



TUGAS AKHIR – RC18-1501

**PERENCANAAN ULANG BANGUNAN
PENGENDALI SEDIMEN DI MUARA KALI
RAWAAN KABUPATEN LUMAJANG**

BUNGA AYU RAMADHANI
NRP. 0311154000016

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

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

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



TUGAS AKHIR – RC18-1501

**PERENCANAAN ULANG BANGUNAN
PENGENDALI SEDIMEN DI MUARA KALI
RAWAAN KABUPATEN LUMAJANG**

BUNGA AYU RAMADHANI
NRP. 0311154000016

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

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

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



FINAL PROJECT – RC18-1501

***RE-DESIGN OF SEDIMENT CONTROL STRUCTURE
IN THE ESTUARY OF RAWAAN RIVER,
LUMAJANG REGENCY***

BUNGA AYU RAMADHANI
NRP. 0311154000016

Academic Supervisor I
Dr. Techn Umboro Lasminto, S.T., M.Sc

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

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



**PERENCANAAN ULANG BANGUNAN
PENGENDALI SEDIMEN DI MUARA KALI
RAWAAN KABUPATEN LUMAJANG**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :
BUNGA AYU RAMADHANI
NRP. 0311154000016

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1.	Dr. techn Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. (Pembimbing I)	
2.	Ir. Bambang Sarworo, M.Sc. (Pembimbing II)	



**SURABAYA
AGUSTUS 2020**

PERENCANAAN ULANG BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN DI MUARA KALI RAWAAN KABUPATEN LUMAJANG

Nama Mahasiswa : Bunga Ayu Ramadhani
NRP : 03111540000016
Departemen : Teknik Sipil FTSPK-ITS
Dosen Pembimbing: Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

ABSTRAK

Kali Rawaan merupakan salah satu sungai yang berada di Desa Sidomukti, Kecamatan Tempursari, Kabupaten Lumajang dan bermuara di Pantai Selatan. Daerah yang berada di sekitar Kali Rawaan telah menjadi daerah rawan banjir terutama pada daerah muara sungai. Terjadinya sedimentasi di daerah pantai yang menutup muara sungai menimbulkan aliran air tertahan di daerah muaranya. Sedimentasi dapat terjadi karena angkutan sedimen yang sejajar garis pantai akibat gelombang di laut selatan cukup tinggi. Sedangkan sungai tersebut masih menerima debit banjir dari hulu sungai dan ditambah dengan hujan di daerah muara sehingga menyebabkan air meluap. Hal ini menjadikan daerah sekitar muara Kali Rawaan memiliki ancaman resiko bencana yaitu dari debit banjir Kali Rawaan, gelombang pasang laut, pasang surut air laut, dan sedimentasi di muara sungai. Sehubungan dengan permasalahan di atas perlu adanya penanganan guna mengatasi luapan tersebut yaitu dengan cara membuat suatu bangunan pengendali banjir di muara Kali Rawaan tersebut yaitu bangunan jetty.

Beberapa hal yang perlu dilakukan sebelum melakukan redesign bangunan pengendali sedimen adalah studi pustaka dan studi lapangan sekaligus pengumpulan data-data yang berkaitan dengan bangunan pengendali banjir di Muara Kali Rawaan. Data-

data seperti data pasang surut, peta bathimetri dan data angin/gelombang digunakan untuk melakukan analisa garis pantai, kontur atau kedalaman laut, menentukan pasang tertinggi dan terendah, menentukan tinggi gelombang rencana dan tata letak bangunan pantai. Dari hasil yang didapat bisa direncanakan suatu bangunan pengendali banjir atau bangunan pantai di Muara Kali Rawaan.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan struktur bangunan jetty yang terdiri dari bagian kepala yang memiliki kemiringan 1:2 dan bagian lengan yang memiliki kemiringan 1:1,5. Bangunan jetty menggunakan material yaitu batu armour. Struktur jetty terdiri dari 3 layer yaitu primary layer memiliki diameter batu 1,4 m, lebar puncak 4 m, tebal lapisan 3,3 m, secondary layer memiliki diameter batu 0,7 m, tebal lapisan 1,5 m, dan core layer memiliki diameter batu 0,04 m, tebal lapisan 0,6 m.

Kata kunci : arus, sedimentasi, jetty

RE-DESIGN OF SEDIMENT CONTROL STRUCTURE IN THE ESTUARY OF RAWAAN RIVER, LUMAJANG REGENCY

Name of the Author : Bunga Ayu Ramadhani
NRP : 0311154000016
Department : Teknik Sipil FTSPK-ITS
Supervisor : Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

ABSTRACT

Rawaan River is one of the rivers in Sidomukti Village, Tempursari District, Lumajang Regency and empties into the South Coast. The area around Rawaan River has become a flood-prone area, especially in the mouth of the river. Sedimentation in the coastal area that closes the river mouth causes the flow of water to hold in the estuary area. Sedimentation can occur because sediment transport along the coastline due to waves in the southern sea is quite high. While the river still receives flood discharge from the headwaters and is added from rainwater in the estuary area, causing the water to overflow. This makes the area around the Kali Rawaan estuary have a threat of disaster risk, from the flood discharge of Kali Rawaan, tidal waves, tides, and sedimentation in river mouths. In connection with the above problems, there needs to be a handling to overcome the overflow, namely by making a flood control building in the Rawaan River estuary, namely the jetty.

Something that need to be done before redesign of sediment control structure are literature study and field study as well as collecting data relating to flood control buildings in Estuary of Rawaann River. Data such as tidal data, bathymetry maps and wind / wave data are used to analyze coastline, contour or sea depth, determine the highest and lowest tides, determine the wave height of plans and the layout of coastal structures. From the

results obtained can be planned for a flood control structure or beach structure in Estuary of Rawaan River.

Based on the results of the analysis that has been done, it is obtained that the building structure consists of a head that has a slope of 1: 2 and an arm that has a slope of 1: 1.5. Jetty structure use the material, namely armor stone. The jetty structure consists of 3 layers: the primary layer has a stone diameter of 1.4 m, a peak width of 4 m, a layer thickness of 3.3 m, a secondary layer has a stone diameter of 0.7 m, a layer thickness of 1.5 m, and the core layer has stone diameter of 0.04 m, layer thickness of 0.6 m.

Keywords : current, sedimentation, jetty

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahNya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Perencanaan Ulang Bangunan Pengendali Sedimen di Muara Kali Rawaan Kabupaten Lumajang**”. Sholawat serta salam semoga tetap tertuju pada pimpinan umat sepanjang masa Rasulullah Muhammad SAW.

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

1. Kedua orang tua sebagai penyemangat terbesar bagi saya, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materi terutama doa dan semangat.
2. Bapak Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. selaku dosen kelas Teknik Penulisan Ilmiah, Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc dan Bapak Ir. Bambang Sarwono, M.Sc selaku dosen pembimbing saya yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Serta semua pihak yang mendukung dan memberikan bantuan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

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

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat.....	4
1.6. Lokasi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Muara Sungai	7
2.1.1. Morfologi Muara Sungai	7
2.1.2. Strategi Pengelolaan Muara Sungai	9
2.2. Angin.....	10
2.3. Gelombang.....	13
2.3.1. Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif	13
2.3.2. Analisis Gelombang	14
2.3.3. Transformasi Gelombang	20
2.4. Elevasi Muka Air Laut Rencana.....	27
2.4.1. Pasang Surut	28
2.4.2. Kenaikan Muka Air Karena Gelombang (<i>Wave Set Up</i>)	31
2.4.3. Kenaikan Muka Air Karena Angin (<i>Wind Set Up</i>)	32
2.4.4. Pemanasan Global	32

2.5.	Bangunan Pengendali Sedimen	33
2.5.1.	Bangunan Jetty	33
2.6.	Prinsip Dasar Perencanaan Bangunan Jetty	35
2.6.1.	Konsep Bangunan Sisi Miring	35
2.6.2.	Stabilitas Batu Lapis Pelindung	37
2.6.3.	Elevasi Puncak Bangunan	38
2.6.4.	Dimensi Bangunan	40
BAB III	METODOLOGI	43
3.1.	Flowchart	43
3.2.	Studi Pustaka	44
3.3.	Survei Lapangan.....	44
3.4.	Pengumpulan Data	44
3.5.	Analisis Data	45
3.5.1.	Analisis Angin/Gelombang	45
3.5.2.	Analisis Pasang Surut	47
3.5.3.	Analisis Bathimetri.....	47
3.6.	Perencanaan Struktur Bangunan	47
3.7.	Hasil Perencanaan	47
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1.	Umum	49
4.2.	Data Angin	49
4.3.	Data Pasang Surut	51
4.4.	Data Bathimetri	54
4.5.	Analisis Gelombang	54
4.5.1.	Panjang fetch	54
4.5.2.	Peramalan Gelombang (Handscating)	58
4.5.3.	Periode Gelombang	64
4.6.	Analisis Refraksi.....	72
4.6.1.	Puncak Gelombang	72
4.6.2.	Perhitungan Refraksi Gelombang	74
4.7.	Gelombang Pecah	75
BAB V	ANALISIS PERHITUNGAN STRUKTUR.....	77
5.1.	Data Perencanaan.....	77
5.2.	Penentuan Dimensi Bangunan	77
3.4.1.	Penentuan Elevasi Muka Air	77

3.4.2.	Stabilitas Batu Pelindung.....	80
3.4.3.	Perhitungan Dimensi Bangunan.....	82
3.4.4.	Toe Protection.....	83
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		87
6.1.	Kesimpulan	87
6.2.	Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA.....		90
LAMPIRAN.....		91

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Muara Kali Rawaan	2
Gambar 1.2 Lokasi Kabupaten Lumajang.....	5
Gambar 1.3 Lokasi Perencanaan	5
Gambar 2.1 Hubungan antara Kecepatan Angin di Laut dan Darat	11
Gambar 2.2 Koefisien Koreksi Kecepatan terhadap Perbedaan Temperatur	12
Gambar 2.3 Contoh Penggambaran Fetch.....	15
Gambar 2.4 Diagram Alir Proses Hindcasting	16
Gambar 2.5 Refraksi Gelombang	21
Gambar 2.6 Refraksi Gelombang pada Kontur Lurus dan Sejajar	22
Gambar 2.7 Difraksi Gelombang dibelakang Rintangan	24
Gambar 2.8 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah	26
Gambar 2.9 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah	27
Gambar 2.10 Elevasi Muka Air Laut Rencana.....	28
Gambar 2.11 Tipe Pasang Surut	30
Gambar 2.12 <i>Wave Set Up</i> dan <i>Set Down</i>	31
Gambar 2.13 Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut Karena Pemanasan Global	32
Gambar 2.14 Tipe Jetty	35
Gambar 2.15 Potongan Melintang Pemecah Gelombang	36
Gambar 2.16 Run Up Gelombang	39
Gambar 2.18 Run Up dan Run Down Hasil Percobaan Irrebaren.....	40
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i>	43
Gambar 4.1 Windrose BMKG Lumajang	51
Gambar 4.2 Grafik Pasang Surut Kali Rawaan, Kabupaten Lumajang	52
Gambar 4.3 Peta Bathimetri	54
Gambar 4.4 Fetch Efektif Arah Timur	55
Gambar 4.5 Fetch Efektif Arah Tenggara	55
Gambar 4.6 Fetch Efektif Arah Selatan	56

Gambar 4.7 Fetch Efektif Arah Barat Daya	56
Gambar 4.8 Diagram Alir Hindcasting	59
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Fisfher Tippet Type 1 dan Weibull	71
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Tinggi Gelombang dengan Periode Gelombang.....	72
Gambar 4.11 Hasil Diagram Refraksi Gelombang Arah Selatan	73
Gambar 4.12 Hasil Diagram Refraksi Gelombang Arah Tenggara.....	74
Gambar 5.1 Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut	78
Gambar 5.2 Angka Stabilitas Ns untuk Fondasi dan Pelindung Kaki.....	83
Gambar 5.3 Ukuran Kaki Jetty	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi, dan Dangkal	14
Tabel 2. 2 Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar	19
Tabel 2. 3 Batas Interval Keyakinan	20
Tabel 2. 4 Koefisien Refraksi	25
Tabel 2. 5 Koefisien Stabilitas KD untuk Berbagai Jenis Butir ..	38
Tabel 2. 6 Koefisien Lapis	41
Tabel 4. 1 Frekuensi Banyaknya Kejadian Angin	50
Tabel 4. 2 Prosentase Banyaknya Kejadian Angin	50
Tabel 4. 3 Konstanta Harmonik Pengamatan	52
Tabel 4. 4 Elevasi Pasang Surut	53
Tabel 4. 5 Panjang Fetch efektif dari arah yang berpengaruh	58
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Peramalan Gelombang (Lanjutan)	60
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Peramalan Gelombang (Lanjutan)	61
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Peramalan Gelombang (Lanjutan)	62
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Peramalan Gelombang (Lanjutan)	63
Tabel 4. 10 Tinggi Gelombang H_o yang Sudah Diurutkan	64
Tabel 4. 11 Perhitungan Periode Ulang Metode Fisser Tippet Type-1	65
Tabel 4. 12 Tinggi Gelombang dengan Periode Ulang Metode Fisser Tippet Type-1	66
Tabel 4. 13 Koefisien untuk menghitung deviasi standar	66
Tabel 4. 14 Perhitungan Periode Ulang Metode Weibull	68
Tabel 4. 15 Tinggi Gelombang dengan Periode Ulang Metode Weibull.....	69
Tabel 5. 1 Perhitungan Muka Air Laut Rencana	79
Tabel 5. 2 Hasil Perhitungan Run Up gelombang	80
Tabel 5. 3 Perhitungan Elevasi Puncak Bangunan Batu Kasar ...	80
Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan Berat Butir Lapis Lindung Primary Layer Batu Kasar	81
Tabel 5. 5 Hasil Perhitungan Berat Butir Lapis Lindung Secondary Layer Batu Kasar	81

Tabel 5. 6 Hasil Perhitungan Berat Butir Lapis Lindung Core Layer Batu Kasar	82
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Dimensi Struktur Jetty Batu Kasar	85

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Lumajang adalah salah satu kabupaten yang berada di wilayah selatan Pulau Jawa tepatnya di Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Lumajang memiliki batas utara yaitu Kabupaten Probolinggo, batas selatan adalah Samudra Hindia, batas timur yaitu Kabupaten Jember, dan batas barat yaitu Kabupaten Malang. Terdapat beberapa kali di Kabupaten Lumajang yang pada akhirnya bermuara di Laut Selatan, salah satunya adalah Kali Rawaan.

Kali Rawaan merupakan salah satu kali yang ada di Kabupaten Lumajang dimana Kali Rawaan mengalirkan air dari daerah hulu yang meliputi Kecamatan Pronojiwo dan Kecamatan Tempursari dan bermuara di Laut Selatan. Daerah yang berada di sekitar Kali Rawaan seringkali terjadi banjir sehingga menyebabkan kerugian bagi masyarakat pada daerah tersebut. Banjir menyebabkan lahan pertanian, sawah, tempat wisata bahkan tempat pelelangan ikan menjadi rusak karena terendam banjir. Banjir juga sampai masuk ke rumah-rumah masyarakat sehingga mengganggu kegiatan masyarakat.

Daerah di sekitar muara Kali Rawaan pada musim hujan sering terjadi luapan air yang cukup tinggi akibat terhambatnya aliran air sungai menuju laut. Hal ini disebabkan oleh adanya sedimentasi yang terjadi di muara yang terbentuk dari muara sebelah Barat Daya ke arah Timur Laut mengendap tepat di bagian muara sungai. Sedimentasi terjadi karena dipengaruhi oleh gelombang dan pasang surut air laut. Karena tertutupnya mulut muara oleh sedimentasi, air tidak bisa mengalir dengan lancar sehingga air merambat ke daerah-daerah sekitar muara.



Gambar 1.1 Kondisi Muara Kali Rawaan
(Sumber : Google Earth, 2020)

Air sungai seharusnya mengalir menuju ke arah Laut Selatan (kondisi pada no 1). Namun karena adanya sedimentasi tepat di bagian muara sungai, air sungai menjadi berbelok ke arah timur laut (kondisi no 2). Pada ujung aliran air sungai no 2, terjadi pula sedimentasi di muaranya sehingga air tidak bisa mengalir secara lancar. Hal inilah yang menyebabkan luapan air di sekitar daerah Kali Rawaan.

Untuk mengatasi banjir yang diakibatkan sedimentasi di muara direncanakan bangunan pengendali sedimen berupa bangunan jetty. Bangunan jetty dipengaruhi oleh kondisi topografi, bathimetri, gelombang dan pasang surut air laut yang nantinya akan berguna untuk mengendalikan sedimen di Kali Rawaan ini.

Selain itu, diperlukan juga suatu bangunan untuk melindungi garis pantai. Setelah dibangunnya bangunan jetty, daerah pada sekitar bangunan jetty lama-kelamaan

akan terjadi sedimentasi dan erosi yang merusak garis pantai. Oleh sebab itu, direncanakan pula bangunan yaitu groin untuk melindungi bangunan jetty dan garis Pantai Selatan Jawa.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Berapa tinggi gelombang dan elevasi pasang surut di perairan sekitar muara Kali Rawaan?
2. Berapa perubahan sudut datang gelombang, tinggi gelombang pecah dan jarak gelombang pecah terhadap garis Pantai Selatan Jawa?
3. Apa bentuk dan berapa dimensi pengendali sedimen di Pantai Selatan Jawa?
4. Berapa dimensi material penyusun bangunan sedimen di Pantai Selatan Jawa?

1.3. Tujuan

Tujuan dalam Tugas Akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Dapat menentukan tinggi gelombang dan elevasi pasang surut di perairan sekita Muara Kali Rawaan.
2. Dapat menentukan perubahan sudut datang gelombang, tinggi gelombang pecah dan jarak gelombang pecah terhadap garis Pantai Selatan Jawa.
3. Dapat merencanakan bentuk dan dimensi bangunan pengendali sedimen di Pantai Selatan Jawa.
4. Dapat merencanakan dimensi material penyusun bangunan pengendali sedimen di Pantai Selatan Jawa.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Tidak menghitung sedimentasi dari sungai dan pantai.
2. Tidak menghitung rencana anggaran biaya bangunan pengendali banjir.
3. Tidak menghitung daya dukung tanah tempat bangunan pengendali berada.
4. Tidak merencanakan metode pelaksanaan.

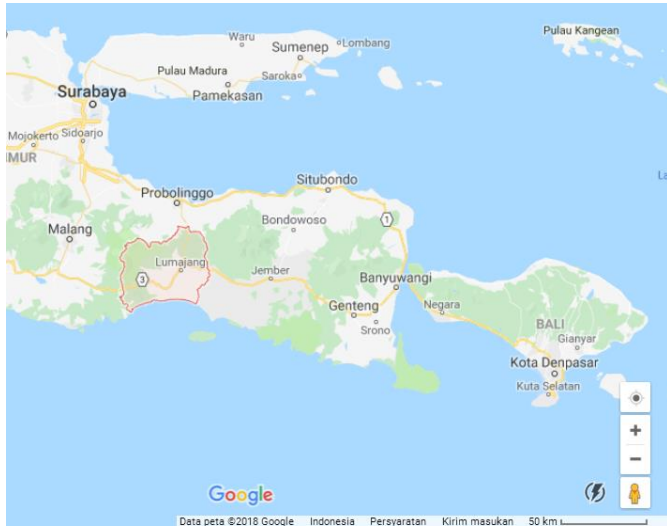
1.5. Manfaat

Manfaat bagi penulisan Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Untuk kepentingan akademis yaitu sebagai sarana pembelajaran dan referensi bagi mahasiswa dan pembaca lain.
2. Sebagai salah satu alternatif bagi instansi terkait yang digunakan sebagai metode pengendali banjir serta mengatasi terjadinya sedimentasi di muara Kali Rawaan Kabupaten Lumajang.

1.6. Lokasi

Dalam tugas ini, Kabupaten Lumajang terletak pada koordinat $112^{\circ}53'$ – $113^{\circ}23'$ Bujur Timur dan $7^{\circ}54'$ – $8^{\circ}23'$ Lintang Selatan. Lokasi perencanaan bangunan pengendali banjir terletak di Muara Kali Rawaan, Desa Sidomukti, Kecamatan Tempursari, Kabupaten Lumajang.



Gambar 1.2 Lokasi Kabupaten Lumajang
(Sumber : Google Maps, 2020)



Gambar 1.3 Lokasi Perencanaan
(Sumber : Google Earth, 2020)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Muara Sungai

Muara sungai adalah bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Di muara sungai terdapat 2 bagian yaitu mulut sungai (*river mouth*) dan estuari. Mulut sungai adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang bertemu langsung dengan laut. Sedangkan estuari adalah bagian dari sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Pengaruh pasang surut terhadap sirkulasi aliran (kecepatan, profil muka air, intrusi air air) di estuari dapat sampai jauh ke hulu sungai, yang tergantung pada tinggi pasang surut, debit sungai dan karakteristik estuari (tampang aliran, kekasaran dinding dan sebagainya).

Muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran/pembuangan debit sungai, terutama pada waktu banjir ke arah laut. Karena letaknya yang berada di ujung hilir, maka debit aliran di muara adalah lebih besar dibandingkan padaampang sungai di sebelah hulu. Selain itu muara sungai juga harus melewati debit yang ditimbulkan oleh pasang surut, yang bisa lebih besar dari debit sungai (Triatmodjo, 1999).

2.1.1. Morfologi Muara Sungai

Muara sungai dapat dibedakan menjadi 3 kelompok berdasarkan faktor dominan yang mempengaruhinya. Ketiga faktor tersebut adalah gelombang, debit sungai, dan pasang surut (Nur Yuwono dalam Triatmodjo, 1999).

a. Muara yang didominasi gelombang laut

Gelombang memberikan pengaruh paling dominan pada sungai kecil yang bermuara di laut terbuka (luas). Gelombang besar terjadi pada pantai berpasir dapat menyebabkan angkutan sedimen, baik dalam arah tegak lurus maupun sejajar pantai. Dari kedua jenis transport tersebut, transport sedimen

sepanjang pantai adalah yang paling dominan (Triatmodjo, 1999).

b. Muara yang didominasi debit sungai

Debit sungai memberikan pengaruh paling dominan pada sungai besar yang bermuara di laut tenang. Muara ini terjadi pada sungai dengan debit sepanjang tahunnya cukup besar dengan gelombang laut relatif kecil. Sungai yang membawa sedimentasi dari yang cukup besar kemudian bermuara di sungai merupakan sedimen suspensi dengan diameter partikel yang sangat kecil, yaitu dalam beberapa micron. Di alur sungai, pada saat air surut kecepatan aliran besar. Sehingga sedimen yang telah mengendap tererosi kembali. Tetapi pada bagian muara yang aliran telah menyebar, kecepatan aliran lebih kecil sehingga tidak mampu mengerosi sedimen yang telah terendap. Oleh karena itu, dalam satu siklus pasang surut jumlah sedimen yang mengendap lebih banyak daripada yang tererosi sehingga menyebabkan adanya endapan di depan mulut sungai. (Triatmodjo, 1999).

c. Muara yang didominasi pasang surut

Apabila tinggi pasang cukup besar, volume air laut yang masuk ke sungai sangat besar. Air laut akan berakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada waktu surut, volume air sangat besar mengalir keluar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Kecepatan arus selama air surut tersebut besar, cukup potensial untuk membentuk muara sungai. Muara sungai tipe ini biasanya berbentuk corong atau lonceng. Angkutan sedimen berasal dari sungai dan laut. Beberapa endapan terjadi di muara sungai.

