

**ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN STRUKTUR
BREAKWATER AKIBAT ABRASI PANTAI
DI KAWASAN PESISIR**
(Studi Kasus : Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan,
Kabupaten Aceh Barat)

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat-syarat
yang Diperlukan untuk Memperoleh
Ijazah Sarjana Teknik

Oleh:

PUTRI DELL VIRA
NIM: 2003120083



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATOH - BANDA ACEH
2024**

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Tugas Akhir dengan judul “Analisis Penyebab Kerusakan Struktur *Breakwater* Akibat Abrasi Pantai Di Kawasan Pesisir (Studi Kasus : Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat)”, disusun oleh:

Nama Mahasiswa : Putri Dell Vira
NIM : 2003120083
Program Studi : Teknik Sipil

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, telah lulus pada tanggal 30 Januari 2024.

Banda Aceh, 30 Januari 2024

Disetujui Oleh,

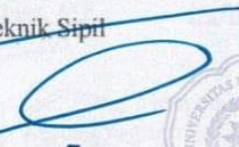
Pembimbing,

Co. Pembimbing,

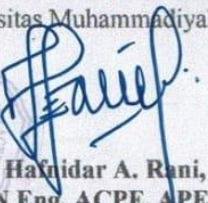
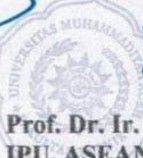

Akmal, ST., M.Eng, IPM
NIDN. 1308068301


Yulia, ST., MT, IPM
NIDN. 1319078601

Menyetujui/Mengesahkan,

Ketua
Program Studi Teknik Sipil


Dr. Ir. Lutfi Khani, ST, M.Eng.
Sc, IPM, ASEAN Eng
NIK. 19821027 201409 1 001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Aceh


Prof. Dr. Ir. Hafid A. Rani, ST, MM,
IPU, ASEAN Eng, ACPE, APEC Eng
NIK. 19700314 200004 2 001

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

“Analisis Penyebab Kerusakan Struktur *Breakwater* Akibat Abrasi Pantai Di Kawasan Pesisir (Studi Kasus : Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat)”

Disusun oleh:

Nama Mahasiswa : Putri Dell Vira
NIM : 2003120083
Program Studi : Teknik Sipil

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing, Co Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Banda Aceh, 30 Januari 2024

Pembimbing,

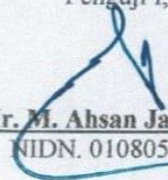
Co. Pembimbing,

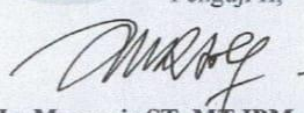

Akmal, ST., M. Eng, IPM
NIDN. 1308068301

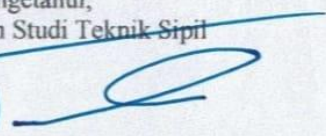

Yulia, ST., MT, IPM
NIDN. 1319078601

Penguji I,

Penguji II,


Ir. M. Ahsan Jass, ME
NIDN. 0108055301


Ir. Munawir, ST., MT, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 0129068303

Mengetahui,
Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Tamalikhani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng
NIK. 19821027 201409 1 001

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Putri Dell Vira

Npm : 2003120083

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Di dalam tugas akhir saya tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari tugas akhir /skripsi, tesis, disertasi, buku, atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan
2. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah saya tulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah olah karya asli saya sendiri
3. Apabila ternyata terdapat tugas akhir saya bagian-bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan atau seluruhnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Banda Aceh, 9 februari 2024

Saya yang membuat pernyataan,



Putri Dell Vira

2003120083

KATA PENGANTAR

“Bismillahirrahmanirrahim”

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan karunia-NYA sehingga penulisan tugas akhir ini dapat di selesaikan pada waktunya.

Tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Penyebab Kerusakan Struktur *Breakwater* Akibat Abrasi Pantai Di Kawasan Pesisir (Studi Kasus : Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat)” ditulis dalam rangka melengkapi dan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada program studi sarjana Teknik sipil pada Universitas Muhammadiyah Aceh.

Dalam Pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis telah memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak terutama pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Bapak Akmal ST., M.Eng., IPM sebagai pembimbing utama dan juga Ibu Yulia ST.MT.,IPM sebagai CO pembimbing

Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terimakasih Kepada :

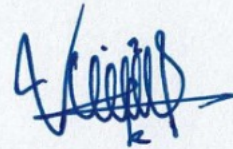
1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh Ibu Prof. Dr. Ir. Hafnidar A.Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng, ACPE, APEC Eng.
2. Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh Bapak Dr. Ir.Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng. dan Ibu Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh Cut Nawalul Azka, S.ST, MT, IPM
3. Penguji I Bapak Ir. M.Ahsan Jass, ME dan Penguji II Bapak Ir. Munawir, ST, MT, IPM, ASEAN Eng.
4. Terimakasih Kepada Kedua Orang Tua saya serta saudara tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan dorongan untuk keberhasilan penulis

5. Terimakasih Kepada kakak saya Putri Istiva rahayu S.T yang telah memberikan support sehingga saya bisa menyelesaikan penulisan ini.
6. Sahabat-Sahabat yang telah banyak membantu penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan ini.

Akhirnya kepada ALLAH SWT jugalah penulis berserah diri dan berharap semoga tulisan ini dapat berguna bagi pembaca, Amin.

Banda Aceh, 9 Februari 2024

Saya yang membuat pernyataan,



Putri Dell Vira

2003120083

**ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN STRUKTUR
BREAKWATER AKIBAT ABRASI PANTAI
DI KAWASAN PESISIR
(Studi Kasus : Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten
Aceh Barat)**

Oleh :

Putri Dell Vira
NIM : 2003120083

Pembimbing :
Akmal, ST., M.Eng., IPM
Co Pembimbing :
Yulia, ST, MT, IPM

ABSTRAK

Pesisir pantai desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat merupakan daerah yang sering terjadi abrasi pantai setiap tahunnya. Daerah tersebut merupakan daerah yang didominasi oleh masyarakat sekitar yang bekerja sebagai nelayan. Adapun bangunan pemecah gelombang yang terdapat di desa tersebut berupa *breakwater* sisi miring. Pemecah gelombang yang dibangun, berupa tetrapod dengan ukuran berat tetrapod 1,00 ton dan lebar pemecah gelombang 1,50 m. Permasalahan pada penelitian ini adalah faktor apa saja yang mengakibatkan terjadinya abrasi pantai di desa Ujung Kalak, serta bagaimana perencanaan struktur *Breakwater* pantai yang sesuai untuk melindungi pantai dari abrasi pada desa Ujung Kalak tersebut. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui faktor yang mengakibatkan terjadinya abrasi pantai di kawasan pesisir desa Ujung Kalak dan juga untuk mengetahui alternatif perencanaan bangunan struktur pelindung pantai akibat abrasi. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu Metode *Hudson*. Penyebab abrasi dipicu oleh beberapa faktor seperti pasang surut air laut, gelombang laut yang tinggi, dan arus laut yang menimbulkan kerusakan sebagai akibat dari angin yang kencang Sehingga menghasilkan gelombang yang merusak. Salah satu upaya yang dapat diterapkan untuk meminimalisir terjadinya abrasi pantai pada daerah tersebut yaitu dengan membuat struktur bangunan pemecah gelombang. Berdasarkan perhitungan hasil yang didapat pada perencanaan yang sudah ada pada desa Ujung Kalak ini adalah tinggi bangunan 3,00 m. Sehingga untuk meminimalisir terjadinya abrasi dibutuhkan penambahan tinggi bangunan sebesar 1,06 m maka didapatkan tinggi bangunan sebesar 4,06 m dengan lebar puncak yang sudah ada 1,50 m dan terdapat pertambahan lebar puncak sebesar 0,20 m menjadi 1,70 m, tebal lapis lindung pertama yaitu 1,50 m dan tebal lapis lindung kedua 0,50 m serta berat tetrapod awal 1,00 ton kemudian terdapat penambahan 0,20 ton menjadi 1,20 ton sehingga untuk tetrapod sekarang sudah dinyatakan aman

Kata Kunci : Abrasi, *Breakwater*, Pantai, Tetrapod

**ANALYSIS OF DAMAGE CAUSE TO BREAKWATER
STRUCTURES DUE TO COASTAL ABRATION
IN THE COASTAL AREA**
(Case Study: Ujung Kalak Village, Johan Pahlawan Sub-District,
West Aceh Regency)

Written by:
Putri Dell Vira
NIM : 2003120083

Supervisor:
Akmal, ST., M.Eng., IPM
Co. Supervisor:
Yulia, ST, MT, IPM

ABSTRACT

The coast of Ujung Kalak village, Johan Pahlawan Sub-District, West Aceh Regency is an area where coastal abrasion often occurs every year. This area is an area dominated by local people who work as fishermen. The breakwater building in the village is a sloping side breakwater. The *breakwater* being built is in the form of a tetrapod with a tetrapod weight of 1.00 tons and a breakwater width of 1.50 m. The problem in this research is what factors cause beach erosion in Ujung Kalak village, as well as how to plan appropriate beach breakwater structures to protect the beach from abrasion in Ujung Kalak village. The aim of this research is to find out the factors that cause beach erosion in the coastal area of Ujung Kalak village and also to find out alternative plans for building coastal protection structures due to abrasion. The method used in this research is *Hudson Method*. The cause of abrasion is triggered by several factors such as tides, high sea waves, and sea currents which cause damage as a result of strong winds, resulting in damaging waves. One effort that can be implemented to minimize the occurrence of coastal erosion in this area is by constructing wave breaking structures. Based on the calculation results obtained from the existing planning in Ujung Kalak village, the building height is 3.00 m. Therefore, to minimize the occurrence of abrasion, it is necessary to increase the building height by 1.06 m, so we get a building height of 4.06 m with an existing peak width of 1.50 m and an increase in peak width of 0.20 m to 1.70 m, layer thickness. The first protection layer is 1.50 m and the thickness of the second layer is 0.50 m and the initial tetrapod weight is 1.00 tons, then there is an addition of 0.20 tons to 1.20 tons so that the tetrapod is now declared safe.

Keywords: Abrasion, *Breakwater*, Coast, Tetrapod

pada Tanggal

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH AC
FAKULTAS TEKNIK

Suci Fitriani

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN A.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN B.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN C.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN.....	4
2.1 Pantai.....	4
2.2 Abrasi Pantai.....	4
2.2.1 Faktor Penyebab Abrasi Pantai.....	5
2.2.2 Penanganan Abrasi Pantai.....	5
2.3 Angin.....	6
2.3.1 Fetch Efektif.....	6
2.4 Gelombang.....	7
2.4.1 Gelombang Signifikan.....	7

2.4.2	Refraksi Gelombang dan Gelombang Rencana.....	7
2.5	Pasang Surut.....	8
2.6	Bangunan Pengaman Pantai.....	9
2.7	Pemecah Gelombang.....	9
2.8	Jenis Bangunan Pemecah Gelombang.....	10
2.8.1	Fungsi Bangunan Pemecah Gelombang.....	11
2.8.2	Berat Butir Batu Pelindung.....	12
2.8.3	Penentuan Elevasi Puncak.....	13
2.8.4	Lebar Puncak.....	14
2.8.5	Tebal Lapis Pelindung dan Jumlah Butir Batu.....	14
2.9	Kelebihan dan Kekurangan Pemecah Gelombang.....	15
2.9.1	Kelebihan Pemecah Gelombang.....	15
2.9.2	Kekurangan Pemecah Gelombang.....	15
2.10	Penelitian Terdahulu.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		19
3.1	Lokasi Penelitian.....	19
3.2	Persiapan Pendahuluan.....	19
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	19
3.3.1	Data Primer.....	20
3.3.2	Data Sekunder.....	20
3.4	Metode Pengolahan Data.....	21
3.4.1	Pengolahan Data Angin.....	21
3.4.2	Pengolahan Data Gelombang.....	21
3.4.3	Pengolahan Data Pasang Surut.....	21

3.4.4	Pengolahan Data Perencanaan Dimensi Bangunan.....	22
3.5	Metode Analisis Data.....	22
3.5.1	Analisis Data Angin.....	22
3.5.2	Analisis Data Gelombang.....	22
3.5.3	Analisis Data Pasang Surut.....	23
3.5.1	Analisis Data Perencanaan Dimensi Bangunan.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		24
4.1	Hasil.....	24
4.1.1	Analisis Kecepatan dan arah Angin.....	24
4.1.2	<i>Fetch</i>	25
4.1.3	Tinggi dan Periode Gelombang.....	26
4.1.4	Cepat Rambat Gelombang di Laut Dalam, panjang Gelombang	26
4.1.5	Pasang Surut dan <i>Run Up</i> Gelombang.....	27
4.1.6	Dimensi Bangunan.....	28
4.2	Hasil Analisis Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2018-2022...	30
4.2.1	<i>Fetch</i>	31
4.2.2	Tinggi dan Periode Gelombang.....	32
4.2.3	Cepat Rambat Gelombang di Laut Dalam, panjang Gelombang	33
4.2.4	Pasang Surut dan <i>Run Up</i> Gelombang.....	34
4.2.5	Dimensi Bangunan.....	34
4.3	Pembahasan.....	36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	40
DAFTAR KEPUSTAKAAN.....	41
Lampiran.....	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bencana banjir rob.....	5
Gambar 2.2 Dimensi Tetrapod.....	11
Gambar 2.3 Susunan Bangunan Pemecah Gelombang	12
Gambar 2.4 Grafik <i>Run Up</i> Gelombang.....	13
Gambar 4.1 Gambar <i>fetch</i> efektif pada Lokasi Penelitian.....	25
Gambar 4.2 Gambar bangunan pemecah gelombang yang sudah hilang tergerus ombak.....	30
Gambar 4.3 Gambar <i>fetch</i> efektif.....	31
Gambar 4.4 Gambar tumpukan bangunan pemecah gelombang.....	38
Gambar 4.5 Gambar dimensi bangunan pemecah gelombang.....	38
Gambar C.1 Grafik kecepatan angin di laut dan di darat.....	56
Gambar C.2 Fetch Efektif Pantai Desa Ujung kalak Meulaboh.....	59
Gambar C.3 Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah.....	65
Gambar C.4 Grafik Kedalaman Gelombang Pecah.....	66
Gambar C.5 Elevasi Pasang Surut.....	67
Gambar C.6 Grafik <i>Run Up</i> Gelombang.....	69
Gambar C.7 Grafik kecepatan angin di laut dan didarat tahun 2018-2022....	73
Gambar C.8 <i>Fetch</i> Efektif Pantai Desa Ujung kalak tahun 2018-2022.....	78
Gambar C.9 Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah.....	81
Gambar C.10 Grafik Kedalaman Gelombang Pecah.....	82
Gambar C.11 Elevasi Pasang Surut.....	83
Gambar C.12 Grafik <i>Run Up</i> Gelombang.....	85

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel C.1	Perhitungan <i>Fetch</i> Rerata efektif.....	59
Tabel C.2	Fungsi d/L Untuk Penambahan Nilai d/Lo.....	62
Tabel C.3	Perhitungan <i>Fetch</i> Rerata efektif tahun 2018 - 2022.....	75
Tabel C.4	Fungsi d/L Untuk Penambahan Nilai d/Lo.....	78

DAFTAR LAMPIRAN A

	Halaman
Gambar A.1.1 Bagan Alir Metode Penelitian.....	43
Gambar A.1.2 Peta Provinsi Aceh.....	44
Gambar A.1.2 Peta Kabupaten Aceh Barat.....	45
Gambar A.1.3 Peta Kecamatan Johan Pahlawan.....	46
Gambar A.1.4 Peta Lokasi Penelitian.....	47

DAFTAR LAMPIRAN B

	Halaman
Tabel B.2.1 Koefisien Stabilitas K_D Untuk Berbagai jenis Butir.....	47
Tabel B.2.2 Koefisien Lapis dan Porositas.....	48
Tabel B.2.3 Berat Jenis Material.....	49
Tabel B.2.4 Data Angin tahun 1996-2016.....	50
Tabel B.2.5 Data Angin tahun 2018-2022.....	51
Tabel B.2.6 Data Gelombang tahun 19965 - 2016.....	52
Tabel B.2.7 Data Gelombang tahun 2018 - 2022.....	53
Tabel B.2.8 Elevasi Muka Air.....	54
Tabel B.2.7 Komponen Harmonik Pasang Surut.....	55

DAFTAR LAMPIRAN C

	Halaman
Lampiran C.1 Perhitungan Kecepatan, Arah Angin, dan Tinggi gelombang Berdasarkan Peramalan di Laut dalam.....	56
Lampiran C.2 Perhitungan <i>Fetch</i> efektif.....	60
Lampiran C.3 Perhitungan Data Pasang Surut.....	66
Lampiran C.4 Perencanaan Dimensi Pemecah Gelombang 1 ton.....	70
Lampiran C.5 Perhitungan Kecepatan, Arah Angin, dan Tinggi gelombang Berdasarkan Peramalan di Laut dalam tahun 2018 - 2022.....	73
Lampiran C.6 Perhitungan <i>Fetch</i> efektif.....	76
Lampiran C.7 Perhitungan Data Pasang Surut.....	83
Lampiran C.8 Perencanaan Dimensi Pemecah Gelombang 1,2 ton.....	86

BAB I

PENDAHULUAN

Pantai merupakan pertemuan antara wilayah tepi daratan dan perairan yang dipengaruhi oleh air surut terendah dan pasang tertinggi, didalam air laut terdapat material yang beragam mulai dari pasir kerikil, lempung, lanau, batuan dan material lainnya. Pantai merupakan sebuah bentuk geografis yang terdiri dari pasir dan terdapat didaerah pesisir. Pesisir merupakan daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. pesisir pasir juga merupakan tipe pesisir yang rentan terhadap perubahan dinamika laut, salah satunya adalah abrasi pantai.

