



TUGAS AKHIR RC18-4803

**PERENCANAAN BANGUNAN *BREAKWATER* DAN
REVTMENT PELABUHAN PERIKANAN PT. MITRA
JAYA SAMUDERA KOTA BITUNG**

MEGA SEPTIA SARDA DEWI
NRP. 0311154000067

Dosen Pembimbing I
Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

Dosen Pembimbing II
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, Dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR RC18-4803

**PERENCANAAN BANGUNAN *BREAKWATER* DAN
REVTMENT PELABUHAN PERIKANAN PT. MITRA
JAYA SAMUDERA KOTA BITUNG**

MEGA SEPTIA SARDA DEWI
NRP. 0311154000067

Dosen Pembimbing I
Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

Dosen Pembimbing II
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil,Lingkungan, Dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR RC18-4803

**DESIGN BREAKWATER AND REVETMENT OF
FISHING PORT PT. MITRA JAYA SAMUDERA BITUNG**

MEGA SEPTIA SARDA DEWI
NRP. 0311154000067

Supervisor I
Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

Supervisor I
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil,Lingkungan, Dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

**PERENCANAAN BANGUNAN *BREAKWATER* DAN
REVTMENT PELABUHAN PERIKANAN PT. MITRA
JAYA SAMUDERA KOTA BITUNG**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

MEGA SEPTIA SARDA DEWI

NRP. 0311154000067

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. techn. Umboro Lasminto, ST, MSc (.....)
2. Ir. Bambang Sarwono, MS.c (.....)

**SURABAYA
JULI, 2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN BANGUNAN *BREAKWATER* DAN
REVTMENT PELABUHAN PERIKANAN PT. MITRA
JAYA SAMUDERA KOTA BITUNG**

Nama Mahasiswa : Mega Septia Sarda Dewi
NRP : 0311154000067
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

Abstrak

Kota Bitung terletak di sebelah timur laut Tanah Minahasa yang terletak pada posisi geografis di antara 1°23'23"-1°35'39" LU dan 125°1'43"-125°18'13" BT. Kota Bitung banyak terdapat pelabuhan perikanan salah satunya adalah pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera. Sebuah pelabuhan perikanan harus memiliki bangunan pengaman pantai agar dapat melindungi wilayah tersebut. Oleh karena itu perlu adanya perencanaan breakwater dan revetment untuk keamanan pelabuhan.

Pada tugas akhir ini dalam merencanakan struktur breakwater dan revetment diperlukan pengumpulan data angin, pasang surut air laut, dan peta bathimetri yang digunakan untuk analisis. Data angin digunakan untuk analisis perhitungan peramalan gelombang, data pasang surut untuk perhitungan kedalaman letak struktur, dan peta bathimetri untuk perencanaan layout. Semua data dianalisis menggunakan software Delft3D untuk mendapatkan tinggi gelombang rencana yang digunakan sebagai desain struktur bangunan.

Hasil dari analisis menggunakan software Delft3D diperoleh tinggi gelombang rencana di sekitar struktur sebesar 1,5 m dan lokasi struktur pada kedalaman 3 m. Struktur bangunan terdiri

dari bagian kepala yang memiliki kemiringan 1:2 dan bagian lengan yang memiliki kemiringan 1:1,5. Struktur breakwater dan revetment memiliki jenis material sama dan terdiri dari 3 layer yaitu primary layer memiliki diameter batu 0,6 m, lebar puncak 4 m, tebal lapisan 1,6 m, secondary layer memiliki diameter batu 0,3 m, tebal lapisan 0,7 m, dan core layer memiliki diameter batu 0,1 m.

**Kata Kunci : Breakwater, Delft3D, Pelabuhan Perikanan ,
Revetment**

**DESIGN OF BREAKWATER AND REVETMENT
STRUCTURE ON FISHING OF PORT PT. MITRA JAYA
SAMUDERA BITUNG**

Name of the Author : Mega Septia Sarda Dewi
NRP : 0311154000067
Departement : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Supervisor : Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

Abstract

Bitung is located in the northeast of the Land of Minahasa where is located in a geographical position between 1°23'23 " - 1°35'39" LU and 125° '43 " - 125°18'13" BT. Bitung City has many fishing ports, one of which is PT. Mitra Jaya Samudera. A fishing port must have a coastal security structure to protect the area. Therefore there is a need design of breakwater and revetment for port security.

In this final project, design the breakwater structure and revetment required the collection of wind data, tides, and bathymetry maps used for analysis. Wind data is used for analysis of wave forecasting, tidal data for the calculation of structural location depth, and bathymetry maps for layout planning. All data were analyzed using Delft3D software to obtain the wave height used as a building structure design.

The results of the Delft3D software get the wave height around the structure of 1,5 m and the location at 3 m depth. The structure of the building consists of a head has a slope of 1: 2 and an arm has a slope of 1: 1,5. Breakwater structure and revetment have the same material and consist of 3 layers: primary layer has a stone diameter of 0,6 m, width of top 4 m, thickness of layer 1,5 m, secondary layer has a stone diameter of 0,3 m, thickness of layer 0,7 m, and the core layer has a stone diameter of 0,1 m.

Keywords: *Fisheries Port, Delft3D, Breakwater, Revetment*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Allah SWT, karena dengan rahmat serta hidayahnya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Perencanaan Bangunan *Breakwater* dan *Revetment* Pelabuhan Perikanan PT. Mitra Jaya Samudera Kota Bitung” tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa arahan, bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada.

1. Orang tua yang senantiasa mendukung dan mendoakan tiada henti dari awal sampai dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc., dan Bapak Ir. Bambang Sarwono, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah bersedia membimbing dan membagikan ilmunya dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak A.A.N. Satria Damarnegara, ST. MT selaku dosen yang telah bersedia membagikan ilmunya dalam pengerjaan *software* tugas akhir ini
4. Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka,DEA selaku dosen wali penulis selama 4 tahun yang membantu memberikan masukan dan semangat.
5. Teman-teman GL101 Ayu, Azizah, Dini, Etak, Ira, Rima, Rosa, dan Tiwi yang selalu memberi motivasi dan semangat selama awal sampai akhir kuliah.
6. Teman-teman suku air yang berjuang bersama menyelesaikan tugas akhir dan saling memberi semangat.
7. Teman-teman Kopassus S-58 yang senantiasa memberi dukungan dan motivasi selama kuliah.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih belum sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Juli 2019

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	i
Abstrak	iii
Abstract	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Definisi Pantai	7
2.1.1 Bentuk Pantai	9
2.1.2 Transpor Sedimen Pantai.....	9
2.2 Angin.....	10
2.2.1 Distribusi Kecepatan Angin	10
2.2.2 Efek Elevasi.....	11
2.2.3 Koreksi Stabilitas	13
2.2.4 Koefisien Drag	13
2.2.5 Fetch.....	13
2.2.6 Peramalan Gelombang Laut Dalam.....	14

5.4	Penentuan Material Struktur <i>Breakwater</i>	110
5.5	Stabilitas <i>Breakwater</i>	111
5.5.1	Stabilitas terhadap <i>Sliding</i>	111
5.5.2	Stabilitas terhadap <i>Settlement</i>	111
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		115
6.1	Kesimpulan.....	115
6.2	Saran.....	116
DAFTAR PUSTAKA.....		117

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Pelabuhan Perikanan PT. Mitra Jaya Samudera	2
Gambar 1. 2 Lokasi Perencanaan Bangunan <i>Breakwater</i> dan <i>Revetment</i>	3
Gambar 2. 1 Definisi dan Batasan Pantai	7
Gambar 2. 2 Definisi dan Karakteristik Gelombang Di Daerah Pantai	8
Gambar 2. 3 Distribusi Vertikal Kecepatan Angin	11
Gambar 2. 4 Faktor Koreksi Akibat Perbedaan Temperature	12
Gambar 2. 5 Faktor Koreksi Terhadap Kecepatan Angin Di Laut Dan Darat	12
Gambar 2. 6 Contoh Penggambaran Fetch.....	13
Gambar 2. 7 Formula Peramalan Tinggi Gelombang Laut Dalam	14
Gambar 2. 8 Pencatatan Gelombang di Suatu Tempat.....	15
Gambar 2. 9 Distribusi Probabilitas Kontinyu	16
Gambar 2. 10 Distribusi Tinggi Gelombang Teoritis.....	18
Gambar 2. 11 Gelombang Progresif Sinusoidal	22
Gambar 2. 12 Refraksi Gelombang pada Kontur Lurus dan Sejajar	25
Gambar 2. 13 Hukum Snell untuk Refraksi Gelombang.....	25
Gambar 2. 14 Difraksi Gelombang Di Belakang Rintangan	27
Gambar 2. 15 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah.....	29
Gambar 2. 16 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah	29
Gambar 2. 17 Pasang Surut Terjadi Bersamaan Dengan Gelombang	30
Gambar 2. 18 Hubungan Antara Kekuatan Gempa dan Kedalaman Episentrum dengan Terbentuknya Gelombang Tsunami	31
Gambar 2. 19 <i>Wave Set-Up Dan Set-Down</i>	32
Gambar 2. 20 Pasang Surut dan Gelombang Badai	34

Gambar 2. 21 Muka Air Laut Karena Badai	34
Gambar 2. 22 Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global	35
Gambar 2. 23 Tipe Pasang Surut	36
Gambar 2. 24 Penentuan Elevasi Muka Air Rencana.....	38
Gambar 2. 25 <i>Revetment</i> sebagai Pelindung Erosi Pantai	39
Gambar 2. 26 Beberapa Bentuk Groin	40
Gambar 2. 27 Tampang Memanjang Elevasi Puncak Groin	41
Gambar 2. 28 Beberapa Tipe <i>Jetty</i>	42
Gambar 2. 29 <i>Multi-layered Rubble Mound Breakwater</i>	42
Gambar 2. 30 <i>Armour Layer</i>	43
Gambar 2. 31 <i>Reef Breakwater</i>	43
Gambar 2. 32 <i>Reshaping Breakwaters</i>	43
Gambar 2. 33 <i>Vertical Composite Breakwater</i>	44
Gambar 2. 34 <i>Horizontal Composite Breakwaters</i>	45
Gambar 2. 35 Pemecah Gelombang Lepas Pantai.....	46
Gambar 2. 36 Pemecah Gelombang Sambung Pantai	46
Gambar 2. 37 Grafik <i>Run-up</i> Gelombang	51
Gambar 2. 38 Angka Stabilitas N_s untuk Fondasi dan Pelindung Kaki	52
Gambar 2. 39 Fondasi (a) dan Pelindung Kaki (b) dari Tumpukan Batu	53
Gambar 2. 40 Metode Grafis Perhitungan immediate Settlement dari Giroud (a).....	55
Gambar 2. 41 Metode Grafis Perhitungan immediate Settlement dari Giroud (b).....	56
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Perencanaan	57
Gambar 4. 1 Windrose Kejadian Angin pada Pelabuhan Perikanan PT. Mitra Jaya Samudera	62
Gambar 4. 2 Fetch Arah Timur Laut	63
Gambar 4. 3 Fetch Arah Timur	63
Gambar 4. 4 Fetch Arah Tenggara	64
Gambar 4. 5 Fetch Arah Selatan.....	64

Gambar 4. 6 Fetch Arah Barat Daya	65
Gambar 4. 7 Peta Bathimetri Lokal Pelabuhan Perikanan (Sumber : Data).....	68
Gambar 4. 8 Formula Peramalan Tinggi Gelombang Laut Dalam	69
Gambar 4. 9 <i>Waverose</i> Dari Ho Hasil Peramalan Gelombang....	69
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Fisher Tippet Type 1 dan Weibull.....	81
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang	81
Gambar 4. 12 Hasil Diagram Refraksi Gelombang.....	83
Gambar 4. 13 Data Input Gelombang	86
Gambar 4. 14 Data Pasang Surut.....	87
Gambar 4. 15 Hsig ketika HWS	87
Gambar 4. 16 Hsig ketika LWS	88
Gambar 4. 17 Analisis Difraksi Cara Manual	89
Gambar 4. 18 Hasil Running Tinggi Gelombang Delft3D Arah Barat Daya.....	90
Gambar 4. 19 Hasil Running Tinggi Gelombang Delft3D Arah Selatan	91
Gambar 4. 20 Pengamatan Pasang Surut Selama 15 Hari.....	93
Gambar 5. 1 Layout Bangunan Pemecah Gelombang.....	97
Gambar 5. 2 Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut	99
Gambar 5. 3 Grafik <i>run up</i> gelombang kepala <i>breakwater</i>	100
Gambar 5. 4 Grafik <i>run up</i> gelombang lengan <i>breakwater</i>	101
Gambar 5. 5 Grafik <i>run up</i> gelombang <i>revetment</i>	101
Gambar 5. 6 Potongan Melintang Lengan <i>Breakwater</i>	108
Gambar 5. 7 Potongan Melintang Kepala <i>Breakwater</i>	108
Gambar 5. 8 Angka Stabilitas N_s untuk Fondasi dan Pelindung Kaki	109
Gambar 5. 9 Ukuran Kaki <i>Breakwater</i>	110
Gambar 5. 10 Penampang Hasil Geo5	111
Gambar 5. 11 <i>Safety Factor</i> Hasil Analisis Geo5	111

Gambar 5. 12 Dimensi Segmen 1 <i>Breakwater</i>	112
Gambar 5. 13 Dimensi Segmen 2 Breakwater	113

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Koefisien untuk menghitung deviasi standar	20
Tabel 2. 2 Batas interval keyakinan tinggi gelombang signifikan ekstrim.....	21
Tabel 2. 3 Parameter gelombang laut dalam, transisi dan dangkal	23
Tabel 2. 4 Koefisien refleksi	27
Tabel 2. 5 Tinggi gelombang kritis di pelabuhan.....	38
Tabel 2. 6 Koefisien stabilitas KD untuk berbagai jenis butiran	47
Tabel 2. 7 Nilai-nilai parameter yang digunakan dalam formula Van Der Merr	49
Tabel 2. 8 Koefisien lapis.....	51
Tabel 2. 9 Beberapa harga E dan ϑ	55
Tabel 4. 1 Banyaknya kejadian angin pada pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera	62
Tabel 4. 2 Prosentase banyaknya kejadian angin pada pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera.....	62
Tabel 4. 3 Perhitungan panjang fetch efektif.....	67
Tabel 4. 4 Perhitungan peramalan gelombang	70
Tabel 4. 5 Perhitungan peramalan gelombang (Lanjutan)	71
Tabel 4. 6 Perhitungan peramalan gelombang (Lanjutan)	72
Tabel 4. 7 Perhitungan peramalan gelombang (Lanjutan)	73
Tabel 4. 8 Perhitungan Periode Ulang Metode Fisher Tippet Type-1	74
Tabel 4. 9 Tinggi gelombang dengan periode ulang metode Fisher Tippet Type-1	76
Tabel 4. 10 Koefisien untuk menghitung deviasi standar	76
Tabel 4. 11 Perhitungan periode ulang metode weibull	77
Tabel 4. 12 Tinggi gelombang dengan periode ulang metode weibull.....	79

Tabel 4. 13 Perbandingan tinggi gelombang periode ulang metode fisherr tippet 1 dan weibull.....	80
Tabel 4. 14 Rekapitulasi analisis difraksi cara manual dari arah Barat Daya.....	90
Tabel 4. 15 Rekapitulasi analisis difraksi cara manual dari arah Selatan	90
Tabel 4. 16 Hasil analisis tinggi gelombang dengan Delft3D arah Barat Daya.....	91
Tabel 4. 17 Hasil analisis tinggi gelombang dengan Delft3D arah Selatan	92
Tabel 4. 18 Konstanta harmonik pengamatan	93
Tabel 4. 19 Nilai elevasi pasang surut.....	94
Tabel 4. 20 Korelasi sondir dan N-SPT.....	94
Tabel 4. 21 Korelasi N-SPT dan γ	95
Tabel 4. 22 Hasil korelasi data sondir 1	95
Tabel 4. 23 Hasil korelasi data sondir 2	96
Tabel 4. 24 Hasil korelasi data sondir 3	96

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Bitung terletak di sebelah timur laut Tanah Minahasa. Bitung memiliki luas 302.9 km² dengan jumlah penduduk 205675 jiwa (bitungkota.bps.go.id). Kota Bitung terletak pada posisi geografis di antara 1°23'23" - 1°35'39" LU dan 125°1'43" - 125°18'13" BT. Wilayah Kota Bitung terdiri dari wilayah daratan yang berada di kaki gunung Duasudara dan Pulau Lembeh.

Dari aspek topografi, sebagian besar daratan Kota Bitung berombak berbukit 45.06%, bergunung 32.73%, daratan landai 4.18% dan berombak 18.03%. Di bagian timur mulai dari pesisir pantai Aertembaga sampai dengan Tanjung Merah di bagian barat merupakan daratan yang relatif cukup datar dengan kemiringan 0-150, sehingga dapat dikembangkan sebagai perkotaan, industri, perdagangan dan jasa. Pada bagian utara semakin bergelombang dan berbukit-bukit yang merupakan kawasan pertanian, perkebunan, hutan lindung, dan cagar alam. Di bagian selatan terdapat Pulau Lembeh yang keadaan tanahnya kasar ditutupi oleh tanaman kelapa, hortikultura dan palawija. Di samping itu memiliki pesisir pantai yang indah sebagai potensi yang dapat dikembangkan menjadi daerah wisata bahari dan industri perikanan.

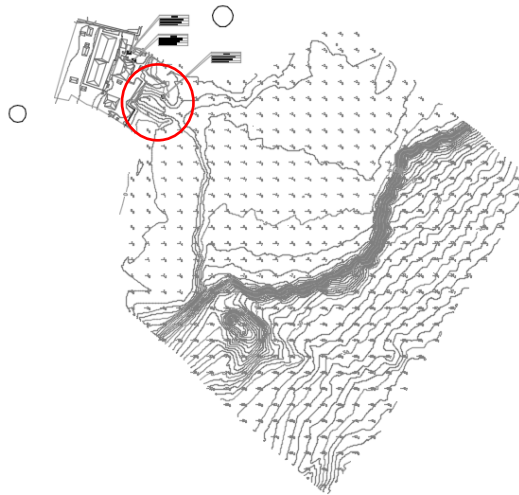
Banyak industri perikanan di Kota Bitung salah satunya adalah pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera. Lokasi pelabuhan dapat dilihat pada Gambar 1.1 Pelabuhan perikanan tersebut merupakan pelabuhan perikanan yang akan melakukan pengembangan agar dapat meningkatkan perekonomian masyarakat di sekitarnya. Fungsi dibangunnya pelabuhan perikanan adalah sebagai tempat kontak nelayan dengan pemilik kapal, mempersiapkan distribusi produksi perikanan melalui transaksi pelelangan ikan, jasa pendaratan ikan, jasa kapal penangkap ikan dan jasa penanganan mutu ikan. Untuk melindungi

pelabuhan perikanan dari gelombang air laut ketika pasang, maka diperlukan bangunan pengaman pantai.



Gambar 1. 1 Lokasi Pelabuhan Perikanan PT. Mitra Jaya Samudera
(Sumber: *Google Earth*)

Oleh karena itu, pada pelabuhan perikanan ini diperlukan perencanaan bangunan pemecah gelombang/*breakwater* untuk melindungi pelabuhan dari gelombang ketika pasang dan kegiatan bongkar muat hasil tangkapan ikan dapat dilakukan dengan aman. dan supaya tidak terjadi abrasi di bibir pantai Tidak hanya bangunan pemecah gelombang, akan tetapi diperlukan juga dinding *revetment* untuk melindungi lapangan penumpukan barang-barang supaya tidak terjadi longsor akibat abrasi. Lokasi perencanaan bangunan pemecah gelombang dan *revetment* dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Lokasi Perencanaan Bangunan *Breakwater* dan *Revetment*
(Sumber:Data)

Terdapat beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang. Aspek-aspek tersebut adalah data angin yang akan mempengaruhi letak bangunan pemecah gelombang, data pasang surut air laut yang akan mempengaruhi penetapan elevasi bangunan pemecah gelombang, peta batimetri dan topografi yang mempengaruhi elevasi kedalaman bangunan pemecah gelombang serta gaya-gaya yang ditimbulkan oleh gelombang yang akan mempengaruhi struktur bangunan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka permasalahan yang akan dibahas adalah:

1. Bagaimana arah angin dominan yang terjadi di pelabuhan perikanan?
2. Berapa elevasi pasang surut air laut?

3. Berapa tinggi dan periode gelombang di laut dalam dan tinggi gelombang rencana yang akan bekerja pada bangunan perencanaan?
4. Berapa jarak gelombang pecah dari pesisir pelabuhan dan pada kedalaman berapa?
5. Berapakah dimensi struktur rencana yang diperlukan untuk melindungi kolam pelabuhan?
6. Bagaimana stabilitas bangunan struktur yang direncanakan?

1.3 Batasan Masalah

Agar perencanaan ini tidak meluas maka perencanaan memberikan pembatasan masalah yang akan direncanakan. Adapun batasan masalahnya yaitu :

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder.
2. Tidak memperhatikan arus dan sediment transport pada pelabuhan ikan PT. Mitra Jaya Samudera
3. Tidak memperhitungkan biaya dan waktu perencanaan.
4. Tidak merencanakan metode pelaksanaan pekerjaan.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Mendapatkan arah angin dominan yang terjadi di pelabuhan perikanan.
2. Mendapatkan elevasi pasang surut air laut.
3. Mendapatkan tinggi dan periode gelombang di laut dalam dan tinggi gelombang rencana yang akan bekerja pada bangunan perencanaan.
4. Mendapatkan jarak gelombang pecah dari pesisir pelabuhan dan mengetahui kedalaman gelombang pecah.
5. Mendapatkan dimensi struktur rencana yang diperlukan untuk melindungi kolam pelabuhan.
6. Mendapatkan stabilitas bangunan struktur yang direncanakan.

1.5 Manfaat

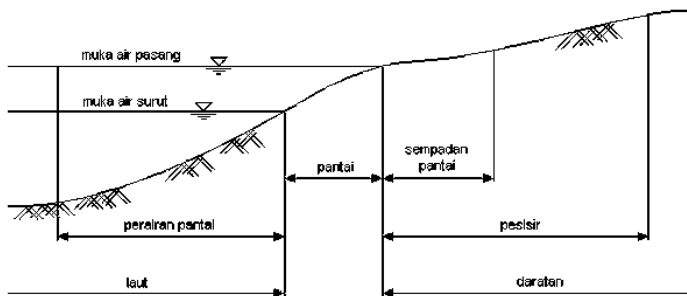
Manfaat perencanaan ini adalah untuk mendapatkan desain *breakwater* dan *revetmentt* yang aman yang berfungsi melindungi pelabuhan perikanan dari terjangan gelombang air laut ketika *overtopping* supaya dapat dimanfaatkan masyarakat secara optimal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pantai

Pantai merupakan batas antara wilayah daratan dengan wilayah lautan. Ada dua istilah tentang kepantaian dalam bahasa Indonesia yang sering rancu pemakaiannya, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Penjelasan mengenai beberapa definisi tentang kepantaian dapat dilihat pada Gambar 2.1



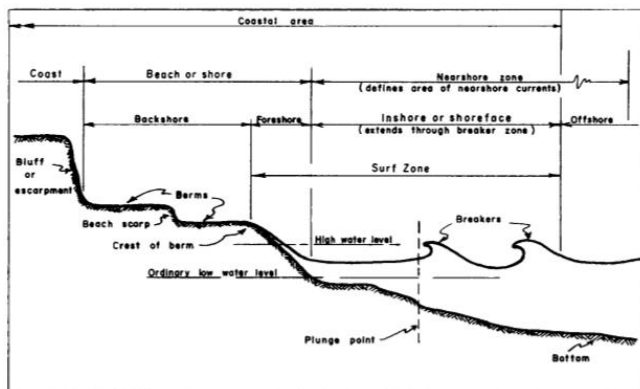
Gambar 2. 1 Definisi dan Batasan Pantai
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

Keterangan :

1. Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut.
2. Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah.
3. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi.

4. Daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut di mulai dari sisi laut pada garis surut terendah.
5. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, di mana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi.
6. Sempadan pantai adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai.

Selain beberapa definisi di atas, terdapat beberapa definisi yang berkaitan dengan karakteristik gelombang di daerah sekitar pantai seperti pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Definisi dan Karakteristik Gelombang Di Daerah Pantai

(Sumber:CERC, 1984)

Keterangan :

1. *Offshore* adalah daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut.
2. *Breaker zone* (daerah gelombang pecah) adalah daerah di mana gelombang yang datang dari laut (lepas pantai) mencapai titik ketidak-stabilan dan pecah.

3. *Surf zone* adalah daerah terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah dan batas naik-turunnya gelombang di pantai.
4. *Swash zone* adalah daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.
5. *Foreshore* adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat muka air rendah sampai batas atas dari *uprush* pada saat air pasang tinggi.
6. *Backshore* adalah daerah yang dibatasi oleh foreshore dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang.
7. *Inshore* adalah daerah antara offshore dan foreshore.
8. *Coast* adalah daratan pantai yang masih terpengaruhi laut secara langsung, misalnya pengaruh pasang surut, angin laut, dan ekosistem pantai (hutan bakau, *sand dunes*).

2.1.1 Bentuk Pantai

Bentuk profil pantai sangat dipengaruhi oleh serangan gelombang, sifat-sifat sedimen seperti rapat massa dan tahanan terhadap erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi gelombang dan arus serta bathimetri pantai. Kemiringan dasar pantai tergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Pantai lumpur mempunyai kemiringan sangat kecil sampai mencapai 1:5000. Kemiringan pantai pasir lebih besar berkisar antara 1:20 dan 1:50. Kemiringan pantai berkerikil bisa mencapai 1:4. Pantai berlumpur banyak dijumpai di daerah pantai di mana banyak sungai yang mengangkut sedimen suspensi bermuara di daerah tersebut dan gelombang relative kecil. Pantai utara Jawa dan timur Sumatra sebagian besar merupakan pantai berlumpur. Sebagian besar pantai yang menghadap ke Samudra Indonesia, seperti pantai selatan Jawa, Bali, Nusa Tenggara, pantai barat Sumatra, adalah pantai berpasir.

2.1.2 Transpor Sedimen Pantai

Transport sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen pantai dapat diklasifikasikan

menjadi transpor menuju dan meninggalkan pantai (*cross-shore transport*) dan transpor sepanjang garis pantai (*longshore transport*).

1. Transpor menuju dan meninggalkan pantai (*cross-shore transport*)

Disebut juga *onshore-offshore sediment transport* adalah angkutan sedimen yang tegak lurus dengan garis pantai, dipengaruhi oleh gelombang, ukuran butir material, kemiringan pantai.

2. Transport sedimen sepanjang pantai (*long-shore transport*)

Long-shore transport adalah angkutan sedimen yang sejajar dengan garis pantai. Terjadi apabila pasir terangkat oleh turbulensi yang disebabkan oleh gelombang pecah, hal ini dipengaruhi oleh gelombang ataupun arus pasang surut.

2.2 Angin

Perencanaan bangunan pantai harus memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh pada bangunan salah satunya adalah angin. Angin dapat menimbulkan arus dan gelombang, serta dapat menimbulkan tekanan pada kapal dan bangunan pantai.

2.2.1 Distribusi Kecepatan Angin

Distribusi kecepatan angin di atas permukaan laut seperti pada Gambar 2.3 yang terbagi dalam tiga daerah sesuai elevasi di atas permukaan.

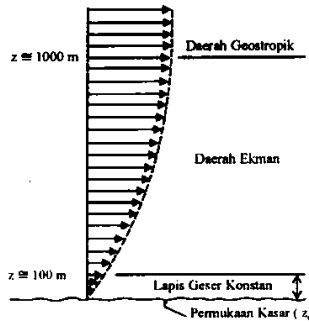
Di daerah tegangan konstan, profil vertical dari kecepatan angin mempunyai bentuk berikut :

$$U(y) = \frac{U_*}{K} \left\{ \ln \left(\frac{y}{y_0} \right) - \Psi \left(\frac{y}{L} \right) \right\} \quad (2.1)$$

Dimana :

- U_* = kecepatan geser
- K = koefisien von Karman (=0,4)
- y = elevasi terhadap muka air
- y_0 = tinggi kekasaran permukaan

L = panjang campur yang tergantung pada perbedaan temperature antara air dan udara (ΔT_{as})
 Ψ = efek stabilitas



Gambar 2. 3 Distribusi Vertikal Kecepatan Angin
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.2.2 Efek Elevasi

Untuk memperkirakan pengaruh kecepatan angin terhadap pembangkitan gelombang, parameter ΔT_{as} , U_* dan y_0 harus diketahui. Beberapa rumus atau grafik untuk memprediksi gelombang didasarkan pada kecepatan angin yang diukur pada $y = 10$ m. Apabila angin tidak diukur pada elevasi 10 m, maka kecepatan angin harus dikonversikan pada elevasi tersebut. Untuk memudahkan perhitungan dapat digunakan persamaan yang lebih sederhana berikut ini:

$$U_{(10)} = U_{(y)} \left(\frac{10}{y} \right)^{1/7} \quad (2. 2)$$

Dimana :

$U_{(10)}$ = kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas permukaan laut.

$U_{(y)}$ = kecepatan angin pada ketinggian y di atas permukaan laut.

Biasanya data angin yang ada diukur di darat. Hal ini harus diubah seolah-olah angin diukur dari laut, dengan menggunakan rumus CERC, 1984.

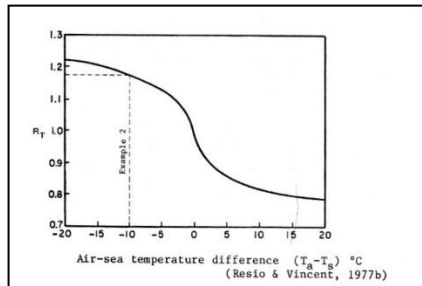
$$U = R_L \cdot R_T \cdot U_{(10)L} \quad (2.3)$$

Dimana :

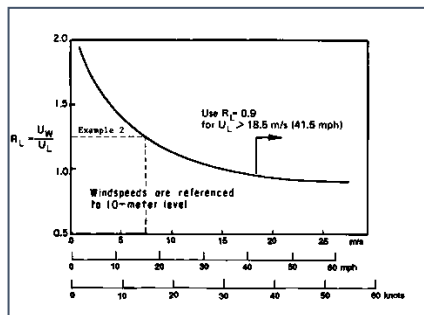
R_T = faktor koreksi terhadap perbedaan temperature antara udara dan air (Gambar 2.4)

R_L = faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat (Gambar 2.5)

$U_{(10)L}$ = kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas tanah (*land*)



Gambar 2. 4 Faktor Koreksi Akibat Perbedaan Temperature
(Sumber:CERC, 1984)



Gambar 2. 5 Faktor Koreksi Terhadap Kecepatan Angin Di Laut
Dan Darat
(Sumber:CERC, 1984)

2.2.3 Koreksi Stabilitas

Jika terdapat perbedaan antara temperature air laut dan udara, maka kecepatan angin dikoreksi dengan factor koreksi R_T

$$U = R_T \cdot U_{(10)} \quad (2.4)$$

2.2.4 Koefisien Drag

Dalam peramalan gelombang yang diperlukan kecepatan angin yang telah disesuaikan (Adjusted windspeed, U_A) :

$$U_A = 0,71 \cdot U^{(1,23)} \quad (2.5)$$

2.2.5 Fetch

Di dalam pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Contoh penggambaran fetch dijelaskan pada Gambar 2.6. Fetch rata-rata efektif diberikan oleh persamaan berikut. (Bambang Triadmodjo, 2012)

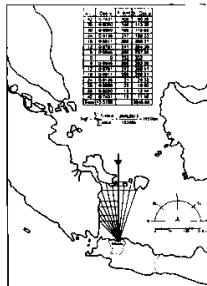
$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum(X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i} \quad (2.6)$$

Dimana :

F_{eff} = fetch rata-rata efektif

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

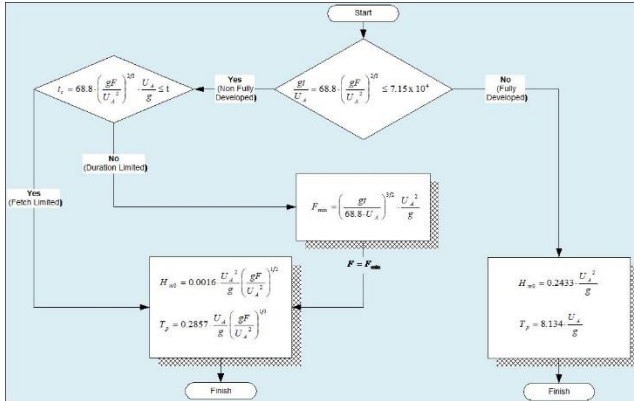
α_i = deviasi pada kedua sisi arah angin dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut 42° pada kedua sisi dari arah mata angin.



Gambar 2. 6 Contoh Penggambaran Fetch
(Sumber: Bambang Triadmodjo, 2012)

2.2.6 Peramalan Gelombang Laut Dalam

Formula peramalan tinggi gelombang laut dalam seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Formula Peramalan Tinggi Gelombang Laut Dalam (Sumber : CERC, 1984)

Syarat :

Fully Developed bila nilai $t/UA \geq 2.027$

Bila $t < t_c$ maka perumusan fetch limited untuk variable F diganti F_{min}

$$F_{min} = \left(\frac{gt}{68.8 \cdot U_A} \right)^{3/2} \cdot \frac{U_A^2}{g} \quad \text{dan} \quad t_c = 0.893 \left(\frac{F}{U_A} \right)^{1/3}$$

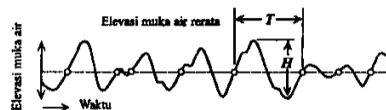
2.3 Statistik dan Peramalan Gelombang

Gelombang yang ada di alam adalah tidak teratur dan sangat kompleks dimana masing-masing gelombang d dalam deretan gelombang memounyai sifat-sifat berbeda, sehingga gelombang alam harus dianalisis secara statistik. Analisis statistic gelombang diperlukan untuk mendapatkan beberapa karakteristik gelombang seperti representatif (H_I , H_{10} , H_s , dan sebagainya), probabilitas kejadian gelombang, dan gelombang ekstrim (gelombang dengan periode ulang tertentu).

2.3.1 Statistik gelombang

Pengukuran gelombang di suatu tempat memberikan pencatatan muka air sebagai fungsi waktu. Pengukuran ini dilakukan dalam waktu cukup panjang sehingga data gelombang akan sangat banyak. Mengingat kekompleksan dan besarnya jumlah data tersebut dibutuhkan peralatan untuk melakukan pengukuran seperti *Supersonic Magnetic Reading (SMR)* dan *Electromagnetic Current meter (EMC)*. maka gelombang alam dianalisis secara statistik untuk mendapatkan bentuk gelombang yang bermanfaat.

Dalam pengukuran gelombang seperti pada Gambar 2.8 absis adalah waktu dari dimulainya pencatatan. Ada dua metode untuk menentukan gelombang yaitu *zero upcrossing method* dan *zero downcrossing method*. Untuk menjelaskan metode tersebut, pertama kali ditetapkan elevasi rerata dari permukaan air berdasarkan fluktuasi muka air pada waktu pencatatan. Muka air tersebut didefinisikan sebagai garis nol. Kemudian kurva gelombang ditelusuri dari awal sampai akhir. Pada metode *zero upcrossing*, diberi tanda titik perpotongan antara kurva naik dan garis nol, dan titik tersebut ditetapkan sebagai awal dari satu gelombang. Mengikuti naik-turunnya kurva, penelusuran dilanjutkan untuk mendapatkan perpotongan antara kurva naik dan garis nol berikutnya. Titik tersebut ditetapkan sebagai akhir dari gelombang pertama dan awal dari gelombang kedua. Jarak antara kedua titik tersebut adalah periode gelombang pertama (T_1). Sedang jarak vertikal antara titik tertinggi dan terendah di antara kedua titik tersebut adalah tinggi gelombang pertama (H_1). Penelusuran dilanjutkan untuk mendapatkan gelombang kedua, ketiga, dan seterusnya.



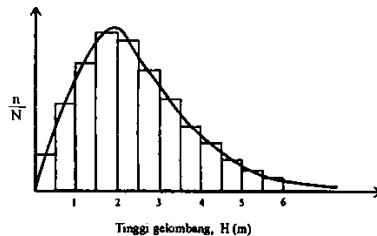
Gambar 2. 8 Pencatatan Gelombang di Suatu Tempat
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.3.2 Gelombang Representatif

Gelombang Representatif digunakan untuk keperluan perencanaan bangunan-bangunan pantai perlu dipilih tinggi dan periode gelombang individu (*individual wave*) yang dapat mewakili spektrum gelombang. Apabila tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah atau sebaliknya, maka akan dapat ditentukan tinggi H_n yang merupakan rerata dari n persen gelombang tertinggi. Gelombang representatif misalnya H_{10} , H_{33} , dan H_{100} . Bentuk yang paling banyak digunakan adalah H_{33} atau tinggi rerata dari 33% nilai tinggi dari pencatatan gelombang; yang juga disebut sebagai tinggi gelombang signifikan.

2.3.3 Distribusi Tinggi dan Periode Gelombang Individu

Untuk mendapatkan distribusi tinggi gelombang yang halus, dapat dilakukan dengan menggabungkan data dari beberapa pencatatan sehingga jumlah data yang dianalisis cukup banyak. Kejadian gelombang dapat dinyatakan dalam bentuk grafik histogram probabilitas seperti pada Gambar 2.9



Gambar 2. 9 Distribusi Probabilitas Kontinyu
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

Bentuk diagram yang halus tersebut dapat didekati oleh suatu fungsi teoritis. Penelitian yang dilakukan oleh Longuet-Higgins menunjukkan bahwa fungsi distribusi yang sesuai dengan gelombang laut adalah distribusi Rayleigh. Fungsi distribusi Rayleigh mempunyai bentuk berikut ini :

$$p(H) = \frac{2H}{H_{rms}^2} e^{-(H/H_{rms})^2} \quad (2.7)$$

Dimana :

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^2}$$

Dengan:

$p(H)$ = fungsi densitas probabilitas

H_{rms} = tinggi gelombang root-mean-square

N = jumlah total data

Probabilitas bahwa suatu nilai tinggi gelombang H lebih besar dari suatu nilai terendah H yang diberi notasi \hat{H} diberikan oleh bentuk berikut :

$$p(H > \hat{H}) = e^{-(H/H_{rms})^2} \quad (2.8)$$

Dengan $p(H > \hat{H})$ adalah jumlah n gelombang yang lebih besar dari \hat{H} dibagi dengan jumlah total gelombang N . Dengan demikian P mempunyai bentuk n/N . Substitusi nilai $n > N$ untuk $p(H > \hat{H})$ ke dalam persamaan (2.9) dan kemudian dibuat logaritma natural \ln :

$$\frac{n}{N} = e^{-(\hat{H}/H_{rms})^2}$$

$$\ln \frac{n}{N} = \ln e^{-(\hat{H}/H_{rms})^2}$$

$$\ln \frac{n}{N} = \left(\frac{\hat{H}}{H_{rms}} \right)^2 \quad (2.9)$$

Tinggi gelombang dengan probabilitas tertentu n/N yang dilampaui dapat dihitung dari persamaan (..atas) :

$$\frac{H}{H_{rms}} = \left\{ -\ln \left(\frac{n}{N} \right) \right\}^{1/2} \quad (2.10)$$

Tinggi rerata dari semua gelombang yang lebih besar dari \hat{H} , diberi notasi $H(\hat{H})$, dapat dihitung sebagai berikut :

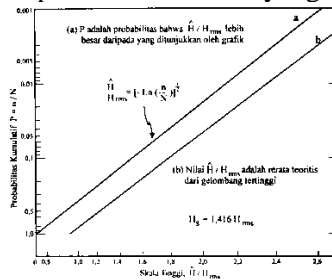
$$\bar{H}(\hat{H}) = \frac{\int_0^{\infty} H^2 e^{-(H/H_{rms})^2} dH}{\int_0^{\infty} H e^{-(H/H_{rms})^2} dH} \quad (2.11)$$

Untuk tinggi gelombang rerata H_{100} , Persamaan (diatas) menjadi :

$$H_{100} = \bar{H}(\hat{H} = 0) = \frac{\int_0^{\infty} H^2 e^{-(H/H_{rms})^2} dH}{\int_0^{\infty} H e^{-(H/H_{rms})^2} dH}$$

$$= \frac{\sqrt{\pi}}{2} H_{rms} = 0,886 H_{rms}$$

Hubungan antara \hat{H}/H_{rms} dan probabilitas kumulatif diberikan seperti Gambar 2.10. Grafik a adalah probabilitas bahwa nilai \hat{H}/H_{rms} lebih besar dari nilai-nilai yang ditunjukkan dalam grafik. Sedang grafik b digunakan untuk menghitung perbandingan \hat{H}/H_{rms} berdasarkan probabilitas dari \hat{H} yang dilampaui (P).



