



REDESIGN SHORE PROTECTION
KAWASAN INDUSTRI KENDAL (KIK)

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI
(UNDARIS)**

Disusun Oleh:

FACHRI FATKHUR RIZAL NIM 18210021

ENDRO SULISTRIONO NIM 18210030

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
(UNGARAN)**

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

REDESIGN SHORE PROTECTION KAWASAN INDUSTRI KENDAL (KIK)

Disusun Oleh:

FACHRI FATKHUR RIZAL NIM 18210021

ENDRO SULISTRIONO NIM 18210030

Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Diperiksa dan Disetujui

Pembimbing I



Ir. Totok Apriyanto, M.T

NIDN.0019046101

Pembimbing II



Ratih Pujiastuti, S.T, M.T

NIDN.0623068302

LEMBAR PENGESAHAN

REDESIGN SHORE PROTECTION KAWASAN INDUSTRI KENDAL (KIK)

Disusun Oleh:

FACHRI FATKHUR RIZAL

NIM 18210021

ENDRO SULISTRIONO

NIM 18210030


Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal:

27 April 2024

Tugas akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji:

Ketua : Ir. Hartopo, MT

()th

Anggota 1 : Ir. Totok Apriyanto, MT

()

Anggota 2 : Ratih Pujiastuti, ST, MT

()

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNDARIS



(Alim Muhroni, S.T., M.T.)

NIDN. 0630049501

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Fachri Fatkhur Rizal
NIM : 18.21.0021
Judul : Redesign *Shore Protection* Kawasan Industri Kendal (KIK)

2. Nama : Endro Sulistriono
NIM : 18.21.0030
Judul : Redesign *Shore Protection* Kawasan Industri Kendal (KIK)

Menyatakan bahwa naskah Skripsi Tugas Akhir ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Ungaran, 27 April 2024

Yang membuat pernyataan

Penyusun



Fachri Fatkhur Rizal

18.21.0021



Endro Sulistriono

18.21.0030

ABSTRAK

Peristiwa abrasi di garis pantai pada kawasan KIK terus terjadi sehingga membuat garis batas lahan mengalami kemunduran. Bangunan pelindung pantai yang ada saat ini berada pada batas KIK existing. KIK direncanakan untuk diperluas lagi areanya sehingga diperlukan bangunan pelindung pantai yang sesuai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perencanaan ulang di Kawasan Industri Kendal (KIK) pada batas area mendatang.

Dalam melakukan penelitian ini digunakan data angin harian periode tahun 2017 - 2023 dari Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas Semarang. Data tanah diambil dari studi lain yang lokasinya berdekatan. Analisis yang dilakukan antara lain perhitungan fetch, windrose, gelombang, desain bangunan dan perhitungan gaya pada konstruksi *shore protection*.

Berdasarkan dari hasil analisis windrose, diketahui bahwa arah gelombang dominan adalah barat laut. Pada perhitungan gelombang diperoleh nilai tinggi gelombang adalah sebesar 2,45 m dan periode gelombang 8,32 dt. Berdasarkan hasil perhitungan, gelombang pecah akan terjadi pada kedalaman 2,02 m. Karena lokasi bangunan berada di kedalaman 2m, Dimana terjadi gelombang pecah, maka digunakan tinggi gelombang pecah dalam perencanaan bangunan. Bangunan pelindung pantai yang direkomendasikan adalah konstruksi *shore protection* atau tanggul laut tetrapod. Berdasarkan perhitungan, diketahui rekomendasi design tanggul laut yaitu elevasi puncak pemecah gelombang 4,76 meter, lebar puncak 3,55 meter, panjang dasar bangunan 22,45 meter, kemiringan belakang 1:1, kemiringan lengan 1:2, jenis material lapis lindung pertama menggunakan tetrapod dan lapis lindung kedua dan ketiga menggunakan pasangan batu belah dengan 2 kombinasi ukuran 15/20 dan 5/7. Dari perhitungan stabilitas menghasilkan stabilitas terhadap geser $SF = 32,35 > 1,5$ (OK) dan stabilitas terhadap Guling $SF = 4,50 > 1,5$ (OK), maka dapat dinyatakan bahwa kontrol stabilitas tersebut telah memenuhi syarat dan aman.

ABSTRACT

Abrasion incidents on the coastline in the KIK area continue to occur, causing land boundaries to decline. The existing coastal protection structures are at the existing KIK boundary. KIK is planning to expand its area further so that appropriate coastal protection buildings are needed. The aim of this research is to carry out re-planning in the Kendal Industrial Area (KIK) at the boundaries of the future area.

In conducting this research, daily wind data for the period 2017 - 2023 from the Tanjung Emas Maritime Meteorological Station, Semarang, was used. Soil data were taken from other studies located nearby. The analysis carried out includes fetch, windrose, wave calculations, building design and force calculations in shore protection construction.

Based on the results of the windrose analysis, it is known that the dominant wave direction is northwest. In wave calculations, the wave height value is 2.45 m and the wave period is 8.32 sec. Because the building location is at a depth of 2m, where breaking waves occur, the breaking wave height is used in building planning. The recommended coastal protection building is shore protection construction or a tetrapod sea wall. Based on calculations, it is known that the recommended design for sea embankments is the height of the breakwater peak of 4.76 meters, the peak width of 3.55 meters, the base length of the building 22.45 meters, the back slope of 1:1, the arm slope of 1:2, the type of material for the first layer of protection using tetrapods and the second and third layers of protection using split stone pairs with 2 combinations of sizes 15/20 and 5/7. From the stability calculation which produces stability against sliding $SF = 32,35 > 1.5$ (OK) and stability against rolling $SF = 4,50 > 1.5$ (OK), it can be stated that the stability control meets the requirements and is safe.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan berkah dan kesehatan, sehingga kami dapat menyelesaikan dan Menyusun tugas Akhir ini dengan judul **“Redesign Shore Protection Kawasan Industri Kendal (KIK)”** dengan baik dan tepat pada waktu yang telah ditentukan.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus ditempuh setiap mahasiswa dan merupakan tahap akhir dalam menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana program Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Center GUPPI Ungaran

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari beberapa pihak, maka pada kesempatan ini ingin menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta dan saudara- saudaraku tercinta. Terimakasih atas segala do'a, kepercayaan, cinta kasih yang tiada henti diberikan kepada penulis, dan senantiasa memberikan motivasi yang luar biasa sehingga mampu memberikan pencerahan dan penguatan yang sangat berarti bagi penulis.
2. Rektor UNDARIS, Dr. Drs. Hono Sejati, S.H., M. Hum. Beserta segenap jajarannya, yang telah memberikan fasilitas pendidikan yang membantu dalam proses pembelajaran pada Fakultas Teknik.
3. Dekan Fakultas Teknik UNDARIS, Bapak Abdullah, S.T.,M.T. Yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian, serta dorongan semangat dalam penyusunan tugas akhir.
4. Kaprodi Fakultas Teknik UNDARIS, Bapak Alim Muhroni, S.T.,M.T. Yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian, serta dorongan semangat dalam penyusunan tugas akhir.
5. Bapak Ir. Hartopo, MT selaku Ketua Tim Penguji Tugas Akhir dan selaku dosen Fakultas Teknik yang telah memberikan banyak ilmu selama penulis berkuliah.
6. Bapak Ir. Totok Apriyanto, MT selaku Dosen Penguji Tugas Akhir sekaligus Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan arahan, masukan, saran, dan nasehat serta bimbingan yang berarti dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Ibu Ratih Pujiastuti S.T, M.T selaku Dosen Penguji Tugas Akhir Sekaligus Dosen Pembimbing II Laporan Tugas Akhir yang selalu memberikan arahan, masukan,

saran, dan serta nasehat serta bimbingan yang berarti dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

8. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS).
9. Para teman-teman mahasiswa Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) serta teman – teman Fakultas Teknik, yang telah memberikan semangat, dukungan dan sarannya.
10. Seluruh pihak yang terkait dalam penyusunan tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu – persatu, dan telah membantu dalam penyusunan laporan ini sehingga dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis membuka pintu yang seluas-luasnya bagi para pembaca laporan ini baik berupa kritikan, masukan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini guna kemajuan bersama dan semoga bermanfaat bagi kita semua

Ungaran, 27 April 2024

Penyusun



FACHRI FATKHUR RIZAL
NIM: 18.21.0021



ENDRO SULISTRIONO
NIM: 18.21.0030

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	3
1.4. Lokasi Studi	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Uraian Umum.....	4
2.2 Analisis <i>Hydro-Oceanography</i>	4
2.2.1 Pasang Surut	4
2.2.2 Kecepatan Angin	5
2.2.3 Fetch	5
2.2.4 Gelombang.....	6
2.3.4.1. Gelombang Rencana	6
2.3.4.2. Refraksi.....	9
2.3.4.3. Difraksi	11
2.3.4.4. Gelombang pecah.....	12
2.3.4.5. Peramalan Tinggi Gelombang Berdasarkan Data Angin.....	14
2.3.4.6. Analisis Stabilitas.....	15
1. Informasi Data	15
2. Tekanan Hidrostatik Pasif	16

3. Menghitung Gaya <i>Uplift</i>	16
4. Berat Bangunan.....	17
5. Stabilitas Lereng dan Faktor Keamanan Terhadap Geser Guling	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Pendahuluan.....	19
3.2. Data Penelitian.....	19
3.3. Alat Penelitian.....	20
3.4. Bagan Alir Penelitian.....	21
BAB IV.....	23
ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 IDENTIFIKASI MASALAH.....	23
4.2 ALTERNATIF BANGUNAN PANTAI	24
4.3 <i>ANALISIS HYDRO-OCEANOGRAPHY</i>	27
4.3.1. Pasang Surut.....	27
4.3.2. Angin	28
4.3.3. Fetch	29
4.3.4. Gelombang.....	31
4.4 ANALISIS STABILITAS	39
4.4.1 Informasi Data	39
4.4.2 Tekanan Hidrostatik Pasif	39
4.4.3 Menghitung Gaya <i>Uplift</i>	40
4.4.4 Berat Bangunan.....	40
4.4.5 Faktor Keamanan Terhadap Geser Guling	41
4.4.6 Terhadap Penggulingan	42
BAB V PENUTUP	43
5. 1. Kesimpulan	43
5. 2. Saran	44
GAMBAR SHORE PROTECTION.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Peta lokasi studi redesign shore Protection dan	2
Gambar 2. 1	Refraksi Gelombang pada Pantai	10
Gambar 2. 2	Difraksi Gelombang di Belakang Rintang	11
Gambar 2. 3	Penentuan Tinggi Gelombang Pecah	14
Gambar 2. 4	Penentuan gelombang Pecah.....	14
Gambar 2. 5	Penampang alternatif.....	17
Gambar 4. 1	Area Terdampak Abrasi Kawasan Industri Kendal (KIK).....	24
Gambar 4. 2	Ilustrasi Groin.....	25
Gambar 4. 3	Ilustrasi Break Water.....	26
Gambar 4. 4	Contoh Gambar DED Shore Protection KIK Kendal Saat Ini	26
Gambar 4. 5	Shore Protection	27
Gambar 4. 6	Windrose pada Lokasi Studi	29
Gambar 4. 7	Panjang Fetch	30
Gambar 4. 8	Penentuan Tinggi Gelombang Pecah	34
Gambar 4. 9	Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah.....	35
Gambar 4. 10	Grafik Runup Gelombang.....	36
Gambar 4. 11	Alternatif Bangunan Shore Protection	38
Gambar 4. 12	Diagram Gaya	39
Gambar 4. 13	Penampang alternatif.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Presentase Kejadian Angin 5 Tahun Terakhir	5
Tabel 2. 2 Klasifikasi Gelombang berdasarkan Kedalaman Relatif (SPM 1984)	6
Tabel 2. 3 Koefisien Untuk menghitung Defiasi Standar	9
Tabel 2. 4 Sudut Geser Dalam (\emptyset).....	16
Tabel 2. 5 Tabel Perhitungan Berat Kontruksi	17
Tabel 2. 6 Klasifikasi kestabilan lereng Ray dan De Smitd (2009).....	18
Tabel 4. 1 Persentase Kejadian Angin Tahun 2017 – 2023	28
Tabel 4. 2 Perhitungan Fetch Rerata Efektif.....	30
Tabel 4. 3 Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang.....	32
Tabel 4. 4 Gelombang dan Periode Yang Telah Diurutkan.....	32
Tabel 4. 5 Perhitungan Berat Kontruksi	41

DAFTAR NOTASI

A	=	Parameter skala
α	=	Deviasi pada kedua sisi dari arah angin , dengan menggunakan penambahan 6° sampai sudut 42° pada kedua sisi dari arah angin
α_0	=	Sudut antara garis puncak gelombang dengan kontur dasar dimana gelombang melintas.
B	=	Parameter lokasi
D_0	=	Kedalaman air pada saat gelombang pecah
F_{eff}	=	Fetch rerata efektif
G	=	Percepatan gravitasi
H	=	Tinggi gelombang
\hat{H}	=	Tinggi gelombang dengan nilai tertentu
H_b	=	Tinggi gelombang pecah
H_0	=	Tinggi gelombang di laut dalam
H'_0	=	Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen
H_p	=	Tinggi gelombang di titik P
I_r	=	Bilangan irribaren
H_{sm}	=	Tinggi gelombang urutan ke m
H_{sr}	=	Tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang
HWL	=	Hight Water Level (tinggi muka air tertinggi)
K	=	Parameter bentuk
K	=	Panjang data (tahun)
K_D	=	Koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung
K_r	=	Koefisien refraksi
K_s	=	Koefisien difraksi (koefisien bisa di dapat dari diagram difraksi untuk single breakwater SPM 1984)
L	=	Rerata kejadian per tahun
L	=	Rerata hujan per tahun
L_0	=	Panjang gelombang di laut dalam
LWL	=	Low Water Level (tinggi muka air terendah)
M	=	Kemiringan dasar laut

MWL	=	Mean Water Level (tinggi muka air rerata)
N	=	Jumlah data tinggi gelombang signifikan
N_s	=	Angka stabilitas rencana untuk fondasi dan perlindungan kaki bangunan
N_T	=	Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan
Θ	=	Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
σ_{nr}	=	Standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T
σ_r	=	Kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r
σ_{sr}	=	Deviasi standar dari data gelombang signifikan
R_L	=	Hubungan U_L dan U_w (Kecepatan angin di darat dan dilaut) (Buku Teknik Pantai, Bambang Triatmojo, hal. 154)
S_r	=	Perbandingan berat jenis batu dan berat jenis air laut
T	=	Periode gelombang
U	=	Kecepatan angin terkoreksi
U_A	=	Faktor tegangan angin
U_w	=	Kecepatan Angin di laut
W	=	Berat rerata butir batu (ton)
X_i	=	Panjang Segmen Fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch
γ_a	=	Berat jenis air
γ_r	=	Berat jenis batu

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya perkembangan suatu daerah dan untuk meningkatkan taraf hidup serta memajukan perekonomian, diperlukan fasilitas penunjang demi kelancaran suatu wilayah fungsinya sangat penting, baik itu perhubungan darat maupun perhubungan laut. Kawasan Industri Kendal (KIK) merupakan pengembangan kawasan industri terbesar yang ada di Jawa Tengah dengan total luas pengembangan 2.200 hektar. Kawasan Industri ini terletak di garis pantai utara di Jl. Raya Arteri KM. 19, Brangsong, Brangsong Utara, Brangsong, Kec. Brangsong, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah.