Abrasi pantai adalah proses erosi dan penurunan garis pantai yang disebabkan oleh gelombang laut, arus, dan faktor manusia. Faktor seperti perubahan iklim dapat mempercepat proses abrasi pantai, dan mengakibatkan kerusakan yang signifikan terhadap pesisir dan struktur *breakwater* pantai. *breakwater* merupakan struktur pengaman pantai yang dibuat sedemikian rupa untuk melindungi daratan pantai rendah terhadap genangan air pasang.

Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat merupakan salah satu desa yang kerap terjadi abrasi pantai disetiap tahunnya, karena letak kawasannya di pesisir pantai laut lepas, dan terjadinya penyusutan garis pantai. Kejadian yang tidak diduga pada tahun 2020 silam terjadi amukan abrasi pantai yang sangat kuat dan menyebabkan gelombang air laut meluap kedaratan hingga merusak infrastruktur jalan, permukiman, serta struktur *breakwater* yang berada di pesisir pantai tersebut. Kerusakan *breakwater* di desa Ujung Kalak itu sudah mengalami 3 kali restorasi mulai dari *breakwater Tetrapod*, *Hexapod*, dan *Sandbag*.

Kondisi *breakwater* pada saat terjadi abrasi pantai sangat buruk, mulai dari rusaknya struktur *breakwater* serta hilangnya struktur *breakwater* akibat tergerus gelombang. Dikutip dari akun “Haba_Acehbarat” pada tanggal 22 September 2023 banjir rob akibat dari gelombang pasang merendam permukiman rumah warga di Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat.

Banjir terjadi sekitar pukul 21.30 WIB malam yang diperkirakan air laut merendam rumah warga dengan ketinggian 30 centimeter sehingga beberapa warga disekitar terpaksa harus mengungsi. Tidak bisa dipungkiri akibat kuat nya hantaman gelombang laut menjadi keresahan bagi warga sekitar. Untuk menghindari kerusakan lebih lanjut, kiranya perlu mencari tahu faktor terjadinya abrasi dengan cara mengetahui penyebabnya, selanjutnya dapat ditentukan cara penanggulangannya yaitu dengan membuat bangunan pelindung pantai seperti pemecah gelombang tetrapod.

Pada tugas akhir ini peneliti menganalisis bangunan pelindung pantai berbentuk tetrapod meskipun sebelumnya di Desa Ujung Kalak sudah pernah dibangun pemecah gelombang berupa *tetrapod* akan tetapi struktur tetrapod dulu sudah hilang tergerus gelombang dan dimensi struktur tetrapod dulu lebih kecil dari perencanaan tetrapod sekarang. Untuk perencanaan ini peneliti menganalisis *breakwater* berupa tetrapod dikarenakan ditinjau dari tahun sebelumnya diantara *breakwater* yang sudah direstorasi bangunan pelindung pantai yang rapat dan paling kuat menahan energi gelombang yaitu bangunan pelindung pantai *tetrapod*, *tetrapod* memiliki fungsi sebagai pelindung pantai yang cukup efektif untuk meredam hantaman gelombang laut.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, dapat diambil beberapa permasalahan pada penelitian ini yaitu, faktor apa saja yang mengakibatkan terjadinya abrasi pantai di desa ujung kalak, serta bagaimana perencanaan struktur *breakwater* pantai yang sesuai untuk melindungi pantai dari abrasi pada Desa Ujung Kalak tersebut. Adapun Tujuan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor yang mengakibatkan terjadinya abrasi pantai di kawasan pesisir desa Ujung kalak dan juga untuk mengetahui alternatif perencanaan bangunan struktur pelindung pantai akibat abrasi.

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan kontribusi penting dalam memahami dinamika abrasi pantai, mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan pantai dan memberikan informasi dasar bagi kebijakan pengelolaan pesisir yang berkelanjutan.

Penyebab abrasi dipicu dari beberapa faktor seperti pasang surut air laut, gelombang laut yang tinggi dan arus laut yang dapat menimbulkan kerusakan juga akibat angin yang kencang menjadikan gelombang laut menjadi tinggi dan berpotensi merusak *Breakwater* pantai. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi hanya meninjau tentang abrasi dan perencanaan bangunan pelindung pantai yang aman terhadap gelombang pada desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat. dan penelitian ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung dilapangan.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode *Hudson* dari metode ini penulis mencari persentase arah angin, *fetch* efektif, *fetch* rerata. Dalam penulisan ini ditinjau terhadap dimensi pemecah gelombang dengan hasil analisa dan juga perhitungan. Berdasarkan data angin, untuk bangunan *Breakwater* arah angin yang berpengaruh adalah angin dari timur dan barat dengan arah yang paling dominan dari timur sebesar 5,82% , panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch* didapatkan *fetch* rerata nya 142,94 Km, faktor tegangan angin 8,77 m/det, dengan panjang gelombang yang berada dilaut dalam (L_0) yaitu 130,95 m dan kecepatan rambat gelombang (C_0) adalah 14,30 m/det serta tinggi gelombang rencana (H'_0) adalah 1,82 m dengan kedalaman gelombang pecah (d_b) adalah 3,07 m sehingga elevasi tinggi bangunan pemecah gelombang adalah 2 m dengan lebar puncak 1,5 m dengan berat lapisan batu tetrapod yaitu 1 ton dan berat lapisan batu kubus beton 0,5 ton dan jumlah butir batu lapisan tetrapod perluasan (10 m^2) adalah 19 buah serta jumlah butir batu kubus beton perluasan (10 m^2) adalah 69 buah.

Dari hasil penelitian dan analisis data di lapangan maka tinggi bangunan yang ada sebelumnya pada Desa ujung kalak, kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat ini adalah 3 m dengan lebar puncak 1,5 m. dan berat butir pemecah gelombang yaitu 1 ton, untuk meminimalisir terjadinya abrasi pantai di Desa Ujung Kalak ini maka diperlukan penambahan tinggi bangunan 1,06 m menjadi 4,06 m dan berat batu pemecah gelombang dari berat 1 ton menjadi 1,2 ton

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Dalam suatu perencanaan dibutuhkan beberapa referensi yang dijadikan sebagai dasar perencanaan yang menjadi acuan dalam perhitungan dan pelaksanaan pekerjaan dilapangan. pada bab ini menyajikan teori teori dari berbagai sumber yang bertujuan untuk memperkuat materi pembahasan maupun sebagai dasar untuk menggunakan rumus rumus tertentu dalam perencanaan suatu kontruksi.

2.1 Pantai

Azhar, dkk (2011) berpendapat, pantai merupakan pertemuan antara wilayah tepi daratan dan perairan yang dipengaruhi oleh air surut terendah dan pasang tertinggi, dan didalamnya terdapat material beragam mulai dari pasir kerikil, lempung, lanau, batuan dan material lainnya. Agung (2017) berpendapat, pasang surut sering kali terjadi di pantai karena disebabkan ada gaya saling tarik benda di langit yaitu bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi, terutama bulan yang punya gaya tarik besar ke bumi karena dekatnya jarak antara keduanya

2.2 Abrasi Pantai

Amri (2016) berpendapat, Abrasi adalah proses terjadi pengikisan pantai yang disebabkan oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang sifatnya merusak abrasi ini dapat terjadi karena beberapa faktor antara lain, faktor alam faktor alam yang menyebabkan abrasi yaitu, angin yang bertiup diatas lautan sehingga menimbulkan gelombang serta arus laut yang mempunyai kekuatan untuk mengikis suatu daerah pantai, salah satu pencegahan terjadinya abrasi tersebut yakni dengan cara membuat bangunan pelindung pantai seperti tetrapod dan *Breakwater* lainnya. Sugianto (2019) berpendapat bahwa, abrasi pantai adalah

proses pengikisan pantai yang terjadi akibat gelombang laut yang terus menerus menghantam pantai dan sifatnya merusak. proses ini dapat menyebabkan perubahan bentuk pantai dan bahkan hilangnya pantai secara perlahan-lahan.

2.2.1 Faktor-faktor Penyebab Abrasi Pantai

Munandar, dkk (2017) berpendapat bahwa, fenomena abrasi atau akresi disebabkan oleh beberapa faktor alami berupa proses hidro-oseanoografi dari laut misalnya akibat hempasan gelombang, perubahan pola arus serta sirkulasi arah dan kecepatan angin dan fenomena pasang surut yang disebabkan oleh adanya gaya tarik benda-benda angkasa dari faktor keseluruhan diatas dapat menyebabkan abrasi pantai.

2.2.2 Penanganan Abrasi Pantai

Rayhani, dkk (2022) berpendapat bahwa, terdapat beberapa penangan abrasi pantai antara lain :

1. Proteksi pantai dengan pembuatan struktur keras seperti *breakwater*
2. Penerapan kawasan ekowisata untuk menyeimbangkan antara konservasi alam dan pariwisata



Gambar 2.1 Bencana banjir rob
Sumber : Haba News (2023)

2.3 Angin

Hariyoni, dkk (2010) berpendapat bahwa, Angin yang berhembus diatas permukaan air akan memindahkan energi air. kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang tadinya tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil diatas permukaan air. kecepatan angin biasanya dinyatakan dalam satuan Knot. 1 knot = 1,852 km/jam 0,514 m/d untuk keperluan peramalan gelombang biasanya di pergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m. apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian tersebut maka kecepatan angin perlu dikoreksi degan rumus :

$$U_{(10)} = U_{(y)} \left(\frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

$U_{(10)}$ = kecepatan angin pada ketinggian 10 meter (m/det)

y = elevasi terhadap permukaan air (m/det)

Jika data angin yang dimiliki adalah data angin pengukuran darat, perlu dilakukan koreksi untuk mendapatkan nilai kecepatan dilaut. Apabila data kecepatan angin disuatu perairan memerlukan koreksi terhadap elevasi, koreksi stabilitas dan efek lokasi maka dapat digunakan persamaan:

$$U = RT \times RL \times U_{(10)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

RT = Koefisien stabilitas perbedaan temperatur antara udara dan air laut

U = Koreksi terhadap elevasi kecepatan angin

RL = Koefisien koreksi antara kecepatan angin dilaut dan darat

$U_{(10)}$ = Kecepatan angin pada ketinggian 10 meter (m/det)

2.3.1 Fetch Efektif

Saputro, dkk (2010) berpendapat bahwa *Fetch* adalah panjang keseluruhan suatu daerah pembangkit gelombang dimana angin berhembus dengan arah dan kecepatan yang konstan. Panjang *fetch* dapat ditentukan dari peta. didalam peninjauan pembangkit gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh daratan yang

mengelilingi laut. Soehedi (2011) berpendapat, didalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* di batasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut, nilai *fetch* efektif (F_{eff}) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cdot \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

F_{eff} : Panjang *fetch* efektif/jarak sesungguhnya (m)

x_i : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch* (m)

α_i : Sudut antara *fetch* ke-i dengan arah utama (derajat)

2.4 Gelombang

Mamoto, dkk (2013) berpendapat, gelombang di laut biasa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut) letusan gunung berapi atau gempa di laut (tsunami), dan lain sebagainya. gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

2.4.1 Gelombang Signifikan

Berdasarkan data faktor tegangan angin (UA), Panjang *fetch* (F_{eff}), dan durasi maka dapat dilakukan peramalan gelombang dengan menggunakan grafik peramalan gelombang sehingga didapat tinggi dan periode gelombang signifikan.

2.4.2 Refraksi Gelombang dan Gelombang Rencana

Tinggi gelombang dilaut terjadi akibat pengaruh refraksi gelombang diberikan oleh rumus berikut:

$$H_0 = K_s \cdot K_r \cdot H_t \dots\dots\dots (2.4)$$

$$K_r = \frac{\sqrt{\cos \alpha^\circ}}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

H_0 : Tinggi Gelombang dikedalaman tertentu (m)

K_s : Koefisien Pendangkalan (m)

K_r : Koefisien Reaksi

H_t : Tinggi gelombang laut dalam

α_o : Sudut antara garis puncak gelombang

2.5 Pasang Surut

Aghitha, dkk (2019) berpendapat bahwa, Pasang surut merupakan penggambaran atas adanya fluktuasi dari muka air laut sebagai fungsi waktu yang disebabkan oleh adanya gaya tarik benda yang ada di langit, Wijaya dan Suntoyo (2013) berpendapat, pasang surut adalah fluktuasi muka air laut akibat adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi, kegiatan analisis pasang surut bertujuan untuk mendapatkan parameter-parameter yang diperlukan bagi perencanaan suatu bangunan pantai, parameter-parameter tersebut adalah :

1. Konstanta pasang surut
2. Elevasi muka air

Pengetahuan tentang pasang surut sangat penting didalam perencanaan bangunan pantai, Untuk menentukan tipe/sifat pasang surut yang terjadi pada daerah tersebut maka dapat digunakan metode *Least Square* dengan rumus berikut:

$$F = \frac{AO_1 + AK_1}{AM_2 + AS_2} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

AO_1 = Amplitudo komponen O_1

AK_1 = Amplitudo komponen K_1

AM_2 = Amplitudo komponen M_2

AS_2 = Amplitudo komponen S_2

2.6 Bangunan Pengaman Pantai

Hidayat (2006) berpendapat, Bangunan pengaman pantai merupakan konstruksi yang dibangun sejajar atau tegak lurus dengan garis pantai yang berfungsi untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus. Adapun Untuk kepentingan lainnya seperti fasilitas untuk menarik wisatawan khususnya untuk daerah pantai wisata. Wijaya (2015) berpendapat, sesuai dengan fungsinya, bangunan pantai dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Kontruksi yang dibangun di pantai dan sejajar dengan garis pantai termasuk kedalam kelompok dinding pantai (*Revetment*).
- 2 Kontruksi yang dibangun kira kira tegak lurus pantai dan menyambung pantai termasuk kedalam kelompok groin (*groyne*) dan *jetty*
3. kontruksi yang dibangun lepas pantai dan kira kira sejajar dengan garis pantai termasuk kedalam kelompok pemecah gelombang (*Breakwater*)

2.7 Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

Harjwinata (2019) berpendapat bahwa, Pemecah gelombang atau *breakwater* adalah prasarana yang dibangun untuk memecahkan gelombang atau ombak dengan cara menyerap sebagian energi gelombang. Pemecah gelombang digunakan untuk mengendalikan abrasi yang dapat menggerus garis pantai dan juga untuk menenangkan gelombang dipelabuhan sehingga kapal dapat merapat dipelabuhan dengan lebih mudah dan cepat. *breakwater* atau pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama banyak digunakan pada perlindungan perairan pelabuhan, sedangkan tipe kedua untuk perlindungan pantai terhadap erosi. Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi 3 tipe yaitu pemecah gelombang tipe sisi miring, pemecah gelombang tipe sisi tegak, pemecah gelombang tipe campuran.

Soedjono dalam Soehedy (2012) berpendapat, pemecah gelombang tipe ini dibuat dari tumpukkan batu alam yang dilindungi oleh lapis pelindung berupa batu besar atau beton dengan ukuran tertentu, Pemecah gelombang tipe ini banyak digunakan di Indonesia, mengingat dasar laut pantai perairan Indonesia kebanyakan dari tanah lunak, selain itu di Indonesia juga banyak tersedia batu alam yang bisa dimanfaatkan

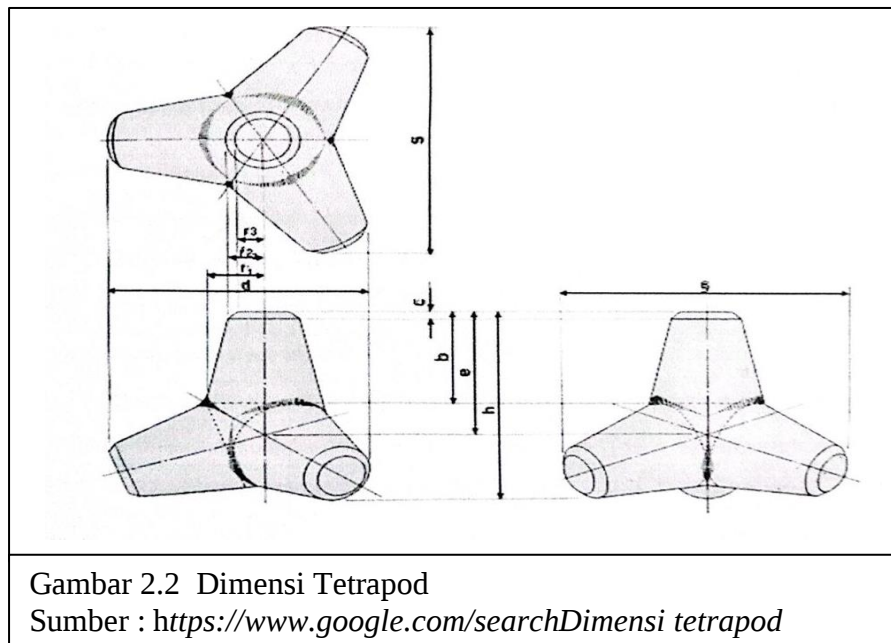
Pada penelitian ini bangunan pemecah gelombang yang digunakan peneliti adalah pemecah gelombang tipe sisi miring, bangunan ini berfungsi untuk melindungi pantai dan meredam serangan gelombang yang dapat mengakibatkan erosi pada pantai. Pemecah gelombang tipe sisi miring ini disusun secara seragam dari bibir pantai. Adapun konstruksi pemecah gelombang yang di rencanakan yaitu secara kombinasi mulai dari boulder dengan berat <1000 kg, tetrapod dengan berat 1 ton, dan kubus beton dengan ukuran 80 cm. stabilitas batu pelindung tergantung pada berat dan bentuk penyusunan butir pelindung, penyusunan breakwater disusun perletakkannya untuk mendapatkan kaitan yang cukup baik dan bisa mengunci satu sama lain

2.8 Jenis - Jenis Bangunan Pemecah Gelombang

Harjwinata (2019) berpendapat bahwa, Adapun jenis jenis bangunan pemecah gelombang antara lain :

1. *Tetrapod: breakwater* jenis ini menggunakan blok beton berbentuk segitiga dengan empat kaki. Blok-blok ini ditempatkan secara berurutan di sepanjang pantai untuk membentuk dinding yang kuat dan tahan lama. Keuntungan dari penggunaan tetrapod adalah mudah dipasang dan dapat menahan gelombang laut yang besar.
2. *Sandbag: breakwater* jenis ini menggunakan kantong pasir yang diisi dengan pasir atau bahan lainnya. Kantong-kantong ini ditempatkan disepanjang pantai untuk membentuk dinding yang kuat dan tahan lama. Keuntungan dari penggunaan *sandbag* adalah biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis *breakwater* lainnya.