2.1.2. Strategi Pengelolaan Muara Sungai

Permasalahan yang banyak di jumpai di muara sungai adalah pendangkalan atau penutupan mulut sungai oleh sedimen yang berasal dari laut. Permasalahan tersebut terjadi di sungai yang bermuara di laut dengan gelombang besar, terutama jika variasi debit musimannya besar. Pendangkalan tersebut menyebabkan 2 masalah pokok yaitu :

1. Ketidاكلancaran pembuangan debit banjir ke laut sehingga terjadi luapan air di daerah hulu.
2. Terganggunya kapal-kapal yang memanfaatkan mulut sungai sebagai alur pelayaran.

Untuk menanggulangi masalah tersebut, perlu dilakukan penanganan untuk menghalangi masuknya sedimen ke muara sungai. Ada dua pilihan dasar yang perlu ditinjau, yaitu apakah muara sungai harus selalu terbuka atau diperbolehkan tertutup pada waktu-waktu tertentu (Triatmodjo, 1999).

- a. Mulut sungai selalu terbuka

Supaya mulut sungai selalu terbuka diperlukan dua buah jetty panjang untuk menghindari sedimentasi di dalam alur dan pembentukan sand bar. Sedimentasi disebabkan oleh gerakan sedimen dalam arah tegak lurus pantai dan angkutan sedimen sepanjang pantai. Jetty dibuat cukup panjang menjorok ke laut sampai ujungnya berada pada kedalaman dimana tidak terjadi gerak sedimen (Triatmodjo, 1999).

- b. Mulut sungai boleh tertutup

Untuk alternatif ini ada dua pilihan yaitu mulut sungai tetap (muara sungai tidak boleh berbelok) atau boleh berpindah. Pembelokan sungai menyebabkan sungai bertambah panjang yang dapat mengurangi kemampuannya untuk melewatkan debit. Pembelokan juga dapat merusak/mengerosi daerah yang berada pada alur sungai yang berbelok. Untuk

menahan pembelokkan di muara sungai, perlu dibuat bangunan berupa jetty sedang, jetty pendek, bangunan tebing di mulut sungai, atau pengerukkan endapan secara rutin yang dilakukan dengan alat berat. Apabila muara sungai diijinkan membelok, penanganan dilakukan dengan mengeruk endapan di mulut sungai dengan alat berat atau secara gotong-royong oleh penduduk setempat (Triatmodjo, 1999).

2.2. Angin

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

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

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

temperatur di laut dan di darat berbeda. Koreksi terhadap lokasi pencatatan angin diperlukan karena biasanya angin diukur di daratan padahal pembangkitan gelombang di atas permukaan laut. Oleh karena itu, diperlukan transformasi dari data angin di atas daratan ke data angin di atas permukaan laut. Berikut langkah mengonversi data angin:

a. Koreksi terhadap ketinggian

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

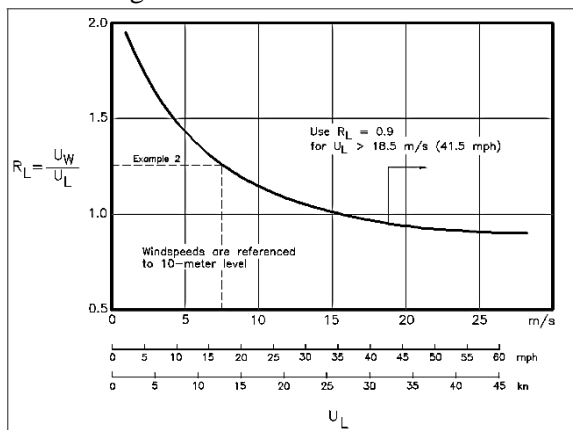
Keterangan :

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

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

z = Ketinggian pengukuran angin (m)

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



Gambar 2.1 Hubungan antara Kecepatan Angin di Laut dan Darat

(Sumber : CEM, 2008)

Berdasarkan nilai U_{10} didapatkan R_L :

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

Berdasarkan nilai R_L dan U_L didapatkan U_W .

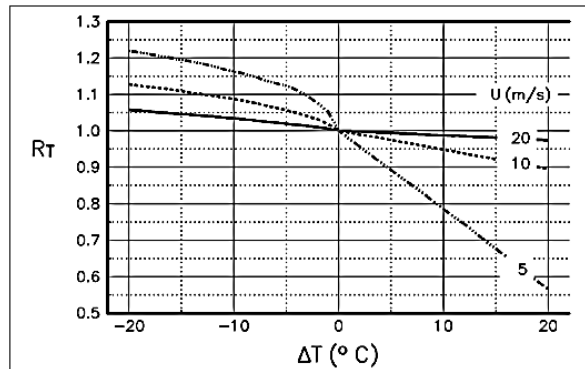
Keterangan :

R_L = Faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat

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

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

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



Gambar 2.2 Koefisien Koreksi Kecepatan terhadap Perbedaan Temperatur
(Sumber : CEM, 2008)

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

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1.23} \quad (2.3)$$

Keterangan :

U = Kecepatan angin (m/dt)

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

2.3. Gelombang

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/ grafik sinusoidal. Salah satunya gelombang laut yang disebabkan oleh angin, angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan, menyebabkan riak-riak, alun/ bukit, dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang.

Gelombang di laut dapat dibedakan tergantung pada gaya pembangkitnya. Misalnya gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, dan sebagainya. Di antara beberapa bentuk gelombang tersebut yang paling penting dalam bidang teknik pantai adalah gelombang angin (gelombang) dan pasang surut. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

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

2.3.1. Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif

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

Tabel 2.1 Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi, dan Dangkal

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

(Sumber: CEM, 2008)

2.3.2. Analisis Gelombang

Analisis gelombang digunakan untuk mendapatkan data gelombang rencana yang digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan pengaman pantai. karena data gelombang sulit didapatkan, maka untuk mendapatkan gelombang rencana perlu melakukan peramalan gelombang berdasarkan data angin dan fetch. Setelah mengolah data angin dan menghitung fetch efektif, dilakukan proses hindcasting untuk mendapatkan gelombang di laut dalam. Kemudian dilakukan peramalan gelombang periode ulang. Sehingga dapat dipilih gelombang rencana yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan pengaman pantai.

2.3.2.1. Fetch

Fetch adalah daerah pembangkitan gelombang yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut. Fetch tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. (Triatmodjo, 2008). Contoh penggambaran fetch dapat dilihat pada gambar 2.3. Rumus untuk menghitung fetch efektif sebagai berikut:

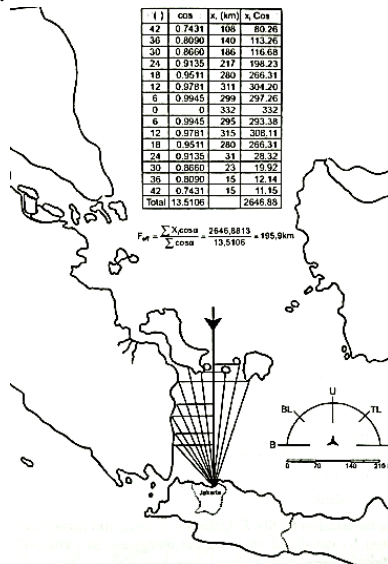
$$F_{eff} = \frac{\sum(X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i} \quad (2.4)$$

Keterangan :

F_{eff} = Fetch rerata efektif

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

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

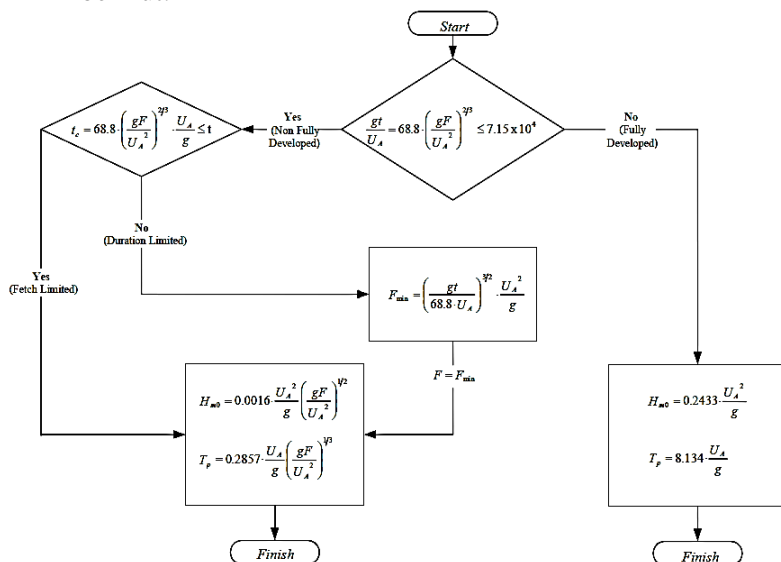


Gambar 2.3 Contoh Penggambaran Fetch
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

2.3.2.2. Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Analisis gelombang seharusnya dilakukan berdasarkan data gelombang. Akan tetapi data gelombang tidak tersedia di Indonesia, sehingga gelombang tersebut diprediksi berdasarkan data angin yang merupakan faktor utama pembentukan gelombang. Peramalan tinggi dan periode gelombang dilakukan dengan proses *hindcasting*.

Proses tersebut didasarkan pada lama hembus angin, kecepatan angin dan panjang fetch efektif yang sudah diperhitungkan sebelumnya. Metode yang digunakan dalam proses *hindcasting* mengikuti metode yang dijelaskan di dalam SPM (*Shore Protection Manual*, 1984). Bagan alir proses *hindcasting* tersebut disajikan pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Diagram Alir Proses Hindcasting
(Sumber: SPM, 1984)

Keterangan :

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

T_p = Periode puncak gelombang

t = Lama angin berhembus (detik)

F = Panjang fetch efektif (m)

U_a = Kecepatan angin yang telah dimodifikasi

Pemilihan rumus untuk peramalan tinggi dan periode gelombang harus memperhatikan kondisi lapangan, sehingga hasil dari pendekatan hitungan secara empiris bisa

logis dan sesuai dengan kondisi yang ada. Perumusan berdasarkan kondisi *Non Fully Developed* digunakan bila pantai tertutup oleh penghalang (pulau atau teluk). Sedangkan perumusan berdasarkan kondisi *Fully Developed* digunakan bila pantai berhubungan dengan laut bebas yang tidak ada penghalangnya.

2.3.2.3. Peramalan Gelombang dengan Periode Ulang

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

1. Distribusi Fisher Tippet Type I

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

2. Distribusi Weibull

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

Keterangan :

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

H =Tinggi gelombang representatif

\hat{H} =Tinggi gelombang dengan nilai tertentu

A = Parameter skala

B = Parameter lokasi

k = Parameter bentuk

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

1. Distribusi Fisher Tippet Type I

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

2. Distribusi Weibull

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

Keterangan :

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

H_{sm} = Tinggi gelombang urutan ke m

m = Nomor urut tinggi gelombang signifikan

N_T = Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

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

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

Dimana y_m untuk distribusi Fisher-Tippet tipe I :

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

Untuk distribusi Weibull :

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

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

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

Dimana y_r untuk distribusi Fisher-Tippet tipe I:

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

Untuk distribusi Weibull:

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

Keterangan :

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

$$T_r = \text{Periode ulang (tahun)}$$

$$K = \text{Panjang data (tahun)}$$

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

2.3.2.4. Interval Keyakinan

Perkiraan interval keyakinan adalah penting dalam analisis gelombang ekstrim. Hal ini mengingat bahwa biasanya periode pencatatan gelombang adalah pendek, tingkat ketidakpastian yang tinggi dalam perkiraan gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat dipengaruhi oleh penyebaran data, sehingga nilainya bergantung pada deviasi standar. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut:

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

Keterangan :

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

N = Jumlah data tinggi gelombang signifikan

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

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

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

Tabel 2.2 Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar

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

(Sumber: Triatmodjo, 1999)

Besaran absolut deviasi standar tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus:

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

Keterangan :

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

σ_{H_s} = Deviasi standar dari data gelombang signifikan

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

Tabel 2.3 Batas Interval Keyakinan

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

(Sumber: Triatmodjo, 1999)

2.3.3. Transformasi Gelombang

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

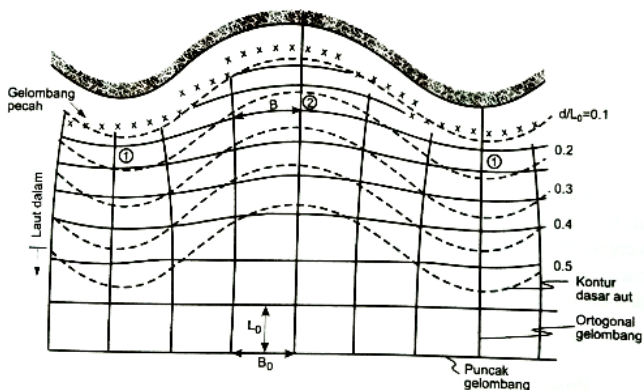
2.3.3.1. Refraksi

Kecepatan rambat gelombang tergantung pada kedalaman air dimana gelombang menjalar. Apabila cepat

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

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

Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (pengucupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai. Refraksi gelombang ditunjukkan pada gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.5 Refraksi Gelombang
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

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

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

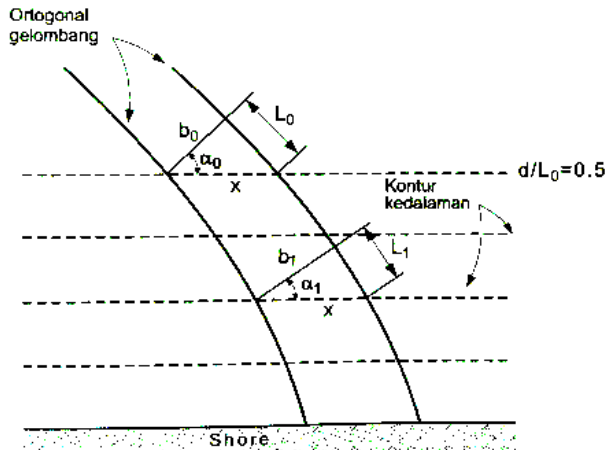
Keterangan:

α_0 = sudut antara puncak gelombang dengan kontur dasar

α = sudut yang sama diukur saat garis puncak gelombang melintasi kontur dasar

c_0 = kecepatan gelombang pada kontur pertama

c = kecepatan gelombang pada kontur kedua



Gambar 2.6 Refraksi Gelombang pada Kontur Lurus dan Sejajar

(Sumber: Triatmodjo, 1999)

Seperti terlihat dalam gambar 2.7 diatas, jarak antara orthogonal di laut dalam dan disuatu titik adalah b_0 dan b . Apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak x di titik 0 dan di titik berikutnya adalah sama sehingga:

$$x = \frac{b_0}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha} \quad (2.18)$$

Maka koefisien refraksi (K_r) adalah:

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

2.3.3.2. Pendangkalan Gelombang (*Wave Shoaling*)

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

Koefisien *Shoaling* dapat dituliskan dalam bentuk:

$$K_s = \frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 \cdot L_0}{n \cdot L}} \quad (2.20)$$

Maka tinggi gelombang pada kedalaman H_0 akibat adanya refraksi dan shoaling :

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

Keterangan:

K_s = Koefisien Shoaling

K_r = Koefisien Refraksi

H_0 = Tinggi gelombang di laut dalam

n_0 = 0,50 (di laut dalam)

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

2.3.3.3. Difraksi Gelombang

Difraksi adalah pembelokan gelombang yang menabrak ujung rintangan seperti groin, *breakwater* atau pulau, sehingga di daerah belakang rintangan menjadi tidak tenang karena timbul arus. Selain menyebabkan timbulnya arus, tinggi gelombang yang datang tersebut menjadi berkurang. Gambar 2.8 menunjukkan difraksi gelombang dibelakang rintangan. Persamaan tinggi gelombang akibat pengaruh difraksi gelombang dapat dilihat pada persamaan dibawah. Dengan K' merupakan koefisien difraksi yang

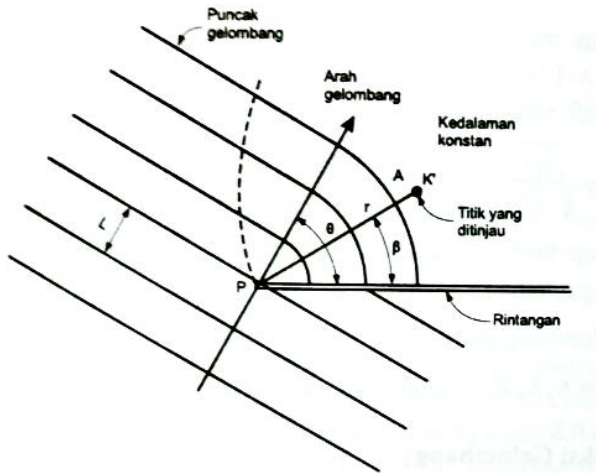
merupakan perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang. Nilai K' untuk $\theta, \beta, r/l$ tertentu dapat dilihat dalam tabel difraksi.

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

Keterangan:

H_A = Tinggi gelombang yang ditinjau

H_P = Tinggi gelombang di ujung rintangan



Gambar 2.7 Difraksi Gelombang dibelakang Rintangan
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

2.3.3.4. Refleksi Gelombang

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

kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi pada tabel 2.4. Koefisien refleksi yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dengan tinggi gelombang datang H_i :

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

Tabel 2.4 Koefisien Refraksi

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

(Sumber: Triatmodjo, 1999)

2.3.3.5. Gelombang Pecah

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

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

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

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

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

Keterangan :

H_b = tinggi gelombang pecah

H_0' = tinggi gelombang laut dalam ekivalen

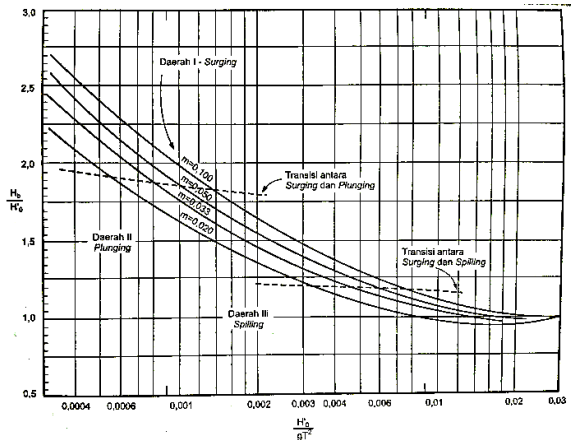
L_0 = panjang gelombang di laut dalam

d_b = kedalaman air saat gelombang pecah

m = kemiringan dasar laut

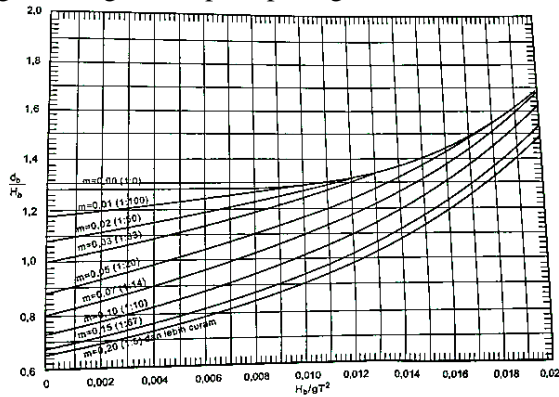
g = percepatan gravitasi
 T = periode gelombang

Penentuan tinggi gelombang pecah juga dapat menggunakan grafik seperti pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah
(Sumber: SPM, 1984)

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



Gambar 2.9 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah
(Sumber: SPM, 1984)

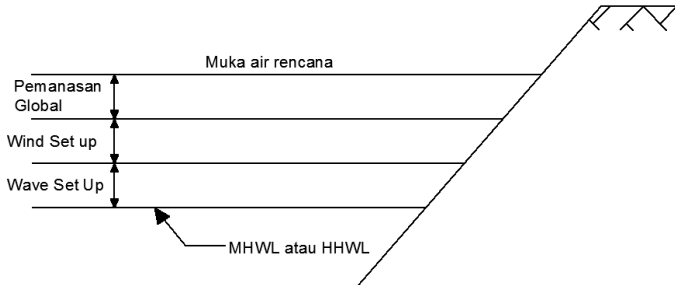
2.3.3.6. Gelombang Representatif

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

2.4. Elevasi Muka Air Laut Rencana

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter yang sangat penting di dalam perencanaan bangunan pantai. Penentuan elevasi muka air rencana yaitu dengan menjumlahkan beberapa parameter diantaranya pasang surut,

wave set-up, *wind set-up*, dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global. Tsunami tidak diperhitungkan mengingat kejadiannya sangat jarang. Apabila diperhitungkan, akan menyebabkan bangunan menjadi sangat besar. Gambar 2.11 menunjukkan contoh penentuan elevasi muka air rencana.



Gambar 2.10 Elevasi Muka Air Laut Rencana
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

2.4.1. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik menarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting di dalam perencanaan bangunan pengaman pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut (Triatmodjo, 1999).