Dari tahun ke tahun, abrasi di garis pantai pada kawasan KIK terus terjadi sehingga membuat garis batas lahan kawasan KIK mengalami kemunduran. Abrasi adalah pengikisan tanah yang disebabkan oleh gelombang air laut serta adanya pasang surut air laut. Baik itu, gelombang air laut atau pasang surut air laut, kedua-duanya sama-sama memiliki sifat merusak. Oleh karena itu, tanah pada garis pantai akan rusak jika secara terus menerus terkena gelombang air laut dan pasang surut air laut.

Perlindungan pantai sangat di perlukan, karena lahan di sekitar pantai harus di lindungi agar tetap utuh terkena pengikisan air laut. Ada beberapa macam metode untuk melindungi pengikisan tersebut yaitu dengan pembuatan *groin*, *break watter*, *jety* dan *shore protection* atau bisa disebut dengan tanggul pantai. Di Kawasan Industri Kendal (KIK) perlindungan pantai yang digunakan menggunakan metode *shore protection*.

Pembangunan *shore protection* sangat penting untuk mengatasi pengikisan garis pantai dikarenakan abrasi tersebut. Konstruksi ini dipastikan bisa untuk mengurangi pengikisan garis pantai dan melindungi kawasan industri khususnya Kawasan Industri Kendal (KIK). *Shore protection* atau tanggul laut merupakan suatu pekerjaan konstruksi yang harus dicermati karena kondisi gelombang air laut, ketidak tentuan garis pantai dan elevasi tanah yang berbeda-beda.



(Sumber: Google Maps)

Gambar 1.1 Peta lokasi studi *redesign shore Protection* dan *shore protection* saat ini

Gambar 1.1 memperlihatkan bahwa garis merah adalah lokasi *shore protection* yang sudah dibangun saat ini. Sedangkan garis kuning adalah *shore protection* kondisi mendatang yang akan di bangun di Kawasan Industri Kendal (KIK). Berdasarkan latar belakang diatas, perlu dilakukan penelitian untuk merencanakan *shore protection* pada area Kawasan Industri Kendal (KIK) yang akan di bangun pada kondisi mendatang.

1.2. Batasan Masalah

Pada pelaksanaan proyek pembangunan *shore protection* pada Kawasan Industri Kendal (KIK), terdapat banyak permasalahan yang dapat ditinjau dan dibahas, maka didalam laporan ini sangatlah perlu kiranya diadakan suatu pembatasan masalah. Batasan permasalahan antara lain:

- a. Data angin menggunakan data harian periode tahun 2017 - 2023 dari Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas Semarang
- b. Data tanah diambil dari studi lain yang lokasinya berdekatan.
- c. Penelitian ini hanya mengacu pada konstruksi *shore protection*, tidak dengan reklamasi.

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk merencanakan bangunan *shore protection* Kawasan Industri Kendal.

- a. Menentukan arah gelombang dominan.
- b. Menghitung tinggi dan periode gelombang.
- c. Menentukan elevasi mercu bangunan.
- d. Merekomendasikan desain bangunan pelindung pantai.
- e. Menghitung stabilitas bangunan.

1.4. Lokasi Studi

Lokasi studi *shore protection* terletak di Jl. Talkhanda yang berada di dalam area Kawasan Industri Kendal (KIK). Peta lokasi seperti terlampir pada Gambar 1-1.

1.5. Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan rincian sebagai berikut:

BAB – I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, lokasi, dan sistematika penulisan.

BAB – II TINJAUAN PUSATAKA

Bab ini berisi tentang teori -teori dasar yang mendukung studi yang digunakan dalam laporan tugas akhir.

BAB – III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metodologi penelitian, pengumpulan data dan interpretasi data yang akan digunakan dalam tugas akhir ini.

BAB – IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang analisis dan perhitungan dimensi kapasitas daya dukung material *shore protection* berdasarkan pendekatan teori.

BAB – V PENUTUP

Bab ini berisi tentang hasil, kesimpulan yang didapat dari hasil review desain dan saran mengenai studi kasus pada laporan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Perencanaan merupakan suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilaksanakannya suatu proyek. Kesalahan pelaksanaan atau metode yang tidak benar dapat menyebabkan terjadinya kerugian. Perencanaan yang matang sebelum dimulainya pekerjaan dapat menghemat biaya, waktu dan tenaga. Perencanaan pencegahan abrasi yang berskala besar perlu memerlukan pendekatan diantaranya ilmu perencanaan konstruksi *shore protection*.

Untuk merancang struktur yang efektif dan efisien maka dalam bab ini akan dibahas konsep pemilihan sistem struktur dan konsep perencanaan struktur konstruksi *shore protection*. Studi pustaka dimaksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. Oleh karena itu, dalam bab ini pula akan dibahas mengenai konsep pemilihan sistem struktur dan konsep perencanaan struktur *shore protection*, seperti konfigurasi denah dan pembebanan yang telah disesuaikan dengan syarat-syarat dasar perencanaan suatu konstruksi, sehingga diharapkan hasil yang akan diperoleh nantinya tidak akan menimbulkan kegagalan struktur.

2.2 Analisis *Hydro-Oceanography*

2.2.1 Pasang Surut

Data pasang surut yang diperlukan berupa tinggi muka air tertinggi (HWL), tinggi muka air rerata (MSL) dan tinggi muka air terendah (LWL). Dalam hal ini data yang dipergunakan diperoleh dari grafik pasang surut tahun 2023.

Dari grafik pasang surut diperoleh :

Nilai HWL = cm (dimana, HWL rata-rata air tertinggi dari data)

Nilai MSL = cm (dimana, MSL rata-rata air medium dari data)

Nilai LWL = cm dimana, LWL rata-rata air terendah dari data)

Elevasi pasang surut diasumsikan +0,00 dari LWL sehingga didapatkan :

HWL = HWL – LWL = m

MSL = m

LWL = m

2.2.2 Kecepatan Angin

Perumusan untuk pembangkitan gelombang oleh angin yang digunakan adalah berdasarkan data angin di atas permukaan laut, sedangkan data-data kecepatan angin yang diperoleh stasiun meteorologi berdasarkan pengukuran yang dilakukan di darat pada kurun waktu 5 tahun terakhir. Oleh karena itu, diperlukan transformasi dari data angin yang diperoleh di daratan ke data angin di atas permukaan laut. Adapun perumusan – perumusannya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Presentase Kejadian Angin 5 Tahun Terakhir

Kecepatan Angin (knot)	Arah Angin								Keterangan Jumlah %
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
0 - 3	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	Σ
4 - 6	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	Σ
7 - 9	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	Σ
10 - 12	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	Σ
13 - 15	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	n/X	Σ
Jumlah									100%

Dimana :

n = jumlah kejadian

X = total data

2.2.3 Fetch

Di dalam peramalan tinggi gelombang berdasarkan kecepatan angin, fetch biasanya dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi daerah pembangkitan gelombang. Fetch dapat didefinisikan sebagai panjang pembangkitan gelombang pada arah datangnya mata angin. Apabila bentuk daerah pembangkitan tidak teratur, maka untuk peramalan gelombang perlu ditentukan *fetch* efektif (F_{eff}) dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (\text{Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999})$$

Dimana:

F_{eff} = Fetch efektif

X_i = Proyeksi radial pada arah angin

α = Sudut antara jalur fetch yang ditinjau dengan arah angin.

2.2.4 Gelombang

Gelombang merupakan salah satu factor utama di dalam penentuan tata letak (layout) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya. Gelombang dibedakan menjadi beberapa macam berdasarkan daya pembangkitnya, yaitu gelombang angin, gelombang pasang surut, gelombang tsunami, serta gelombang lainnya. Gelombang yang paling penting diantara beberapa gelombang tersebut adalah gelombang angin dan gelombang pasang surut. Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematik karena ketidak linear, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random. Ada beberapa teori dengan berbagai derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan gelombang di alam. Teori paling sederhana yaitu teori gelombang linear.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Gelombang berdasarkan Kedalaman Relatif (SPM 1984)

Classification	d/L	$2\Pi d/L$	$\tanh(2\Pi d/L)$
Deepwater	$>1/2$	$>\Pi$	≈ 1
Transitional	$1/25$ to $1/2$	$1/4$ to Π	$\tanh(2\Pi d/L)$
Shallow Water	$<1/25$	$<1/4$	$\approx 2\Pi d/L$

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

2.3.4.1. Gelombang Rencana

Untuk menentukan tinggi gelombang rencana, maka hasil tinggi gelombang yang telah di dapat sebelumnya dihitung menggunakan fungsi distribusi probabilitas dengan periode ulang tertentu, misal gelombang rencana periode ulang 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan lain sebagainya. Metode yang digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana adalah metode *Fisher Tippet Tipe I* dan *Weibull*. Kedua distribusi tersebut mempunyai bentuk persamaan sebagai berikut:

1. *Distribusi Fisher Tippet Tipe I*

$$P(Hs \leq \widehat{HS}) = e - \left(\frac{\widehat{HS} - B}{A} \right)$$

2. *Distribusi Weibull*

$$P(Hs \leq \widehat{HS}) = 1e - \left(\frac{\widehat{HS} - B}{A} \right)^k$$

Keterangan:

$P(Hs \leq \widehat{HS})$ = Probabilitas bahwa \widehat{HS} tidak dilampaui

H = Tinggi gelombang representatif

\widehat{H} = Tinggi gelombang dengan nilai tertentu

A = Parameter skala

B = Parameter lokasi

k = Parameter bentuk

Data yang akan digunakan untuk analisa perhitungan harus disusun terlebih dahulu dalam urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

1. *Distribusi Fisher Tippet Tipe I*

$$P(Hs \leq Hsm) = 1 - \frac{m - 0,44}{N_T + 0,12}$$

2. *Distribusi Weibull*

$$P(Hs \leq Hsm) = 1 - \frac{m - 0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{N_T + 0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}}$$

Keterangan:

$P(Hs \leq \widehat{HS})$ = Probabilitas dari tinggi gelombang representative ke m yang tidak dilampaui.

Hsm = Tinggi gelombang urutan ke m

m = Nomor urut tingi gelombang signifikan

N_T = Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

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

$$H_{sm} = A \cdot y_m + B$$

Dimana y_m untuk distribusi Fisher Tippet tipe I:

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

Untuk distribusi Weibull:

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

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

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

Dimana y_r untuk distribusi *Fisher-Tippet tipe I*:

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

Dan untuk distribusi *Weibull*:

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

Keterangan:

H_{sr} = Tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang

T_r = Periode ulang (tahun)

K = Panjang data (tahun)

L = Rerata jumlah kejadian pertahun

Untuk perkiraan deviasi standar dari nilai uang. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut:

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

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

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

Tabel 2. 3 Koefisien Untuk menghitung Defiasi Standar

Jenis Distribusi	α_1	α_2	E	c	ε
Fisher-Tippett tipe I	0,64	9	0,93	0,0	1,33
Weibull (k=1,4)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

Besaran absolut deviasi standar tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus:

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

Keterangan:

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

σ_{sr} = Deviasi standar dari data gelombang signifikan

Batas interval keyakinan terhadap H_{sr} dengan berbagai tingkat keyakinan diberikan pada tabel berikut.