Gambar 2. 10 Distribusi Tinggi Gelombang Teoritis
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.3.4 Fungsi distribusi probabilitas

Berikut ini diberikan dua metode untuk memprediksi gelombang dengan periode ulang tertentu, yaitu distribusi Gumbel (Fisher-Tippett Type I) dan distribusi Weibull (CERC, 1992).

Kedua distribusi tersebut mempunyai bentuk berikut ini :

1. Distribusi Fisher-Tippett Type I

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = e^{-e^{-\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)}} \quad (2.12)$$

2. Distribusi Weibull Angin

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = 1 - e^{-\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)^K} \quad (2.13)$$

Dengan :

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

H	= tinggi gelombang representatif
\hat{H}	= tinggi gelombang dengan nilai tertentu
A	= parameter skala
B	= parameter lokasi
K	= parameter bentuk (Tabel 2.1)

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

1. Distribusi Fisher-Tippett Type I

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,44}{N_T+0,12} \quad (2.14)$$

2. Distribusi Weibull Angin

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,2-\frac{0,27}{\sqrt{K}}}{N_T+0,2+\frac{0,23}{\sqrt{K}}} \quad (2.15)$$

Dengan :

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

H_{sm} = tinggi gelombang urutan ke m

m = nomor urut tinggi gelombang signifikan = 1,2,...,N

N_T = jumlah kejadian gelombang selama pencatatan (bisa lebih besar dari gelombang representatif).

2.3.5 Periode Ulang

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

$$H_{sr} = \hat{A}y_t + \hat{B} \quad (2.16)$$

Dimana y_t diberikan oleh bentuk berikut :

Untuk distribusi Fisher-Tippett tipe I :

$$y_t = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{LT_r} \right) \right\} \quad (2.17)$$

Untuk distribusi Weibull :

$$y_t = \{ \ln(LT_r) \}^{1/K} \quad (2.18)$$

Dengan :

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

- T_r = periode ulanh (tahun)
- K = panjang data (tahun)
- L = rerata jumlah kejadian per tahun = $\frac{N_T}{K}$

2.3.6 Interval Keyakinan

Perkiraan interval keyakinan adalah penting dalam analisis gelombang ekstrim. Hal ini mengingat bahwa biasanya periode pencatatan gelombang adalah pendek, dan tingkat ketidak-pastian yang tinggi dalam perkiraan gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat dipengaruhi oleh penyebaran data, sehingga nilainya tergantung pada deviasi standar. Pada laporan ini digunakan pendekatan yang dilakukan oleh Gumbel (1958) dan Goda (1988) (dalam CERC, 1992) untuk perkiraan deviasi standar dari nilai ulang. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2]^{1/2} \tag{2. 19}$$

Dengan :

σ_{nr} = standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode gelombang T_r

N = jumlah data tinggi gelombang signifikan

$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1.3} + k\sqrt{-\ln v}}$, $\alpha_1, \alpha_2, e, \varepsilon, \varepsilon, K$ = koefisien empiris yang diberikan oleh Tabel 2.1

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

Tabel 2. 1 Koefisien untuk menghitung deviasi standar

Distribusi	α_1	α_2	K	c	ε
FT-1	0.64	9	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 : Bambang Triatmodjo, 2012

Besaran absolut dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus berikut :

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma_{Hs} \tag{2. 20}$$

Dengan :

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

σ_{H_s} = deviasi standar dari data tinggi 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_{sr} dengan berbagai tingkat keyakinan diberikan dalam Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Batas interval keyakinan tinggi gelombang signifikan ekstrim

Tingkat Keyakinan (%)	Batas Interval Keyakinan Terhadap Hsr	Probabilitas Batas Atas Terlampaui (%)
80	$1.28 \sigma_r$	10.0
85	$1.44 \sigma_r$	7.5
90	$1.65 \sigma_r$	5
95	$1.96 \sigma_r$	2.5
99	$2.58 \sigma_r$	0.5

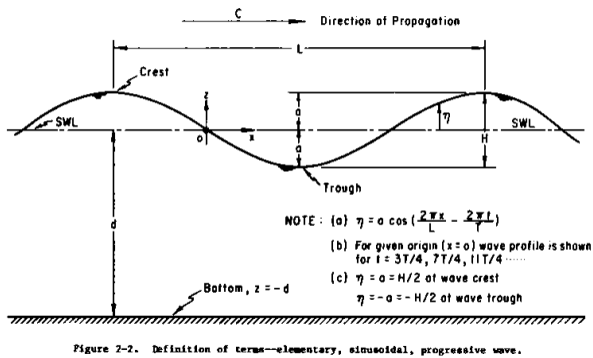
Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012

2.4 Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang bergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gaya yang dibangkitkan oleh tiupan angin dipermukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi dan sebagainya. (Bambang Triatmodjo, 2012)

Pada umumnya bentuk gelombang yang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara gelombang linier atau teori gelombang amplitude kecil yang pertama kali dikemukakan oleh Airy pada tahun 1845.

Gambar 2.11 menunjukkan suatu gelombang yang berada pada system koordinat x-y. Gelombang menjalar pada arah sumbu x.



Gambar 2. 11 Gelombang Progresif Sinusoidal
(Sumber:CERC. 1984)

Dimana :

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

$\eta(x,t)$ = Fluktuasi muka air laut terhadap muka air diam

a = Amplitudo gelombang

H = Tinggi gelombang = $2a$

L = Panjang gelombang, jarak antar puncak gelombang 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 = $2\pi/T$

Klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air dan panjang gelombang (d/L), gelombang dikelompokkan menjadi 3 yaitu gelombang laut dangkal, gelombang laut dalam dan gelombang laut transisi. Perbedaan klasifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Parameter gelombang laut dalam, transisi dan dangkal

	Laut Dalam	Laut Transisi	Laut Dangkal
Kedalaman Relatif (d/L ₀)	$> \frac{1}{25} - \frac{1}{2}$	$\frac{1}{25} - \frac{1}{2}$	$< \frac{1}{25} - \frac{1}{2}$
Cepat Rambat (C)	1,56T	$\frac{gT}{2\pi} \tan kd$	\sqrt{gd}
Panjang Gelombang (L)	1,56T ²	$\frac{gT^2}{2\pi} \tan kd$	$\sqrt{gd}T$

Sumber: CERC, 1984

2.4.1 Efek Pendangkalan Gelombang (*shoaling efek*)

Perubahan yang terjadi pada saat gelombang bergerak menuju pantai. Efek pendangkalan mengakibatkan kecepatan gelombang berkurang, panjang gelombang berkurang dan tinggi gelombang bertambah.

Tinggi gelombang setelah mengalami *shoaling* :

$$H = K_s \cdot H_0 \quad (2.21)$$

Koefisien shoaling dapat dituliskan dalam bentuk :

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{C_0}{2nC}} = K_s \quad (2.22)$$

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right) \quad (2.23)$$

$$K_s = \frac{(C_g)_0}{C_g} = \left\{ \tanh kd \left[1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right] \right\}^{1/2} \quad (2.24)$$

Dimana :

K_s = koefisien *shoaling*

K_r = koefisien refraksi

H₀ = tinggi gelombang di laut dalam

Koefisien shoaling juga dapat diperoleh dari tabel A-1 buku

Teknik Pantai, Triatmodjo 2012)

2.4.2 Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah di mana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal,

dasar laut mempengaruhi gelombang. (Bambang Triatmodjo, 2012)

Persamaan cepat rambat gelombang adalah :

$$C^2 = \frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (2.25)$$

Di laut dalam, persamaan (2.25) menjadi :

$$C_0^2 = \frac{gL}{2\pi} \quad (2.26)$$

Di laut transisi, kecepatan rambat dihitung dengan persamaan (2.26), sedang di laut dangkal persamaan tersebut menjadi :

$$C = \sqrt{gd} \quad (2.27)$$

Untuk rumus energi total gelombang tiap satu satuan lebar gelombang adalah :

$$E = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (2.28)$$

Sedang tenaga gelombang :

$$P = \frac{nE}{T} \quad (2.29)$$

Dengan :

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right) \quad (2.30)$$

Dipandang dua garis orthogonal yang melintas dari laut dalam menuju pantai dan dianggap tidak ada energi gelombang yang keluar dari lintasan tersebut seperti pada Gambar 2.12. Tenaga yang terkandung di antara dua garis orthogonal dapat dianggap konstan. Apabila jarak antara garis orthogonal adalah b , maka tenaga gelombang di laut dalam dan di suatu titik di laut yang lebih dangkal adalah :

$$P_0 = \frac{n_0 E_0 b_0}{T_0}$$

$$P = \frac{nEb}{T}$$

Tenaga diantara dua garis orthogonal adalah konstan :

$$\frac{n_0 E_0 b_0}{T_0} = \frac{nEb}{T} = \text{konstan}$$

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{nL}} \sqrt{\frac{b_0}{b}} \quad (2.31)$$

$$H = K_S K_R H_0 \quad (2.32)$$

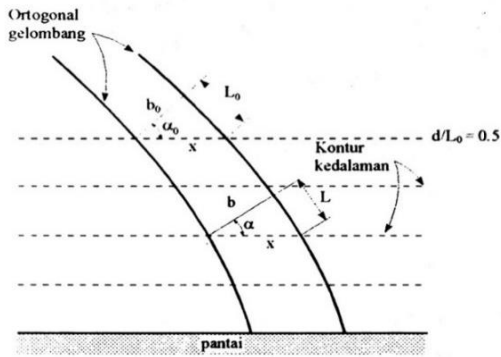
Jika $K_s = H/H'_0$

$$\frac{H}{H_0} = \frac{H}{H'_0} K_r$$

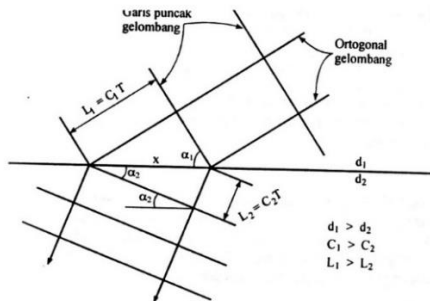
$$\frac{H'_0}{H_0} = K_r$$

$$H'_0 = K_r H_0 \tag{2.33}$$

Proses refraksi gelombang sama dengan refraksi cahaya, maka berlaku hukum Snell, gelombang bergerak dari kedalaman d_1 ke d_2 seperti pada Gambar 2.13



Gambar 2. 12 Refraksi Gelombang pada Kontur Lurus dan Sejajar
 (Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)



Gambar 2. 13 Hukum Snell untuk Refraksi Gelombang
 (Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0 \quad (2.34)$$

Dimana :

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

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.13 jarak antara orthogonal di laut dalam dan di suatu titik adalah b_0 dan b . apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak x di titik 0 dan titik berikutnya adalah sama sehingga :

$$x = \frac{b_0}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha}$$

Maka koefisien refraksi (K_r) adalah :

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (2.35)$$

2.4.3 Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang terjadi apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang, maka gelombang tersebut akan membelok disekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindungi di belakangnya seperti pada Gambar 2.14. (Bambang Triatmodjo, 2012)

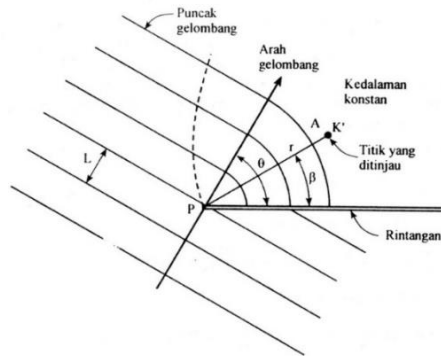
Pada perhitungan difraksi gelombang, tinggi gelombang suatu tempat di daerah terlindung tergantung pada jarak titik tinjau terhadap sudut rintangan r , sudut antara rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan dan sudut antara arah penjalaran gelombang dan rintangan. Perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindungi dan tinggi gelombang datang disebut koefisien difraksi K' . Nilai K' diberikan dalam table difraksi (Bambang Triatmodjo, 2012)

$$\begin{aligned} H_A &= K' \cdot H_P \\ K' &= f(\theta, \beta, r/L) \end{aligned} \quad (2.36)$$

Dimana :

H_A = tinggi gelombang yang ditinjau

H_P = tinggi gelombang di ujung rintangan



Gambar 2. 14 Difraksi Gelombang Di Belakang Rintangan
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.4.4 Refleksi Gelombang

Gelombang datang yang mengenai suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam perairan. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dan tinggi gelombang datang H_i :

$$X = \frac{H_r}{H_i} \text{ (Bambang Triatmodjo. 2012)}$$

Koefisien refleksi bangunan diestimasi berdasarkan tes model. Koefisien refleksi berbagai tipe bangunan dijelaskan dalam Tabel 2.4

Tabel 2. 4 Koefisien refleksi

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 balok beton	0.3-0.5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lubang)	0.05-0.2

Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012

Gelombang di depan dinding vertical superposisi dari arah kedua gelombang dengan T , H dan k yang sama tapi berlawanan arah. Menurut teori gelombang amplitude kecil, fluktuasi muka air gelombang datang adalah :

$$\eta_i = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t)$$

Dan gelombang refleksi :

$$\eta_r = X \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t)$$

Profil muka air di depan bangunan diberikan oleh jumlah η_i dan η_r

$$\eta = \eta_i + \eta_r = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) + X \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) =$$

$$(1 + X) \frac{H_i}{2} \cos kx \cos \sigma t$$

Rumus refleksi sempurna $X=1$

$$\eta = H_i \cos kx \cos \sigma t \quad (2.37)$$

2.4.5 Gelombang Pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat dalam ke tempat dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Di laut dalam kemiringan gelombang maksimum di mana gelombang mulai tidak stabil diberikan oleh bentuk berikut :

$$\frac{H_0}{L_0} = \frac{1}{7} = 0.142 \quad (2.38)$$

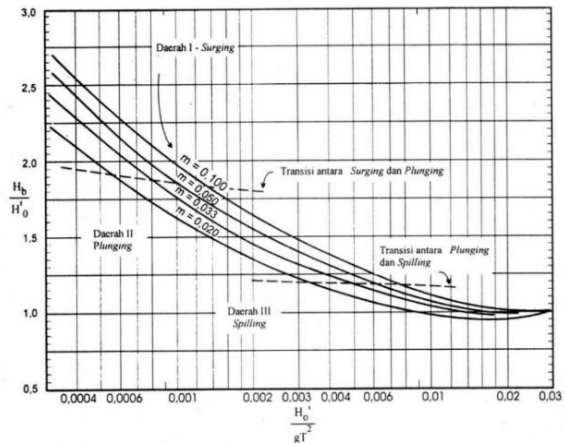
Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tersebut tergantung pada kedalaman relative d/L dan kemiringan dasar laut m . Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu. Rumus untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah berikut ini :

$$\frac{H_b}{H_0'} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H_0'}{L_0}\right)^{1/3}} \quad (2.39)$$

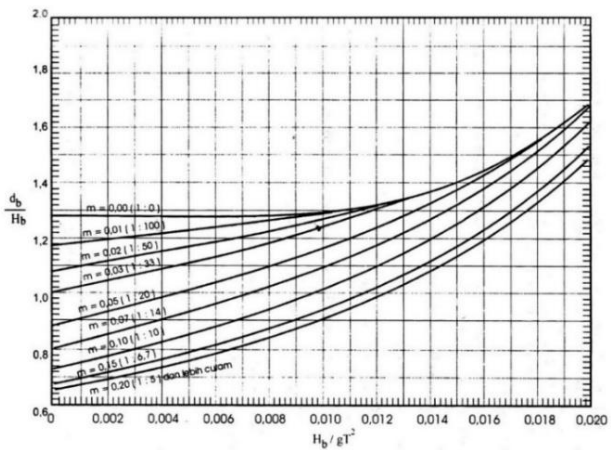
$$\frac{d_b}{H_b} = 1.28 \quad (2.40)$$

Gambar 2.15 menunjukkan hubungan antara H_b/H_0' dan H_0'/L_0' untuk berbagai kemiringan dasar laut. Sedang Gambar 2.16

menunjukkan hubungan antara d_b/H_b dan H_b/gT^2 untuk berbagai kemiringan dasar.



Gambar 2. 15 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

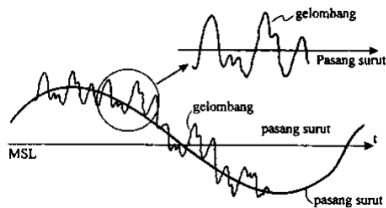


Gambar 2. 16 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.5 Fluktuasi Muka Air Laut

Beberapa proses alam yang terjadi dalam waktu yang bersamaan membentuk variasi muka air laut dengan periode panjang. Proses alam tersebut meliputi tsunami, gelombang badai, kenaikan muka air karena gelombang, kenaikan muka air karena perubahan suhu global, dan pasang surut.

Fluktuasi muka air laut karena tsunami, pasang surut dan gelombang badai adalah periodic dengan periode berbeda, mulai dari beberapa menit (tsunami), setengah hari atau satu hari (pasang surut), dan beberapa hari (gelombang badai). Sedangkan kenaikan muka air laut karena perubahan suhu global selalu bertambah dengan bertambahnya waktu. Apabila fluktuasi muka air laut terjadi secara bersamaan dengan gelombang angin yang mempunyai periode yang lebih kecil (beberapa detik), maka muka air tersebut relatif konstan terhadap fluktuasi muka air laut karena gelombang angin. Contoh pasang surut yang terjadi bersamaan dengan gelombang dapat dilihat pada Gambar 2.17



Gambar 2. 17 Pasang Surut Terjadi Bersamaan Dengan Gelombang

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.5.1 Tsunami

Tsunami adalah gelombang yang terjadi akibat adanya gempa bumi atau letusan gunung api laut. Cepat rambat gelombang tsunami tergantung pada kedalaman laut. Pada kedalaman 5000 m cepat rambat tsunami mencapai 230 m/dt (830 km/jam), pada kedalaman 4000 m sebesar 200 m/dt dan pada kedalaman 40 m cepat rambatnya 20 m/dt. Panjang gelombang tsunami yaitu jarak

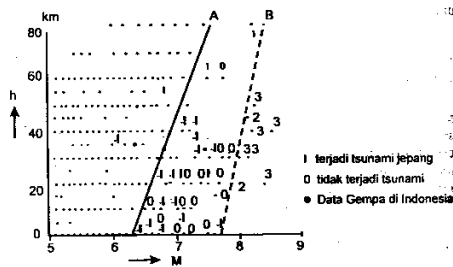
antara dua puncak gelombang yang berurutan bisa mencapai 200 km. Tinggi gelombang di lokasi episentrum gempa kurang dari 2 m, tetapi tinggi gelombang di daerah pantai bisa lebih dari 10 m.

Pencatatan gelombang tsunami di Indonesia belum banyak dilakukan. Jepang sebagai Negara yang sering mengalami serangan tsunami telah banyak melakukan penelitian dan pencatatan gelombang tsunami.

Kejadian tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi di laut tergantung pada beberapa factor berikut ini :

1. Kedalaman pusat gempa (episentrum) di bawah dasar laut h (km).
2. Kekuatan gempa M yang dinyatakan dalam skala Richter.
3. Kedalaman air di atas episentrum d (m)

Gelombang tsunami mempunyai hubungan erat dengan kekuatan gempa dan kedalaman pusat gempa seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.18 Pada daerah di sebelah kiri garis A gempa yang terjadi tidak menimbulkan tsunami. Sedang daerah di sebelah kanan garis A dan B gempa yang terjadi dapat menimbulkan tsunami.

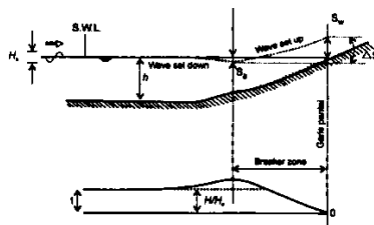


Gambar 2. 18 Hubungan Antara Kekuatan Gempa dan Kedalaman Episentrum dengan Terbentuknya Gelombang Tsunami

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.5.2 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 di mana gelombang pecah permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai. Turunnya muka air tersebut dikenal dengan *wave set-down*, sedang naiknya muka air disebut *wave set-up*; seperti Gambar 2.19.



Gambar 2. 19 *Wave Set-Up Dan Set-Down*
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

Wave set-up di pantai dapat dihitung dengan menggunakan teori LongetsHiggins dan Stewart (1963, dalam CERC, 1984). Besar *wave set-down* di daerah gelombang pecah diberikan oleh :

$$S_b = \frac{0,536H_b'^{2/3}}{g^{1/2}T} \quad (2.41)$$

Dimana :

S_b = *set-down* di daerah gelombang pecah

T = periode gelombang

H_0' = tinggi gelombang laut dalam ekivalen

d_b = kedalaman gelombang pecah

g = percepatan gravitasi

Wave set-up di pantai diberikan oleh bentuk berikut :

$$S_w = \Delta S - S_b \quad (2.42)$$

Longets-Higgins dan Stewart melakukan analisis data hasil percobaan yang dilakukan oleh Saville (1961, dalam CERC,

1984) dan hasilnya adalah $\Delta S = 0,15d_b$. Dengan menganggap bahwa $d_b = 1,28H_b$, maka :

$$\Delta S = 0,15d_b \quad (2.43)$$

Substitusi persamaan (2.42) dan (2.43) ke dalam persamaan (2.44) didapat :

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b \quad (2.44)$$

2.5.3 Kenaikan Muka Air Karena Angin (*Wind set-up*)

Angin dengan kecepatan besar (badai) yang terjadi di atas permukaan laut bisa memebangkitkan fluktuasi muka air laut yang besar di sepanjang pantai jika badai tersebut cukup kuat dan daerah pantai dangkal dan luas. Penentuan elevasi muka air rencana selama terjadinya badai adalah sangat kompleks yang melibatkan interaksi antara angin dan air, perbedaan tekanan atmosfer dan beberapa parameter lainnya.

Gelombang badai biasanya terjadi dalam waktu yang bersamaan dengan proses alam lainnya seperti pasang surut. Besarnya kenaikan muka air karena badai dapat diketahui dengan memisahkan hasil pengukuran muka air laut selama terjadi badai dengan fluktuasi muka air laut karena pasang surut seperti yang terlihat pada Gambar 2.20.

Untuk memprediksi kenaikan muka air karena badai, pada Gambar 2.21 yang memberikan keseimbangan gaya-gaya yang bekerja pada air selama badai. Angin yang bertiup menyebabkan terjadinya tegangan geser pada permukaan air laut, sehingga mengakibatkan kenaikan atau penurunan muka air laut.

Kenaikan elevasi muka air karena badai dapat dihitung dengan persamaan berikut :

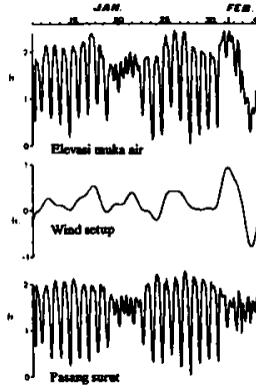
$$\Delta h = \frac{F_i}{2}$$

$$\Delta h = Fc \frac{v^2}{2gd} \quad (2.45)$$

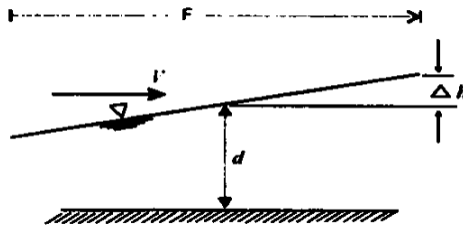
Dimana :

- Δh = kenaikan elevasi muka air karena badai (m)
- F = panjang Fetch (m)
- I = kemiringan muka air

- c = konstanta ($3,5 \times 10^{-6}$)
 V = kecepatan angin (m/dt)
 d = kedalaman air (m)
 g = percepatan gravitasi (m/d^2)



Gambar 2. 20 Pasang Surut dan Gelombang Badai
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

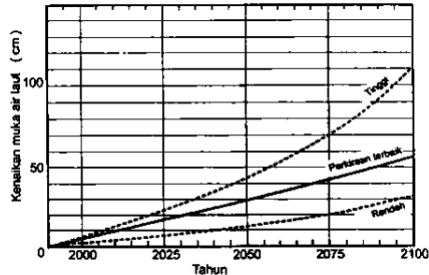


Gambar 2. 21 Muka Air Laut Karena Badai
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.5.4 Pemanasan Global

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Di dalam perencanaan bangunan pantai,

kenaikan muka air karena pemanasan global harus diperhitungkan. Gambar 2.22 memberikan perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990 sampai 2100, yang disertai perkiraan batas atas dan bawah.



Gambar 2. 22 Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.5.5 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya Tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari (Bambang Triatmodjo, 2012)

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe seperti pada Gambar 2.23

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 secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.

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

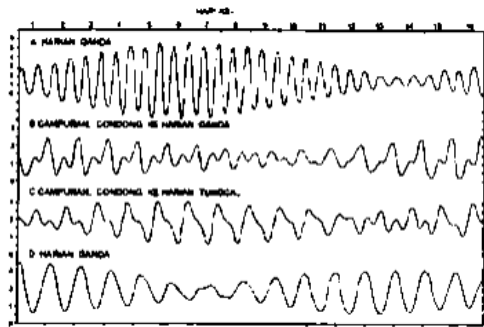
Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut rata-rata adalah 24 jam 50 menit.

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

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

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

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.



Gambar 2. 23 Tipe Pasang Surut
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.5.6 Definisi elevasi muka air

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

1. Muka air tinggi (*high water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.

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

2.5.7 Elevasi muka air pasang surut rencana

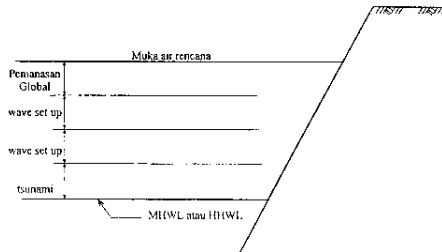
Perencanaan bangunan pantai dibatasi oleh waktu. Dengan demikian untuk mendapatkan data pasang surut di lokasi pekerjaan sepanjang 19 tahun tidak dapat dilakukan. Dalam hal ini elevasi muka air laut (MHWL, MLWL, MSL) ditentukan berdasarkan pengukuran pasang surut selama minimum 15 hari. (Bambang Triatmodjo, 2012)

Dari pengamatan selama 15 hari dapat diramalkan pasang surut untuk periode berikutnya dengan menggunakan metode *Admirally* atau metode kuadrat terkecil (*least square method*). (Bambang Triatmodjo, 2012).

2.5.8 Elevasi muka air laut rencana

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter yang sangat penting dalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter yaitu pasang surut, tsunami, *wave set-up*, *wind set-up*, dan kenaikan

muka air karena perubahan suhu global Gambar 2.24 menunjukkan contoh penentuan elevasi muka air rencana



Gambar 2. 24 Penentuan Elevasi Muka Air Rencana
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.6 Perencanaan Kolam Pelabuhan

Dalam kolam disyaratkan ketenangan kolam untuk penanganan muatan harus ditinjau secara menyeluruh terhadap tipe dan ukuran kapal rencana, peralatan penanganan muatan yang diperkirakan digunakan, dan arah serta periode gelombang. Ketenangan kolam dipengaruhi oleh tinggi gelombang angin maupun gelombang periode panjang.

Penggolongan ukuran kapal dan tinggi gelombang kritis dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Tinggi gelombang kritis di pelabuhan

Ukuran kapal	Tinggi gelombang kritis untuk bongkar muat (H1/3)
Kapal kecil	0,3 m
Kapal sedang dan besar	0,5 m
Kapal sangat besar	0,7 - 1,5 m

Sumber : Triatmodjo, 2003

Catatan :

Kapal kecil : Kapal <500 GRT

Kapal sedang dan besar : Kapal selain kapal kecil dan sangat besar

Kapal sangat besar : Kapal >500.000 GRT yang menggunakan dolphin besar dan tambatan di laut.

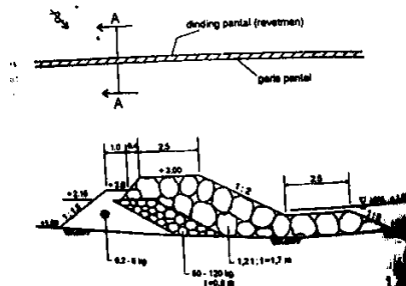
2.7 Bangunan Pengaman Pantai

Bangunan pantai digunakan untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arah. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai, yaitu:

1. Memperkuat/melindungi pantai agar mampu menahan serangan.
2. Mengubah laju transpor sedimen sepanjang pantai.
3. Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai.
4. Reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai atau dengan cara lain.

2.6.1 Dinding Pantai dan *Revetment*

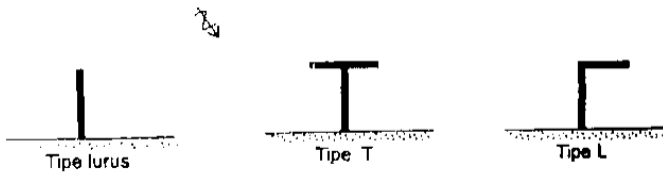
Dinding pantai dan *revetment* adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang terutama berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan. Dalam perencanaan dinding pantai atau *revetment* perlu ditinjau fungsi dan bentuk bangunan, lokasi, panjang, tinggi stabilitas bangunan dan tanah fondasi, elevasi muka air baik di depan atau di belakang bangunan. Dapat dilihat pada Gambar 2.25.



Gambar 2. 25 *Revetment* sebagai Pelindung Erosi Pantai
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

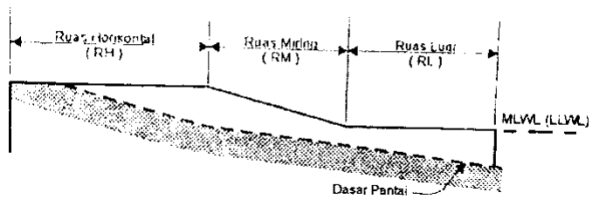
2.6.2 Groin

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai, dan berfungsi untuk menahan transport sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi/menghentikan erosi yang terjadi. Bangunan ini juga bisa digunakan untuk menahan masuknya transport sedimen sepanjang pantai ke pelabuhan atau muara sungai. Groin dapat dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu tipe lurus, tipe L, dan tipe T seperti pada Gambar 2.26. Menurut konstruksinya groin dapat berupa tumpukan batu, caisson beton, turap, tiang yang dipancang berjajar, atau tumpukan buis beton yang di dalamnya diisi beton.



Gambar 2. 26 Beberapa Bentuk Groin
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

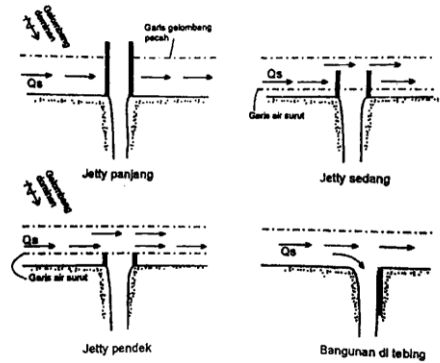
Elevasi puncak sepanjang groin dapat dibuat horizontal atau menurun ke arah laut, yang tergantung pada fungsi (pasir dimungkinkan melompati groin atau tidak) dan pertimbangan biaya. Untuk merencanakan elevasi puncak yang menurun ke arah laut, groin dibagi menjadi tiga ruas yaitu ruas horizontal (RH), ruas miring (RM), dan ruas luas (RL) seperti pada Gambar 2.27. Tinggi maksimum groin untuk menahan semua pasir mencapai daerah tersebut adalah tinggi air maksimum dan uprush gelombang maksimum yang ditimbulkan oleh gelombang besar.



Gambar 2. 27 Tampang Memanjang Elevasi Puncak Groin
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.6.3 Jetty

Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai. Pada penggunaan muara sungai sebagai alur pelayaran, pengendapan di muara dapat mengganggu lalu lintas kapal. Untuk keperluan tersebut *jetty* harus panjang sampai ujungnya berada di luar gelombang pecah. Dengan *jetty* panjang transport sedimen sepanjang pantai dapat tertahan, dan pada alur pelayaran kondisi gelombang tidak pecah sehingga memungkinkan kapal masuk ke muara sungai. Selain itu *jetty* juga digunakan untuk mencegah pendangkalan di muara dalam kaitannya dengan pengendalian banjir. Sungai-sungai yang bermuara pada pantai berpasir dengan gelombang cukup besar sering mengalami penyumbatan muara oleh endapan pasir. Mengingat fungsinya hanya untuk penanggulangan banjir, maka dapat digunakan salah satu dari tiga bentuk bangunan berikut, yaitu *jetty* panjang, *jetty* sedang, atau *jetty* pendek. *Jetty* panjang apabila ujungnya berada di luar gelombang pecah. Biaya konstruksi ini sangat mahal. *Jetty* sedang di mana ujungnya berada antara muka air surut dan lokasi gelombang, dapat menahan sebagian transport sedimen sepanjang pantai. Pada *jetty* pendek, kaki ujung bangunan berada pada muka air surut. Selain ketiga tipe *jetty* tersebut, dapat pula dibuat bangunan yang ditempatkan pada kedua sisi atau hanya satu sisi tebing muara yang tidak menjorok ke laut. Fungsinya sama seperti *jetty* pendek. Bentuk masing-masing bangunan dapat dilihat pada Gambar 2.28.



Gambar 2. 28 Beberapa Tipe *Jetty*
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

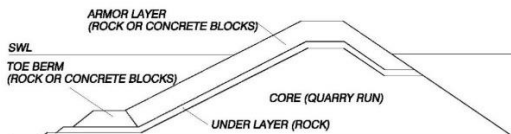
2.6.4 Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

Pemecah gelombang adalah prasarana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang dengan menyerap sebagian energi gelombang. Pemecah gelombang harus didesain sedemikian sehingga arus laut tidak menyebabkan pendangkalan karena pasir yang ikut dalam arus mengendap di kolam pelabuhan.

2.6.5 Tipe-tipe Pemecah Gelombang

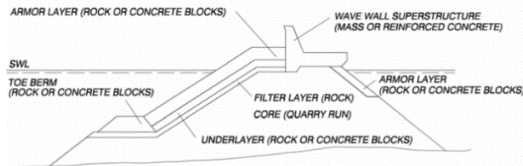
2.6.5.1 Ditinjau dari Bentuk Konstruksinya

1. Pemecah Gelombang Sisi Miring (*sloping type/mound type S*) *Multi-layered rubble mound breakwater*, dikembangkan untuk meningkatkan stabilitas dan untuk mengurangi transmisi gelombang serta mengurangi biaya bahan, seperti pada Gambar 2.29



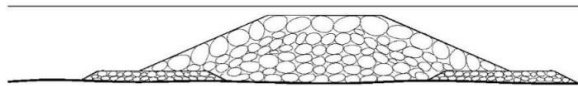
Gambar 2. 29 *Multi-layered Rubble Mound Breakwater*
(Sumber: Coastal Engineering Manual, 2003)

2. *Armour layer*. untuk meningkatkan stabilitas dengan menggunakan blok beton, sementara limpasan gelombang dapat dikurangi dengan menggunakan super-struktur (dengan *Superstructure Type S*), seperti pada Gambar 2.30



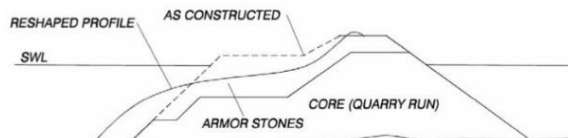
Gambar 2. 30 *Armour Layer*
(Sumber: *Coastal Engineering Manual*, 2003)

3. *Reef breakwater (or) Submerged*, digunakan untuk merubah karakteristik gelombang yang baru terbentuk. Material yang digunakan biasanya hanya yang tersedia di sekitar lokasi, seperti pada Gambar 2.31



Gambar 2. 31 *Reef Breakwater*
(Sumber: *Coastal Engineering Manual*, 2003)

4. *Reshaping breakwaters*, konsepnya dasarnya memanfaatkan keseimbangan antara kemiringan rubble stone dan aksi gelombang, seperti pada Gambar 2.32



Gambar 2. 32 *Reshaping Breakwaters*
(Sumber: *Coastal Engineering Manual*, 2003)

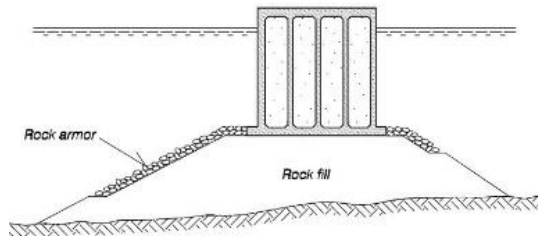
5. Pemecah Gelombang Tegak (*Vertical type/upright Type V*), pemecah vertical mempunyai dinding vertikal dengan tinggi yang berbeda-beda. Tujuannya adalah untuk refleksi gelombang. Disisi dalam dari pemecah gelombang dapat digunakan untuk bersandarnya kapal-kapal.

Diantara beberapa pemecah gelombang tipe tegak ini adalah :

- Dinding blok beton massa yang disusun secara vertical (*Concrete block gravity wall*)
- Kaison beton (*concrete caisson*)
- Turap baja yang dalamnya diisi batu (*Rock-filled sheet pile cell*)
- Krib-krib kayu (*Rock filled timber cribs*)
- Dinding turap baja atau beton (*concrete or steel sheet pile walls*).

6. Campuran (*Mixed type/Composite breakwater*)

- a. *Vertical composite breakwater* yaitu pondasinya dari *rubble mound* dan di atasnya *caisson* dengan tinggi yang berbeda-beda, seperti pada Gambar 2.33



Gambar 2. 33 *Vertical Composite Breakwater*
(Sumber: *Coastal Engineering Manual*, 2003)

Keuntungan pemecah gelombang campuran (*composite/caisson breakwater*) :

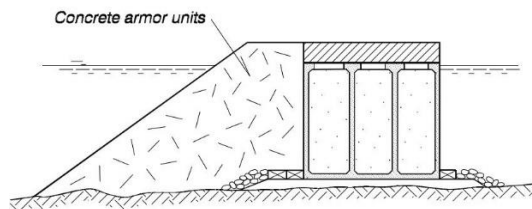
- Lebar bodi/jumlah material kecil. Konstruksi lebih ekonomis, khususnya apabila dibangun pada perairan dalam. Keuntungan lainnya dengan lebar yang kecil

dampaknya pada lingkungan di dasar laut dan disisi dalam dapat digunakan untuk bersandar kapal-kapal.

- Pemeliharaan berkurang
- Pelaksanaan cepat, mengurangi kegagalan selama pelaksanaan.

b. *Horizontal composite breakwaters*

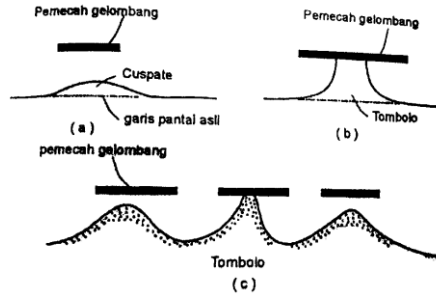
Dinding dari vertical composite breakwater sering mengalami kerusakan untuk menghindari hal tersebut biasanya diperkuat dengan menempatkan batu-batu besar atau blok-blok beton didepannya sehingga juga dapat menghancurkan energi gelombang dan mengurangi gaya gelombang pada dinding. Konstruksi ini disebut *Horizontal composite breakwaters*, seperti pada Gambar 2.34



Gambar 2. 34 *Horizontal Composite Breakwaters*
(Sumber: *Coastal Engineering Manual*, 2003)

2.6.5.2 Ditinjau dari Letak Konstruksinya

1. Pemecah gelombang lepas pantai, disebut juga *detached breakwaters* atau *offshore breakwater*. Biasanya digunakan untuk perlindungan pantai terhadap erosi, seperti pada Gambar 2.35
2. Pemecah gelombang sambung pantai, disebut juga *attached breakwater* atau *shore-connected breakwater*. Banyak digunakan pada perlindungan perairan pelabuhan, seperti pada Gambar 2.36.



