4	B	3	BD
11	5	U	4	U	5	T	6	T	6	TL	3	TG	5	T	3	BD	3	BD	3	TG	4	S	4	TG
12	7	TL	3	TL	5	TL	5	TL	6	T	3	TG	5	TL	5	S	4	BD	6	TL	3	TG	4	TG
13	5	T	2	T	3	S	3	T	5	S	4	TL	5	TL	4	S	3	TL	8	TL	4	TG	4	TG
14	4	TL	4	BD	3	TG	3	BD	7	S	4	TG	3	T	4	TL	5	TG	7	TL	5	TL	4	TG
15	5	TL	3	T	3	S	5	TL	3	S	6	TL	6	TL	4	TG	5	TG	7	TG	3	B	3	TG
16	4	BD	5	TL	3	BD	5	T	3	S	4	TG	4	S	3	BD	4	TG	3	S	3	B	4	TL
17	4	TG	4	S	3	TG	8	T	4	S	5	TL	3	B	2	TG	6	TL	4	S	4	TG	3	TG
18	7	U	4	TG	4	B	4	B	4	B	3	TG	3	B	4	S	4	U	3	BD	3	TG	5	TG
19	6	TL	4	TL	12	B	6	TL	3	S	3	BD	3	S	3	S	4	TG	3	TG	4	TG	3	T
20	5	TL	4	TL	6	TL	4	TL	3	S	3	S	2	S	4	S	4	S	6	S	4	TL	5	TL
21	5	T	5	TL	5	T	3	B	3	S	4	TG	5	T	4	BD	6	TL	6	TL	5	TG	3	TG
22	4	TL	6	TG	5	TL	5	TL	4	TG	3	S	4	TG	5	S	2	S	11	T	4	TG	3	T
23	5	T	4	TG	3	T	5	T	3	S	5	TG	4	TG	3	BD	4	TG	8	TL	4	S	6	TL
24	4	TL	4	U	6	S	5	TL	4	S	3	S	2	B	5	S	3	S	4	S	3	TG	3	TL
25	3	T	4	TG	4	T	5	S	4	S	3	BD	4	BD	4	B	5	TL	5	TL	3	B	3	BD
26	3	S	3	TG	5	TL	4	T	4	S	4	S	3	S	3	BD	5	TG	3	TG	5	TG	7	TG
27	6	S	3	U	4	TG	4	S	3	BD	3	S	5	T	6	TL	4	TL	5	TG	3	S	3	TG
28	5	TL	3	TG	5	TL	3	TG	4	TG	4	T	3	BD	7	TL	4	TG	4	TG	3	TG	3	BD
29	5	T	3	TL	5	T	3	S	3	S	6	TL	3	S	6	U	5	T	4	TG	4	TG	4	TG
30	3	U			5	TL	4	TG	3	S	6	TL	3	TG	9	TL	9	TL	4	TG	3	TG	3	TG
31	5	TL			4	T			2	TG			4	S	4	TG			4	TG			4	TG

(Sumber: BMKG Banyuwangi)