2.3.4.2. Refraksi

Peristiwa berbeloknya gelombang akibat perubahan kedalaman air laut disebut refraksi. Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah di mana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, $d/L_0 > 0,5$ yaitu dilaut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Gambar 2.1 menunjukkan proses berbeloknya arah gelombang yang disebut dengan refraksi. Tinggi gelombang akibat refraksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H1 = Ks Kr H0$$

Dimana:

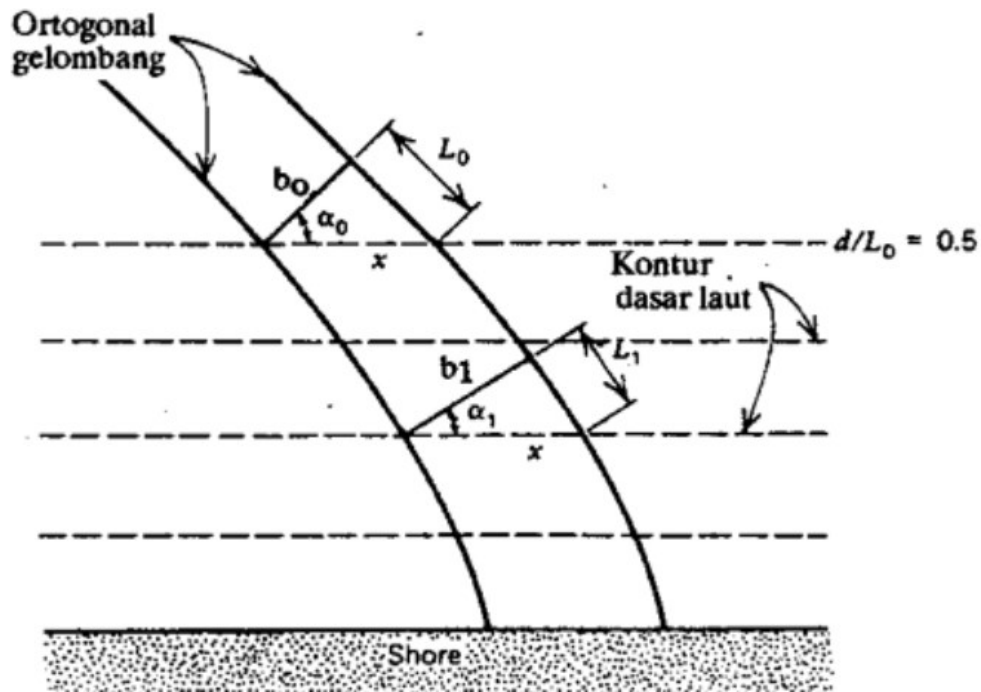
K_s = koefisien pendangkalan (koefisien bisa dapat dari table C-1 SPM 1984)

K_r = koefisien refraksi

α_0 = sudut antara garis puncak gelombang dengan kontur dasar dimana gelombang melintas.

α = sudut antara garis puncak gelombang melintasi kontur dasar berikutnya.

H_0 = tinggi gelombang di laut dalam



(Sumber: Bambang Triatmojo, 1999)

Gambar 2. 1 Refraksi Gelombang pada Pantai

Adapun langkah – langkah dalam perhitungan refraksi adalah sebagai berikut:

1. Menghitung panjang gelombang (L_0) dan kecepatan gelombang/celerity (C_0), dimana:

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

$$C_0 = L_0 / T,$$

dimana T = periode gelombang Gambar 2. 1 Refraksi Gelombang pada Pantai (Teknik Pantai 1999)

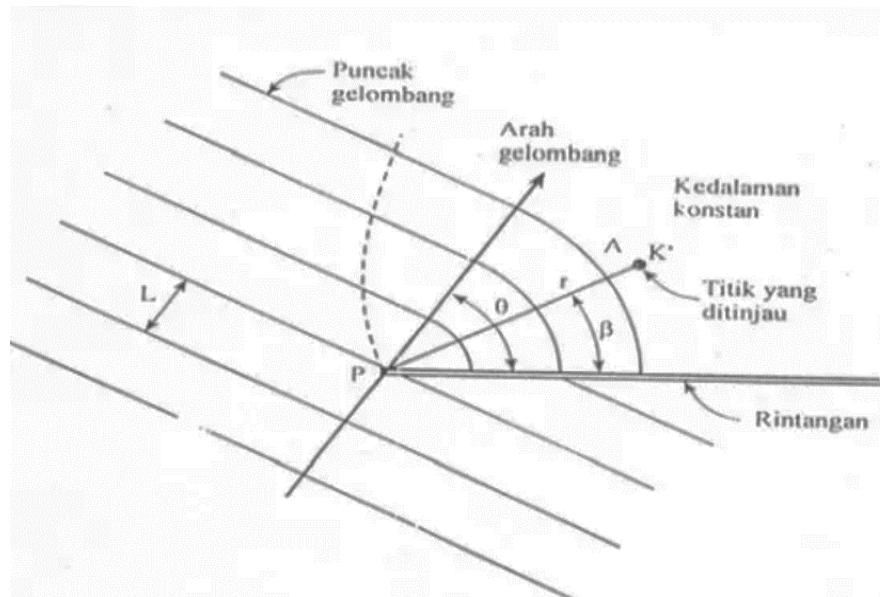
2. Menghitung besar sudut arah datang gelombang

a. Menentukan kedalaman di depan tanggul yang ditinjau (d).

- b. Menghitung panjang gelombang (L) dan kecepatan jalar gelombang (C).
- c. Menghitung besar sudut gelombang yang datang (ϕ), dengan rumus: $\sin \phi = C/C_0 \times \sin \phi_0$
- 3. Menghitung tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau (H_s)
 - a. Menghitung koefisien refraksi (K_r).
 - b. Menghitung koefisien pendangkalan (K_s), didapat dari table C-1 SPM 1984.
 - c. Menghitung tinggi gelombang hasil refraksi (H_s) = $K_s \times K_r \times H_0$

2.3.4.3. Difraksi

Peristiwa pembelokan suatu gelombang yang diakibatkan gelombang yang datang terhalang oleh suatu rintangan, seperti pemecah gelombang atau pulau. Pembelokan tersebut terjadi di sekitar ujung rintangan dan masuk ke daerah terlindung di belakangnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Peristiwa ini juga menunjukkan adanya energy yang disalurkan di sepanjang puncak gelombang. Fenomena ini dikenal dengan difraksi gelombang.



(Sumber : Bambang Triatmojo, 1999)

Gambar 2. 2 Difraksi Gelombang di Belakang Rintang

Untuk menghitung tinggi gelombang akibat difraksi *shore protection manual* (1984) memberikan persamaan sebagai berikut:

$$HA = K'Kp$$

Dimana:

K_s = koefisien difraksi (koefisien bisa di dapat dari diagram difraksi untuk single breakwater SPM 1984)

H_p = tinggi gelombang dititik P

H_A = tinggi gelombang di titik A

Dalam perhitungan koefisien difraksi, shore protection manual (SPM 1984) mengelompokan tipe *breakwater* menjadi dua bagian, yaitu *single breakwater* dan *double breakwater*. Adapun nilai dari koefisien ini dapat ditentukan dengan bantuan diagram difraksi yang terdapat pada SPM (1984). Gambar 2.3 menunjukkan contoh diagram difraksi untuk *single breakwater*.

Dalam perencanaan ini hanya dilakukan perhitungan difraksi gelombang untuk *single breakwater*. Adapun langkah – langkah perhitungan koefisien difraksi untuk *single breakwater* berdasarkan SPM (1984) adalah sebagai berikut:

- a. Dihitung tinggi gelombang (H) dan panjang gelombang (L) dari *breakwater*.
- b. Dihitung jarak titik yang ditinjau (r) dan sudutnya (θ) dari ujung *breakwater*
- c. Dihitung sudut gelombang datang (ϕ)
- d. Dihitung harga r/L
- e. Dari diagram difraksi SPM 1984 untuk *single breakwater*, dengan harga r/L, θ , dan ϕ didapatkan nilai K'

2.3.4.4. Gelombang pecah

Gelombang yang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang semakin lama semakin dangkal pada suatu lokasi tertentu, gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Secara teoritis *Michell* (1983) memberikan batas kecuraman gelombang, dimana gelombang mulai tidak stabil, adalah sebagai berikut:

$$\frac{H_o}{L_o} = 0,142 \approx \frac{1}{7}$$

Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'_0}{L_0}\right)^{1/3}}$$

Kedalaman air dimana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut:

$$\frac{D_b}{H_b} = \frac{1}{b - (ahb/gT_2)}$$

Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut:

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

$$b = \frac{1,56}{1 + e^{-19m}}$$

Dengan:

H_b = tinggi gelombang pecah

H'_0 = tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

L_0 = panjang gelombang di laut dalam

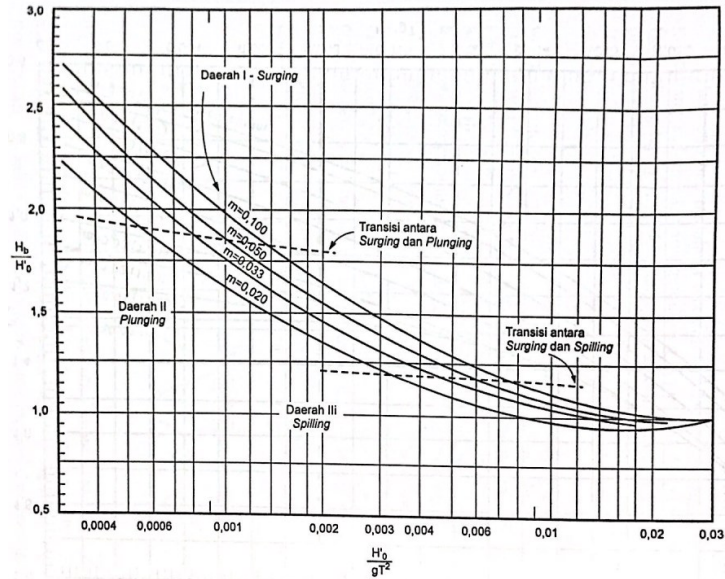
D_0 = kedalaman air pada saat gelombang pecah

M = kemiringan dasar laut

G = percepatan gravitasi

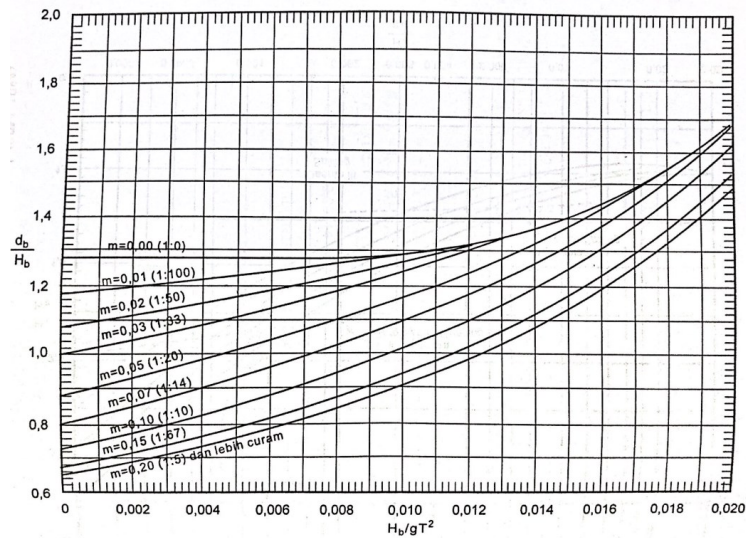
T = periode gelombang

Sudut datang gelombang pecah dihitung berdasarkan analisis refraksi pada kedalaman dimana terjadi gelombang pecah. Penelitian yang dilakukan oleh *Iversen*, *Galvin* dan *Goda* (dalam spm 1984) menunjukkan bahwa H_b/H'_0 dan db/H_b tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kemiringan gelombang datang. Gambar 2.1 adalah grafik yang dibuat oleh *Goda* yang memberikan hubungan antara H_b/H'_0 dan H'_0 / gT_2 untuk berbagai kemiringan dasar pantai. Sedangkan Gambar 2.2 adalah hasil penelitian *Wiegel* yang memberikan hubungan antara db/H_b dan H_b/gT_2 untuk berbagai kemiringan dasar pantai. Gambar 2.3 dan 2.4 disarankan untuk digunakan di dalam perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah.



(Sumber: Bambang Triatmojo, 1999)

Gambar 2.3 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah



(Sumber: Bambang Triatmojo, 1999)

Gambar 2.4 Penentuan gelombang Pecah

2.3.4.5. Peramalan Tinggi Gelombang Berdasarkan Data Angin

Salah satu gelombang yang sering terjadi di laut dan digunakan sebagai peramalan tinggi gelombang adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Gelombang yang terjadi di laut disebabkan oleh energi yang ditimbulkan oleh angin yang berhembus di atas permukaan laut. Tinggi dan periode gelombang yang disebabkan oleh angin dipengaruhi

oleh kecepatan angin (U_w), lama waktu angin berhembus (t_d), dan panjang fetch (F), semakin besar gelombang yang terbentuk, semakin kuat dan semakin lama angin yang berhembus pada daerah pembangkitannya. Beberapa parameter yang perlu diketahui dalam peramalan gelombang berdasarkan data angin, antara lain:

a. Kecepatan rata – rata angin di permukaan air (U_w).

Biasanya pengukuran angin dilakukan di daratan, padahal di dalam persamaan atau grafik pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu, perlu dilakukan transformasi dari data angin di daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut.

b. Panjang daerah pembangkitan gelombang fetch (F).

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin (Triatmodjo, 2012).

c. Arah angin.

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin (Triatmodjo, 2012).

d. Lama hembus angin pada fetch (t)

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin (Triatmodjo, 2012).

2.3.4.6. Analisis Stabilitas

1. Informasi Data

Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya.