Gambar 2. 35 Pemecah Gelombang Lepas Pantai
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)



Gambar 2. 36 Pemecah Gelombang Sambung Pantai
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.6.6 Stabilitas Batu Lapis Pelindung

1. Rumus Hudson

Di dalam perencanaan pemecah gelombang sisi miring, ditentukan berat butir batu pelindung, yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus Hudson.

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \quad (2.46)$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad (2.47)$$

Dengan :

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 (batu alam atau buatan), kekasaran permukaan batu, ketajaman sisi-sisinya, ikatan antara butir, dan keadaan pecahnya gelombang, yang diberikan dalam Tabel 2.6

Tabel 2. 6 Koefisien stabilitas K_D untuk berbagai jenis butiran

Lapis Lindung	n	Penempatan	Lengan Bangunan		Ujung (kepala) bangunan		Kemiringan
			KD		KD		
			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	*
Bersudut kasar	1	Acak	*1	2.9	*1	2.3	*
Bersudut kasar	2	Acak	2	4	1.9	3.2	1.5
					1.6	2.8	2
					1.3	2.3	3
Bersudut kasar	>3	Acak	2.2	4.5	2.1	4.2	*
Bersudut kasar	2	Khusus*	5.8	7	5.3	6.4	*
Paralelepipedum	2	Khusus	7.0-20.0	8.5-24	-	-	
	2	Acak			5	6	1.5
Tetrapod dan Quadripod			7	8	4.5	5.5	2
					3.5	4	3
Tribar	2	Acak			8.3	9	1.5
			9	10	7.8	8.5	2
					6	6.5	3
Dolos	2	Acak	15.8	31.8	8	16	2
					7	14	3
Kubus dimodifikasi	2	Acak	6.5	7.5	-	5	*
Hexapod	2	Acak	8	9.5	5	7	*
Tribar	1	Seragam Acak	12	15	7.5	9.5	*
Batu pecah (KRR) (graded angular)			2.2	2.5	-	-	

Sumber: Bambang Triadmodjo, 2012

Catatan :

n : jumlah susunan butir batu dalam lapis pelindung

*¹ : penggunaan n = 1 tidak disarankan untuk kondisi gelembung 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.

2. Rumus Van der Meer

Rumus dibedakan untuk laut dalam dan laut dangkal dan juga untuk *plunging waves* dan *surgin waves*.

- Untuk laut dalam

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0,18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \cdot \xi_m^{-0,5} \quad (2.48)$$

Dimana : $C_{pl} = 6,2$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pu} P^{0,18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \cdot \sqrt{(\cot \alpha)} \xi_m^p \quad (2.49)$$

Dimana : $C_{pu} = 1,0$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas

- Untuk laut dangkal

$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0,18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \cdot \xi_m^{-0,5} \quad (2.50)$$

Dimana : $C_{pl} = 8,7$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas

$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pu} P^{0,15} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \cdot \sqrt{(\cot \alpha)} \xi_m^p \quad (2.51)$$

Dimana : $C_{pu} = 1,4$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas

$$\xi_m = I_r = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{s}} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H/L_0}} \quad (2.52)$$

Dengan :

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

Tabel 2. 7 Nilai-nilai parameter yang digunakan dalam formula Van Der Merr

Variabel	Parameter	Nilai antara
Tinggi Gelombang	$\frac{H}{\Delta D_{n50}}$	1,0-4,0
Kelandaian Gelombang	S_m	0,001-0,006
Surf similarity Parameter	ξ_m	0,7-7,0
"Damage" sebagai fungsi dari jumlah gelombang	$\frac{s}{\sqrt{N}}$	>0,9
Variabel	Parameter	Nilai antara
<i>Breakwater Slope</i>	$\cot \alpha$	1,5-6,0
Gradasi dari Armour	D_{n85}/D_{n15}	1,0-2,5
Permeabilitas Struktur	P	0,1-0,6

2.6.7 Dimensi Pemecah Gelombang Sisi Miring

Elevasi puncak pemecah gelombang tumpukan batu tergantung pada limpasan (*overtopping*) yang diijinkan. Air yang melimpas puncak pemecah gelombang akan mengganggu ketenangan di kolam pelabuhan. Elevasi puncak bangunan dihitung berdasarkan kenaikan gelombang yang tergantung pada karakteristik gelombang, kemiringan bangunan, porositas, dan kekasaran lapis pelindung.

1. Elevasi puncak pemecah gelombang dapat dihitung berdsarkan *run-up* gelombang yang tergantung pada karakteristik gelombang. Rumus menghiung elevasi puncak pemecah gelombang :

$$Elev.puncak = HWS + Run Up + tinggi kebebasan \quad (2. 53)$$

Dimana :

HWS = muka air pasang

Run up = tinggi limpasan air pada bangunan

Tinggi kebebasan = diasumsikan 0,5 m

2. Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus :

$$B = n k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \quad (2.54)$$

Dimana :

B = lebar puncak

N = jumlah butir batu (n minimum = 3)

k_{Δ} = koefisien lapis (Tabel 2.8)

W = berat butir batu pelindung

γ_r = berat jenis batu pelindung

3. Tebal lapis pelindung diberikan oleh rumus :

$$t = n k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \quad (2.55)$$

4. Jumlah butir batu tiap satu luasan diberikan oleh rumus :

$$N = A n k_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3} \quad (2.56)$$

Dimana :

t = tebal lapisan pelindung

n = jumlah lapisan batu dalam lapis pelindung

k_{Δ} = koefisien lapis (Tabel 2.8)

P = porositas rerata dari lapis pelindung (%) (Tabel 2.8)

N = jumlah butir batu untuk satu-satuan luas permukaan A

γ_r = berat jenis batu pelindung

2.6.8 *Run-up* Gelombang

Pada waktu gelombang menghantam sutau bangunan, gelombang tersebut naik (*run-up*) pada permukaan bangunan. Elevasi bangunan yang direncanakan tergantung pada *run-up* dan limpasan yang diijinkan. *Run-up* tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang. Karena banyaknya variable yang berpengaruh ,maka besarnya runup sangat sulit ditentukan secara analitis. Gambar 2.37 adalah hasil percobaan di laboratorium yang dilakukan oleh

Iribaren untuk menentukan berbagai tipe material, sebagai fungsi bilangan Iribaren untuk berbagai jenis lapis lindung dengan rumus berikut :

$$Ir = \frac{\text{tg } \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}} \quad (2.57)$$

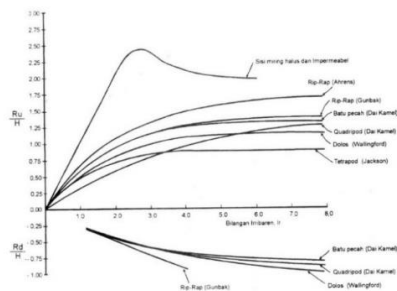
Dengan :

- Ir = bilangan Iribaren
 θ = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
 H = tinggi gelombang di lokasi bangunan
 L_0 = panjang gelombang di laut dalam

Tabel 2. 8 Koefisien lapis

Batu Pelindung	n	Penempatan	Koef.Lapis (Ka)	Porositas P (%)
Batu alam (halus)	2	random (acak)	1.02	38
Batu alam (kasar)	2	random (acak)	1.15	37
Batu alam (kasar)	>3	random (acak)	1.10	40
Kubus	2	random (acak)	1.10	47
Tetrapod	2	random (acak)	1.04	50
Quadripod	2	random (acak)	0.95	49
Hexapod	2	random (acak)	1.15	47
Tribar	2	random (acak)	1.02	54
Dolos	2	random (acak)	1.00	63
Tribar	1	seragam	1.13	47
Batu alam		random (acak)		37

Sumber : Bambang Triadmodjo, 2012



Gambar 2. 37 Grafik *Run-up* Gelombang
 (Sumber: Bambang Triadmodjo, 2012)

2.6.9 Stabilitas Fondasi Tumpukan Batu dan Pelindung Kaki

Berat butir batu untuk pondasi dan pelindung kaki bangunan menggunakan rumus :

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (2.58)$$

Dimana :

W = berat rerata butir batu (ton)

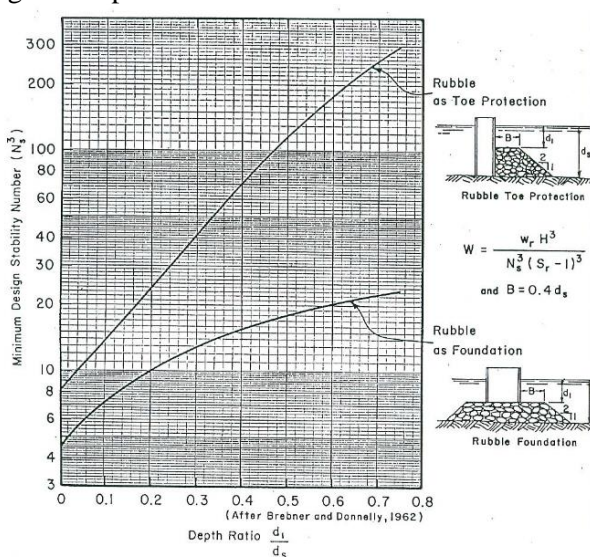
γ_r = berat jenis batu (ton/m^3)

H = tinggi gelombang rencana (m)

γ_a = berat jenis air laut ($1,025 \sim 1,03 \text{ ton}/\text{m}^3$)

S_r = perbandingan antara berat jenis batu dan berat jenis air laut = $\frac{\gamma_r}{\gamma_a}$

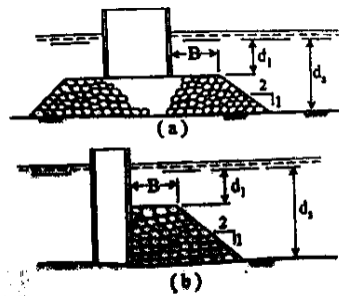
N_s = angka stabilitas rencana untuk fondasi dan pelindung kaki bangunan seperti Gambar 2.38



Gambar 2. 38 Angka Stabilitas N_s untuk Fondasi dan Pelindung Kaki

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

Tumpukan batu digunakan sebagai fondasi dan pelindung kaki bangunan pantai. Sebagai fondasi, bangunan pantai dari blok beton, kaisan atau buis beton ditempatkan di atas tumpukan batu seperti pada Gambar 2.39a sedang tumpukan batu sebagai pelindung kaki ditempatkan di depan bangunan yang berfungsi melindungi tanah fondasi terhadap gerusan akibat gelombang seperti pada Gambar 2.39b.



Gambar 2. 39 Fondasi (a) dan Pelindung Kaki (b) dari Tumpukan Batu

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2012)

2.7 Data Tanah

Penyelidikan data tanah dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter tanah dasar yang akan digunakan sebagai perencanaan struktur bangunan dalam tanah, menentukan kapasitas daya dukung tanah, menentukan tipe dan kedalaman pondasi, mengetahui kedalaman muka air tanah, memprediksi besarnya penurunan yang terjadi. Penyelidikan tanah dilakukan dalam dua tahap yaitu penyelidikan lapangan dan analisis laboratorium. Hasil dari penyelidikan tanah akan digunakan dalam menghitung stabilitas breakwater.

2.8 Stabilitas Breakwater

Stabilitas breakwater ditinjau berdasarkan sliding, settlement dan daya dukung tanah. Perhitungan sliding bergantung pada ikatan

batu armournya, perhitungan settlement diperlukan untuk mengetahui penurunan akibat beban di atas muka tanah. Daya dukung tanah untuk mengetahui tanah dasar pada struktur tersebut mampu memenuhi.

2.8.1 Stabilitas terhadap Sliding

Perhitungan stabilitas terhadap sliding dihitung menggunakan program bantu Geo5. Pada program Geo5 hasil analisisnya hanya pada stabilitas batu armournya saja, sehingga untuk tanah belum termasuk dalam perhitungan.

2.8.2 Stabilitas terhadap Settlement

Settlement pada tanah akibat dari pembebanan dibagi menjadi dua kelompok yaitu

1. *Consolidasi settlement* : penurunan yang berlangsung lebih lama pada saat pembebanan terjadi yang menyebabkan keluarnya air dan udara dari dalam pori tanah.
2. *Immediate settlement* : Penurunan yang berlangsung seketika (cepat) pada saat pembebanan terjadi.

Tanah di bawah breakwater ini terdapat lapisan tanah jenis pasir (*cohesionless soil*). Pada jenis tanah ini air dalam pori dapat dengan cepat keluar sehingga pemampatan cepat selesai. Jenis settlement yang terjadi adalah immediate settlement. Perhitungan immediate settlement menggunakan teori dari Biarez dan Giround.

Rumus yang digunakan :

$$S_i = \frac{2ap}{E} P_H$$

Dimana

$$P_H = q = \gamma \cdot h$$

E = Modulus Young, dilihat pada Tabel 2.9

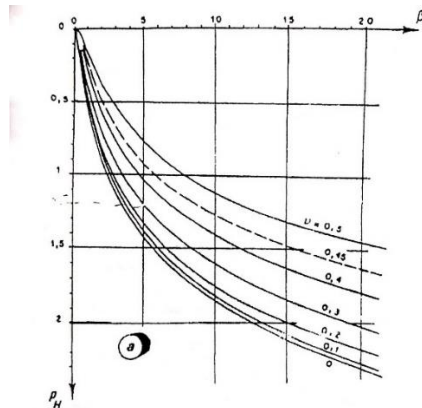
ϑ = koefisien poisson, dilihat pada Tabel 2.9

$$\beta = \frac{H}{2a}$$

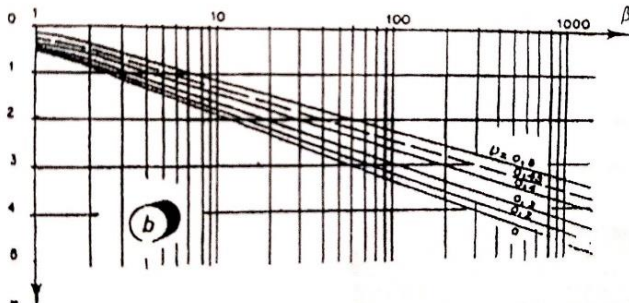
Besarnya nilai β dan ϑ , selanjutnya menentukan besarnya P_H dari grafik Giroud seperti pada Gambar 2.40 dan Gambar 2.41.

Tabel 2. 9 Beberapa harga E dan ϑ

Jenis Tanah	Modulus Young (E)	Koefisien Poisson (ϑ)
Pasir lepas	10350 – 27600 Kn/m ²	0,2 – 0,4
Pasir agak padat		0,25 – 0,4
Pasir padat	34500 – 69000 Kn/m ²	0,3 – 0,45
Pasir berlanau		0,2 – 0,4
Lempung lembek	1380 – 3450 Kn/m ²	0,15 – 0,25
Lempung agak kaku		0,2 – 0,5
Lempung keras	5865 – 13800 Kn/m ²	



Gambar 2. 40 Metode Grafis Perhitungan immediate Settlement dari Giroud (a)

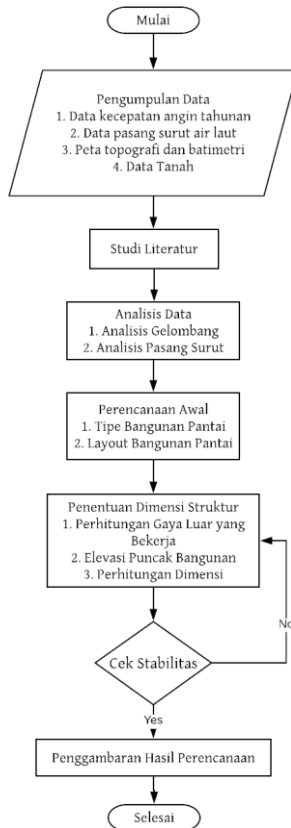


Gambar 2. 41 Metode Grafis Perhitungan immediate Settlement dari Giroud (b)

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Tahapan Perencanaan

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Perencanaan

3.2 Uraian Metodologi

3.2.1 Pengumpulan Data

Data sekunder yang dibutuhkan diperoleh dari instalasi atau badan terkait atau dari pihak lain. Data tersebut antara lain :

- a. Data angin diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Maritim Bitung tahun 2005-2017
- b. Data pasang surut tertanggal 6-20 Agustus 2018 pada perairan Pelabuhan Perikanan PT. Mitra Jaya Samudera Bitung
- c. Peta topografi dan batimetri daerah perairan Bitung
- d. Peta Indonesia
- e. Data Tanah

3.2.2 Studi Literatur

Dalam pengerjaan laporan tugas akhir ini diperlukan studi literature untuk menunjang dan menambah pengetahuan tentang bangunan pengaman pantai. Adanya studi literatur akan memudahkan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Studi literature yang didapat berasal dari buku diklat kuliah, buku-buku yang berhubungan dengan penyelesaian laporan tugas akhir antara lain:

- a. Referensi mengenai gelombang, yang meliputi analisis pembangkitan gelombang, kecepatan gelombang, panjang gelombang, serta tinggi gelombang rencana di lokasi perencanaan bangunan.
- b. Referensi mengenai perencanaan bangunan pengaman pantai Analisis Data.

3.2.3 Analisis Data Angin

Data angin akan dianalisis untuk mendapatkan kecepatan angin terkoreksi yang kemudiakan dibuat windrose untuk mendapatkan arah angin dominan. Lalu dihitung Fetch untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang.

- a. Analisis Gelombang
Analisis gelombang pada laut dalam dihitung menggunakan data angin. Gelombang rencana terpilih akan digunakan sebagai perencanaan bangunan pengaman pantai dengan memperhitungkan transformasi gelombang yang terjadi.
- b. Analisis Pasang Surut

Analisis pasang surut dilakukan untuk menentukan fluktuasi muka air laut di perairan Bitung.

c. Analisis Data Topografi dan Batimetri

Data topografi digunakan untuk mengetahui kontur tanah di lokasi perencanaan bangunan pantai. Sedangkan data batimetri digunakan untuk perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah sebagai perencanaan dimensi bangunan pantai.

3.2.4 Perencanaan Awal

Pada awal perencanaan bangunan pantai perlu ditentukan berdasarkan analisis pantai

1. Tipe bangunan pantai

Tipe bangunan pantai menurut bentuknya yaitu bangunan sisi tegak, bangunan sisi miring dan tipe campuran.

2. Tata letak bangunan pantai yaitu pada garis pantai, sejajar garis pantai dan tegak lurus garis pantai.

3.2.5 Penentuan Dimensi Struktur

Dalam penentuan dimensi bangunan, beberapa hal yang harus diperhitungkan adalah sebagai berikut :

a. Perhitungan gaya luar yang bekerja yaitu gaya gelombang, tekanan hidrostatis, berat sendiri konstruksi dan gaya gempa.

b. Elevasi puncak bangunan

c. Perhitungan dimensi struktur

3.2.6 Stabilitas Struktur

Perencanaan struktur perlu dilakukan pengecekan terhadap sliding, guling dan pengaruh gempa di wilayah tersebut.

3.2.7 Penggambaran Hasil Perencanaan

Hasil akhir dari perencanaan tugas akhir ini adalah gambar desain bangunan pemecah gelombang yang disertai dengan perhitungan dimensi dan stabilitas strukturnya dalam bentuk laporan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Bangunan pelindung pantai terletak di pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera Kota Bitung yang secara geografis berada antara 1°23'23" - 1°35'39" LU dan 125°1'43" - 125°18'13" BT.

Sebelum melakukan perencanaan bangunan pemecah gelombang, dilakukan beberapa analisis terhadap data-data yang tersedia baik data primer maupun data sekunder agar dapat menentukan perencanaan bangunan pemecah gelombang. Dalam tugas akhir ini dilakukan analisis terhadap data sekunder untuk perencanaan.

4.2 Data Angin

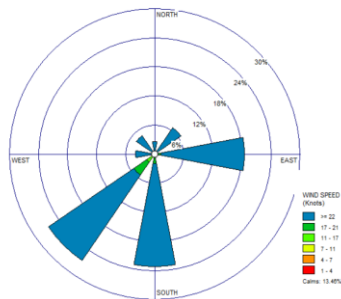
Data angin diperoleh dari Stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Maritim Bitung. Data angin yang diperoleh merupakan data kecepatan angin rata-rata bulanan selama 12 tahun yaitu tahun 2005 sampai tahun 2017. Data angin ini digunakan untuk menentukan arah angin dominan serta tinggi gelombang rencana di lokasi perencanaan struktur bangunan. Data angin tersebut diolah dalam Tabel 4.1 untuk mengetahui banyaknya kejadian angin dan Tabel 4.2 untuk mengetahui prosentase banyaknya kejadian angin. Penggambaran angin dominan menggunakan *windrose* seperti pada Gambar 4.1

Tabel 4. 1 Banyaknya kejadian angin pada pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera

Arah Angin								
Kecepatan (Knot)	Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut
	0-4	0	0	0	0	0	0	0
4-7	0	0	0	0	0	5	0	0
7-11	0	1	2	0	13	14	0	1
11-17	4	2	13	0	14	16	2	4
17-21	0	3	8	0	7	2	1	1
21-25	0	3	4	0	2	2	3	1
25-29	0	1	1	0	0	0	0	0
>=29	0	1	1	0	0	1	0	0
Jumlah	4	11	29	0	36	40	6	7
Total	133							

Tabel 4. 2 Prosentase banyaknya kejadian angin pada pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera

Arah Angin									
Kecepatan (Knot)	Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut	Total
	0-4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4-7	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	0.0%	3.8%
7-11	0.0%	0.8%	1.5%	0.0%	9.8%	10.5%	0.0%	0.8%	23.3%
11-17	3.0%	1.5%	9.8%	0.0%	10.5%	12.0%	1.5%	3.0%	41.4%
17-21	0.0%	2.3%	6.0%	0.0%	5.3%	1.5%	0.8%	0.8%	16.5%
21-25	0.0%	2.3%	3.0%	0.0%	1.5%	1.5%	2.3%	0.8%	11.3%
25-29	0.0%	0.8%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%
>=29	0.0%	0.8%	0.8%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	2.3%
Total	3.0%	8.3%	21.8%	0.0%	27.1%	30.1%	4.5%	5.3%	100.0%

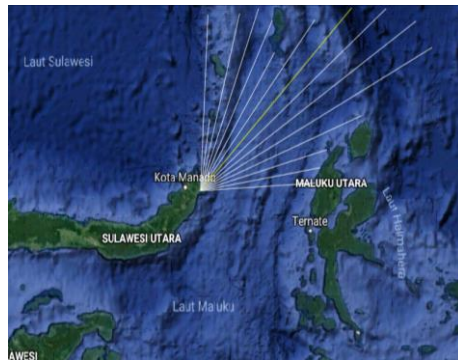


Gambar 4. 1 Windrose Kejadian Angin pada Pelabuhan Perikanan PT. Mitra Jaya Samudera
(Sumber : Analisis WRPLOt)

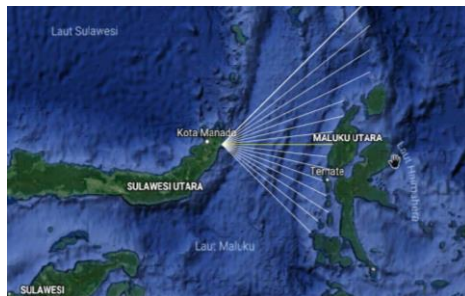
4.3 Analisis Gelombang

4.3.1 Fetch

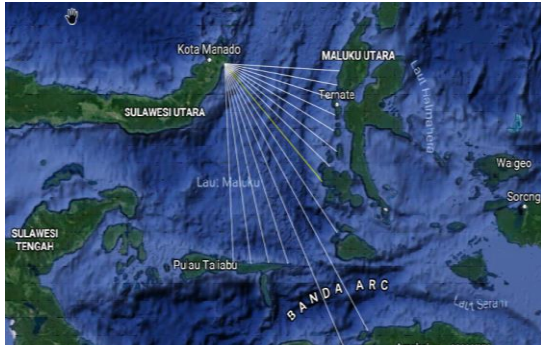
Dalam perhitungan peramalan gelombang membutuhkan panjang fetch efektif. Penggambaran fetch dilakukan pada arah timur laut, timur, tenggara, selatan, dan barat daya. Hasil perhitungan panjang fetch efektif dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan hasil gambar fetch dapat dilihat pada Gambar 4.2 sampai Gambar 4.6



Gambar 4. 2 Fetch Arah Timur Laut
(Sumber : *Google Earth*)



Gambar 4. 3 Fetch Arah Timur
(Sumber : *Google Earth*)



Gambar 4. 4 Fetch Arah Tenggara
(Sumber : *Google Earth*)



Gambar 4. 5 Fetch Arah Selatan
(Sumber : *Google Earth*)



Gambar 4. 6 Fetch Arah Barat Daya
(Sumber : *Google Earth*)

Cara untuk menghitung fetch efektif :

1. Menentukan sudut α dengan pertambahan 6° ke kanan dan ke kiri dari acuan arah mata angin (0°).
2. Membuat garis dan mengukur panjang untuk setiap sudut dari titik acuan sampai menabrak pulau di depannya. Jika garis mengarah pada laut lepas, maka diasumsikan panjang garis tersebut adalah 600 km.

Contoh :

Sudut 6 ke arah kiri diukur dalam 5 arah, yaitu :

Timur laut = 429,71 km

Timur = 274,82 km

Tenggara = 312,29 km

Selatan = 374,86 km

Barat daya = 0 km

3. Menghitung nilai $\cos \alpha$ dari setiap sudut dengan acuan 0° arah mata angin.
 - $\cos 0 = 1$
 - $\cos 6 = 0,995$
 - $\cos 12 = 0,978$
 - $\cos 18 = 0,951$
 - $\cos 24 = 0,914$
 - $\cos 30 = 0,866$
 - $\cos 36 = 0,809$
 - $\cos 42 = 0,743$

4. Menjumlahkan semua nilai $\cos \alpha = 13,551$
5. Mengkalikan nilai dari panjang masing-masing garis dengan $\cos \alpha$.

Contoh :

$$\text{Timur laut} = 429,71 \text{ km} \times 0,995 = 427,36 \text{ km}$$

$$\text{Timur} = 274,82 \text{ km} \times 0,995 = 273,32 \text{ km}$$

$$\text{Tenggara} = 312,29 \text{ km} \times 0,995 = 310,58 \text{ km}$$

$$\text{Selatan} = 374,86 \text{ km} \times 0,995 = 372,82 \text{ km}$$

$$\text{Barat daya} = 0 \text{ km} \times 0,995 = 0 \text{ km}$$

6. Menjumlahkan hasil dari perhitungan nomor 6 untuk masing-masing arah mata angin yang berpengaruh.

Contoh :

$$\text{Timur laut} = \sum xi \cos \alpha = 5433,6 \text{ km}$$

$$\text{Timur} = \sum xi \cos \alpha = 4342,9 \text{ km}$$

$$\text{Tenggara} = \sum xi \cos \alpha = 4963,38 \text{ km}$$

$$\text{Selatan} = \sum xi \cos \alpha = 4680,30 \text{ km}$$

$$\text{Barat daya} = \sum xi \cos \alpha = 1674,13 \text{ km}$$

7. Menghitung panjang fetch efektifnya

$$\text{Fetch efektif} = \frac{\sum xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

$$\text{Fetch efektif Timur Laut} = \frac{5433,6}{13,5} = 402,16 \text{ km}$$

$$\text{Fetch efektif Timur} = \frac{4342,9}{13,5} = 321,44 \text{ km}$$

$$\text{Fetch efektif Tenggara} = \frac{4963,38}{13,5} = 367,36 \text{ km}$$

$$\text{Fetch efektif Selatan} = \frac{4680,30}{13,5} = 346,41 \text{ km}$$

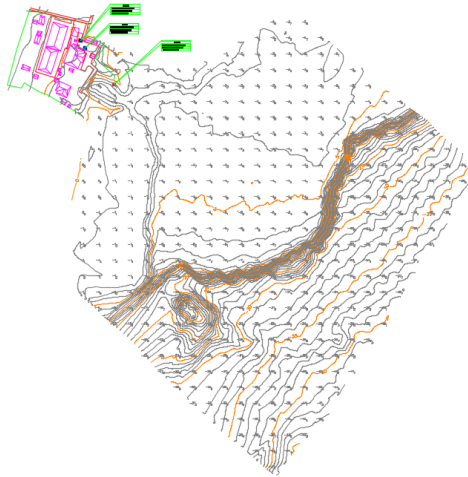
$$\text{Fetch efektif Barat Daya} = \frac{1674,13}{13,5} = 123,91 \text{ km}$$

Tabel 4. 3 Perhitungan panjang fetch efektif

No	α	$\cos \alpha$	X (km)								X cos α								
			Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut	Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut	
1	42	0.743145	0	343.3097	488.7319	265.1356	344.9871	370.3379	0	0	0	255.1288	363.1986	197.0341	256.3754	275.2147	0	0	
2	36	0.809017	0	140.6509	448.9379	263.6551	446.367	365.409	0	0	0	113.789	363.1984	213.3014	361.1185	295.6221	0	0	
3	30	0.866025	0	357.9954	419.3855	255.2827	604.2757	380.3631	0	0	0	310.0331	363.1985	221.0813	523.3181	329.4041	0	0	
4	24	0.913545	0	381.558	397.5704	270.1777	620.5146	427.6225	0	0	0	348.5706	363.1987	246.8196	566.8683	390.6525	0	0	
5	18	0.951057	0	372.6233	315.1652	283.0875	396.9169	402.9547	0	0	0	354.3858	299.74	269.2322	377.4905	383.2327	0	0	
6	12	0.978148	0	322.0029	306.4434	307.9904	387.5515	0	0	0	0	314.9664	299.7469	301.26	379.0825	0	0	0	
7	6	0.994522	0	429.7109	274.8235	312.2941	374.8754	0	0	0	0	427.3569	273.318	310.5833	372.8218	0	0	0	
8	0	1	0	502.7753	273.3184	317.2451	367.7806	0	0	0	0	502.7753	273.3184	317.2451	367.7806	0	0	0	
9	6	0.994522	0	563.7408	258.7877	414.1613	364.8725	0	0	0	0	560.6525	257.37	411.8924	362.8737	0	0	0	
10	12	0.978148	0	607.5013	272.0877	606.39	365.9887	0	0	0	0	594.226	266.1419	593.1389	357.991	0	0	0	
11	18	0.951057	0	613.4898	260.0738	611.7472	390.083	0	0	0	0	583.4635	247.3449	581.8061	370.991	0	0	0	
12	24	0.913545	0	407.4996	281.7264	407.0442	419.8975	0	0	0	0	372.2694	257.3699	371.8534	383.5954	0	0	0	
13	30	0.866025	0	306.5665	301.0001	389.4061	0	0	0	0	0	265.4943	260.6737	337.2356	0	0	0	0	
14	36	0.809017	0	283.3829	291.7958	382.8466	0	0	0	0	0	229.2616	236.0678	309.7294	0	0	0	0	
15	42	0.743145	0	270.777	294.7408	378.3521	0	0	0	0	0	201.2265	219.0351	281.1704	0	0	0	0	
Total		13.51092										0	5433.6	4342.921	4963.383	4680.307	1674.126	0	0
			Fetch Efektif (km)								0	402.1636	321.4379	367.3609	346.4092	123.9091	0	0	0
			Fetch Efektif (m)								0	402163.6	321437.9	367360.9	346409.2	123909.1	0	0	0

4.4 Data Bathimetri

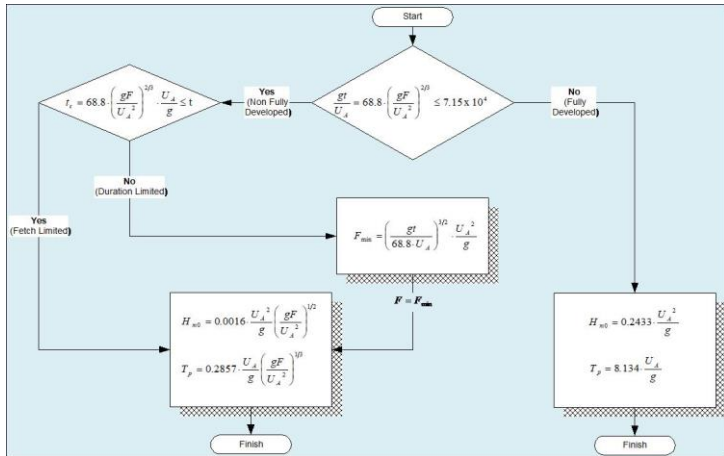
Peta Bathimetri yang digunakan untuk perencanaan bangunan pelindung pantai adalah peta bathimetri secara lokal pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera Kota Bitung yang dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 4. 7 Peta Bathimetri Lokal Pelabuhan Perikanan
(Sumber : Data)

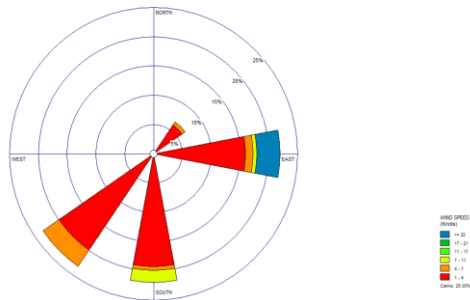
4.5 Peramalan Gelombang

Perhitungan peramalan gelombang laut pelabuhan perikanan kota Bitung dari tahun 2005-2017 dengan menggunakan data kecepatan angin dan arah angin bulanan. Peramalan gelombang ini akan digunakan untuk menghitung tinggi dan periode gelombang dalam perencanaan bangunan pengaman pantai menggunakan formula peramalan tinggi gelombang laut dalam seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Formula Peramalan Tinggi Gelombang Laut Dalam
(Sumber : CERC, 1984)

Dari hasil perhitungan peramalan gelombang, diperoleh nilai tinggi gelombang di laut dalam (H_o) sehingga dapat digunakan untuk membuat *waverose* dengan program WRPLOT seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 *Waverose* Dari H_o Hasil Peramalan Gelombang
(Sumber : Analisis WRPLOT)

Tabel 4. 4 Perhitungan peramalan gelombang

Tahun	Arah	U (knots)	UZ (m/s)	U10	RT	RL dikoreksi (km)	Uw	UA (m/s)	Fetch efektif (km)	Fetch efektif (m)	tc (jam)	Cek	Fetch	Fpakai (m)	Fpakai (km)	Hso (m)	To (s)	
2005	S	21	10.815	10.206	1	1.153	11.766	14.728	421.926	421925.578	20.494	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	23628.802	23.629	1.157	4.388
	T	20	10.3	9.720	1	1.169	11.368	14.117	321.438	321437.880	17.338	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	23133.283	23.133	1.097	4.296
	B	25	12.875	12.150	1	1.093	13.285	17.100	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	B	25	12.875	12.150	1	1.093	13.285	17.100	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	BD	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	390.896	390896.221	21.504	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782
	BD	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	390.896	390896.221	21.955	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19742.327	19.742	0.738	3.666
	BD	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	390.896	390896.221	21.504	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782
	BD	18	9.27	8.748	1	1.205	10.545	12.871	390.896	390896.221	20.371	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22089.109	22.089	0.978	4.102
	BD	12	6.18	5.832	1	1.344	7.837	8.934	390.896	390896.221	23.008	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	18402.832	18.403	0.619	3.417
	BD	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	390.896	390896.221	21.094	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893
	BD	12	6.18	5.832	1	1.344	7.837	8.934	390.896	390896.221	23.008	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	18402.832	18.403	0.619	3.417
	BD	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	390.896	390896.221	21.504	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782
	S	25	12.875	12.150	1	1.093	13.285	17.100	421.926	421925.578	19.499	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25460.547	25.461	1.394	4.728
	S	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	421.926	421925.578	22.196	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893
	T	18	9.27	8.748	1	1.205	10.545	12.871	321.438	321437.880	17.880	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22089.109	22.089	0.978	4.102
T	10	5.15	4.860	1	1.406	6.833	7.548	321.438	321437.880	21.362	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	16914.883	16.915	0.502	3.141	
BD	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	390.896	390896.221	21.504	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782	
BD	18	9.27	8.748	1	1.205	10.545	12.871	390.896	390896.221	20.371	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22089.109	22.089	0.978	4.102	
BD	38	19.57	18.469	1	0.951	17.557	24.095	390.896	390896.221	16.529	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	30222.235	30.222	2.141	5.612	
BD	19	9.785	9.234	1	1.187	10.961	13.498	390.896	390896.221	20.051	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22620.507	22.621	1.037	4.201	
BD	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	390.896	390896.221	21.955	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19742.327	19.742	0.738	3.666	
BD	11	5.665	5.346	1	1.373	7.342	8.246	390.896	390896.221	23.631	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	17679.841	17.680	0.560	3.283	
TL	22	11.33	10.692	1	1.137	12.157	15.332	402.164	402163.639	19.585	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	24108.271	24.108	1.217	4.477	
TL	28	14.42	13.608	1	1.055	14.354	18.807	402.164	402163.639	18.296	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	26700.899	26.701	1.570	4.958	
S	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	421.926	421925.578	22.628	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782	
T	22	11.33	10.692	1	1.137	12.157	15.332	321.438	321437.880	16.867	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	24108.271	24.108	1.217	4.477	
T	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	321.438	321437.880	18.875	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782	
BD	9	4.635	4.374	1	1.442	6.307	6.839	390.896	390896.221	25.151	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	16101.567	16.102	0.443	2.990	
BD	18	9.27	8.748	1	1.205	10.545	12.871	390.896	390896.221	20.371	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22089.109	22.089	0.978	4.102	
BD	17	8.755	8.262	1	1.225	10.121	12.237	390.896	390896.221	20.718	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	21537.529	21.538	0.918	3.999	
BD	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	390.896	390896.221	21.504	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782	
BD	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	390.896	390896.221	21.504	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782	
BD	12	6.18	5.832	1	1.344	7.837	8.934	390.896	390896.221	23.008	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	18402.832	18.406	0.619	3.417	
TL	18	9.27	8.748	1	1.205	10.545	12.871	402.164	402163.639	20.761	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22089.109	22.089	0.978	4.102	
TL	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	402.164	402163.639	21.916	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782	
BL	25	12.875	12.150	1	1.093399	13.28526	17.10029	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	

Tabel 4. 5 Perhitungan peramalan gelombang (Lanjutan)