Tahun 2017

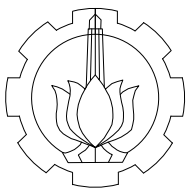
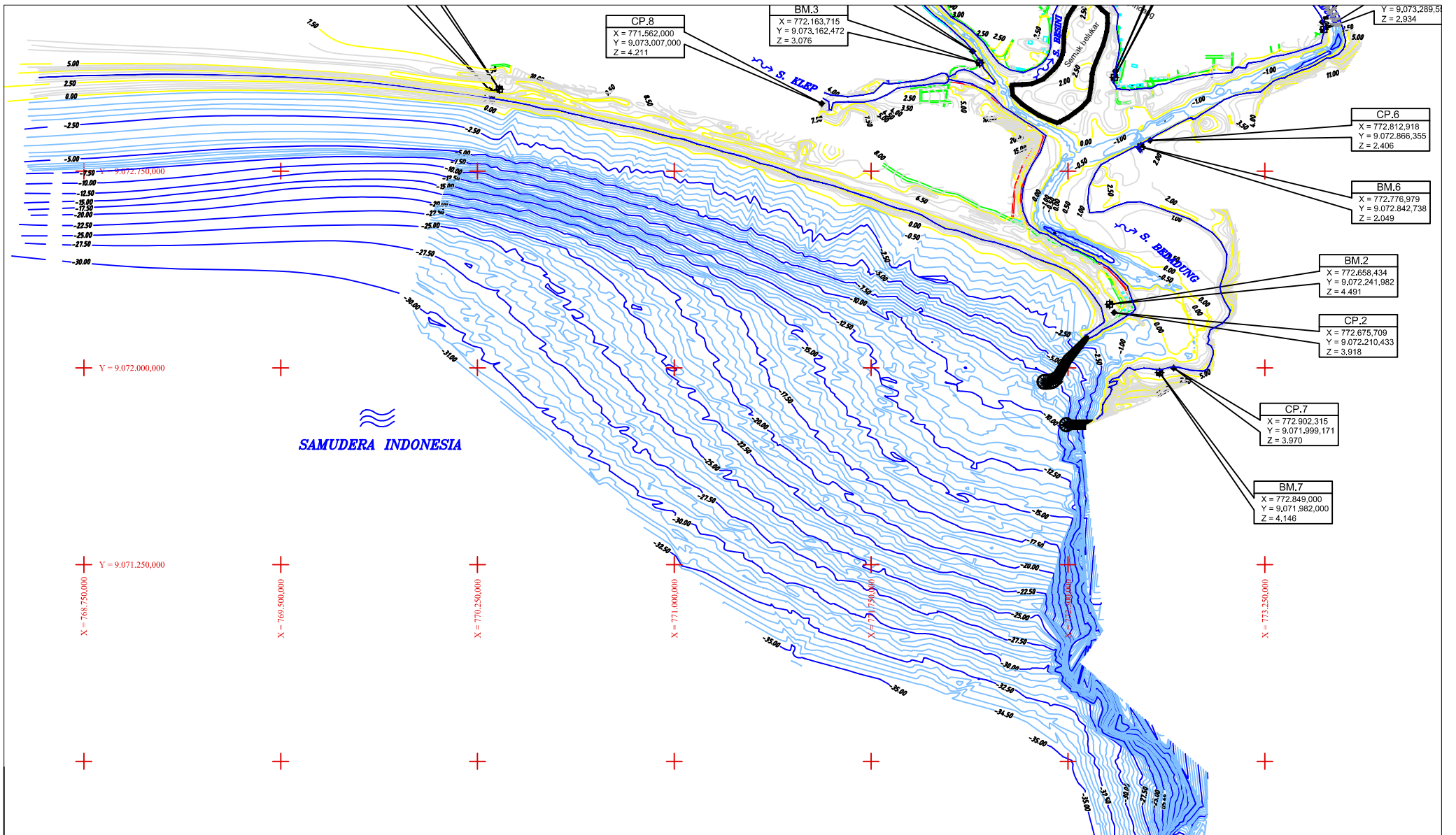
Tgl	Januari		Februari		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember	
	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah
	(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)		(knot)	
1	4	T	5	BD	5	TL	3	BD	4	S	4	TG	3	S	5	BD	5	TG	4	TG	3	TG	6	TL
2	4	TL	6	BD	3	S	3	TG	3	S	5	S	2	TG	5	BD	5	BD	3	S	3	BD	5	TL
3	3	T	6	BD	3	BD	3	BD	3	TL	3	BD	3	TG	5	BD	4	TG	3	S	4	S	8	T
4	4	S	5	T	4	TG	3	BD	3	S	3	B	4	S	5	TG	4	S	3	TG	3	BD	4	T
5	4	T	5	BD	4	T	7	TL	3	S	3	TG	3	TG	5	TG	4	TG	4	B	3	B	3	BL
6	4	TL	5	TL	3	BD	4	TL	4	B	3	TG	3	BD	3	BD	2	TG	3	S	4	TG	3	TG
7	5	U	4	TL	4	T	3	T	5	TG	3	BD	5	B	5	S	4	TL	3	S	3	TG	4	TG
8	3	TL	3	T	5	BD	3	BD	3	BD	2	B	3	B	5	TG	4	BD	4	BD	4	S	4	TG
9	4	TL	3	BD	4	TG	3	S	4	B	4	S	4	BD	4	BD	4	TG	3	S	3	TG	6	S
10	3	TG	3	TG	5	TG	2	BD	3	S	4	B	3	BD	5	TG	4	BD	4	TG	4	S	7	TG
11	4	TG	4	S	5	U	3	BD	4	B	3	B	3	BD	5	S	3	BD	6	T	4	B	4	B
12	4	U	2	B	4	TG	3	BD	3	BD	3	BD	4	S	3	T	5	TG	3	S	3	TG	5	S
13	4	TL	3	TG	4	S	3	S	4	B	3	U	5	S	3	TG	3	S	3	S	3	T	2	S