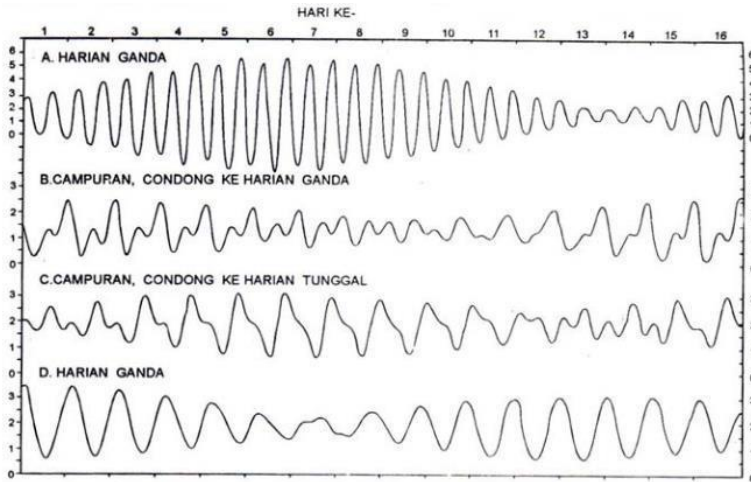
Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang bergantung pada tipe pasang surut. Periode pada mana muka air naik disebut pasang, sedangkan pada saat air turun disebut surut (Triatmodjo, 1999).

2.4.1.1. Tipe Pasang Surut

Perbedaan lokasi menyebabkan adanya perbedaan pasang surut diberbagai daerah. Ada yang mengalami satu hingga dua kali pasang surut dalam sehari. Pada umumnya pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu :

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)
Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan dan teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.
2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)
Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.
3. Pasang surut condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)
Dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)
Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Perbedaan dari keempat tipe tersebut akan ditunjukkan di Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Tipe Pasang Surut
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

2.4.1.2. Definisi Elevasi Muka Air

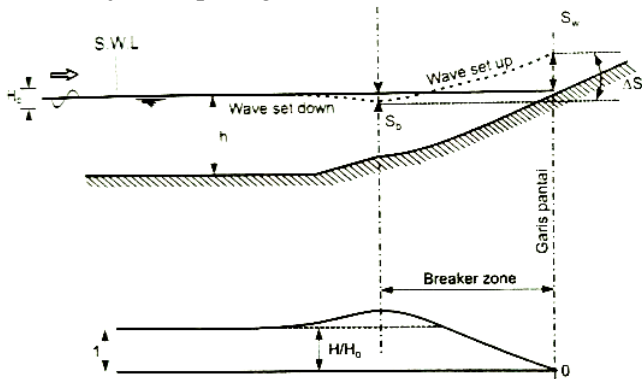
Mengingat elevasi muka air laut yang selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu bangunan pantai. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

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

5. Muka air rata-rata (*Mean Sea Level/ MSL*), yaitu muka air rata-rata antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*Highest High Water Level/ HHWL*), yaitu muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama/ bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*Lowest Low Water Level/ LLWL*), yaitu air terendah pada saat pasang surut purnama.

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

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah, akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian dari titik dimana gelombang pecah, permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai. Turunnya muka air laut dikenal dengan *wave set down*, sedangkan naiknya muka air laut disebut *wave set up* (Triatmodjo, 1999). *Wave set up* dan *wave set down* ditunjukkan pada gambar 2.12



Gambar 2.12 *Wave Set Up* dan *Set Down*
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

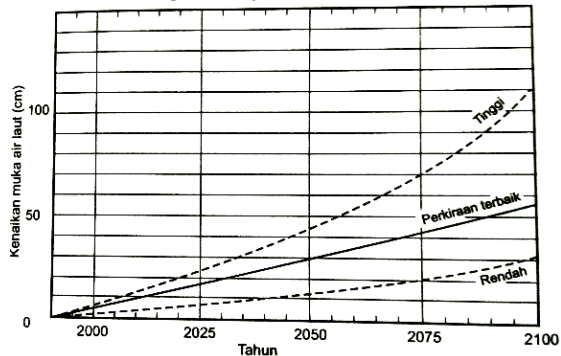
2.4.3. Kenaikan Muka Air Karena Angin (*Wind Set Up*)

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

2.4.4. Pemanasan Global

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

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



Gambar 2.13 Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut Karena Pemanasan Global
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

2.5. Bangunan Pengendali Sedimen

Bangunan pengendali sedimen berupa bangunan yang direncanakan dapat menanggulangi sedimen di daerah mulut Kali Rawaan tersebut dan bangunan untuk stabilitas sungai. Bangunan pengendali sedimen di muara kali bisa berupa bangunan jetty.

2.5.1. Bangunan Jetty

Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada satu atau kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai. Selain itu, jetty juga dapat digunakan untuk mencegah pendangkalan di muara dalam kaitannya dengan pengendalian banjir. Sungai-sungai yang bermuara pada pantai berpasir dengan gelombang besar sering mengalami penyumbatan muara oleh endapan pasir. Karena pengaruh gelombang dan angin, endapan pasir terbentuk di muara. Selama proses pengendapan tersebut biasanya disertai dengan membeloknya muara sungai dalam arah yang sama dengan arah transpor sedimen sepanjang pantai. Penanggulangan penutupan muara dibedakan atas penanggulangan untuk lalu lintas kapal (jeti panjang) dan penanggulangan penutupan mulut muara yang menyebabkan banjir (jeti pendek).

2.5.1.1. Tipe Jetty

Jetty memiliki beberapa tipe, ada tipe jetty panjang, sedang, pendek, ataupun bangunan di tebing yang dapat dilihat pada Gambar 2.14. Pemilihan tipe-tipe groin bergantung kepada kegunaan dan kebutuhan perencanaannya.

a. Jetty Panjang

Jetty panjang apabila ujungnya berada di luar gelombang pecah. Tipe ini efektif untuk menghalangi masuknya sedimen ke muara tetapi biaya konstruksi mahal

sehingga fungsinya untuk penanggulangan banjir pemakaian jetty tidak ekonomis.

b. Jetty Sedang

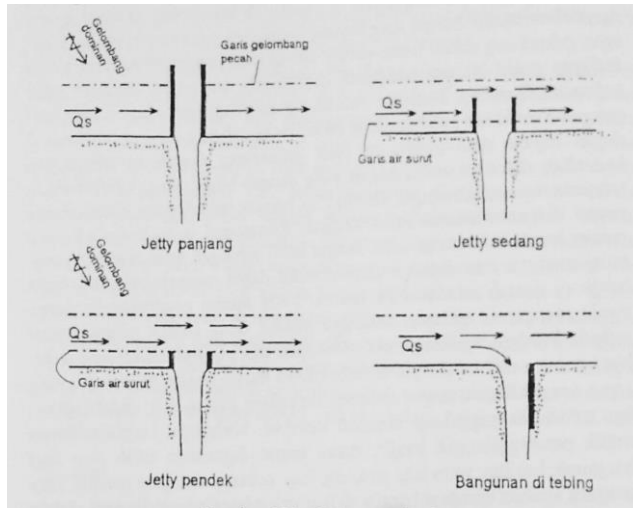
Jetty sedang dimana ujungnya berada antara muka air surut dan lokasi gelombang pecah, dapat menahan sebagian transpor sedimen sepanjang pantai. Alur di ujung jetty masih memungkinkan terjadinya endapan pasir.

c. Jetty Pendek

Pada jetty pendek, kaki ujung bangunan berada pada muka air surut. Fungsi utama bangunan ini adalah menahan berbeloknya muara sungai dan mengkonsentrasikan aliran pada alur yang telah ditetapkan untuk bisa mengerosi endapan sehingga pada awal musim penghujan dimana debit banjir belum terjadi, muara sungai telah terbuka.

d. Bangunan di Tebing

Bangunan ini ditempatkan pada kesua sisi atau hanya satu sisi tebing muara yang tidak menjorok ke laut. Bangunan ini sama sekali tidak mencegah terjadinya endapan di muara. Fungsi bangunan ini sama dengan bangunan jetty pendek, yaitu mencegahnya berbeloknya muara sungai dan mengkonsentrasikan aliran untuk mengerosi endapan.



Gambar 2.14 Tipe Jetty
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

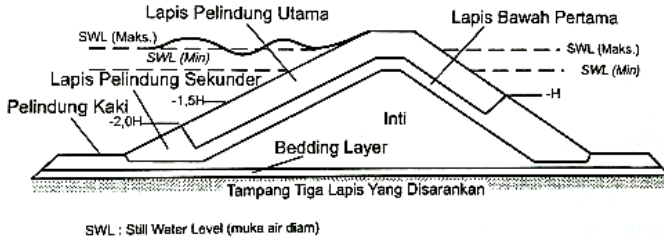
2.6. Prinsip Dasar Perencanaan Bangunan Jetty

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

2.6.1. Konsep Bangunan Sisi Miring

Pemecah gelombang sisi miring dari tumpukan batu dibuat dalam beberapa lapis seperti diberikan dalam Gambar 2.15 dalam gambar tersebut, pemecah gelombang terbuka ke arah laut pada satu sisi, sedang sisi lain berada di daerah terlindung. Sisi yang menerima serangan gelombang dibuat dengan kemiringan lebih landai untuk mendapatkan

stabilitas unit lapis pelindung yang lebih besar. Sisi terlindung dengan kemiringan yang lebih landai.



Gambar 2. 15 Potongan Melintang Pemecah Gelombang
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Pemecah gelombang terdiri dari beberapa lapis berikut ini:

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

2.6.2. Stabilitas Batu Lapis Pelindung

Bagian kepala bangunan memerlukan berat butir batu pelindung yang lebih besar daripada bagian lengan bangunan. Hal ini mengingat bahwa kepala bangunan dapat menerima serangan gelombang dari berbagai arah. Nilai K_D untuk bagian kepala bangunan lebih kecil daripada nilai K_D di lengan bangunan. Berat butir batu pelindung dihitung dengan rumus **Hudson** dan **Jackson** 1962 (SPM, 1984) berikut:

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

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

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

Tabel 2. 5 Koefisien Stabilitas KD untuk Berbagai Jenis Butir

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

(Sumber: Triatmodjo, 1999)

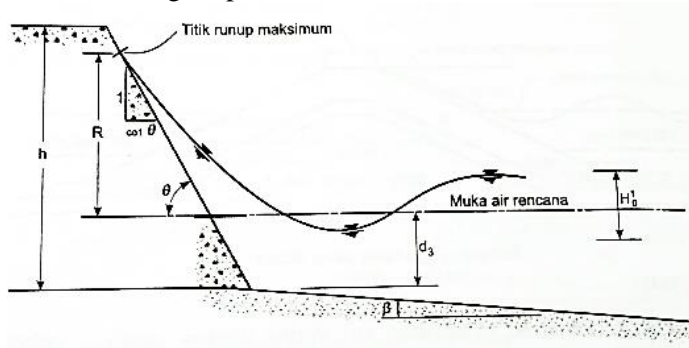
Catatan :

- N = Jumlah susunan butir batu dalam lapis pelindung
- *1 = Penggunaan n=1 tidak disarankan untuk kondisi gelombang pecah
- *2 = Sampai ada ketentuan lebih lanjut tentang nilai K_D , penggunaan K_D dibatasi pada kemiringan 1:1,5 sampai 1:3
- *3 = Batu ditempatkan dengan sumbu panjangnya tegak lurus permukaan bangunan.

2.6.3. Elevasi Puncak Bangunan

Elevasi puncak bangunan dihitung berdasarkan kenaikan (*run up*) gelombang, yang tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang. Karena banyaknya variabel yang berpengaruh, maka besarnya *run up* sangat sulit ditentukan

secara analitis. Gambar 2.16 menunjukkan *run up* gelombang yang terjadi karena gelombang membentur bangunan dengan permukaan miring, sedangkan Gambar 2.17 merupakan grafik hasil percobaan di laboratorium yang dilakukan oleh Irribaren untuk menentukan *run up* dan *run down* gelombang pada bangunan dengan permukaan miring dan dari berbagai tipe material.



Gambar 2.16 Run Up Gelombang
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

$$I_r = \frac{\text{tg } \theta}{(H/L)^{0.5}} \quad (2.30)$$

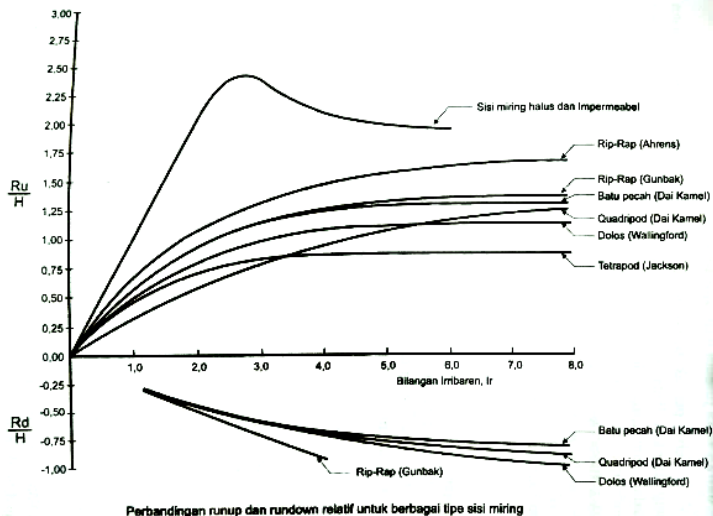
Keterangan:

I_r = Bilangan Irribaren

θ_r = Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

H = Tinggi gelombang di lokasi bangunan

L_0 = Panjang gelombang di laut



Gambar 2.17 Run Up dan Run Down Hasil Percobaan Irregular (Sumber: Triatmodjo, 1999)

Grafik tersebut juga digunakan untuk menghitung *run down* yaitu turunnya muka air laut karena gelombang pada sisi pemecah gelombang. Pada kurva tersebut mempunyai bentuk tak berdimensi untuk *run up* relatif Ru/H atau Rd/H sebagai fungsi dari bilangan Irregular, dimana Ru dan Rd adalah *run up* dan *run down* dari muka air laut rerata.

2.6.4. Dimensi Bangunan

2.6.4.1. Tebal Lapis Pelindung

Dalam perencanaan jetty dibuat dalam 3 layer, yaitu lapis pelindung, lapis lindung kedua, dan lapis inti, dengan rumus tebal lapis pelindung berikut :

$$t = n \cdot k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \quad (2.31)$$

Keterangan:

t = tebal lapis pelindung

n = jumlah butir batu

K_{Δ} = koefisien lapis

W = berat butir batu pelindung

γ_r = berat jenis batu pelindung

2.6.4.2. Lebar Puncak dan Jumlah Butir Batu

$$B = n \cdot k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \quad (2.32)$$

Keterangan :

B = lebar puncak

n = jumlah butir batu

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

w = berat butir batu pelindung

γ_r = berat jenis batu pelindung

Tabel 2.6 Koefisien Lapis

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

(Sumber: Triatmodjo, 1999)

$$N = A \cdot n \cdot k_{\Delta} \left[1 - \frac{p}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3} \quad (2.31)$$

Keterangan :

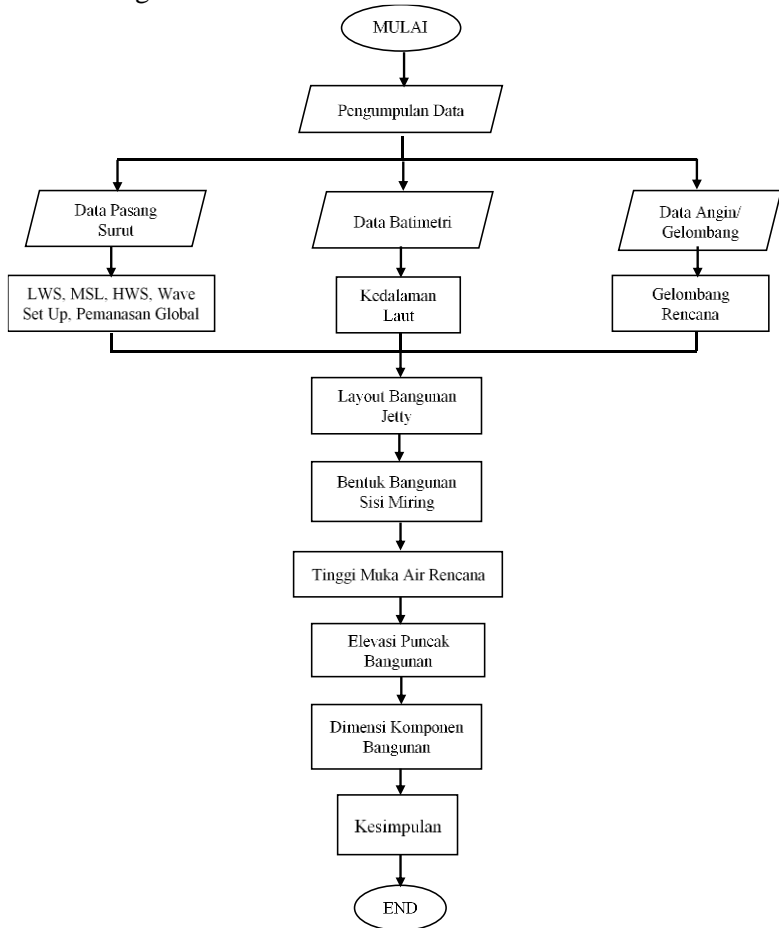
N = jumlah butir batu untuk satu satuan luas permukaan

A = luas permukaan
 n = Jumlah lapis batu dalam lapis pelindung
 K_{Δ} = Koefisien lapis batu alam kasar penempatan acak
 P = porositas rerata dari lapis pelindung (%)
 W = Berat butir batu pelindung
 γ_r = Berat jenis batu pelindung

BAB III METODOLOGI

3.1. *Flowchart*

Flowchart Perencanaan Ulang Bangunan Pengendali Sedimen di Muara Kali Rawaan, Kabupaten Lumajang sebagai berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart*

3.2. Studi Pustaka

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

- Kondisi eksisting daerah studi saat ini, yaitu Kali Rawaan, Kabupaten Lumajang
- Gelombang, meliputi analisis mengenai pembangkitan gelombang, kecepatan dan panjang gelombang, gelombang rencana, serta tinggi gelombang rencana di lokasi bangunan.
- Pengendali banjir di muara sungai, meliputi analisis mengenai bagaimana merencanakan bangunan banjir yang sesuai sehingga air sungai tidak meluap dan tidak terjadinya sedimentasi di muara sungai.

3.3. Survei Lapangan

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

3.4. Pengumpulan Data

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

1. Data angin/gelombang

Untuk peramalan gelombang diperlukan data angin. Data yang dipakai minimal data harian dalam 10 tahun, dan dalam penulisan ini diambil data angin 11 tahun terakhir. Data angin tersebut diambil dari BMKG.

Yang diperlukan dari data angin yaitu kecepatan, arah dan durasi. Kecepatan angin dinyatakan dalam satuan knot, dimana 1 knot = 0.515 meter/detik. Arah angin dinyatakan dalam 8 penjurus arah angin (Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat daya, Barat, Barat laut).

2. Data pasang surut dan topografi

Data Pasang surut diperlukan untuk menentukan HHWL, MHWS, MHWL, MSL, MLWL, MLWS, dan LLWL. Data tersebut berguna untuk menentukan elevasi puncak bangunan pengendali banjir. Data topografi dilakukan untuk mengetahui elevasi garis pantai yang digunakan untuk morfologi pantai dan sebagai pertimbangan dalam merencanakan layout bangunan pengendali banjir.

3. Data bathimetri

Data ini digunakan untuk mengetahui kedalaman laut yang nantinya digunakan untuk menghitung tinggi muka air laut rencana.

3.5. Analisis Data

Dari data yang diperoleh dilakukan analisis mengenai perencanaan ulang bangunan pengendali sedimentasi untuk mengatasi sedimentasi di mulut muara Kali Rawaan. Analisis yang dilakukan sebagai berikut:

3.5.1. Analisis Angin/Gelombang

Analisis gelombang pada laut dalam dihitung dengan menggunakan data angin. Gelombang rencana terpilih akan digunakan perencanaan ulang bangunan pengendali sedimen

dengan memperhitungkan transformasi gelombang yang terjadi. Metode yang digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana adalah metode Weibull dan Fisher Tippet Type I. Berikut detail analisis gelombang :

1. Menganalisis data angin dan fetch
Data angin yang berpengaruh dianalisis untuk menentukan fetch arah mana yang akan digunakan. Setelah dilakukan pengukuran fetch dan dianalisis, didapatkan panjang fetch efektif dari masing-masing arah.
2. Hindcasting atau peramalan gelombang
Bertujuan untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang. Penentuan tersebut didasarkan pada kondisi *fully developed* atau *non fully developed*. Jika termasuk kondisi *non fully developed* terdapat 2 kemungkinan yaitu *fetch limited* atau *duration limited*.
3. Peramalan gelombang periode ulang.
Menentukan tinggi gelombang signifikan (H_s) per tahun berdasarkan perhitungan tinggi gelombang dari hindcasting. Kemudian dilakukan proses peramalan gelombang pada periode ulang tertentu. Terdapat 2 metode yang digunakan, yaitu Metode Fisher Tippet II dan Metode Weibull. Kemudian dipilih tinggi gelombang yang akan digunakan.
4. Refraksi Gelombang
Tinggi gelombang yang dipilih tersebut merupakan gelombang di laut dalam. Oleh sebab itu, perlu dilakukan refraksi untuk mendapatkan tinggi gelombang di laut dangkal.
5. Gelombang pecah
Perhitungan gelombang pecah digunakan untuk menentukan posisi bangunan agar dapat meredam energi gelombang.

6. Difraksi Gelombang
Karena gelombang tersebut menabrak suatu rintangan maka perlu dilakukan refraksi. Sehingga didapatkan tinggi gelombang setelah refraksi.

3.5.2. Analisis Pasang Surut

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

3.5.3. Analisis Bathimetri

Analisis bathimetri dilakukan untuk mengetahui kedalaman laut sehingga dapat digunakan untuk menghitung tinggi muka air laut rencana.

3.6. Perencanaan Struktur Bangunan

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

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

3.7. Hasil Perencanaan

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Bangunan pengendali sedimen yang berupa jetty dan groin terletak di muara Kali Rawaan Kabupaten Lumajang. Bangunan ini direncanakan guna mengendalikan sedimen yang menutup muara Kali rawaan sehingga menyebabkan banjir untuk daerah sekitarnya.

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

4.2. Data Angin

Pada perencanaan bangunan pengendali sedimen di muara Kai Rawaan, Kabupaten Lumajang digunakan data harian tahun 2010-2017 yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Lumajang. Data kecepatan dan arah angin ini digunakan untuk memperhitungkan transformasi gelombang yang terjadi. Data kecepatan angin disajikan dalam satuan knot. Sedangkan arah angin disajikan dalam derajat terhadap subu utara.