Besaran nilai sudut geser dalam (ϕ) juga berkaitan dengan tingkat kepadatan suatu jenis tanah, yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 4 Sudut Geser Dalam (ϕ)

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil kepasiran	$35^0 - 40^0$
Kerikil kerakal	$35^0 - 40^0$
Pasir padat	$35^0 - 40^0$
Pasir lepas	30^0
Lempung kelanauan	$25^0 - 30^0$
Lempung	$20^0 - 25^0$

Sumber : <https://ronymedia.wordpress.com/2020/05/31/tabel-mekanika-tanah>

Berat Jenis Air laut $\gamma_w = \dots\dots\dots$ KN/M³

Sudut Geser $\phi = \dots\dots\dots$

Tinggi Air $H_{air} = \dots\dots\dots$ Meter

Lebar Bawah $B = \dots\dots\dots$ Meter

2. Tekanan Hidrostatik Pasif

Besaran Tekanan Hidrostatik Pasif yang bekerja pada bangunan dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$\text{Koefisien Hidrostatik Pasif } K_p = \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)^2$$

$$\text{Hidrostatik Pasif } P_p \text{ air} = 0,5 \times \gamma_w \times H_p \text{ air}^2$$

$$\text{Momen Air } M_p \text{ air} = P_p \text{ air} \times \frac{1}{3} \times H_p \text{ air}^2$$

$$\text{Jumlah Tekanan Pasif } \sum P_p = P_p \text{ air}$$

$$\text{Jumlah Moment Pasif } \sum M_p = M_p \text{ air}$$

3. Menghitung Gaya Uplift

Gaya tekan ke atas (*Uplift Pressure*) adalah cara itu mengetahui tekanan air terhadap sebuah bendung. Gaya *Uplift* akan bekerja apabila sebuah tekanan diketahui setiap titik

sudut, kemudian dicari besaran gaya yang pada setiap bidang yang terdapat pada bendung.

Gaya *Uplift* dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

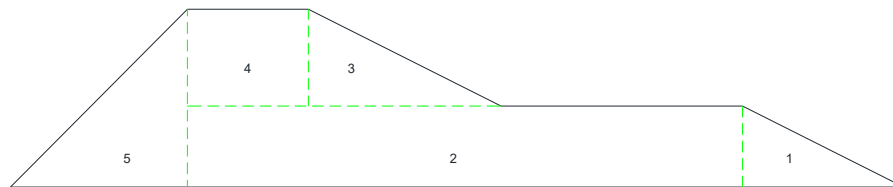
$$\text{Gaya Uplift} \quad U \quad = \quad 0,5 \times B \times \text{Hair} \times \gamma_w$$

$$\text{Jumlah Gaya Uplift} \quad \sum U \quad = \quad U$$

$$\text{Jumlah Moment Uplift} \quad \sum U \quad = \quad Mu$$

4. Berat Bangunan

Perhitungan berat bangunan dapat dihitung dengan mencari luas penampang bangunan terlebih dahulu dengan metode pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 5 Penampang alternatif

Tabel 2. 5 Tabel Perhitungan Berat Kontruksi

No	Luas Area	Berat Material	Berat Kontruksi	Lengan Ke.0	Momen
	m ²	kN/m ³	kN/m ³	m	kN/m
1
2
3
4
5
Total		ΣW =	ΣM =

5. Stabilitas Lereng dan Faktor Keamanan Terhadap Geser Guling

Ray dan De Smitd (2009) menyarankan klasifikasi kestabilan lereng yang dikaitkan dengan faktor aman, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.6. Dalam tabel tersebut, lereng dikategorikan tidak stabil bila $F < 1$, agak stabil bila F antara 1 dan 1,25, kestabilannya sedang bila F antara 1,25 dan 1,5 dan stabil bila $F > 1,5$.

Tabel 2. 6 Klasifikasi kestabilan lereng *Ray dan De Smitd (2009)*

Faktor aman	Klasifikasi kestabilan lereng	Keterangan
$F > 1,5$	Stabil	Hanya gangguan besar yang membuat ketidakstabilan
$1,25 < F < 1,5$	Kestabilan sedang	Gangguan ketidakstabilan sedang dapat membuat ketidakstabilan
$1 < F < 1,25$	Agak Stabil	Gangguan ketidakstabilan minor dapat mengganggu stabilitas
$F < 1$	Tidak Stabil	Memerlukan perbaikan stabilitas lereng

Terhadap Geser

$$\begin{aligned} \sum P_p &= \dots\dots\dots \text{ kN} \\ \sum W &= \dots\dots\dots \text{ kN} \\ \sum U &= \dots\dots\dots \text{ kN} \\ \sum(V) &= \sum W + \sum U \\ \sum(V) &= \sum P_a + \sum P_p \\ SF &= \frac{f_x \sum(V)}{\sum H} > 1,5 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Terhadap Penggulingan

$$\begin{aligned} \sum M_p &= \dots\dots\dots \text{ kN/m} \\ \sum M &= \dots\dots\dots \text{ kN/m} \\ \sum M_u &= \dots\dots\dots \text{ kN/m} \\ \sum M_t &= \sum M + \sum M_p \\ \sum M_g &= \sum M_u \\ SF &= \frac{\sum M_t}{\sum M_g} > 1,5 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

Metode penelitian adalah langkah-langkah umum atau suatu metode yang dilakukan dalam penelitian suatu masalah, kasus, gejala, dan fenomena. Metodologi ini disusun untuk mempermudah pelaksanaan agar memperoleh pemecah masalah sesuai dengan studi yang telah ditetapkan melalui prosedur kerja yang sistematis, teratur dan tertib, sehingga dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah untuk menghasilkan jalan yang rasional.

3.2. Data Penelitian

Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengkaji ulang dan merekomendasikan desain di batas Kawasan Industri Kendal. Sebelumnya struktur konstruksi *shore protection* yang telah direncanakan oleh PT. KIK Kendal. Konstruksi *shore protection* dirancang menggunakan konsep tanggul batas pantai dengan material utama batu belah.

Pengolahan data dukung dilakukan untuk menentukan dimensi konstruksi *shore protection*. Selanjutnya dilakukan perancangan gambar konstruksi *shore protection*.

Data yang dijadikan bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data, yaitu:

- Data Primer
- Data Sekunder

3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari lokasi rencana pembangunan maupun hasil survey yang dapat langsung dipergunakan sebagai sumber dalam perancangan struktur. Pengamatan langsung di lapangan mencakup:

- Kondisi lokasi pekerjaan
- Kondisi geografis
- Data stabilitas tanah
- Denah lokasi perencanaan

3.2.2 Data Sekunder

Data Sekunder merupakan data pendukung yang dipakai dalam proses pembuatan dan penyusunan laporan tugas akhir ini. Data sekunder ini didapatkan bukan melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Yang termasuk dalam klasifikasi data sekunder ini antara lain adalah literatur-literatur penunjang, grafik, tabel, dan peta atau tanah yang berkaitan erat dengan proses perancangan shore protection di batas pantai Kawasan Industri Kendal.

Langkah yang dilakukan setelah mengetahui data-data yang diperlukan adalah menentukan metode pengumpulan datanya. Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan adalah:

- **Observasi**

Adalah pengumpulan data melalui peninjauan dan pengamatan langsung dilapangan.

- **Studi Pustaka**

Adalah pengumpulan data dengan data-data dari hasil penyelidikan, penelitian, tes atau uji laboratorium, pedoman, bahan acuan, maupun standar yang diperlukan dalam perencanaan bangunan melalui perpustakaan ataupun instansi-instansi pemerintah yang terkait. Setelah diperoleh data yang diperlukan, maka selanjutnya dapat dilakukan proses perhitungan.

- **Data cuaca angin dalam kurun waktu 5 tahun terakhir.**

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas Semarang tahun 2017 – 2023.

3.3. Alat Penelitian

Alat Penelitian yang digunakan adalah perangkat lunak atau software yang berfungsi untuk mengolah dan menganalisis data. Dalam hal ini alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Google Earth*

Google Earth adalah sebuah program globe virtual yang memetakan Bumi dari citra satelit dan memungkinkan pengguna untuk melihat gambar permukaan Bumi, peta, tanah lapang, dan bangunan 3D dari puncak gunung hingga lembah laut. *Google Earth* dapat digunakan untuk menampilkan citra satelit dan medan 3D untuk daerah tertentu. Dalam penelitian ini, google earth digunakan untuk mencari history gambaran lokasi dari tahun ke tahun.

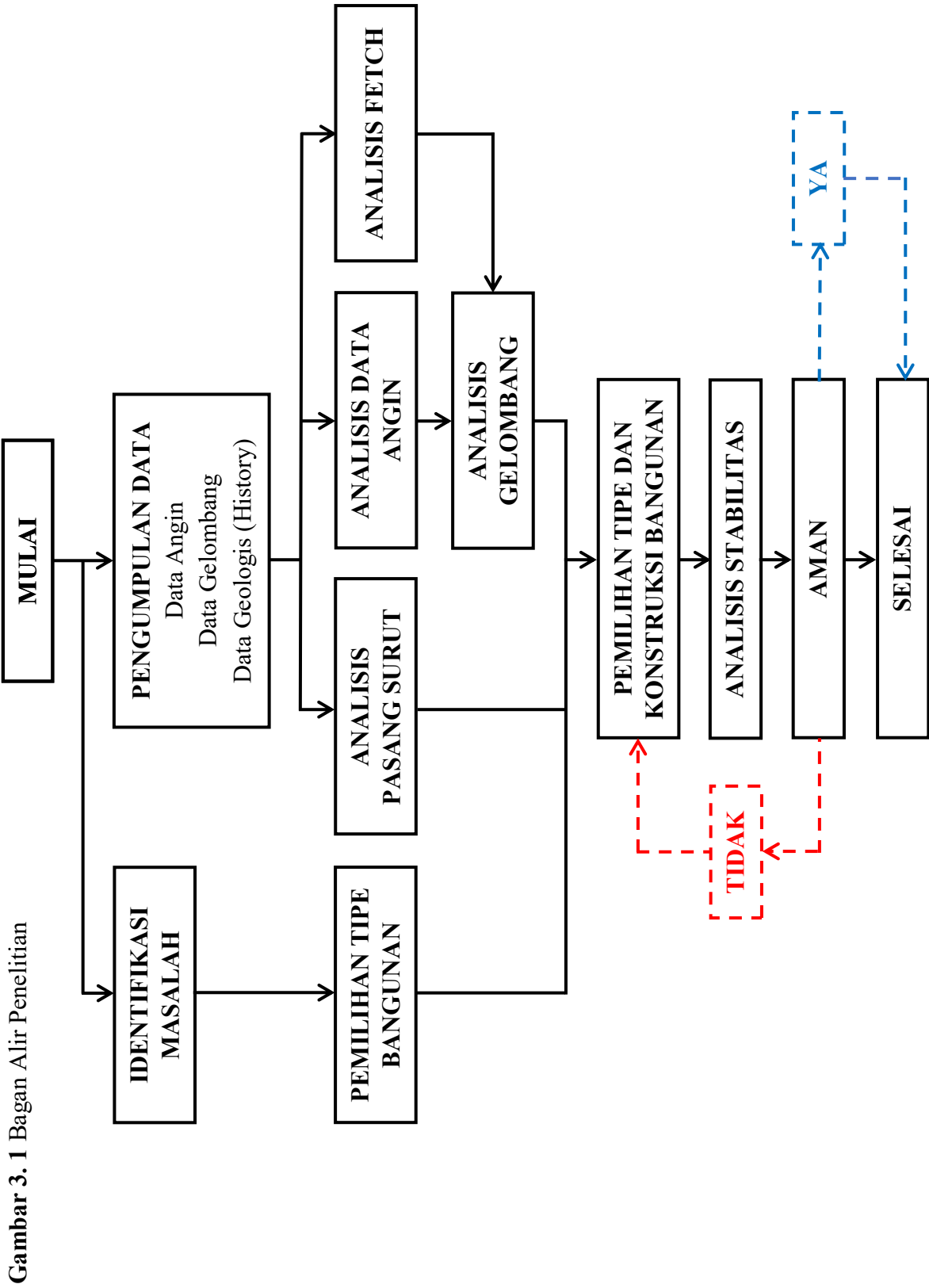
2. Autocad

Autocad adalah perangkat lunak yang memungkinkan pengguna untuk menggambar, mendesain, dan mengedit sebuah rancangan desain 2D dan 3D. Berikut ini adalah beberapa fungsionalitas dari autocad:

- membantu para profesional infrastruktur sipil meningkatkan penyelesaian proyek, analisa data dan proses yang lebih konsisten
- membantu para profesional infrastruktur sipil meningkatkan penyelesaian proyek, analisa data dan perhitungan yang lebih konsisten
- untuk dapat melihat tampilan dari objek atau bangunan dari berbagai sudut pandang.
- menyediakan berbagai alat analisis dan simulasi, termasuk analisis jalan, analisis saluran, analisis permukaan, dan analisis volume
- menyediakan alat dokumentasi yang kuat, termasuk alat pembuatan rencana, profil, dan potongan, serta alat perhitungan kuantitas
- dapat terhubung dengan berbagai sumber daya lain, seperti data survei hasil pengukuran di lapangan.

3.4 Bagan Alir Penelitian

Untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian dibuat bagan alir penelitian sebagai berikut :



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 IDENTIFIKASI MASALAH

Daerah perencanaan yang meliputi kawasan sepanjang pesisir pantai di Kawasan Industri Kendal (KIK) mempunyai permasalahan yang cukup berat dan kompleks khususnya menyangkut penurunan fungsi lahan yang disebabkan oleh abrasi pantai dan penggenangan air laut di kawasan pantai. Kerusakan Pantai di Kawasan Industri Kendal (KIK) terjadi sepanjang 3 km di sepanjang batas pantai Kawasan Industri Kendal (KIK) serta di sekitarnya. Pantai Gembis merupakan pantai yang membujur dari barat daya ke timur laut dengan bagian laut di sebelah barat. Arah angin di dominasi dari arah barat laut sehingga arus yang mengalir di daerah perairan menyusur pantai kearah timur laut. Arus tersebut membawa sedimen sejajar pantai kearah timur laut atau menyusur dari arah Pantai Gembis atau Pelabuhan Kenda menuju Pantai Tanjung Elok. Sebaliknya arus dari Pantai Gembis kearah Pantai Tanjung Elok sangat kecil sehingga secara umum tidak terjadi keseimbangan transpor sedimen sejajar pantai di daerah tersebut. Hal ini menyebabkan terjadi defisit sedimen tanpa adanya suplai dari arah yang berlawanan. Fenomena inilah yang menyebabkan terjadinya abrasi pada Pantai Gembis. (Bappeda Kendal, 2000).