14	4	T	3	TL	6	B	4	TG	2	S	3	T	3	B	3	BD	4	BD	5	BD	5	TG	5	TG
15	2	TG	4	S	5	T	3	TG	3	BD	3	TG	3	S	3	BD	4	TG	4	BD	5	TL	4	T
16	4	TL	3	TG	5	T	3	TG	3	BD	3	TG	4	BD	3	S	4	S	5	S	3	TL	3	B
17	4	TL	4	TG	3	BD	6	TL	3	B	3	BD	4	TG	3	BD	4	S	3	BD	4	S	3	S
18	2	BD	7	TL	4	TL	9	U	4	BD	3	S	4	S	3	BD	4	TG	4	BD	3	S	2	B
19	2	T	5	TL	5	U	3	TG	3	BD	3	BD	3	S	5	BD	4	BD	3	TG	4	TG	3	S
20	3	TG	5	T	6	TL	3	S	3	S	3	B	2	S	5	S	5	TG	4	B	3	U	7	B
21	3	TL	7	TL	3	TL	3	S	2	B	2	S	3	TG	3	B	3	BD	5	B	5	TL	3	TG
22	3	T	3	S	3	T	5	S	5	BD	4	TG	4	BD	4	S	3	BD	4	S	4	TL	3	T
23	4	BD	4	S	4	TG	5	TG	4	BD	5	TG	6	BD	3	B	3	BD	5	BD	5	TL	7	BD
24	7	TL	3	TL	5	T	7	T	4	TG	3	TG	4	S	3	BD	4	TG	4	S	8	T	5	BD
25	7	BD	4	BG	5	U	3	BD	3	BD	3	TG	3	BD	4	S	4	TG	3	S	4	TG	3	TG
26	5	T	5	TL	3	T	3	TG	2	BD	4	BD	4	S	4	S	4	BD	5	TG	3	S	4	BD
27	3	TL	5	TL	4	TG	3	B	3	TG	3	BD	4	S	3	TG	4	S	3	S	3	BD	3	T
28	4	TL	5	T	4	TL	3	TG	4	TG	3	BD	6	TG	4	TG	5	S	3	S	3	TG	6	TL
29	6	TL			3	T	4	S	3	BD	3	S	4	S	3	B	3	B	4	TG	4	BL	4	BD
30	4	TG			3	TG	3	S	5	TG	3	S	4	B	4	S	4	BD	5	BD	3	TG	5	TG
31	3	TG			4	TG			3	BD			4	BD	3	B			4	BD			3	BD