Data angin tersebut diolah dalam bentuk tabel frekuensi banyaknya kejadian angin (Tabel 4.1), tabel prosentase banyaknya kejadian angin (Tabel 4.2), dan penggambaran angin dominan menggunakan windrose seperti pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Frekuensi Banyaknya Kejadian Angin

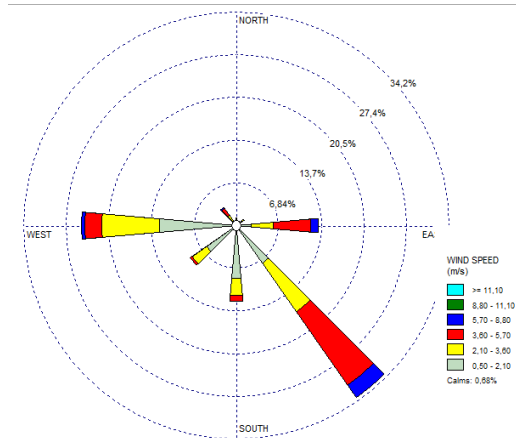
Kecepatan Angin (Knot)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
<5	0	3060	14812	10544	4938	4322	1641	4315	43632
5-8	0	453	9519	5740	1272	1765	565	300	19614
8-11	0	42	12394	8147	249	583	164	63	21642
11-14	0	11	6597	2695	21	97	14	23	9458
14-17	0	2	1549	292	4	6	2	3	1858
17-20	0	0	169	10	0	0	0	1	180
20-23	0	0	5	0	0	0	0	0	5
>23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	3568	45045	27428	6484	6773	2386	4705	96389

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.2 Prosentase Banyaknya Kejadian Angin

Kecepatan Angin (Knot)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
<5	0,00%	3,17%	15,37%	10,94%	5,12%	4,48%	1,70%	4,48%	45,27%
5-8	0,00%	0,47%	9,88%	5,96%	1,32%	1,83%	0,59%	0,31%	20,35%
8-11	0,00%	0,04%	12,86%	8,45%	0,26%	0,60%	0,17%	0,07%	22,45%
11-14	0,00%	0,01%	6,84%	2,80%	0,02%	0,10%	0,01%	0,02%	9,81%
14-17	0,00%	0,00%	1,61%	0,30%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	1,93%
17-20	0,00%	0,00%	0,18%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,19%
20-23	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
>23	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	0,00%	3,70%	46,73%	28,46%	6,73%	7,03%	2,48%	4,88%	100%

(Sumber: Hasil perhitungan)

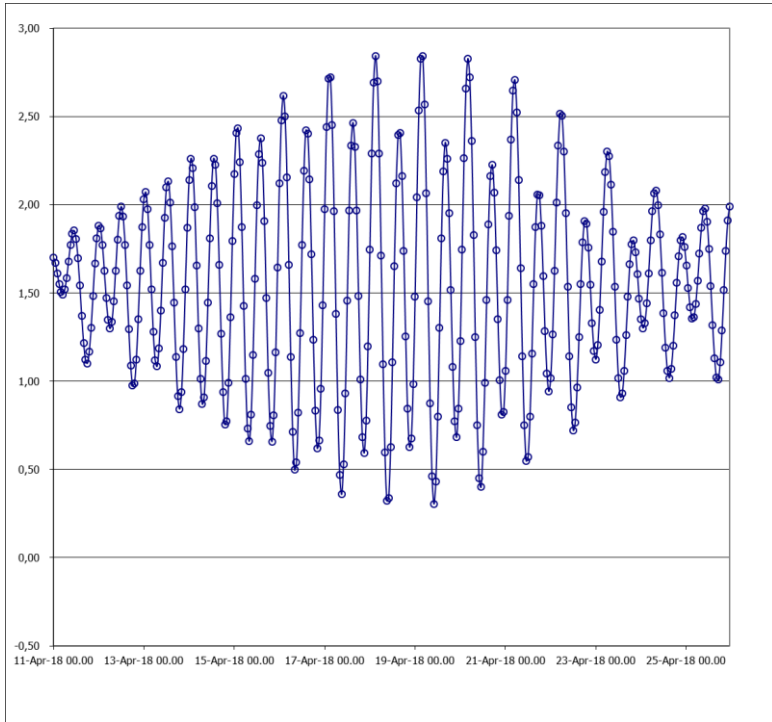


Gambar 4.1 *Windrose* BMKG Lumajang
 (Sumber: Hasil pengolahan data angin dengan *WRPlot*)

4.3. Data Pasang Surut

Data pasang surut dibutuhkan untuk merencanakan elevasi dan kedalaman dari bangunan pengendali sendimen. Elevasi muka air tertinggi dan terendah sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut. Pengamatan dilakukan pada tanggal 11 April 2018 sampai 25 April 2018 (selama 15 hari).

Gambar 4.2 merupakan grafik hasil pengamatan pasang surut pada daerah Kali Rawaan, Pantai Selatan Jawa, Kabupaten Lumajang.



Gambar 4.2 Grafik Pasang Surut Kali Rawaan, Kabupaten Lumajang
(Sumber: Hasil perhitungan)

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

Tabel 4.3 Konstanta Harmonik Pengamatan

Hasil Akhir										
	S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4	K_2	P_1
A cm	155,0	65,2	36,4	11,0	19,2	13,2	0,0001	0,0055	4,02	2,51
g°		40,2	240,2	205,8	287,1	200,6	297,1	298,2	214,7	70,9

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

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

$$F = \frac{13,2+19,2}{66,2+36,4} = 0,32$$

Dimana,

$0,0 < f < 0,25$: harian ganda beraturan (*semi diurnal*)

$0,25 < f \leq 1,50$: campuran condong ke harian ganda (*mixed-semi diurnal*)

$1,5 < f \leq 3,0$: campuran condong ke harian tunggal (*mixed-diurnal*)

$3,0 < f$: harian tunggal beraturan (*diurnal*)

Berdasarkan harga bilangan formzahl $F = 0,32$ maka dapat dikategorikan dengan tipe campuran condong ke harian ganda (*mized-semi diurnal*) yang artinya dalam sehari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Setelah mendapatkan hasil tersebut, maka dapat ditentukan nilai dari elevasi pasang surut yaitu HHWL (*Highest High Water Level*), MHWL (*Mean High Water Level*), MSL (*Mean Sea Level*), MLWL (*Mean Low Water Level*), dan LLWL (*Lowest Low Water Level*). Hasil perhitungan elevasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

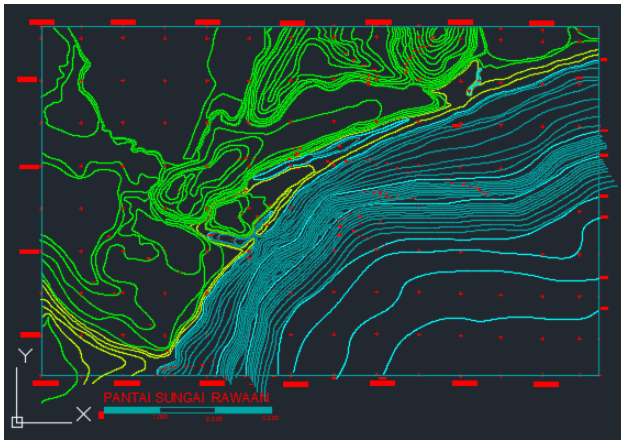
Tabel 4.4 Elevasi Pasang Surut

Elevasi	Calculation	Hasil (cm)
HHWL	$S_0+(M_2+S_2+K_2+K_1+O_1+P_1)$	277,33
MHWL	$S_0+(M_2+K_1+O_1)$	253,6
MSL	S_0	155
MLWL	$S_0-(M_2+K_1+O_1)$	56,4
LLWL	$S_0-(M_2+S_2+K_2+K_1+O_1+P_1)$	32,67

(Sumber: Hasil perhitungan)

4.4. Data Bathimetri

Peta Bathimetri adalah peta yang menunjukkan kedalaman laut sehingga dapat diketahui gambaran kondisi dasar laut lokasi perencanaan. Peta bathimetri juga diperlukan untuk perencanaan bangunan. Peta bathimetri dari Kali Rawaan, Kabupaten Lumajang dapat dilihat seperti pada Gambar 4.3

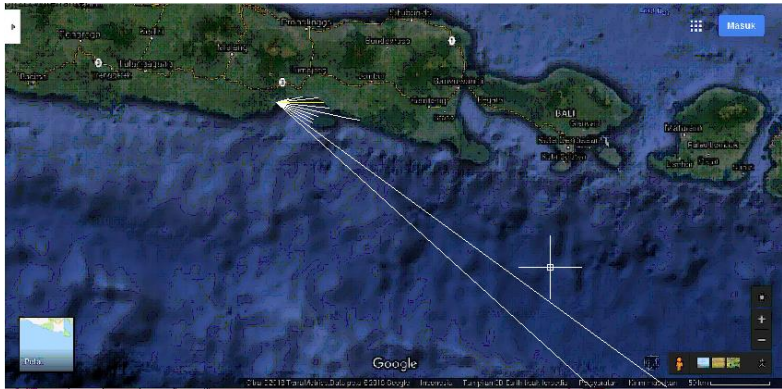


Gambar 4.3 Peta Bathimetri

4.5. Analisis Gelombang

4.5.1. Panjang Fetch

Dalam perhitungan peramalan gelombang membutuhkan panjang fetch efektif. Arah angin yang berpengaruh pada Pantai Selatan Jawa ini yaitu arah barat daya, selatan, tenggara, dan timur. Sedangkan pada arah barat, barat laut, utara, dan timur laut tidak berpengaruh karena bukan merupakan daerah pembangkit gelombang. Hasil perhitungan panjang fetch efektif dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan hasil gambar fetch dapat dilihat pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.7



Gambar 4.4 Fetch Efektif Arah Timur
(Sumber: Google Earth)



Gambar 4.5 Fetch Efektif Arah Tenggara
(Sumber: Google Earth)



Gambar 4.6 Fetch Efektif Arah Selatan
(Sumber: Google Earth)



Gambar 4.7 Fetch Efektif Arah Barat Daya
(Sumber: Google Earth)

Berikut adalah cara menghitung panjang fetch efektif :

1. Menentukan sudut deviasi (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 sesuai panjang garis tersebut hingga menabrak garis tepi.

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

Lalu semua nilai \cos dijumlahkan.

4. Setelah didapatkan panjang masing-masing garis yang ditarik tiap-tiap sudut sesuai perhitungan nomor satu dengan $\cos \alpha$, kemudian hasil dari perhitungan tersebut dikalikan dengan nilai $\cos \alpha$.
5. Menjumlahkan hasil dari perhitungan nomor 4 untuk masing-masing arah mata angin yang berpengaruh.

Contoh :

Timur	= $\sum xi \cos \alpha = 788,375 \text{ km}$
Tenggara	= $\sum xi \cos \alpha = 3341,179 \text{ km}$
Selatan	= $\sum xi \cos \alpha = 3311,774 \text{ km}$
Barat daya	= $\sum xi \cos \alpha = 4504,405 \text{ km}$

6. Menghitung panjang fetch efektif tiap arah mata angin yang berpengaruh menggunakan rumus

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

Hasil perhitungan panjang fetch efektif dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Panjang Fetch Efektif dari arah yang berpengaruh

α	$\cos \alpha$	Xi (km)				Xi cos α				
		E	S	SE	SW	E	S	SE	SW	
Kiri	42	0,743	272,23	245,118	346,65	333,39	202,306	182,158	257,611	247,757
	36	0,809	337,38	245,118	346,65	333,39	272,946	198,305	280,445	269,718
	30	0,866	30,37	245,118	346,65	333,39	26,301	212,279	300,207	288,724
	24	0,914	32,22	245,118	346,65	333,39	29,434	223,927	316,68	304,567
	18	0,951	36,12	245,118	346,65	333,39	34,352	233,121	329,683	317,073
	12	0,978	71,9	245,118	346,65	333,39	70,329	239,762	339,075	326,105
	6	0,995	45,4	245,118	346,65	333,39	45,151	243,776	344,751	331,564
0	1	40,589	245,118	346,65	333,39	40,589	245,118	346,65	333,39	
Kanan	6	0,995	35,57	245,118	346,65	333,39	35,375	243,776	344,751	331,564
	12	0,978	21,97	245,118	346,65	333,39	21,49	239,762	339,075	326,105
	18	0,951	10,62	245,118	32,859	333,39	10,1	233,121	31,251	317,073
	24	0,914	0	245,118	31,416	333,39	0	223,927	28,7	304,567
	30	0,866	0	245,118	32,859	333,39	0	212,279	28,457	288,724
	36	0,809	0	245,118	37,696	333,39	0	198,305	30,496	269,718
	42	0,743	0	245,118	31,416	333,39	0	182,158	23,347	247,757
Total	13,511	934,369	3676,776	3632,743	5000,85	788,375	3311,774	3341,179	4504,405	
Fetch Efektif (km)						58,351	245,118	247,295	333,39	

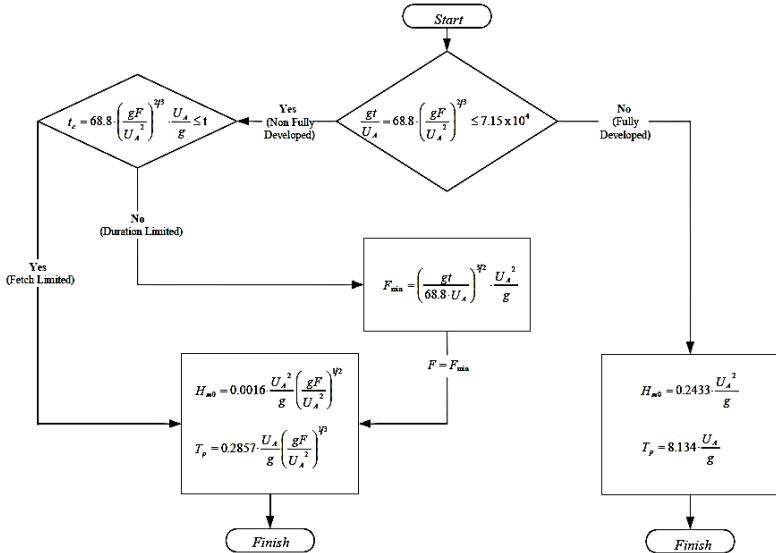
(Sumber: Hasil perhitungan)

4.5.2. Peramalan Gelombang (*Hindcasting*)

Hindcasting adalah cara untuk meramalkan tinggi dan periode gelombang berdasarkan data angin. Peramalan gelombang dimaksudkan mengalih-ragamkan (transformasi) data angin menjadi data gelombang. Di Indonesia pencatatan gelombang belum banyak dilakukan, sehingga gelombang tersebut diprediksi berdasarkan data angin yang merupakan faktor utama pembentukan gelombang.

Dalam proses *hindcasting* menggunakan metode yang di jelaskan dalam *Shore Protection Manual* (SPM, 1984) seperti pada gambar 4.8. Hasil perhitungan peramalan gelombang dapat dilihat pada tabel 4.6-4.9 dari tahun 2010-2017 dengan menggunakan data kecepatan dan arah angin bulanan. Selanjutnya tinggi dan periode gelombang akan digunakan dalam perhitungan periode ulang gelombang

untuk kebutuhan perencanaan bangunan pengendali sedimen.



Gambar 4.8. Diagram Alir *Hindcasting*
(Sumber: SPM, 1984)

Keterangan :

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

T_p = Periode puncak gelombang

t = Lama angin berhembus (detik)

F = Panjang fetch efektif (m)

U_a = Kecepatan angin yang telah dimodifikasi

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Peramalan Gelombang

Tahun	Date	WindDir	WindSpd	Arah	Uz	U10	RT	RI	Uw	Ua	Feff	Feff	gt/Ua	cek	Tc	cek	Fmin	Hso	To
		(TN)	(knot)		(m/s)	(m/s)			(m/s)	(m/s)	(km)	(m)					(m)	(m)	(s)
2010	Januari	239,2	8,5	SW	4,35	3,94	1	1,50	5,91	6,32	333,390	333390	129725	FD	-	-	-	0,991	5,243
	Februari	137,7	5,1	SE	2,64	2,39	1	1,60	3,82	3,69	247,295	247295	217475	FD	-	-	-	0,339	3,065
	Maret	101,7	5,6	E	2,87	2,60	1	1,60	4,16	4,11	58,351	58351	72114	FD	-	-	-	0,418	3,407
	April	141,7	4,9	SE	2,53	2,29	1	1,60	3,66	3,51	247,295	247295	232937	FD	-	-	-	0,305	2,911
	Mei	144,1	4,3	SE	2,20	2,00	1	1,70	3,39	3,19	247,295	247295	264158	FD	-	-	-	0,253	2,649
	Juni	145,5	4,0	SE	2,05	1,86	1	1,70	3,16	2,92	247,295	247295	297594	FD	-	-	-	0,211	2,423
	Juli	148,1	3,5	SE	1,82	1,65	1	1,70	2,81	2,53	247,295	247295	360634	FD	-	-	-	0,159	2,097
	Agustus	151,6	3,1	SE	1,59	1,44	1	1,70	2,45	2,14	247,295	247295	450713	FD	-	-	-	0,113	1,774
	September	156,2	2,7	SE	1,36	1,24	1	1,70	2,10	1,77	247,295	247295	579841	FD	-	-	-	0,078	1,469
	Oktober	164,6	2,1	S	1,10	1,00	1	1,85	1,85	1,51	245,118	245118	712472	FD	-	-	-	0,057	1,253
	November	171,3	1,9	S	0,97	0,88	1	1,85	1,62	1,29	245,118	245118	881105	FD	-	-	-	0,041	1,069
	Desember	183,7	1,6	S	0,82	0,74	1	1,85	1,37	1,05	245,118	245118	1159725	FD	-	-	-	0,027	0,870
2011	Januari	201,2	1,4	S	0,72	0,65	1	1,85	1,20	0,89	245,118	245118	1445780	FD	-	-	-	0,020	0,737
	Februari	239,4	1,5	SW	0,76	0,69	1	1,85	1,27	0,95	333,390	333390	1619189	FD	-	-	-	0,022	0,790
	Maret	247,2	1,6	SW	0,81	0,74	1	1,85	1,36	1,04	333,390	333390	1438468	FD	-	-	-	0,027	0,863
2012	Januari	207,9	7,2	SW	3,73	3,38	1	1,50	5,07	5,22	333,390	333390	167147	FD	-	-	-	0,677	4,335
	Februari	144,5	8,6	SE	4,41	4,00	1	1,50	6,00	6,43	247,295	247295	103870	FD	-	-	-	1,026	5,335
	Maret	135,5	8,3	SE	4,30	3,89	1	1,50	5,84	6,22	247,295	247295	108609	FD	-	-	-	0,959	5,159
	April	115,0	10,7	SE	5,51	4,99	1	1,45	7,24	8,10	247,295	247295	76302	FD	-	-	-	1,629	6,723
	Mei	116,6	11,9	SE	6,13	5,56	1	1,35	7,50	8,46	247,295	247295	71966	FD	-	-	-	1,778	7,025
	Juni	125,0	11,9	SE	6,12	5,55	1	1,35	7,49	8,45	247,295	247295	72164	FD	-	-	-	1,771	7,010
	Juli	132,0	11,9	SE	6,14	5,56	1	1,35	7,51	8,48	247,295	247295	71768	FD	-	-	-	1,786	7,040
	Agustus	135,9	11,9	SE	6,14	5,56	1	1,35	7,51	8,48	247,295	247295	71768	FD	-	-	-	1,786	7,040
	September	151,5	11,9	SE	6,14	5,56	1	1,35	7,51	8,47	247,295	247295	71867	FD	-	-	-	1,782	7,032
	Oktober	148,3	11,8	SE	6,07	5,49	1	1,35	7,42	8,35	247,295	247295	73273	FD	-	-	-	1,731	6,931

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Peramalan Gelombang (Lanjutan)

Tahun	Date	WindDir	WindSpd	Arah	Uz	U10	RT	RI	Uw	Ua	Feff	Feff	gt/Ua	cek	Tc	cek	Fmin	Hso	To
		(TN)	(knot)		(m/s)	(m/s)			(m/s)	(m/s)	(km)	(m)					(m)	(s)	
2012	November	161,1	9,2	S	4,76	4,31	1	1,45	6,25	6,76	245,118	245118	96486	FD	-	-	-	1,136	5,613
	Desember	227,3	7,2	SW	3,72	3,37	1	1,50	5,06	5,21	333,390	333390	167526	FD	-	-	-	0,675	4,328
2013	Januari	243,6	8,6	SW	4,41	3,99	1	1,50	5,99	6,42	333,390	333390	127003	FD	-	-	-	1,023	5,327
	Februari	245,3	8,9	SW	4,57	4,14	1	1,45	6,01	6,44	333,390	333390	126421	FD	-	-	-	1,030	5,346
	Maret	143,7	7,9	SE	4,04	3,66	1	1,50	5,49	5,77	247,295	247295	119948	FD	-	-	-	0,827	4,789
	April	125,1	10,5	SE	5,39	4,88	1	1,45	7,08	7,89	247,295	247295	79070	FD	-	-	-	1,544	6,546
	Mei	112,6	10,7	SE	5,52	5,00	1	1,45	7,24	8,11	247,295	247295	76185	FD	-	-	-	1,633	6,731
	Juni	142,9	10,1	SE	5,19	4,70	1	1,45	6,82	7,53	247,295	247295	84149	FD	-	-	-	1,407	6,247
	Juli	127,5	12,0	SE	6,15	5,57	1	1,35	7,52	8,50	247,295	247295	71571	FD	-	-	-	1,793	7,054
	Agustus	125,2	11,9	SE	6,15	5,57	1	1,35	7,52	8,49	247,295	247295	71669	FD	-	-	-	1,790	7,047
	September	144,1	11,9	SE	6,14	5,56	1	1,35	7,51	8,48	247,295	247295	71768	FD	-	-	-	1,786	7,040
	Oktober	142,1	11,7	SE	6,02	5,45	1	1,35	7,35	8,26	247,295	247295	74304	FD	-	-	-	1,695	6,859
	November	228,7	9,3	SW	4,78	4,33	1	1,45	6,28	6,80	333,390	333390	117608	FD	-	-	-	1,148	5,643
	Desember	247,3	8,7	SW	4,50	4,08	1	1,45	5,91	6,32	333,390	333390	129759	FD	-	-	-	0,990	5,242
2014	Januari	220,0	9,2	SW	4,74	4,29	1	1,45	6,22	6,73	333,390	333390	119290	FD	-	-	-	1,123	5,583
	Februari	236,5	7,7	SW	3,97	3,59	1	1,50	5,39	5,63	333,390	333390	151086	FD	-	-	-	0,788	4,677
	Maret	135,6	11,6	SE	5,99	5,42	1	1,35	7,32	8,22	247,295	247295	74829	FD	-	-	-	1,677	6,822
	April	118,6	7,6	SE	3,91	3,54	1	1,50	5,31	5,54	247,295	247295	126760	FD	-	-	-	0,761	4,595
	Mei	129,2	10,6	SE	5,47	4,96	1	1,45	7,19	8,04	247,295	247295	77128	FD	-	-	-	1,603	6,669
	Juni	120,7	12,0	SE	6,15	5,57	1	1,35	7,52	8,50	247,295	247295	71571	FD	-	-	-	1,793	7,054
	Juli	126,1	12,0	SE	6,15	5,57	1	1,35	7,52	8,50	247,295	247295	71571	FD	-	-	-	1,793	7,054
	Agustus	124,4	12,0	SE	6,15	5,57	1	1,35	7,52	8,50	247,295	247295	71571	FD	-	-	-	1,793	7,054
	September	128,4	11,9	SE	6,15	5,57	1	1,35	7,52	8,49	247,295	247295	71669	FD	-	-	-	1,790	7,047
	Oktober	154,1	10,7	SE	5,51	4,99	1	1,45	7,23	8,09	247,295	247295	76419	FD	-	-	-	1,625	6,716