3. Kubus Beton: *breakwater* jenis ini menggunakan blok beton yang lebih kecil dan lebih murah daripada tetrapod. Blok-blok ini ditempatkan di sepanjang pantai untuk membentuk dinding yang kuat dan tahan lama. Keuntungan dari penggunaan beton adalah daya tahan yang lebih tinggi dan dapat menjadi estetika di pengaman pantai
4. X blok : *Breakwater* jenis ini menggunakan blok beton yang lebih kecil dan lebih murah daripada tetrapod. Blok-blok ini ditempatkan disepanjang pantai untuk membentuk dinding yang kuat dan tahan lama, tipe *breakwater* x blok ini juga untuk menahan sedimen dari laut dan mengunci agar tidak terjadi pergeseran



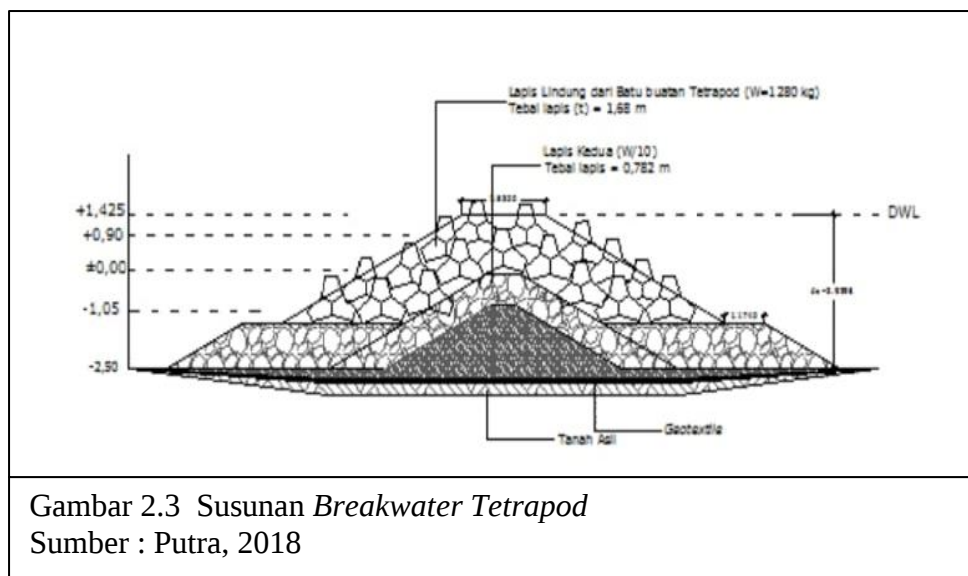
2. 8.1 Fungsi Bangunan Pemecah Gelombang

Terdapat beberapa fungsi bangunan pemecah gelombang antara lain:

1. Pemecah gelombang berfungsi sebagai pelindung kolam perairan dari serangan gelombang yang dapat mengakibatkan terganggunya aktivitas di perairan baik pada saat pasang, badai maupun peristiwa alam lainnya.
2. Pemecah gelombang berfungsi untuk mengurangi energi gelombang dan mengurangi endapan sedimen yang masuk ke dalam daerah terlindung.

Pengiriman sedimen sepanjang pantai yang berasal dari daerah disekitarnya akan diendapkan dibelakang bangunan. Pantai di belakang struktur akan stabil dengan terbentuknya endapan sedimen tersebut.

3. Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan peredam gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (*Refleksi*), sebagian diteruskan (*Transmisi*) dan sebagian dihancurkan (*Dissipasi*) melalui pecahnya gelombang, kekentalan fluida, gesekan dasar dan lain-lainnya.



2.8.2 Berat Butir Batu Pelindung

Yuliamangesti (2016) berpendapat bahwa, untuk sisi miring dalam penentuan berat butir batu pelindung dengan menggunakan Rumus Hudson sebagai berikut

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{KD (Sr-1)^3 \cot \theta} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Sr = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

- 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

KD = Koefisien stabilitas batu pelindung

Sr = Tebal lapis batu pelindung

2.8.3 Penentuan Elevasi Puncak

Triatmodjo (2010) berpendapat bahwa, parameter hitungan yang akan dihitung Untuk menghitung Elevasi puncak pemecah gelombang dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{ElpemGel} = \text{HHWL} + \text{Run up} + \text{freeboard} \dots\dots\dots (2.9)$$

untuk nilai *Run up* gelombang diperoleh menggunakan fungsi bilangan Iribaren sebagai berikut :

$$I_r = \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H}{L_o}\right)^{0,5}} \dots\dots\dots (2.10)$$

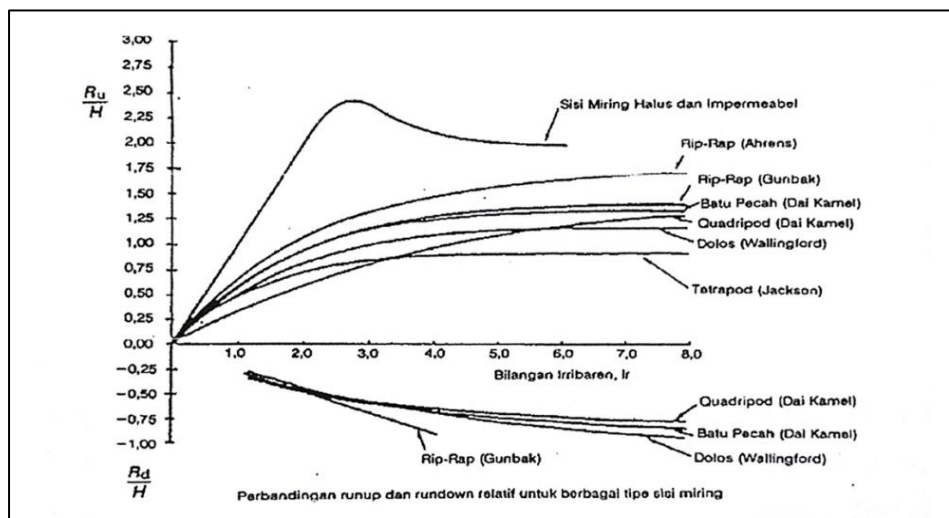
Dimana :

I_r = Bilangan Iribaren

Θ = Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang (struktur)

H = Tinggi gelombang di lokasi bangunan

L_o = Panjang gelombang di laut dalam



Gambar 2.4 Grafik *run up* gelombang
Sumber : (Triatmodjo B. 2010)

2.8.4 Lebar Puncak

Triadmodjo (2010) berpendapat, lebar puncak pemecah gelombang juga tergantung pada limpasan yang diizinkan dan lebar puncak minimum adalah sama lebar dari tiga butir batu pelindung yang disusun berdampingan. Untuk bangunan tanpa terjadi limpasan, lebar puncak pemecah gelombang bisa lebih kecil.

Untuk Merencanakan struktur tetrapod lebar puncak pemecah gelombang bisa dihitung dengan rumus berikut :

$$B = nK\Delta \left(\frac{W}{W_r}\right)^{1/3} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

B = Lebar Puncak

n = jumlah butir batu(lapisan)

K Δ = koefisien lapis

W = berat butir batu pelindung

W_r = berat jenis batu pelindung

2.8.5 Tebal Lapisan Batu Pelindung dan Jumlah Batu Pelindung

Triadmodjo (2010) berpendapat, tebal lapisan batu pelindung dan jumlah batu pelindung dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$t = nk\Delta \left(\frac{w}{\gamma_r}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$N = A n k\Delta \left(1 - \frac{p}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{w}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana :

t = Tebal Lapis Pelindung (ton)

n = Jumlah Lapis Batu Dalam Lapis Pelindung (minimal 2)

k Δ = Koefisien Lapis

γ_r = Berat Jenis Armor

P = Porositas

A = kecepatan angin pada elevasi 10 m²

w = Berat butir batu pelindung (ton)

2.9 Kelebihan dan Kekurangan Pemecah Gelombang

Purbo (2008) berpendapat, *breakwater* adalah struktur yang berfungsi untuk mengurangi intensitas aksi gelombang di perairan pantai dan dengan demikian dapat mengurangi terjadinya abrasi pantai. Struktur pemecah gelombang cukup efektif untuk menahan sedimen ke lepas pantai akan tetapi dalam perencanaan struktur pengaman pantai pasti memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain :

2.9.1 Kelebihan Pemecah Gelombang

Breakwater adalah struktur yang berfungsi untuk mengurangi intensitas aksi gelombang di perairan pantai dan dengan demikian dapat mengurangi terjadinya abrasi pantai. Berikut beberapa kelebihan dari *breakwater* :

1. Melindungi pantai, *breakwater* dapat meredam dan melindungi pantai dari abrasi pantai
2. Bertahan Lama dan dapat bertahan beberapa dekade
3. Bentuknya yang unik memungkinkan *breakwater* dapat mengunci satu sama lain dan memberikan kesan estetika dan indah saat dipandang

2.9.2 Kekurangan Pemecah Gelombang

Adapun beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Biaya: Pembangunan *breakwater* membutuhkan biaya yang cukup besar, terutama jika menggunakan bahan yang mahal seperti beton
2. Perawatan: *breakwater* membutuhkan perawatan yang teratur untuk menjaga kekuatan dan keandalannya. Biaya perawatan dapat menjadi mahal tergantung pada jenis *breakwater* yang digunakan.

2.10 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan struktur Breakwater pantai sebagai berikut :

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Hasil Penelitian
1	2	3	4
1	Daniel Jesayanto Jaya (2018)	Kajian Bangunan Pelindung Pantai Dari Bahaya Abrasi/Erosi Dengan Menggunakan Breakwater Di Indonesia	Dari penelitian ini ditemukan pemilihan susunan struktur pengaman pantai yang akan ditentukan sendiri keputusan dari pihak pembuat kebijakan untuk menanggulangi permasalahan abrasi pantai/erosi di Indonesia dalam menggunakan Breakwater/Pemecah gelombang. permasalahan abrasi pantai/erosi di Indonesia dalam menggunakan Breakwater/Pemecah gelombang
2	Alisha Maharani Shivananda Arif dan Nashrul Hasanuddin (2022)	Pengendalian Abrasi Pantai Tumpaan, Amurang, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara Dengan Menggunakan Pegar Geobag	Penelitian ini dapat penanggulangan abrasi pantai dengan PEGAR geobag. Struktur PEGAR geobag yang telah dipasang di pantai tumpaan merupakan prototip lapangan yang diharapkan menjadi percontohan dan struktur alternatif dalam melindungi dan menumbuhkan kembangkan mangrove
3	Cut Tia Farhadina (2019)	Analisa bangunan pelindung reklamasi di pantai Lhoksedu Kabupaten Aceh Besar	pada penelitian ini didapatkan arah angin dominan berasal pada arah barat sebesar 26,596% dengan panjang segmen fetch maka didapatkan panjang fetch efektif 139,624 km, dengan kecepatan angin elevasi pada 10 m adalah 5,40 m/dt dan lebar puncak 2 m serta tebal lapis pelindung 2 m dan berat batu lapis pelindung 1 ton

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Nama	Judul	Hasil Penelitian
1	2	3	4
4	Muhammad Tasmin, hendrik pristianto (2011)	Tinjauan stabilitas <i>Breakwater</i> penahan gelombang pada pantai dofior kota sorong	penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tipe pasang surut yang dikota sorong adalah tipe campuran dominan ganda. menggunakan data angin selama 3 tahun dari tahun 2008 sampai 2010 menghasilkan gelombang yang dominan pada arah barat yaitu sebesar 8,28% dan barat daya yaitu 5,97%
5	Nurul Fajri T rizal Tommy jansen, Arthur H. Thambas (2021)	Perencanaan pemecah gelombang (breakwater) di daerah pantai desa saonek kabupaten raja ampat provinsi papua barat	dapat disimpulkan bahwa dari perencanaan pemecah gelombang di daerah pantai desa saonek adalah tipe pemecah gelombang yang dipilih ialah pemecah gelombang sisi miring, untuk perhitungan pemecah gelombang di buat dengnan tiga alternatif yang dibedakan dari kemiringannya dan dari hasil perhitungan dimensi breakwater berat, tebal, lebar, levasi bangunan serta ukuran butiran batu didapatkan untuk digunakan dalam desain dilokasi studi
6	Adil Farhan Prasetyo, taufiqur Rachman dan Chairul Hasanuddin (2020)	Identifikasi kerusakan pantai kawasan pesisir kecamatan galesong utara, kabupaten takalar, sulawesi selatan	penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kondisi pantai kecamatan galesong utara menunjukkan bahwa tingkat kerusakan pantainya cukup tinggi dan perlu mendapatkan penanganan dengan segera, rusaknya revetmen disebabkan karena gempuran gelombang yang menghantam struktur

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Nama	Judul	Hasil Penelitian
1	2	3	4
7	Ahmad Yani (2014)	Studi perencanaan pemecah gelombang sebagai Alternatif bangunan pengaman pantai maratua Kampung payung-payung, kecamatan maratua, Kabupaten berau, provinsi kalimantan timur	Dari distribusi arah gelombang pada mawar gelombang tahunan, diketahui bahwa gelombang dominan berasal dari arah barat daya dengan presentasinya sebesar 30.96%, Bangunan pemecah gelombang ditempatkan sejajar garis pantai pada kedalaman 5.00 m atau ± 400 m dari garis pantai. Bangunan pemecah gelombang terdiri dari dua segmen dengan panjang tiap segmennya sebesar 600 m yang dipisahkan oleh sebuah celah dengan panjang 150 m
8	Irzan ensita mayanda, cholilul chayati, Ach.Desmantri Rahmanto (2023)	Evaluasi perencanaan Breakwater Terhadap Gelombang di pelabuhan perikanan pantai Pasongsongan, jawa timur Studi Kasus: Pelabuhan Perikanan Pantai pasongsongan Jawa Timur	dapat disimpulkan analisa data angin selama 4 tahun dari aplikasi WRPlot diperoleh nilai kecepatan angin 6,52 knots, faktor tegangan angin 3,142 m/s arah angin dominan dari timur dengan presentase 26,8 %, gelombang tertinggi 2,974 m, gelombang pecah 1,726 m. Transport sedimen yang terjadi di pantai utara jawa 1300 m ³ /hari hingga 3000 m ³ /hari Pantai Pasongsongan hanya 90,057% dari yang terjadi pantai utara jawa, data pasang surut HHWL +1,40 m, LLWL – 1,10 m, MSL $\pm 0,55$ m, dan elevasi muka air rencana 1,565 m dengan umur rencana 20 tahun. Berdasarkan hasil evaluasi, maka panjang breakwater 60 m dengan tinggi breakwater bagian ujung kepala bangunan 4,176 m dan lebar 16,55 m. Sedangkan tinggi breakwater bagian lengan bangunan 4,176 m

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini diuraikan mengenai lokasi penelitian, metode pengumpulan data, dan langkah-langkah yang ditempuh dalam analisis ini adalah studi pustaka/literatur, survei lapangan, pengumpulan data primer, pengumpulan data sekunder, dan analisis data. serta analisa rencana dan pembahasan untuk menghasilkan kesimpulan dan saran, Pengumpulan data yang diperoleh langsung dari BMKG Nagan Raya dan BWS (Balai Wilayah Sungai Sumatera 1 Banda Aceh). Untuk lebih jelas bagan alir proses penelitian dapat dilihat pada lampiran A hal 43

3. 1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat yang berjarak 1 Km dari pusat Kota Meulaboh atau Pada Koordinat $4^{\circ}11'36.97''$ LU dan $96^{\circ}1'32.75''$ BT.

3. 2 Persiapan Pendahuluan

Tahap persiapan berupa rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Tahap ini dilakukan pengamatan pendahuluan agar mendapat gambaran umum dalam mengidentifikasi kondisi pada lokasi penelitian dan merumuskan masalah yang terdapat pada lokasi penelitian.