(Sumber: BMKG Banyuwangi)



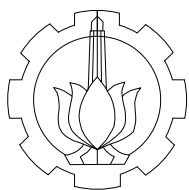
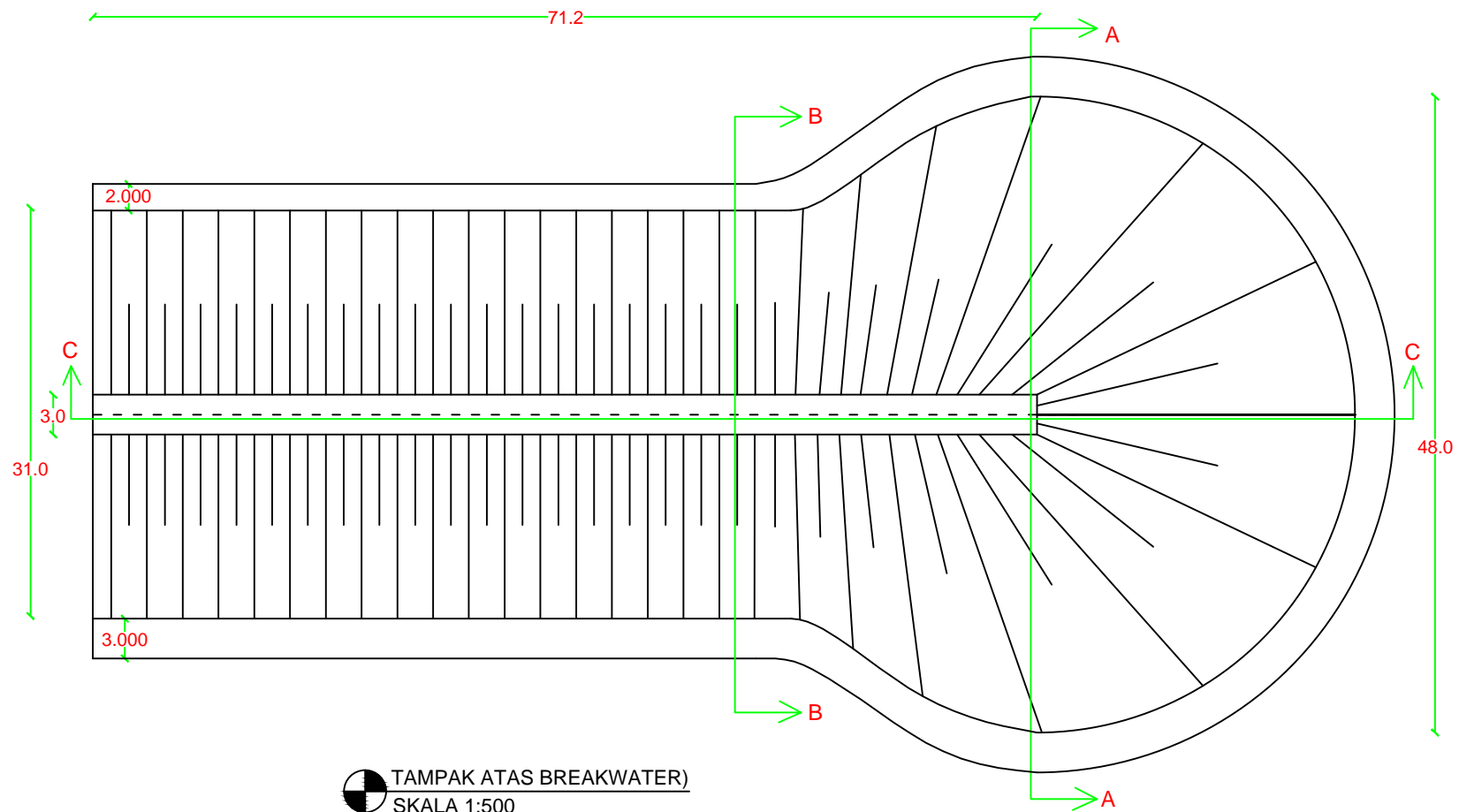
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR	SKALA GAMBAR	NO. GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
PETA TOPOGRAFI DAN BATHIMETRI	1 : 20.000	221	Dr. Tech. UMBORO LASMINTO, ST., M.Sc. Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.	AFKARINA IZZATI NRP. 03111645000025



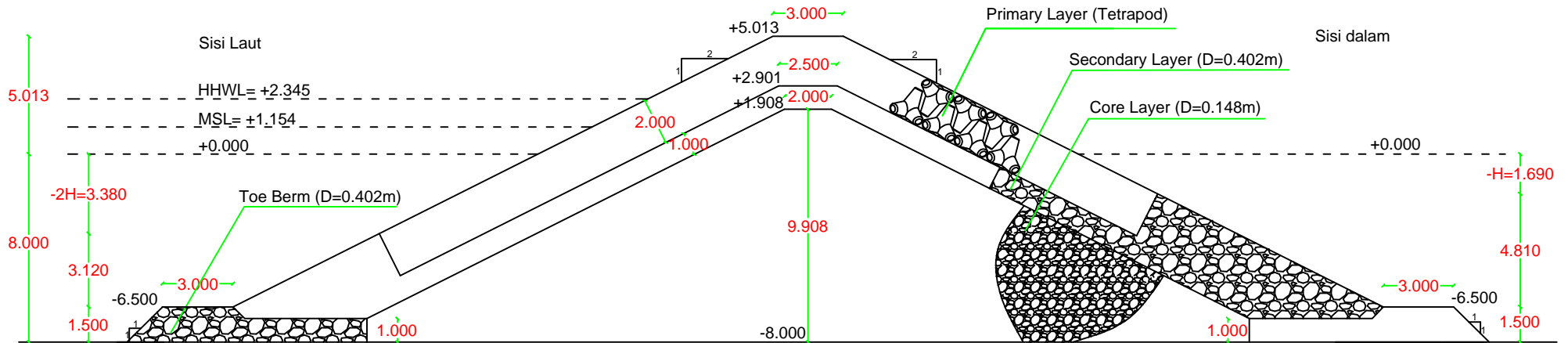
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR	SKALA GAMBAR	NO. GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
LAYOUT HASIL <i>REDESIGN</i>	1 : 20.000	222	Dr. Tech. UMBORO LASMINTO, ST., M.Sc. Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.	AFKARINA IZZATI NRP. 03111645000025