Tahun	Arah	U (knots)	UZ (m/s)	U10	RT	RL dikoreksi	Uw	UA (m/s)	Fetch efektif (km)	Fetch efektif (km)	tc (jam)	Cek	Fetch	Fpakai (m)	Fpakai (km)	Hso (m)	To (s)	
2008	S	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	421.926	421925.578	23.102	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19742.327	19.742	0.738	3.666
	S	11	5.665	5.346	1	1.373	7.342	8.246	421.926	421925.578	24.866	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	17679.841	17.680	0.560	3.283
	T	28	14.42	13.608	1	1.055	14.354	18.807	321.438	321437.880	15.757	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	26700.899	26.701	1.570	4.958
	T	19	9.785	9.234	1	1.187	10.961	13.498	321.438	321437.880	17.599	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22620.507	22.621	1.037	4.201
	BD	25	12.875	12.150	1	1.093	13.285	17.100	390.896	390896.221	18.531	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25460.547	25.461	1.394	4.728
	BD	25	12.875	12.150	1	1.093	13.285	17.100	390.896	390896.221	18.531	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25460.547	25.461	1.394	4.728
	BD	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	390.896	390896.221	21.955	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19742.327	19.742	0.738	3.666
	BD	9	4.635	4.374	1	1.442	6.307	6.839	390.896	390896.221	25.151	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	16101.567	16.102	0.443	2.990
	BD	12	6.18	5.832	1	1.344	7.837	8.934	390.896	390896.221	23.008	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	18402.832	18.403	0.619	3.417
	TL	24	12.36	11.664	1	1.107	12.916	16.518	402.164	402163.639	19.104	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25023.236	25.023	1.335	4.647
	BL	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	BL	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
2009	S	24	12.36	11.664	1	1.107	12.916	16.518	421.926	421925.578	19.725	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25023.236	25.023	1.335	4.647
	S	27	13.905	13.122	1	1.067	14.004	18.245	421.926	421925.578	22.028	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	26298.710	26.299	1.512	4.884
	S	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	421.926	421925.578	19.682	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782
	S	12	6.18	5.832	1	1.344	7.837	8.934	421.926	421925.578	24.210	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	18402.832	18.403	0.619	3.417
	T	30	15.45	14.581	1	1.031	15.036	19.912	321.438	321437.880	15.460	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	27474.404	27.474	1.687	5.102
	BD	22	11.33	10.692	1	1.137	12.157	15.332	390.896	390896.221	19.217	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	24108.271	24.108	1.217	4.477
	BD	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	390.896	390896.221	21.955	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19742.327	19.742	0.738	3.666
	BD	11	5.665	5.346	1	1.373	7.342	8.246	390.896	390896.221	23.631	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	17679.841	17.680	0.560	3.283
	TL	12	6.18	5.832	1	1.344	7.837	8.934	402.164	402163.639	23.448	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	18402.832	18.403	0.619	3.417
	BL	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	BL	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	BL	22	11.33	10.692	1	1.137	12.157	15.332	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
2010	S	21	10.815	10.206	1	1.153	11.766	14.728	421.926	421925.578	20.494	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	23628.802	23.629	1.157	4.388
	T	19	9.785	9.234	1	1.187	10.961	13.498	321.438	321437.880	17.599	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22620.507	22.621	1.037	4.201
	BD	7	3.605	3.402	1	1.527	5.197	5.390	390.896	390896.221	27.229	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	14294.404	14.294	0.329	2.654
	BD	8	4.12	3.888	1	1.482	5.762	6.120	390.896	390896.221	26.100	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	15231.687	15.232	0.386	2.828
	BD	7	3.605	3.402	1	1.527	5.197	5.390	390.896	390896.221	27.229	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	14294.404	14.294	0.329	2.654
	BD	10	5.15	4.860	1	1.406	6.833	7.548	390.896	390896.221	24.338	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	16914.883	16.915	0.502	3.141
	BD	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	390.896	390896.221	21.955	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19742.327	19.742	0.738	3.666
	BD	22	11.33	10.692	1	1.137	12.157	15.332	390.896	390896.221	19.217	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	24108.271	24.108	1.217	4.477
	TL	35	18.025	17.011	1	0.979	16.648	22.569	402.164	402163.639	17.217	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	29250.056	29.250	1.973	5.432
	TL	27	13.905	13.122	1	1.067	14.004	18.245	402.164	402163.639	18.482	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	26298.710	26.299	1.512	4.884
	TL	24	12.36	11.664	1	1.107	12.916	16.518	402.164	402163.639	19.104	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25023.236	25.023	1.335	4.647
	TL	31	15.965	15.067	1	1.020	15.369	20.456	402.164	402163.639	17.790	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	27846.739	27.847	1.744	5.171

Tabel 4. 6 Perhitungan peramalan gelombang (Lanjutan)

Tahun	Arah	U (knots)	UZ (m/s)	U10	RT	RL dikoreksi	Uw	UA (m/s)	Fetch efektif (km)	Fetch efektif (km)	tc (jam)	Cek	Fetch	Fpakai (m)	Fpakai (km)	Hso (m)	To (s)	
2011	S	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	421.926	421925.578	23.102	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19742.327	19.742	0.738	3.666
	S	24	12.36	11.664	1	1.107	12.916	16.518	421.926	421925.578	19.725	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25023.236	25.023	1.355	4.647
	S	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	421.926	421925.578	23.102	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19742.327	19.742	0.738	3.666
	S	10	5.15	4.860	1	1.406	6.833	7.548	421.926	421925.578	25.610	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	16914.883	16.915	0.502	3.141
	S	13	6.695	6.318	1	1.316	8.317	9.612	421.926	421925.578	23.626	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19088.948	19.089	0.679	3.545
	S	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	421.926	421925.578	22.628	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782
	S	11	5.665	5.346	1	1.373	7.342	8.246	421.926	421925.578	24.866	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	17679.841	17.680	0.560	3.283
	B	17	8.755	8.262	1	1.225	10.121	12.237	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	BL	19	9.785	9.234	1	1.187	10.961	13.498	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	T	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	321.438	321437.880	18.875	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782
U	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	
U	17	8.755	8.262	1	1.225	10.121	12.237	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	
2012	S	22	11.33	10.692	1	1.137	12.157	15.332	421.926	421925.578	20.221	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	24108.271	24.108	1.217	4.477
	S	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	421.926	421925.578	23.102	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19742.327	19.742	0.738	3.666
	S	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	421.926	421925.578	22.196	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893
	S	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	421.926	421925.578	22.196	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893
	S	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	421.926	421925.578	22.196	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893
	S	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	421.926	421925.578	22.196	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893
	S	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	421.926	421925.578	22.628	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782
	T	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	321.438	321437.880	18.514	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893
	T	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	321.438	321437.880	18.514	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893
	BD	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	390.896	390896.221	21.504	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782
BD	19	9.785	9.234	1	1.187	10.961	13.498	390.896	390896.221	20.051	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22620.507	22.621	1.037	4.201	
TL	25	12.875	12.150	1	1.093	13.285	17.100	402.164	402163.639	18.885	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25460.547	25.461	1.394	4.728	
2013	S	18	9.27	8.748	1	1.205	10.545	12.871	421.926	421925.578	21.436	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22089.109	22.089	0.978	4.102
	S	12	6.18	5.832	1	1.344	7.837	8.934	421.926	421925.578	24.210	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	18402.832	18.403	0.619	3.417
	S	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	421.926	421925.578	22.196	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893
	S	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	421.926	421925.578	22.628	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782
	S	12	6.18	5.832	1	1.344	7.837	8.934	421.926	421925.578	24.210	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	18402.832	18.403	0.619	3.417
	S	15	7.725	7.290	1	1.268	9.241	10.942	421.926	421925.578	22.628	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20366.385	20.366	0.798	3.782
	S	13	6.695	6.318	1	1.316	8.317	9.612	421.926	421925.578	23.626	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19088.948	19.089	0.679	3.545
	S	20	10.3	9.720	1	1.169	11.368	14.117	421.926	421925.578	20.786	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	23133.283	23.133	1.097	4.296
	B	20	10.3	9.720	1	1.169	11.368	14.117	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	T	25	12.875	12.150	1	1.093	13.285	17.100	321.438	321437.880	16.265	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25460.547	25.461	1.394	4.728
T	11	5.665	5.346	1	1.373	7.342	8.246	321.438	321437.880	20.742	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	17679.841	17.680	0.560	3.283	
U	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	

Tabel 4. 7 Perhitungan peramalan gelombang (Lanjutan)

Tahun	Arah	U (knots)	UZ (m/s)	U10	RT	RL dikoreksi	Uw	UA (m/s)	Fetch efektif (km)	Fetch efektif (m)	tc (jam)	Cek	Fetch	Fpakai (m)	Fpakai (km)	Hso (m)	To (s)	
2014	S	19	9.785	9.234	1	1.187	10.961	13.498	421.926	421925.578	21.098	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22620.507	22.621	1.037	4.201
	S	14	7.21	6.804	1	1.291	8.785	10.282	421.926	421925.578	23.102	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19742.327	19.742	0.738	3.666
	S	20	10.3	9.720	1	1.169	11.368	14.117	421.926	421925.578	20.786	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	23133.283	23.133	1.097	4.296
	B	29	14.935	14.094	1	1.043	14.698	19.363	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	B	19	9.785	9.234	1	1.187	10.961	13.498	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	BD	12	6.18	5.832	1	1.344	7.837	8.934	390.896	390896.221	23.008	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	18402.832	18.403	0.619	3.417
	BD	13	6.695	6.318	1	1.316	8.317	9.612	390.896	390896.221	22.453	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	19088.948	19.089	0.679	3.545
	BD	18	9.27	8.748	1	1.205	10.545	12.871	390.896	390896.221	20.371	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22089.109	22.089	0.978	4.102
	BD	18	9.27	8.748	1	1.205	10.545	12.871	390.896	390896.221	20.371	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22089.109	22.089	0.978	4.102
	T	19	9.785	9.234	1	1.187	10.961	13.498	321.438	321437.880	17.599	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22620.507	22.621	1.037	4.201
	T	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	321.438	321437.880	18.514	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893
	U	17	8.755	8.262	1	1.225	10.121	12.237	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000
2015	T	22	11.33	10.692	1	1.137	12.157	15.332	321.438	321437.880	16.867	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	24108.271	24.108	1.217	4.477
	T	24	12.36	11.664	1	1.107	12.916	16.518	321.438	321437.880	16.454	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25023.236	25.023	1.335	4.647
	T	29	14.935	14.094	1	1.043	14.698	19.363	321.438	321437.880	15.605	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	27092.620	27.093	1.629	5.031
	T	26	13.39	12.636	1	1.080	13.648	17.676	321.438	321437.880	16.086	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	25885.471	25.885	1.453	4.807
	T	36	18.54	17.497	1	0.969	16.955	23.083	321.438	321437.880	14.717	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	29581.232	29.581	2.029	5.493
	T	19	9.785	9.234	1	1.187	10.961	13.498	321.438	321437.880	17.599	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22620.507	22.621	1.037	4.201
2016	T	17	8.755	8.262	1	1.225	10.121	12.237	321.438	321437.880	18.184	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	21537.529	21.538	0.918	3.999
	T	22	11.33	10.692	1	1.137	12.157	15.332	321.438	321437.880	16.867	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	24108.271	24.108	1.217	4.477
2017	T	19	9.785	9.234	1	1.187	10.961	13.498	321.438	321437.880	17.599	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	22620.507	22.621	1.037	4.201
	T	21	10.815	10.206	1	1.153	11.766	14.728	321.438	321437.880	17.095	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	23628.802	23.629	1.157	4.388
	T	21	10.815	10.206	1	1.153	11.766	14.728	321.438	321437.880	17.095	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	23628.802	23.629	1.157	4.388
	T	23	11.845	11.178	1	1.122	12.540	15.929	321.438	321437.880	16.654	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	24572.764	24.573	1.276	4.563
	T	16	8.24	7.776	1	1.246	9.686	11.594	321.438	321437.880	18.514	Non Fully Developed	Duration Limited	Fmin	20963.978	20.964	0.858	3.893

4.6 Periode Ulang Gelombang

Berdasarkan pencatatan setiap tahun dapat ditentukan besarnya gelombang representatif. Data representatif digunakan untuk memperkirakan gelombang yang akan disamai atau dilampaui satu kali dalam kurun waktu T tahun yang dikenal sebagai gelombang dengan periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan. Dalam perencanaan Tugas Akhir ini menggunakan umur rencana 50 tahun.

Dalam menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran panjang yang mampu mempresentasikan spektrum gelombang. Perhitungan periode ulang gelombang menggunakan metode Fisher Tippet Type-1 dan metode Weibull. Pada Tabel 4.8 merupakan perhitungan menggunakan metode Fisher Tippet Type-1 dan pada Tabel 4.11 merupakan perhitungan menggunakan metode Weibull serta Tabel 4.13 merupakan perbandingan periode ulang metode Fisher Tippet Type-1 dan metode Weibull dan dijelaskan pada grafik seperti pada Gambar 4.10.

Tabel 4. 8 Perhitungan Periode Ulang Metode Fisher Tippet Type-1

No	Hsm (m)	P	Ym	Hsm.Ym	Ym2	(Hsm-Hrt)^2	Hsm	Hsm-Hsm
1	1.744	0.957	3.132	5.464	9.811	0.808	2.114	-0.370
2	1.512	0.881	2.067	3.125	4.272	0.444	1.591	-0.079
3	1.394	0.805	1.528	2.130	2.333	0.301	1.326	0.068
4	1.394	0.729	1.150	1.604	1.323	0.301	1.141	0.253
5	1.217	0.652	0.851	1.035	0.724	0.138	0.994	0.222
6	1.157	0.576	0.596	0.689	0.355	0.097	0.869	0.288
7	1.037	0.500	0.367	0.380	0.134	0.037	0.756	0.281
8	0.798	0.424	0.153	0.122	0.023	0.002	0.651	0.147
9	0.738	0.348	-0.055	-0.041	0.003	0.012	0.549	0.189
10	0.000	0.271	-0.266	0.000	0.071	0.715	0.446	-0.446
11	0.000	0.195	-0.491	0.000	0.241	0.715	0.335	-0.335
12	0.000	0.119	-0.756	0.000	0.571	0.715	0.205	-0.205
13	0.000	0.043	-1.149	0.000	1.319	0.715	0.012	-0.012
Total	10.992	6.500	7.126	14.508	21.181	4.999		

Contoh perhitungan tinggi gelombang dengan metode Fisher Tippet Type-1 periode ulang 50 tahun untuk $m=1$

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

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{1-0,44}{13+0,12}$$

$$= 0,957$$

$$y_m = -\ln\{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\}$$

$$y_m = -\ln\{-\ln 0,957\}$$

$$= 3,132$$

$$H_{sm} \cdot y_m = 1,744 \times 3,132 = 5,464$$

$$y_m^2 = 3,132^2 = 9,811$$

$$H_{rt} = \frac{\sum H_{sm}}{N}$$

$$= \frac{10,992}{13} = 0,846$$

$$(H_{sm} - H_{rt})^2 = (1,744 - 0,846)^2 = 0,808$$

$$Y_{rt} = \frac{\sum Y_m}{N}$$

$$= \frac{7,126}{13} = 0,548$$

$$\hat{A} = \frac{N \cdot \sum H_{sm} \cdot y_m - \sum H_{sm} \cdot \sum Y_m}{N \sum (Y_m^2) - (\sum Y_m)^2}$$

$$\hat{A} = \frac{13 \times 14,508 - 10,992 \times 7,126}{13 \times 21,181 - 7,126^2}$$

$$= 0,491$$

$$\hat{B} = H_{rt} - \hat{A} \cdot y_{rt}$$

$$\hat{B} = 0,846 - 0,491 \times 0,548 = 0,576$$

Maka persamaan regresi yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned} H_{rt} &= \hat{A} \cdot y_{rt} + \hat{B} \\ &= 0,491 \cdot y_{rt} + 0,576 \end{aligned}$$

Tabel 4. 9 Tinggi gelombang dengan periode ulang metode Fisher Tippet Type-1

Periode Ulang (Tahun)	y _r (tahun)	H _{sr}	σ _{nr}	σ _r	H _{sr} -1.28σ _r	H _{sr} + 1.28σ _r
5	1.500	1.31	0.479	0.31	0.92	1.65
10	2.250	1.68	0.648	0.42	1.15	2.11
20	2.970	2.03	0.822	0.53	1.36	2.56
50	3.902	2.49	1.054	0.68	1.62	3.13
100	4.600	2.84	1.230	0.79	1.82	3.56

Tabel 4. 10 Koefisien untuk menghitung deviasi standar

Distribusi	α1	α2	K	c	ε
FT-1	0,64	9	0,93	0	1,33
Weibull (k=0,75)	1,65	11,4	-0,63	0	1,15

Sumber : Bambang Triatmojo,2012

$$\begin{aligned} y_t &= -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{LT_r} \right) \right\} \\ y_t &= -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{\frac{N_T}{K} \cdot T_r} \right) \right\} \\ y_t &= -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{\frac{13}{13} \cdot 50} \right) \right\} = 3,902 \\ H_{sr} &= \hat{A} y_t + \hat{B} \\ &= 0,491 \times 3,902 + 0,576 = 2,49 \\ \alpha &= \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k \sqrt{-\ln v}} \\ &= \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k \sqrt{-\ln \frac{N}{N_T}}} \end{aligned}$$

$$= 0,64xe^{9 \times 13^{-1,3} + 0,93 \sqrt{-\ln \frac{13}{13}}} = 0,88$$

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

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{13}} \left[1 + 0,88(3,902 - 0 + 1,33 \ln \frac{13}{13})^2 \right]^{1/2} = 1,054$$

$$\sigma_{Hs} = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - H_{rt})^2 \right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{1}{13-1} \times 4,999 \right]^{1/2} = 0,645$$

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma_{Hs}$$

$$\sigma_r = 1,054 \times 0,645$$

$$= 0,68$$

Dipilih batas interval keyakinan tinggi gelombang signifikan adalah 80%

$$H_{sr} - 1,28 \cdot \sigma_r = 2,49 - 1,28 \times 0,68 = 1,62$$

$$H_{sr} + 1,28 \cdot \sigma_r = 2,49 + 1,28 \times 0,68 = 3,13$$

Tabel 4. 11 Perhitungan periode ulang metode weibull

No	Hsm (m)	P	Ym	Hsm.Ym	Ym2	(Hsm-Hrt)^2	Hsm	Hsm-Hsm
1	1.744	0.964	4.947	8.630	24.473	0.808	2.207	-0.462
2	1.512	0.889	2.866	4.333	8.212	0.444	1.455	0.057
3	1.394	0.815	2.011	2.804	4.043	0.301	1.146	0.249
4	1.394	0.741	1.493	2.082	2.229	0.301	0.959	0.436
5	1.217	0.667	1.134	1.379	1.285	0.138	0.829	0.388
6	1.157	0.592	0.866	1.002	0.750	0.097	0.732	0.425
7	1.037	0.518	0.657	0.682	0.432	0.037	0.657	0.381
8	0.798	0.444	0.491	0.392	0.241	0.002	0.597	0.201
9	0.738	0.370	0.357	0.263	0.127	0.012	0.548	0.190
10	0.000	0.295	0.247	0.000	0.061	0.715	0.508	-0.508
11	0.000	0.221	0.157	0.000	0.025	0.715	0.476	-0.476
12	0.000	0.147	0.086	0.000	0.007	0.715	0.450	-0.450
13	0.000	0.073	0.032	0.000	0.001	0.715	0.431	-0.431
Total	10.992	6.736	15.343	21.566	41.888	4.999		

Contoh perhitungan tinggi gelombang dengan metode Weibull periode ulang 50 tahun untuk m=1

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

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{1-0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{0,75}}}{13+0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{0,75}}} = 0.964$$

$$y_m = -\ln\{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\}$$

$$y_m = -\ln\{-\ln 0,964\} = 4,947$$

$$H_{sm} \cdot y_m = 1,744 \times 4,947 = 8,630$$

$$y_m^2 = 4,947^2 = 24,473$$

$$\begin{aligned} H_{rt} &= \frac{\sum H_{sm}}{N} \\ &= \frac{10,992}{13} = 0,846 \end{aligned}$$

$$(H_{sm} - H_{rt})^2 = (1,744 - 0,846)^2 = 0,808$$

$$\begin{aligned} Y_{rt} &= \frac{\sum Y_m}{N} \\ &= \frac{15,343}{13} = 1,18 \end{aligned}$$

$$\hat{A} = \frac{N \cdot \sum H_{sm} \cdot y_m - \sum H_{sm} \cdot \sum Y_m}{N \sum (Y_m^2) - (\sum Y_m)^2}$$

$$\hat{A} = \frac{13 \times 21,566 - 10,992 \times 15,343}{13 \times 41,888 - 15,343^2}$$

$$= 0,361$$

$$\hat{B} = H_{rt} - \hat{A} \cdot y_{rt}$$

$$\hat{B} = 0,846 - 0,361 \times 1,18$$

$$= 0,419$$

Maka persamaan regresi yang diperoleh adalah

$$H_{rt} = \hat{A} \cdot y_{rt} + \hat{B}$$

$$= 0,361 \cdot y_{rt} + 0,419$$

Tabel 4. 12 Tinggi gelombang dengan periode ulang metode weibull

Periode Ulang (Tahun)	yr (tahun)	Hsr	σ_{nr}	σ_r	Hsr-1.28 σ_r	Hsr+ 1.28 σ_r
5	1.886	1.10	0.869	0.56	0.38	1.82
10	3.041	1.52	1.356	0.88	0.40	2.64
20	4.319	1.98	1.905	1.23	0.41	3.55
50	6.164	2.65	2.705	1.75	0.41	4.88
100	7.662	3.19	3.356	2.17	0.42	5.96

Contoh perhitungan tinggi gelombang dengan periode ulang 50 tahun dengan metode Weibull

$$y_t = \{\ln(LT_r)\}^{1/K}$$

$$y_t = \left\{ \ln \left(\frac{13}{13} \cdot 50 \right) \right\}^{1/0,75}$$

$$= 6,164$$

$$H_{sr} = \hat{A}y_t + \hat{B}$$

$$= 0,361 \times 6,164 + 0,419$$

$$= 2,65$$

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k\sqrt{-\ln v}}$$

$$= \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k\sqrt{-\ln \frac{N}{N_T}}}$$

$$= 1,65 \times e^{11,4 \times 13^{-1,3} - 0,63 \sqrt{-\ln \frac{13}{13}}}$$

$$= 2,48$$

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

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{13}} \left[1 + 2,48 \left(6,164 - 0 + 1,15 \ln \frac{13}{13} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$= 2,705$$

$$\begin{aligned}\sigma_{H_s} &= \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - H_{rt})^2 \right]^{1/2} \\ &= \left[\frac{1}{13-1} \times 4,999 \right]^{1/2} = 0,645\end{aligned}$$

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma_{H_s}$$

$$\begin{aligned}\sigma_r &= 2,705 \times 0,645 \\ &= 1,75\end{aligned}$$

Dipilih batas interval keyakinan tinggi gelombang signifikan adalah 80%

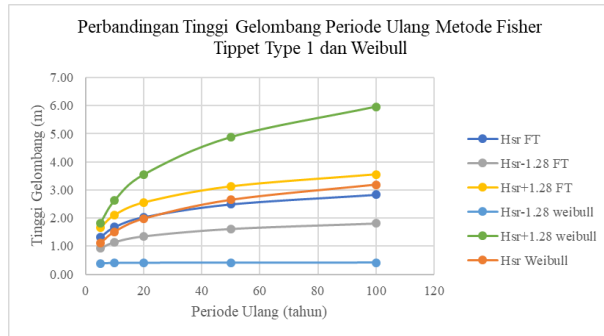
$$H_{sr} - 1,28 \cdot \sigma_r = 2,65 - 1,28 \times 1,75 = 0,41$$

$$H_{sr} + 1,28 \cdot \sigma_r = 2,65 + 1,28 \times 1,75 = 4,88$$

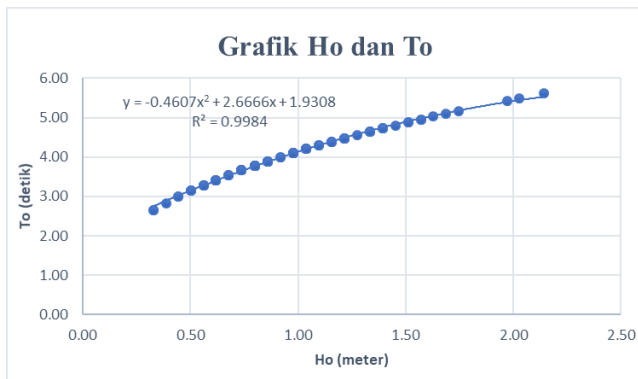
Tabel 4. 13 Perbandingan tinggi gelombang periode ulang metode fisherr tippet 1 dan weibull

Periode Ulang (Tahun)	Metode Fisher Tippet 1			Metode Weibull		
	Hsr (m)	Hsr-1.28σ _r (m)	Hsr+ 1.28σ _r (m)	Hsr (m)	Hsr-1.28σ _r (m)	Hsr+ 1.28σ _r (m)
5	1.31	0.92	1.65	1.10	0.38	1.82
10	1.68	1.15	2.11	1.52	0.40	2.64
20	2.03	1.36	2.56	1.98	0.41	3.55
50	2.49	1.62	3.13	2.65	0.41	4.88
100	2.84	1.82	3.56	3.19	0.42	5.96

Dari hasil penentuan periode ulang gelombang Metode Fisher Tippet 1 dan Metode Weibull bahwa tinggi gelombang dari 5 tahun sampai 100 tahun ke depan akan semakin meningkat seperti pada Gambar 4.10. Nilai tinggi gelombang yang digunakan sebagai perencanaan adalah periode ulang 50 tahunan dengan tinggi gelombang signifikan (Hsr) 2.65 m dari perhitungan Metode Weibull. Untuk mengetahui periode gelombang digunakan grafik hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang seperti pada Gambar 4.11



Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Fisher Tippet Type 1 dan Weibull



Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang

Dari grafik tersebut diperoleh persamaan yaitu :

$$y = -0,4607x^2 + 0,766x + 1,9308$$

Jika y adalah periode gelombang dan x adalah tinggi gelombang, maka nilai periode gelombang adalah:

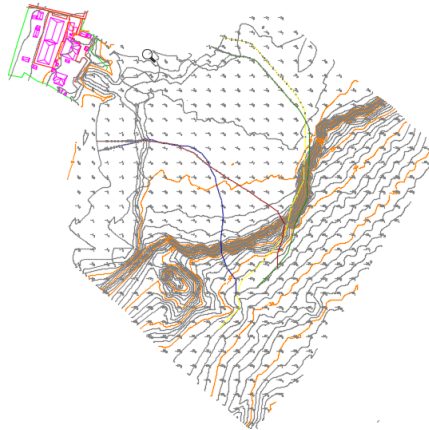
$$y = -0,4607(2,65)^2 + 0,766x2,65 + 1,9308 = 5,76 \text{ detik}$$

4.7 Analisis Refraksi

4.7.1 Metode Puncak Gelombang

Pembuatan diagram refraksi dengan metode puncak gelombang dimulai dari garis puncak gelombang di laut dalam. Ditetapkan sejumlah titik di sepanjang garis puncak gelombang, yaitu titik 1,2,3, ... ,N. Berdasarkan kedalaman air di titik-titik tersebut yaitu $d_1, d_2, d_3, \dots, d_N$; kemudian dihitung panjang gelombang dengan menggunakan persamaan ... atau tabel L-1, sehingga didapat $L_1, L_2, L_3, \dots, L_N$. Panjang gelombang $L_1, L_2, L_3, \dots, L_N$ di plot pada titik 1,2,3,...,N, dengan garis panjang gelombang tegak lurus garis puncak gelombang; sehingga akhirnya melalui ujung-ujung panjang gelombang tersebut dapat ditarik garis B yang merupakan garis puncak gelombang berikutnya. Prosedur ini diulangi terus sampai akhirnya didapat garis puncak gelombang C,D, ..., dan seterusnya. Setelah garis puncak gelombang selesai dibuat pada seluruh daerah pantai, kemudian dibuat garis orthogonal gelombang dengan menghubungkan titik-titik 1-1a-1b-1c-1d; 2-2a-2b-2c-2d; dan seterusnya.

Perhitungan analisis refraksi menggunakan dua arah yaitu arah selatan dan barat daya. Dua arah tersebut merupakan arah dominan yang akan mempengaruhi tinggi gelombang di sekitar perencanaan breakwater. Diagram hasil refraksi gelombang arah selatan dan barat daya dapat dilihat pada Gambar 4.12. Perhitungan lebih detail dapat dilihat pada Lampiran



Gambar 4. 12 Hasil Diagram Refraksi Gelombang

4.7.2 Perhitungan Analisis Refraksi Gelombang

Perhitungan analisis dengan metode puncak gelombang untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang di sekitar struktur bangunan. Contoh perhitungan tinggi gelombang di sekitar struktur sebagai berikut :

1. Dari data tinggi dan periode gelombang rencana periode ulang 50 tahun dan peta batimetri diperoleh :
 - Tinggi gelombang (H_s) : 2,65 m
 - Periode gelombang (T) : 5,76 detik
 - Kemiringan dasar (m) : 0,03
2. Menghitung koefisien shoaling (K_s) dan koefisien refraksi (K_r)

Untuk kedalaman 3 m :

$$\frac{d}{L_0} = \frac{3}{6,821} = 0,4398$$

Dari Lampiran Tabel L-1 diperoleh $\frac{d}{L} = 0,44321$ dan koefisien shoaling (k_s) = 0.983

$$L = \frac{3}{0,44321} = 6,769 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{6,769}{5,76} = 1,175 \text{ m/s}$$

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0$$

$$\sin \alpha = \left(\frac{1,175}{1,184} \right) \sin 7,51$$

$$\alpha = 7,453^\circ$$

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

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 7,51}{\cos 7,453}} = 1$$

3. Menghitung tinggi gelombang ekivalen dengan rumus

$$H_0' = K_S K_r H_0$$

$$H_0' = 0,983 \times 1 \times 2,65 = 2,605 \text{ m}$$

Dari hasil analisis refraksi dengan metode puncak gelombang diperoleh tinggi gelombang di sekitar struktur dengan kedalaman 3 m adalah sebesar 2,605 m. Perhitungan H_0' di kedalaman lain dapat dilihat pada Lampiran.

4.8 Gelombang Pecah

Perhitungan gelombang pecah dari analisis metode puncak gelombang dilakukan untuk arah datang gelombang pada lokasi perencanaan dari arah barat daya, karena arah barat daya merupakan arah yang dominan di lokasi tersebut. Arah gelombang datang membentuk sudut $\alpha_0 = 7,51^\circ$ terhadap garis tegak lurus pantai. Gelombang pecah dapat dihitung dengan Langkah-langkah perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah adalah sebagai berikut :

1. Dari data tinggi dan periode gelombang rencana periode ulang 50 tahun dan peta batimetri diperoleh :
 - Tinggi gelombang (H_s) : 2,65 m
 - Periode gelombang (T) : 5,76 detik
 - Kemiringan dasar (m) : 0,03
2. Menghitung koefisien shoaling (K_s)

Untuk kedalaman 3 m :

$$\frac{d}{L_0} = \frac{3}{6,821} = 0,4398$$

Dari Lampiran Tabel L-1 diperoleh $\frac{d}{L} = 0,44321$ dan

koefisien shoaling (K_s) = 0,983

Menghitung koefisien refraksi (K_r)

$$L = \frac{3}{0,44321} = 6,769 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{6,769}{5,76} = 1,175 \text{ m/s}$$

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0$$

$$\sin \alpha = \left(\frac{1,175}{1,184} \right) \sin 7,51$$

$$\alpha = 7,453^\circ$$

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

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 7,51}{\cos 7,453}} = 1$$

3. Menghitung tinggi gelombang ekuivalen dengan rumus

$$H_0' = K_S K_r H_0$$

$$H_0' = 0,983 \times 1 \times 2,65 = 2,605 \text{ m}$$

4. Menghitung tinggi gelombang (H_b) dan kedalaman gelombang pecah (d_b) dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.14 dan 2.15.

- Tinggi gelombang pecah (H_b)

$$\frac{H_0'}{gT^2} = \frac{2,605}{9,8 \times 5,76^2} = 0,0080 \text{ dan } m=0,03, \text{ dengan melihat}$$

grafik pada Gambar 2.14 diperoleh nilai $H_b/H_0' = 1,125$, sehingga nilai tinggi gelombang (H_b) = 2,93 m

- Kedalaman gelombang pecah (d_b)

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{2,93}{9,8 \times 5,76^2} = 0,0090 \text{ dan } m=0,03, \text{ dengan melihat}$$

grafik pada Gambar 2.15 diperoleh nilai $d_b/H_b = 1,2$, sehingga nilai kedalaman gelombang (d_b) = 3,516 m

5. Menghitung jarak gelombang pecah dari garis pantai

Kemiringan pantai (m) = 0,03

Kedalaman gelombang pecah (db) = 3,516 m

$$\text{Jarak} = \frac{db}{m} = \frac{3,516}{0,03} = 117,215 \text{ m} \approx 120 \text{ m}$$

4.9 Pemodelan Gelombang

Pemodelan gelombang menggunakan program bantu *software* Delft3D untuk mengetahui tinggi gelombang di sekitar struktur. Data input untuk parameter pemodelan adalah berupa tinggi gelombang dari hasil perhitungan periode ulang gelombang, periode gelombang, tinggi pasang surut air laut dan arah angin dominan yang menuju pelabuhan.

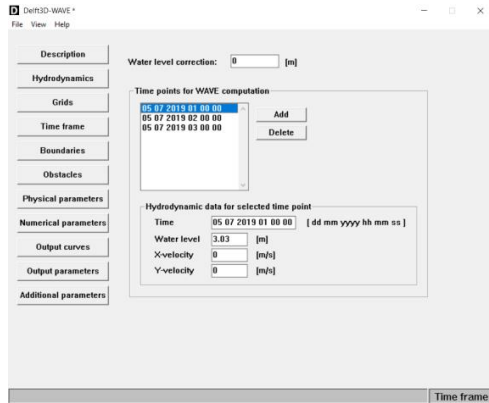
Pada kondisi perairan kota Bitung, pemodelan dilakukan dengan tiga arah boundary condition yaitu arah Timur Laut, Tenggara dan Barat Daya. Gambar 4.13 merupakan contoh data input gelombang.

Uniform boundary conditions

Significant wave height:	<input type="text" value="2.65"/>	[m]
Peak period Tp	<input type="text" value="5.76"/>	[s]
Direction [nautical]:	<input type="text" value="225"/>	[deg]
Directional spreading:	<input type="text" value="4"/>	[-]
<input type="button" value="OK"/>		

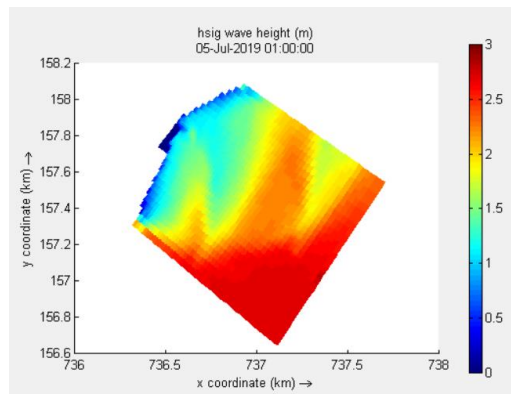
Gambar 4. 13 Data Input Gelombang
(Sumber : analisis Delft3D)

Input data tinggi pasang surut (HWS, MSL, LWS) seperti pada Gambar 4.14.

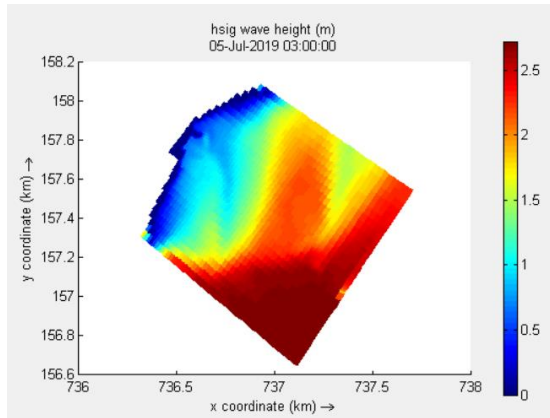


Gambar 4. 14 Data Pasang Surut
(Sumber : analisis Delft3D)

Hasil output dari program running Wave DELFT3D adalah tinggi gelombang signifikan dari pasang air laut tertinggi seperti pada Gambar 4.15 dan surut air laut terendah seperti pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 15 Hsig ketika HWS
(Sumber : analisis Delft3D)



Gambar 4. 16 Hsig ketika LWS
(Sumber : analisis Delft3D)

Dari kedua gambar tersebut diperoleh perbedaan nilai Hsignifikan. Pada Gambar 4.15 hasil Hsig di sekitar struktur adalah 1,5 m dan pada Gambar 4.16 hasil Hsig di sekitar struktur adalah 0,8 m. Dalam perencanaan menggunakan Hsig ketika air laut pasang supaya struktur *breakwater* mampu mencegah terjadinya *overtopping*.

4.10 Analisis Difraksi

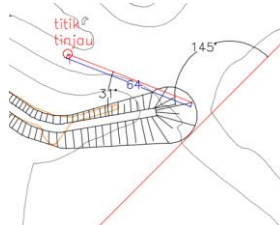
Pada perhitungan difraksi gelombang, tinggi gelombang suatu tempat di daerah terlindung tergantung pada jarak titik tinjau terhadap sudut rintangan r , sudut antara rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan dan sudut antara arah penjalaran gelombang dan rintangan. Perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindungi (kolam pelabuhan) dan tinggi gelombang datang disebut koefisien difraksi K' .

Tinggi gelombang di daerah terlindung tergantung jenis kapal yang bersandar. Jenis kapal yang bersandar di pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera tergolong jenis kapal sedang.

Penggolongan ukuran kapal dan tinggi gelombang kritis dapat dilihat pada Tabel 2.5 pada Bab II.

Dalam perhitungan analisis difraksi pada perencanaan ini ditinjau sebanyak 8 titik dengan dua arah sudut datang dominan yaitu dari arah Barat Daya dan Selatan. Dari dua arah sudut datang yang berbeda akan menghasilkan hasil tinggi gelombang yang berbeda pula. Rekapitulasi perhitungan analisis cara manual dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15, sedangkan hasil analisis software Delft3D dapat dilihat pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19.

Contoh perhitungan difraksi titik tinjau 1 arah sudut datang Barat Daya seperti pada Gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Analisis Difraksi Cara Manual

Diketahui :

$H_p = 1,5$ m (Hasil analisis Delft3D)

$L = 27,16$ m

$d = 2,5$ m (titik 1 yang dtinjau)

$r = 64$ m

$\theta = 145^\circ$

$\beta = 31^\circ$

Penyelesaian :

$$\frac{r}{L} = \frac{64}{27,16} = 2,36$$

Dengan menggunakan tabel koefisien difraksi untuk $r/L = 2,36$; $\theta=145^\circ$; dan $\beta=31^\circ$ diperoleh koefisien difraksi $K' = 0,119$,

Maka tinggi gelombang di titik 1 :

$$H_1 = K' \cdot H_p = 0,119 \cdot 1,5 = 0,18 \text{ m.}$$

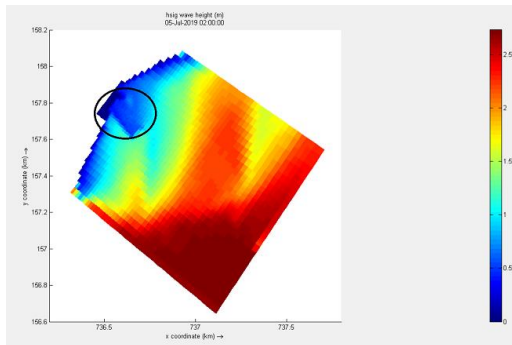
Tabel 4. 14 Rekapitulasi analisis difraksi cara manual dari arah Barat Daya

Titik Tinjau	d (m)	L (m)	r (m)	r/L	θ	β	K'	Hp (m)	Tinggi gelombang di kolam (m)
1	2,5	27.16	64	2.356	145	31	0.119	1.5	0.18
2	3	29.32	97	3.308	145	49	0.111	1.5	0.17
3	3	29.32	133	4.536	145	36	0.087	1.5	0.13
4	1	17.82	151	8.473	145	32	0.062	1.5	0.09
5	1	17.82	153	8.585	145	39	0.062	1.5	0.09
6	1	17.82	134	7.519	145	55	0.070	1.5	0.11
7	1	17.82	118	6.621	145	57	0.073	1.5	0.11
8	1	17.82	64	3.591	145	68	0.071	1.5	0.11

Tabel 4. 15 Rekapitulasi analisis difraksi cara manual dari arah Selatan

Titik Tinjau	d (m)	L (m)	r (m)	r/L	θ	β	K'	H'0 (m)	Tinggi gelombang di kolam (m)
1	2,5	27.16	64	2.356	100	31	0.144	1.5	0.22
2	3	29.32	97	3.308	100	49	0.161	1.5	0.24
3	3	29.32	133	4.536	100	36	0.117	1.5	0.17
4	1	17.82	151	8.473	100	32	0.088	1.5	0.13
5	1	17.82	153	8.585	100	39	0.090	1.5	0.13
6	1	17.82	134	7.519	100	55	0.114	1.5	0.17
7	1	17.82	118	6.621	100	57	0.124	1.5	0.19
8	1	17.82	64	3.591	100	68	0.211	1.5	0.32

Hasil running tinggi gelombang dari arah Barat Daya menggunakan program Delft3D dapat dilihat pada Gambar 4.18.