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Peramalan Gelombang (Lanjutan)

Tahun	Date	WindDir	WindSpd	Arah	Uz	U10	RT	RI	Uw	Ua	Feff	Feff	gt/Ua	cek	Tc	cek	Fmin	Hso	To
		(TN)	(knot)		(m/s)	(m/s)			(m/s)	(m/s)	(km)	(m)					(m)	(s)	
2014	November	161,0	9,3	S	4,77	4,32	1	1,45	6,27	6,79	245,118	245118	95974	FD	-	-	-	1,145	5,636
	Desember	200,1	8,5	S	4,37	3,96	1	1,50	5,93	6,34	245,118	245118	105063	FD	-	-	-	0,999	5,266
2015	Januari	204,7	13,4	SW	6,90	6,25	1	1,30	8,13	9,34	333,390	333390	77009	FD	-	-	-	2,166	7,753
	Februari	117,5	11,6	SE	5,97	5,41	1	1,35	7,30	8,19	247,295	247295	75147	FD	-	-	-	1,667	6,801
	Maret	233,0	12,4	SW	6,39	5,78	1	1,35	7,81	8,89	333,390	333390	82205	FD	-	-	-	1,964	7,382
	April	127,9	11,6	SE	5,97	5,41	1	1,35	7,30	8,19	247,295	247295	75147	FD	-	-	-	1,667	6,801
	Mei	224,1	13,0	SW	6,70	6,06	1	1,30	7,88	9,00	333,390	333390	80933	FD	-	-	-	2,010	7,469
	Juni	115,9	11,8	SE	6,08	5,50	1	1,35	7,43	8,37	247,295	247295	73069	FD	-	-	-	1,738	6,945
	Juli	123,6	11,8	SE	6,08	5,50	1	1,35	7,43	8,37	247,295	247295	73069	FD	-	-	-	1,738	6,945
	Agustus	119,5	11,8	SE	6,08	5,50	1	1,35	7,43	8,37	247,295	247295	73069	FD	-	-	-	1,738	6,945
	September	91,8	14,2	E	7,31	6,62	1	1,30	8,61	10,03	58,351	58351	21910	NFD	22426,51	DL	19500,31	0,716	3,622
	Oktober	173,0	0,4	S	0,21	0,19	1	1,85	0,35	0,19	245,118	245118	11149823	FD	-	-	-	0,001	0,159
	November	91,1	0,6	E	0,31	0,28	1	1,85	0,52	0,32	58,351	58351	2202556	FD	-	-	-	0,002	0,262
	Desember	243,1	13,6	SW	7,00	6,34	1	1,30	8,25	9,51	333,390	333390	75160	FD	-	-	-	2,246	7,895
2016	Januari	128,3	10,6	SE	5,46	4,94	1	1,45	7,17	8,01	247,295	247295	77486	FD	-	-	-	1,592	6,646
	Februari	144,6	10,4	SE	5,36	4,85	1	1,45	7,03	7,82	247,295	247295	79945	FD	-	-	-	1,519	6,492
	Maret	151,8	11,4	SE	5,87	5,32	1	1,35	7,18	8,02	247,295	247295	77321	FD	-	-	-	1,597	6,657

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Peramalan Gelombang (Lanjutan)

Tahun	Date	WindDir	WindSpd	Arah	Uz	U10	RT	RI	Uw	Ua	Feff	Feff	gt/Ua	cek	Tc	cek	Fmin	Hso	To
		(TN)	(knot)		(m/s)	(m/s)			(m/s)	(m/s)	(km)	(m)					(m)	(s)	
2017	Januari	211,0	14,0	SW	7,21	6,53	1	1,30	8,49	9,86	333,390	333390	71671	FD	-	-	-	2,412	8,182
	Februari	235,8	12,4	SW	6,39	5,78	1	1,35	7,81	8,89	333,390	333390	82205	FD	-	-	-	1,964	7,382
	Maret	242,8	13,8	SW	7,11	6,44	1	1,30	8,37	9,68	333,390	333390	73382	FD	-	-	-	2,329	8,038
	April	123,1	11,8	SE	6,08	5,50	1	1,35	7,43	8,37	247,295	247295	73069	FD	-	-	-	1,738	6,945
	Mei	126,0	11,8	SE	6,08	5,50	1	1,35	7,43	8,37	247,295	247295	73069	FD	-	-	-	1,738	6,945
	Juni	128,1	11,6	SE	5,97	5,41	1	1,35	7,30	8,19	247,295	247295	75147	FD	-	-	-	1,667	6,801
	Juli	123,3	11,8	SE	6,08	5,50	1	1,35	7,43	8,37	247,295	247295	73069	FD	-	-	-	1,738	6,945
	Agustus	124,4	11,8	SE	6,08	5,50	1	1,35	7,43	8,37	247,295	247295	73069	FD	-	-	-	1,738	6,945
	September	125,4	11,8	SE	6,08	5,50	1	1,35	7,43	8,37	247,295	247295	73069	FD	-	-	-	1,738	6,945
	Oktober	134,3	11,8	SE	6,08	5,50	1	1,35	7,43	8,37	247,295	247295	73069	FD	-	-	-	1,738	6,945
	November	130,2	11,8	SE	6,08	5,50	1	1,35	7,43	8,37	247,295	247295	73069	FD	-	-	-	1,738	6,945
	Desember	217,8	14,0	SW	7,21	6,53	1	1,30	8,49	9,86	333,390	333390	71671	FD	-	-	-	2,412	8,182

4.5.3. Periode Gelombang

Periode ulang adalah suatu interval rata-rata yang dinyatakan dalam suatu waktu (tahun) antara peristiwa terjadinya gelombang yang tertentu besarnya dengan suatu gelombang yang bernilai sama atau melampauinya. Berdasarkan pencatatan setiap tahun dapat ditentukan besarnya gelombang representatif, misalnya H_s , $H_{rata-rata}$, H_{max} , dan sebagainya. 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.

Metode yang digunakan dalam menghitung periode ulang gelombang adalah metode Fisher Tippet Type-1 dan metode Weibull. Pada Tabel 4.10 merupakan Nilai H_o yang telah diurutkan per tahun berdasarkan tinggi gelombang dari analisis *handcasting*. Tabel 4.11 merupakan perhitungan menggunakan metode Fisher Tippet Type-1 dan pada Tabel 4.14 merupakan perhitungan menggunakan metode Weibull.

Tabel 4. 10 Tinggi Gelombang H_o yang Sudah Diurutkan

No	Tahun	Homax (m)	Tomax (s)
1	2017	2,412	8,182
2	2015	2,246	7,895
3	2013	1,793	7,054
4	2014	1,793	7,054
5	2012	1,786	7,040
6	2016	1,597	6,657
7	2010	0,991	5,243
8	2011	0,027	0,863

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4. 11 Perhitungan Periode Ulang Metode Fisher Tippet Type-1

No m	Hsm	P	Ym	Hsm.Ym	Ym ²	(Hsm - H̄sm) ²	H̄sm	Hsm - H̄sm
1	2,412	0,931	2,639	6,366	6,962	0,6918	2,767	-0,355
2	2,246	0,808	1,545	3,470	2,387	0,4432	2,151	0,096
3	1,793	0,685	0,971	1,741	0,943	0,0452	1,827	-0,034
4	1,793	0,562	0,550	0,986	0,302	0,0452	1,590	0,203
5	1,786	0,438	0,193	0,344	0,037	0,0421	1,389	0,397
6	1,597	0,315	-0,144	-0,229	0,021	0,0003	1,199	0,398
7	0,991	0,192	-0,501	-0,496	0,251	0,3481	0,998	-0,007
8	0,027	0,069	-0,984	-0,026	0,968	2,4145	0,725	-0,698
Jumlah	12,646	4,000	4,270	12,156	11,870	4,0304		

Berikut rumus dan contoh perhitungannya dengan metode Fisher Tippet Type-1 periode ulang 50 tahun untuk m=1

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

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{1-0,44}{8+0,12}$$

$$= 0,931$$

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

$$y_m = -\ln\{-\ln 0,931\}$$

$$= 2,639$$

$$H_{sm} \cdot y_m = 2,412 \times 2,639 = 6,366$$

$$y_m^2 = 2,639^2 = 6,962$$

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

$$= \frac{12,646}{8} = 1,581$$

$$(H_{sm} - H_{rt})^2 = (2,412 - 1,581)^2 = 0,6918$$

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

$$= \frac{4,270}{8} = 0,534$$

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

$$\hat{A} = \frac{8 \times 12,156 - 12,646 \times 4,270}{8 \times 11,87 - 4,270^2}$$

$$= 0,564$$

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

$$\hat{B} = 1,581 - 0,564 \times 0,534 = 1,28$$

Maka persamaan regresi yang diperoleh adalah :

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

$$= 0,564 \cdot y_{rt} + 1,28$$

Tabel 4. 12 Tinggi gelombang dengan periode ulang metode Fisher Tippet Type-1

Periode Ulang	yr	Hsr	σ_{nr}	σ_r	$Hsr - 1,28 \sigma_r$	$Hsr + 1,28 \sigma_r$
2	0,367	1,486	0,380	0,289	1,117	1,856
5	1,500	2,125	0,674	0,511	1,471	2,780
10	2,250	2,549	0,930	0,706	1,645	3,452
25	3,199	3,083	1,273	0,966	1,847	4,320
50	3,902	3,480	1,533	1,163	1,991	4,969
100	4,600	3,873	1,794	1,361	2,131	5,616

Tabel 4. 13 Koefisien untuk menghitung deviasi standar (Bambang Triatmojo,2012)

Distribusi	$\alpha 1$	$\alpha 2$	K	c	ϵ
FT-1	0,64	9	0,93	0	1,33
Weibull (k=2)	2,24	11,4	1,34	0	1,15

Berikut rumus dan contoh perhitungan untuk tinggi gelombang periode ulang 50 th Metode Fisher Tippett Type 1 :

$$y_r = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{LT_r} \right) \right\}$$

$$y_r = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{\frac{N_T}{K} \cdot T_r} \right) \right\}$$

$$y_r = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{\frac{8}{8} \cdot 50} \right) \right\} = 3,902$$

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

$$= 0,564 \times 3,902 + 1,28 = 3,48$$

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

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

$$= 0,64 \times e^{9 \times 8^{-1,3} + 0,93 \sqrt{-\ln \frac{8}{8}}} = 1,17$$

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

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{8}} [1 + 1,17(3,902 - 0 + 1,33 \ln \frac{8}{8})^2]^{1/2} = 1,533$$

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

$$= \left[\frac{1}{8-1} \times 4,0304 \right]^{1/2} = 0,759$$

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

$$\sigma_r = 1,533 \times 0,759$$

$$= 1,163$$

Dipilih batas interval keyakinan tinggi gelombang signifikan adalah 80%

$$H_{sr} - 1,28 \cdot \sigma_r = 3,48 - 1,28 \times 1,163 = 1,991$$

$$H_{sr} + 1,28 \cdot \sigma_r = 3,48 + 1,28 \times 1,163 = 4,969$$

Tabel 4. 14 Perhitungan periode ulang metode weibull

No m	Hsm	P	Ym	Hsm.Ym	Ym ²	(Hsm - Hsm̄) ²	Hsm̄	Hsm - Hsm̄
1	2,412	0,933	2,096	5,057	4,394	0,692	2,940	-0,528
2	2,246	0,813	1,472	3,307	2,167	0,443	2,318	-0,071
3	1,793	0,694	1,135	2,036	1,289	0,045	1,982	-0,188
4	1,793	0,575	0,891	1,597	0,793	0,045	1,737	0,056
5	1,786	0,456	0,691	1,234	0,477	0,042	1,538	0,248
6	1,597	0,337	0,515	0,823	0,265	0,000	1,363	0,234
7	0,991	0,218	0,351	0,348	0,123	0,348	1,199	-0,208
8	0,027	0,099	0,185	0,005	0,034	2,415	1,033	-1,006
Jumlah	12,646	4,126	7,337	14,407	9,544	4,030		

Berikut rumus dan contoh perhitungannya dengan metode Weibull periode ulang 50 tahun untuk m=1

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

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{1-0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{0,75}}}{8+0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{2}}} = 0,933$$

$$y_m = -\ln\{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\}^{1/K}$$

$$y_m = [-\ln\{-\ln 0,933\}]^{1/1,34} = 2,096$$

$$H_{sm} \cdot y_m = 2,412 \times 2,096 = 5,057$$

$$y_m^2 = 2,096^2 = 4,394$$

$$\begin{aligned}
 H_{rt} &= \frac{\sum H_{sm}}{N} \\
 &= \frac{12,646}{8} = 1,581 \\
 (H_{sm} - H_{rt})^2 &= (2,412 - 1,581)^2 = 0,692 \\
 Y_{rt} &= \frac{\sum Y_m}{N} \\
 &= \frac{7,337}{8} = 0,917 \\
 \hat{A} &= \frac{N \cdot \sum H_{sm} \cdot y_m - \sum H_{sm} \cdot \sum Y_m}{N \sum (Y_m^2) - (\sum Y_m)^2} \\
 \hat{A} &= \frac{8 \times 14,407 - 12,646 \times 7,337}{8 \times 9,544 - 7,337^2} \\
 &= 0,998 \\
 \hat{B} &= H_{rt} - \hat{A} \cdot y_{rt} \\
 \hat{B} &= 1,581 - 0,998 \times 0,917 \\
 &= 0,849
 \end{aligned}$$

Maka persamaan regresi yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned}
 H_{rt} &= \hat{A} \cdot y_{rt} + \hat{B} \\
 &= 0,998 \cdot y_{rt} + 0,846
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 15 Tinggi gelombang dengan periode ulang metode weibull

Periode Ulang	y_r	Hsr	σ_{nr}	σ_r	Hsr - 1,28 σ_r	Hsr + 1,28 σ_r
2	0,761	1,608	0,398	0,302	1,221	1,995
5	1,426	2,272	0,742	0,563	1,551	2,993
10	1,863	2,708	1,023	0,776	1,714	3,702
25	2,393	3,236	1,379	1,046	1,897	4,575
50	2,768	3,610	1,635	1,241	2,022	5,199
100	3,126	3,968	1,882	1,428	2,140	5,796

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

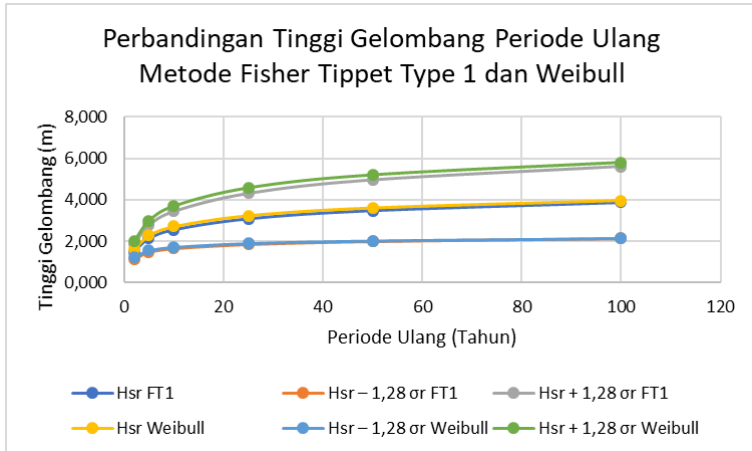
$$\begin{aligned}
 y_r &= \{\ln(LT_r)\}^{1/K} \\
 y_r &= \left\{ \ln\left(\frac{8}{8} \cdot 50\right) \right\}^{1/1,34}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 2,768 \\
H_{sr} &= \hat{A}y_r + \hat{B} \\
&= 0,998 \times 2,768 + 0,846 \\
&= 3,61 \\
\alpha &= \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k\sqrt{-\ln v}} \\
&= \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k\sqrt{-\ln \frac{N}{N_T}}} \\
&= 2,24 \times e^{11,4 \times 8^{-1,3} - 1,34 \sqrt{-\ln \frac{8}{8}}} \\
&= 3,966 \\
\sigma_{nr} &= \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln v)]^{1/2} \\
\sigma_{nr} &= \frac{1}{\sqrt{8}} [1 + 3,966(2,768 - 0 + 1,15 \ln \frac{8}{8})^2]^{1/2} \\
&= 1,635 \\
\sigma_{Hs} &= \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - H_{rt})^2 \right]^{1/2} \\
&= \left[\frac{1}{8-1} \times 4,03 \right]^{1/2} = 0,759 \\
\sigma_r &= \sigma_{nr} \sigma_{Hs} \\
\sigma_r &= 1,635 \times 0,759 \\
&= 1,241
\end{aligned}$$

Dipilih batas interval keyakinan tinggi gelombang signifikan adalah 80%

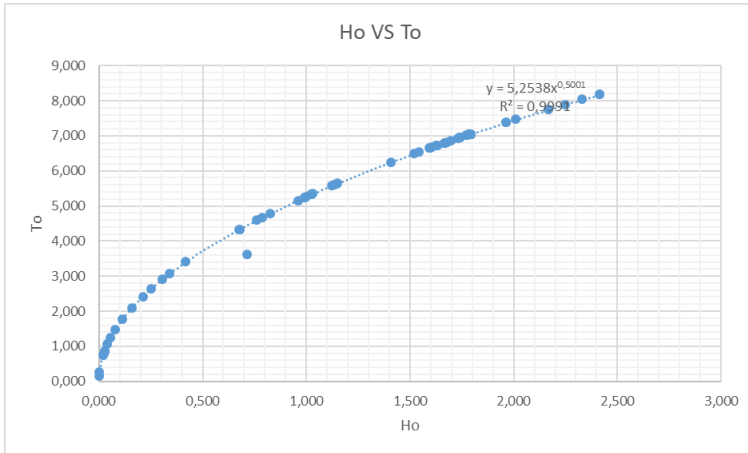
$$H_{sr} - 1,28 \cdot \sigma_r = 3,61 - 1,28 \times 1,241 = 2,022$$

$$H_{sr} + 1,28 \cdot \sigma_r = 3,61 + 1,28 \times 1,241 = 5,199$$



Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Tinggi Gelombang Periode Ulang Metode Fisher Tippett Type 1 dan Weibull

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa tinggi gelombang dari 2 tahun sampai 100 tahun ke depan akan semakin meningkat. Data ini menjadi lebih akurat karena telah diuji dengan selang kepercayaan 80%. Nilai gelombang signifikan berada pada interval selang kepercayaan yang ditentukan ($H_{sr} - 1,28 \cdot \sigma_r$ dan $H_{sr} + 1,28 \cdot \sigma_r$). sehingga data tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam pembangunan struktur pengendali sedimen. Tinggi gelombang yang digunakan sebagai perencanaan adalah periode ulang 50 tahunan dengan tinggi gelombang signifikan (H_{sr}) 3,61 m dari perhitungan Metode Weibull. Untuk mengetahui periode gelombang digunakan grafik hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang seperti pada Gambar 4.10



Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang

Dari grafik tersebut diperoleh persamaan yaitu :

$$y = 5,2538x^{0,5001}$$

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

$$y = 5,2538 (3,61^{0,5001})$$

$$y = 9,98 \text{ detik}$$

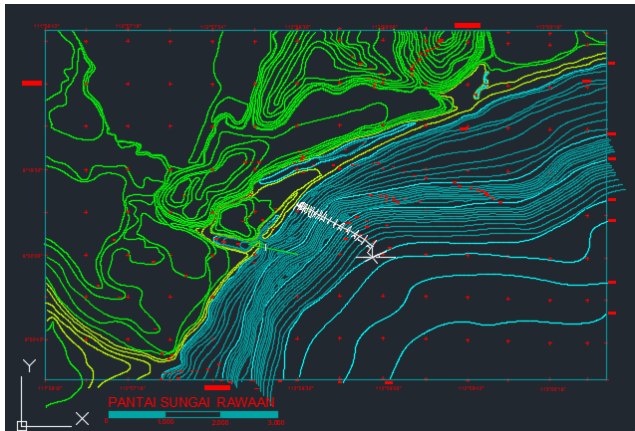
4.6. Analisis Refraksi

4.6.1. Puncak Gelombang

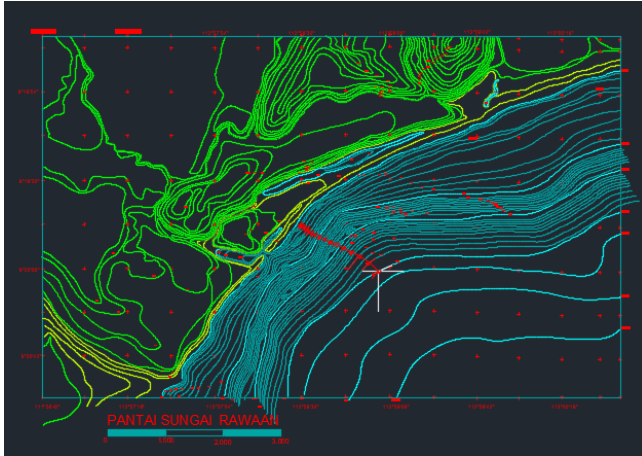
Pembuatan diagram refraksi dengan metode puncak gelombang dimulai dari garis puncak gelombang di laut dalam. Ditetapkan sejumlah titik di sepanjang garis puncak gelombang, yaitu titik 1,2,3, ... ,N. Berdasarkan kedalaman air di titik-titik tersebut yaitu $d_1, d_2, d_3, \dots, d_N$; kemudian dihitung 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 tenggara. Dua arah tersebut merupakan arah dominan yang akan mempengaruhi tinggi gelombang di sekitar perencanaan bangunan. Diagram hasil refraksi gelombang arah selatan dan tenggara dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12. Perhitungan lebih detail dapat dilihat pada Lampiran



Gambar 4. 11 Hasil Diagram Refraksi Gelombang Arah Selatan



Gambar 4. 12 Hasil Diagram Refraksi Gelombang Arah Tenggara

4.6.2. Perhitungan Refraksi Gelombang

Perhitungan analisis untuk perencanaan bangunan pantai dilakukan dengan menganalisis terlebih dahulu seperti pada bab sub-bab sebelumnya untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang dan periode gelombang.