3. 3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah hal yang paling penting yang harus dilakukan dalam sebuah penelitian, sehingga data-data yang bersangkutan dengan penelitian sangat mendukung penyelesaian penelitian ini. Adapun pengumpulan data pada penelitian ini meliputi :

3.3.1 Data Primer

Data Primer adalah data yang diperoleh secara langsung dilapangan. Adapun data Primer yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu

- 1 Observasi lapangan

pada penelitian ini diperlukan pengamatan kondisi pantai Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat untuk melihat tingkat kerusakan bangunan pelindung pantai

- 2 Dokumentasi Lapangan

Pengumpulan data dokumentasi dengan cara mengambil foto lokasi penelitian. Dokumentasi ini akan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai abrasi pantai pada daerah penelitian pantai Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh barat serta melihat beberapa sampel yang ada di lapangan

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak lain / pihak kedua, tidak langsung diperoleh oleh peneliti dari subyek penelitiannya. Adapun data-data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data Angin didapat dari Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika Nagan Raya digunakan untuk memperkirakan besar tinggi gelombang, data angin yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu data angin dari tahun 1995-2016 dan data angin 2018 hingga 2022
2. Data Gelombang didapat dari Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika Nagan Raya digunakan untuk memperkirakan pembentukan gelombang dari tahun 1995-2016 dan data gelombang 2018 hingga 2022
3. Data Pasang Surut didapat dari BWS (Balai Wilayah Sungai Sumatera 1 Banda Aceh). digunakan untuk menentukan HHWL, MHWL, LWL, dan, MSL yang digunakan dalam merencanakan dimensi bangunan pemecah gelombang

4. Data Perencanaan Kontruksi *breakwater* didapat dari BWS (Balai Wilayah Sungai Sumatera 1 Banda Aceh) digunakan untuk mengetahui dimensi perencanaan *breakwater*
5. Data Peta Provinsi Aceh didapat dari Departemen Pemukiman dan Prasarana Aceh (2023) digunakan untuk mengetahui lokasi.
6. Data peta Kabupaten Aceh Barat didapat dari Google Earth 2023 digunakan untuk mengetahui dengan jelas lokasi Penelitian

3.4 Metode Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data merupakan sarana penting untuk dapat mengetahui proses perhitungan dalam merencanakan bangunan pantai, pada tahapan ini dilakukan proses pengolahan data yang meliputi :

3.4.1 Pengolahan Data Angin

Adapun pengolahan data berupa data Angin, pada pengolahan data angin ini perlu dicari terlebih dahulu distribusi kecepatan angin, dan kemudian setelah mendapatkan kecepatan angin baru masuk kepada koreksi data angin

3.4.2 Pengolahan Data Gelombang

Pengolahan Data gelombang sisi miring mempunyai sifat fleksibel, kerusakan yang terjadi akibat gelombang tidak secara tiba-tiba (tidak fatal) untuk mencari perhitungan tinggi gelombang rencana dan refraksi gelombang dengan menggunakan Metode *Hudson*

3.4.3 Pengolahan Data Pasang Surut

Data pasang surut yang akan digunakan pada penelitian ini adalah data pasang surut yang mewakili daerah pantai Desa Ujung Kalak data pasang surut ini bertujuan untuk menentukan tipe/sifat pasang surut yang akan digunakan dalam menghitung elevasi muka air laut rencana

3.4.4 Pengolahan Data Perencanaan Dimensi Bangunan

Untuk membuat bangunan pengaman pantai yaitu *breakwater* tetrapod dengan menggunakan Metode Hudson, terdiri dari beberapa tahapan perhitungan yaitu Menghitung Berat butir Lapis pelindung, Menghitung elevasi puncak pemecah gelombang, Menghitung lebar puncak pemecah gelombang, dan menghitung tebal lapis pelindung dan jumlah butir batu

3.5 Metode Analisis Data

Tahapan analisis data merupakan sarana penting untuk dapat mengetahui dan melihat hasil dari pengolahan data dalam merencanakan pemecah gelombang, pada tahapan ini dilakukan proses analisis data yang meliputi :

3.5.1 Analisis Data Angin

1. Menghitung distribusi kecepatan angin dan konversi kecepatan angin dengan menggunakan persamaan 2.1, 2.2 Data angin akan dihitung untuk mendapatkan kecepatan angin berdasarkan data angin tahun 1995 - 2016 dan data angin kedua pada 5 tahun terakhir yaitu pada tahun 2018 - 2022
2. Menghitung panjang *fetch*, dilakukan perhitungan *fetch* efektif menggunakan peta pada daerah desa Ujung Kalak kemudian panjang garis *fetch* dihitung dari lokasi menuju daratan di ujung pulau dengan interval sudut 6° sampai membentuk sudut 42° dengan menggunakan persamaan 2.3 dan pada lampiran C halaman 59

3.5.2 Analisis Data Gelombang

1. Perhitungan tinggi gelombang signifikan dengan melihat grafik peramalan gelombang yang nantinya akan digunakan untuk menghitung tinggi gelombang rencana dapat dilihat persamaan 2.4 dan 2.5 dan grafik peramalan gelombang pada lampiran C halaman 60
2. Menentukan refraksi gelombang rencana dengan menggunakan persamaan 2.5

3.5.3 Analisis Data Pasang Surut

1. Untuk Menghitung kenaikan muka air laut harus ditentukan terlebih dahulu tipe/sifat pasang surut yang terjadi akibat gelombang dengan menggunakan persamaan 2.6
2. Setelah mendapatkan sifat pasang surut yang akan digunakan barulah dapat menghitung tinggi muka air dengan elevasi muka air rencana, elevasi muka air rata – rata, dan elevasi muka air terendah kemudian didapatkan elevasi muka air laut rencana dapat dilihat pada lampiran C halaman 66

3.5.4 Analisis Data Perencanaan Dimensi Bangunan

1. Menghitung Berat butir Lapis pelindung pada perairan yang berfungsi untuk menahan hempasan air laut dengan menggunakan persamaan 2.7 dan persamaan 2.8
2. Menghitung elevasi puncak pemecah gelombang dan *Run up* gelombang dengan menggunakan bilangan *irribaren* pada persamaan 2.9 dan persamaan 2.10
3. Menghitung lebar puncak pemecah gelombang yang tergantung pada limpasan, jika bangunan tanpa limpasan maka puncak bisa lebih kecil dengan menggunakan persamaan 2.11
2. Menghitung tebal lapis pelindung dan jumlah butir batu tiap satu luasan dengan menggunakan persamaan 2.12 dan persamaan 2.13

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dikemukakan seluruh hasil pengolahan data dan pembahasan dari pokok permasalahan penelitian. pengolahan data dan pembahasan dari penelitian ini akan dipaparkan berdasarkan pada teori-teori dan persamaan yang telah di kemukakan pada bab II

4.1 Hasil

Hasil pengolahan data ditampilkan dalam bentuk tabel dan gambar yang menggambarkan kecepatan angin, gelombang, dan pasang surut pada pesisir pantai desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat Berdasarkan hasil pengolahan data maka diperoleh Dimensi bangunan

4.1.1 Hasil Analisis Kecepatan dan Arah Angin

Data angin yang digunakan untuk mengetahui distribusi arah angin pada Kabupaten Aceh Barat ini yaitu data angin mulai dari tahun 1995 hingga tahun 2016 distribusi kecepatan dan arah angin dalam berbagai interval didapatkan data terbanyak pada kecepatan angin konstan berada pada arah angin timur yaitu dengan total 11.228 dan pada arah angin barat dengan total nilai 11.081 km/jam untuk menghitung panjang fetch arah angin dominan yang digunakan terdapat pada arah timur, karena pada arah timur panjang *fetch* nya bukan terkena daratan melainkan tertuju pada pulau terdekat dengan presentase arah dominan angin timur sebesar 5,82 %

Setelah kita mengetahui kecepatan angin dominan dan arah angin dominan di lokasi maka selanjutnya masuk keperhitungan angin terkoreksi, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran C.1 halaman 56

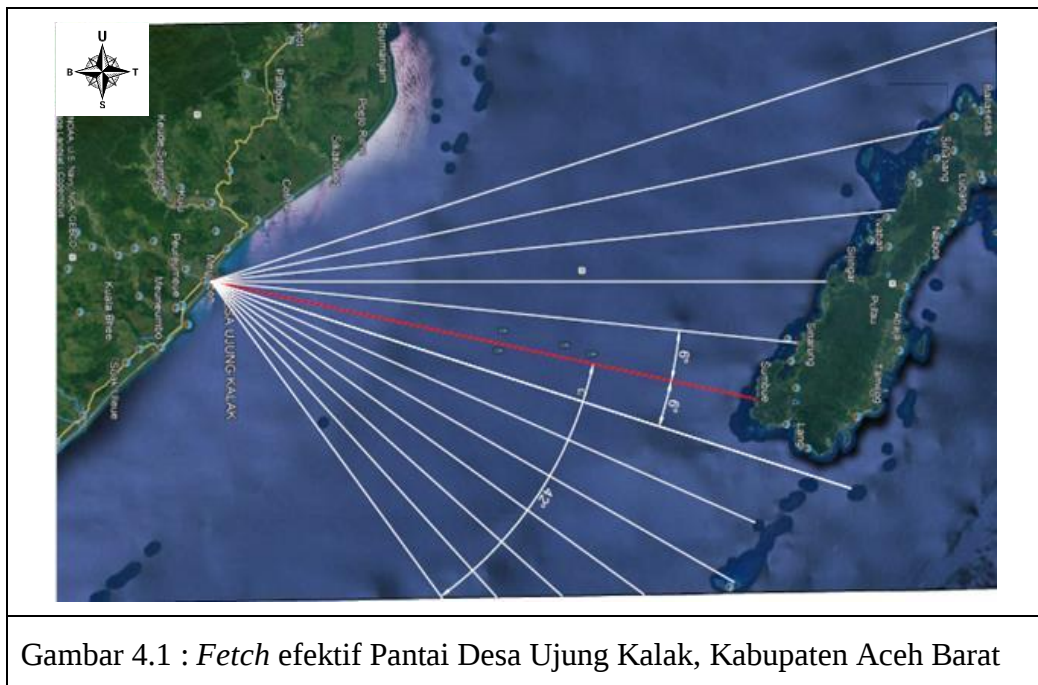
1. Koreksi terhadap elevasi pengukuran $U_{10} = 5,40$ m/dt, untuk keperluan peramalan gelombang biasanya digunakan kecepatan angin pada

ketinggian 10m. Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian tersebut maka kecepatan angin perlu dikoreksi kembali.

2. Hasil koreksi didapatkan nilai $U = 7,72$ m/det. setelah selesai dikoreksi terhadap faktor tersebut, maka selanjutnya dapat dihitung koreksi tegangan angin, $U_A = 8,77$ m/det. dan hasil koreksi tegangan angin ini akan dipergunakan dalam peramalan gelombang.

4.1.2 *Fetch*

Sesuai dengan arah dominan angin dan gelombang yang berada pada daerah desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan. Maka untuk perhitungan *Fetch* menggunakan arah timur. Berikut merupakan penggambaran panjang *fetch*



Fetch merupakan panjang keseluruhan suatu daerah pembangkit gelombang dimana angin dapat berhembus dengan arah dan kecepatan yang konstan, panjang *fetch* dapat ditentukan dari peta serta Panjang garis *fetch* dihitung dari lokasi peramalan sampai kedaratan di ujung – ujung pulau yang membatasi, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Berikut merupakan tabel perhitungan *fetch* rerata efektif

No	Arah	α (.....°)	$\cos \alpha$	Jarak sebenarnya Xi (Km)	$\text{Xi}.\cos$
1	Timur (E)	42	0,743	100,41	74,605
2		36	0,809	108,99	88,173
3		30	0,866	120,6	104,440
4		24	0,914	136,67	124,916
5		18	0,951	154,31	146,749
6		12	0,978	152,13	148,783
7		6	0,995	171,84	170,981
8		0	1,000	142,53	142,530
9		6	0,995	171,84	170,981
10		12	0,978	150,67	147,355
11		18	0,951	156,88	149,193
12		24	0,914	175,76	160,645
13		30	0,866	190,69	165,138
14		36	0,809	169,17	136,859
15		42	0,743	0,000	0,000
Jumlah			13,511		1931,34

Panjang garis *fetch* rerata efektif didapat $F_{\text{eff}} = 142,94$ Km, untuk cara perhitungannya dapat dilihat pada lampiran C halaman 59

4.1.3 Tinggi dan Periode Gelombang

Tinggi dan periode gelombang didapat dengan menggunakan angin terkoreksi (U_A) dan *fetch* rerata efektif. perhitungan tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) maka tinggi dan periode gelombang diperoleh dari grafik pada lampiran gambar C.2 pada halaman 60

- Tinggi gelombang signifikan (H_s) adalah 1.82m
- Periode gelombang signifikan (T_s) adalah 9.16 det

4.1.4 Cepat rambat gelombang di laut dalam, panjang dan gelombang pecah

Untuk menghitung gelombang rencana terlebih dahulu menghitung gelombang dilaut dalam dan kecepatan rambat laut dalam. sehingga diperoleh

panjang gelombang dilaut dalam $L_o = 130,95$ m dan cepat rambat gelombang di laut dalam $C_o = 14.30$ m/det. Nilai panjang gelombang dilaut dalam (L_o) dan cepat rambat gelombang dilaut dalam (C_o) digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana. pada pantai desa Ujung Kalak dipilih kedalaman (d) 2m. Untuk perhitungan kedalaman dilaut didapat $d/L_o = 0.015$. Untuk nilai $d/L_o = 0.015$ maka didapat nilai $d/L = 0.04964$ masuk kedalam kategori $d/L \leq 1/20$ sehingga termasuk kedalam gelombang laut dangkal. Panjang gelombang dilaut dangkal (L) maka berdasarkan lampiran C halaman 62 didapat nilai panjang gelombang (L) = 40,290 m, cepat rambat gelombang (C) = 4,39 m/det

Arah datangnya gelombang pada kedalaman 2 m didapat $\alpha_1 = 0,217$ dan koefisien refraksi $K_r = 1$ berdasarkan perhitungan pada lampiran C halaman 63 Untuk menghitung koefisien pendangkalan (k_s) dicari dengan menggunakan tabel C.2 pada lampiran C halaman 62 berdasarkan nilai d/L_o diatas didapatkan nilai $k_s = 1.307$ m. jadi tinggi gelombang rencana hasil perhitungan pada lampiran C halaman 63 didapat $H = 2,37$ m. Dalam analisis gelombang pecah, nilai H'_0 diperoleh = 1,82 m

Analisa gelombang pecah berdasarkan perhitungan pada lampiran C halaman 63 tinggi gelombang ekuivalen pada kedalaman 2 m didapat $\frac{H_o}{gT^2} = 0,0022$ dari nilai grafik gambar C.3 pada lampiran C halaman 63 penentuan tinggi gelombang pecah hubungan antara $\frac{H_b}{H_o} = 1,50$ m dan nilai $\frac{H_b}{gT^2} = 0,0033$. Dengan menggunakan grafik kedalaman gelombang pecah gambar C.4 pada lampiran C halaman 64 untuk nilai $\frac{H_b}{gT^2}$ dengan nilai $m = 1:1.5$ atau $m = 0,67$ diperoleh $db = 3,22$ m

4.1.5 Pasang Surut dan *Run Up* Gelombang

Pengetahuan tentang pasang surut sangat penting didalam perencanaan bangunan pantai yang dimana terdapat elevasi muka air rencana, elevasi rencana tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter baik berupa konstanta pasang surut maupun elevasi muka air rencana yaitu :

1. Elevasi muka air rencana

Berdasarkan data sekunder pasang surut, diperoleh tinggi muka air sebagai berikut

- a. Elevasi muka air tertinggi (HWL) = 74 cm
 - b. Elevasi muka air rata – rata (MSL) = 35 cm
 - c. Elevasi muka air terendah (LWL) = + 0,00 m
2. kenaikan muka air akibat gelombang (wave set up) (sw) dapat dilihat pada lampiran C halaman 67 didapat $Sw = 0.434m$
 3. pemecah gelombang ini memiliki kemiringan bangunan yang dibuat sebesar 1 : 1,5 sehingga didapat tinggi *run up* $Ir = 5,68$ berdasarkan nilai grafik gambar C.6 pada lampiran C halaman 68 didapat nilai $\frac{Ru}{H}$ gelombang, sehingga dapat dihitung nilai *run up* untuk bangunan pemecah gelombang dari bahan tetrapod yaitu $Ru = 1,365 m$

4.1.6 Dimensi Bangunan

Disini perlu diperhitungkan dimensi bangunan pemecah gelombang yang sesuai dan aman yang dimana perhitungan dimensi meliputi :

1. Elevasi muka air rencana
Elevasi puncak pemecah gelombang dipengaruhi oleh tinggi kebebasan, untuk perhitungan ini dengan ketentuan 0,5 m – 1,5 m ditetapkan tinggi kebebasan nya yaitu 1m sehingga elevasi puncak didapat $El_{pempel} = 2m$ berdasarkan perhitungan pada lampiran C halaman 68
2. Berat butir batu pelindung
didalam penelitian ini batu yang digunakan yaitu jenis batu alam dilindungi oleh lapis pelindung berupa batu besar atau beton dengan ukuran tertentu sehingga menggunakan tabel B.2.1 koefisien stabilitas KD pada lampiran B halaman 47 didapat koefisien stabilitas $KD = 2$ dengan jumlah susunan butir batu dalam lapis pelindung ($n=2$) untuk langkah pertama kita menghitung nilai Sr nya terlebih dahulu yang dimana nilai sr didapat $Sr = 2.536$ baru didapati berat untuk lapis lindung 1 ton untuk lebih jelas perhitungan berat butir batu pelindung ini dapat dilihat pada lampiran C halaman 69