Gambaran kondisi di lokasi di berikan pada gambar di bawah ini. Gambar 4.1 menunjukkan garis pantai di Kawasan Industri Kendal (KIK). Garis merah mewakili lokasi bangunan pelindung pantai saat ini. Sedangkan daerah yang diarsir menunjukkan batas daerah Kawasan Industri Kendal (KIK) mendatang. Kondisinya saat ini tergenang air laut sebagai akibat dari abrasi sehingga sekarang sudah tidak dapat difungsikan lagi.



(Sumber: Data Proyek Shore Protection Kawasan KIK)

Gambar 4. 1 Area Terdampak Abrasi Kawasan Industri Kendal (KIK)

4.2 ALTERNATIF BANGUNAN PANTAI

Untuk menangani masalah tersebut dapat dilakukan dengan membangun bangunan pelindung pantai. Adapun alternatif bangunan pantai beserta kelebihan dan kelemahannya antara lain:

1. *Groin*

Groin merupakan struktur pelindung pantai berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai. Salah satu fungsi yang sangat penting dibangun groin yaitu untuk mengurangi atau menghentikan erosi yang terjadi. Bangunan pelindung pantai groin biasanya dibuat tegak lurus terhadap garis pantai. Bahan dasar dari konstruksi groin umumnya adalah Kayu, Baja, Beton dan Batu. Untuk penggunaan groin yang efektif, harusnya dibuat dengan seri bangunan yang terdiri dari beberapa groin dengan jarak yang sudah ditentukan agar garis pantai terlihat bentuk yang signifikan. Karena apabila penggunaan groin cuma ada satu maka groin tersebut tidak efektif. Ada 3 Tipe groin pada umumnya, diantaranya: Tipe groin berbentuk huruf L, huruf I dan huruf T.

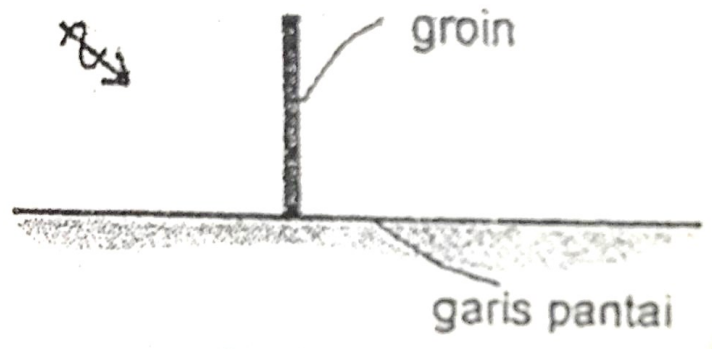
Kelebihan:

- ✓ Mampu menahan transpor sedimen sepanjang pantai.
- ✓ Groin tipe T dapat digunakan sebagai inspeksi dan untuk keperluan wisata.

Kelemahan:

- ✓ Perlindungan Pantai dengan satu buah groin dapat mengakibatkan terjadinya erosi di daerah hilir.

- ✓ Pembangunan groin pada pantai yang tererosi akibat *onshore offshore* transpor dapat berakibat mempercepat erosi tersebut.



(Sumber: Bambang Triatmodjo, 1999)

Gambar 4. 2 *Ilustrasi Groin*

2. *Break Water*

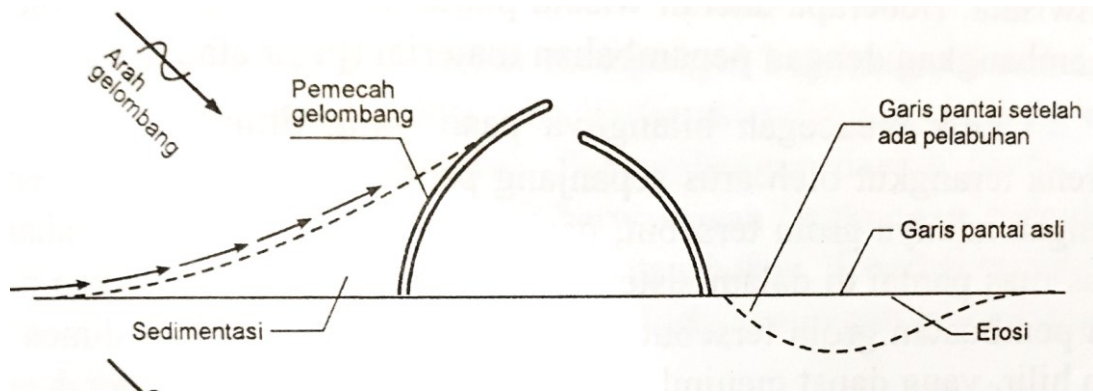
Breakwater (Pemecah Gelombang) merupakan bangunan laut yang dibuat untuk melindungi pantai dari serangan gelombang, biasanya dibuat pada jarak tertentu sesuai dengan kondisi garis pantai. *Breakwater* ini berfungsi untuk menghancurkan atau menyerap energi gelombang sebelum sampai ke pantai. *Breakwater* sering kita jumpai di daerah pelabuhan, karena memiliki fungsi yang sangat penting yaitu melindungi daerah pelabuhan dari serangan gelombang sebelum sampai ke pantai dengan cara menyerap sebagian energi gelombang yang datang.

Kelebihan:

- ✓ Perlindungan pantai terhadap erosi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum sampai ke pantai, sehingga terjadi endapan dibelakang bangunan
- ✓ Mampu melindungi pantai dari sedimentasi

Kelemahan:

- ✓ Segi keindahan pandangan yaitu pantai akan kelihatan kaku dan kurang alami dan bahkan mungkin tampak “kotor” dengan adanya struktur tersebut.
- ✓ Karena biayanya yang mahal, konstruksi ini jarang digunakan untuk perlindungan pantai.
- ✓ Merupakan konstruksi berat sehingga biaya pembangunannya mahal.



(Sumber: Bambang Triatmodjo, 1999)

Gambar 4. 3 Ilustrasi Break Water

3. Shore Protection (Tanggul Pantai)

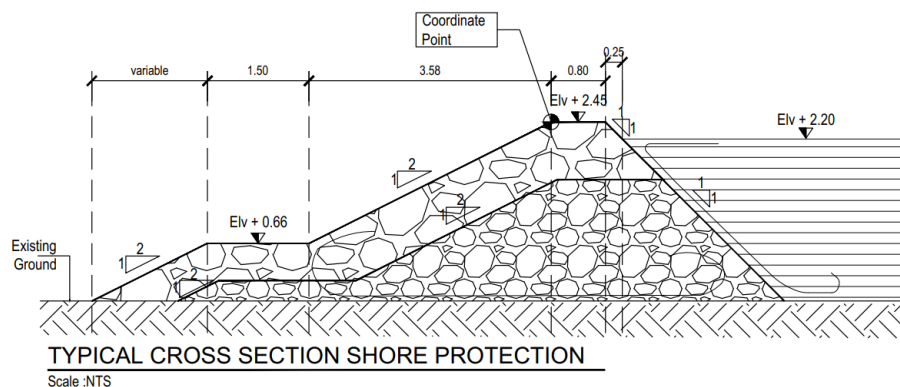
Shore protection adalah suatu konstruksi yang dibangun di sepanjang garis pantai untuk melindungi pantai dari abrasi dan erosi. Konstruksi ini dapat berupa tumpukan batu, beton, atau gabion yang diletakkan di sepanjang garis pantai. Tujuannya adalah untuk mengurangi dampak gelombang laut dan arus yang dapat merusak pantai. Konstruksi shore protection juga dapat digunakan untuk memperbaiki pantai yang telah rusak akibat abrasi dan erosi.

Kelebihan:

- ✓ Dari segi material mudah di dapatkan karena banyak quari di daerah dekat lokasi yang memenuhi.
- ✓ Tidak perlu melakukan pabrikan material
- ✓ Pemasangan konstruksi yang lebih mudah dilakukan

Kelemahan:

- ✓ Pembuatan akses kerja jika lokasi jauh dari jalan



(Sumber: Gambar proyek, perencanaan oleh PT. Kawasan Industri Kendal)

Gambar 4. 4 Contoh Gambar DED Shore Protection KIK Kendal Saat Ini



(Sumber: Dokumentasi proyek, Kontraktor PT. Megah Karya Tika Pratama)

Gambar 4.5 *Shore Protection*

Dari uraian di atas diketahui bahwa bangunan pelindung pantai yang sesuai dengan permasalahan di lokasi adalah shore protection. Shore protection berfungsi agar tanah atau material lain di belakangnya tidak mengalami kerusakan akibat arus maupun gelombang air laut. Shore protection adalah suatu konstruksi yang diharapkan dapat melindungi segala sesuatu yang berada di sisi belakang shore protection tersebut dari kerusakan akibat gelombang air laut.

4.3 ANALISIS HYDRO-OCEANOGRAPHY

4.3.1. Pasang Surut

Data pasang surut yang diperlukan berupa tinggi muka air tertinggi (HWL), tinggi muka air rerata (MWL) dan tinggi muka air terendah (LWL). Dalam hal ini data yang dipergunakan diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas Semarang tahun 2023. Grafik pasang surut tahun 2023 dapat dilihat di lampiran.

Dari grafik pasang surut diperoleh :

Nilai HWL = 161,53 cm = 1,615 m

Nilai MSL = 131,34 cm = 1,313 m

Nilai LWL = 104,33 cm = 1,043 m

Elevasi pasang surut diasumsikan +0,00 dari LWL sehingga didapatkan :

$$\text{HWL} = 1,615 - 1,043 = + 0,57 \text{ m}$$

$$\text{MSL} = 1,313 - 1,043 = + 0,27 \text{ m}$$

$$\text{LWL} = 0,000$$

4.3.2. Angin

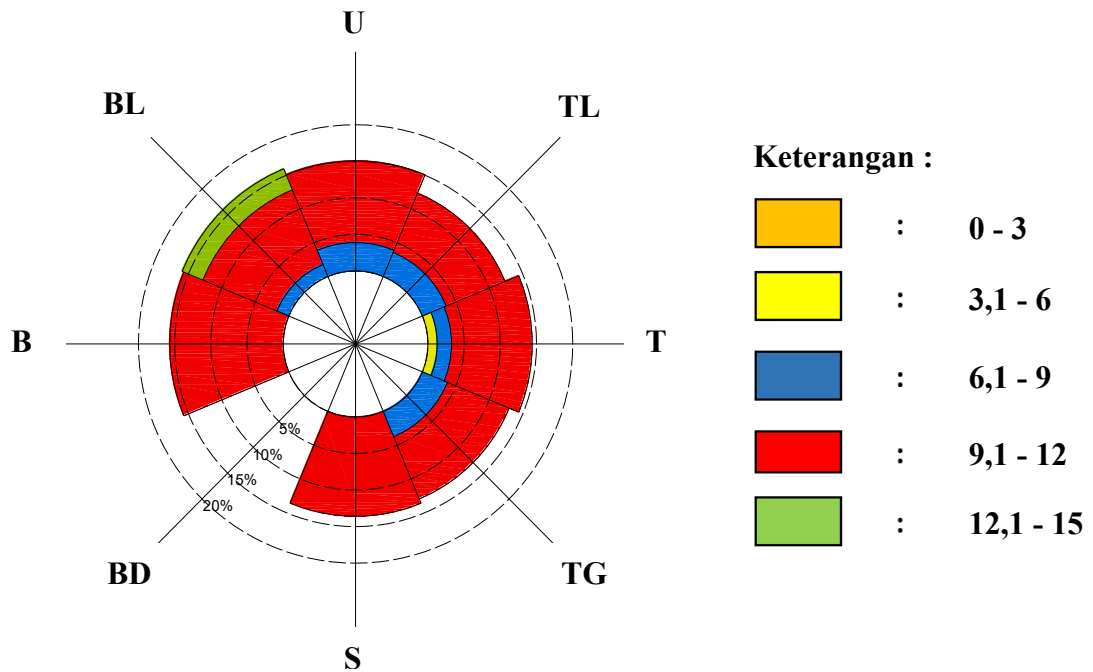
Data angin digunakan untuk menentukan arah dan tinggi gelombang. Data yang diperlukan adalah data arah dan kecepatan angin dimana data tersebut didapatkan dari Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas Semarang tahun 2017 – 2023. Dari data tersebut dibuat gambar windrose seperti pada gambar berikut ini

Tabel 4. 1 Persentase Kejadian Angin Tahun 2017 – 2023

Kecepatan Angin	Arah Angin								Keterangan
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
(knot)									Jumlah %
0 - 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4 - 6	0,00	0,00	1,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,29
7 - 9	3,88	3,57	1,96	3,74	0,00	0,00	0,00	1,78	14,93
10 - 12	11,18	8,78	11,15	9,22	13,59	0,00	15,69	11,06	80,67
13 - 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,11	3,11
Jumlah	15,07	12,35	14,40	12,96	13,59	0,00	15,69	15,95	100,00

(Sumber: Stasiun Meteorologi Maritim Semarang Tahun 2017-2023)

Mengingat lokasi perencanaan adalah pantai yang membujur dari timur ke barat dengan bagian laut di sebelah utara, maka gelombang dominan disini hanya disebabkan oleh angin yang berasal dari lautan. Angin dari arah utara meskipun prosentasenya cukup besar namun kecepatan anginnya relatif rendah apalagi pada arah ini garis pantai utara pada Kawasan Industri Kendal (KIK) oleh beberapa pulau di kepulauan Karimun Jawa. Sedangkan angin dari arah barat laut kecepatannya relatif lebih tinggi. Oleh karena itu angin yang berpengaruh pada pesisir pantai KIK adalah angin dari arah barat laut.