1. Dari data tinggi dan periode gelombang rencana periode ulang 50 tahun dan peta batimetri diperoleh :
 - Tinggi gelombang (H_0) : 3,61 m
 - Periode gelombang (T) : 9,98 detik
 - Kemiringan dasar (m) : 0,02
2. Menghitung koefisien shoaling (K_s) dan koefisien refraksi (K_r)

Untuk kedalaman 3,3 m :

$$\frac{d}{L_0} = \frac{3,3}{22,458} = 0,1469$$

Dari Lampiran Tabel L-1 diperoleh $\frac{d}{L} = 0,18075$ dan koefisien shoaling (k_s) = 0.914

$$L = \frac{3,3}{0,18075} = 18,257 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{18,257}{9,98} = 1,829 \text{ m/s}$$

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

$$\sin \alpha = \left(\frac{1,829}{2,25} \right) \sin 2,56$$

$$\alpha = 2,081^\circ$$

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

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 2,56}{\cos 2,081}} = 1,0$$

3. Menghitung tinggi gelombang ekuivalen dengan rumus

$$H_0' = K_S K_r H_0$$

$$H_0' = 0,914 \times 1,0 \times 3,3 = 3,299 \text{ m}$$

4.7. Gelombang Pecah

Perhitungan gelombang pecah dilakukan untuk arah datang gelombang pada lokasi perencanaan dari tenggara, karena arah tenggara merupakan arah yang dominan di lokasi tersebut. Arah gelombang datang membentuk sudut $\alpha = 3,153^\circ$ terhadap garis tegak lurus pantai.

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) : 3,61 m
 - Periode gelombang (T) : 9,98 detik
 - Kemiringan dasar (m) : 0,02
 - Koefisien refraksi (K_r) : 1,05 (asumsi)
2. Menghitung tinggi gelombang laut dalam ekuivalen dihitung persamaan berikut (koefisien difraksi dianggap satu) :

$$H_0' = K_r H_0$$

$$H_0' = 1,05 \times 3,61 = 3,791 \text{ m}$$

3. Menghitung tinggi gelombang (H_b) dan kedalaman gelombang pecah (db) dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.8 dan 2.9.
4. Tinggi gelombang pecah (H_b)

$$\frac{H_0'}{gT^2} = \frac{3,791}{9,8 \times 9,98^2} = 0,0039$$
 dan $m=0,02$, dengan melihat grafik pada Gambar 2.8 diperoleh nilai $H_b/H_0' = 1,16$, sehingga nilai tinggi gelombang (H_b) = 4,397 m
5. Kedalaman gelombang pecah (db)

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{4,397}{9,8 \times 9,98^2} = 0,0045$$
 dan $m=0,02$, dengan melihat grafik pada Gambar 2.9 diperoleh nilai $d_b/H_b = 1,15$, sehingga nilai kedalaman gelombang (db) = 5,057 m
6. Menghitung jarak gelombang pecah dari garis pantai
 Kemiringan pantai (m) = 0,02
 Kedalaman gelombang pecah (db) = 5,057 m

$$\text{Jarak} = \frac{db}{m} = \frac{5,057}{0,02} = 252,826 \text{ m} \approx 255 \text{ m}$$

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)	= 3,3 m
Hrefraksi (H' ₀)	= 3,299 m
H _b	= 3,958 m
db	= 4,553 m
Kemiringan kontur	= 0,02
Kemiringan bangunan	= 1:2 (kepala) dan 1:1,5 (lengan)

5.2. Penentuan Dimensi Bangunan

5.2.1. Penentuan Elevasi Muka Air

Rumus perhitungan elevasi muka air rencana adalah sebagai berikut :

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

Dimana :

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

Sw : *Wave set-up* (m)

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

Berikut adalah perhitungan elevasi muka air rencana :

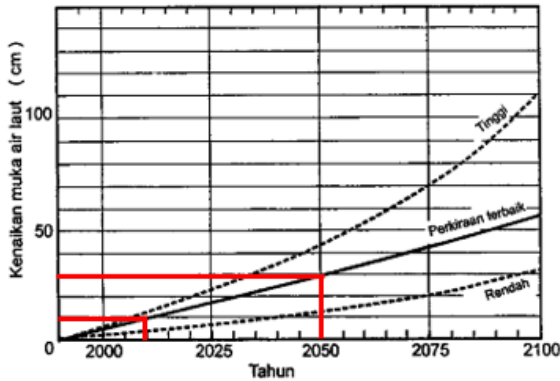
- HWL = 2,77 m
- *Wave set-up*
 - H_b = 3,958 m
 - T = 9,98 detik

Rumus yang digunakan adalah :

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

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{3,958}{9,8 \times 9,98^2}} \right] 3,958 = 0,62 \text{ m}$$

- *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 5.1. Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut

Dari grafik tersebut diperoleh nilai kenaikan muka air laut yang terjadi pada tahun 2019 dengan perkiraan terbaik adalah 10 cm = 0,1 m dan pada tahun 2050 (perencanaan umur bangunan 50 tahun) adalah 30 cm = 0,3 m.

Nilai SLR = SLR 2050 – SLR 2019

= 0,3 – 0,1 = 0.2 m

Jadi nilai elevasi muka air rencana adalah = 2,77 + 0,62 + 0,2 = 3,59 m

Tabel 5. 1 Perhitungan Muka Air Laut Rencana

No.	Elevasi Muka Air Rencana		
	Parameter	Tinggi	Satuan
1	Wave Set-up	0,62	m
2	Pasang Surut	2,77	m
3	Pemanasan Global	0,63	m
	Elevasi Muka Air	3,59	m

- *Run up* gelombang

Contoh perhitungan *Run up* gelombang

Direncanakan :

Jenis bangunan : Jetty (Kepala)

Lapis lindung : Batu Kasar

Tinggi gel.rencana : 3,299 m

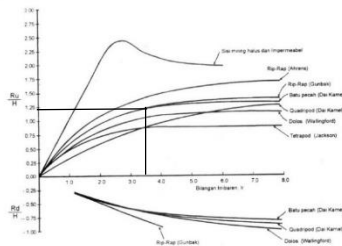
Kemiringan bangunan : 1:2

Lo : 155,377 m

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

$$I_r = \frac{0.5}{\left(\frac{3,299}{155,377}\right)^{0,5}} = 3,43$$

Bilangan I_r diplot pada grafik *Run-up* Gelombang



Dari grafik tersebut diperoleh nilai $\frac{R_u}{H} = 1,23$

Nilai Run up gelombang adalah 4,508 m. Direncanakan bangunan jetty *overtopping* maka digunakan 75% Ru yaitu 3,381 m.

Tabel 5. 2 Hasil Perhitungan Run Up Gelombang

Jenis Bangunan	H	Kemiringan	Lo	Ir	Ru/H	Ru	75%Ru
Kepala Jetty	3,299	1:2	155,377	3,88	1,25	4,508	3,381
Lengan Jetty	3,299	1:1,5	155,377	5,18	1,265	4,140	3,105

- Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan tidak diperlukan agar saat gelombang pecah *overtopping*.

Perhitungan elevasi puncak bangunan pemecah gelombang adalah sebagai berikut :

$$\text{El.puncak bangunan} = \text{el.muka air} + \text{Ru}$$

Tabel 5. 3 Perhitungan Elevasi Puncak Bangunan Batu Kasar

No	Elevasi Pemecah Gelombang		
	Parameter	Kepala (m)	Lengan (m)
1	Elevasi muka air	3,59	3,59
2	Wave Run-up batu	3,381	3,105
	Elevasi Pemecah Gelombang	6,971	6,695

5.2.2. Stabilitas batu 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 5.4 merupakan hasil perhitungan berat lapis lindung primary layer batu kasar .

- Batu Kasar

Lengan Jetty

$$K_D = 2$$

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

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

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

$$H = 3,299 \text{ m}$$

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

$$W = \frac{2,65 \times 3,299^3}{2(2,574 - 1)^3 \times 1,5} = 7,96 \text{ ton}$$

Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan Berat Butir Lapis Lindung Primary Layer Batu Kasar

Primary Layer	γ_a	γ_r	K_D	$\cot \theta$	W primary (ton)	W (kg)
Kepala	1,025	2,65	1,6	2	7,46	7461,98
Lengan	1,025	2,65	2	1,5	7,96	7959,45

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 5.5 merupakan hasil perhitungan berat lapis secondary layer batu kasar.

Tabel 5. 5 Hasil Perhitungan Berat Lapis Secondary Layer Batu Kasar

Secondary Layer	W1 (kg)	W2=W1/10 (kg)
Kepala	7461,98	746,20
Lengan	7959,45	795,95

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 5.6 merupakan hasil perhitungan berat lapis core layer batu kasar.

Tabel 5. 6 Hasil Perhitungan Berat Lapis Core Layer Batu Kasar

Core Layer	W1 (kg)	W3=W1/200 (kg)
Kepala	7461,98	37,31
Lengan	7959,45	39,80

5.2.3. Perhitungan Dimensi Bangunan

Contoh perhitungan dimensi pemecah gelombang lapis lindung *primary layer*

1. Berat butir lapis lindung batu kasar (lengan jetty)

$$W_1 = 7,96 \text{ ton}$$

2. Dimensi batu kasar

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

$$D = \left(\frac{7,96 \text{ t}}{2,65 \text{ t/m}^3} \right)^{1/3} = 1,44 \text{ m}$$

3. Lebar puncak pemecah gelombang

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

$$B = 3 \times 1,15 \times \left[\frac{7,96}{2,65} \right]^{1/3} = 4,98 \text{ m}$$

4. Tebal lapis pelindung diberikan oleh rumus :

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

$$T = 2 \times 1,15 \left[\frac{7,96}{2,65} \right]^{1/3} = 3,32 \text{ m}$$

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

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

$$N = 10 \times 2 \times 1,15 \left[1 - \frac{37}{100} \right] \left[\frac{2,65}{7,96} \right]^{2/3} = 6,96 = 7$$

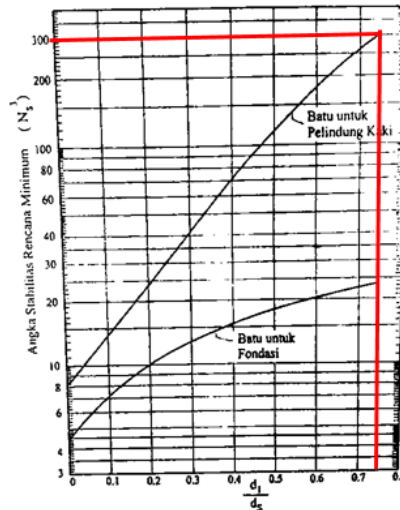
5.2.4. Toe Protection

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

$$d_s = 2,77 \text{ m}$$

$$d_l = 2,77 - 0,75 = 2,02 \text{ m}$$

$$d_l/d_s = 0,73 \text{ (lihat grafik)}$$



Gambar 5. 2 Angka Stabilitas N_s untuk Fondasi dan Pelindung Kaki

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

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

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

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

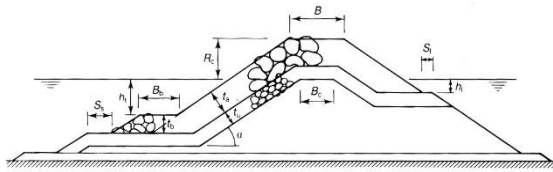
$$H = 3,299 \text{ m}$$

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

$$W = \frac{2,65 \times 3,29^3}{300 \times (2,59 - 1)^3} = 0.080 \text{ ton}$$

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

$$D = \left(\frac{0.080 \text{ t}}{2,65 \text{ t/m}^3} \right)^{1/3} = 0.39 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$$



Gambar 5. 3 Ukuran Kaki Jetty

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Dimensi Struktur Jetty Batu Kasar

Jenis Lapis Lindung	Dimensi			Dipakai	
Primary Layer	Kepala	Cot θ	`1:2		
		W	ton	7,46	7,46
		D	m	1,41	1,40
		B min	m	4,87	4,00
		t	m	3,25	3,30
		N		7,27	7,00
	Lengan	Cot θ	`1:1,5		
		W	ton	7,96	7,96
		D	m	1,44	1,40
		B min	m	4,98	4,00
		t	m	3,32	3,30
		N		6,96	7,00
Secondary Layer	Kepala	Cot θ	`1:2		
		W	ton	0,75	0,75
		D	m	0,66	0,70
		B min	m	menyesuaikan	
		t	m	1,51	1,50
		N		33,73	34,00
	Lengan	Cot θ	`1:1,5		
		W	ton	0,80	0,80
		D	m	0,67	0,70
		B min	m	menyesuaikan	
		t	m	1,54	1,50
		N		32,31	32,00
Core Layer	Kepala	Cot θ	`1:2		
		W	ton	0,04	0,04
		D	m	0,24	0,25
		B min	m	menyesuaikan	
		t	m	0,56	0,60
		N		248,51	248,00
	Lengan	Cot θ	`1:1,5		
		W	ton	0,04	0,04
		D	m	0,25	0,25
		B min	m	menyesuaikan	
		t	m	0,57	0,60
		N		238,05	238,00

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan analisis gelombang diperoleh tinggi gelombang di laut dalam dengan periode ulang 50 tahun sebesar 3,61 m dan periode gelombang 9,98 detik dan besar tinggi pasang surut diperoleh nilai HWL = 2,77 m, LWS = 0,33 m.
2. Perubahan sudut gelombang yang terjadi adalah 3,153°, tinggi gelombang pecah 4,397 m pada kedalaman 4,85 m yang berada pada jarak 255 m dari garis pantai.
3. Bangunan jetty menggunakan material batu armour dengan elevasi puncak bangunan jetty pada bagian kepala 6,971 m sedangkan elevasi puncak bangunan jetty pada bagian lengan 6,695 m.
4. Struktur jetty utama
 1. Bagian Kepala
 - Kemiringan jetty = 1:2
 - Lokasi struktur (d) = 3,3 m
 - Berat primary layer = 7,46 ton
 - Lebar primary layer = 4 m
 - Tebal primary layer = 3,3 m
 - Diameter batu = 1,4 m
 - Elevasi puncak = +6,971 m
 2. Bagian Lengan
 - Kemiringan jetty = 1:1,5
 - Berat primary layer = 7,96 ton
 - Lebar primary layer = 4 m
 - Tebal primary layer = 3,3 m
 - Diameter batu = 1,4 m
 - Elevasi puncak = +6,695 m

6.2. Saran

Perhitungan refraksi dari arah Tenggara dan Selatan dilakukan secara manual dan mendapatkan hasil tinggi

gelombang rencana yang masih besar di sekitar perencanaan. Hal itu akan mempengaruhi dimensi struktur jetty. Oleh karena itu perlu bantuan software untuk membantu menganalisis tinggi gelombang di sekitar perencanaan agar mendapatkan hasil yang lebih akurat. Selain itu, untuk meminimalisir terjadinya sedimentasi dan erosi pada sekitar bangunan jetty perlu direncanakan sebuah bangunan seperti groin guna melindungi garis pantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmodjo, Warsito. 2011. *Studi Penyebaran Sedimen Tersuspensi di Muara Sungai Porong Kabupaten Pasuruan*. Semarang : UNDIP.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Book I*. Washington : US Army Coastal Engineering Research Center.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Book II*. Washington : US Army Coastal Engineering Research Center.
- Izzati, Afkarina. 2018. *Redesign Bangunan Pengaman Pantai sebagai Alur Masuk Pelayaran Pelabuhan Perikanan Jember*. Surabaya : ITS
- Pokaton, Kern Youla. 2013. *Perencanaan Jetty di Muara Sungai Ranoyapo Amurang*. Manado : Universitas Sam Ratulangi.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Tiatmodjo, Bambang. 2011. *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset.
- USACE. 2008. *Coastal Engineering Manual*. Washington : U.S. Army Corps of Engineers

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Tabel 1. Perhitungan analisis refraksi arah tenggara

d (m)	H0 (m)	T0 (s)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L	L (m)	C (m/s)	α_0	$\sin \alpha_1$	α_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
30	3,61	9,98	155,377	15,569	0,1931	0,21930	136,801	13,708	18	0,272	15,788	0,994	0,5	0,917	3,291	0,0034	0,02	1,2	3,949	0,0040	1,14	4,502	225,105
29,1	3,61	9,98	136,801	13,708	0,2127	0,23587	123,373	12,362	15,788	0,245	14,204	0,996	0,5	0,921	3,313	0,0034	0,02	1,2	3,975	0,0041	1,15	4,571	228,564
27,3	3,61	9,98	123,373	12,362	0,2213	0,24316	112,273	11,250	14,204	0,223	12,902	0,997	0,5	0,92328	3,324	0,0034	0,02	1,2	3,989	0,0041	1,15	4,587	229,351
25	3,61	9,98	112,273	11,250	0,2227	0,24434	102,316	10,252	12,902	0,203	11,741	0,998	0,5	0,924	3,328	0,0034	0,02	1,2	3,994	0,0041	1,15	4,593	229,650
22,7	3,61	9,98	102,316	10,252	0,2219	0,24365	93,165	9,335	11,741	0,185	10,678	0,998	0,5	0,923862	3,329	0,0034	0,02	1,2	3,995	0,0041	1,15	4,594	229,702
19,5	3,61	9,98	93,165	9,335	0,2093	0,23298	83,698	8,387	10,678	0,166	9,582	0,998	0,5	0,92	3,316	0,0034	0,02	1,2	3,979	0,0041	1,15	4,575	228,772
16,4	3,61	9,98	83,698	8,387	0,1959	0,22170	73,974	7,412	9,582	0,147	8,460	0,998	0,5	0,917	3,305	0,0034	0,02	1,2	3,966	0,0041	1,15	4,561	228,061
13,15	3,61	9,98	73,974	7,412	0,1778	0,20646	63,692	6,382	8,460	0,127	7,277	0,999	0,5	0,914	3,295	0,0034	0,02	1,2	3,954	0,0041	1,15	4,547	227,344
10,5	3,61	9,98	63,692	6,382	0,1649	0,19569	53,656	5,376	7,277	0,107	6,126	0,999	0,5	0,913	3,292	0,0034	0,02	1,2	3,950	0,0040	1,14	4,504	225,176
7,9	3,61	9,98	53,656	5,376	0,1472	0,18100	43,647	4,373	6,126	0,087	4,980	0,999	0,5	0,914	3,296	0,0034	0,02	1,2	3,956	0,0041	1,14	4,509	225,469
5,9	3,61	9,98	43,647	4,373	0,1352	0,17092	34,520	3,459	4,980	0,069	3,937	0,999	0,5	0,915825	3,304	0,0034	0,02	1,2	3,965	0,0041	1,14	4,520	225,979
4,85	3,61	9,98	34,520	3,459	0,1405	0,17537	27,656	2,771	3,937	0,055	3,153	1,000	0,5	0,914502	3,300	0,0034	0,02	1,2	3,960	0,0041	1,15	4,554	227,697
4,05	3,61	9,98	27,656	2,771	0,1464	0,18034	22,458	2,250	3,153	0,045	2,560	1,000	0,5	0,914	3,299	0,0034	0,02	1,2	3,958	0,0041	1,15	4,552	227,609
3,3	3,61	9,98	22,458	2,250	0,1469	0,18075	18,257	1,829	2,560	0,036	2,081	1,000	0,5	0,914	3,299	0,0034	0,02	1,2	3,959	0,0041	1,15	4,553	227,630
2,9	3,61	9,98	18,257	1,829	0,1588	0,19068	15,209	1,524	2,081	0,030	1,733	1,000	0,5	0,913	3,296	0,0034	0,02	1,2	3,955	0,0041	1,15	4,548	227,396
2,5	3,61	9,98	15,209	1,524	0,1644	0,19529	12,801	1,283	1,733	0,025	1,459	1,000	0,5	0,913	3,296	0,0034	0,02	1,2	3,955	0,0041	1,15	4,548	227,404
2,15	3,61	9,98	12,801	1,283	0,1680	0,19831	10,842	1,086	1,459	0,022	1,236	1,000	0,5	0,913	3,296	0,0034	0,02	1,2	3,955	0,0041	1,15	4,548	227,409
1,8	3,61	9,98	10,842	1,086	0,1660	0,19664	9,154	0,917	1,236	0,018	1,043	1,000	0,5	0,913	3,296	0,0034	0,02	1,2	3,955	0,0041	1,15	4,548	227,412
1,1	3,61	9,98	9,154	0,917	0,1202	0,15827	6,950	0,696	1,043	0,014	0,792	1,000	0,5	0,92	3,321	0,0034	0,02	1,2	3,985	0,0041	1,15	4,583	229,155