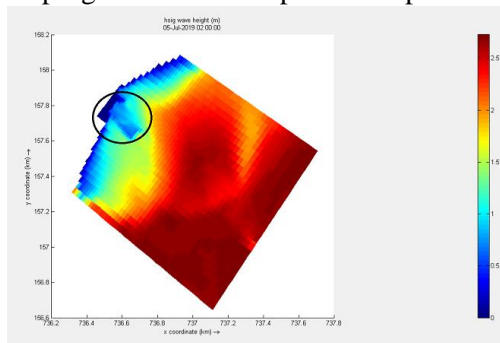
Gambar 4. 18 Hasil Running Tinggi Gelombang Delft3D Arah Barat Daya
(Sumber : analisis Delft3D)

Dari hasil running tersebut, hasil rekapitulasi tinggi gelombang dapat dilihat pada Tabel 4.16

Tabel 4. 16 Hasil analisis tinggi gelombang dengan Delft3D arah Barat Daya

Titik Tinjau	d (m)	Tinggi gelombang di kolam (m)
1	2.5	0.5
2	3	0.5
3	3	0.4
4	1	0.3
5	1	0.3
6	1	0.3
7	1	0.5
8	1	0.5

Hasil running tinggi gelombang dari arah Selatan menggunakan program Delft3D dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Hasil Running Tinggi Gelombang Delft3D Arah Selatan

(Sumber : analisis Delft3D)

Dari hasil running tersebut, diperoleh rekapitulasi tinggi gelombang yang dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Hasil analisis tinggi gelombang dengan Delft3D arah Selatan

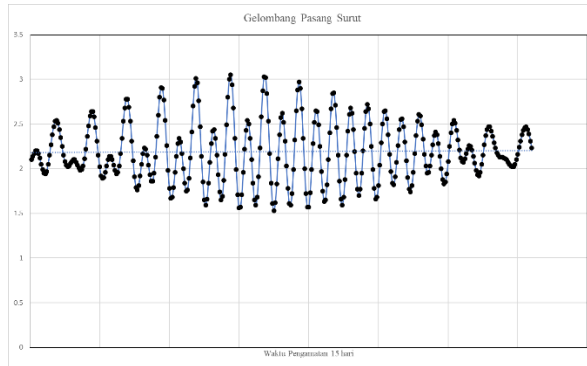
Titik Tinjau	d (m)	Tinggi gelombang di kolam (m)
1	2.5	0.5
2	3	0.5
3	3	0.5
4	1	0.4
5	1	0.4
6	1	0.4
7	1	0.5
8	1	0.5

Berdasarkan hasil tinggi gelombang yang dihasilkan dari analisis difraksi cara manual dan Delft3D di 8 titik tinjau, setelah di cek berdasarkan persyaratan tinggi gelombang kritis sesuai Tabel 2.5 maka perencanaan *breakwater* dengan layout rencana adalah aman untuk melindungi kolam pelabuhan.

4.11 Analisis Data Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya Tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari (Bambang Triatmodjo, 2012)

Analisis data pasang surut sangat penting dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi dan terendah sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut. Pengamatan dilakukan pada tanggal 6 Agustus 2018 sampai 20 Agustus 2018 (selama 15 hari) seperti pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 20 Pengamatan Pasang Surut Selama 15 Hari

Data pasang surut dianalisis menggunakan software ERGTide. Berdasarkan analisis tersebut diperoleh nilai amplitude (A) dan kelambatan fase (g°) seperti pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Konstanta harmonik pengamatan

	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	SO
A cm	31.67	21.75	8.7	3.08	10.21	13.02	7.3	0.05	0.04	219.07
Beda fasa		187.6	-11.4	177.99	13.59	102.82	97.2	191.31	98.82	130.95

Setelah diperoleh konstanta pasang surut, tipe pasang surut dapat didefinisikan dengan menggunakan Bilangan Formzaal, sebagai berikut:

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

$$F = \frac{13.02 + 10.21}{31.67 + 21.75} = 0,435$$

Dimana,

$0,0 < f < 0,25$: pasut semidiurnal

$0,25 < f \leq 1,50$: campuran, dominan pasut semidiurnal

$1,5 < f \leq 3,0$: campuran, dominan pasut diurnal

$3,0 < f$: pasut diurnal

Dari hasil perhitungan nilai $F = 0,435$ dapat dikategorikan dengan tipe pasang surut campuran, dominan pasang semidiurnal artinya dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur.

Setelah mendapatkan hasil tersebut, maka selanjutnya adalah mendapatkan nilai dari elevasi pasang surut yaitu HWS, MHWS, MSL, MLWS, dan LWS. Nilai elevasi pasang surut dijelaskan dalam Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Nilai elevasi pasang surut

Elevasi	Hasil (m)
HWS	3.03
MHWL	2.56
MSL	2.19
MLWL	1.80
LWS	1.52

4.12 Analisis Data Tanah

Data tanah yang digunakan merupakan data sondir dengan 3 titik letak pengamatan. Untuk mendapatkan parameter tanah yang lain maka perlu dilakukan korelasi terhadap tabel korelasi seperti pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21.

Tabel 4. 20 Korelasi sondir dan N-SPT

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus	
	kPa	ton/m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 - 12.5	0 - 1.25	0 - 2.5	0 - 10	0 - 1000
Lunak (soft)	12.5 - 25	1.25 - 2.5	2.5 - 5	10 - 20	1000 - 2000
Menengah (medium)	25 - 50	2.5 - 5	5 - 10	20 - 40	2000 - 4000
Kaki (stiff)	50 - 100	5 - 10	10 - 20	40 - 75	4000 - 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 - 200	10 - 20	20 - 40	75 - 150	7500 - 15000
Keras (hard)	> 200	> 20	> 40	> 150	> 15000

Sumber : Mochtar, 2006

Tabel 4. 21 Korelasi N-SPT dan γ

Cohesionless Soil					
N (blows)	0 - 3	4 - 10	11 - 30	31 - 50	> 50
γ (kN/m ³)	-	12 - 16	14 - 18	16 - 20	18 - 23
ϕ (°)	-	28 - 36	28 -36	30 - 40	> 35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0 - 15	35 - 65	35 - 65	65 -85	85 - 100

Sumber : Herman Wahyudi,2012

Dari ke-3 data sondir yang diperoleh dan dikorelasikan dengan tabel di atas, maka akan dihasilkan parameter-parameter tanah seperti ϕ dan γ yang rekapitulasi pada Tabel 4.22 s/d Tabel 4.24.

Tabel 4. 22 Hasil korelasi data sondir 1

Kedalaman (m)	Hambatan Konus (kg/cm ²)	Jumlah Hambatan (kg/cm ²)	Hambatan Pelekat (kg/cm ²)	Friction (kg/cm ²)	Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm ²)	Hambatan Setempat (kg/cm ²)	Friction Ratio (%)	NSpt	γ (kN/m ³)	ϕ
0	0	0	0	0	0	0	0			
0.2	20	35	15	30	30	1.5	7.5	5.00	12.67	29.33
0.4	50	90	40	80	110	4	8	12.86	14.39	28.78
0.6	60	110	50	100	210	5	8.33	15.71	14.99	29.98
0.8	60	100	40	80	290	4	6.67	15.71	14.99	29.98
1	95	110	15	30	320	1.5	1.58	25.33	17.02	34.04
1.2	115	125	10	20	340	1	0.87	30.67	16.00	
1.4	70	95	25	50	390	2.5	3.57	18.57	15.59	31.19
1.6	40	50	10	20	410	1	2.5	10.00	16	
1.8	15	25	10	20	430	1	6.67	3.75	12	
2	20	30	10	20	450	1	5	5.00	12.67	29.33
2.2	65	90	25	50	500	2.5	3.85	17.14	15.29	30.59
2.4	90	110	20	40	540	2	2.22	24.00	16.74	33.47
2.6	45	60	15	30	570	1.5	3.33	11.43	14.09	28.18
2.8	10	20	10	20	590	1	10	2.50	14.09	
3	10	20	10	20	610	1	10	2.50	14.09	
3.2	3	5	2	4	614	0.2	6.67	0.75	14.09	
3.4	3	5	2	4	618	0.2	6.67	0.75	14.09	
3.6	25	40	15	30	648	1.5	6	6.25	13.50	31.00
3.8	35	40	5	10	658	0.5	1.43	8.75	15.17	34.33
4	50	55	5	10	668	0.5	1	12.86	14.39	28.78
4.2	20	40	20	40	708	2	10	5.00	12.67	29.33
4.4	20	40	20	40	748	2	10	5.00	12.67	29.33
4.6	20	30	10	20	768	1	5	5.00	12.67	29.33
4.8	45	60	15	30	798	1.5	3.33	11.43	14.09	28.18
5	30	40	10	20	818	1	3.33	7.50	14.33	32.67
5.2	30	40	10	20	838	1	3.33	7.50	14.33	32.67
5.4	30	40	10	20	858	1	3.33	7.50	14.33	32.67
5.6	30	40	10	20	878	1	3.33	7.50	14.33	32.67
5.8	20	35	15	30	908	1.5	7.5	5.00	12.67	29.33
6	20	30	10	20	928	1	5	5.00	12.67	29.33
6.2	30	45	15	30	958	1.5	5	7.50	14.33	32.67
6.4	10	20	10	20	978	1	10	2.50	14.33	
6.6	20	30	10	20	998	1	5	5.00	12.67	29.33
6.8	10	20	10	20	1018	1	10	2.50	12.67	
7	25	40	15	30	1048	1.5	6	6.25	13.50	31.00
7.2	20	40	20	40	1088	2	10	5.00	12.67	29.33
7.4	40	50	10	20	1108	1	2.5	10.00	16.00	
7.6	50	65	15	30	1138	1.5	3	12.86	14.39	28.78
7.8	65	85	20	40	1178	2	3.08	17.14	15.29	30.59
8	40	55	15	30	1208	1.5	3.75	10.00	16.00	
8.2	70	80	10	20	1228	1	1.43	18.57	15.59	31.19
8.4	250							40.00	17.89	34.74

Tabel 4. 23 Hasil korelasi data sondir 2

d (m)	Hambatan Konus (kg/cm2)	Jumlah Hambatan (kg/cm2)	Hambatan Pelekat (kg/cm2)	Friction (kg/cm2)	Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm2)	Hambatan Setempat (kg/cm2)	Friction Ratio (%)	NSpt	γ (kN/m3)	ϕ
0	0	0	0	0	0	0	0			
0.2	30	45	15	30	30	1.5	5	7.50	14.33	32.67
0.4	100	140	40	80	110	4	4	26.67	17.30	34.60
0.6	160	170	10	20	130	1	0.63	40.00	20.11	40.21
0.8	100	115	15	30	160	1.5	1.5	26.67	17.30	34.60
1	85	100	15	30	190	1.5	1.76	22.67	16.46	32.91
1.2	130	180	50	100	290	5	3.85	34.67	18.98	37.96
1.4	250							40.00	20.11	40.21

Tabel 4. 24 Hasil korelasi data sondir 3

d (m)	Hambatan Konus (kg/cm2)	Jumlah Hambatan (kg/cm2)	Hambatan Pelekat (kg/cm2)	Friction (kg/cm2)	Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm2)	Hambatan Setempat (kg/cm2)	Friction Ratio (%)	NSpt	γ (kN/m3)	ϕ
0	0	0	0	0	0	0	0			
0.2	5	10	5	10	10	0.5	10	1.5	16.40	36.80
0.4	10	15	5	10	20	0.5	5	2.5	16.40	36.80
0.6	15	20	5	10	30	0.5	3.33	7	16.40	36.80
0.8	10	20	10	20	50	1	10	2.5	16.40	36.80
1	10	15	5	10	60	0.5	5	2.5	16.40	36.80
1.2	30	35	5	10	70	0.5	1.67	20.5	16.00	32.00
1.4	90	105	15	30	100	1.5	1.67	34.8	14.80	32.00
1.6	120	150	30	60	160	3	2.5	42.4	18.40	36.00
1.8	155	185	30	60	220	3	1.94	50	20.00	40.00
2	250			220				50	20.00	40.00

Setelah mendapatkan parameter ϕ dan γ yang dibutuhkan, selanjutnya adalah menghitung *overall stability breakwater* dengan program Geo5 untuk mengetahui kestabilan breakwater terhadap tanah di bawahnya yang akan dijelaskan pada Bab V.

BAB V

ANALISIS PERHITUNGAN STRUKTUR

5.1 Data Perencanaan

Parameter yang diperlukan dalam merencanakan bangunan pemecah gelombang harus ditentukan terlebih dahulu. Di Bab IV telah dilakukan analisis-analisis mengenai tinggi gelombang rencana dan gelombang pecah untuk perencanaan lokasi bangunan gelombang pecah. Dari hasil analisis diperoleh nilai :

Kedalaman struktur (d) = 3 m

Hrefraksi (H'_0) = 1,5 m

H_b = 2,93 m

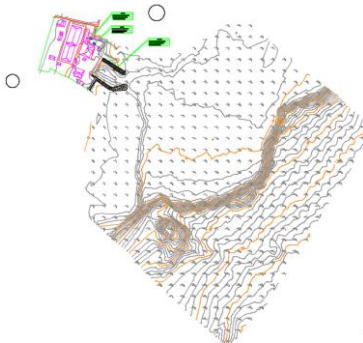
db = 3,516 m

Kemiringan kontur = 0,03

Kemiringan bangunan = 1:2 (kepala) dan 1:1,5 (lengan)

5.2 Perencanaan Layout Pemecah Gelombang

Perencanaan layout/posisi bangunan pemecah gelombang pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera berdasarkan perhitungan analisis gelombang rencana 50 tahunan adalah sebagai berikut



Gambar 5. 1 Layout Bangunan Pemecah Gelombang

5.3 Penentuan Dimensi Pemecah Gelombang

5.3.1 Penentuan Elevasi Pemecah Gelombang

Rumus perhitungan elevasi muka air rencana adalah sebagai berikut :

$$\text{Elevasi muka air rencana} = \text{HWL} + S_w + \text{SLR}$$

Dimana :

HWL : Muka air tertinggi pada saat air pasang dalam siklus pasang surut (*High Water Level*) (m)

S_w : *Wave set-up* (m)

SLR : Kenaikan elevasi muka air laut karena pemanasan global (*Sea level rise*) (m)

Berikut adalah perhitungan elevasi muka air rencana :

- HWL = 3,03 m
- *Wave set-up*
 - $H_b = 2,93$ m
 - $T = 5,76$ detik

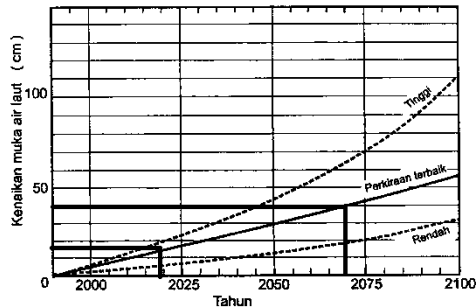
Rumus yang digunakan adalah :

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

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{2,93}{9,8 \times 5,76^2}} \right] 2,93 = 0,41 \text{ m}$$

- *Sea level rise (SLR)*

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Di dalam perencanaan bangunan pantai, kenaikan muka air karena pemanasan global harus diperhitungkan. Gambar 5.2 memberikan perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990 sampai 2100, yang disertai perkiraan batas atas dan bawah.



Gambar 5. 2 Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut

Dari grafik tersebut diperoleh nilai kenaikan muka air laut yang terjadi pada tahun 2019 dengan perkiraan terbaik padahal 15 cm = 0,15 m dan pada tahun 2069 (perencanaan umur bangunan 50 tahun) adalah 40 cm = 0,4 m.

Nilai SLR = SLR 2069 – SLR 2019

$$= 0,4 - 0,15 = 0,25 \text{ m}$$

Jadi nilai elevasi muka air rencana adalah = 3,03 + 0,41 + 0,25 = 3,69 m

Tabel 5. 1 Perhitungan muka air laut rencana

No.	Elevasi Muka Air Rencana		
	Parameter	Tinggi	Satuan
1	Wave Set-up	0,41	m
2	Pasang Surut	3,03	m
3	Pemanasan Global	0,25	m
	Elevasi Muka Air	3,69	m

- *Run up* gelombang

Perhitungan *Run up* gelombang

Direncanakan :

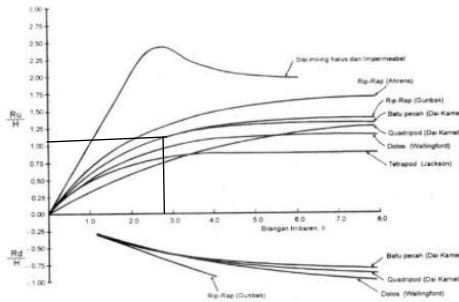
1. Jenis bangunan : Breakwater (Kepala)
- Lapis lindung : Batu Kasar
- Tinggi gelombang rencana : 1,5 m
- Kemiringan bangunan : 1:2

Lo : 51,79 m

$$Ir = \frac{\text{tg } \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}}$$

$$Ir = \frac{0,5}{\left(\frac{1,5}{51,79}\right)^{0,5}} = 2,94$$

Bilangan Ir diplot pada grafik *Run-up* Gelombang seperti pada Gambar 5.3



Gambar 5. 3 Grafik *run up* gelombang kepala *breakwater*

Dari grafik tersebut diperoleh nilai $\frac{R_u}{H} = 1,1$

Nilai Run up gelombang adalah 1,65 m

2. Jenis bangunan : Breakwater (Lengan)

Lapis lindung : Batu Pecah

Tinggi gelombang rencana : 1,5 m

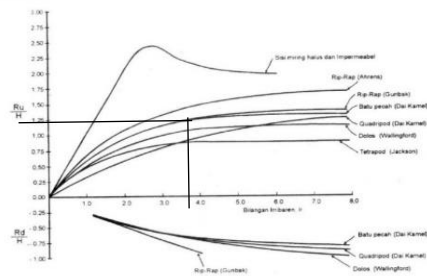
Kemiringan bangunan : 1:1,5

Lo : 51,79 m

$$Ir = \frac{\text{tg } \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}}$$

$$Ir = \frac{0,667}{\left(\frac{1,5}{51,79}\right)^{0,5}} = 3,92$$

Bilangan Ir diplot pada grafik *Run-up* Gelombang seperti pada Gambar 5.4



Gambar 5. 4 Grafik *run up* gelombang lengan *breakwater*

Dari grafik tersebut diperoleh nilai $\frac{R_u}{H} = 1,25$

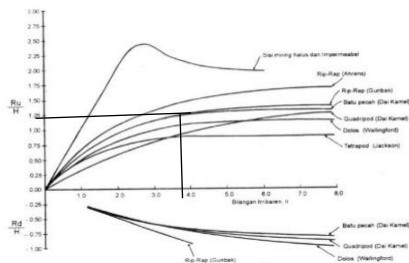
Nilai Run up gelombang adalah 1,88 m

3. Jenis bangunan : Revetment
 Lapis lindung : Batu Pecah
 Tinggi gelombang rencana : 1,5 m
 Kemiringan bangunan : 1:1,5
 Lo : 51,79 m

$$Ir = \frac{\text{tg } \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}}$$

$$Ir = \frac{0.667}{\left(\frac{1,5}{51.79}\right)^{0,5}} = 3,92$$

Bilangan Ir diplot pada grafik *Run-up* Gelombang seperti pada Gambar 5.5



Gambar 5. 5 Grafik *run up* gelombang *revetment*

Dari grafik tersebut diperoleh nilai $\frac{R_u}{H} = 1,25$

Nilai Run up gelombang adalah 1,88 m

Hasil rekapitulasi perhitungan *run up* gelombang dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5. 2 Hasil perhitungan *run up* gelombang

Jenis Bangunan	Lapis Lindung	H	Kemiringan	Lo	Ir	Ru/H	Ru
Kepala Breakwater	Batu Kasar	1.500	1:2	51.79	2.94	1.10	1.65
Lengan Breakwater	Batu Kasar	1.500	1:1.5	51.79	3.92	1.25	1.88
Revetmen	Batu Kasar	1.500	1:1.5	51.79	3.92	1.25	1.88
Kepala Breakwater	Tetrapod	1.500	1:2	51.79	2.94	0.80	1.20
Lengan Breakwater	Tetrapod	1.500	1:1.5	51.79	3.92	0.82	1.23

- Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan diperlukan agar saat gelombang pecah tidak *overtopping*. Pada perencanaan ini menggunakan tinggi jagaan 0,5 m

Perhitungan elevasi puncak bangunan pemecah gelombang dapat dilihat pada Tabel 5.3 s/d Tabel 5.5.

Elevasi puncak bangunan=elevasi muka air + Ru + tinggi jagaan

Tabel 5. 3 Perhitungan elevasi puncak breakwater batu pecah

No.	Elevasi Pemecah Gelombang		
	Parameter	Kepala (m)	Lengan (m)
1	Elevasi Muka Air	3.69	3.69
2	Wave Run-up Batu Kasar	1.65	1.88
3	Tinggi Jagaan	0.50	0.50
Elevasi Pemecah Gelombang		5.84	6.06

Tabel 5. 4 Perhitungan elevasi puncak revetment batu pecah

No.	Elevasi Pemecah Gelombang	
	Parameter	Lengan (m)
1	Elevasi Muka Air	3.69
2	Wave Run-up Batu Kasar	1.88
3	Tinggi Jagaan	0.5
Elevasi Pemecah Gelombang		6.06

Tabel 5. 5 Perhitungan elevasi puncak bangunan tetrapod
(breakwater)

No.	Elevasi Pemecah Gelombang		
	Parameter	Kepala (m)	Lengan (m)
1	Elevasi Muka Air	3.69	3.69
2	Wave Run-up Tetrapod	1.20	1.23
3	Tinggi Jagaan	0.5	0.50
	Elevasi Pemecah Gelombang	5.39	5.42

5.3.2 Stabilitas Batu Lapis Pelindung

1. Rumus Hudson

Di dalam perencanaan pemecah gelombang sisi miring, ditentukan berat butir batu pelindung. Berat butir dihitung berdasarkan material yang digunakan. Perencanaan ini menghitung menggunakan material batu pecah dan tetrapod. Kedua material tersebut selanjutnya akan dipilih salah satu sesuai dengan ketersediaan material yang ada disekitar lokasi perencanaan.

Contoh perhitungan berat butir lapis lindung.

a. Lapis Lindung *Primary Layer*

Berat lapis lindung primary layer (W_1) dihitung dengan rumus Hudson 2.46. Tabel 5.6 merupakan hasil perhitungan berat lapis lindung primary layer batu pecah dan Tabel 5.7 merupakan hasil perhitungan berat lapis lindung primary layer tetrapod.

- Material : Batu Pecah

Jenis bangunan : Kepala Breakwater

$$K_D = 1,6$$

$$\gamma_a = 1,025 \text{ t/m}^3$$

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

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,65}{1,025} = 2,59$$

$$H = 1,5 \text{ m}$$

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

$$W = \frac{2,65 \times 1,5^3}{1,6(2,59-1)^3 \times 2} = 0,7 \text{ ton}$$

Jenis bangunan : Lengan Breakwater

$$K_D = 2$$

$$\gamma_a = 1,025 \text{ t/m}^3$$

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

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,65}{1,025} = 2,59$$

$$H = 1,5 \text{ m}$$

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

$$W = \frac{2,65 \times 1,5^3}{2(2,59-1)^3 \times 1,5} = 0,75 \text{ ton}$$

- Material : Tetrapod

Jenis bangunan : Kepala Breakwater

$$K_D = 4,5$$

$$\Gamma_a = 1,025 \text{ t/m}^3$$

$$\Gamma_r = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,4}{1,025} = 1,5$$

$$H = 1,5 \text{ m}$$

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

$$W = \frac{2,4 \times 1,5^3}{4,5(1,5-1)^3 \times 2} = 0,37 \text{ ton}$$

- Jenis bangunan : Lengan Breakwater

$$K_D = 7$$

$$\gamma_a = 1,025 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_r = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,4}{1,025} = 1,5$$

$$H = 1,5 \text{ m}$$

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

$$W = \frac{2,4 \times 1,5^3}{7(1,5-1)^3 \times 1,5} = 0,32 \text{ ton}$$

Tabel 5. 6 Hasil perhitungan berat butir lapis lindung *primary layer* batu pecah

Primary Layer	γ_a	γ_r	KD	Cot θ	W primary	W (kg)
Kepala	1.025	2.65	1.6	2	0.70	701.42
Lengan	1.025	2.65	2	1.5	0.75	748.19

Tabel 5. 7 Hasil perhitungan berat butir lapis lindung *primary layer* tetrapod

Primary Layer	γ_a	γ_r	KD	Cot θ	W	W (kg)
Kepala	1.025	2.4	4.5	2	0.37	372.83
Lengan	1.025	2.4	7	1.5	0.32	319.57

b. Lapis Lindung *Secondary Layer*

Berat lapis lindung *secondary layer* (W_2) dihitung dengan rumus Hudson 2.46 dibagi 10 ($W_2 = \frac{W_1}{10}$). Tabel 5.8 merupakan hasil perhitungan berat lapis *secondary layer* batu pecah dan Tabel 5.9 merupakan hasil perhitungan berat lapis *secondary layer* tetrapod.

Tabel 5. 8 Hasil perhitungan berat lapis *secondary layer* batu pecah

Secondary Layer	W1 (kg)	W2=W1/10 (kg)
Kepala	701.42	70.14
Lengan	748.19	74.82

Tabel 5. 9 Hasil perhitungan berat lapis *secondary layer* tetrapod

Secondary Layer	W1 (kg)	W2=W1/10 (kg)
Kepala	372.83	37.28
Lengan	319.57	31.96

c. Lapis Lindung *Core Layer*

Berat lapis lindung *core layer* (W_3) dihitung dengan rumus Hudson 2.46 dibagi 200 ($W_3 = \frac{W_1}{200}$). Tabel 5.10 merupakan hasil perhitungan berat lapis *core layer* batu pecah dan Tabel 5.11 merupakan hasil perhitungan berat lapis *core layer* tetrapod.

Tabel 5. 10 Hasil perhitungan berat lapis *core layer* batu pecah

Core Layer	W1 (kg)	W3=W1/200 (kg)
Kepala	701.42	3.51
Lengan	748.19	3.74

Tabel 5. 11 Hasil perhitungan berat lapis *core layer* tetrapod

Core Layer	W1 (kg)	W3=W1/200 (kg)
Kepala	372.83	1.86
Lengan	319.57	1.60

5.3.3 Perhitungan Dimensi Pemecah Gelombang

Contoh perhitungan dimensi pemecah gelombang lapis lindung *primary layer*:

1. Berat butir lapis lindung batu pecah (kepala breakwater)

$$W_1 = 0,7 \text{ ton}$$

2. Dimensi batu pecah

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

$$D = \left(\frac{0,7 \text{ t}}{2,65 \text{ t/m}^3} \right)^{1/3} = 0,6 \text{ m}$$

3. Lebar puncak pemecah gelombang

$$B = n k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

$$B = 3 \times 1,15 \times \left[\frac{0,7}{2,65} \right]^{1/3} = 2,22 \text{ m direncanakan } 4 \text{ m}$$

4. Tebal lapis pelindung diberikan oleh rumus :

$$T = n k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

$$T = 2 \times 1,15 \left[\frac{0,7}{2,65} \right]^{1/3} = 1,5 \text{ m}$$

5. Jumlah butir batu tiap satu luasan diberikan oleh rumus :

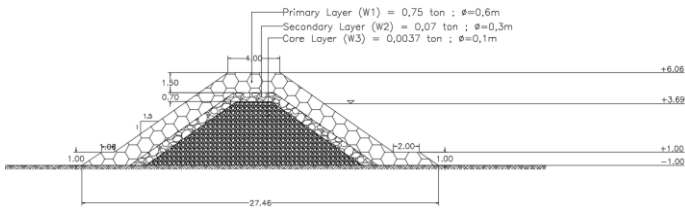
$$N = A n k_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3}$$

$$N = 10 \times 2 \times 1,15 \left[1 - \frac{37}{100} \right] \left[\frac{2,65}{0,7} \right]^{2/3} = 35$$

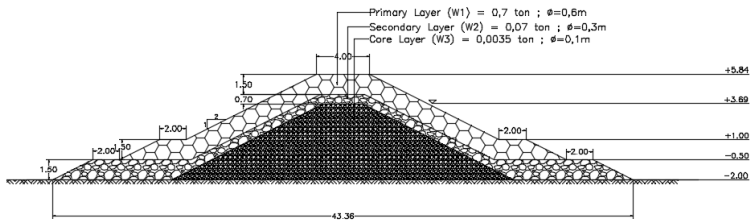
Hasil rekapitulasi dimensi struktur breakwater dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13, serta gambar potongan dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi dimensi struktur breakwater batu pecah

Jenis lapis lindung	Dimensi			dipakai	
Primary layer	Kepala	Cot θ	1:2		
		W	ton	0.70	0.70
		D	m	0.64	0.60
		Bmin	m	2.22	4.00
		t	m	1.48	1.50
	N		35.15	35.00	
	Lengan	Cot θ	1:1.5		
		W	ton	0.75	0.75
		D	m	0.66	0.60
		Bmin	m	2.26	4.00
t		m	1.51	1.60	
N		33.67	34.00		
Secondary layer	Kepala	Cot θ	1:2		
		W	ton	0.07	0.07
		D	m	0.30	0.30
		B	m	menyesuaikan	
		t	m	0.69	0.70
	N		163.15	163.00	
	Lengan	Cot θ	1:1.5		
		W	ton	0.07	0.07
		D	m	0.30	0.30
		B	m	menyesuaikan	
t		m	0.70	0.70	
N		156.28	156.00		
Core layer	Kepala	Cot θ	1:2		
		W	ton	0.0035	0.0035
		D	m	0.11	0.10
		B	m	menyesuaikan	
		N		1202.07	1202.00
	Lengan	Cot θ	1:1.5		
		W	ton	0.0037	0.0037
		D	m	0.11	0.10
		B	m	menyesuaikan	
		N		1151.45	1151.00



Gambar 5. 6 Potongan Melintang Lengan *Breakwater*



Gambar 5. 7 Potongan Melintang Kepala *Breakwater*

5.4.4 Stabilitas Fondasi Tumpukan Batu dan Pelindung Kaki

- a. Berat butir batu untuk pondasi dan pelindung kaki bangunan menggunakan rumus :

$$d_s = 3,03 \text{ m}$$

$$d_1 = 3,03 - 0,75 = 2,28 \text{ m}$$

$$d_1/d_s = 0.75 \text{ (lihat grafik pada Gambar 5.5)}$$

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3}$$

$$\gamma_a = 1,025 \text{ t/m}^3$$

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

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,65}{1,025} = 2,59$$

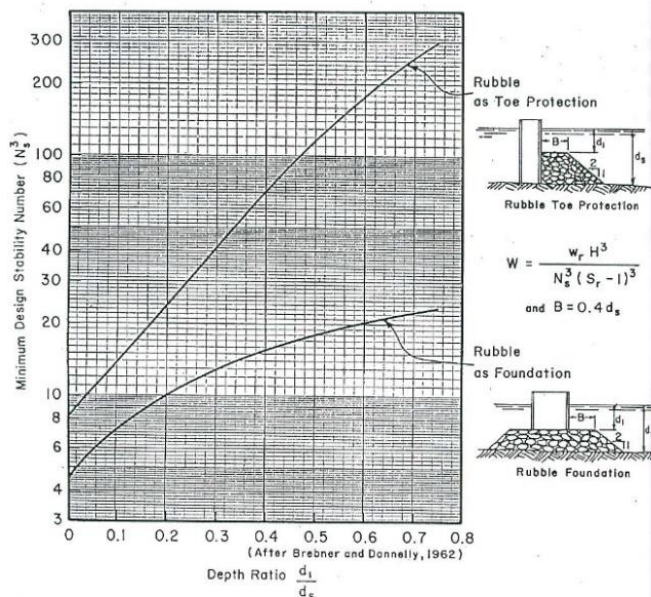
$$H = 1,5 \text{ m}$$

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3}$$

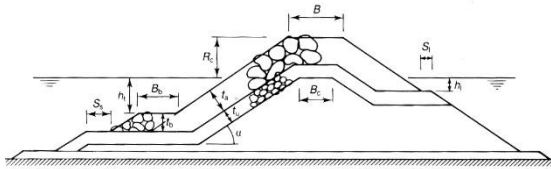
$$W = \frac{2,65 \times 1,5^3}{300 \times (2,59 - 1)^3} = 0,028 \text{ ton}$$

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

$$D = \left(\frac{0,028 \text{ t}}{2,65 \text{ t/m}^3} \right)^{1/3} = 0,22 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$$



Gambar 5. 8 Angka Stabilitas N_s untuk Fondasi dan Pelindung Kaki
(Sumber : Bambang Triatmojo, 2012)



Gambar 5. 9 Ukuran Kaki Breakwater

b. Dimensi Toe Breakwater

$$S_s \geq 2m$$

$$S_1 = 0,5 \times tu = 0,5 \times 1,2 = 0,6 m. \text{ Perencanaan } 1 m$$

$$B_b \geq 3 \text{ batu}$$

$$B_b \geq (3,3 \times D_{n50})$$

$$B_b = 3,3 \times 0,2 = 0,66 m. \text{ Perencanaan } 2 m$$

$$h_t = 1 \times H_s = 1 \times 1,5 = 1,5 m$$

5.4 Penentuan Material Struktur *Breakwater*

Dalam perencanaan breakwater pada tugas akhir ini menggunakan material batu kasar. Adapun beberapa faktor dalam pemilihan material adalah sebagai berikut :

1. Ketersediaan material

Di wilayah perencanaan banyak terdapat material batu pecah yang dapat digunakan sebagai struktur *breakwater*, sehingga tidak membutuhkan biaya pengangkutan yang besar.

2. Biaya murah

Selain jarak dari ketersediaan material yang tidak jauh, material batu pecah memiliki harga yang lebih murah dari pada material beton yang memerlukan biaya pembuatan dan waktu yang cukup lama untuk mendapatkannya.

Jenis tanah di bawah struktur *breakwater* adalah pasir (*cohesionless soil*). Jadi untuk perhitungan settlement menggunakan *immediate settlement* dengan prinsip teori dari Biarez dan Giroud.

$$S_i = \frac{2ap}{E} P_H$$

Berikut merupakan perhitungan *immediate settlement* tiap segmen dapat dilihat pada Gambar 5.9.

1. Segmen pada kedalaman -2 m

Pada bagian ini merupakan bagian kepala *breakwater*.

- Kondisi tanah

Tebal lapisan (H) = 2 m

γ_{sat} = 12 kN/m³

E = 34.500 kN/m²

ϑ = 0,3

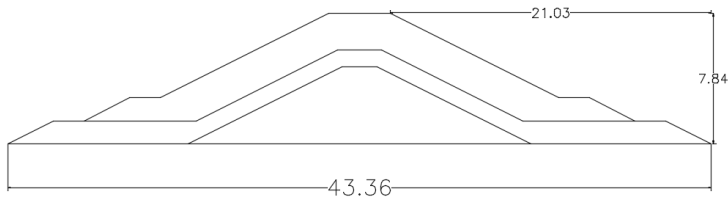
- Kondisi *breakwater*

a = 21,03m

b = 43,36 m

h = 7,84 m

γ_{timb} = 2,65 t/m³



Gambar 5. 12 Dimensi Segmen 1 *Breakwater*

$$\beta = \frac{H}{0,5.B} = \frac{2}{0,5 \times 43,36} = 0,092$$

$$\vartheta = 0,3$$

Dengan melihat grafik Giroud dan Biarez diperoleh P_H sebesar 0,1

$$p = \gamma_{timb} x H_{timb} = 2,65 \times 7,84 = 20,78 \text{ t/m}^2$$

$$Si = \frac{2ap}{E} P_H$$

$$Si = \frac{2 \times 0,5 \times 20,78 \times 43,36}{34500} \times 0,1 = 0,026 \text{ m}$$

Jadi immediate settlement yang terjadi sebesar 0,026 m = 2,6 cm

2. Segmen pada kedalaman -1 m dapat dilihat pada Gambar 5.10.

Pada bagian ini merupakan bagian lengan *breakwater*.

- Kondisi tanah

Tebal lapisan (H) = 2 m

$$\gamma_{sat} = 12 \text{ kN/m}^3$$

$$E = 34.500 \text{ kN/m}^2$$

$$\vartheta = 0,3$$

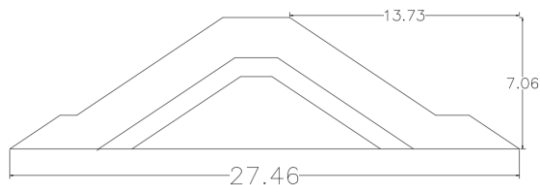
- Kondisi breakwater

$$a = 13,73 \text{ m}$$

$$b = 27,46 \text{ m}$$

$$h = 7,06 \text{ m}$$

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



Gambar 5. 13 Dimensi Segmen 2 Breakwater

$$\beta = \frac{H}{0,5.B} = \frac{2}{0,5 \times 27,46} = 0,15$$

$$\vartheta = 0,3$$

Dengan melihat grafik Giroud dan Biarez diperoleh P_H sebesar 0,05

$$p = \gamma_{timb} x H_{timb} = 2,65 \times 7,06 = 18,71 \text{ t/m}^2$$

$$Si = \frac{2ap}{E} P_H$$

$$Si = \frac{2 \times 0,5 \times 27,46 \times 18,71}{34500} \times 0,05 = 0,0074 \text{ m}$$

Jadi *immediate settlement* yang terjadi sebesar 0,074 cm

Berdasarkan perhitungan di atas, penurunan yang terjadi sangat kecil sehingga *breakwater* sudah cukup stabil untuk mengantisipasi terjadinya penurunan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis data angin diperoleh arah angin dominan dari arah Barat Daya.
2. Besar tinggi pasang surut diperoleh nilai HWL = 3,03 m, MSL = 2,19 dan LWS = 1,52 m
3. Berdasarkan perhitungan analisis gelombang dengan periode ulang 50 tahun diperoleh tinggi gelombang di laut dalam sebesar 2,65 m dengan periode gelombang 5,76 detik dan tinggi gelombang rencana berdasarkan hasil *software* Delft3D pada bangunan perencanaan sebesar 1,5 m
4. Gelombang pecah terjadi pada jarak 120 m dari garis pantai dan pada kedalaman 3,516 m.
5. Dimensi struktur *breakwater*
 1. Bagian Kepala
 - Kemiringan *breakwater* = 1:2
 - Lokasi struktur (d) = 2 m
 - Berat *primary layer* = 0,7 ton
 - Lebar *primary layer* = 4 m
 - Tebal *primary layer* = 1,5 m
 - Diameter batu = 0,6 m
 - Elevasi puncak = +5,84 m
 2. Bagian Lengan
 - Kemiringan *breakwater* = 1:1,5
 - Lokasi struktur (d) = 1 m
 - Berat *primary layer* = 0,75 ton
 - Lebar *primary layer* = 4 m

- Tebal *primary layer* = 1,5 m
- Diameter batu = 0,6 m
- Elevasi puncak = +6,06 m

b. Dimensi struktur *revetment*

- Kemiringan *revetment* = 1:1,5
 - Lokasi struktur (d) = 0 m
 - Berat *primary layer* = 0,75 ton
 - Lebar *primary layer* = 3 m
 - Tebal *primary layer* = 1,5 m
 - Diameter batu = 0,6 m
6. Perhitungan stabilitas *breakwater* menggunakan program Geo5 dan memperoleh hasil SF 2,38, sehingga dapat dikatakan *breakwater* sangat stabil dan tanah dasar mengalami *settlement* yang kecil sehingga dapat diabaikan.