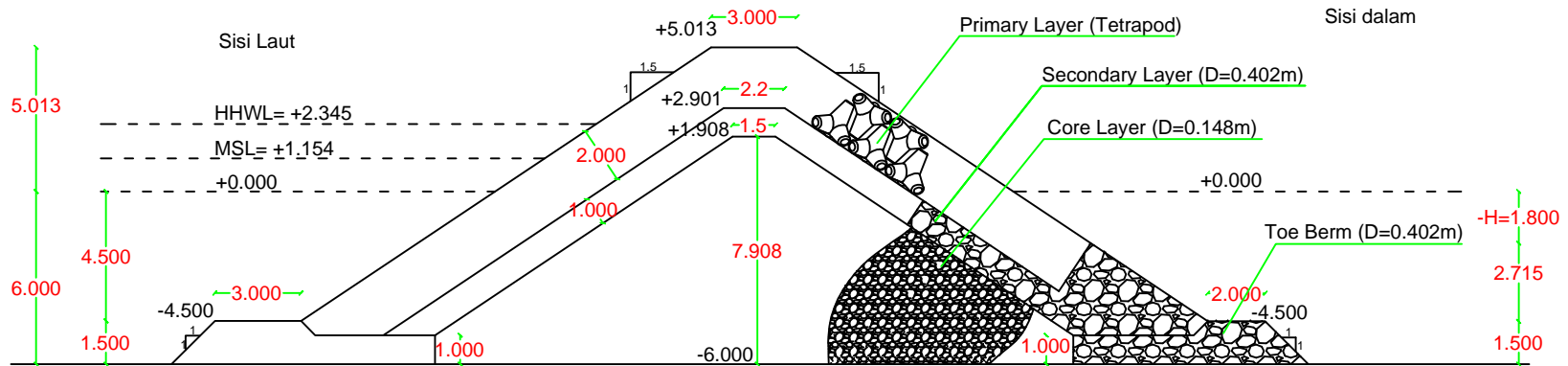


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
 LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

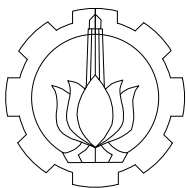
JUDUL GAMBAR	SKALA GAMBAR	NO. GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
TAMPAK ATAS BREAKWATER	1 : 500	223	Dr. Tech. UMBORO LASMINTO, ST., M.Sc. Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.	AFKARINA IZZATI NRP. 0311164500025



POTONGAN A-A (KEPALA BREAKWATER)
SKALA 1:250



POTONGAN B-B (LENGAN BREAKWATER)
SKALA 1:250



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

BREAKWATER TETRAPOD :
1. POTONGAN A-A (KEPALA)
2. POTONGAN B-B (LENGAN)