Tabel 2. Perhitungan analisis refraksi arah barat daya

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 nantai db/m
30	3,61	9,98	155,377	15,569	0,1931	0,21930	136,801	13,708	70	0,827	55,828	0,780	0,5	0,917	2,583	0,0026	0,02	1,275	3,294	0,0034	1,14	3,755	187,733
29,7	3,61	9,98	136,801	13,708	0,2171	0,23960	123,958	12,421	55,828	0,750	48,562	0,921	0,5	0,922104	3,067	0,0031	0,02	1,225	3,757	0,0038	1,15	4,320	216,009
29,25	3,61	9,98	123,958	12,421	0,2360	0,25577	114,361	11,459	48,562	0,692	43,760	0,957	0,5	0,928	3,207	0,0033	0,02	1,2	3,848	0,0039	1,15	4,425	221,272
28,05	3,61	9,98	114,361	11,459	0,2453	0,26378	106,338	10,655	43,760	0,643	40,025	0,971	0,5	0,931	3,264	0,0033	0,02	1,2	3,917	0,0040	1,15	4,504	225,217
27	3,61	9,98	106,338	10,655	0,2539	0,27128	99,529	9,973	40,025	0,602	37,008	0,979	0,5	0,933907	3,301	0,0034	0,02	1,2	3,962	0,0041	1,15	4,556	227,802
25,4	3,61	9,98	99,529	9,973	0,2552	0,27241	93,242	9,343	37,008	0,564	34,327	0,983	0,5	0,934	3,316	0,0034	0,02	1,2	3,979	0,0041	1,15	4,575	228,774
23	3,61	9,98	93,242	9,343	0,2467	0,26499	86,797	8,697	34,327	0,525	31,664	0,985	0,5	0,931	3,311	0,0034	0,02	1,2	3,973	0,0041	1,15	4,569	228,429
20,2	3,61	9,98	86,797	8,697	0,2327	0,25381	79,586	7,975	31,664	0,481	28,772	0,985	0,5	0,927	3,298	0,0034	0,02	1,2	3,957	0,0041	1,15	4,551	227,536
19,2	3,61	9,98	79,586	7,975	0,2412	0,26029	73,763	7,391	28,772	0,446	26,494	0,990	0,5	0,92925	3,320	0,0034	0,02	1,2	3,984	0,0041	1,14	4,542	227,078
16,4	3,61	9,98	73,763	7,391	0,2223	0,24405	67,198	6,733	26,494	0,406	23,979	0,990	0,5	0,924	3,301	0,0034	0,02	1,2	3,962	0,0041	1,14	4,516	225,809
13,5	3,61	9,98	67,198	6,733	0,2009	0,22587	59,768	5,989	23,979	0,361	21,190	0,990	0,5	0,918	3,281	0,0034	0,02	1,2	3,937	0,0040	1,14	4,488	224,393
11	3,61	9,98	59,768	5,989	0,1840	0,21168	51,965	5,207	21,190	0,314	18,317	0,991	0,5	0,915	3,274	0,0034	0,02	1,2	3,928	0,0040	1,15	4,517	225,874
9,7	3,61	9,98	51,965	5,207	0,1867	0,21391	45,347	4,544	18,317	0,274	15,917	0,994	0,5	0,915663	3,284	0,0034	0,02	1,2	3,941	0,0040	1,15	4,532	226,616
8,85	3,61	9,98	45,347	4,544	0,1952	0,22105	40,037	4,012	15,917	0,242	14,013	0,996	0,5	0,917	3,296	0,0034	0,02	1,2	3,955	0,0041	1,15	4,548	227,403
7,9	3,61	9,98	40,037	4,012	0,1973	0,22286	35,449	3,552	14,013	0,214	12,380	0,997	0,5	0,917319	3,300	0,0034	0,02	1,2	3,961	0,0041	1,15	4,555	227,733
7,45	3,61	9,98	35,449	3,552	0,2102	0,23371	31,878	3,194	12,380	0,193	11,116	0,998	0,5	0,920163	3,314	0,0034	0,02	1,2	3,977	0,0041	1,15	4,574	228,678
6,9	3,61	9,98	31,878	3,194	0,2165	0,23905	28,865	2,892	11,116	0,175	10,054	0,998	0,5	0,922	3,323	0,0034	0,02	1,2	3,987	0,0041	1,15	4,585	229,264
6,7	3,61	9,98	28,865	2,892	0,2321	0,25329	26,452	2,650	10,054	0,160	9,206	0,999	0,5	0,927	3,342	0,0034	0,02	1,2	4,011	0,0041	1,15	4,612	230,617
6,5	3,61	9,98	26,452	2,650	0,2457	0,26466	24,560	2,461	9,206	0,149	8,542	0,999	0,5	0,931	3,358	0,0034	0,02	1,2	4,029	0,0041	1,15	4,634	231,693
6,3	3,61	9,98	24,560	2,461	0,2565	0,27356	23,030	2,308	8,542	0,139	8,006	0,999	0,5	0,934518	3,371	0,0035	0,02	1,2	4,046	0,0041	1,15	4,652	232,621
6	3,61	9,98	23,030	2,308	0,2605	0,27707	21,655	2,170	8,006	0,131	7,525	0,999	0,5	0,936	3,377	0,0035	0,02	1,2	4,052	0,0042	1,15	4,660	233,015
5,75	3,61	9,98	21,655	2,170	0,2655	0,28145	20,430	2,047	7,525	0,124	7,097	1,000	0,5	0,937525	3,383	0,0035	0,02	1,2	4,059	0,0042	1,15	4,668	233,416
5,5	3,61	9,98	20,430	2,047	0,2692	0,28469	19,319	1,936	7,097	0,117	6,710	1,000	0,5	0,939	3,388	0,0035	0,02	1,2	4,066	0,0042	1,15	4,676	233,800
5,35	3,61	9,98	19,319	1,936	0,2769	0,29150	18,353	1,839	6,710	0,111	6,373	1,000	0,5	0,941	3,396	0,0035	0,02	1,2	4,075	0,0042	1,15	4,686	234,315
5,15	3,61	9,98	18,353	1,839	0,2806	0,29477	17,471	1,751	6,373	0,106	6,065	1,000	0,5	0,942605	3,402	0,0035	0,02	1,2	4,082	0,0042	1,15	4,694	234,725
5	3,61	9,98	17,471	1,751	0,2862	0,29973	16,681	1,671	6,065	0,101	5,790	1,000	0,5	0,944183	3,408	0,0035	0,02	1,2	4,089	0,0042	1,15	4,703	235,128
4,8	3,61	9,98	16,681	1,671	0,2877	0,30113	15,940	1,597	5,790	0,096	5,532	1,000	0,5	0,945	3,411	0,0035	0,02	1,2	4,093	0,0042	1,15	4,707	235,337
4,6	3,61	9,98	15,940	1,597	0,2886	0,30188	15,238	1,527	5,532	0,092	5,288	1,000	0,5	0,945	3,411	0,0035	0,02	1,2	4,093	0,0042	1,15	4,707	235,343
4,45	3,61	9,98	15,238	1,527	0,2920	0,30493	14,594	1,462	5,288	0,088	5,063	1,000	0,5	0,946	3,414	0,0035	0,02	1,2	4,097	0,0042	1,15	4,712	235,597
4,3	3,61	9,98	14,594	1,462	0,2947	0,30731	13,992	1,402	5,063	0,085	4,854	1,000	0,5	0,947	3,418	0,0035	0,02	1,2	4,102	0,0042	1,15	4,717	235,851
4,2	3,61	9,98	13,992	1,402	0,3002	0,31227	13,450	1,348	4,854	0,081	4,666	1,000	0,5	0,949	3,425	0,0035	0,02	1,2	4,111	0,0042	1,15	4,727	236,354
4	3,61	9,98	13,450	1,348	0,2974	0,30978	12,913	1,294	4,666	0,078	4,479	1,000	0,5	0,948	3,422	0,0035	0,02	1,2	4,106	0,0042	1,15	4,722	236,107

Tabel 3. Perhitungan analisis refraksi arah barat daya (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 nantai db/m
3,6	3,61	9,98	12,913	1,294	0,2788	0,29317	12,279	1,230	4,479	0,074	4,259	1,000	0,5	0,942	3,400	0,0035	0,02	1,2	4,080	0,0042	1,15	4,692	234,608
3,2	3,61	9,98	12,279	1,230	0,2606	0,27713	11,547	1,157	4,259	0,070	4,005	1,000	0,5	0,936	3,378	0,0035	0,02	1,2	4,054	0,0042	1,15	4,662	233,111
3	3,61	9,98	11,547	1,157	0,2598	0,27643	10,853	1,087	4,005	0,066	3,763	1,000	0,5	0,935805	3,378	0,0035	0,02	1,2	4,053	0,0042	1,15	4,661	233,066
2,7	3,61	9,98	10,853	1,087	0,2488	0,26682	10,119	1,014	3,763	0,061	3,509	1,000	0,5	0,932	3,364	0,0034	0,02	1,2	4,037	0,0041	1,15	4,642	232,119
2,55	3,61	9,98	10,119	1,014	0,2520	0,26962	9,458	0,948	3,509	0,057	3,279	1,000	0,5	0,933	3,368	0,0035	0,02	1,2	4,041	0,0041	1,15	4,647	232,373
2,4	3,61	9,98	9,458	0,948	0,2538	0,27115	8,851	0,887	3,279	0,054	3,069	1,000	0,5	0,93376	3,371	0,0035	0,02	1,2	4,045	0,0041	1,15	4,651	232,567
2,3	3,61	9,98	8,851	0,887	0,2599	0,27647	8,319	0,834	3,069	0,050	2,884	1,000	0,5	0,935853	3,378	0,0035	0,02	1,2	4,054	0,0042	1,15	4,662	233,092
2,15	3,61	9,98	8,319	0,834	0,2584	0,27524	7,811	0,783	2,884	0,047	2,708	1,000	1,5	0,935	3,375	0,0035	0,02	1,2	4,050	0,0041	1,15	4,658	232,882
2	3,61	9,98	7,811	0,783	0,2560	0,27311	7,323	0,734	2,708	0,044	2,538	1,000	2,5	0,934	3,372	0,0035	0,02	1,2	4,046	0,0041	1,15	4,653	232,634
1,8	3,61	9,98	7,323	0,734	0,2458	0,26460	6,803	0,682	2,538	0,041	2,358	1,000	3,5	0,931	3,361	0,0034	0,02	1,2	4,033	0,0041	1,15	4,638	231,887
1,6	3,61	9,98	6,803	0,682	0,2352	0,25508	6,273	0,629	2,358	0,038	2,174	1,000	4,5	0,928	3,350	0,0034	0,02	1,2	4,020	0,0041	1,15	4,623	231,141
1,4	3,61	9,98	6,273	0,629	0,2232	0,24479	5,719	0,573	2,174	0,035	1,982	1,000	5,5	0,924	3,335	0,0034	0,02	1,2	4,003	0,0041	1,15	4,603	230,145
1,2	3,61	9,98	5,719	0,573	0,2098	0,23342	5,141	0,515	1,982	0,031	1,782	1,000	6,5	0,92	3,321	0,0034	0,02	1,2	3,985	0,0041	1,15	4,583	229,150

Tabel 4. Perhitungan analisis refraksi arah selatan

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 nantai db/m
30	3,61	9,98	155,377	15,569	0,1931	0,21930	136,801	13,708	25	0,372	21,845	0,988	0,5	0,917	3,271	0,0034	0,02	1,2	3,925	0,0040	1,14	4,475	223,744
29,15	3,61	9,98	136,801	13,708	0,2131	0,23618	123,422	12,367	21,845	0,336	19,615	0,993	0,5	0,921	3,300	0,0034	0,02	1,2	3,960	0,0041	1,15	4,555	227,729
27,8	3,61	9,98	123,422	12,367	0,2252	0,24654	112,761	11,299	19,615	0,307	17,861	0,995	0,5	0,925	3,322	0,0034	0,02	1,2	3,986	0,0041	1,15	4,584	229,215
26,2	3,61	9,98	112,761	11,299	0,2323	0,25263	103,709	10,392	17,861	0,282	16,385	0,996	0,5	0,927	3,333	0,0034	0,02	1,2	4,000	0,0041	1,15	4,600	229,992
23,5	3,61	9,98	103,709	10,392	0,2266	0,24770	94,874	9,506	16,385	0,258	14,955	0,997	0,5	0,925	3,328	0,0034	0,02	1,2	3,993	0,0041	1,15	4,592	229,603
20,7	3,61	9,98	94,874	9,506	0,2182	0,24052	86,065	8,624	14,955	0,234	13,538	0,997	0,5	0,923	3,322	0,0034	0,02	1,2	3,986	0,0041	1,15	4,584	229,190
18,5	3,61	9,98	86,065	8,624	0,2150	0,23781	77,793	7,795	13,538	0,212	12,216	0,997	0,5	0,922	3,320	0,0034	0,02	1,2	3,984	0,0041	1,15	4,581	229,056
15,1	3,61	9,98	77,793	7,795	0,1941	0,22016	68,587	6,872	12,216	0,187	10,752	0,997	0,5	0,917	3,302	0,0034	0,02	1,2	3,962	0,0041	1,15	4,556	227,823
12	3,61	9,98	68,587	6,872	0,1750	0,20415	58,780	5,890	10,752	0,160	9,200	0,998	0,5	0,914	3,292	0,0034	0,02	1,2	3,950	0,0040	1,14	4,503	225,152
10	3,61	9,98	58,780	5,890	0,1701	0,20008	49,979	5,008	9,200	0,136	7,813	0,998	0,5	0,913	3,290	0,0034	0,02	1,2	3,948	0,0040	1,14	4,501	225,034
7,5	3,61	9,98	49,979	5,008	0,1501	0,18335	40,905	4,099	7,813	0,111	6,388	0,998	0,5	0,913	3,291	0,0034	0,02	1,2	3,949	0,0040	1,14	4,502	225,093
5,9	3,61	9,98	40,905	4,099	0,1442	0,17850	33,054	3,312	6,388	0,090	5,158	0,999	0,5	0,914	3,296	0,0034	0,02	1,2	3,955	0,0041	1,15	4,548	227,421
4,8	3,61	9,98	33,054	3,312	0,1452	0,17931	26,769	2,682	5,158	0,073	4,175	0,999	0,5	0,914	3,297	0,0034	0,02	1,2	3,957	0,0041	1,15	4,550	227,509
4,1	3,61	9,98	26,769	2,682	0,1532	0,18595	22,049	2,209	4,175	0,060	3,438	1,000	0,5	0,913	3,295	0,0034	0,02	1,2	3,953	0,0041	1,15	4,546	227,322
3,5	3,61	9,98	22,049	2,209	0,1587	0,19059	18,364	1,840	3,438	0,050	2,863	1,000	0,5	0,913	3,295	0,0034	0,02	1,2	3,954	0,0041	1,15	4,547	227,356
3,05	3,61	9,98	18,364	1,840	0,1661	0,19671	15,505	1,554	2,863	0,042	2,417	1,000	0,5	0,913	3,295	0,0034	0,02	1,2	3,954	0,0041	1,15	4,548	227,378
2,6	3,61	9,98	15,505	1,554	0,1677	0,19805	13,128	1,315	2,417	0,036	2,046	1,000	0,5	0,913	3,296	0,0034	0,02	1,2	3,955	0,0041	1,15	4,548	227,390
2,3	3,61	9,98	13,128	1,315	0,1752	0,20432	11,257	1,128	2,046	0,031	1,755	1,000	0,5	0,914	3,299	0,0034	0,02	1,2	3,959	0,0041	1,15	4,553	227,649
1,9	3,61	9,98	11,257	1,128	0,1688	0,19897	9,549	0,957	1,755	0,026	1,488	1,000	0,5	0,913	3,296	0,0034	0,02	1,2	3,955	0,0041	1,15	4,548	227,404
1,2	3,61	9,98	9,549	0,957	0,1257	0,16292	7,366	0,738	1,488	0,020	1,148	1,000	0,5	0,918	3,314	0,0034	0,02	1,2	3,977	0,0041	1,15	4,573	228,649
0,9	3,61	9,98	7,366	0,738	0,1222	0,15998	5,626	0,564	1,148	0,015	0,877	1,000	0,5	0,91812	3,320	0,0034	0,02	1,2	3,984	0,0041	1,15	4,582	229,106
0,7	3,61	9,98	5,626	0,564	0,1244	0,16187	4,324	0,433	0,877	0,012	0,674	1,000	0,5	0,918571	3,316	0,0034	0,02	1,2	3,979	0,0041	1,15	4,576	228,801
0,6	3,61	9,98	4,324	0,433	0,1387	0,17391	3,450	0,346	0,674	0,009	0,538	1,000	0,5	0,915	3,303	0,0034	0,02	1,2	3,964	0,0041	1,15	4,558	227,914

Tabel 5. Perhitungan Gelombang Pecah

d (m)	H0 (m)	T0 (s)	H'o (m)	H'o/d	Breaking Wave	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb (m)	Hb/gT ²	db/Hb	db (m)	jarak dari garis pantai db/m
30	3,61	9,98	3,791	0,126	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
29,1	3,61	9,98	3,791	0,130	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
27,3	3,61	9,98	3,791	0,139	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
25	3,61	9,98	3,791	0,152	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
22,7	3,61	9,98	3,791	0,167	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
19,5	3,61	9,98	3,791	0,194	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
16,4	3,61	9,98	3,791	0,231	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
13,15	3,61	9,98	3,791	0,288	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
10,5	3,61	9,98	3,791	0,361	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
7,9	3,61	9,98	3,791	0,480	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
5,9	3,61	9,98	3,791	0,642	Tidak	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
4,85	3,61	9,98	3,791	0,782	Ya	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
4,05	3,61	9,98	3,791	0,936	Ya	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
3,3	3,61	9,98	3,791	1,149	Ya	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
2,9	3,61	9,98	3,791	1,307	Ya	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
2,5	3,61	9,98	3,791	1,516	Ya	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
2,15	3,61	9,98	3,791	1,763	Ya	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
1,8	3,61	9,98	3,791	2,106	Ya	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826
1,1	3,61	9,98	3,791	3,446	Ya	0,0039	0,02	1,16	4,397	0,0045	1,15	5,057	252,826