Gambar 4. 6 Windrose pada Lokasi Studi

4.3.3. Fetch

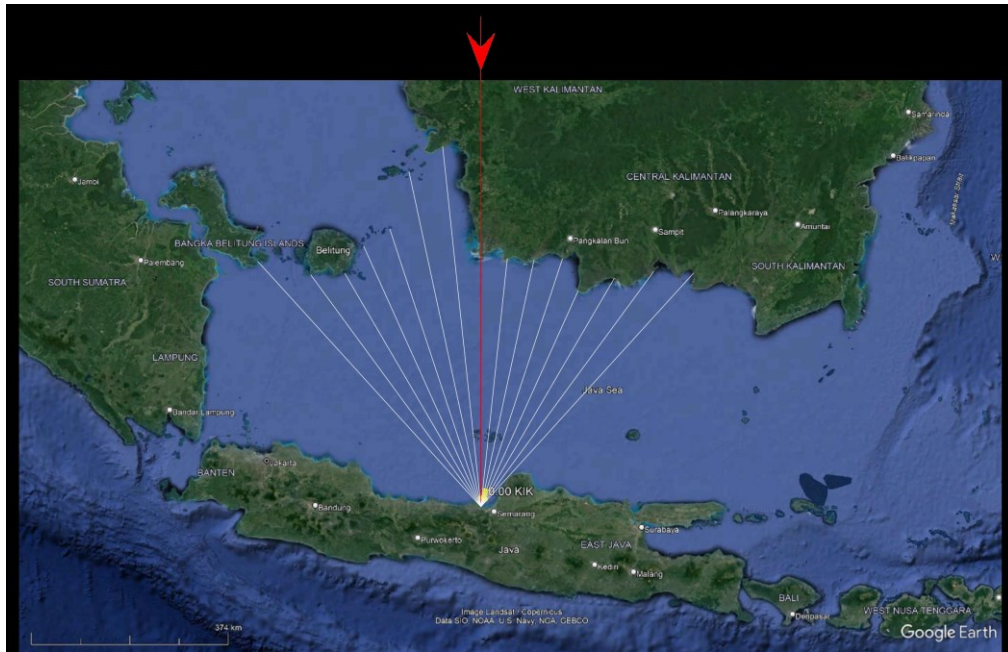
Fetch efektif digunakan dalam grafik peramalan gelombang untuk mengetahui tinggi, durasi dan periode gelombang. Fetch rerata efektif dihitung dengan persamaan berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos a}{\sum \cos a} \quad (\text{Sumber: Bambang Triatmojo, 1999})$$

Dimana : F_{eff} = Fetch rerata efektif.

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

Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.



Gambar 4. 7 Panjang Fetch

Tabel 4. 2 Perhitungan Fetch Rerata Efektif

a (...°)	Cos a	X_i (Km)	$X_i \cdot \text{Cos a}$
-42	0,7431	427,62	318
-36	0,8090	404,75	327
-30	0,8660	407,23	353
-24	0,9135	454,91	416
-18	0,9511	484,64	461
-12	0,9781	585,06	572
-6	0,9945	629,05	626
0	1,0000	437,00	437
6	0,9945	433,22	431
12	0,9781	429,86	420
18	0,9511	432,44	411
24	0,9135	377,05	344
30	0,8660	398,68	345
36	0,8090	410,76	332
42	0,7431	407,88	303
Total	13,5106		6097

Sumber : Panjang fetch pada lokasi studi

Perhitungan Fetch :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos a}{\sum \cos a}$$

$$F_{eff} = \frac{6097}{13,5106}$$

$$= 451,2659 \text{ km} \approx 452 \text{ km}$$

Jadi, Fetch efektif sebesar 452 km.

4.3.4. Gelombang

Tinggi dan periode gelombang dapat dihitung dengan menggunakan grafik peramalan gelombang setelah fetch rerata efektif dan kecepatan angin diketahui. Adapun langkah-langkah dalam perhitungan gelombang adalah sebagai berikut :

1. Dihitung nilai rata-rata dari kecepatan maksimum pada arah yang dapat menimbulkan gelombang,

Contoh : tahun 2017, arah barat laut kecepatan angin 8,05 Knot (kolom 3 Tabel 4.3)

2. Kecepatan angin pada kolom 3 di konversi menjadi m/dt (1 knot = 0,514 m/dt)

Contoh : kecepatan angin 8,05 Knot = 4,142 m/dt (kolom 4 Tabel 4.3)

3. Dihitung kecepatan angin di laut dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat.

Contoh : dari grafik di dapat nilai RL = 1,561

$$U_w = U_L \times R_L$$

$$= 4,14 \times 1,56$$

$$= 6,47 \text{ m/dt} \quad (\text{Kolom 5 Tabel 4.3})$$

4. Dihitung nilai UA dengan rumus :

$$U_A = 0,71 U_w^{1,23}$$

$$= 0,71 \times 6,47^{1,23}$$

$$= 7,05 \text{ m/dt} \quad (\text{Kolom 6 Tabel 4.3})$$

5. Berdasarkan nilai UA dan Fetch, tinggi dan periode gelombang dapat dicari dengan menggunakan grafik peramalan gelombang.

$$U_A = 7,05 \text{ m/dt}$$

$$\text{Fetch} = 452 \text{ km}$$

Karena keterbatasan dari grafik peramalan gelombang, maka digunakan fetch kondisi maksimum fetch yaitu 123 km

Di dapat $H = 1,25 \text{ m}$ (Kolom 8 Tabel 4.3)

$$T = 5,85 \text{ m} \quad (\text{Kolom 9 Tabel 4.3})$$

Perhitungan selengkapnya ditampilkan dalam tabel 4. 3

Tabel 4. 3 Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Waktu kejadian	Arah	Kecepatan	UL	RL	UW	UA	Fetch	Tinggi	Periode
Tahun		Knot	(m/s)		(m/s)	(m/s)	(km)	(m)	(dt)
2017	BL	8,05	4,142	1,561	6,466	7,053	123	1,25	5,85
2018	BL	10,77	5,542	1,435	7,953	9,098	201	2,15	7,81
2019	BL	9,31	4,791	1,498	7,177	8,018	147	1,45	6,23
2020	BL	10,32	5,309	1,454	7,719	8,770	176	1,87	7,55
2021	BL	10,24	5,268	1,455	7,665	8,694	172	1,79	7,03
2022	BL	9,44	4,855	1,493	7,248	8,115	150	1,56	6,61
2023	BL	14,08	7,241	1,309	9,478	11,288	325	3,32	9,61

Sumber: Hasil analisis

Waverose diatas dihitung dengan menggunakan data yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Semarang. Untuk perencanaan bangunan pantai biasanya dipakai gelombang signifikan (H_s) yaitu H_{33} atau $1/3$ nilai tertinggi dari hasil perhitungan gelombang yang telah diurutkan begitu juga dengan periodenya.

Tabel 4. 4 Gelombang dan Periode Yang Telah Diurutkan

Tinggi (m)	Periode (dt)
3,32	9,61
2,15	7,81
1,87	7,55
1,79	7,03
1,56	6,61
1,45	6,23
1,25	5,85

$$N = 1/3 \times 7 = 2,333 \approx \text{Diambil 3 data}$$

$$H_{33} = \frac{3,32 + 2,15 + 1,87}{3} = 2,45 \text{ m}$$

$$T_{33} = \frac{9,61 + 7,81 + 7,55}{3} = 8,32 \text{ dt}$$

Perhitungan ini menggunakan data kecepatan angin maksimal.

Perhitungan tinggi gelombang ekuivalen :

Suatu deret gelombang merambat dari laut dalam menuju pantai yang mempunyai kontur dasar sejajar dalam arah utara di laut dalam.

- Tinggi gelombang = 2,45 m
- Periode gelombang = 8,32 dt

Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa kedalaman dasar laut di lokasi rancangan bangunan adalah -2 m. Kedalaman air di lokasi bangunan berdasarkan HWL, LWL, dan MWL adalah

$$dHWL = 1,62 - (-2) = 3,62 \text{ meter}$$

$$dMWL = 1,31 - (-2) = 3,31 \text{ meter}$$

$$dLWL = 1,04 - (-2) = 3,04 \text{ meter}$$

1. Penentuan kondisi gelombang di rencana lokasi pemecah gelombang

$$L_0 = 1,56 \times T^2 = 1,56 \times 8,32^2 = 1,56 \times 69,28 = 108,07$$

$$\frac{dMSL}{L_0} = \frac{3,04}{108,07} = 0,031$$

$$\text{Dari lampiran table L-1 didapat } \frac{d}{L} = 0,073 \rightarrow n_1 = 0,9368 \rightarrow K_s = 1,118$$

Perhitungan koefisien refraksi

$$C = \sqrt{\frac{L}{T}} = \sqrt{\frac{35,64}{8,32}} = 4,28 \text{ dt}$$

$$\sin x = \frac{C}{C_0} \rightarrow \sin \alpha = \frac{4,28}{12,98} \sin 45^\circ = 0,28 \rightarrow x = 31,24^\circ$$

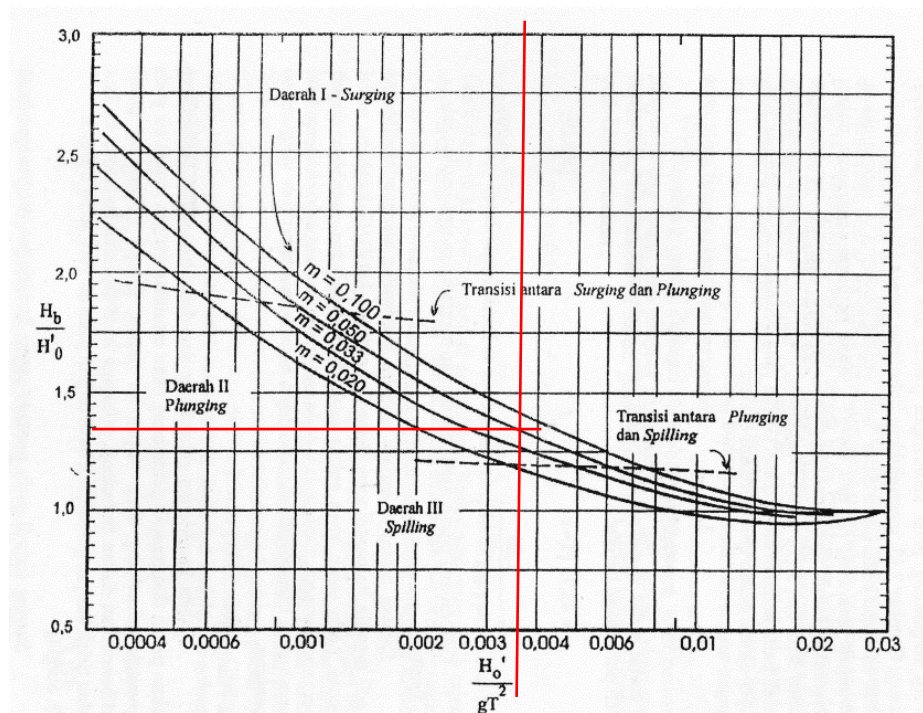
$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha^\circ}} = \sqrt{\frac{\cos 45^\circ}{\cos 31,24^\circ}} = 0,53$$

$$H_1 = K_s K_r H_0 \rightarrow H_1 = 1,118 \times 0,53 \times 2,45 = 1,46 \text{ m}$$

Perhitungan Gelombang Pecah

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{2,45}{9,81 \times 8,32^2} = 0,0036$$

Dari Gambar 4. 8 didapat:



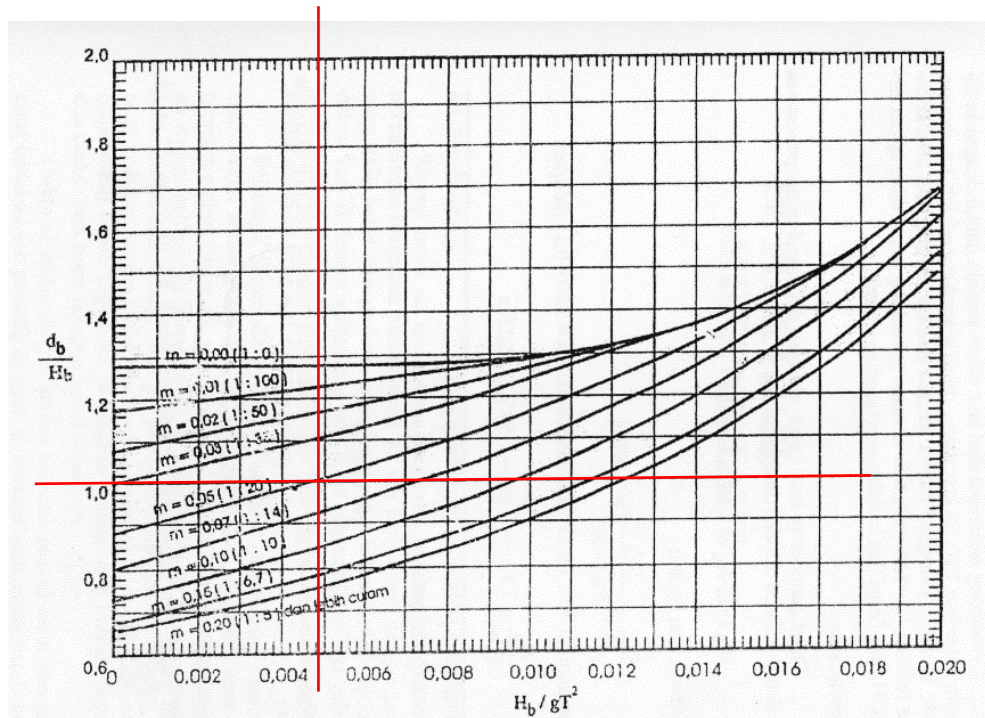
(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