3. Perhitungan lebar puncak pemecah gelombang

Dengan menggunakan tabel koefisien lapis $k\Delta$ pada tabel B.2.2 pada lampiran C halaman 48 maka didapat jumlah butir batu minimum, $(n) = 2$, nilai koefisien lapis $k\Delta = 1,04$ sehingga didapat lebar puncak bangunan $B = 1,5$ m untuk lebih jelasnya perhitungan lebar puncak pemecah gelombang dapat dilihat pada lampiran C halaman 69

4. Perhitungan tebal lapisan batu pemecah gelombang

Tebal lapis pelindung sangat diperlukan dalam sebuah pemecah gelombang yang berfungsi sebagai penahanan dalam pemecah gelombang juga berpengaruh pada stabilitas batu lapis pelindung dengan menggunakan tabel koefisien lapis $k\Delta$ pada tabel B.2.2 pada lampiran C halaman 48 maka di dapat kan jumlah butir batu minimum, $(n) = 2$, nilai koefisien lapis $k\Delta = 1,04$ sehingga didapat tebal lapisan *tetrapod* $t = 1,5$ m untuk lebih jelasnya perhitungan tebal lapisan pemecah gelombang dapat dilihat pada lampiran C halaman 69

5. Perhitungan jumlah butir batu lapisan pelindung

Dengan menggunakan tabel koefiisien lapis $k\Delta$ pada tabel B.2.2 pada lampiran B halaman 48 maka didapatkan jumlah butir batu minimum , $(n) = 2$, nilai koefisien lapis $k\Delta = 1.04$ dan porositas ($p = 50$) sehingga jumlah butir lapis pelindung untuk satu satuan luas (10 m^2) adalah 19 buah untuk lebih jelas perhitungannya dapat dilihat pada lampiran C halaman 69

Pada sebuah bangunan pemecah gelombang (*Breakwater*) perlu diperhitungkannya ukuran dimensi bangunan pemecah gelombang yang sesuai dan aman agar dapat meredam energi gelombang yang menjalar ke daratan dan menghantam *breakwater* yang dapat menimbulkan kerusakan hingga terjadi abrasi. untuk elevasi rencana ditetapkan nilai nya untuk tinggi kebebasan yaitu 1m sehingga elevasi puncak didapatkan 2 m, berat butir lindung berupa batu besar dengan berat batu lapis lindung tetrapod $W = 1$ ton, dan untuk berat lapis lindung ke-2 $W = 0,5$ ton, jumlah untuk batu lapis lindung *tetrapod* luasan (10 m^2) = 19 buah dan untuk jumlah batu lapis lindung kubus beton luasan (10 m^2) = 69 buah, lebar puncak bangunan $B = 1,5$ m



Gambar 4.2 : Gambar bangunan pemecah gelombang yang sudah hilang tergerus ombak

Berdasarkan hasil penelitian tinggi bangunan yang ada sebelumnya pada pesisir daerah desa Ujung Kalak tersebut adalah 4,30 meter dan untuk berat pemecah gelombang tetrapod nya yaitu 1 ton dan berat lapis lindung kedua berupa kubus beton yaitu 0,10 ton, lebar puncak pemecah gelombang 1,5 meter

4.2 Hasil Analisis Kecepatan dan Arah Angin tahun 2018 - 2022

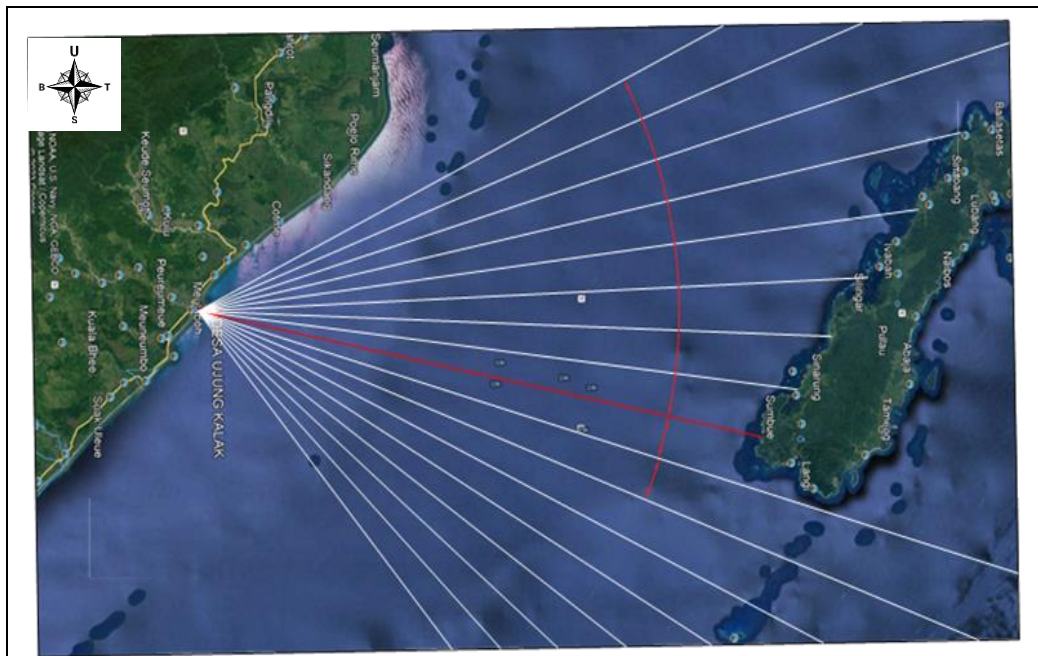
Berdasarkan dari analisis perbandingan antara data angin tahun 1995 – 2015 dan data angin tahun 2018 sampai 2022 terdapat perbandingan kecepatan

angin dan arah angin yang digunakan untuk mengetahui distribusi arah angin pada Kabupaten Aceh Barat. Data terbanyak pada kecepatan angin konstan ditahun 2022 ini berada pada arah angin timur laut yaitu dengan total 24,35 untuk menghitung panjang *fetch* arah angin dominan yang digunakan terdapat pada arah timur laut, dengan presentase arah dominan angin timur laut sebesar 1,9 %

selanjutnya masuk keperhitungan angin terkoreksi, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran C.5 halaman 73 hasil koreksi didapatkan nilai $U = 7,72$ m/det. setelah selesai dikoreksi terhadap faktor tersebut, dan hasil hitungan koreksi tegangan angin, $UA = 8,77$ m/det.

4.2.1 *Fetch*

Analisis perhitungan arah dominan angin dan gelombang yang berada pada desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan. Maka untuk perhitungan *Fetch* ini menggunakan arah timur laut. Berikut merupakan penggambaran panjang *fetch* dominan dari arah timur laut pada tahun 2018 hingga tahun 2022



Gambar 4.3 : *Fetch* efektif Pantai Desa Ujung Kalak, Kabupaten Aceh Barat

Tabel 4.2 Berikut merupakan tabel perhitungan *fetch* rerata efektif

No	Arah	α (.....°)	$\cos \alpha$	Jarak sebenarnya Xi (Km)	Xi.cos
1	Timur Laut(N)	40	0,766	102,68	78,653
2		35	0,819	110,29	90,328
3		30	0,866	120,9	104,699
4		25	0,906	132,82	120,335
5		20	0,939	148,94	139,855
6		15	0,965	174,12	168,026
7		10	0,984	208,55	205,213
8		5	0,996	212,33	211,481
9		0	1,000	142,72	142,720
10		5	0,996	149,62	149,022
11		10	0,984	156,77	154,262
12		15	0,965	165,84	160,036
13		20	0,939	201,14	188,870
14		25	0,906	169,17	153,268
15		30	0,866	210,65	182,423
16		35	0,819	178,14	145,897
17		40	0,766	146,70	112,372
Jumlah			15,482		2507,458

Sumber : Hasil Analisis penulis, 2024

Panjang garis *fetch* rerata efektif dengan arah angin dominan timur laut didapat $F_{\text{eff}} = 161,96$ Km, untuk cara perhitungannya dapat dilihat pada lampiran C halaman 75

4.2.2 Tinggi dan Periode Gelombang

Tinggi dan periode gelombang didapat dengan menggunakan angin terkoreksi (U_A) dan *fetch* rerata efektif. perhitungan tinggi gelombang signifikan

(H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) maka tinggi dan periode gelombang diperoleh dari grafik pada lampiran gambar C.2 pada halaman 77

- Tinggi gelombang signifikan (H_s) adalah 1.97m
- Periode gelombang signifikan (T_s) adalah 9.65 det

4.2.3 Cepat rambat gelombang di laut dalam, panjang dan gelombang pecah

Dari hasil perhitungan Cepat rambat gelombang di laut dalam, panjang dan gelombang pecah terdapat perbandingan hasil yang dimana pada perhitungan ini diperoleh panjang gelombang dilaut dalam $L_o = 145,35$ m dan cepat rambat gelombang di laut dalam $C_o = 15,06$ m/det. Nilai panjang gelombang dilaut dalam (L_o) dan cepat rambat gelombang dilaut dalam (C_o) digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana. pada pantai Desa Ujung Kalak dipilih kedalaman (d) 2m. Untuk perhitungan kedalaman dilaut didapat $d/L_o = 0.013$. Untuk nilai $d/L_o = 0.013$ maka didapat nilai $d/L = 0,04612$ masuk kedalam kategori $d/L \leq 1/20$ sehingga termasuk kedalam gelombang laut dangkal. Panjang gelombang dilaut dangkal (L) berdasarkan lampiran C halaman 78 didapat nilai panjang gelombang (L) = 43,365 m, cepat rambat gelombang (C) = 4,50 m/det

Arah datangnya gelombang pada kedalaman 2 m didapat $\alpha_1 = 0,211$ dan koefisien refraksi $K_r = 0,84$ berdasarkan perhitungan pada lampiran C halaman 79 Untuk menghitung koefisien pendangkalan (k_s) dicari dengan menggunakan tabel C.4 pada lampiran C halaman 78 berdasarkan nilai d/L_o diatas didapatkan nilai $k_s = 1.350$ m. jadi tinggi gelombang rencana hasil perhitungan pada lampiran C halaman 79 didapat $H = 2,23$ m. Dalam analisis gelombang pecah, nilai H'_0 diperoleh = 1,65 m

Analisa gelombang pecah berdasarkan perhitungan pada lampiran C halaman 79 tinggi gelombang ekivalen pada kedalaman 2 m didapat $\frac{H_o}{gT^2} = 0,0018$ dari nilai grafik gambar C.9 pada lampiran C halaman 80 penentuan tinggi gelombang pecah hubungan antara $\frac{H_b}{H_o} = 1,60$ m dan nilai $\frac{H_b}{gT^2} = 0,0034$. Dengan menggunakan grafik kedalaman gelombang pecah gambar C.10 pada lampiran C

halaman 81 untuk nilai $\frac{Hb}{gT^2}$ dengan nilai $m = 1:1.5$ atau $m = 0,67$ diperoleh $db = 3,68$ m

4.2.4 Pasang Surut dan *Run Up* Gelombang

Pengetahuan tentang pasang surut sangat penting didalam perencanaan bangunan pantai yang dimana terdapat elevasi muka air rencana, elevasi rencana tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter baik berupa konstanta pasang surut maupun elevasi muka air rencana yaitu :

2. Elevasi muka air rencana

Berdasarkan data sekunder pasang surut, diperoleh tinggi muka air sebagai berikut

- Elevasi muka air tertinggi (HWL) = 74 cm
 - Elevasi muka air rata – rata (MSL) = 35 cm
 - Elevasi muka air terendah (LWL) = + 0,00 m
 - kenaikan muka air akibat gelombang (wave set up) (sw) dapat dilihat pada lampiran C halaman 83 didapat $Sw = 0.59$ m
3. pemecah gelombang ini memiliki kemiringan bangunan yang dibuat sebesar 1 : 1,5 sehingga didapat tinggi *run up* $Ir = 5,75$ m berdasarkan nilai grafik gambar C.12 pada lampiran C halaman 84 didapat nilai $\frac{Ru}{H}$ gelombang, sehingga dapat dihitung nilai *run up* untuk bangunan pemecah gelombang dari bahan tetrapod yaitu $Ru = 1,77$ m

4.2.5 Dimensi Bangunan

disini perlu diperhitungkan dimensi bangunan pemecah gelombang yang sesuai dan aman yang dimana perhitungan dimensi meliputi :

1. Elevasi muka air rencana

Elevasi puncak pemecah gelombang dipengaruhi oleh tinggi kebebasan, untuk perhitungan ini dengan ketentuan 0,5 m – 1,5 m ditetapkan tinggi kebebasan nya yaitu 1m sehingga elevasi puncak didapat $El_{\text{pembgel}} = 3,01$ m berdasarkan perhitungan pada lampiran C halaman 85

2. Berat butir batu pelindung

Dalam penelitian ini batu yang digunakan yaitu jenis batu alam dilindungi oleh lapis pelindung berupa batu besar atau beton dengan ukuran tertentu sehingga menggunakan tabel B.2.1 koefisien stabilitas KD pada lampiran B halaman 47 didapat koefisien stabilitas $KD = 2$ dengan jumlah susunan butir batu dalam lapis pelindung ($n=2$) untuk langkah pertama kita menghitung nilai S_r nya terlebih dahulu yang dimana nilai S_r didapat $S_r = 0,967$ baru didapat berat untuk lapis lindung 1,2 ton untuk lebih jelas perhitungan berat butir batu pelindung ini dapat dilihat pada lampiran C halaman 85

3. Perhitungan lebar puncak pemecah gelombang

Dengan menggunakan tabel koefisien lapis $k\Delta$ pada tabel B.2.2 pada lampiran C halaman 48 maka didapat jumlah butir batu minimum, (n) = 2, nilai koefisien lapis $k\Delta = 1,04$ sehingga didapat lebar puncak bangunan $B = 1,7$ m untuk lebih jelasnya perhitungan lebar puncak pemecah gelombang dapat dilihat pada lampiran C halaman 85

4. Perhitungan tebal lapisan batu pemecah gelombang

Tebal lapis pelindung sangat diperlukan dalam sebuah pemecah gelombang yang berfungsi sebagai penahanan dalam pemecah gelombang juga berpengaruh pada stabilitas batu lapis pelindung dengan menggunakan tabel koefisien lapis $k\Delta$ pada tabel B.2.2 pada lampiran C halaman 48 maka didapatkan jumlah butir batu minimum, (n) = 2, nilai koefisien lapis $k\Delta = 1,04$ sehingga didapat tebal lapisan *tetrapod* $t = 1,7$ m untuk lebih jelasnya perhitungan tebal lapisan pemecah gelombang dapat dilihat pada lampiran C halaman 85

5. Perhitungan jumlah butir batu lapisan pelindung

Dengan menggunakan tabel koefisien lapis $k\Delta$ pada tabel B.2.2 pada lampiran C halaman 48 maka didapatkan jumlah butir batu minimum, (n) = 2, nilai koefisien lapis $k\Delta = 1,04$ dan porositas ($p = 50$) sehingga jumlah butir lapis pelindung untuk satu satuan luas (10 m^2) adalah 16 buah untuk lebih jelas perhitungannya dapat dilihat pada lampiran C halaman 85

4.3 Pembahasan

Bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) yang berada didaerah pesisir pasir Desa Ujung Kalak Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat ini adalah *breakwater* sisi miring, berdasarkan hasil perhitungan terdapat perbandingan angin dominan yang dimana pada tahun 1995 – 2015 angin dominan berada pada arah timur dengan persentase kecepatan angin konstan berada pada arah angin timur yaitu dengan total 11.228 dan pada arah angin barat dengan total nilai 11.081 km/jam, sedangkan ditahun 2018 hingga tahun 2022 angin berasal dari arah timur laut dengan persentase angin mencapai 1,92 %. kemudian pada saat membuat *fetch* ditahun 1995 – 2015 diambil arah angin dominan dari arah timur. dan pada tahun 2018 hingga 2022 diambil arah angin dominan dari arah timur laut. koreksi terhadap elevasi pengukuran $U_{10} = 5,40$ m/det, hasil koreksi didapatkan nilai $U = 7,72$ m/det kemudian langkah selanjutnya menghitung tegangan angin $U_A = 8,77$ m/det koreksi tegangan angin U_A akan dipergunakan dalam *Hindcasting* peramalan gelombang panjang garis *fetch* rerata efektif pada arah angin timur sebesar $f_{eff} = 142,84$ km dan *fetch* rerata efektif pada arah angin timur laut sebesar $f_{eff} = 161,96$ km. dengan tinggi gelombang signifikan (H_s) pada perencanaan bangunan *breakwater* berat butir 1 ton mencapai 1,82 m/s juga dengan tinggi gelombang signifikan (H_s) pada perencanaan bangunan *breakwater* berat butir 1, 2 ton mencapai 1,97 m/s dengan periode gelombang (T_s) pada tahun 1995-2015 didapati = 9, 16 det, dan periode gelombang (T_s) pada tahun 2018-2022 didapati = 9,65 det. Untuk panjang gelombang dilaut dalam (L_o) = 130,95 m dan panjang gelombang dilaut dalam (L_o) tahun 2018-2022 = 145,35 m, cepat rambat gelombang dilaut dalam (C_o) = 14,30 m/det. Begitupun cepat rambat gelombang dilaut dalam (C_o) di tahun 2018-2022 = 15,06 m/det. Panjang gelombang (L) untuk bangunan tetrapod ukuran 1 ton = 40,29 m, Panjang gelombang (L) untuk bangunan tetrapod ukuran 1,2 ton = 43,36 m, dan cepat rambat gelombang (C) bangunan tetrapod ukuran 1 ton = 4,39 m/det, cepat rambat gelombang (C) bangunan tetrapod ukuran 1,2 ton = 4,50 m/det, tinggi gelombang rencana tetrapod ukuran 1 ton (H) = 2,37 m, tinggi