SKALA GAMBAR

1 : 250

NO. GAMBAR

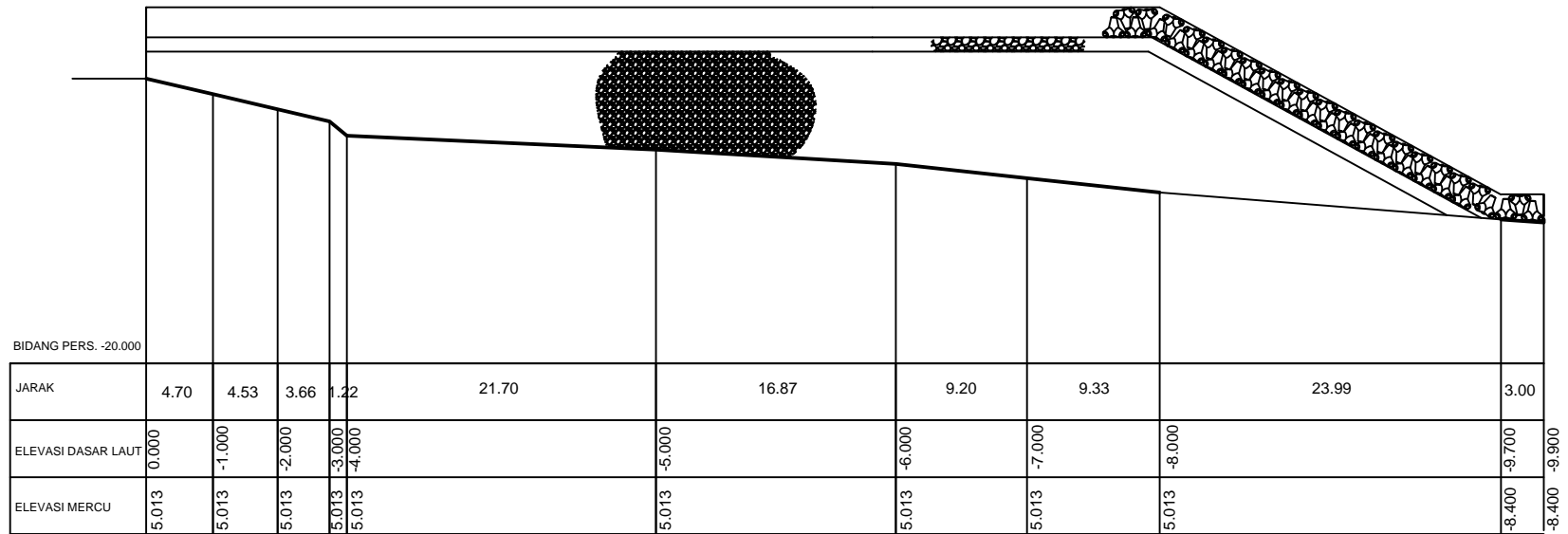
224


DOSEN PEMBIMBING

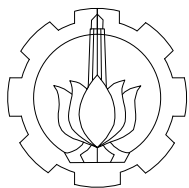
Dr. Tech. UMBORO LASMINTO, ST., M.Sc.
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

AFKARINA IZZATI
NRP. 03111645000025



 POTONGAN MEMANJANG C-C BREAKWATER
SKALA 1:500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

BREAKWATER TETRAPOD :
3. POTONGAN C-C (MEMANJANG)