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

JUDUL GAMBAR

LAYOUT JETTY

DOSEN PEMBIMBING

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

NAMA MAHASISWA

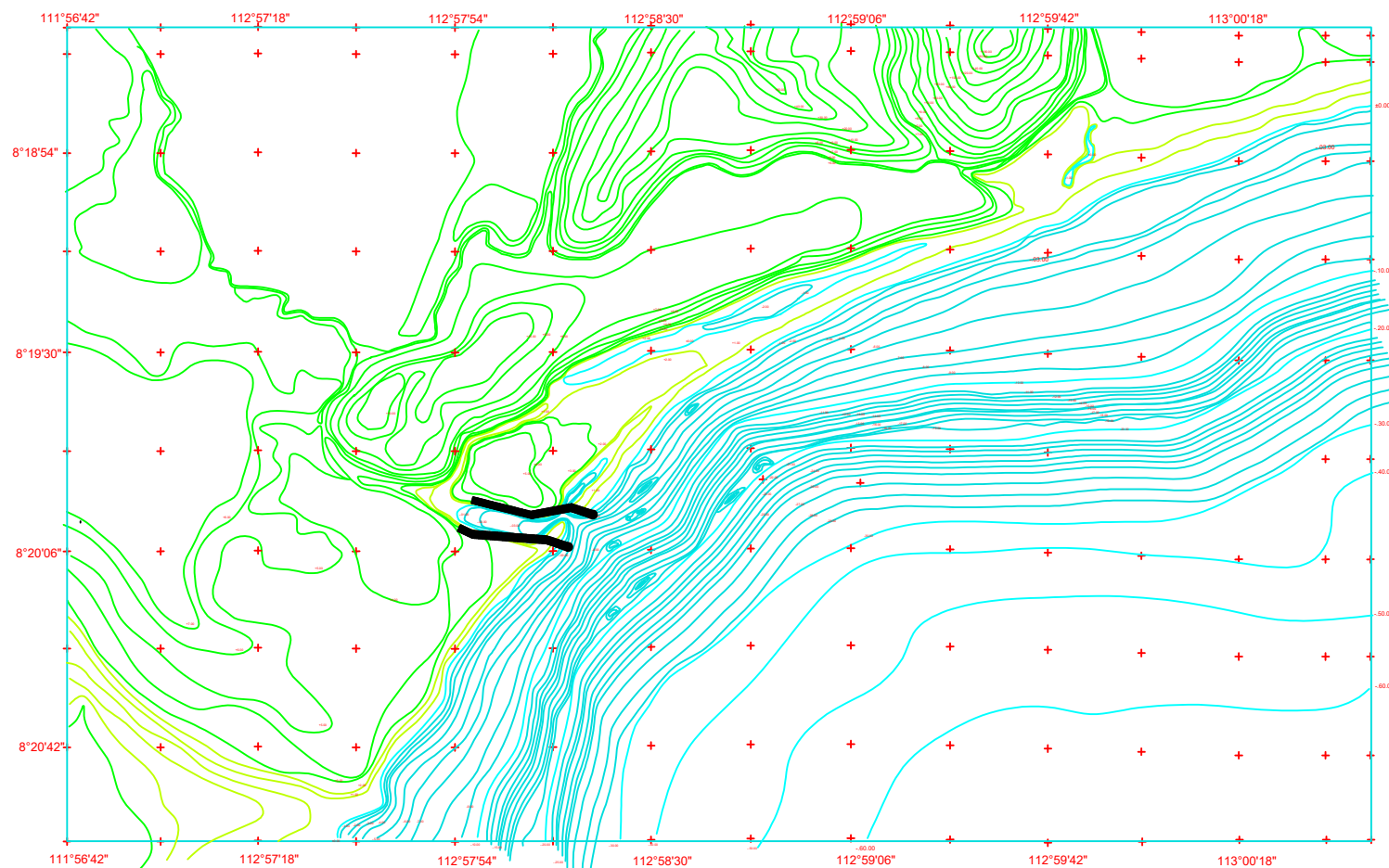
BUNGA AYU RAMADHANI
0311154000016

SKALA GAMBAR

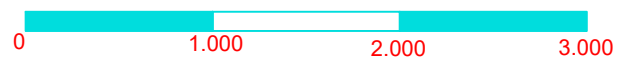
1 : 40.000

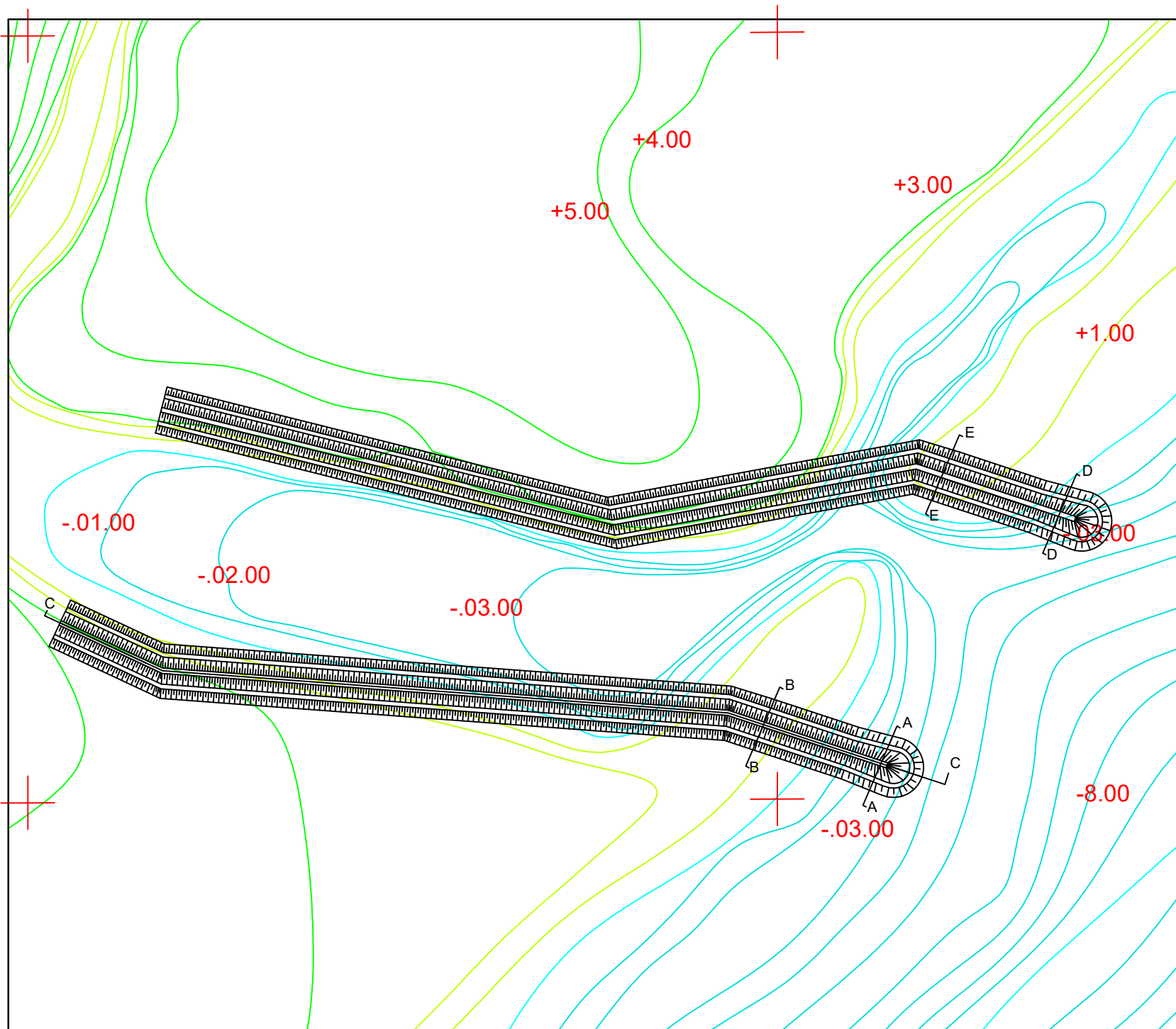
NOMOR
GAMBAR

1



PANTAI SUNGAI RAWAAN





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

JUDUL GAMBAR

LAYOUT JETTY

DOSEN PEMBIMBING

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

NAMA MAHASISWA

BUNGA AYU RAMADHANI
 0311154000016

SKALA GAMBAR

1 : 4.000

NOMOR
 GAMBAR

2



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

JUDUL GAMBAR

LAYOUT JETTY

DOSEN PEMBIMBING

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

NAMA MAHASISWA

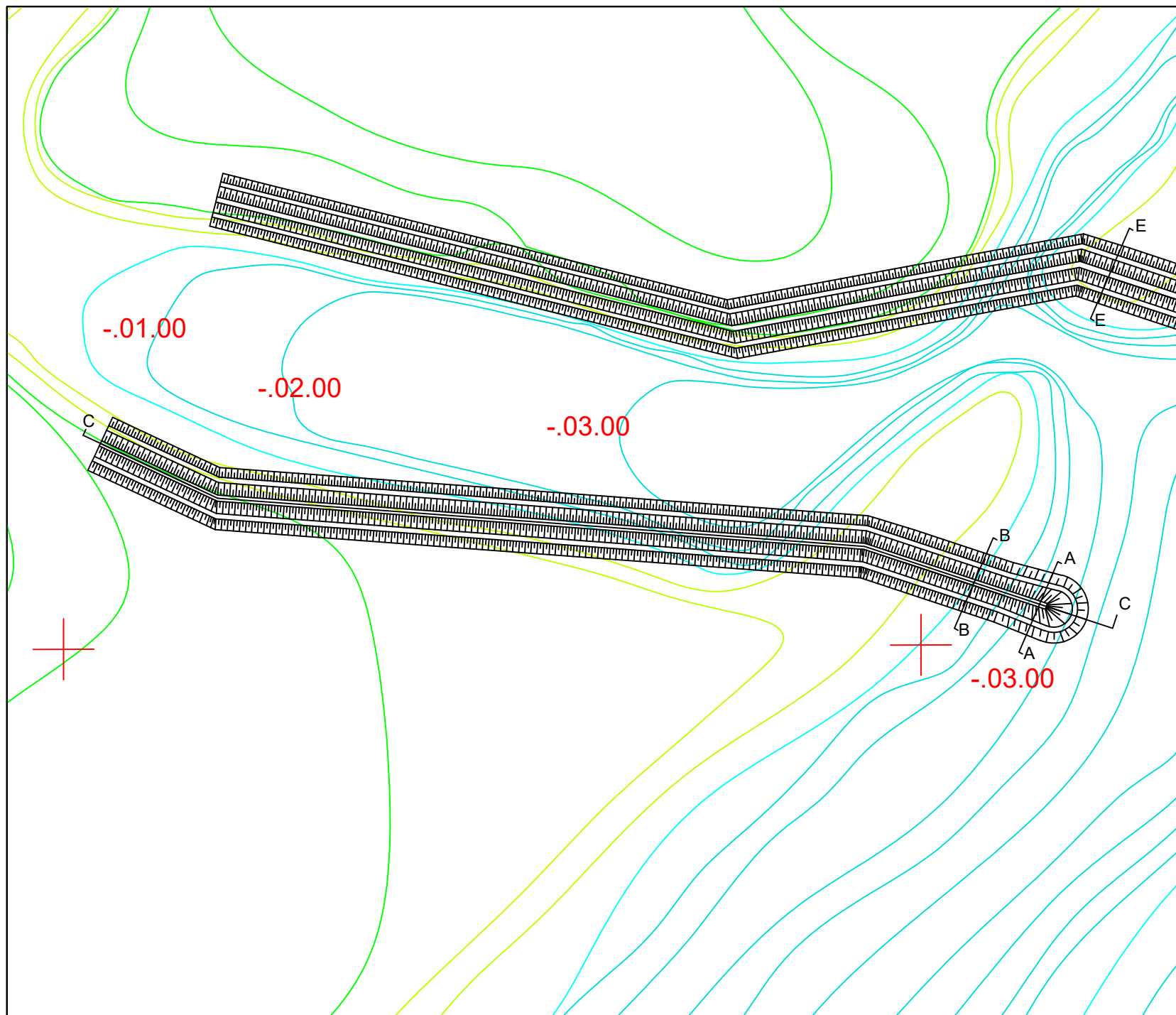
BUNGA AYU RAMADHANI
0311154000016

SKALA GAMBAR

1 : 3.500

NOMOR
GAMBAR

3





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

JUDUL GAMBAR

LAYOUT JETTY

DOSEN PEMBIMBING

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

NAMA MAHASISWA

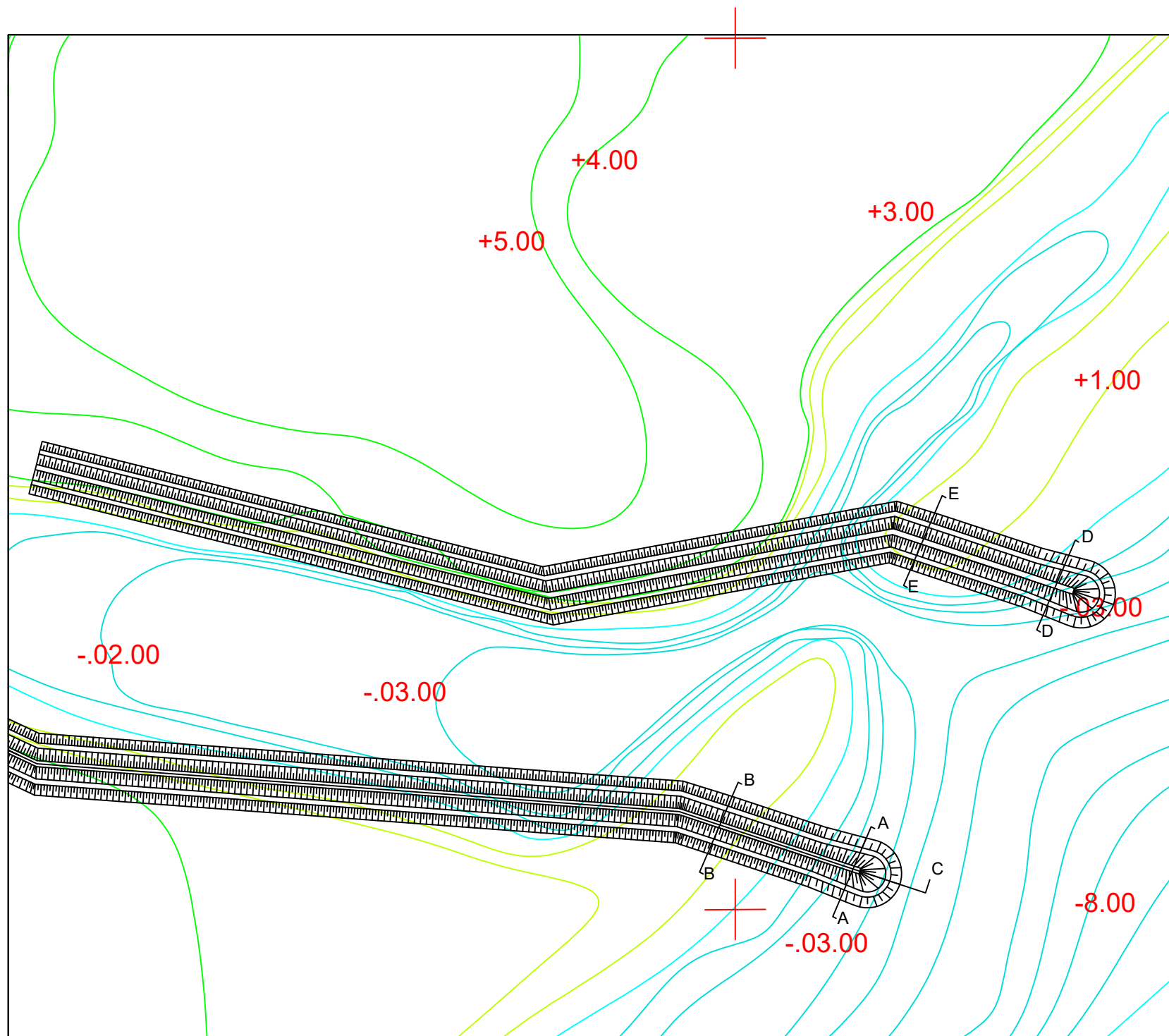
BUNGA AYU RAMADHANI
03111540000016

SKALA GAMBAR

1 : 3.500

NOMOR
GAMBAR

4





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

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
JETTY I

DOSEN PEMBIMBING

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

NAMA MAHASISWA

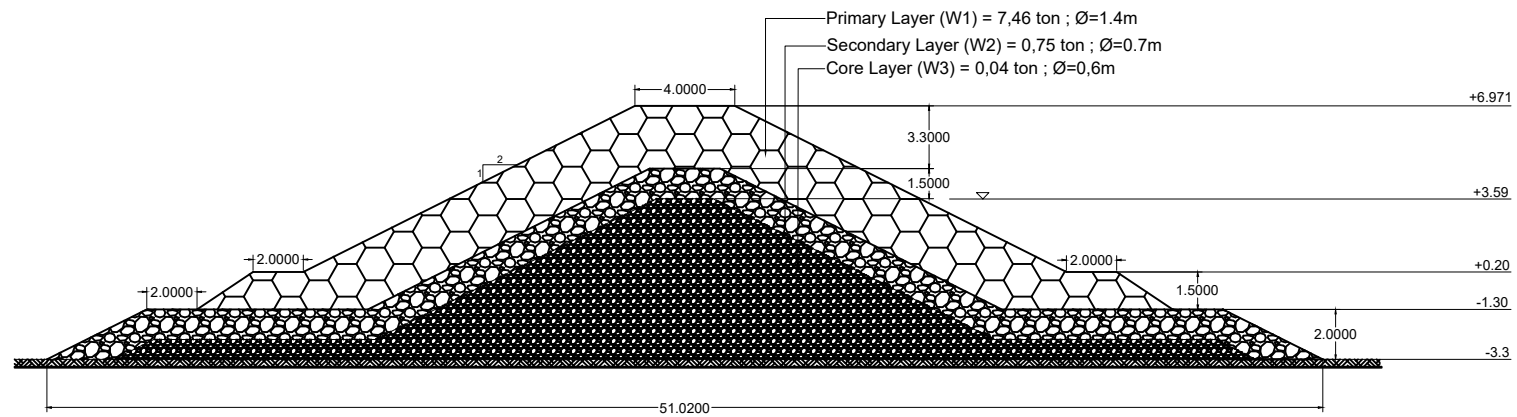
BUNGA AYU RAMADHANI
0311154000016

SKALA GAMBAR

1 : 300

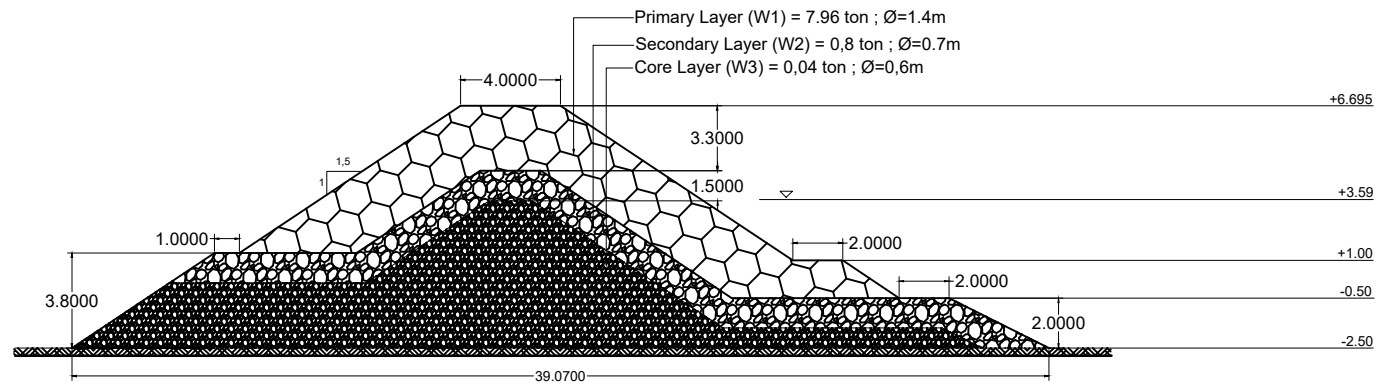
NOMOR GAMBAR

5



KEPALA JETTY POTONGAN A-A

SKALA 1 : 300



LENGAN JETTY POTONGAN B-B

SKALA 1 : 300



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

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JETTY

DOSEN PEMBIMBING

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

NAMA MAHASISWA

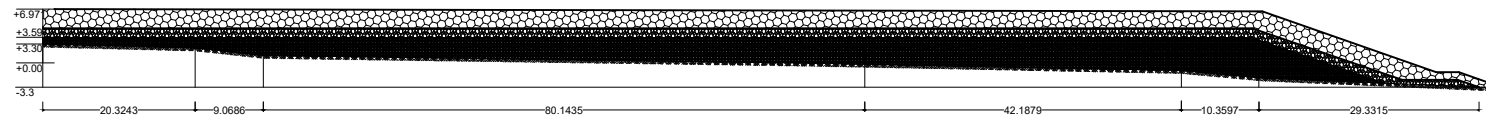
BUNGA AYU RAMADHANI
0311154000016


SKALA GAMBAR

1 : 1.000

NOMOR GAMBAR

6



 POTONGAN MEMANJANG C-C
SKALA 1 : 1000



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

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
JETTY I

DOSEN PEMBIMBING

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

NAMA MAHASISWA

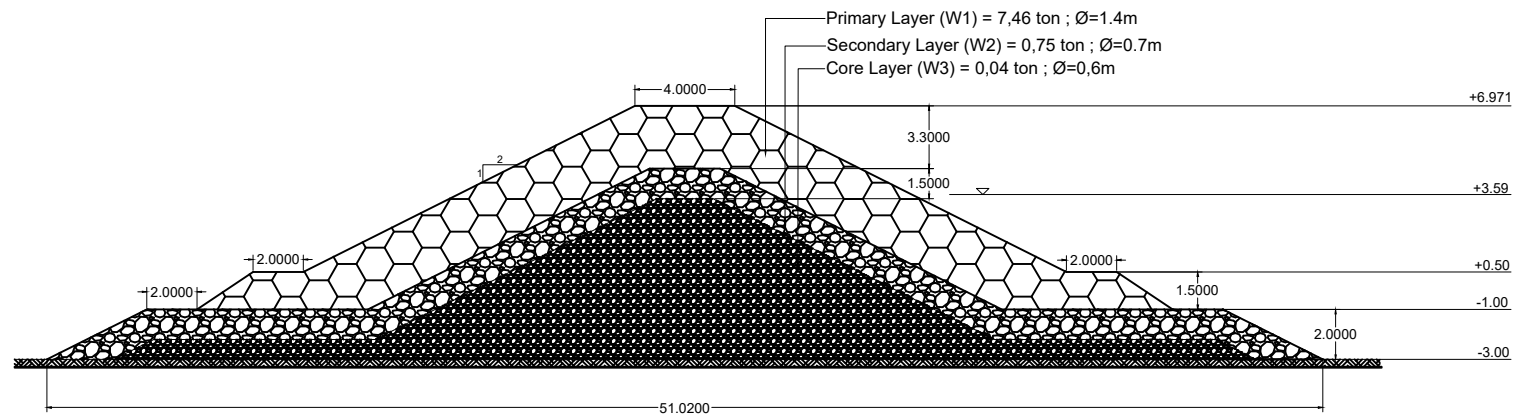
BUNGA AYU RAMADHANI
0311154000016

SKALA GAMBAR

1 : 300

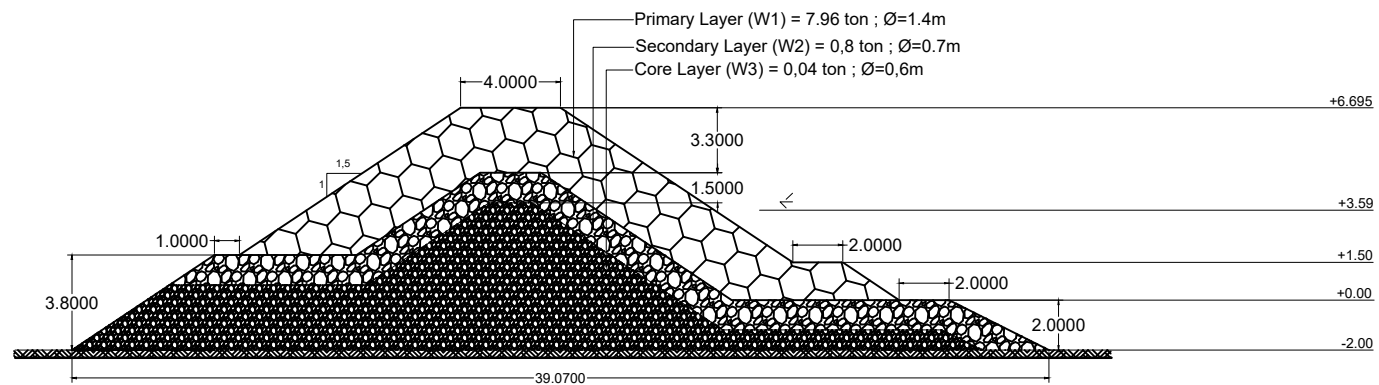
NOMOR GAMBAR

7



KEPALA JETTY POTONGAN D-D

SKALA 1 : 300



LENGAN JETTY POTONGAN E-E

SKALA 1 : 300



NAMA PEMIMPING	Dr. techa Umboro Lasminato, ST, M.Sc
NAMA MAHASISWA	Beaga Ayu Ramadhani
NRP	030154000006
JUDUL TUGAS AKHIR	Perencanaan Ulang Bangunan Pengendali Sedimen di Muaru Kali Kauran Kabupaten Lumajang
TANGGAL PROPOSAL	16 Nopember 2018
NO. SP-MMTA	036173/175.VI.41/PP.05.04-00/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	10/15/2018	Agenda pertemuan in kelompok.		
2.	16/15/2018	Periode Ulang	Refraksi	
3.	23/15/2018	Windrose	Refraksi Dimensi Struktur	
4.	29/15/2018	Refraksi Dimensi struktur Gde kembali hrgy jetty	Dimensi struktur Gambar perencanaan	
5.	31/12/2018	Abstrak + Laporan	Abstrak & Laporan + Gambar	
6.	31/01/2019	Laporan	Laporan	



Form AK/TA 04
ms01

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



NAMA PEMBIMBING	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc
NAMA MAHASISWA	Bunga Ayu Ramadhani
NRP	03111540000016
JUDUL TUGAS AKHIR	Perencanaan Ulang Pangunan Pengendali Sedimen di Muara Kali Rawaan Kabupaten Lumajang
TANGGAL PROPOSAL	16 Nopember 2018
NO. SP-MMTA	086173 / ITS VI. 4.1 / PP 05 02 00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	14/2019 /2	Analisa data angin	Periode Ulang	 14/2-2019
2.	15/2019 /5	Periode Ulang	Coelombang Pecah	 15/5-2019
3.	23/2019 /5	Coelombang pecah	Refraksi	 23/5-2018.
4.	27/2019 /5	Refraksi	Dimensi struktur	 27/5-2018.
5.	11/2020 /01	Laporan	Laporan	 11-1-20



Form AK. TA.04

PROGRAM STUDI 5-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It. 2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp. 031-5946094, Fax. 031-5947284



NAMA PEMBIMBING	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc
NAMA MAHASISWA	Bunga Ayu Ramadhani
NRP	03111540000016
JUDUL TUGAS AKHIR	Perencanaan Ulang Bangunan Pengendali Sedimen di Muara Kali Rawaan Kabupaten Lumajang
TANGGAL PROPOSAL	16 Nopember 2018
NO SP-MMTA	086193/ITS VI.41/PP.05.02.00/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6	30/10/2020	Laporan	Perhitungan Jetty	<i>[Signature]</i> 30/10-2020
7	01/11/2020	Perhitungan Jetty		<i>[Signature]</i> 1/11-2020

BIODATA PENULIS



Bunga Ayu Ramadhani, Penulis dilahirkan di Sukoharjo, 20 Januari 1997, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK BA Aisyah (Sukoharjo), SDN 1 Jetis (Sukoharjo), SMP Negeri 1 (Sukoharjo), SMA Negeri 1 (Sukoharjo). Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Sukoharjo tahun 2015, Penulis mengikuti SNMPTN dan diterima di Departemen S1 Teknik Sipil FTSPK-

ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 0311154000016. 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 pusat data dan informasi pada tahun 2017/2018. Apabila ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat berkomunikasi via email : bungabar16@gmail.com