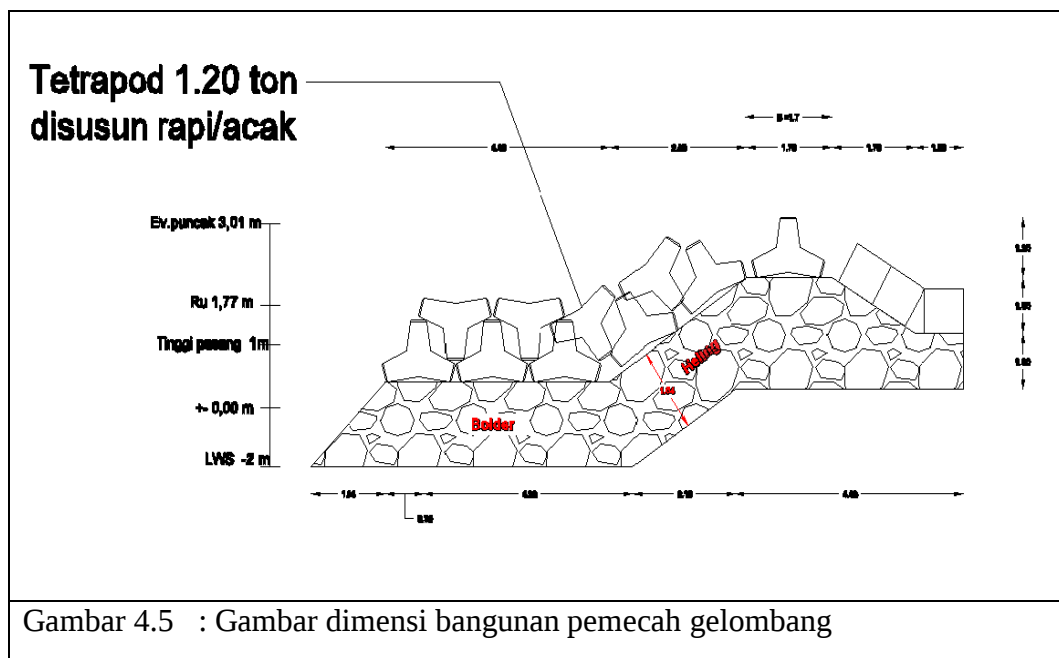
gelombang rencana tetrapod ukuran 1,2 ton (H) = 2,23 m tinggi *run up* gelombang tetrapod ukuran 1 ton I_r = 5,68 dan tinggi *run up* gelombang tetrapod ukuran 1,2 ton I_r = 5,75 m sehingga nilai *run up* untuk bangunan pemecah gelombang dari bahan tetrapod 1 ton adalah R_u = 1,365 m dan nilai *run up* untuk bangunan pemecah gelombang dari bahan tetrapod 1,2 ton adalah R_u = 1,77 m



Gambar 4.4 : Gambar tumpukan bangunan pemecah gelombang

Pada sebuah bangunan pemecah gelombang (*Breakwater*) perlu diperhitungkannya ukuran dimensi bangunan pemecah gelombang yang sesuai dan aman agar dapat meredam energi gelombang yang menjalar ke daratan dan menghantam *breakwater* yang dapat menimbulkan kerusakan hingga terjadi abrasi. dari perhitungan analisis di atas terdapat perbandingan antara *breakwater* dengan bert 1 ton dan tetrapod dengan berat 1,2 ton. yang dimana untuk elevasi rencana ditetapkan nilai nya untuk tinggi kebebasan yaitu 1 m sehingga elevasi puncak didapatkan 3,01 m untuk perencanaan *breakwater* 1 ton, dan 2 m untuk elevasi puncak tetrapod 1,2 ton. Berat butir lindung berupa batu besar dengan berat batu lapis lindung tetrapod W = 1,2 ton, dan lapis lindung tetrapod w = 1 ton untuk berat lapis lindung ke-2 W = 0,10 ton, dan berat lapis lindung ke 2 tetrapod 1,2 ton adalah W = 0,15 ton jumlah untuk batu lapis lindung *tetrapod* 1 ton luasan

(10 m^2) = 19 buah dan jumlah untuk batu lapis lindung *tetrapod* 1 ton uasan (10 m^2) = 16 buah. Jumlah batu lapis lindung kubus beton luasan (10 m^2) = 69 buah, Jumlah batu lapis lindung kubus beton 1,2 ton luasan (10 m^2) = 73 buah, lebar puncak bangunan tetrapod 1 ton $B = 1,5\text{m}$ Lebar puncak bangunan tetrapod 1,2 ton $B = 1,7\text{m}$



Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan tinggi bangunan breakwater pada pesisir daerah desa Ujung Kalak tersebut adalah 4,3 meter dan untuk berat pemecah gelombang tetrapod nya yaitu 1 ton berat lapis lindung kedua berupa kubus beton yaitu 0,10 m, lebar puncak pemecah gelombang 1,5 meter dan berdasarkan hasil perhitungan alternatif perencanaan tinggi bangunan breakwater pada pesisir daerah desa Ujung Kalak pada tahun 2023 tersebut adalah 4,6 meter dan untuk berat pemecah gelombang tetrapod nya yaitu 1,2 ton berat lapis lindung kedua berupa kubus beton yaitu 0,9 m, lebar puncak pemecah gelombang 1,7 meter

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan mengenai Analisis penyebab kerusakan struktur *breakwater* akibat abrasi pantai di kawasan pesisir (studi kasus : Desa Ujung Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat) dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut :

5.1 Kesimpulan

1. Faktor penyebab abrasi disebabkan oleh beberapa faktor seperti pasang surut air laut, gelombang laut yang tinggi dan arus laut yang bisa menimbulkan kerusakan akibat dari angin yang kencang sehingga menghasilkan energi gelombang laut menjadi kuat dan merusak
2. Tinggi bangunan pemecah gelombang sebelumnya pada desa ujung kalak adalah 3 m dan berat ukuran pemecah gelombang *breakwater* sendiri adalah 1 ton, untuk meminimalisir terjadinya abrasi pantai dan melindungi pesisir pantai dari hantaman gelombang yang kuat maka perlu adanya penambahan tinggi bangunan serta berat butir pemecah gelombang yang dimana untuk tinggi bangunan pelindung pantai sudah mendapat penambahan tinggi bangunan setinggi 1,6m maka tinggi bangunan menjadi 4,6 meter dan berat untuk pemecah gelombang sebelumnya sebesar 1 ton terdapat penambahan untuk berat *breakwater* sebesar 0,20 ton sehingga berat butir pemecah gelombang menjadi 1,20 ton

5.2 Saran

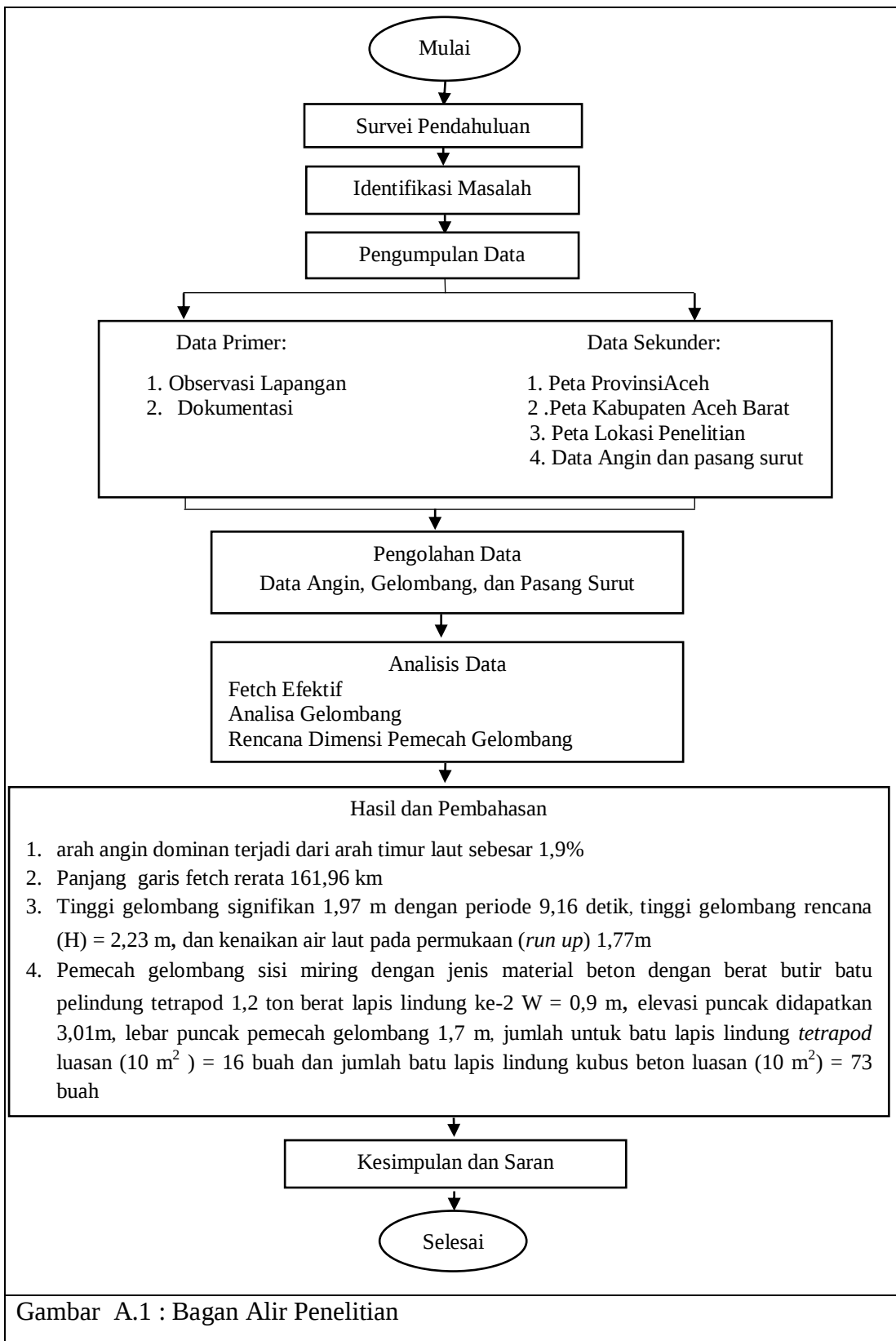
1. Untuk perencanaan bangunan pemecah gelombang selanjutnya, sebaiknya analisis data tanah dari lokasi tersebut ikut diperhitungkan untuk merencanakan seberapa stabil bangunan yang akan direncanakan
2. diharapkan pemerintah kota Meulabooh lebih memperhatikan lagi pekerjaan konstruksi bangunan pelindung pantai ini agar kedepan kerusakan pada *breakwater* yang menyebabkan abrasi pantai serta mendatangkan banjir rob yang berimbas pada rumah warga tidak terjadi lagi

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Adil, dkk. 2020. *Identifikasi kerusakan pantai kawasan pesisir kecamatan galesong utara, kabupaten takalar, sulawesi selatan*. Universitas Hasanuddin
- Agitha, dkk. 2019. *Analisis data pasang surut di pantai sindulang kota manado*. Universitas sam ratulangi manado
- Agung, L.W. 2017. *Evaluasi Pemecah Gelombang (Breakwater) Pada Pelabuhan Perikanan*. Universitas Muhammadiyah Jember
- Yani, 2014. *Studi perencanaan pemecah gelombang sebagai Alternatif bangunan pengaman pantai maratua Kampung payung-payung, kecamatan maratua, Kabupaten berau, provinsi kalimantan timur*. Universitas ITN Malang
- Alisha, dkk. 2022. *Pengendalian Abrasi Pantai Tumpaan, Amurang, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara Dengan Menggunakan Pegar Geobag*. Universitas Hasanuddin
- Amri, 2016. *Kajian Bangunan Pelindung Pantai Dari Bahaya Abrasi/Erosi Dengan Menggunakan Breakwater di Indonesia*. Universitas Politeknik Sampit.
- Azhar, dkk. 2011. *Studi Pengamanan Pantai Tipe Pemecah Gelombang Tenggelam Di Pantai Tanjung Kait*. Institut Teknologi Bandung.
- Daniel Jesayanto. 2018 *Kajian Bangunan Pelindung Pantai Dari Bahaya Abrasi/Erosi Dengan Menggunakan Breakwater Di indonesia*. Universitas Politeknik Sampit
- Farhadina. 2019. *Analisa bangunan pelindung reklamasi di pantai Lhoksedu Kabupaten Aceh Besar*. Universitas Muhammadiyah Aceh
- Hariyoni, dkk 2010. *Studi Perencanaan Bangunan Pengendalian Akresi Dan Abrasi di pantai Tanjungwangi , Kabupaten Banyuwangi*. Universitas Brawijaya, Malang
- Hidayat, N. 2006. *Kontruksi Bangunan Laut dan Pantai Sebagai Alternatif Perlindungan Daerah Pantai*. Universitas Tadulako, Palu
- Harjwinata, 2019. *Kajian Bangunan Pelindung Pantai Dari Bahaya Abrasi/Erosi Dengan Menggunakan Breakwater Di Indonesia*. Jurnal informasi, Perkebunan dan sipil

- Irzan, dkk. 2023. *Evaluasi perencanaan Breakwater Terhadap Gelombang di pelabuhan perikanan pantai Pasongsongan, Jawa Timur Studi Kasus: Pelabuhan Perikanan Pantai pasongsongan Jawa Timur*. Universitas Muhammadiyah Jember
- Mamoto, dkk. 2013. *Perencanaan Jetty di Muara Sungai Ranoyapo Amorang*. Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Munandar, dkk. 2017 *Optimalisasi Keberadaan Ekosistem Mangrove Untuk Mencegah Abrasi Pantai Di Pulau Tidung*. Universitas Borneo tarakan
- Ondara, 2015 *Prediksi Parameter Gelombang Yang Dibangkitkan Oleh Angin Untuk Lokasi Pantai Cermin*. Universitas Sumatera Utara
- Putra, 2018 *Perencanaan Bangunan Groin Dengan Bahan Tetrapod Di Pantai Jasri, Kabupaten Karangasem*. Universitas Warmadewa
- Rayhani, dkk. 2022. *Dampak Abrasi Pantai Terhadap Objek Wisata Pantai Indah Naga Permai Di Desa Suak Puntong Kecamatan Kuala KabupatenNagan Raya*. Universitas Syiah Kuala
- Saputro, M. S. dan Nawawi M. 2010., *Analisis Abrasi Pantai Semarang Bagian Barat*. Universitas Diponegoro, Semarang. Skripsi. Universitas Bengkulu
- Soehedy, 2012. *Analisis Kecepatan Angin Terhadap Panjang Pemecah Gelombang (Breakwater) Pada Alur Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Bengkulu.
- Tasmin, dan Pristianto. 2011 . *Tinjauan stabilitas Breakwater penahan gelombang pada pantai dofior kota sorong*. Universitas Al Amin Muhammadiyah Kota Sorong
- Thambas. 2021 *Perencanaan pemecah gelombang (breakwater) di daerah pantai desa saonek kabupaten raja ampat provinsi papua barat*. Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Triadmodjo, B, 2010. *Perencanaan Bangunan Pantai, Beta Offset*, Yogyakarta
- Wijaya, dan Suntoyo 2013. *Studi Perlindungan Pipeline PT. Pertamina Gas di Pesisir Indramayu*. Institut Teknologi 10 Nopember.
- Wijaya, H. T. 2015. *Analisis Bangunan revetment yang Ekonomis untuk samudra Lepas (Studi kasus pantai Pondok Kelapa Bengkulu Tengah)*.
- Yuliamangesti, A. 2016. *Evaluasi Kinerja Bangunan Pemecah Gelombang (Breakwater) di Pantai Puger Jember*. Universitas Jember