6.2 Saran

Perhitungan analisis refraksi dari arah Barat Daya dan Selatan yang dihitung dengan cara manual/metode puncak gelombang memiliki hasil tinggi gelombang yang lebih tinggi dari pada hasil analisis dari software. Cara manual sebenarnya hanya bisa menganalisis refraksi dari laut dalam sampai gelombang pecah saja, setelah terjadi gelombang pecah, tinggi gelombang di laut dangkal menjadi semakin acak dan tingginya tidak bisa diprediksi oleh karena itu penggunaan model sangat disarankan karena model dapat mengakomodasi semua bentuk gerakan gelombang yang akan mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiartha R.M., Nyoman. 2015. **Perencanaan dan Perancangan Konstruksi Bangunan Laut dan Pantai**. Buku Arti, Bali
- Burcharth, H.F., dan A. Hughes, Steven. 2003. **Types and Functions of Coastal Structures**. In Coastal Engineering Manual, Aalborg University
- CERC. 1984. **Shore Protection Manual**. US Army Corps of Engineers, Washington.
- Fredsoe, Jorgen dan Rolf Deigaard. 1992. **Mechanics of Coastal Sediment Transport**. World Scientific. Singapore
- Iriani, Dyah dan Fuddoly. 2017. **Perencanaan Pelabuhan**. Absolute Media, Surabaya.
- Triatmodjo, Bambang. 2012. **Teknik Pantai**. Beta Offset, Yogyakarta.
- Wahyudi, Herman, 2012. **Daya Dukung Pondasi Dangkal**. ITS Press, Surabaya
- Yuwono, Nur. 1982. **Teknik Pantai**. Biro Penerbit, Yogyakarta.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 1

Langkah-langkah Run Program Tidal Prediction
 ertgide,ergram,dan ertgelv

1. Scan data pasang surut selama satu bulan dari buku Pasut Dishidros dengan format text.
2. Copy and Paste data pasut ke excel,trus di edit dan dicocokin sama data asli (ctt:hasil scan dalam bentuk txt biasanya berbeda dengan data aslinya).
3. Data elevasi yang udah diedit contohnya sbb:

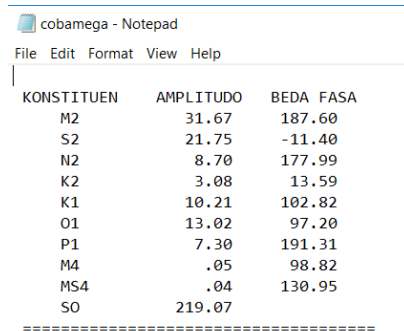
Date	Date	Height																								
		000	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
1	1 Agustus 2018	210	214	217	220	223	227	232	235	239	243	247	251	254	257	261	264	267	270	273	276	279	282	285	288	291
2	2 Agustus 2018	294	292	289	286	283	280	276	272	268	264	260	256	252	248	244	240	236	232	228	224	220	216	212	208	204
3	3 Agustus 2018	201	202	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224
4	4 Agustus 2018	224	226	228	230	232	234	236	238	240	242	244	246	248	250	252	254	256	258	260	262	264	266	268	270	272
5	5 Agustus 2018	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298
6	6 Agustus 2018	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322
7	7 Agustus 2018	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345
8	8 Agustus 2018	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369
9	9 Agustus 2018	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393
10	10 Agustus 2018	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417
11	11 Agustus 2018	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441
12	12 Agustus 2018	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465
13	13 Agustus 2018	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489
14	14 Agustus 2018	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513
15	15 Agustus 2018	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537

4. Transpose data ini (baris menjadi kolom) sehingga jadi 1 kolom data yang berisi data elevasi mulai dari tgl 1 jam ke 1 sampai dengan tanggal 31 jam ke 24 (ubah satuannya menjadi cm).
5. Buka file coba2.txt,lalu copy and paste data elevasi ke file ini,tampilan file coba2.txt adalah sbb:

```

msdos - Notepad
File Edit Format View Help
bitung ----- Lokasi ----- Hasil pertama RURI dg DINYATIDE.ERE
360 ----- Tanggal jam pengukuran ----- Hasilnya konjerasi kom
1 ----- Interval pengukuran
6 08 2018 0 ----- Tanggal, Bulan, tahun, jam mulai pengukuran"
...
210
214
217
220
220
212
212
205
199
195
194
197
205
205
215
217
227
    
```

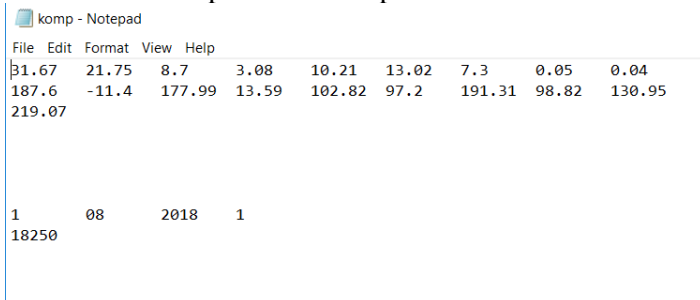
6. Run ertgide,masukkan nama file data (mis coba2.txt) dan tentukan nama file outputnya
7. Output program ini berupa amplitudo dan fase untuk tiap-tiap komponen pasang surut,contohnya adalah sbb:



KONSTITUEN	AMPLITUDO	BEDA FASA
M2	31.67	187.60
S2	21.75	-11.40
N2	8.70	177.99
K2	3.08	13.59
K1	10.21	102.82
O1	13.02	97.20
P1	7.30	191.31
M4	.05	98.82
MS4	.04	130.95
SO	219.07	

=====

8. Amplitudo dan fase ini digunakan sebagai input program erg.ram (program erg.ram untuk peramalan pasut selama jangka waktu tertentu misalnya 18.6 tahun,20 tahun dsb).
9. Copy and Paste amplitude dan fasa dari file .txt ke excel lalu ditranspose (baris menjadi kolom).
10. Open file komp.txt,copy and paste amplitude dan fase dari excel ke file ini.Tampilan File komp.txt adalah sbb:



File	Edit	Format	View	Help
31.67	21.75	8.7	3.08	10.21
187.6	-11.4	177.99	13.59	102.82
219.07				97.2
				191.31
				98.82
				130.95

1	08	2018	1
18250			

Angka 1 paling kiri adalah jam mulai pengukuran,08 adalah bulan data,2018 tahun data,1 di kanan adalah interval pengambilan data yaitu satu jam,angka 18250 adalah jumlah hari dalam 50 tahun (angka ini diganti2 sesuai dengan jangka waktu peramalan pasut yang diinginkan)

11. Run program erg.ram,outputnya ada 2 kolom,elevasi hasil peramalan adalah kolom kedua.
12. Output erg.ram dipakai untuk input program erg.elv (program erg.elv untuk penentuan elevasi penting misalnya MSL,MHWL,dll)
13. Run erg.elv,outputnya adalah sebagai berikut

elevasimegaa - Notepad

File Edit Format View Help

Nilai Elevasi-elevasi Penting (cm):

Highest Water Spring (HWS)	:	302.96,	Jml. Kejadian :	1
Mean High Water Spring (MHWS)	:	290.86,	Jml. Kejadian :	24
Mean High Water Level (MHWL)	:	256.46,	Jml. Kejadian :	683
Mean Sea Level (MSL)	:	219.07,	Jml. Kejadian :	8640
Mean Low Water Level (MLWL)	:	180.92,	Jml. Kejadian :	683
Mean Low Water Spring (MLWS)	:	158.08,	Jml. Kejadian :	24
Lowest Water Spring (LWS)	:	151.60,	Jml. Kejadian :	1

Nilai elevasi-elevasi penting diikatkan pada MSL (cm):

Highest Water Spring (HWS)	:	83.89,	Jml. Kejadian :	1
Mean High Water Spring (MHWS)	:	71.79,	Jml. Kejadian :	24
Mean High Water Level (MHWL)	:	37.39,	Jml. Kejadian :	683
Mean Sea Level (MSL)	:	.00,	Jml. Kejadian :	8640
Mean Low Water Level (MLWL)	:	-38.15,	Jml. Kejadian :	683
Mean Low Water Spring (MLWS)	:	-60.99,	Jml. Kejadian :	24
Lowest Water Spring (LWS)	:	-67.47,	Jml. Kejadian :	1

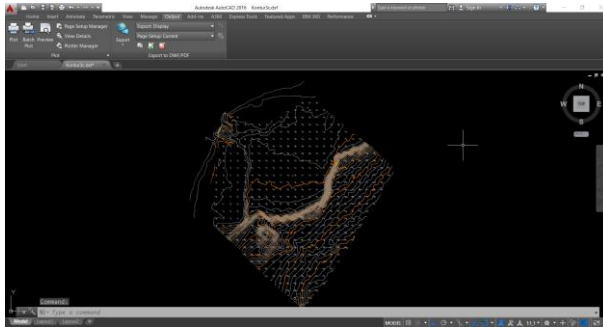
Tunggang pasang : 151.36 cm

|

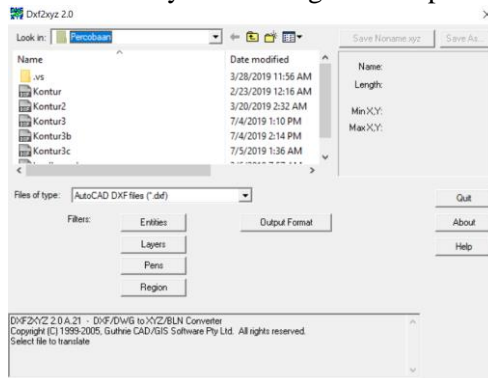
Lampiran 2

Langkah pengolahan tinggi gelombang menggunakan software DELFT3D :

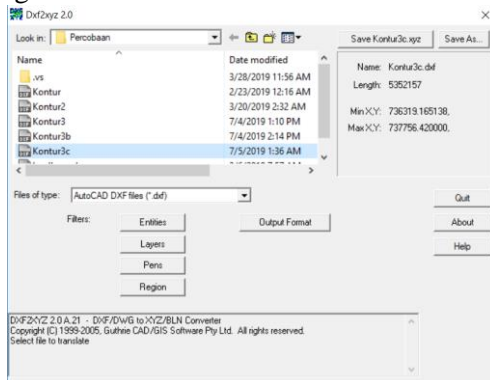
1. Menyiapkan kontur bathimetri dari AutoCad di input ke software DELFT3D.



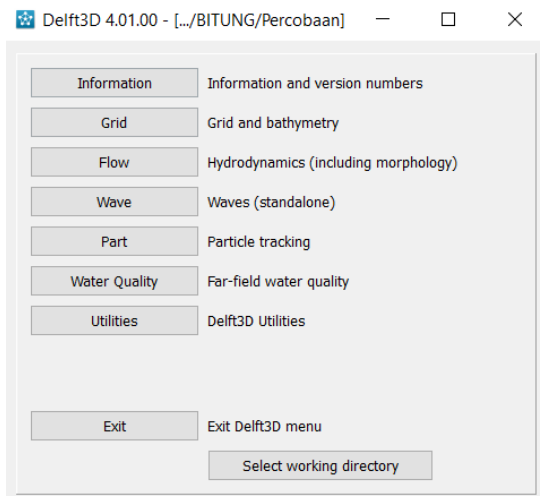
2. Ubah format input data topografi dan bathimetri dari dwg ke xyz karena delft3d membutuhkan input dalam format xyz. Untuk merubah format dwg ke xyz perlu adanya converter yaitu software dxf2xyz. Dari format dwg di save as dalam format dxf lalu di convert ke dxf2xyz. Langkah-langkahnya yaitu :
 - Buka software dxf2xyz. Muncul gambar seperti berikut

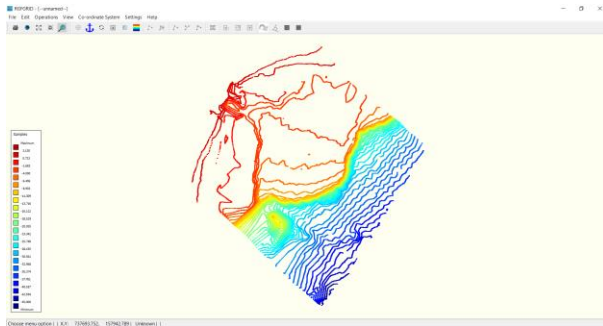


- Pilih file yang akan diconvert → Save

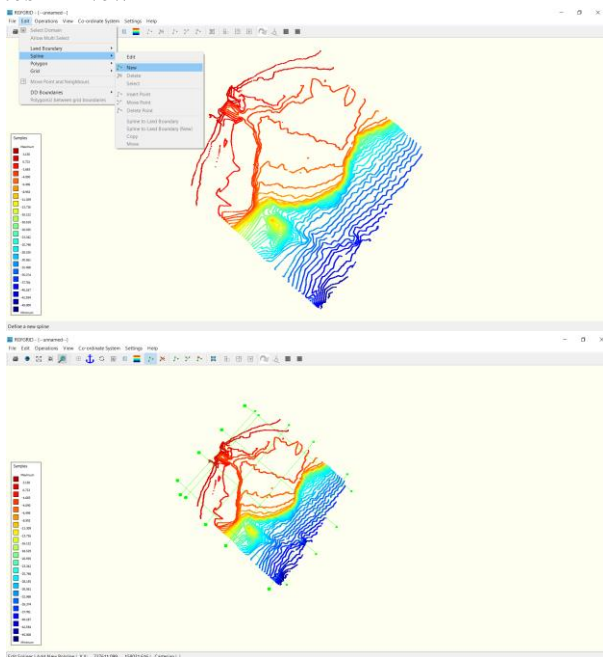


3. Buka program DELFT3D, muncul kotak seperti pada Gambar . klik *Select working directory* sebagai tempat penyimpanan. Pilih Grid lalu pilih RGFGRID untuk membuat grid peta kontor bathimetri.

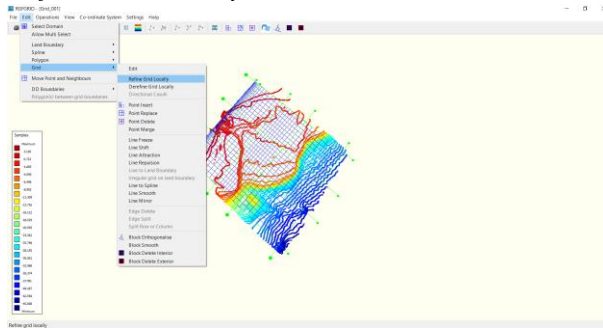




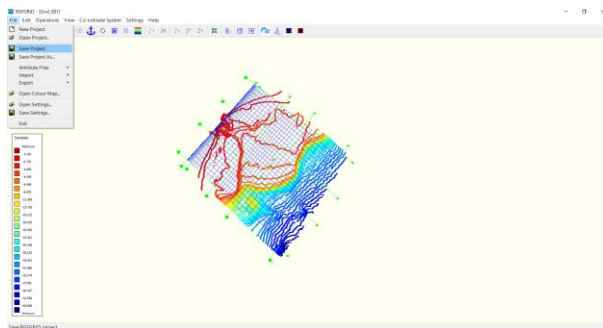
5. Membuat splines (garis bantu sebelum membuat grid). Klik *Edit* → *splines* → *New*



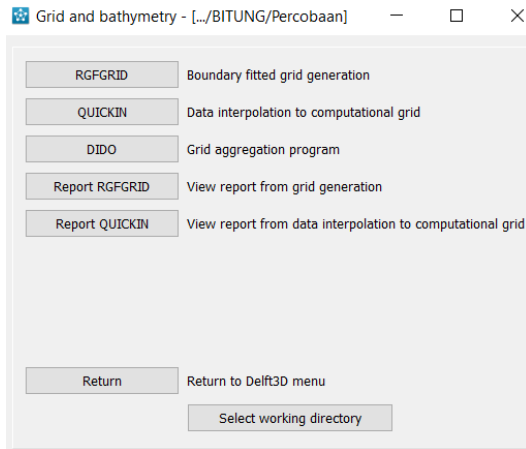
6. Membuat Grid sebagai wilayah batas bathimetri. Klik *Edit* → *Grid* → *Refine Grid Locally*



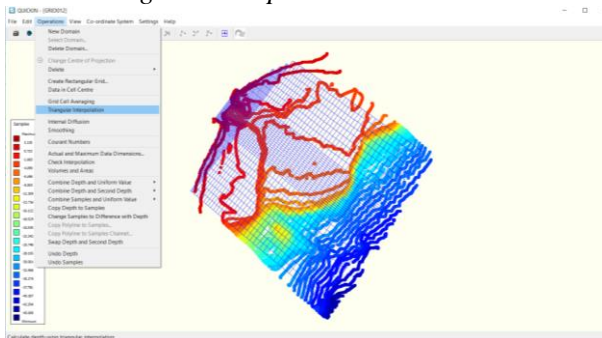
7. Setelah semua sudah dibuat, simpan di folder yang sudah disiapkan. Klik *File* → *Save Project*

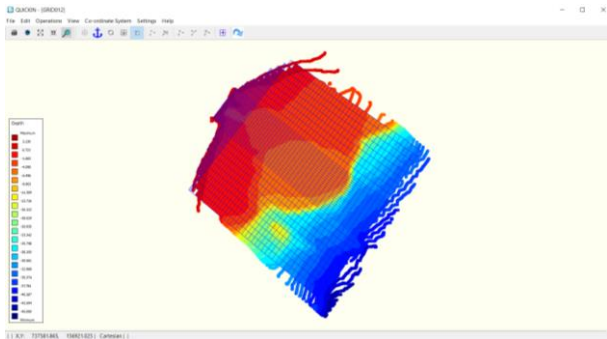


8. Setelah pembuatan Grid di RGFRID, kill Fie →Exit.
Selanjutnya adalah mendapatkan data interpolasi perhitungan grid dengan memilih QUICKIN

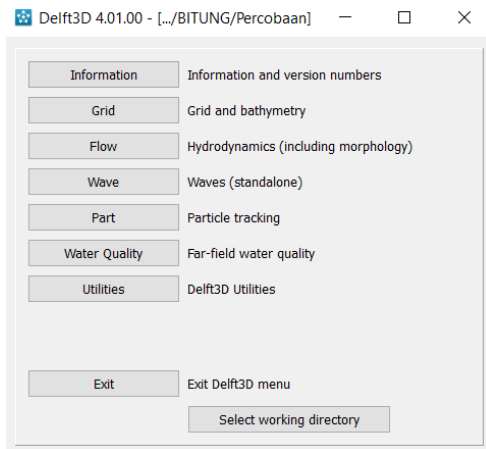


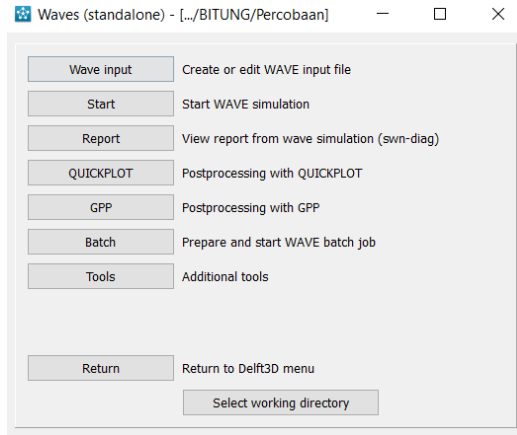
9. Import semua data dari RGFRID ke QUICKIN lalu Klik *Operation* →*Triangular Interpolation*





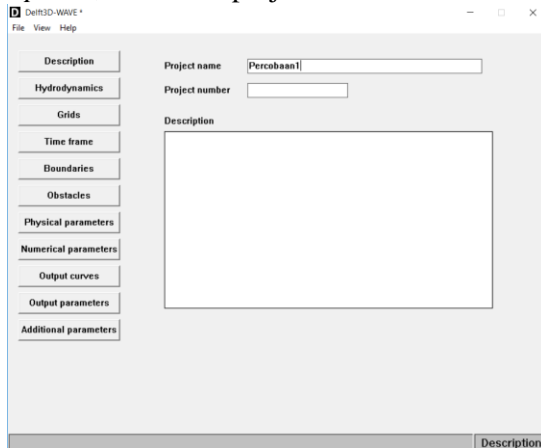
10. Simpan hasil data interpolasi dengan format `.dep`.
11. Input data-data dari pengolahan tersebut untuk mendapatkan hasil running gelombang ke dalam *Wave Input*



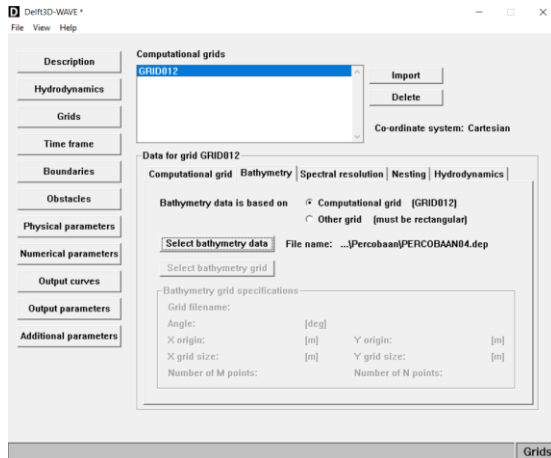


12. Muncul kotak tampilan Delft3D-WAVE

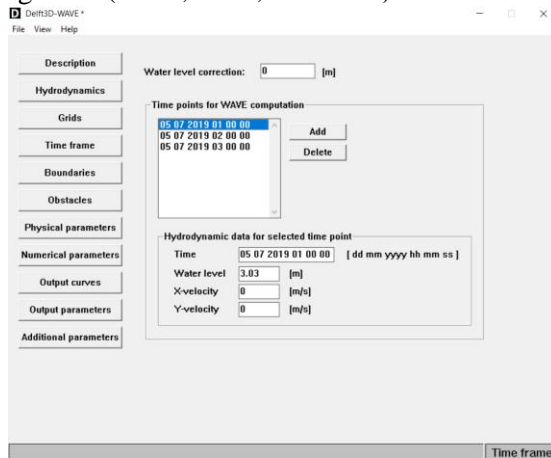
13. Klik *Description* , beri nama project



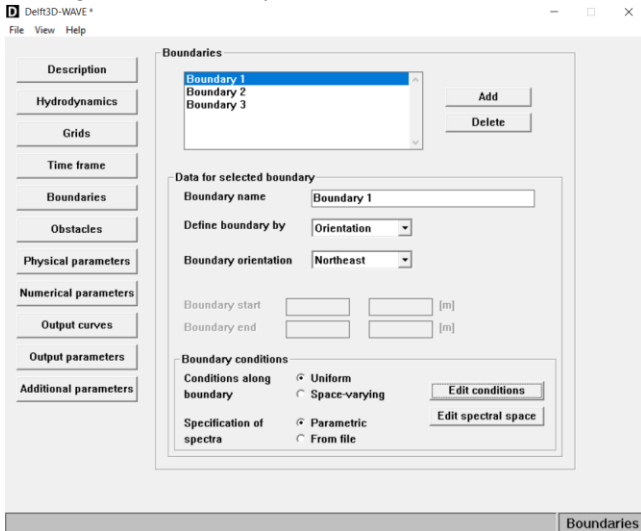
14. Klik *Grid* lalu import file grid yang sudah dibuat, klik menu *Bathymetry* → *Select bathymetry data* lalu pilih file .dep untuk memasukkan data batimetri.



15. Klik *Time frame* dan atur sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dalam permodelan ini, simulasi dilakukan tiap 1 jam untuk setiap data pasang surut (HWS, MSL, dan LWS)



16. Klik *Boundaries* dan tambahkan 3 arah dari batas/boundaries. Boundary 1 (Arah Timur Laut), Boundary 2 (Arah Tenggara), Boundary 3 (Arah Barat Daya). Setelah ketiga arah boundary ditambahkan, klik *Edit condition*

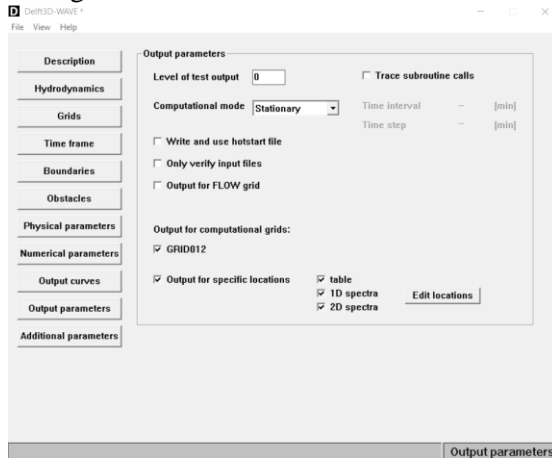


- Setelah ketiga arah boundary ditambahkan, klik *Edit condition*. Angka yang dimasukkan di *edit condition* merupakan hasil dari peramalan gelombang periode ulang. Tinggi gelombang 2,65 m dan periode gelombang 5,76 s

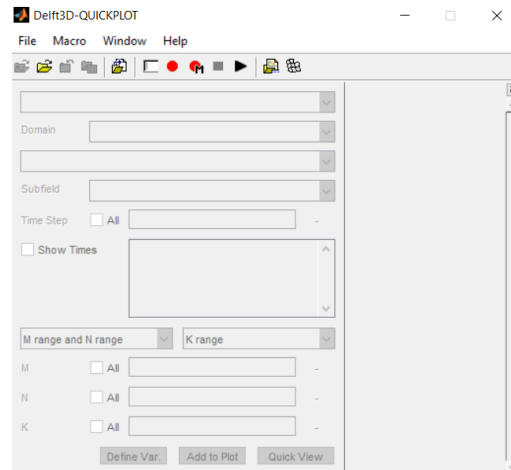
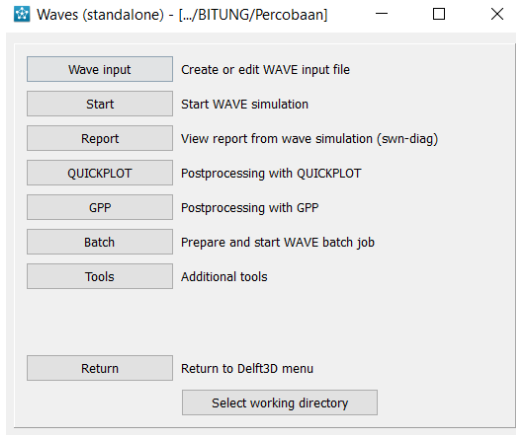
Uniform boundary conditions

Significant wave height:	<input type="text" value="2.65"/>	[m]
Peak period T_p :	<input type="text" value="5.76"/>	[s]
Direction [nautical]:	<input type="text" value="225"/>	[deg]
Directional spreading:	<input type="text" value="4"/>	[]
<input type="button" value="OK"/>		

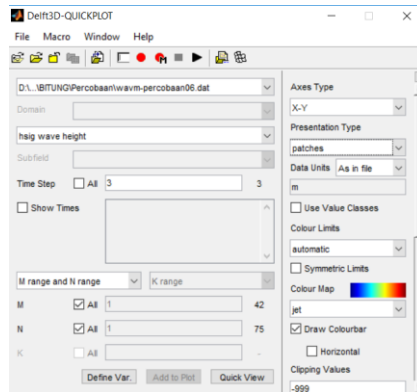
17. Klik kolom *Output parameters* dan centang *Output for computational grids*



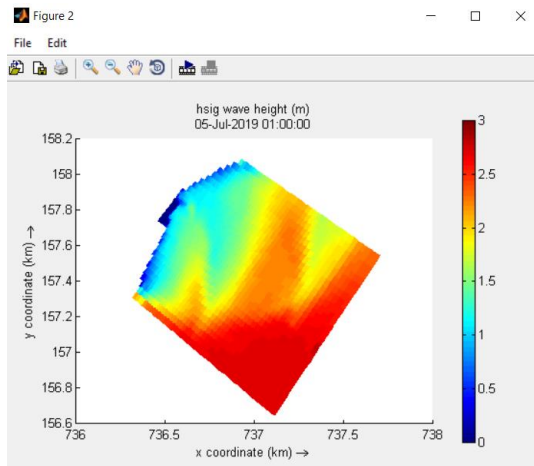
18. Simpan file. Klik file → Save.
19. Setelah wave input sudah tersimpan, maka klik *Start* untuk menjalankan program. Apabila hasilnya menunjukkan `Delft3D-WAVE finished normally.`, maka program running berhasil. Apabila hasil menunjukkan error masih terdapat kesalahan dalam input parameter.
20. Klik QUICKPLOT untuk mengetahui hasil dari spektrum gelombang.



21. Membuka file, klik *File* → *Open File*. Pilih file yang akan dirunning hasil spektrum gelombangnya.
Pilih salah satu data yang akan diplot, misalnya *hsig wave height* → klik *Quick view*



22. Diperoleh hasil tinggi gelombang signifikan dari output Delft3d Wave



Tabel 1 Perhitungan analisis refraksi arah barat daya 1

d (m)	H0 (m)	T0 (s)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L	L (m)	C (m/s)	ao	sin α1	α1	Kr	n0	Ks	H'o (m)	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb (m)	Hb/gT ²	db/Hb	db (m)	jarak dari garis pantai db/m
32	2.65	5.76	51.793	8.989	0.6178	0.61836	51.750	8.981	84	0.994	83.555	0.965	0.5	0.997	2.550	0.0078	0.03	1.125	2.868	0.0088	1.205	3.456	115.212
31.9	2.65	5.76	51.750	8.981	0.6164	0.61696	51.705	8.973	83.555	0.993	83.132	0.969	0.5	0.997	2.560	0.0079	0.03	1.125	2.880	0.0089	1.205	3.470	115.668
31.8	2.65	5.76	51.705	8.973	0.6150	0.61557	51.660	8.966	83.132	0.992	82.727	0.972	0.5	0.997	2.568	0.0079	0.03	1.125	2.889	0.0089	1.205	3.481	116.030
31.5	2.65	5.76	51.660	8.966	0.6098	0.61033	51.611	8.957	82.727	0.991	82.318	0.973	0.5	0.997	2.571	0.0079	0.03	1.125	2.893	0.0089	1.205	3.486	116.185
30.9	2.65	5.76	51.611	8.957	0.5987	0.59935	51.556	8.948	82.318	0.990	81.875	0.973	0.5	0.996706	2.569	0.0079	0.03	1.125	2.890	0.0089	1.205	3.482	116.074
26.5	2.65	5.76	51.556	8.948	0.5140	0.51558	51.398	8.920	81.875	0.987	80.729	0.937	0.5	0.992	2.462	0.0076	0.03	1.13	2.782	0.0086	1.2	3.339	111.290
24	2.65	5.76	51.398	8.920	0.4669	0.46950	51.118	8.872	80.729	0.982	78.977	0.918	0.5	0.987	2.401	0.0074	0.03	1.13	2.713	0.0083	1.18	3.201	106.714
24.2	2.65	5.76	51.118	8.872	0.4734	0.47582	50.860	8.827	78.977	0.977	77.580	0.943	0.5	0.988	2.469	0.0076	0.03	1.13	2.789	0.0086	1.2	3.347	111.580
22.2	2.65	5.76	50.860	8.827	0.4365	0.43997	50.458	8.757	77.580	0.969	75.667	0.932	0.5	0.983	2.428	0.0075	0.03	1.13	2.744	0.0084	1.18	3.238	107.918
20	2.65	5.76	50.458	8.757	0.3964	0.40151	49.812	8.645	75.667	0.956	73.032	0.921	0.5	0.975	2.380	0.0073	0.03	1.14	2.713	0.0083	1.18	3.201	106.704
7.5	2.65	5.76	49.812	8.645	0.1506	0.18378	40.810	7.083	73.032	0.784	51.594	0.685	0.5	0.913	1.658	0.0051	0.03	1.2	1.990	0.0061	1.12	2.229	74.292
5	2.65	5.76	40.810	7.083	0.1225	0.16026	31.199	5.415	51.594	0.599	36.804	0.881	0.5	0.919482	2.146	0.0066	0.03	1.17	2.511	0.0077	1.16	2.913	97.097
4.7	2.65	5.76	31.199	5.415	0.1506	0.21939	21.423	3.718	36.804	0.411	24.291	0.937	0.5	0.931	2.312	0.0071	0.03	1.15	2.659	0.0082	1.18	3.138	104.596
4.1	2.65	5.76	21.423	3.718	0.1914	0.21787	18.819	3.266	24.291	0.361	21.183	0.989	0.5	0.916	2.400	0.0074	0.03	1.13	2.712	0.0083	1.18	3.200	106.670
3.6	2.65	5.76	18.819	3.266	0.1913	0.21780	16.529	2.869	21.183	0.317	18.505	0.992	0.5	0.916	2.407	0.0074	0.03	1.13	2.720	0.0084	1.18	3.210	106.983
3.5	2.65	5.76	16.529	2.869	0.2117	0.23504	14.891	2.584	18.505	0.286	16.614	0.995	0.5	0.921	2.428	0.0075	0.03	1.13	2.744	0.0084	1.18	3.237	107.914
3.4	2.65	5.76	14.891	2.584	0.2283	0.24918	13.645	2.368	16.614	0.262	15.189	0.996	0.5	0.925329	2.443	0.0075	0.03	1.13	2.761	0.0085	1.2	3.313	110.444
3.35	2.65	5.76	13.645	2.368	0.2455	0.26267	12.754	2.213	15.189	0.245	14.175	0.998	0.5	0.931	2.461	0.0076	0.03	1.13	2.781	0.0085	1.2	3.338	111.257
3.3	2.65	5.76	12.754	2.213	0.2587	0.27550	11.978	2.079	14.175	0.230	13.297	0.998	0.5	0.935	2.473	0.0076	0.03	1.13	2.795	0.0086	1.2	3.354	111.785
3.32	2.65	5.76	11.978	2.079	0.2772	0.29172	11.381	1.975	13.297	0.219	12.623	0.999	0.5	0.941172	2.491	0.0077	0.03	1.13	2.815	0.0087	1.205	3.392	113.050
3.34	2.65	5.76	11.381	1.975	0.2935	0.30626	10.906	1.893	12.623	0.209	12.088	0.999	0.5	0.947	2.507	0.0077	0.03	1.13	2.833	0.0087	1.205	3.414	113.788
3.36	2.65	5.76	10.906	1.893	0.3081	0.31943	10.519	1.826	12.088	0.202	11.653	0.999	0.5	0.952	2.521	0.0077	0.03	1.13	2.848	0.0088	1.205	3.432	114.414
3.38	2.65	5.76	10.519	1.826	0.3213	0.33146	10.197	1.770	11.653	0.196	11.292	0.999	0.5	0.956	2.532	0.0078	0.03	1.125	2.848	0.0088	1.205	3.432	114.405
3.4	2.65	5.76	10.197	1.770	0.3334	0.34255	9.926	1.723	11.292	0.191	10.987	0.999	0.5	0.967	2.561	0.0079	0.03	1.125	2.881	0.0089	1.205	3.472	115.735
3.41	2.65	5.76	9.926	1.723	0.3436	0.35191	9.690	1.682	10.987	0.186	10.723	1.000	0.5	0.962	2.548	0.0078	0.03	1.125	2.867	0.0088	1.205	3.454	115.146
3.39	2.65	5.76	9.690	1.682	0.3498	0.35775	9.476	1.645	10.723	0.182	10.484	1.000	0.5	0.964	2.554	0.0078	0.03	1.125	2.873	0.0088	1.205	3.462	115.391
3.38	2.65	5.76	9.476	1.645	0.3567	0.36411	9.283	1.611	10.484	0.178	10.268	1.000	0.5	0.966	2.559	0.0079	0.03	1.125	2.879	0.0088	1.205	3.469	115.636
3.37	2.65	5.76	9.283	1.611	0.3630	0.37001	9.108	1.581	10.268	0.175	10.072	1.000	0.5	0.967	2.562	0.0079	0.03	1.125	2.882	0.0089	1.205	3.473	115.760
3.36	2.65	5.76	9.108	1.581	0.3689	0.37556	8.947	1.553	10.072	0.172	9.892	1.000	0.5	0.969	2.567	0.0079	0.03	1.125	2.888	0.0089	1.205	3.480	116.003
3.35	2.65	5.76	8.947	1.553	0.3744	0.38075	8.798	1.527	9.892	0.169	9.726	1.000	0.5	0.97	2.570	0.0079	0.03	1.125	2.891	0.0089	1.205	3.484	116.125
3.34	2.65	5.76	8.798	1.527	0.3796	0.38563	8.661	1.503	9.726	0.166	9.573	1.000	0.5	0.975617	2.585	0.0079	0.03	1.125	2.908	0.0089	1.205	3.504	116.801
3.33	2.65	5.76	8.661	1.503	0.3845	0.39022	8.534	1.481	9.573	0.164	9.431	1.000	0.5	0.973	2.578	0.0079	0.03	1.125	2.900	0.0089	1.205	3.495	116.489
3.32	2.65	5.76	8.534	1.481	0.3890	0.39451	8.416	1.461	9.431	0.162	9.299	1.000	0.5	0.974	2.581	0.0079	0.03	1.125	2.903	0.0089	1.205	3.498	116.611