SKALA GAMBAR

1 : 500

NO. GAMBAR

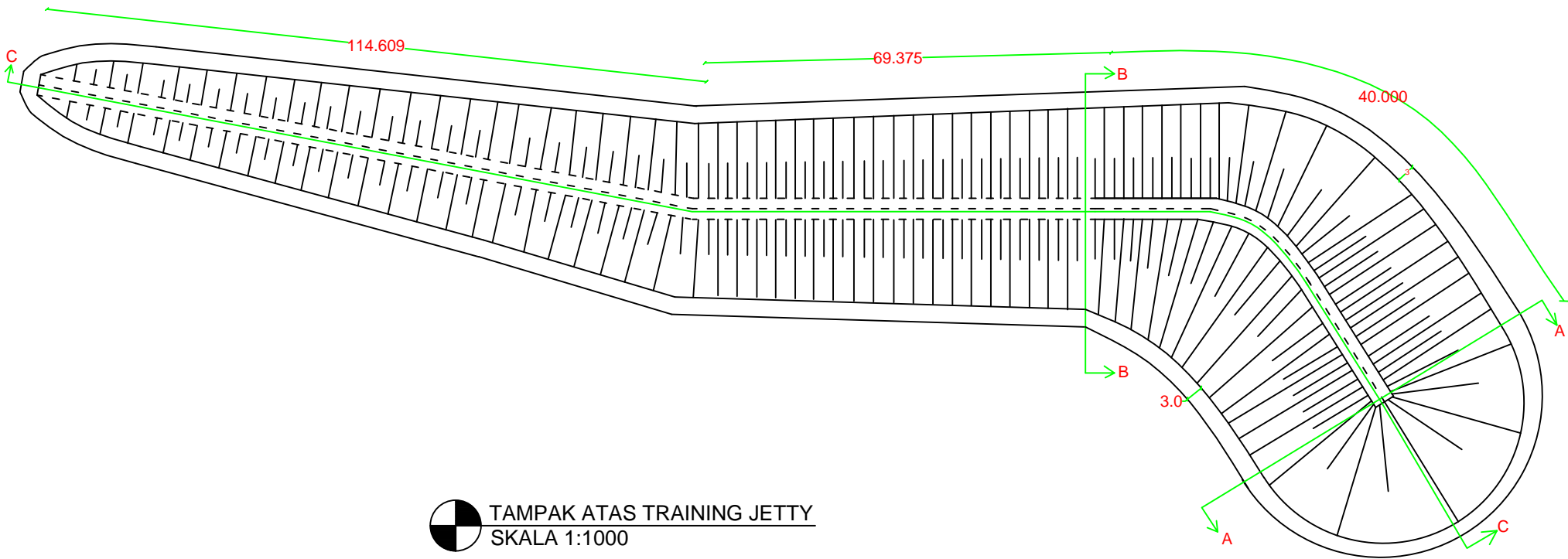
225


DOSEN PEMBIMBING

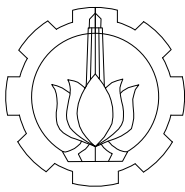
Dr. Tech. UMBORO LASMINTO, ST., M.Sc.
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

AFKARINA IZZATI
NRP. 0311164500025

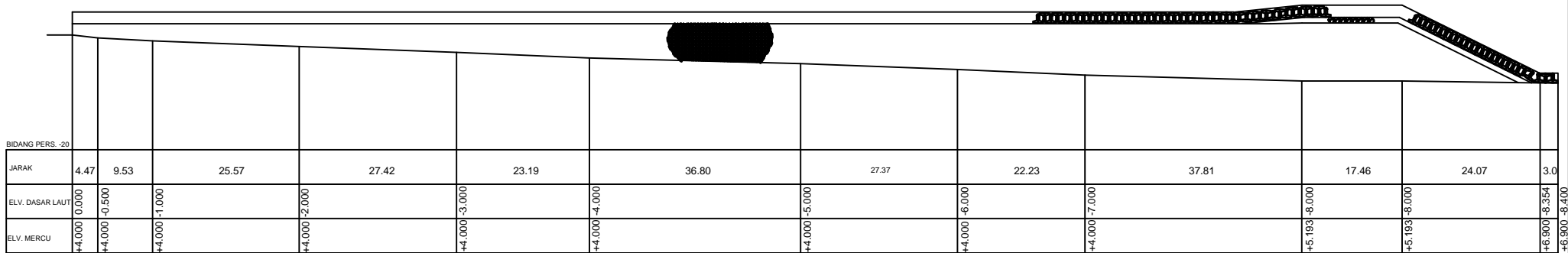



TAMPAK ATAS TRAINING JETTY
 SKALA 1:1000

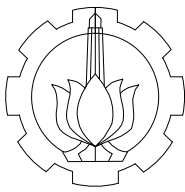


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
 LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR	SKALA GAMBAR	NO. GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
TAMPAK ATAS TRAINING JETTY	1 : 1000	226	Dr. Tech. UMBORO LASMINTO, ST., M.Sc. Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.	AFKARINA IZZATI NRP. 0311164500025



 **POTONGAN MEMANJANG C-C GROIN DAN TRAINING JETTY *REDESIGN***
SKALA 1:1000

 <p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	JUDUL GAMBAR	SKALA GAMBAR	NO. GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
	TRAINING JETTY : 3. POTONGAN C-C (MEMANJANG)	1 : 1000	228	Dr. Tech. UMBORO LASMINTO, ST., M.Sc. Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.	AFKARINA IZZATI NRP. 0311164500025

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 8 Juli 1995, merupakan anak ke-1 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita Penatarsewu, MI Muhammadiyah 3 Penatarsewu, SMP Negeri 2 Tanggulangin, dan SMA Negeri 1 Sidoarjo dengan bidang ilmu Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Setelah lulus dari SMA pada tahun 2013, penulis mengikuti Seleksi Masuk ITS (SMITS) dan diterima di jurusan Diploma III Teknik Sipil

FTSP ITS serta terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 3113 030 004, dengan bidang minat Bangunan Air. Setelah lulus dari Diploma III Teknik Sipil, penulis mengikuti Seleksi Masuk ITS (SMITS) program Lintas Jalur dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 03111645000025. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Hidroteknik.