LAMPIRAN A

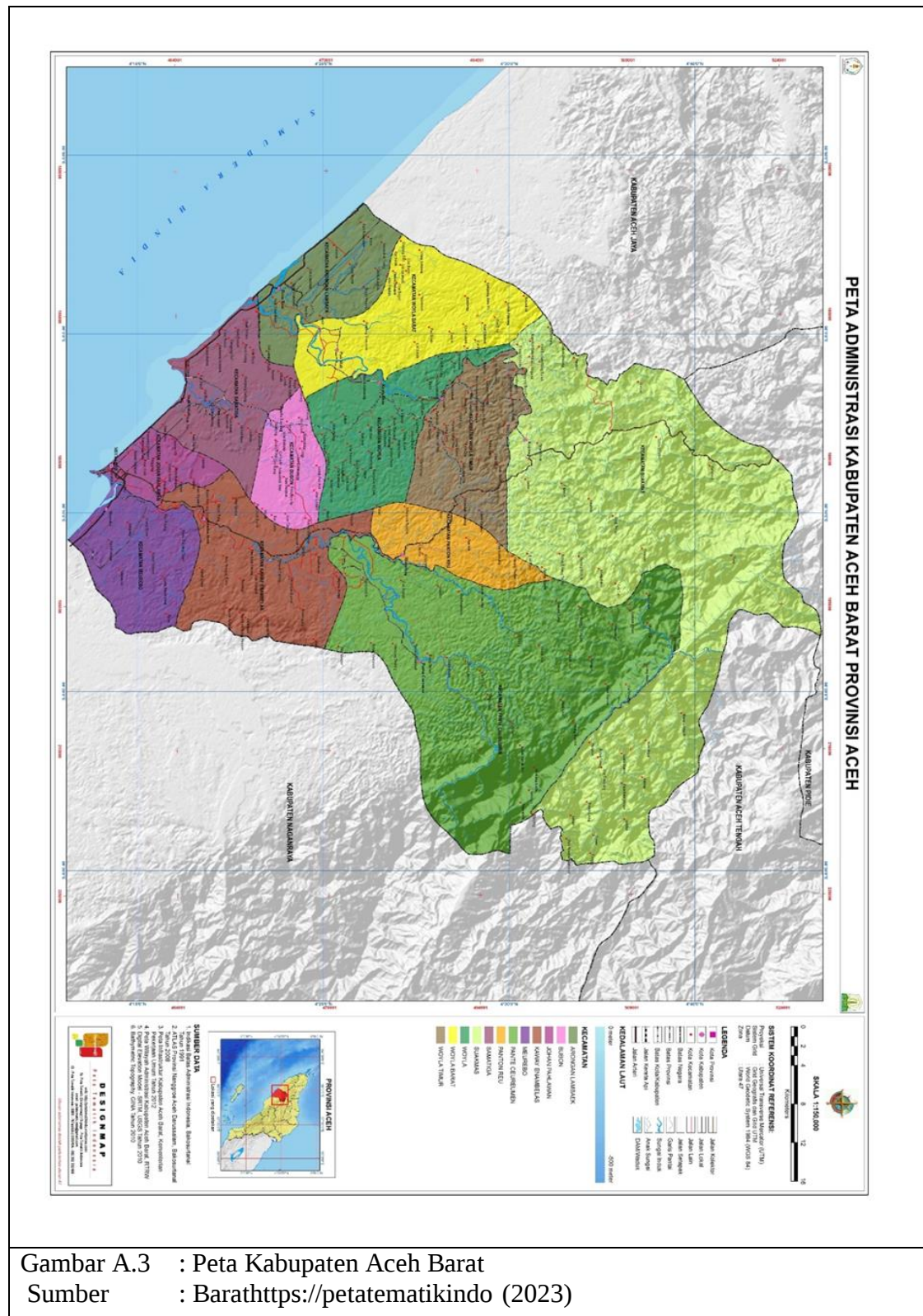


LAMPIRAN A

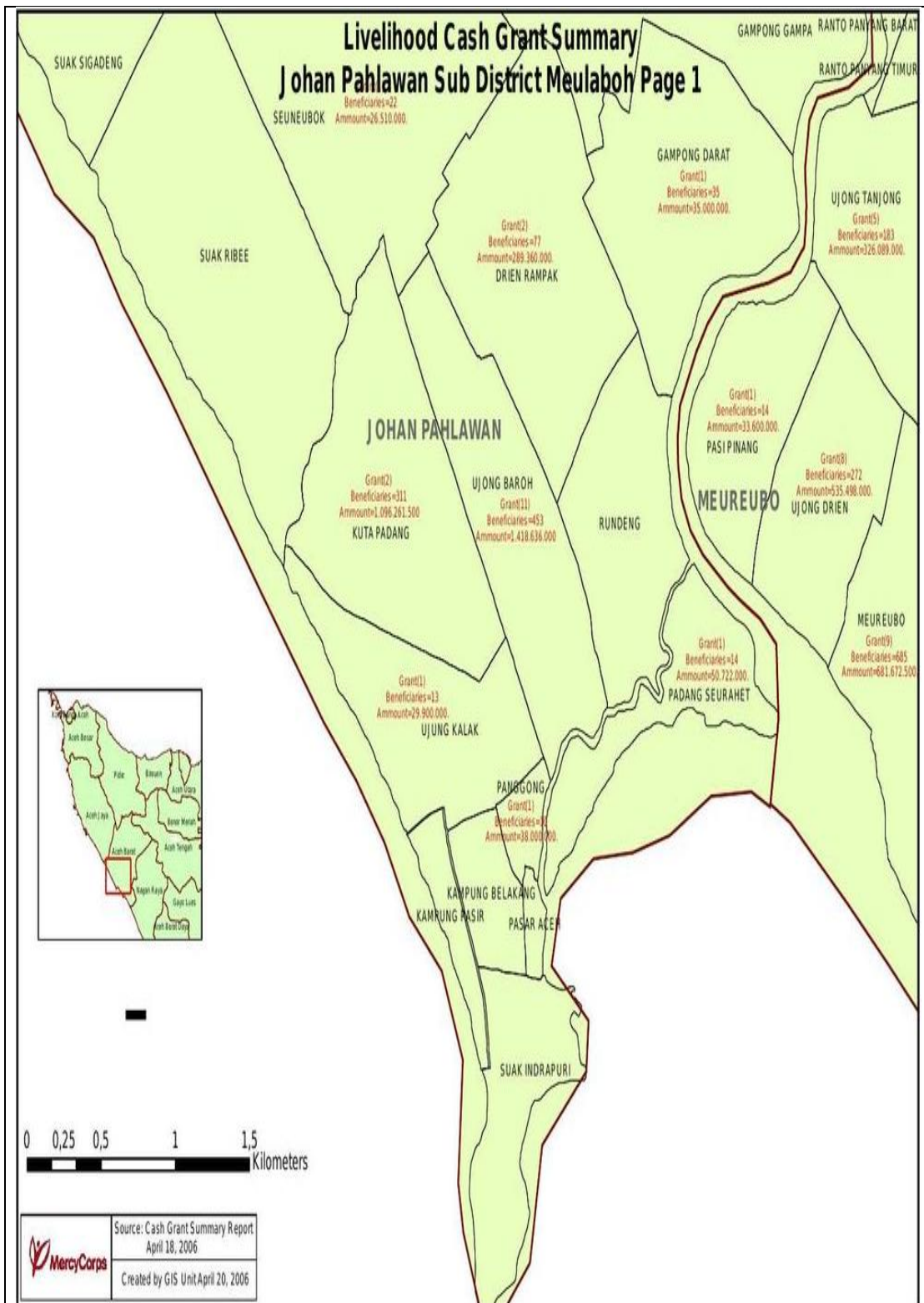


Gambar A.2 : Peta Provinsi Aceh

Sumber : Dept. Pemukiman dan Prasarana Aceh (2023)



LAMPIRAN A



Gambar A.4 : Peta Kecamatan Johan Pahlawan
 Sumber : UPTB GIS Banda Aceh (2022)

LAMPIRAN A



Gambar A.5 : Lokasi Penelitian
Sumber : Google Earth (2023)

LAMPIRAN B

Tabel B.2.1 Nilai koefisien Stabilitas (K_D) untuk berbagai jenis butir

Jenis Material Lapis Lindung	n	Penempatan armor	Lengan Bangunan		Ujung bangunan		Kemiringan
			K_D		K_D		
			Gel. pecah	Gel.tdk pecah	Gel. pecah	Gel.tdk pecah	Cot Θ
Batu Pecah							
- bulat halus	2	Acak	1,2	2,4	1,1	1,9	1,5 – 3,0
- bulat halus	>3	Acak	1,6	3,2	1,4	2,3	*2
- bersudut kasar	1	Acak	*1	2,9	*1	2,3	*2
-bersudut kasar	2	Acak	2,0	4,0	1,9	3,2	1,5
					1,6	2,8	2,0
					1,3	2,3	3,0
-bersudut kasar	>3	Acak	2,2	4,5	2,1	4,2	*2
-bersudut kasar	2	Khusus	5,8	7,0	5,3	6,4	*2
-paralelepipedum	2	Khusus	7,0-20,0	8,5- 24,0	-	-	
Tetrapod dan Quatripod	2	Acak	7,0	8,0	5,0	6,0	1,5
					4,5	5,5	2,0
					3,5	4,0	3,0
Tribar	2	Acak	9,0	10,0	8,3	9,0	1,5
					7,8	8,5	2,0
					6,0	6,5	3,0
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,0	16,0	2,0
					7,0	14,0	3,0
Kubus modifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	*2
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	5,0	7,0	*2
Tribar	1	Seragam	12,0	15,0	7,5	9,5	*2
Catatan : N = Jumlah susunan buti batu dalam lapis lindung *1 = penggunaan n=1tidak disarankan untuk kondisi gelombang pecah *2 = Sampai ada ketentuan lebih lanjut tentang nilai K_D , penggunaan K_D dibatasi pada kemiringan 1:1,5 sampai1:3, *3 = batu ditempatkan dengan sumbu panjangnya tegak lurus permukaan bangunan							
Sumber : Seruniadidar, 2017							

LAMPIRAN B

Tabel B.2.2 Koefisien Lapis dan Porositas

Batu Pelindung	n	penempatan	Koef lapis (k_{Δ})	P (%)
Batu Alam (halus)	2	Random (acak)	1,02	38
Batu Alam (kasar)	2	Random (acak)	1,15	37
Batu Alam (kasar)	>3	Random (acak)	1,10	40
Kubus	2	Random (acak)	1,10	47
Tetrapod	2	Random (acak)	1,04	50
Quadripod	2	Random (acak)	0,95	49
Hexapod	2	Random (acak)	1,15	47
Tribard	2	Random (acak)	1,02	54
Dolos	2	Random (acak)	1,00	63
Tribar	1	Seragam	1,13	47
Batu alam		Random (acak)		37
Sumber : Bambang Triatmodjo, 2016				

LAMPIRAN B

Tabel B.2.3 Berat Jenis Material

No	Nama Material	Berat Jenis
1	Pasir	1400 Kg/M ³
2	Kerikil, Koral, Split (Kering/Lembab)	1800 Kg/M ³
3	Tanah Lempung (Kering/Lembab)	1700 Kg/M ³
4	Tanah, Lempung (Basah)	2000 Kg/M ³
5	Batu Alam	2600 Kg/M ³
6	Batu Belah, Batu Bulat, Batu Gunung	1500 Kg/M ³
7	Batu Karang	700 Kg/M ³
8	Batu Pecah	1450 Kg/M ³
9	Pasangan Bata Merah	1700 Kg/M ³
10	Pasangan Batu Belah, Bulat, Gunung	2200 Kg/M ³
11	Pasangan Batu Cetak	2200 Kg/M ³
12	Pasangan Batu Karang	1450 Kg/M ³
13	Kayu (Kelas I)	1000 Kg/M ³
14	Beton	2200 Kg/M ³
15	Beton Bertulang	2400 Kg/M ³
16	Besi Tulang	7250 Kg/M ³
17	Baja	7850 Kg/M ³
18	Timah hitam/timbel	11400Kg/M ³
Sumber: Khaidir, 2022		

LAMPIRAN B

Tabel B.2.4 distribusi kecepatan angin di meulaboh (kecepatan angin dalam knot)
tahun 1995 – 2016

Arah	Jumlah Kejadian						Presentase Kejadian					
	< 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	> 20	Total	< 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	> 20	Total
Utara	2.038	982	114	21	12	3.167	1.06	0.51	0.06	0.01	0.01	1.64
Timur Laut	6.349	843	60	6	6	7.264	3.29	0.44	0.03	0.00	0.00	3.77
Timur	8.844	2290	76	15	3	11.228	4.59	1.19	0.04	0.01	0.00	5.82
Tenggara	1.190	489	84	9	9	1.781	0.62	0.25	0.04	0.00	0.00	0.92
Selatan	1.794	2761	544	138	30	5.267	0.93	1.43	0.28	0.07	0.02	2.73
Barat Daya	1.724	3154	600	45	18	5.541	0.89	1.64	0.31	0.02	0.01	2.87
Barat	3.592	6490	802	149	48	11.081	1.86	3.37	0.42	0.08	0.02	5.75
Barat Laut	1.113	851	153	67	39	2.223	0.58	0.44	0.08	0.03	0.02	1.15
Berangin					=	47.552					=	24.56
Tidak Berangin					=	16. 648					=	8.63
Tidak tercatat					=	128. 664					=	66.71
Total					=	192.864					=	100.00
Sumber: Balai Wilayah Sungai, 2023												

LAMPIRAN B

Tabel B.2.5 distribusi kecepatan angin di meulaboh (kecepatan angin dalam knot)
tahun 2018 – 2022

Arah Angin	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agus	Sep	Okt	Nov	Des	Total
Utara	0	0	0	0	2,3	0	2,35	2,6	2,3	0	0	0	9,55
Timur Laut	2,25	2,35	0	2,65	2,3	2,2	2,75	2,55	0	2,2	2,6	2,5	24,35
Timur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tenggara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Selatan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barat Daya	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8
Barat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barat Laut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Persentase kejadian Arah Angin

Arah Angin	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agus	Sep	Okt	Nov	Des	Total
Utara	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,25	0,27	0,24	0,0	0,0	0,0	1,0 %
Timur Laut	0,09	0,10	0,0	0,11	0,09	0,09	0,11	1,05	0,0	0,09	0,11	0,10	1,9 %
Timur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 %
Tenggara	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 %
Selatan	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 %
Barat Daya	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0 %
Barat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 %
Barat Laut	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 %
Berangin													3,9 %
Tidak berangin													96,1 %
Total													100,00 %

Sumber: Bmkg Nagan Raya, 2023

LAMPIRAN B

Tabel B.2.6 Distribusi probabilitas gelombang pantai kota Meulaboh
(Satuan Meter) tahun 1995 – 2016

Arah	Jumlah Kejadian						Presentase Kejadian					
	< 0,5	0,5 - 1	1 - 1,5	1,5 - 2	> 2	Total	< 0,5	0,5 - 1	1 - 1,5	1,5 - 2	> 2	Total
Utara	2.684	992	185	18	6	3.885	1,39	0,51	0,1	0,01	0,00	2,01
Timur Laut	8.072	693	44	6	0	8.815	4,19	0,36	0,02	0,00	0,00	4,57
Timur	10.407	3104	170	3	0	13.684	5,40	1,61	0,09	0,00	0,00	7,10
Tenggara	1.755	319	74	9	9	2.166	0,91	0,17	0,04	0,00	0,00	1,12
Selatan	2.814	2155	604	307	152	6.032	1,46	1,12	0,31	0,16	0,08	3,13
Barat Daya	2.550	2381	957	144	39	6.071	1,32	1,23	0,50	0,07	0,02	3,14
Barat	4.476	4733	2.152	456	402	12.219	2,32	2,45	1,12	0,24	0,21	6,34
Barat Laut	1.594	570	198	99	57	2.518	0,83	0,30	0,1	0,05	0,03	1,31
Bergelombang					=	55,390					=	28.72
Calm					=	21,376					=	11.08
Tidak tercatat					=	116,098					=	60.20
Total					=	192.864					=	100.00
Sumber: Balai Wilayah Sungai, 2023												

LAMPIRAN B

Tabel B.2.7 Distribusi probabilitas gelombang pantai kota Meulaboh
(Satuan Meter) tahun 2018 – 2022

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agus	Sep	Okt	Nov	Des	Total
2018	2,5	2,0	3,5	3,0	3,5	3,5	4,0	3,5	3,0	2,5	3,0	2,5	36,5
2019	2,5	2	2,5	3	3	3,5	4	4	3,5	4	2,5	2,5	37
2020	2	2	2	3	5	3	4	4	4	3,5	3	2,5	38
2021	2,5	2,5	3	3	3,5	3	4	4,5	4	3	3,5	3,5	40
2022	0,75	1,5	2	1,25	2	2,5	2,5	2	2,5	2	1,5	1,5	22

Persentase kejadian gelombang

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agus	Sep	Okt	Nov	Des	Total
2018	0,07	0,05	0,10	0,08	0,10	0,10	0,11	0,10	0,08	0,07	0,08	0,07	0,932 %
2019	0,07	0,05	0,07	0,08	0,08	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,07	0,07	0,931 %
2020	0,05	0,05	0,05	0,08	0,13	0,08	0,11	0,11	0,11	0,09	0,08	0,07	0,934 %
2021	0,06	0,06	0,08	0,08	0,09	0,08	0,10	0,11	0,10	0,08	0,09	0,09	0,913 %
2022	0,03	0,07	0,09	0,06	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,09	0,07	0,07	0,932 %

Sumber: Bmkg Nagan Raya, 2023

LAMPIRAN B

Tabel B 2.8 tabel elevasi muka air rencana

Elevasi Muka Air	Keterangan
HHWL (<i>Highest High Water Level</i>)	Air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati
MHWS (<i>Mean High Water Spring</i>)	Rata-rata muka air tinggi saat purnama
MHWL (<i>Mean High Water Level</i>)	Rata-rata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun
MSL (<i>Mean Sea Level</i>)	Muka air rata-rata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata
MLWL (<i>Mean Low Water Level</i>)	Rata-rata dari muka air rendah selama periode 19 tahun
MLWS (<i>Mean Low Water Spring</i>)	Rata-rata muka air rendah saat purnama
LLWL (<i>Lowest Low Water Level</i>)	Air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati
Sumber : Balai Wilayah Sungai, 2023	