Tabel 2 Perhitungan analisis refraksi arah barat daya 1 (Lanjutan)

d (m)	H0 (m)	T0 (s)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L	L (m)	C (m/s)	ao	sin α1	α1	Kr	n0	Ks	H'o (m)	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb (m)	Hb/gT ²	db/Hb	db (m)	jarak dari garis pantai db/m
3.31	2.65	5.76	8.416	1.461	0.3933	0.39861	8.304	1.441	9.299	0.159	9.175	1.000	0.5	0.975	2.583	0.0079	0.03	1.125	2.906	0.0089	1.205	3.502	116.733
3.3	2.65	5.76	8.304	1.441	0.3974	0.40249	8.199	1.423	9.175	0.157	9.058	1.000	0.5	0.975401	2.584	0.0079	0.03	1.125	2.907	0.0089	1.205	3.503	116.782
3.35	2.65	5.76	8.199	1.423	0.4086	0.41316	8.108	1.407	9.058	0.156	8.957	1.000	0.5	0.978	2.591	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.21	3.527	117.582
3.34	2.65	5.76	8.108	1.407	0.4119	0.41635	8.022	1.392	8.957	0.154	8.861	1.000	0.5	0.978	2.591	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.21	3.527	117.583
3.33	2.65	5.76	8.022	1.392	0.4151	0.41940	7.940	1.378	8.861	0.152	8.770	1.000	0.5	0.979	2.594	0.0080	0.03	1.125	2.918	0.0090	1.21	3.531	117.704
3.32	2.65	5.76	7.940	1.378	0.4181	0.42230	7.862	1.364	8.770	0.151	8.682	1.000	0.5	0.98	2.597	0.0080	0.03	1.125	2.921	0.0090	1.21	3.535	117.825
3.31	2.65	5.76	7.862	1.364	0.4210	0.42505	7.787	1.351	8.682	0.150	8.600	1.000	0.5	0.98	2.597	0.0080	0.03	1.125	2.921	0.0090	1.21	3.535	117.826
3.3	2.65	5.76	7.787	1.351	0.4238	0.42771	7.715	1.339	8.600	0.148	8.520	1.000	0.5	0.980766	2.599	0.0080	0.03	1.125	2.924	0.0090	1.21	3.538	117.919
3.28	2.65	5.76	7.715	1.339	0.4251	0.42902	7.645	1.327	8.520	0.147	8.442	1.000	0.5	0.981	2.599	0.0080	0.03	1.125	2.924	0.0090	1.21	3.538	117.947
3.25	2.65	5.76	7.645	1.327	0.4251	0.42899	7.576	1.315	8.442	0.145	8.365	1.000	0.5	0.981	2.599	0.0080	0.03	1.125	2.924	0.0090	1.21	3.538	117.947
3.23	2.65	5.76	7.576	1.315	0.4263	0.43019	7.508	1.303	8.365	0.144	8.289	1.000	0.5	0.981	2.599	0.0080	0.03	1.125	2.924	0.0090	1.21	3.538	117.948
3.2	2.65	5.76	7.508	1.303	0.4262	0.43005	7.441	1.291	8.289	0.143	8.215	1.000	0.5	0.981	2.599	0.0080	0.03	1.125	2.924	0.0090	1.21	3.538	117.948
3.18	2.65	5.76	7.441	1.291	0.4274	0.43117	7.375	1.280	8.215	0.142	8.142	1.000	0.5	0.981	2.599	0.0080	0.03	1.125	2.924	0.0090	1.21	3.538	117.948
3.15	2.65	5.76	7.375	1.280	0.4271	0.43092	7.310	1.269	8.142	0.140	8.069	1.000	0.5	0.981	2.599	0.0080	0.03	1.125	2.924	0.0090	1.21	3.538	117.948
3.1	2.65	5.76	7.310	1.269	0.4241	0.42801	7.243	1.257	8.069	0.139	7.994	1.000	0.5	0.981	2.599	0.0080	0.03	1.125	2.924	0.0090	1.21	3.538	117.948
3.05	2.65	5.76	7.243	1.257	0.4211	0.42516	7.174	1.245	7.994	0.138	7.918	1.000	0.5	0.98	2.597	0.0080	0.03	1.125	2.921	0.0090	1.21	3.535	117.828
3	2.65	5.76	7.174	1.245	0.4182	0.42235	7.103	1.233	7.918	0.136	7.839	1.000	0.5	0.98	2.597	0.0080	0.03	1.125	2.921	0.0090	1.21	3.535	117.828
2.9	2.65	5.76	7.103	1.233	0.4083	0.41286	7.024	1.219	7.839	0.135	7.752	1.000	0.5	0.978	2.591	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.21	3.528	117.586
2.85	2.65	5.76	7.024	1.219	0.4057	0.41044	6.944	1.205	7.752	0.133	7.662	1.000	0.5	0.977	2.589	0.0080	0.03	1.125	2.912	0.0090	1.21	3.524	117.466
2.75	2.65	5.76	6.944	1.205	0.3960	0.40116	6.855	1.190	7.662	0.132	7.564	1.000	0.5	0.975	2.583	0.0079	0.03	1.125	2.906	0.0089	1.205	3.502	116.740
2.7	2.65	5.76	6.855	1.190	0.3939	0.39912	6.765	1.174	7.564	0.130	7.464	1.000	0.5	0.975	2.583	0.0079	0.03	1.125	2.906	0.0089	1.205	3.502	116.740
2.65	2.65	5.76	6.765	1.174	0.3917	0.39710	6.673	1.158	7.464	0.128	7.362	1.000	0.5	0.974	2.581	0.0079	0.03	1.125	2.903	0.0089	1.205	3.499	116.620
2.55	2.65	5.76	6.673	1.158	0.3821	0.38799	6.572	1.141	7.362	0.126	7.250	1.000	0.5	0.972	2.575	0.0079	0.03	1.125	2.897	0.0089	1.205	3.491	116.379
2.5	2.65	5.76	6.572	1.141	0.3804	0.38634	6.471	1.123	7.250	0.124	7.138	1.000	0.5	0.972	2.575	0.0079	0.03	1.125	2.897	0.0089	1.205	3.491	116.380
2.45	2.65	5.76	6.471	1.123	0.3786	0.38469	6.369	1.105	7.138	0.122	7.024	1.000	0.5	0.971	2.573	0.0079	0.03	1.125	2.894	0.0089	1.205	3.488	116.260
2.4	2.65	5.76	6.369	1.105	0.3768	0.38301	6.266	1.088	7.024	0.120	6.911	1.000	0.5	0.971	2.573	0.0079	0.03	1.125	2.894	0.0089	1.205	3.488	116.260
2.35	2.65	5.76	6.266	1.088	0.3750	0.38128	6.163	1.070	6.911	0.118	6.797	1.000	0.5	0.97	2.570	0.0079	0.03	1.125	2.891	0.0089	1.205	3.484	116.141
2.2	2.65	5.76	6.163	1.070	0.3569	0.36435	6.038	1.048	6.797	0.116	6.658	1.000	0.5	0.966	2.560	0.0079	0.03	1.125	2.879	0.0088	1.205	3.470	115.659
2.1	2.65	5.76	6.038	1.048	0.3478	0.35583	5.902	1.024	6.658	0.113	6.507	1.000	0.5	0.963786	2.554	0.0078	0.03	1.125	2.873	0.0088	1.205	3.462	115.393
2	2.65	5.76	5.902	1.024	0.3389	0.34759	5.754	0.999	6.507	0.110	6.343	1.000	0.5	0.961	2.546	0.0078	0.03	1.125	2.865	0.0088	1.205	3.452	115.058
1.9	2.65	5.76	5.754	0.999	0.3302	0.33960	5.595	0.971	6.343	0.107	6.167	1.000	0.5	0.958206	2.539	0.0078	0.03	1.125	2.856	0.0088	1.205	3.442	114.723
1.7	2.65	5.76	5.595	0.971	0.3039	0.31559	5.387	0.935	6.167	0.103	5.937	1.000	0.5	0.95	2.517	0.0077	0.03	1.13	2.844	0.0087	1.205	3.427	114.241
1.6	2.65	5.76	5.387	0.935	0.2970	0.30942	5.171	0.897	5.937	0.099	5.698	1.000	0.5	0.948	2.512	0.0077	0.03	1.13	2.838	0.0087	1.205	3.420	114.000
1.5	2.65	5.76	5.171	0.897	0.2901	0.30321	4.947	0.859	5.698	0.095	5.451	1.000	0.5	0.946	2.506	0.0077	0.03	1.13	2.832	0.0087	1.205	3.413	113.760

Tabel 3 Perhitungan analisis refraksi arah barat daya 2

d (m)	H0 (m)	T0 (s)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L	L (m)	C (m/s)	ao	sin α1	α1	Kr	n0	Ks	H'o (m)	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb (m)	Hb/gT ²	db/Hb	db (m)	jarak dari garis pantai db/m
32	2.65	5.76	51.793	8.989	0.6178	0.61836	51.750	8.981	83	0.992	82.616	0.974	0.5	0.997	2.573	0.0079	0.03	1.125	2.894	0.0089	1.205	3.488	116.257
31.9	2.65	5.76	51.750	8.981	0.6164	0.61696	51.705	8.973	82.616	0.991	82.244	0.976	0.5	0.997	2.578	0.0079	0.03	1.125	2.901	0.0089	1.205	3.495	116.510
32.5	2.65	5.76	51.705	8.973	0.6286	0.62903	51.667	8.967	82.244	0.990	81.938	0.981	0.5	0.997857	2.594	0.0080	0.03	1.125	2.918	0.0090	1.2	3.502	116.725
31.8	2.65	5.76	51.667	8.967	0.6155	0.61602	51.622	8.959	81.938	0.989	81.593	0.979	0.5	0.997	2.588	0.0080	0.03	1.125	2.911	0.0089	1.205	3.508	116.927
31.2	2.65	5.76	51.622	8.959	0.6044	0.60500	51.570	8.950	81.593	0.988	81.214	0.978	0.5	0.997	2.585	0.0079	0.03	1.125	2.908	0.0089	1.205	3.504	116.808
31.1	2.65	5.76	51.570	8.950	0.6031	0.60367	51.518	8.941	81.214	0.987	80.846	0.980	0.5	0.997	2.589	0.0080	0.03	1.125	2.912	0.0090	1.2	3.495	116.498
30.9	2.65	5.76	51.518	8.941	0.5998	0.60042	51.464	8.932	80.846	0.986	80.479	0.981	0.5	0.997	2.591	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.2	3.498	116.598
28.5	2.65	5.76	51.464	8.932	0.5538	0.55483	51.367	8.915	80.479	0.984	79.858	0.969	0.5	0.994	2.553	0.0078	0.03	1.125	2.872	0.0088	1.205	3.461	115.359
26.3	2.65	5.76	51.367	8.915	0.5120	0.51361	51.206	8.887	79.858	0.981	78.900	0.956	0.5	0.992	2.514	0.0077	0.03	1.13	2.841	0.0087	1.205	3.423	114.111
19.5	2.65	5.76	51.206	8.887	0.3808	0.38676	50.418	8.750	78.900	0.966	75.060	0.864	0.5	0.972	2.226	0.0068	0.03	1.17	2.604	0.0080	1.19	3.099	103.306
8.5	2.65	5.76	50.418	8.750	0.1686	0.19880	42.757	7.420	75.060	0.819	55.022	0.671	0.5	0.913	1.622	0.0050	0.03	1.2	1.947	0.0060	1.18	2.297	76.582
8.7	2.65	5.76	42.757	7.420	0.2035	0.22805	38.149	6.621	55.022	0.731	46.977	0.917	0.5	0.919	2.232	0.0069	0.03	1.17	2.612	0.0080	1.19	3.108	103.601
15	2.65	5.76	38.149	6.621	0.3932	0.39119	38.344	6.655	46.977	0.735	47.292	1.003	0.5	0.975	2.591	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.2	3.498	116.613
10	2.65	5.76	38.344	6.655	0.2608	0.27730	36.062	6.259	47.292	0.691	43.716	0.969	0.5	0.936	2.403	0.0074	0.03	1.13	2.715	0.0083	1.18	3.204	106.797
5	2.65	5.76	36.062	6.259	0.1386	0.17382	28.766	4.992	43.716	0.551	33.453	0.931	0.5	0.915	2.257	0.0069	0.03	1.17	2.640	0.0081	1.18	3.116	103.859
4.3	2.65	5.76	28.766	4.992	0.1495	0.18287	23.514	4.081	33.453	0.451	26.783	0.967	0.5	0.913	2.339	0.0072	0.03	1.14	2.666	0.0082	1.18	3.146	104.881
4	2.65	5.76	23.514	4.081	0.1701	0.20007	19.993	3.470	26.783	0.383	22.528	0.983	0.5	0.913	2.379	0.0073	0.03	1.14	2.712	0.0083	1.18	3.200	106.654
3.45	2.65	5.76	19.993	3.470	0.1726	0.20212	17.069	2.962	22.528	0.327	19.093	0.989	0.5	0.913436	2.393	0.0074	0.03	1.14	2.728	0.0084	1.18	3.219	107.310
3.35	2.65	5.76	17.069	2.962	0.1963	0.22197	15.092	2.619	19.093	0.289	16.811	0.994	0.5	0.917	2.414	0.0074	0.03	1.14	2.752	0.0085	1.2	3.303	110.098
3.3	2.65	5.76	15.092	2.619	0.2187	0.24092	13.698	2.377	16.811	0.262	15.218	0.996	0.5	0.923	2.436	0.0075	0.03	1.13	2.753	0.0085	1.2	3.303	110.117
3.32	2.65	5.76	13.698	2.377	0.2424	0.26127	12.707	2.205	15.218	0.244	14.094	0.997	0.5	0.93	2.458	0.0076	0.03	1.13	2.778	0.0085	1.2	3.333	111.110
3.34	2.65	5.76	12.707	2.205	0.2628	0.27909	11.967	2.077	14.094	0.229	13.258	0.998	0.5	0.936842	2.478	0.0076	0.03	1.13	2.800	0.0086	1.2	3.360	112.016
3.35	2.65	5.76	11.967	2.077	0.2799	0.29417	11.388	1.976	13.258	0.218	12.606	0.999	0.5	0.942	2.493	0.0077	0.03	1.13	2.817	0.0087	1.205	3.395	113.155
3.37	2.65	5.76	11.388	1.976	0.2959	0.30845	10.926	1.896	12.606	0.209	12.086	0.999	0.5	0.947921	2.509	0.0077	0.03	1.13	2.836	0.0087	1.205	3.417	113.902
3.38	2.65	5.76	10.926	1.896	0.3094	0.32058	10.543	1.830	12.086	0.202	11.657	0.999	0.5	0.952	2.521	0.0077	0.03	1.13	2.849	0.0088	1.205	3.432	114.416
3.39	2.65	5.76	10.543	1.830	0.3215	0.33164	10.222	1.774	11.657	0.196	11.296	0.999	0.5	0.956	2.532	0.0078	0.03	1.125	2.848	0.0088	1.205	3.432	114.405
3.4	2.65	5.76	10.222	1.774	0.3326	0.34181	9.947	1.726	11.296	0.191	10.989	0.999	0.5	0.959	2.540	0.0078	0.03	1.125	2.858	0.0088	1.205	3.443	114.777
3.39	2.65	5.76	9.947	1.726	0.3408	0.34936	9.703	1.684	10.989	0.186	10.717	1.000	0.5	0.961808	2.548	0.0078	0.03	1.125	2.866	0.0088	1.205	3.454	115.121
3.38	2.65	5.76	9.703	1.684	0.3483	0.35634	9.485	1.646	10.717	0.182	10.473	1.000	0.5	0.964	2.554	0.0078	0.03	1.125	2.873	0.0088	1.205	3.462	115.390
3.37	2.65	5.76	9.485	1.646	0.3553	0.36280	9.289	1.612	10.473	0.178	10.254	1.000	0.5	0.965285	2.557	0.0079	0.03	1.125	2.877	0.0088	1.205	3.466	115.549
3.36	2.65	5.76	9.289	1.612	0.3617	0.36882	9.110	1.581	10.254	0.175	10.054	1.000	0.5	0.967	2.562	0.0079	0.03	1.125	2.882	0.0089	1.205	3.473	115.759
3.35	2.65	5.76	9.110	1.581	0.3677	0.37444	8.947	1.553	10.054	0.171	9.872	1.000	0.5	0.969	2.567	0.0079	0.03	1.125	2.888	0.0089	1.205	3.480	116.002
3.35	2.65	5.76	8.947	1.553	0.3744	0.38076	8.798	1.527	9.872	0.169	9.707	1.000	0.5	0.97	2.570	0.0079	0.03	1.125	2.891	0.0089	1.205	3.484	116.126
3.34	2.65	5.76	8.798	1.527	0.3796	0.38563	8.661	1.503	9.707	0.166	9.554	1.000	0.5	0.97162	2.574	0.0079	0.03	1.125	2.896	0.0089	1.205	3.490	116.322
3.33	2.65	5.76	8.661	1.503	0.3845	0.39022	8.534	1.481	9.554	0.164	9.412	1.000	0.5	0.973	2.578	0.0079	0.03	1.125	2.900	0.0089	1.205	3.495	116.490
3.32	2.65	5.76	8.534	1.481	0.3891	0.39456	8.414	1.460	9.412	0.161	9.279	1.000	0.5	0.974	2.581	0.0079	0.03	1.125	2.903	0.0089	1.205	3.498	116.611
3.31	2.65	5.76	8.414	1.460	0.3934	0.39865	8.303	1.441	9.279	0.159	9.155	1.000	0.5	0.975	2.583	0.0079	0.03	1.125	2.906	0.0089	1.205	3.502	116.733
3.3	2.65	5.76	8.303	1.441	0.3974	0.40254	8.198	1.423	9.155	0.157	9.039	1.000	0.5	0.975	2.583	0.0079	0.03	1.125	2.906	0.0089	1.205	3.502	116.734
3.29	2.65	5.76	8.198	1.423	0.4013	0.40622	8.099	1.406	9.039	0.155	8.929	1.000	0.5	0.976	2.586	0.0079	0.03	1.125	2.909	0.0089	1.205	3.506	116.855

Tabel 4 Perhitungan analisis refraksi arah barat daya 2 (Lanjutan)

d (m)	H0 (m)	T0 (s)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L	L (m)	C (m/s)	ao	sin α1	α1	Kr	n0	Ks	H'o (m)	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb (m)	Hb/gT ²	db/Hb	db (m)	jarak dari garis pantai db/m
3.28	2.65	5.76	8.099	1.406	0.4050	0.40973	8.005	1.389	8.929	0.153	8.825	1.000	0.5	0.977	2.589	0.0080	0.03	1.125	2.912	0.0090	1.2	3.495	116.491
3.27	2.65	5.76	8.005	1.389	0.4085	0.41306	7.917	1.374	8.825	0.152	8.726	1.000	0.5	0.978	2.591	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.2	3.498	116.611
3.26	2.65	5.76	7.917	1.374	0.4118	0.41622	7.832	1.359	8.726	0.150	8.632	1.000	0.5	0.978	2.591	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.2	3.498	116.612
3.25	2.65	5.76	7.832	1.359	0.4149	0.41925	7.752	1.345	8.632	0.149	8.543	1.000	0.5	0.979	2.594	0.0080	0.03	1.125	2.918	0.0090	1.2	3.502	116.732
3.24	2.65	5.76	7.752	1.345	0.4180	0.42217	7.675	1.332	8.543	0.147	8.457	1.000	0.5	0.98	2.597	0.0080	0.03	1.125	2.921	0.0090	1.2	3.506	116.852
3.23	2.65	5.76	7.675	1.332	0.4209	0.42492	7.601	1.319	8.457	0.146	8.376	1.000	0.5	0.98	2.597	0.0080	0.03	1.125	2.921	0.0090	1.2	3.506	116.853
3.22	2.65	5.76	7.601	1.319	0.4236	0.42756	7.531	1.307	8.376	0.144	8.298	1.000	0.5	0.980607	2.598	0.0080	0.03	1.125	2.923	0.0090	1.2	3.508	116.926
3.21	2.65	5.76	7.531	1.307	0.4262	0.43008	7.464	1.295	8.298	0.143	8.223	1.000	0.5	0.981	2.599	0.0080	0.03	1.125	2.924	0.0090	1.2	3.509	116.973
3.2	2.65	5.76	7.464	1.295	0.4287	0.43250	7.399	1.284	8.223	0.142	8.151	1.000	0.5	0.981	2.599	0.0080	0.03	1.125	2.924	0.0090	1.2	3.509	116.974
3.19	2.65	5.76	7.399	1.284	0.4311	0.43481	7.336	1.273	8.151	0.141	8.082	1.000	0.5	0.982	2.602	0.0080	0.03	1.125	2.927	0.0090	1.2	3.513	117.093
3.18	2.65	5.76	7.336	1.273	0.4335	0.43704	7.276	1.263	8.082	0.139	8.015	1.000	0.5	0.982	2.602	0.0080	0.03	1.125	2.927	0.0090	1.2	3.513	117.094
3.17	2.65	5.76	7.276	1.263	0.4357	0.43852	7.229	1.255	8.015	0.139	7.963	1.000	0.5	0.982663	2.604	0.0080	0.03	1.125	2.929	0.0090	1.2	3.515	117.175
3.16	2.65	5.76	7.229	1.255	0.4371	0.44059	7.172	1.245	7.963	0.137	7.900	1.000	0.5	0.983	2.605	0.0080	0.03	1.125	2.930	0.0090	1.2	3.516	117.214
3.15	2.65	5.76	7.172	1.245	0.4392	0.44258	7.117	1.235	7.900	0.136	7.839	1.000	0.5	0.983	2.605	0.0080	0.03	1.125	2.930	0.0090	1.2	3.516	117.214
3.14	2.65	5.76	7.117	1.235	0.4412	0.44450	7.064	1.226	7.839	0.135	7.780	1.000	0.5	0.983	2.605	0.0080	0.03	1.125	2.930	0.0090	1.2	3.516	117.214
3.13	2.65	5.76	7.064	1.226	0.4431	0.44635	7.013	1.217	7.780	0.134	7.723	1.000	0.5	0.984	2.607	0.0080	0.03	1.125	2.933	0.0090	1.2	3.520	117.334
3.12	2.65	5.76	7.013	1.217	0.4449	0.44812	6.962	1.208	7.723	0.133	7.668	1.000	0.5	0.984	2.607	0.0080	0.03	1.125	2.933	0.0090	1.2	3.520	117.334
3.11	2.65	5.76	6.962	1.208	0.4467	0.44983	6.914	1.200	7.668	0.132	7.614	1.000	0.5	0.984	2.607	0.0080	0.03	1.125	2.933	0.0090	1.2	3.520	117.335
3.1	2.65	5.76	6.914	1.200	0.4484	0.45148	6.866	1.192	7.614	0.132	7.561	1.000	0.5	0.984388	2.608	0.0080	0.03	1.125	2.935	0.0090	1.2	3.521	117.381
3.09	2.65	5.76	6.866	1.192	0.4500	0.45304	6.821	1.184	7.561	0.131	7.510	1.000	0.5	0.985	2.610	0.0080	0.03	1.125	2.936	0.0090	1.2	3.524	117.454
3	2.65	5.76	6.821	1.184	0.4398	0.44321	6.769	1.175	7.510	0.130	7.453	1.000	0.5	0.983	2.605	0.0080	0.03	1.125	2.930	0.0090	1.2	3.516	117.215
2.95	2.65	5.76	6.769	1.175	0.4358	0.43899	6.720	1.166	7.453	0.129	7.399	1.000	0.5	0.982822	2.604	0.0080	0.03	1.125	2.930	0.0090	1.2	3.516	117.194
2.9	2.65	5.76	6.720	1.166	0.4315	0.43520	6.664	1.156	7.399	0.128	7.337	1.000	0.5	0.982	2.602	0.0080	0.03	1.125	2.927	0.0090	1.2	3.513	117.095
2.8	2.65	5.76	6.664	1.156	0.4202	0.42427	6.600	1.145	7.337	0.126	7.266	1.000	0.5	0.98	2.597	0.0080	0.03	1.125	2.921	0.0090	1.2	3.506	116.856
2.75	2.65	5.76	6.600	1.145	0.4167	0.42092	6.533	1.134	7.266	0.125	7.192	1.000	0.5	0.979	2.594	0.0080	0.03	1.125	2.918	0.0090	1.2	3.502	116.736
2.7	2.65	5.76	6.533	1.134	0.4133	0.41764	6.465	1.122	7.192	0.124	7.117	1.000	0.5	0.979	2.594	0.0080	0.03	1.125	2.918	0.0090	1.2	3.502	116.736
2.6	2.65	5.76	6.465	1.122	0.4022	0.40703	6.388	1.109	7.117	0.122	7.031	1.000	0.5	0.976168	2.587	0.0079	0.03	1.125	2.910	0.0089	1.2	3.492	116.397
2.55	2.65	5.76	6.388	1.109	0.3992	0.40420	6.309	1.095	7.031	0.121	6.944	1.000	0.5	0.976	2.586	0.0079	0.03	1.125	2.909	0.0089	1.2	3.491	116.377
2.5	2.65	5.76	6.309	1.095	0.3963	0.40142	6.228	1.081	6.944	0.119	6.854	1.000	0.5	0.975	2.584	0.0079	0.03	1.125	2.906	0.0089	1.2	3.488	116.258
2.45	2.65	5.76	6.228	1.081	0.3934	0.39867	6.145	1.067	6.854	0.118	6.763	1.000	0.5	0.975	2.584	0.0079	0.03	1.125	2.906	0.0089	1.2	3.488	116.258
2.4	2.65	5.76	6.145	1.067	0.3905	0.39597	6.061	1.052	6.763	0.116	6.670	1.000	0.5	0.974	2.581	0.0079	0.03	1.125	2.903	0.0089	1.2	3.484	116.138
2.35	2.65	5.76	6.061	1.052	0.3877	0.39330	5.975	1.037	6.670	0.115	6.575	1.000	0.5	0.973	2.578	0.0079	0.03	1.125	2.900	0.0089	1.2	3.481	116.019
2.3	2.65	5.76	5.975	1.037	0.3849	0.39065	5.888	1.022	6.575	0.113	6.478	1.000	0.5	0.973	2.578	0.0079	0.03	1.125	2.900	0.0089	1.2	3.481	116.019
2.2	2.65	5.76	5.888	1.022	0.3737	0.38003	5.789	1.005	6.478	0.111	6.369	1.000	0.5	0.97	2.570	0.0079	0.03	1.125	2.892	0.0089	1.2	3.470	115.660
2	2.65	5.76	5.789	1.005	0.3455	0.35369	5.655	0.981	6.369	0.108	6.221	1.000	0.5	0.963	2.552	0.0078	0.03	1.125	2.871	0.0088	1.205	3.459	115.300
1.9	2.65	5.76	5.655	0.981	0.3360	0.34493	5.508	0.956	6.221	0.106	6.059	1.000	0.5	0.96	2.544	0.0078	0.03	1.125	2.862	0.0088	1.205	3.448	114.940
1.8	2.65	5.76	5.508	0.956	0.3268	0.33645	5.350	0.929	6.059	0.103	5.885	1.000	0.5	0.957	2.536	0.0078	0.03	1.125	2.853	0.0088	1.205	3.437	114.579
1.7	2.65	5.76	5.350	0.929	0.3178	0.32821	5.180	0.899	5.885	0.099	5.697	1.000	0.5	0.954755	2.530	0.0078	0.03	1.125	2.846	0.0087	1.205	3.429	114.310
1.6	2.65	5.76	5.180	0.899	0.3089	0.32016	4.998	0.867	5.697	0.096	5.496	1.000	0.5	0.952	2.522	0.0078	0.03	1.125	2.838	0.0087	1.205	3.419	113.979
1.5	2.65	5.76	4.998	0.867	0.3001	0.31225	4.804	0.834	5.496	0.092	5.282	1.000	0.5	0.949	2.514	0.0077	0.03	1.13	2.841	0.0087	1.205	3.424	114.125

Tabel 5 Perhitungan analisis refraksi arah selatan 1

d (m)	H0 (m)	T0 (s)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L	L (m)	C (m/s)	ao	sin α1	α1	Kr	n0	Ks	H'o (m)	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb (m)	Hb/gT ²	db/Hb	db (m)	jarak dari garis pantai db/m
32	2.65	5.76	51.793	8.989	0.6178	0.61836	51.750	8.981	29	0.484	28.973	1.000	0.5	0.997	2.642	0.0081	0.03	1.125	2.972	0.0091	1.21	3.596	119.867
31.1	2.65	5.76	51.750	8.981	0.6010	0.60159	51.696	8.972	28.973	0.484	28.940	1.000	0.5	0.997	2.642	0.0081	0.03	1.125	2.972	0.0091	1.21	3.596	119.864
28.2	2.65	5.76	51.696	8.972	0.5455	0.54661	51.590	8.954	28.940	0.483	28.876	1.000	0.5	0.994	2.633	0.0081	0.03	1.125	2.962	0.0091	1.21	3.585	119.485
24.1	2.65	5.76	51.590	8.954	0.4671	0.46970	51.310	8.905	28.876	0.480	28.704	0.999	0.5	0.987	2.613	0.0080	0.03	1.125	2.940	0.0090	1.21	3.557	118.583
7.8	2.65	5.76	51.310	8.905	0.1520	0.18499	42.166	7.318	28.704	0.395	23.247	0.977	0.5	0.913	2.364	0.0073	0.03	1.14	2.695	0.0083	1.18	3.180	105.998
6.7	2.65	5.76	42.166	7.318	0.1589	0.19072	35.129	6.097	23.247	0.329	19.198	0.986	0.5	0.913	2.386	0.0073	0.03	1.14	2.721	0.0084	1.18	3.210	107.009
5.9	2.65	5.76	35.129	6.097	0.1680	0.19827	29.758	5.164	19.198	0.279	16.173	0.992	0.5	0.915	2.404	0.0074	0.03	1.13	2.717	0.0084	1.18	3.206	106.869
5.8	2.65	5.76	29.758	5.164	0.1949	0.22083	26.264	4.558	16.173	0.246	14.232	0.995	0.5	0.917	2.419	0.0074	0.03	1.13	2.733	0.0084	1.18	3.225	107.511
5.5	2.65	5.76	26.264	4.558	0.2094	0.23307	23.598	4.095	14.232	0.221	12.761	0.997	0.5	0.92	2.431	0.0075	0.03	1.13	2.746	0.0084	1.18	3.241	108.028
5.2	2.65	5.76	23.598	4.095	0.2204	0.24236	21.455	3.724	12.761	0.201	11.586	0.998	0.5	0.923	2.441	0.0075	0.03	1.13	2.758	0.0085	1.2	3.309	110.313
5.1	2.65	5.76	21.455	3.724	0.2377	0.25723	19.826	3.441	11.586	0.186	10.695	0.998	0.5	0.928	2.455	0.0075	0.03	1.13	2.775	0.0085	1.2	3.330	110.986
4.95	2.65	5.76	19.826	3.441	0.2497	0.26759	18.498	3.210	10.695	0.173	9.971	0.999	0.5	0.939	2.485	0.0076	0.03	1.13	2.809	0.0086	1.2	3.370	112.344
4.9	2.65	5.76	18.498	3.210	0.2649	0.28088	17.445	3.028	9.971	0.163	9.398	0.999	0.5	0.937	2.481	0.0076	0.03	1.13	2.803	0.0086	1.2	3.364	112.138
4.85	2.65	5.76	17.445	3.028	0.2780	0.29247	16.583	2.878	9.398	0.155	8.930	0.999	0.5	0.942017	2.495	0.0077	0.03	1.13	2.819	0.0087	1.205	3.397	113.230
4.83	2.65	5.76	16.583	2.878	0.2913	0.30452	15.861	2.753	8.930	0.148	8.538	0.999	0.5	0.946	2.506	0.0077	0.03	1.13	2.831	0.0087	1.205	3.412	113.724
4.75	2.65	5.76	15.861	2.753	0.2995	0.31165	15.241	2.645	8.538	0.143	8.202	1.000	0.5	0.970431	2.571	0.0079	0.03	1.125	2.892	0.0089	1.205	3.485	116.156
4.7	2.65	5.76	15.241	2.645	0.3084	0.31968	14.702	2.552	8.202	0.138	7.910	1.000	0.5	0.951369	2.520	0.0077	0.03	1.13	2.848	0.0088	1.205	3.432	114.389
4.69	2.65	5.76	14.702	2.552	0.3190	0.32934	14.241	2.471	7.910	0.133	7.660	1.000	0.5	0.955	2.530	0.0078	0.03	1.125	2.846	0.0087	1.205	3.430	114.324
4.65	2.65	5.76	14.241	2.471	0.3265	0.33622	13.830	2.400	7.660	0.129	7.438	1.000	0.5	0.957	2.535	0.0078	0.03	1.125	2.852	0.0088	1.205	3.437	114.568
4.63	2.65	5.76	13.830	2.400	0.3348	0.34379	13.467	2.337	7.438	0.126	7.242	1.000	0.5	0.96	2.543	0.0078	0.03	1.125	2.861	0.0088	1.205	3.448	114.932
4.6	2.65	5.76	13.467	2.337	0.3416	0.35006	13.140	2.281	7.242	0.123	7.065	1.000	0.5	0.962	2.549	0.0078	0.03	1.125	2.867	0.0088	1.205	3.455	115.174
4.61	2.65	5.76	13.140	2.281	0.3508	0.35865	12.854	2.231	7.065	0.120	6.910	1.000	0.5	0.964	2.554	0.0079	0.03	1.125	2.873	0.0088	1.205	3.463	115.417
4.65	2.65	5.76	12.854	2.231	0.3618	0.36886	12.607	2.188	6.910	0.118	6.777	1.000	0.5	0.967	2.562	0.0079	0.03	1.125	2.882	0.0089	1.205	3.473	115.779
4.68	2.65	5.76	12.607	2.188	0.3712	0.37773	12.390	2.150	6.777	0.116	6.660	1.000	0.5	0.97	2.570	0.0079	0.03	1.125	2.891	0.0089	1.205	3.484	116.140
4.67	2.65	5.76	12.390	2.150	0.3769	0.38309	12.190	2.116	6.660	0.114	6.552	1.000	0.5	0.970927	2.573	0.0079	0.03	1.125	2.894	0.0089	1.205	3.488	116.253
4.7	2.65	5.76	12.190	2.116	0.3856	0.39124	12.013	2.085	6.552	0.112	6.456	1.000	0.5	0.973	2.578	0.0079	0.03	1.125	2.900	0.0089	1.205	3.495	116.503
4.69	2.65	5.76	12.013	2.085	0.3904	0.39585	11.848	2.056	6.456	0.111	6.367	1.000	0.5	0.974	2.581	0.0079	0.03	1.125	2.903	0.0089	1.205	3.499	116.623
4.67	2.65	5.76	11.848	2.056	0.3942	0.39941	11.692	2.029	6.367	0.109	6.283	1.000	0.5	0.947	2.509	0.0077	0.03	1.13	2.836	0.0087	1.205	3.417	113.895
4.66	2.65	5.76	11.692	2.029	0.3985	0.40358	11.547	2.004	6.283	0.108	6.205	1.000	0.5	0.976	2.586	0.0079	0.03	1.125	2.909	0.0089	1.205	3.506	116.864
4.65	2.65	5.76	11.547	2.004	0.4027	0.40755	11.410	1.980	6.205	0.107	6.131	1.000	0.5	0.976716	2.588	0.0080	0.03	1.125	2.912	0.0089	1.205	3.509	116.951
4.59	2.65	5.76	11.410	1.980	0.4023	0.40715	11.274	1.957	6.131	0.106	6.057	1.000	0.5	0.976292	2.587	0.0080	0.03	1.125	2.910	0.0089	1.205	3.507	116.900
4.58	2.65	5.76	11.274	1.957	0.4063	0.41094	11.145	1.934	6.057	0.104	5.988	1.000	0.5	0.977	2.589	0.0080	0.03	1.125	2.912	0.0090	1.21	3.524	117.471

Tabel 6 Perhitungan analisis refraksi arah selatan 1 (Lanjutan)

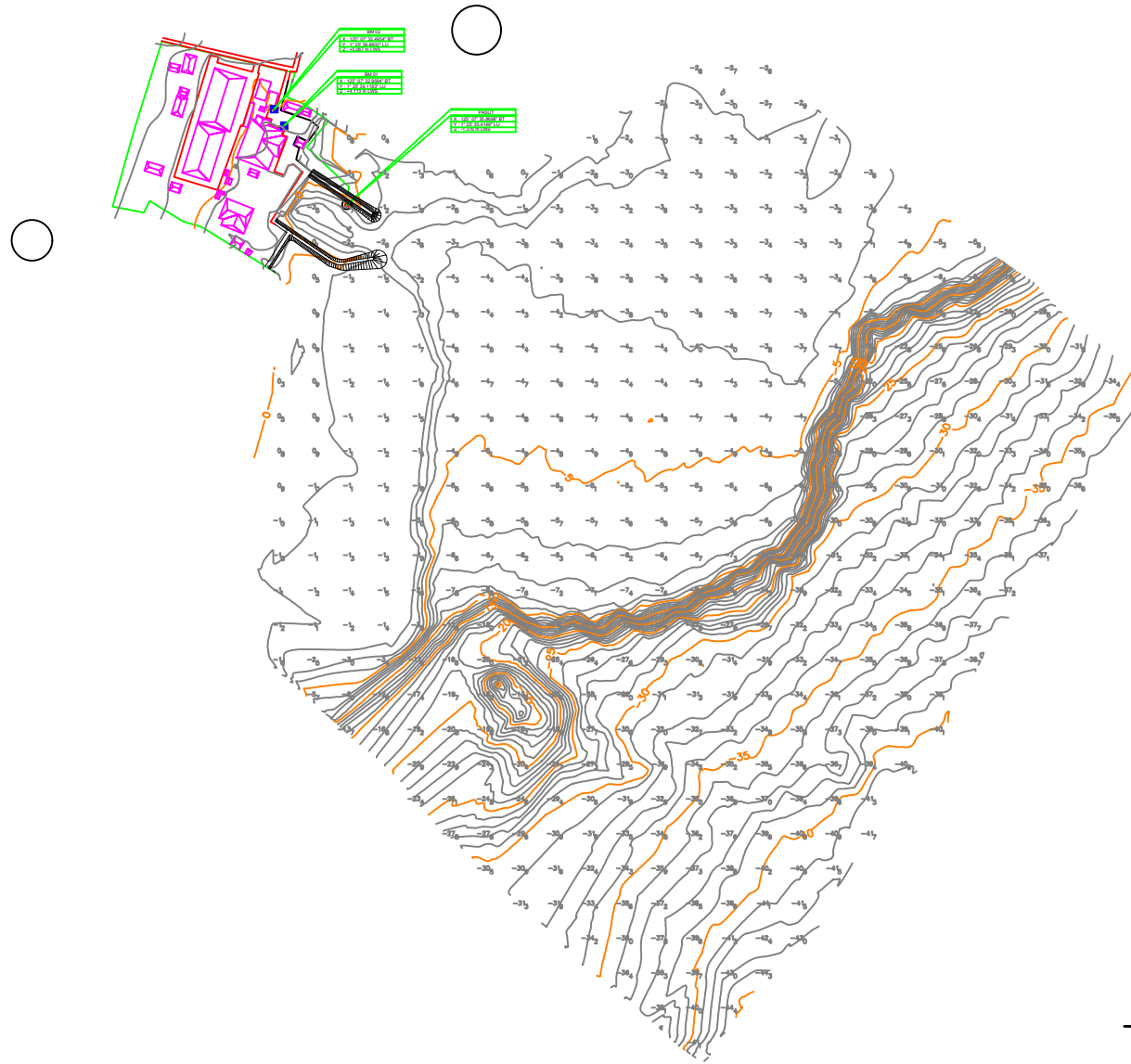
d (m)	H0 (m)	T0 (s)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L	L (m)	C (m/s)	αo	sin α1	α1	Kr	n0	Ks	H'o (m)	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb (m)	Hb/gT ²	db/Hb	db (m)	jarak dari garis pantai db/m
4.55	2.65	5.76	11.145	1.934	0.4082	0.41283	11.021	1.913	5.988	0.103	5.921	1.000	0.5	0.978	2.592	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.21	3.528	117.591
4.53	2.65	5.76	11.021	1.913	0.4110	0.41547	10.903	1.892	5.921	0.102	5.858	1.000	0.5	0.978	2.592	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.21	3.528	117.592
4	2.65	5.76	10.903	1.892	0.3669	0.37363	10.706	1.858	5.858	0.100	5.751	1.000	0.5	0.969	2.568	0.0079	0.03	1.125	2.889	0.0089	1.205	3.481	116.024
3.2	2.65	5.76	10.706	1.858	0.2989	0.31106	10.287	1.785	5.751	0.096	5.526	1.000	0.5	0.954903	2.530	0.0078	0.03	1.13	2.859	0.0088	1.205	3.445	114.833
2	2.65	5.76	10.287	1.785	0.1944	0.22042	9.074	1.575	5.526	0.085	4.872	0.999	0.5	0.917	2.429	0.0075	0.03	1.13	2.745	0.0084	1.18	3.239	107.952
1.9	2.65	5.76	9.074	1.575	0.2094	0.23306	8.152	1.415	4.872	0.076	4.376	1.000	0.5	0.919398	2.436	0.0075	0.03	1.13	2.752	0.0085	1.18	3.248	108.252
1.8	2.65	5.76	8.152	1.415	0.2208	0.24354	7.391	1.283	4.376	0.069	3.967	1.000	0.5	0.922798	2.445	0.0075	0.03	1.13	2.763	0.0085	1.18	3.260	108.662
1.65	2.65	5.76	7.391	1.283	0.2232	0.24482	6.740	1.170	3.967	0.063	3.617	1.000	0.5	0.923	2.445	0.0075	0.03	1.13	2.763	0.0085	1.18	3.261	108.692
1.5	2.65	5.76	6.740	1.170	0.2226	0.24424	6.142	1.066	3.617	0.057	3.296	1.000	0.5	0.923	2.446	0.0075	0.03	1.13	2.763	0.0085	1.18	3.261	108.696
1.49	2.65	5.76	6.142	1.066	0.2426	0.26148	5.698	0.989	3.296	0.053	3.058	1.000	0.5	0.929	2.462	0.0076	0.03	1.13	2.782	0.0085	1.18	3.282	109.408
1.46	2.65	5.76	5.698	0.989	0.2562	0.27329	5.342	0.927	3.058	0.050	2.866	1.000	0.5	0.934	2.475	0.0076	0.03	1.13	2.797	0.0086	1.2	3.356	111.865
1.43	2.65	5.76	5.342	0.927	0.2677	0.28333	5.047	0.876	2.866	0.047	2.708	1.000	0.5	0.93967	2.490	0.0077	0.03	1.13	2.814	0.0086	1.2	3.376	112.546
1.42	2.65	5.76	5.047	0.876	0.2813	0.29542	4.807	0.834	2.708	0.045	2.579	1.000	0.5	0.942	2.496	0.0077	0.03	1.13	2.821	0.0087	1.2	3.385	112.827
1.41	2.65	5.76	4.807	0.834	0.2933	0.30612	4.606	0.799	2.579	0.043	2.471	1.000	0.5	0.946	2.507	0.0077	0.03	1.13	2.833	0.0087	1.2	3.399	113.307
1.39	2.65	5.76	4.606	0.799	0.3018	0.31372	4.431	0.769	2.471	0.041	2.377	1.000	0.5	0.949	2.515	0.0077	0.03	1.13	2.842	0.0087	1.2	3.410	113.667
1.35	2.65	5.76	4.431	0.769	0.3047	0.31636	4.267	0.741	2.377	0.040	2.289	1.000	0.5	0.95	2.517	0.0077	0.03	1.13	2.845	0.0087	1.2	3.414	113.787
1.3	2.65	5.76	4.267	0.741	0.3046	0.31631	4.110	0.713	2.289	0.038	2.205	1.000	0.5	0.95	2.517	0.0077	0.03	1.13	2.845	0.0087	1.2	3.414	113.788
1.27	2.65	5.76	4.110	0.713	0.3090	0.32026	3.965	0.688	2.205	0.037	2.127	1.000	0.5	0.952	2.523	0.0078	0.03	1.125	2.838	0.0087	1.2	3.406	113.523
1.25	2.65	5.76	3.965	0.688	0.3152	0.32589	3.836	0.666	2.127	0.036	2.058	1.000	0.5	0.95422	2.529	0.0078	0.03	1.125	2.845	0.0087	1.2	3.414	113.788
1.23	2.65	5.76	3.836	0.666	0.3207	0.33025	3.724	0.646	2.058	0.035	1.998	1.000	0.5	0.955	2.531	0.0078	0.03	1.125	2.847	0.0088	1.205	3.431	114.356
1.22	2.65	5.76	3.724	0.646	0.3276	0.33717	3.618	0.628	1.998	0.034	1.941	1.000	0.5	0.957565	2.538	0.0078	0.03	1.125	2.855	0.0088	1.205	3.440	114.663
1.21	2.65	5.76	3.618	0.628	0.3344	0.34345	3.523	0.611	1.941	0.033	1.890	1.000	0.5	0.96	2.544	0.0078	0.03	1.125	2.862	0.0088	1.205	3.449	114.955
1.2	2.65	5.76	3.523	0.611	0.3406	0.34919	3.437	0.596	1.890	0.032	1.843	1.000	0.5	0.961615	2.548	0.0078	0.03	1.125	2.867	0.0088	1.205	3.454	115.149
1.19	2.65	5.76	3.437	0.596	0.3463	0.35443	3.358	0.583	1.843	0.031	1.801	1.000	0.5	0.963	2.552	0.0078	0.03	1.125	2.871	0.0088	1.205	3.459	115.315
1.18	2.65	5.76	3.358	0.583	0.3514	0.35923	3.285	0.570	1.801	0.031	1.762	1.000	0.5	0.964448	2.556	0.0079	0.03	1.125	2.875	0.0088	1.205	3.465	115.488
1.17	2.65	5.76	3.285	0.570	0.3562	0.36364	3.217	0.558	1.762	0.030	1.726	1.000	0.5	0.966	2.560	0.0079	0.03	1.125	2.880	0.0089	1.205	3.470	115.674
1.16	2.65	5.76	3.217	0.558	0.3605	0.36770	3.155	0.548	1.726	0.030	1.692	1.000	0.5	0.967	2.563	0.0079	0.03	1.125	2.883	0.0089	1.205	3.474	115.794
1.15	2.65	5.76	3.155	0.548	0.3645	0.37144	3.096	0.537	1.692	0.029	1.661	1.000	0.5	0.968	2.565	0.0079	0.03	1.125	2.886	0.0089	1.205	3.477	115.914
1.14	2.65	5.76	3.096	0.537	0.3682	0.37490	3.041	0.528	1.661	0.028	1.631	1.000	0.5	0.969	2.568	0.0079	0.03	1.125	2.889	0.0089	1.205	3.481	116.034
1.13	2.65	5.76	3.041	0.528	0.3716	0.37809	2.989	0.519	1.631	0.028	1.603	1.000	0.5	0.97	2.570	0.0079	0.03	1.125	2.892	0.0089	1.205	3.485	116.154
1.12	2.65	5.76	2.989	0.519	0.3747	0.38104	2.939	0.510	1.603	0.028	1.577	1.000	0.5	0.97	2.570	0.0079	0.03	1.125	2.892	0.0089	1.205	3.485	116.154
1.11	2.65	5.76	2.939	0.510	0.3776	0.38370	2.893	0.502	1.577	0.027	1.552	1.000	0.5	0.971	2.573	0.0079	0.03	1.125	2.895	0.0089	1.205	3.488	116.274
1.1	2.65	5.76	2.893	0.502	0.3802	0.38622	2.848	0.494	1.552	0.027	1.528	1.000	0.5	0.972	2.576	0.0079	0.03	1.125	2.898	0.0089	1.205	3.492	116.393
1.09	2.65	5.76	2.848	0.494	0.3827	0.38855	2.805	0.487	1.528	0.026	1.505	1.000	0.5	0.972	2.576	0.0079	0.03	1.125	2.898	0.0089	1.205	3.492	116.393
1.08	2.65	5.76	2.805	0.487	0.3850	0.39072	2.764	0.480	1.505	0.026	1.483	1.000	0.5	0.973	2.578	0.0079	0.03	1.125	2.901	0.0089	1.205	3.495	116.513
1.03	2.65	5.76	2.764	0.480	0.3726	0.37905	2.717	0.472	1.483	0.025	1.457	1.000	0.5	0.97	2.570	0.0079	0.03	1.125	2.892	0.0089	1.205	3.485	116.154