Gambar 4. 8 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

$$\frac{H_b}{H'_0} = 1,35 \rightarrow H_b = 1,35 \times 2,45 = 3,30 \text{ m}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{3,30}{9,81 \times 8,32^2} = 0,0049 \text{ m}$$

Dari Gambar 4. 9 didapat



(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

Gambar 4. 9 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah

$$\frac{db}{Hb} = 1,01 \rightarrow db = 1,01 \times 2 = 2,02 \text{ m}$$

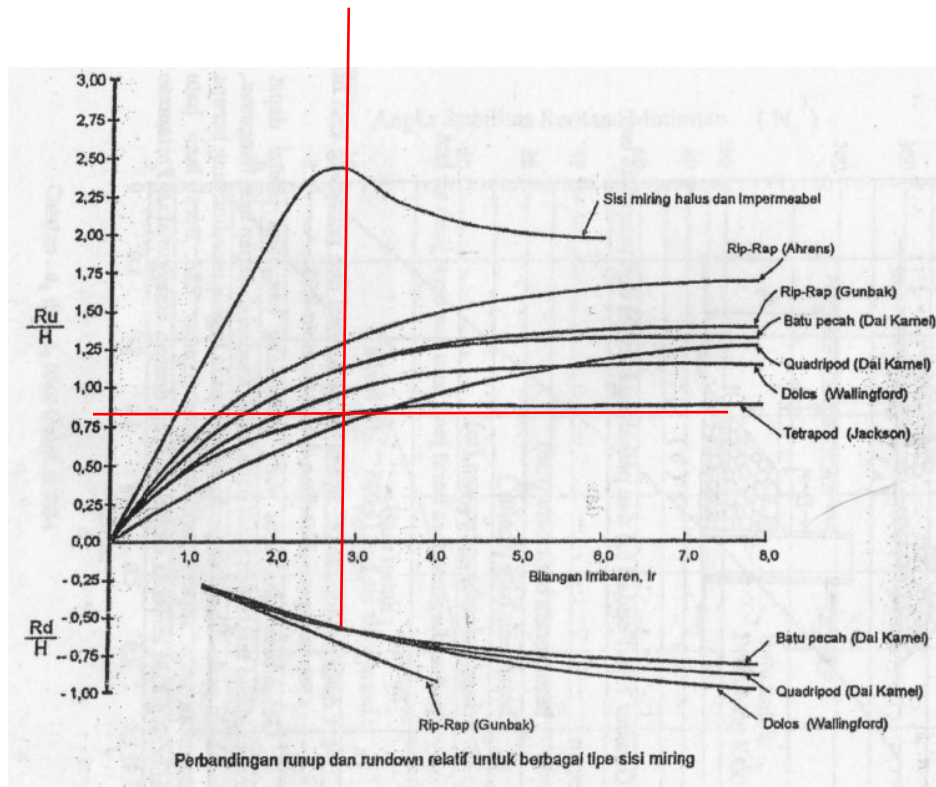
Jadi. Gelombang pecah akan terjadi pada kedalaman 2,02 m. Karena $db < {}^dLWL < {}^dHWL$, berarti di lokasi bangunan pada kedalaman -2 gelombang sudah pecah.

2. Penentuan elevasi pemecah gelombang

$$L_o = 1,56 T^2 = 1,56 \times 8,32^2 = 108,07 \text{ m}$$

Bilangan Iribaren

$$I_r = \frac{tg\theta}{(H/L_o)^{1/2}} = \frac{1/2}{(3,30/108,07)^{1/2}} = 2,86$$



(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

Gambar 4. 10 Grafik Runup Gelombang

Dengan menggunakan grafik pada gambar 4. 10 dihitung nilai *run-up*.

Untuk lapis lindung tetrapod :

$$\frac{Ru}{H} = 0,8$$

$$Ru = 0,8 \times 3,30 = 2,64 \text{ m}$$

Elavasi puncak pemecah gelombang, dengan memperhitungkan tinggi kebebasan 0,5 meter:

$$El_{Pem. Gel} = HWL + Ru + \text{tinggi kebebasan} = 1,62 + 2,64 + 0,5 = 4,76 \text{ m}$$

Tinggi Pemecah Gelombang

$$H_{Pem. Gel} = El_{Pem. Gel} + El_{Dsr.laut} = 4,76 + 2 = 6,27 \text{ m}$$

3. Berat butir lapis lindung

Berat batu lapis lindung dihitung dengan rumus *Hudson* berikut ini.

Untuk lapis lindung tetrapod (KD = 7)

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} = \frac{2,4 \times 3,30^3}{7 \left(\frac{2,4}{1,03} - 1 \right)^3 \times 2} = 2,63 \text{ to}$$

4. Lebar puncak pemecah gelombang

Lebar puncak pemecah gelombang untuk $n = 3$ (minimum) :

$$B = n k \Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} = 3 \times 1,15 \left[\frac{2,63}{2,40} \right]^{1/3} = 3,55 \text{ m}$$

5. Tebal lapis lindung

Tebal lapis lindung dihitung dengan rumus berikut :

Tebal lapis lindung pertama (kombinasi batu belah 15/20)

$$t = n k \Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} = 2 \times 1,15 \left[\frac{2,63}{2,40} \right]^{1/3} = 2,37 \text{ m}$$

Tebal lapis lindung kedua (kombinasi batu belah 5/7)

$$t = n k \Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} = 2 \times 1,15 \left[\frac{0,26}{2,40} \right]^{1/3} = 1,10 \text{ m}$$

6. Kombinasi batu pecah

Jumlah butir batu pelindung tiap satuan luas (10 m²) dihitung dengan rumus berikut :

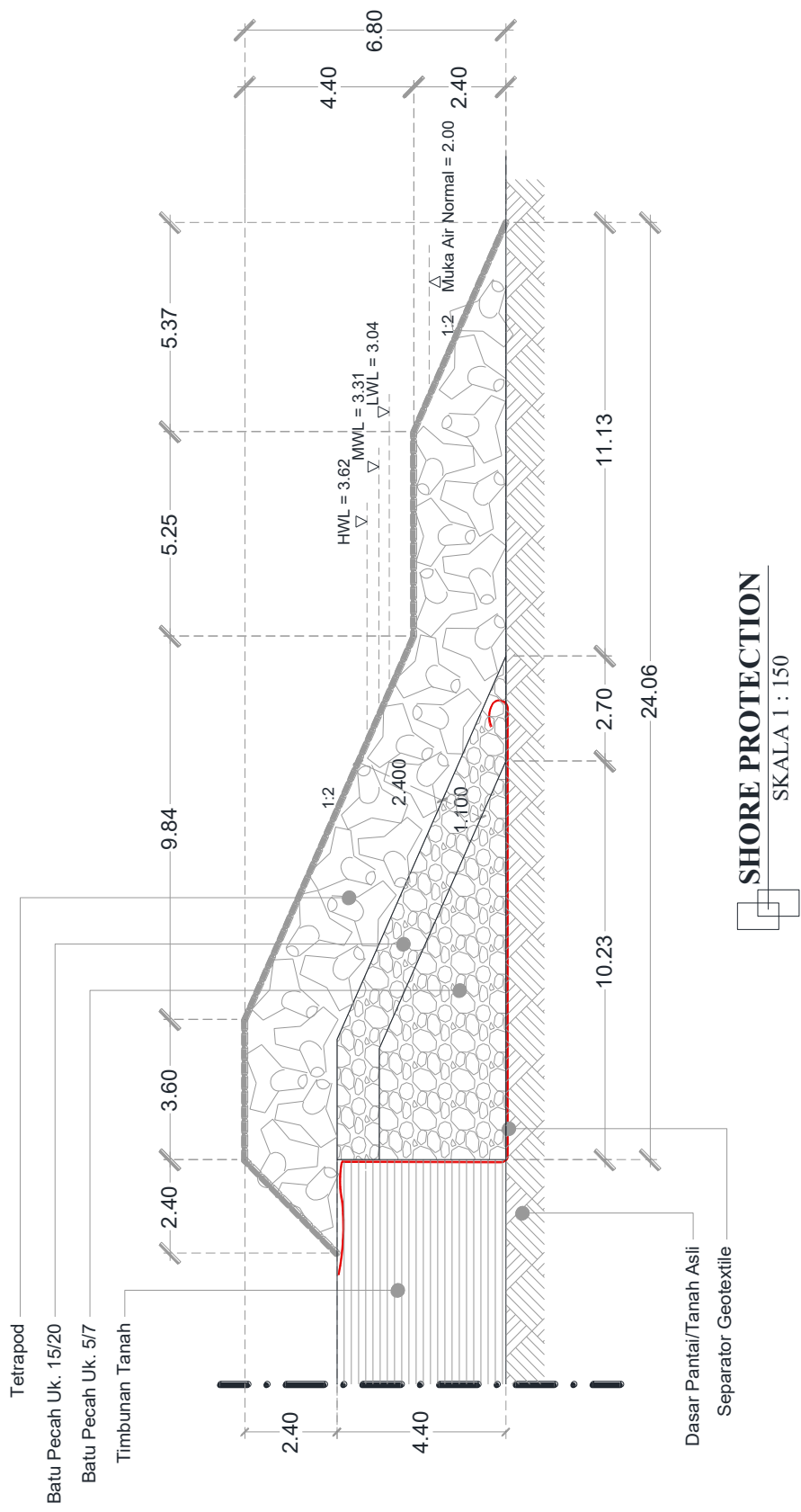
$$\text{Lapis pertama } W/10 = \frac{2,63}{10} = 0,26 \text{ ton}$$

$$\text{Lapis kedua } W/200 = \frac{2,63}{200} = 0,013 \text{ ton}$$

7. Jumlah batu pelindung

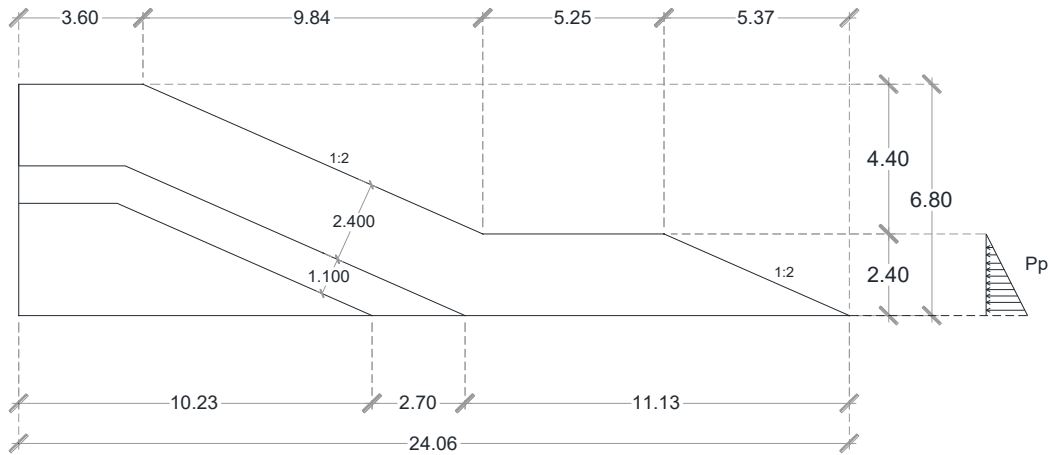
Jumlah butir batu pelindung tiap satuan luas (10 m²) dihitung dengan rumus berikut :

$$N = Ank \Delta \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3} = 10 \times 2 \times 1,15 \left[1 - \frac{40}{100} \right] \left[\frac{2,4}{0,26} \right]^{2/3} = 391,95$$



Gambar 4. 11 Alternatif Bangunan Shore Protection

4.4 ANALISIS STABILITAS



Gambar 4. 12 Diagram Gaya

4.4.1 Informasi Data

Berat Jenis Air laut $\gamma_w = 1,03 \text{ KN/M}^3$

Sudut Geser $\varphi = 25,90^\circ$

Tinggi Air $H_{\text{air}} = 3,62 \text{ Meter}$

Lebar Bawah $B = 24,06 \text{ Meter}$

4.4.2 Tekanan Hidrostatik Pasif

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Hidrostatik Pasif } K_p &= \tan\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)^2 \\ &= \tan\left(45 + \frac{25,90}{2}\right)^2 \\ &= 2,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hidrostatik Pasif } P_p \text{ air} &= 0,5 \times \gamma_w \times H_p \text{ air}^2 \\ &= 0,5 \times 1,03 \times 13,10. \\ &= 6,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Air } M_p \text{ air} &= P_p \text{ air} \times \frac{1}{3} \times H_p \text{ air}^2 \\ &= 6,75 \times \frac{1}{3} \times 3,62 \\ &= 8,14 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Jumlah Tekanan Pasif $\sum Pp = Pp \text{ air}$
 $= 6,75 \text{ kN}$

Jumlah Moment Pasif $\sum Mp = Mp \text{ air}$
 $= 8,14 \text{ kN}$

4.4.3 Menghitung Gaya Uplift

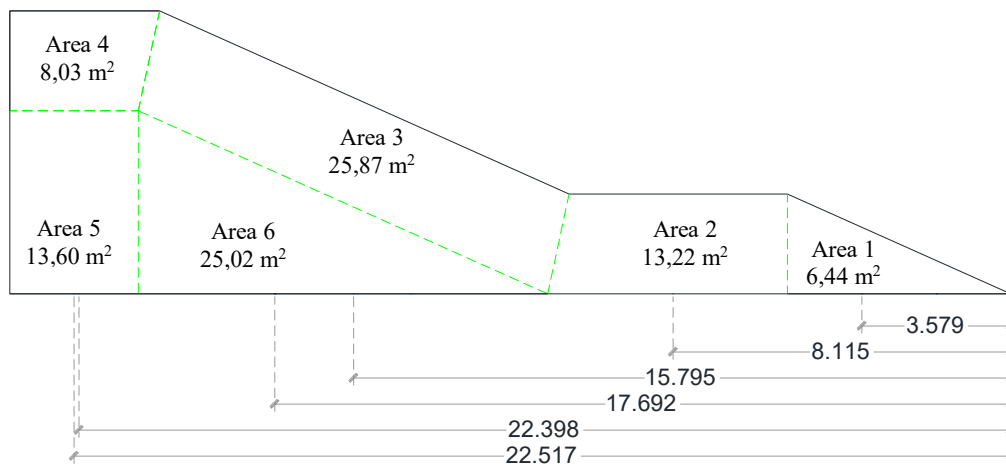
Gaya Uplift $U = 0,5 \times B \times \text{Hair} \times \gamma_w$
 $= 0,5 \times 22,45 \times 3,62 \times 1,03$
 $= 41,85 \text{ kN}$

$Mu = U \times \frac{2}{3} \times B$
 $= 41,85 \times \frac{2}{3} \times 22,45$
 $= 626,41 \text{ kN/m}$

Jumlah Gaya Uplift $\sum U = U$
 $= 41,85 \text{ kN}$

Jumlah Moment Uplift $\sum U = Mu$
 $= 626,41 \text{ kN/m}$

4.4.4 Berat Bangunan



Gambar 4. 13 Penampang alternatif

Tabel 4. 5 Perhitungan Berat Kontruksi

No	Luas Area	Berat Material	Berat Kontruksi	Lengan Ke.0	Momen
	m ²	kN/m ³	kN/m ³	m	kN/m
1	6,44	2,40	15,46	3,58	53,33
2	13,22	2,40	31,72	8,12	257,38
3	25,87	2,40	62,10	15,80	980,83
4	8,03	2,40	19,26	22,40	431,89
5	13,60	1,45	19,70	22,52	443,94
6	25,02	1,45	36,28	17,69	641,93
Total		ΣW =	184,53	ΣM =	2810,79

4.4.5 Faktor Keamanan Terhadap Geser Guling

Terhadap Geser $\Sigma P_p = 6,75 \text{ kN}$

$$\Sigma W = 184,53 \text{ kN}$$

$$\Sigma U = 41,85 \text{ kN}$$

$$\Sigma(V) = \Sigma W + \Sigma U$$

$$= 184,53 + 41,85$$

$$= 226,39 \text{ kN}$$

$$\Sigma(H) = \Sigma P_a + \Sigma P_p$$

$$= 00,00 + 6,75$$

$$= 6,75 \text{ kN}$$

$$SF = \frac{\Sigma V \tan \phi}{\Sigma H} > 1,5$$

$$SF = \frac{226,39 \times 0,96}{6,75} > 1,5$$

$$SF = 32,35 > 1,5 \text{ (OK)}$$

4.4.6 Terhadap Penggulingan

$$\Sigma M_p = 8,14 \quad \text{kN/m}$$

$$\Sigma M = 2810,79 \quad \text{kN/m}$$

$$\Sigma M_u = 626,41 \quad \text{kN/m}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_t &= \Sigma M + \Sigma M_p \\ &= 2810,79 + 8,14 \\ &= 2818,93\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_g &= \Sigma M_u \\ &= 626,41\end{aligned}$$

$$SF = \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} = \frac{2818,93}{626,41} = 4,50 > 1,5 \quad (\mathbf{OK})$$

BAB V

PENUTUP

5. 1. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan pengolahan data kami peroleh, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

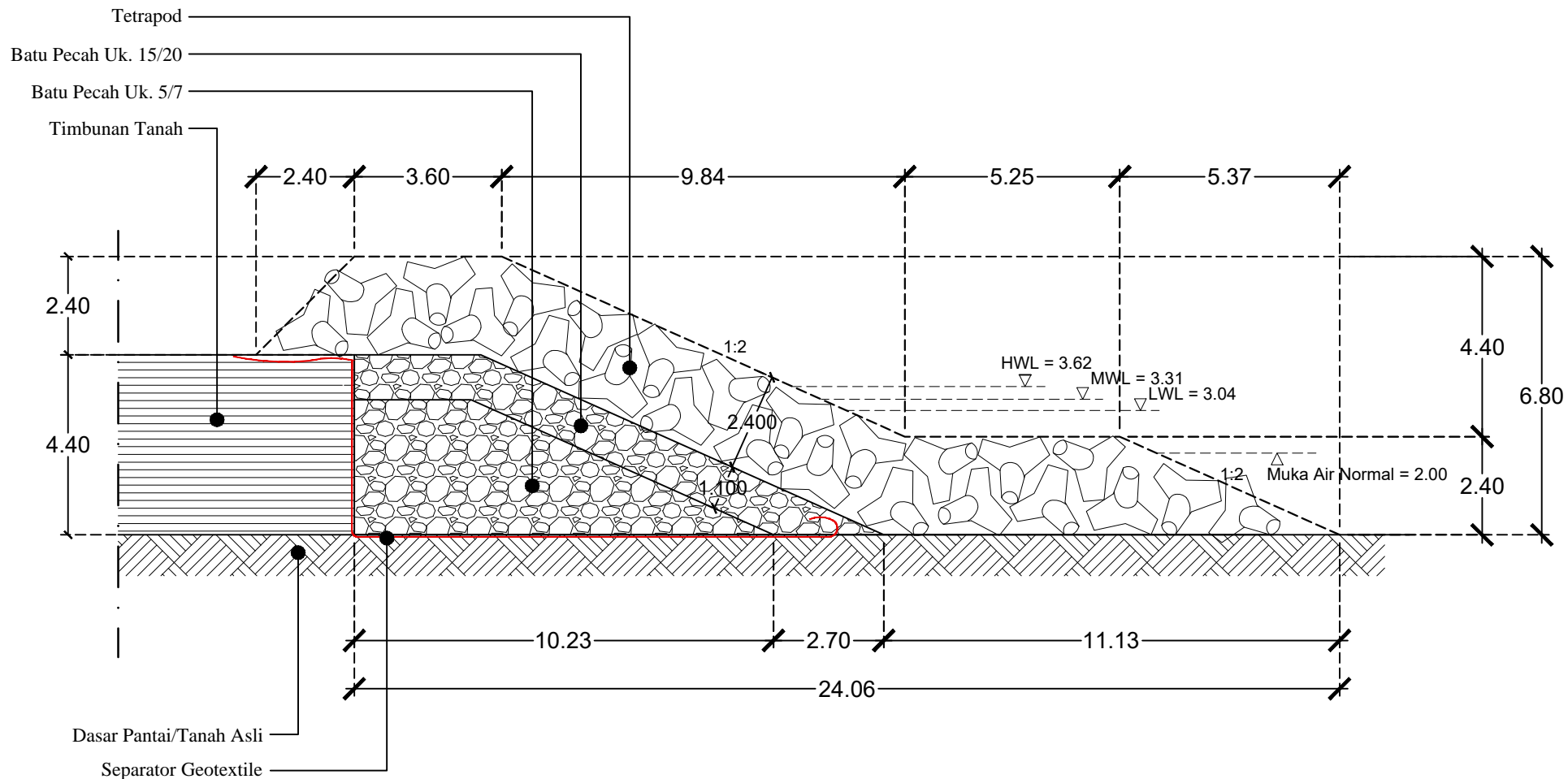
- a. Berdasarkan analisis windrose menggunakan data angin tahun 2017 sampai 2023 diketahui bahwa arah gelombang dominan adalah barat laut.
- b. Berdasarkan perhitungan tinggi dan periode gelombang diambil 3 data dari 7 data yang terkumpul menghasilkan H33 atau 1/3 dari data terbesar setelah diurutkan bisa diketahui tinggi gelombang 2,45 m dan periode gelombang 8,32 dt.
- c. Merekomendasikan desain bangunan pelindung pantai dengan design *shore protection* berupa tanggul laut.
- d. Berdasarkan analisis, diketahui rekomendasi design tanggul laut sebagai berikut:
 1. Elevasi puncak pemecah gelombang = 4,76 meter
 2. Lebar puncak pemecah gelombang = 3,55 meter
 3. Tebal lapis lindung tetrapod $t = 2,63$ meter
 4. Tebal lapis lindung batu pecah $(15/20) = 2,37$ meter
 5. Tebal lapis lindung batu pecah $(5/7) = 1,10$ meter
 6. Panjang dasar bangunan = 24,06 meter
 7. Kemiringan belakang 1 : 1
 8. Kemiringan lengan 1 : 2
- e. Jenis material konstruksi menggunakan tetrapod dan pasangan batu belah dengan 2 kombinasi ukuran.
- f. Dari Perhitungan Stabilitas Menghasilkan :
 1. Stabilitas terhadap geser $SF = 32,35 > 1,5$ (OK)
 2. Stabilitas terhadap Guling $SF = 4,50 > 1,5$ (OK)

Berdasarkan dari hasil analisa dan perhitungan yang diperoleh, maka dapat dinyatakan bahwa kontrol stabilitas tersebut telah memenuhi syarat dan aman.

5.2. Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan, maka penulis bermaksud memberikan saran terkait penanganan permasalahan pada batas Kawasan Industri Kendal (KIK) yang berbatasan langsung dengan garis pantai utara Kabupaten Kendal:

1. Perlu dilakukan penelitian data tanah di lokasi setempat.
2. Perlu dilakukan pertimbangan kembali terhadap bangunan-bangunan disekitarnya.




SHORE PROTECTION
 SKALA 1 : 150

DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, BT, 2011. “*Perencanaan Bangunan Pantai*”, Vol 1, No. 1, Januari 2011, Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Triatmodjo, BT, 1999. “*Teknik Pantai*”, Januari 1999, Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Hadiyatmo, HCH, 2018. “*Mekanika Tanah II*”, Vol 6, No. 1, April 2018, Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Kendal Industrial Park, 2023. “*The Proposed Construction And Completion Ofshore Protection At Jl.Talkandha At Kendal Industrial Park*” Kendal : PT. Kawasan Industri Kendal.
- Media, Roy, 2020. “*Sudut Geser Dalam (ϕ)*”. Available: <https://ronymedia.wordpress.com/2020/05/31/tabel-mekanika-tanah>, diakses 19 Januari 2024 Pukul 19.35.
- Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas, “*Data Angin 2017-2023*” Available: <https://www.ppid.maritimsemarang.com>. diakses 24 September 2023 Pukul 22.15.





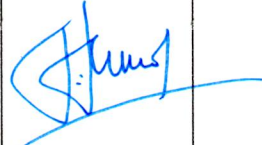
LEMBAR ASISTENSI TUGAS BESAR

Nama : Endro Sulistriono & Fachri F.R
Nim :
Dosen Pembimbing :
Mata Kuliah :

No.	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf
1	20/01 2024	- Data permukaan permukaan tanah & lokasi permukaan air laut. - Kenapa pilih Stone protection - Kenapa yg bekeja pada Stone protection	Apri
	20/02 2024	Penyakit gelombang tld Stone protection	Apri
	27/02 2024	Revisi : - Revisi kemiringan of form - Kempulan	Apri
	09/03 2024	Kembali ke Bu Natis	Apri





LEMBAR ASSISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Endro Sulistriono
 : Fachri Fatkhur R.
Nim : 18.21.0030
 : 18.21.0021

No.	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf
6.	2/3 2024.	<ul style="list-style-type: none">- PEMILIHAN BELOMBANG 75 AKAN DIPAKAI, PICER THDP BELOMBANG PECAH- RUN UP PISEWAIKAN DE KONSTRUKSI	
7.	27/3 2024	<ul style="list-style-type: none">- LENGKAPI EBR PESAIN DE ELEVASI 3 BANGUNAN- LENGKAPI EBR GAYA	
8.	20/4 2024	<ul style="list-style-type: none">- REVISI LAPORAN SESUAI KOREKSI- BISA PIWIKAN	

LEMBAR ASSISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Endro Sulistriono
 : Fachri Fatkhur R.
Nim : 18.21.0030
 : 18.21.0021

No.	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf
1/.	11/11 2023	<ul style="list-style-type: none">- LATAR BELAKANG DIPERKUAT- TAMBAHKAN ALASAN KENAPA PERLU REVIEW DESIGN	
2/.	16/12 2023	<ul style="list-style-type: none">- PERBAIKI PETA LOKASI- SAMPARKAN EXISTING DAN MENDATANG	
3/.	13/1 2024.	<ul style="list-style-type: none">- PERBAIKI BAGAN ALIR- CEK LASTI METODE	
4/.	27/1 2024.	<ul style="list-style-type: none">- TAMBAHKAN BAB PEMILIHAN TIPE BANGUNAN- PERBAIKI PERHITUNGAN WINDROSE + FETCH	
5/.	20/2 2024	<ul style="list-style-type: none">- CEK LASTI PERHITUNGAN BELOMBANG-	