Tabel 7 Perhitungan analisis refraksi arah selatan 2

d (m)	H0 (m)	T0 (s)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L	L (m)	C (m/s)	ao	sin a1	a1	Kr	n0	Ks	H'0 (m)	H'0/gT ²	m	Hb/H'0	Hb (m)	Hb/gT ²	db/Hb	db (m)	jarak dari garis pantai db/m
32	2.65	5.76	51.793	8.989	0.6178	0.61836	51.750	8.981	46	0.719	45.950	1.000	0.5	0.997	2.641	0.0081	0.03	1.125	2.971	0.0091	1.21	3.595	119.829
30.5	2.65	5.76	51.750	8.981	0.5894	0.59009	51.687	8.970	45.950	0.718	45.879	0.999	0.5	0.996	2.638	0.0081	0.03	1.125	2.967	0.0091	1.21	3.591	119.686
27	2.65	5.76	51.687	8.970	0.5224	0.52382	51.545	8.946	45.879	0.716	45.716	0.999	0.5	0.992	2.625	0.0081	0.03	1.125	2.953	0.0091	1.21	3.573	119.108
23.5	2.65	5.76	51.545	8.946	0.4559	0.45878	51.223	8.890	45.716	0.711	45.350	0.997	0.5	0.985	2.602	0.0080	0.03	1.125	2.927	0.0090	1.21	3.542	118.056
6.8	2.65	5.76	51.223	8.890	0.1328	0.16888	40.265	6.988	45.350	0.559	34.002	0.921	0.5	0.916	2.235	0.0069	0.03	1.1	2.458	0.0076	1.15	2.827	94.240
5.8	2.65	5.76	40.265	6.988	0.1440	0.17829	32.531	5.646	34.002	0.452	26.860	0.964	0.5	0.914	2.335	0.0072	0.03	1.13	2.638	0.0081	1.18	3.113	103.778
5.6	2.65	5.76	32.531	5.646	0.1721	0.20177	27.755	4.817	26.860	0.385	22.673	0.983	0.5	0.914	2.382	0.0073	0.03	1.13	2.691	0.0083	1.18	3.176	105.854
5.35	2.65	5.76	27.755	4.817	0.1928	0.21902	24.427	4.239	22.673	0.339	19.832	0.990	0.5	0.91676	2.406	0.0074	0.03	1.13	2.719	0.0084	1.18	3.208	106.943
5.3	2.65	5.76	24.427	4.239	0.2170	0.23951	22.129	3.840	19.832	0.307	17.899	0.994	0.5	0.922	2.429	0.0075	0.03	1.13	2.745	0.0084	1.18	3.239	107.972
5.2	2.65	5.76	22.129	3.840	0.2350	0.25491	20.399	3.540	17.899	0.283	16.458	0.996	0.5	0.928	2.450	0.0075	0.03	1.13	2.768	0.0085	1.18	3.266	108.879
5	2.65	5.76	20.399	3.540	0.2451	0.26363	18.966	3.292	16.458	0.263	15.273	0.997	0.5	0.931	2.460	0.0076	0.03	1.13	2.780	0.0085	1.18	3.280	109.335
4.95	2.65	5.76	18.966	3.292	0.2610	0.27748	17.839	3.096	15.273	0.248	14.345	0.998	0.5	0.936	2.475	0.0076	0.03	1.13	2.797	0.0086	1.2	3.356	111.874
4.9	2.65	5.76	17.839	3.096	0.2747	0.28952	16.925	2.937	14.345	0.235	13.595	0.998	0.5	0.940677	2.489	0.0076	0.03	1.13	2.812	0.0086	1.2	3.375	112.491
4.88	2.65	5.76	16.925	2.937	0.2883	0.30166	16.177	2.808	13.595	0.225	12.984	0.999	0.5	0.945	2.501	0.0077	0.03	1.13	2.826	0.0087	1.2	3.391	113.050
4.85	2.65	5.76	16.177	2.808	0.2998	0.31194	15.548	2.698	12.984	0.216	12.470	0.999	0.5	0.949	2.512	0.0077	0.03	1.13	2.839	0.0087	1.2	3.407	113.556
4.78	2.65	5.76	15.548	2.698	0.3074	0.31884	14.992	2.602	12.470	0.208	12.018	0.999	0.5	0.95144	2.519	0.0077	0.03	1.13	2.847	0.0087	1.2	3.416	113.866
4.75	2.65	5.76	14.992	2.602	0.3168	0.32737	14.510	2.518	12.018	0.202	11.626	0.999	0.5	0.954	2.526	0.0078	0.03	1.125	2.842	0.0087	1.2	3.410	113.683
4.72	2.65	5.76	14.510	2.518	0.3253	0.33510	14.085	2.445	11.626	0.196	11.281	0.999	0.5	0.957	2.535	0.0078	0.03	1.125	2.851	0.0088	1.205	3.436	114.528
4.7	2.65	5.76	14.085	2.445	0.3337	0.34278	13.711	2.380	11.281	0.190	10.978	0.999	0.5	0.959677	2.542	0.0078	0.03	1.125	2.860	0.0088	1.205	3.446	114.858
4.69	2.65	5.76	13.711	2.380	0.3421	0.35052	13.380	2.322	10.978	0.186	10.710	1.000	0.5	0.962	2.548	0.0078	0.03	1.125	2.867	0.0088	1.205	3.454	115.145
4.67	2.65	5.76	13.380	2.322	0.3490	0.35696	13.083	2.271	10.710	0.182	10.469	1.000	0.5	0.964	2.554	0.0078	0.03	1.125	2.873	0.0088	1.205	3.462	115.391
4.65	2.65	5.76	13.083	2.271	0.3554	0.36294	12.812	2.224	10.469	0.178	10.250	1.000	0.5	0.965431	2.557	0.0079	0.03	1.125	2.877	0.0088	1.205	3.467	115.567
4.62	2.65	5.76	12.812	2.224	0.3606	0.36776	12.562	2.180	10.250	0.174	10.048	1.000	0.5	0.967	2.562	0.0079	0.03	1.125	2.882	0.0089	1.205	3.473	115.759
4.6	2.65	5.76	12.562	2.180	0.3662	0.37298	12.333	2.140	10.048	0.171	9.863	1.000	0.5	0.968171	2.565	0.0079	0.03	1.125	2.886	0.0089	1.205	3.477	115.903
4.62	2.65	5.76	12.333	2.140	0.3746	0.38091	12.129	2.105	9.863	0.168	9.698	1.000	0.5	0.97	2.570	0.0079	0.03	1.125	2.891	0.0089	1.205	3.484	116.126
4.65	2.65	5.76	12.129	2.105	0.3834	0.38919	11.948	2.074	9.698	0.166	9.552	1.000	0.5	0.97238	2.576	0.0079	0.03	1.125	2.898	0.0089	1.205	3.492	116.414
4.68	2.65	5.76	11.948	2.074	0.3917	0.39707	11.786	2.046	9.552	0.164	9.422	1.000	0.5	0.974	2.581	0.0079	0.03	1.125	2.903	0.0089	1.205	3.498	116.611
4.7	2.65	5.76	11.786	2.046	0.3988	0.40379	11.640	2.020	9.422	0.162	9.303	1.000	0.5	0.976	2.586	0.0079	0.03	1.125	2.909	0.0089	1.205	3.506	116.853
4.59	2.65	5.76	11.640	2.020	0.3943	0.39957	11.487	1.994	9.303	0.160	9.180	1.000	0.5	0.975	2.583	0.0079	0.03	1.125	2.906	0.0089	1.205	3.502	116.733
4.58	2.65	5.76	11.487	1.994	0.3987	0.40372	11.344	1.969	9.180	0.158	9.065	1.000	0.5	0.976	2.586	0.0079	0.03	1.125	2.909	0.0089	1.205	3.506	116.854
4.57	2.65	5.76	11.344	1.969	0.4028	0.40767	11.210	1.946	9.065	0.156	8.957	1.000	0.5	0.976841	2.588	0.0080	0.03	1.125	2.912	0.0089	1.205	3.509	116.956
4.55	2.65	5.76	11.210	1.946	0.4059	0.41058	11.082	1.923	8.957	0.154	8.854	1.000	0.5	0.977	2.589	0.0080	0.03	1.125	2.912	0.0090	1.205	3.509	116.976
4.48	2.65	5.76	11.082	1.923	0.4043	0.40903	10.953	1.901	8.854	0.152	8.750	1.000	0.5	0.977	2.589	0.0080	0.03	1.125	2.912	0.0090	1.205	3.509	116.976
4.47	2.65	5.76	10.953	1.901	0.4081	0.41271	10.831	1.880	8.750	0.150	8.652	1.000	0.5	0.978	2.591	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.205	3.513	117.097
4.45	2.65	5.76	10.831	1.880	0.4109	0.41534	10.714	1.859	8.652	0.149	8.558	1.000	0.5	0.978	2.591	0.0080	0.03	1.125	2.915	0.0090	1.205	3.513	117.098

Tabel 8 Perhitungan analisis refraksi arah selatan 2 (Lanjutan)

d (m)	H0 (m)	T0 (s)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L	L (m)	C (m/s)	ao	sin $\alpha 1$	$\alpha 1$	Kr	n0	Ks	H'o (m)	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb (m)	Hb/gT ²	db/Hb	db (m)	jarak dari garis pantai db/m
4.2	2.65	5.76	10.714	1.859	0.3920	0.39735	10.570	1.834	8.558	0.147	8.442	1.000	0.5	0.974	2.581	0.0079	0.03	1.125	2.903	0.0089	1.205	3.498	116.616
4	2.65	5.76	10.570	1.834	0.3784	0.38451	10.403	1.805	8.442	0.144	8.307	1.000	0.5	0.971	2.573	0.0079	0.03	1.125	2.894	0.0089	1.205	3.488	116.254
3.5	2.65	5.76	10.403	1.805	0.3364	0.34534	10.135	1.759	8.307	0.141	8.092	1.000	0.5	0.96	2.543	0.0078	0.03	1.125	2.861	0.0088	1.205	3.448	114.926
2.5	2.65	5.76	10.135	1.759	0.2467	0.26499	9.434	1.637	8.092	0.131	7.529	0.999	0.5	0.931	2.465	0.0076	0.03	1.13	2.786	0.0086	1.2	3.343	111.440
2	2.65	5.76	9.434	1.637	0.2120	0.23526	8.501	1.475	7.529	0.118	6.781	0.999	0.5	0.921	2.439	0.0075	0.03	1.13	2.756	0.0085	1.2	3.307	110.227
1.8	2.65	5.76	8.501	1.475	0.2117	0.23526	7.651	1.328	6.781	0.106	6.100	0.999	0.5	0.921	2.439	0.0075	0.03	1.13	2.756	0.0085	1.2	3.307	110.243
1.75	2.65	5.76	7.651	1.328	0.2287	0.24952	7.014	1.217	6.100	0.097	5.590	1.000	0.5	0.925725	2.452	0.0075	0.03	1.13	2.771	0.0085	1.2	3.325	110.833
1.7	2.65	5.76	7.014	1.217	0.2424	0.26128	6.507	1.129	5.590	0.090	5.185	1.000	0.5	0.93	2.464	0.0076	0.03	1.13	2.784	0.0086	1.2	3.341	111.358
1.59	2.65	5.76	6.507	1.129	0.2444	0.26299	6.046	1.049	5.185	0.084	4.817	1.000	0.5	0.930371	2.465	0.0076	0.03	1.13	2.785	0.0086	1.2	3.342	111.408
1.58	2.65	5.76	6.046	1.049	0.2613	0.27777	5.688	0.987	4.817	0.079	4.531	1.000	0.5	0.936	2.480	0.0076	0.03	1.13	2.802	0.0086	1.2	3.363	112.091
1.55	2.65	5.76	5.688	0.987	0.2725	0.28759	5.390	0.935	4.531	0.075	4.293	1.000	0.5	0.94	2.491	0.0077	0.03	1.13	2.814	0.0086	1.2	3.377	112.575
1.54	2.65	5.76	5.390	0.935	0.2857	0.29933	5.145	0.893	4.293	0.071	4.097	1.000	0.5	0.944	2.501	0.0077	0.03	1.13	2.826	0.0087	1.2	3.392	113.058
1.53	2.65	5.76	5.145	0.893	0.2974	0.30977	4.939	0.857	4.097	0.069	3.933	1.000	0.5	0.948	2.512	0.0077	0.03	1.13	2.839	0.0087	1.2	3.406	113.540
1.52	2.65	5.76	4.939	0.857	0.3077	0.31911	4.763	0.827	3.933	0.066	3.793	1.000	0.5	0.951747	2.522	0.0078	0.03	1.13	2.850	0.0088	1.205	3.434	114.466
1.51	2.65	5.76	4.763	0.827	0.3170	0.32752	4.610	0.800	3.793	0.064	3.671	1.000	0.5	0.954	2.528	0.0078	0.03	1.13	2.857	0.0088	1.205	3.442	114.738
1.5	2.65	5.76	4.610	0.800	0.3254	0.33514	4.476	0.777	3.671	0.062	3.564	1.000	0.5	0.957	2.536	0.0078	0.03	1.13	2.866	0.0088	1.205	3.453	115.100
1.4	2.65	5.76	4.476	0.777	0.3128	0.32370	4.325	0.751	3.564	0.060	3.444	1.000	0.5	0.953	2.525	0.0078	0.03	1.13	2.854	0.0088	1.205	3.439	114.619
1.3	2.65	5.76	4.325	0.751	0.3006	0.31264	4.158	0.722	3.444	0.058	3.311	1.000	0.5	0.949	2.515	0.0077	0.03	1.13	2.842	0.0087	1.2	3.410	113.663
1.29	2.65	5.76	4.158	0.722	0.3102	0.32136	4.014	0.697	3.311	0.056	3.196	1.000	0.5	0.952	2.523	0.0078	0.03	1.13	2.851	0.0088	1.205	3.435	114.499
1.28	2.65	5.76	4.014	0.697	0.3189	0.32922	3.888	0.675	3.196	0.054	3.095	1.000	0.5	0.955	2.531	0.0078	0.03	1.13	2.860	0.0088	1.205	3.446	114.861
1.27	2.65	5.76	3.888	0.675	0.3267	0.33633	3.776	0.655	3.095	0.052	3.006	1.000	0.5	0.957	2.536	0.0078	0.03	1.13	2.866	0.0088	1.205	3.453	115.102
1.26	2.65	5.76	3.776	0.655	0.3337	0.34279	3.676	0.638	3.006	0.051	2.926	1.000	0.5	0.959684	2.543	0.0078	0.03	1.13	2.874	0.0088	1.205	3.463	115.426
1.25	2.65	5.76	3.676	0.638	0.3401	0.34868	3.585	0.622	2.926	0.050	2.854	1.000	0.5	0.961069	2.547	0.0078	0.03	1.13	2.878	0.0088	1.205	3.468	115.593
1.24	2.65	5.76	3.585	0.622	0.3459	0.35407	3.502	0.608	2.854	0.049	2.788	1.000	0.5	0.963	2.552	0.0078	0.03	1.13	2.884	0.0089	1.205	3.475	115.825
1.23	2.65	5.76	3.502	0.608	0.3512	0.35901	3.426	0.595	2.788	0.048	2.727	1.000	0.5	0.964216	2.555	0.0079	0.03	1.125	2.874	0.0088	1.205	3.464	115.459
1.22	2.65	5.76	3.426	0.595	0.3561	0.36356	3.356	0.582	2.727	0.047	2.671	1.000	0.5	0.966	2.560	0.0079	0.03	1.125	2.880	0.0089	1.205	3.470	115.673
1.21	2.65	5.76	3.356	0.582	0.3606	0.36774	3.290	0.571	2.671	0.046	2.619	1.000	0.5	0.967	2.562	0.0079	0.03	1.125	2.883	0.0089	1.205	3.474	115.793
1.2	2.65	5.76	3.290	0.571	0.3647	0.37160	3.229	0.560	2.619	0.045	2.571	1.000	0.5	0.968	2.565	0.0079	0.03	1.125	2.886	0.0089	1.205	3.477	115.913
1.19	2.65	5.76	3.229	0.560	0.3685	0.37518	3.172	0.550	2.571	0.044	2.525	1.000	0.5	0.969	2.568	0.0079	0.03	1.125	2.889	0.0089	1.205	3.481	116.033
1.18	2.65	5.76	3.172	0.550	0.3720	0.37846	3.118	0.541	2.525	0.043	2.482	1.000	0.5	0.97	2.570	0.0079	0.03	1.125	2.892	0.0089	1.205	3.485	116.153
1.17	2.65	5.76	3.118	0.541	0.3753	0.38152	3.067	0.532	2.482	0.043	2.441	1.000	0.5	0.970253	2.571	0.0079	0.03	1.125	2.893	0.0089	1.205	3.485	116.183
1.16	2.65	5.76	3.067	0.532	0.3783	0.38435	3.018	0.524	2.441	0.042	2.402	1.000	0.5	0.971	2.573	0.0079	0.03	1.125	2.895	0.0089	1.205	3.488	116.273
1.15	2.65	5.76	3.018	0.524	0.3810	0.38694	2.972	0.516	2.402	0.041	2.366	1.000	0.5	0.972	2.576	0.0079	0.03	1.125	2.898	0.0089	1.205	3.492	116.392
1.14	2.65	5.76	2.972	0.516	0.3836	0.38937	2.928	0.508	2.366	0.041	2.330	1.000	0.5	0.972575	2.577	0.0079	0.03	1.125	2.899	0.0089	1.205	3.494	116.461
1.13	2.65	5.76	2.928	0.508	0.3860	0.39167	2.885	0.501	2.330	0.040	2.296	1.000	0.5	0.973	2.578	0.0079	0.03	1.125	2.901	0.0089	1.205	3.495	116.512
1.12	2.65	5.76	2.885	0.501	0.3882	0.39375	2.844	0.494	2.296	0.040	2.264	1.000	0.5	0.973204	2.579	0.0079	0.03	1.125	2.901	0.0089	1.205	3.496	116.537
1.11	2.65	5.76	2.844	0.494	0.3902	0.39713	2.795	0.485	2.264	0.039	2.225	1.000	0.5	0.974	2.581	0.0079	0.03	1.125	2.904	0.0089	1.205	3.499	116.632
1.1	2.65	5.76	2.795	0.485	0.3935	0.39882	2.758	0.479	2.225	0.038	2.195	1.000	0.5	0.975	2.584	0.0079	0.03	1.125	2.907	0.0089	1.205	3.503	116.752
1.09	2.65	5.76	2.758	0.479	0.3952	0.40039	2.722	0.472	2.195	0.038	2.167	1.000	0.5	0.975	2.584	0.0079	0.03	1.125	2.907	0.0089	1.205	3.503	116.752
1.08	2.65	5.76	2.722	0.472	0.3967	0.40184	2.688	0.466	2.167	0.037	2.139	1.000	0.5	0.975	2.584	0.0079	0.03	1.125	2.907	0.0089	1.205	3.503	116.752
1.05	2.65	5.76	2.688	0.466	0.3907	0.39610	2.651	0.460	2.139	0.037	2.110	1.000	0.5	0.974	2.581	0.0079	0.03	1.125	2.904	0.0089	1.205	3.499	116.632
1	2.65	5.76	2.651	0.460	0.3772	0.38339	2.608	0.453	2.110	0.036	2.076	1.000	0.5	0.971	2.573	0.0079	0.03	1.125	2.895	0.0089	1.205	3.488	116.273



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL,
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
 LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

LAYOUT BREAKWATER

DOSEN PEMBIMBING

1. DR. TECHN UMBORO LASMINTO, ST. MSC
2. IR. BAMBANG SARWONO, MSC

NAMA MAHASISWA

MEGA SEPTIA SARDA DEWI
 0311154000067

SKALA GAMBAR

NOMOR GAMBAR

01





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL,
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

LAYOUT BREAKWATER

DOSEN PEMBIMBING

1. DR. TECHN UMBORO LASMINTO, ST. MSC
2. IR. BAMBANG SARWONO, MSC

NAMA MAHASISWA

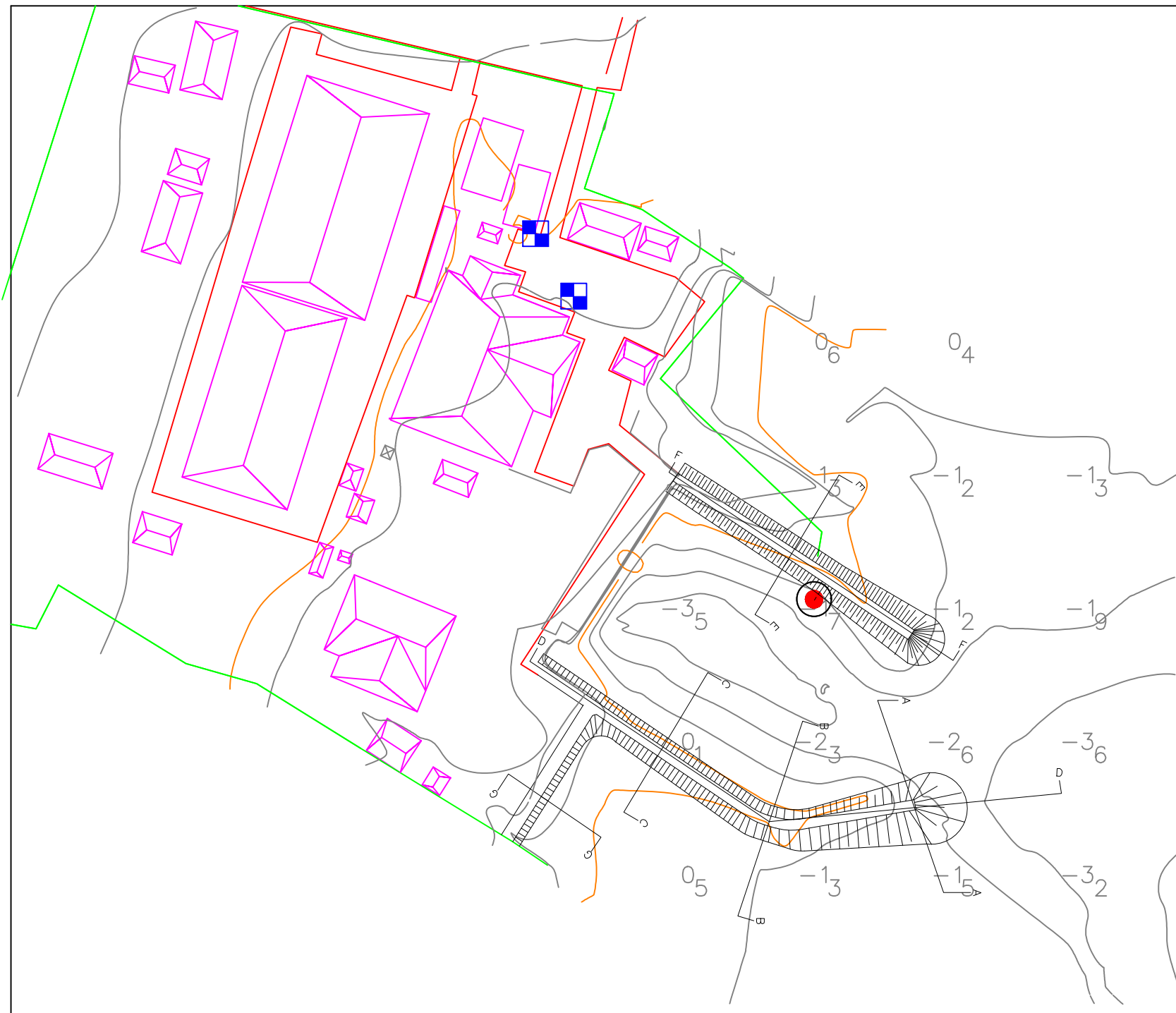
MEGA SEPTIA SARDA DEWI
0311154000067

SKALA GAMBAR

1 : 2000

NOMOR GAMBAR

02





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
BREAKWATER

DOSEN PEMBIMBING

1. DR. TECHN UMBORO LASMINTO, ST. MSC
2. IR. BAMBANG SARWONO, MSC

NAMA MAHASISWA

MEGA SEPTIA SARDA DEWI
0311154000067

SKALA GAMBAR

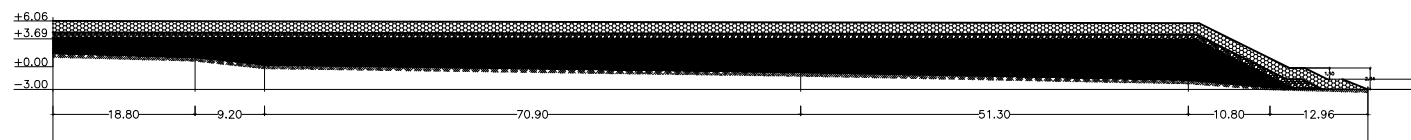
1 : 1.000


NOMOR GAMBAR

03



 POTONGAN MEMANJANG F-F
SKALA 1 : 1000



 POTONGAN MEMANJANG D-D
SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
BREAKWATER I

DOSEN PEMBIMBING

1. DR. TECHN UMBORO LASMINTO, ST. MSC
2. IR. BAMBANG SARWONO, MSC

NAMA MAHASISWA

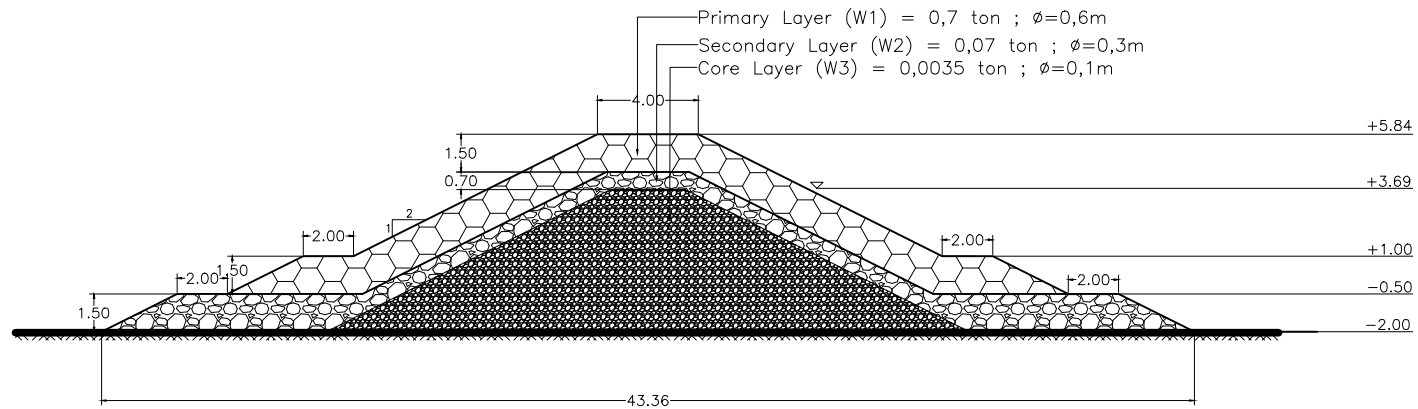
MEGA SEPTIA SARDA DEWI
03111540000067

SKALA GAMBAR

1 : 300

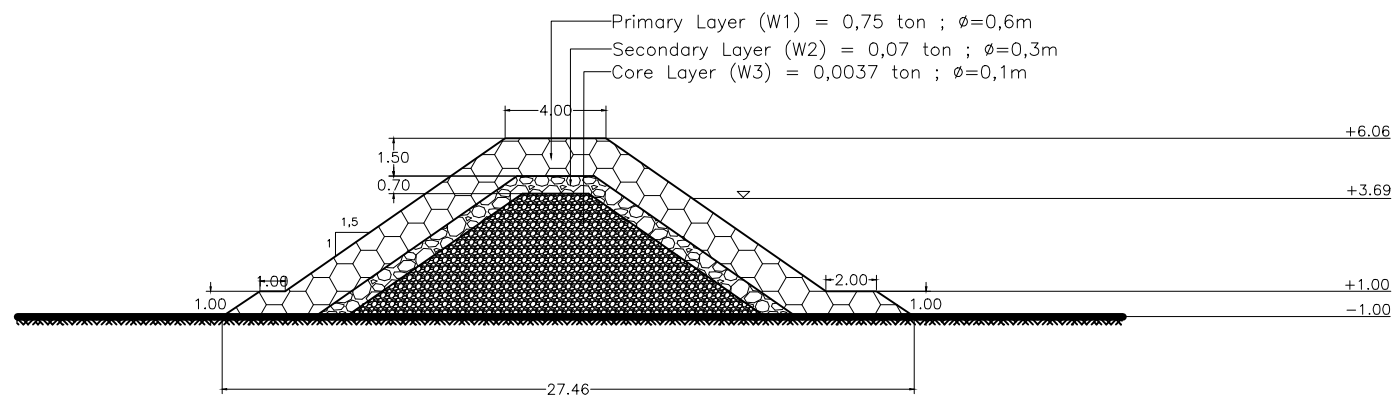
NOMOR GAMBAR

04



KEPALA BREAKWATER POTONGAN A-A

SKALA 1 : 300



LENGAN BREAKWATER POTONGAN B-B

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
BREAKWATER I

DOSEN PEMBIMBING

1. DR. TECHN UMBORO LASMINTO, ST. MSC
2. IR. BAMBANG SARWONO, MSC

NAMA MAHASISWA

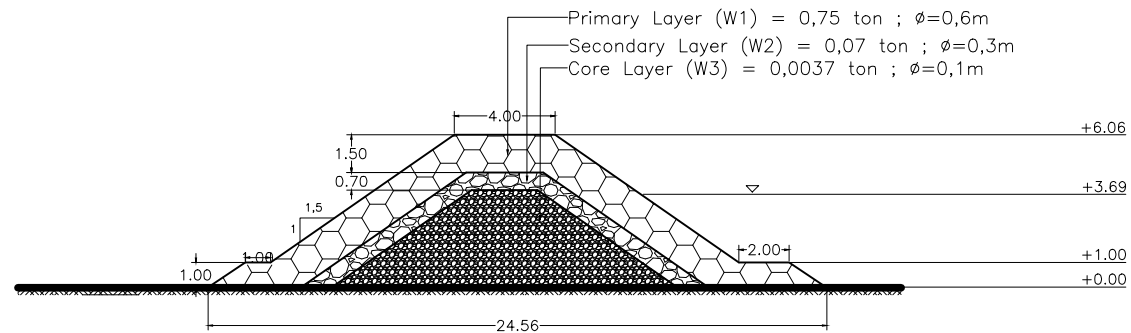
MEGA SEPTIA SARDA DEWI
0311154000067

SKALA GAMBAR

1 : 300

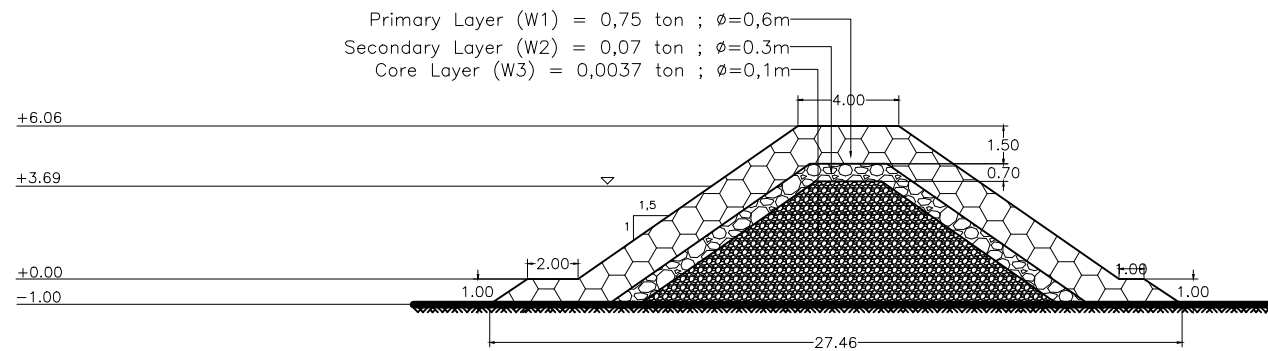
NOMOR GAMBAR

05



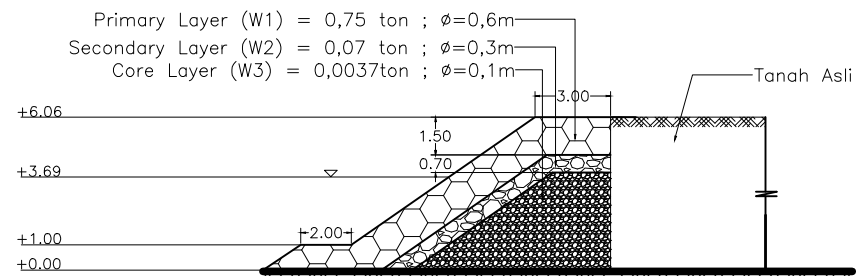
BREAKWATER POTONGAN C-C

SKALA 1 : 300



BREAKWATER POTONGAN E-E

SKALA 1 : 300



REVTMENT POTONGAN G-G

SKALA 1 : 300



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



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Bambang Sarwono, MSc
NAMA MAHASISWA	: Mega Septia Sarda Dewi
NRP	: 03111540000067
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan bangunan Breakwater dan Revetment Pelabuhan Perikanan PT. Mitra Jaya Samudera Kota Bitung
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	4/1 19	- Analisa data angin	- Hitung H refraksi, metode puncak gelombang	 4/1-2019.
2.	8/7 19	- Grafik metode Puncak Gelombang	- Gelombang pecah	 8/1-2019.
3.	24/1 19	- Jarak gelombang pecah - tinggi & kedalaman gel. pecah	- Dimensi struktur.	 24/1-2019
4.	11/3 19	Dimensi struktur, cek refraksi	Gambar struktur	 11/3-2019
5.	16/4 19	Dimensi struktur	Cek perhitungan dimensi struktur + Gambar	 16/4-2019.
6.	24/5 19	Gambar Struktur	lengkapi dan perbaiki gambar	 24/5-2019



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



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Dr.techn.Umboro Lasminto, ST.MSc
NAMA MAHASISWA	: Mega Septia Sarda Dewi
NRP	: 03111590000067
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Bangunan breakwater dan Revetment Pelabuhan Perikanan PT.Mitra Jaya Samudera Kota Bitung
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	7/1	- Gelombang rencana	- Gelombang rencana lokasi dan tingginya	
	14/1	- Gelombang Rencana - Kemiringan garis pantai	- Design struktur	
	29/1	- Tinggi gel. pecah & jarak gel. pecah dari garis pantai	- Dimensi struktur	
	7/2	- Dimensi struktur	- Gambar potongan melintang Lanjut detail dan file 3D	
	4/3 19	Lanjut Detail 3D		



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 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Dr.techn. Umboro Lasmino, ST.Msc
NAMA MAHASISWA	: MEGA SEPTIA SARDA DEWI
NRP	: 03111590000067
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Bangunan Breakwater dan Revetment Pelabuhan Perikanan PT.Mibra Jaya Samudera Kota Bitung
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
		<ul style="list-style-type: none"> - Kesin pada Megas permasalah - Gambar di lapangan yang di mentri, ketetapan, ukuran - Buat potongan memanjang dan melintang struktur 		

BIODATA PENULIS



Mega Septia Sarda Dewi, Penulis dilahirkan di Trenggalek, 23 September 1996, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kartika (Tulungagung), SDN 1 Bendosari (Tulungagung), SMP Negeri 2 (Tulungagung), SMA Negeri 1 Kedungwaru (Tulungagung). Setelah lulus dari SMA Negeri 1

Kedungwaru tahun 2015, Penulis mengikuti SNMPTN dan diterima di Departemen S1 Teknik Sipil FTLSK-ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 0311154000067. Di Departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang hidroteknik. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan dan organisasi HMS (Himpunan Mahasiswa Sipil) sebagai sekretaris departemen kesejahteraan mahasiswa pada tahun 2017/2018. Apabila ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat berkomunikasi via email : megaseptia.ms@gmail.com