LAMPIRAN B

Tabel B.2.9 Komponen Harmonik Pasang Surut

Komponen	Simbol	Periode (Jam)	Keterangan
Utama Bulan	M2	12.4106	Semi Diurnal
Utama Matahari	S2	12.0000	
Bulan, akibat variasi jarak bumi-Bulan	N2	12.6592	
Matahari-bulan, akibat perubahan sudut deklinasi matahari-bulan	K2	11.9673	
Matahari- bulan	K1	23.9346	Diurnal
Utama bulan	O1	25.8194	
Utama matahari	P1	24.0658	
Utama bulan	M4	6.2103	Dangkal
Matahari- bulan	Ms4	6.1033	

Hasil Analisis Survei Pasang Surut

No	Posisi	Elevasi
1	Highest High Water Level (HHWL)	0,74
2	Mean High Water Spring (MHWS)	0,67
3	Mean High Water Level (MHWL)	0,52
4	Mean Sea Level (MSL)	0,35
5	Mean Low Water Level (MLWL)	0,17
6	Mean Low Water Spring (MLWS)	0,07
7	Lowest Low Water Level (LLWL)	0
Sumber : Balai Wilayah Sungai, 2023		

LAMPIRAN C

C.1. Hasil Perhitungan Kecepatan, Arah Angin dan Tinggi gelombang

Berdasarkan Peramalan gelombang di Laut dalam

1. Distribusi Kecepatan angin

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

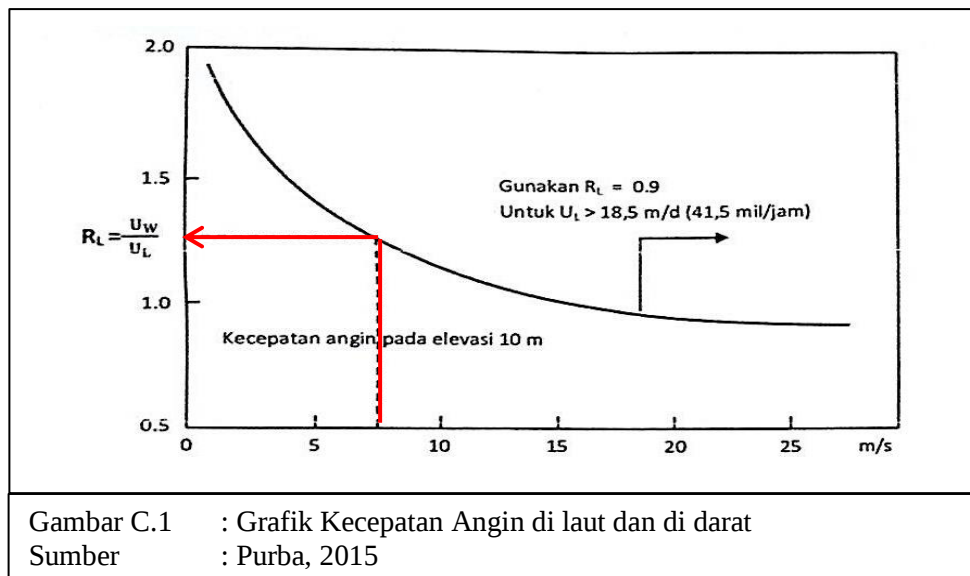
Dimana :

$U_{(10)}$ = kecepatan angin pada ketinggian 10 meter (m/det)

y = elevasi terhadap permukaan air (m/det)

Maka =

$$\begin{aligned} U_{(10)} &= U_{(y)} \left(\frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}} \\ &= 5,14 \text{ m/det} \times \left(\frac{10}{7} \right)^{1/7} \\ &= 5,40 \text{ m/det} \end{aligned}$$



Gambar C.1 : Grafik Kecepatan Angin di laut dan di darat
Sumber : Purba, 2015

Nilai R_L didapatkan = 1,3

2. Koreksi Stabilitas dan efek lokasi pengamatan

$$U = R_T \times R_L \times U_{(10)}$$

Dimana :

LAMPIRAN C

RT = Koefisien Stabilitas Perbedaan temperatur antara udara dan air laut

U = Koreksi Terhadap elevasi Kecepatan angin

RL = Koefisien Koreksi antara kecepatan angin di laut dan darat

$U_{(10)}$ = Kecepatan Angin pada ketinggian 10 meter

Besarnya koreksi dilambangkan dengan Rt. Jika data temperatur udara dan air tidak dimiliki maka dianjurkan memakai nilai $R_t = 1,10$

Maka :

$$\begin{aligned}U &= RT \times RL \times U_{(10)} \\&= 5,40 \text{ m/det} \times 1,3 \times 1,1 \\&= 7,72 \text{ m/det}\end{aligned}$$

Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin yang sudah dijelaskan diatas, maka kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin

$$UA = 0,71 \cdot U^{1,23}$$

Dimana :

UA = faktor tegangan angin (m/s)

U = kecepatan diatas permukaan laut (m/s)

maka

$$\begin{aligned}UA &= 0,71 \cdot U^{1,23} \\&= 0,71 \times (7,72 \text{ m/det})^{1,23} \\&= 8,77 \text{ m/det}\end{aligned}$$

C.2. Perhitungan *Fetch* Efektif

Untuk Perhitungan Panjang garis *Fetch* rerata efektif dapat digunakan dengan persamaan 2.2

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

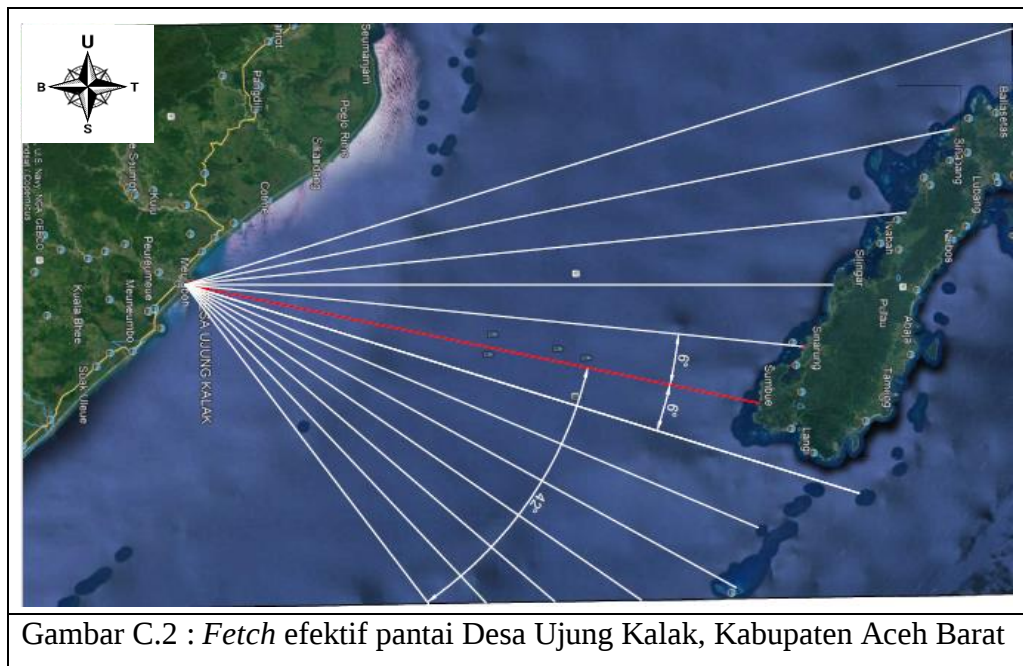
LAMPIRAN C

Dimana :

- F_{eff} : Panjang *Fetch* efektif/jarak sesungguhnya (m)
- x_i : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *Fetch* (m)
- α_i : Sudut antara *fetch* ke-i dengan arah utama (derajat) dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin

Perhitungan gelombang berdasarkan panjang *fetch* dimana daerah angin berhembus dengan kecepatan dan arah yang konstan. Adapun langkah – langkah dalam pengukuran *Fetch* adalah sebagai berikut :

1. Mencari peta menggunakan *Google Earth*, masukan pencarian lokasi desa ujung kalak, kabupaten Aceh Barat setelah itu crop peta lokasi kemudian bawa ke aplikasi autocad 2023
2. Skala yang digunakan disini yaitu skala 1:100 dan peta harus sesuai dengan arah mata angin, untuk mata angin arah utara diletakkan pada posisi atas agar mempermudah ketika membaca arah mata angin
3. Tarik garis tengah terlebih dahulu untuk garis 0 agar memastikan garis yang ditarik pada arah angin dominan yaitu timur laut, kemudian tarik garis *fetch* setiap interval sudut 6° sampai 42° dari arah angin dominan. pada saat menarik garis *fetch* tertuju pada pulau terdekat bukan pada daratan
4. Panjang garis *fetch* dihitung dari lokasi peramalan sampai ke daratan di ujung-ujung pulau yang membatasi, untuk perhitungan panjang garis *fetch* rerata efektif dapat dilihat pada tabel



Gambar C.2 : *Fetch* efektif pantai Desa Ujung Kalak, Kabupaten Aceh Barat

Tabel C.1.Perhitungan *fetch* rerata efektif

No	Arah	α (.....°)	$\cos \alpha$	Jarak sebenarnya Xi (Km)	$Xi.\cos$
1	Timur (E)	42	0,743	100,41	74,605
2		36	0,809	108,99	88,173
3		30	0,866	120,6	104,440
4		24	0,914	136,67	124,916
5		18	0,951	154,31	146,749
6		12	0,978	152,13	148,783
7		6	0,995	171,84	170,981
8		0	1,000	142,53	142,530
9		6	0,995	171,84	170,981
10		12	0,978	150,67	147,355
11		18	0,951	156,88	149,193
12		24	0,914	175,76	160,645
13		30	0,866	190,69	165,138
14		36	0,809	169,17	136,859
15		42	0,743	0,000	0,000
Jumlah			13,511		1931,34

Sumber : Hasil Analisis penulis, 2024

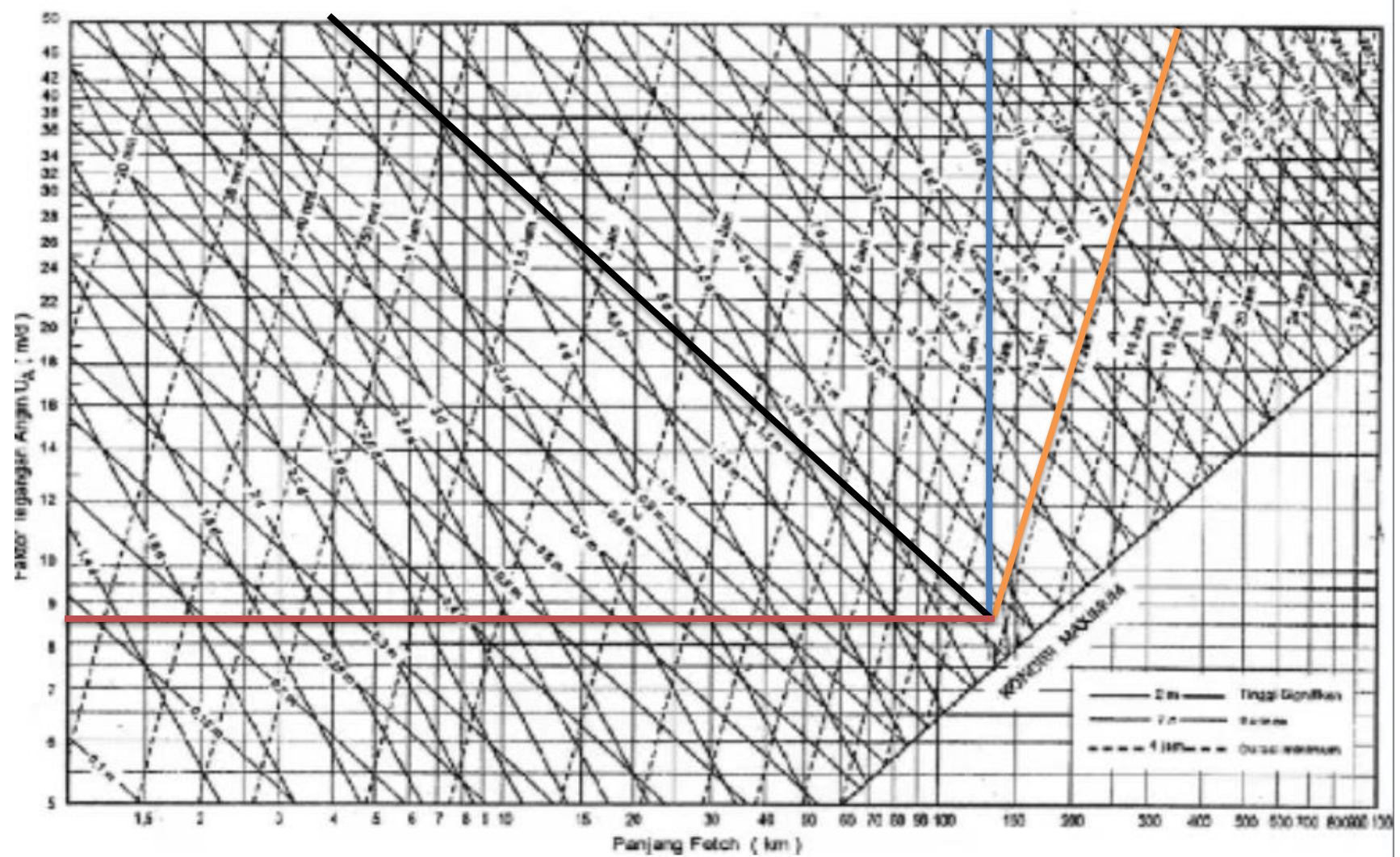
Dari tabel diatas diperoleh nilai fetch efektif sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cdot \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} = \frac{1931,346}{13.511}$$
$$= 142,94 \text{ Km}$$

Berdasarkan Nilai UA dan besarnya *fetch* , tinggi dan periode gelombang dapat dicari menggunakan grafik peramalan gelombang sebagai berikut :

$$\text{fetch efektif} = 142,94$$

$$\text{UA} = 8,77 \text{ m/det}$$



LAMPIRAN C

Dari grafik peramalan gelombang berdasarkan nilai UA terbesar didapatkan hasil durasi (jam), tinggi (m) , dan periode (det) yang diharapkan memenuhi karena keterbatasan grafik peramalan gelombang, oleh karena itu berdasarkan nilai UA yaitu 8,77 m/det, didapatkan :

Tinggi (H) : 1,82 m
Periode : 9,16 det
Durasi : 8,7 jam

4. Perhitungan Gelombang Rencana

Mencari tinggi gelombang pada kedalaman tertentu (refraksi gelombang) direncanakan terjadinya gelombang pecah pada elevasi dasar/kedalaman adalah -2 meter dibawah muka air laut rerata (MWL), arah gelombang yang diperhitungkan dari arah timur ($\alpha = 45^\circ$), $H_o = 1,82$ m dan $T = 9,16$ detik

Panjang gelombang di laut dalam dihitung :

$$\begin{aligned} L_o &= \frac{gT^2}{2\pi} \\ &= \frac{9,81 \times 9,16^2}{2\pi} = 130,95 \text{ m} \\ C_o &= \frac{gT^2}{2\pi} \\ &= \frac{9,81 \times 9,16}{2\pi} = 14.30 \text{ m/det} \\ d/L_o &= 2/130,95 \\ &= 0,015 \end{aligned}$$

Untuk Nilai d/L_o diatas, dengan tabel A-1 fungsi d/L untuk penambahan nilai d/L_o didapat

Tabel A-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\frac{\tanh}{2\pi d/L}$	$\frac{\sinh}{2\pi d/L}$	$\frac{\cosh}{2\pi d/L}$	K_0	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\frac{\sinh}{4\pi d/L}$	$\frac{\cosh}{4\pi d/L}$	n
01000	0,04032	2533	2480	2560	1.0322	1.435	9688	5066	5286	1.131	9792
01100	0,04233	2660	2598	2691	1.0356	1.403	9656	5319	5574	1.145	9772
01200	0,04426	2781	2711	2817	1.0389	1.375	9625	5562	5853	1.159	9751
01300	0,04612	2898	2820	2938	1.0423	1.350	9594	5795	6125	1.173	9731
01400	0,04791	3010	2924	3056	1.0456	1.327	9564	6020	6391	1.187	9710
01500	0,04964	3119	3022	3170	1.0490	1.307	9533	6238	6651	1.201	9690
01600	0,05132	3225	3117	3281	1.0524	1.288	9502	6450	6906	1.215	9670
01700	0,05296	3328	3209	3389	1.0559	1.271	9471	6655	7158	1.230	9649
01800	0,05455	3428	3298	3495	1.0593	1.255	9440	6856	7405	1.244	9629
01900	0,05611	3525	3386	3599	1.0628	1.240	9409	7051	7650	1.259	9609
02000	0,05763	3621	3470	3701	1.0663	1.226	9378	7244	7891	1.274	9588
02100	0,05912	3714	3552	3800	1.0698	1.213	9348	7429	8131	1.289	9568
02200	0,06057	3806	3632	3898	1.0733	1.201	9317	7612	8368	1.304	9548

Tabel C.2 : Fungsi d/L untuk penambahan nilai d/Lo

Sumber : Syifa, 2023

Diperoleh nilai $d/L = 0,04964$

$$L = 2 / 0,04964$$

$$= 40,290 \text{ m}$$

$$C = L / T$$

$$= 40,290 / 9,16$$

$$= 4,39 \text{ m/det}$$

Arah datangnya gelombang pada kedalaman 2 m dihitung :

$$\sin \alpha_1 = (C_1 / C_0) \sin \alpha_0$$

$$= \frac{4,39 \text{ det}}{14,30 \text{ det}} \sin 45$$

$$= 0,217$$

$$\alpha_1 = 0,217$$

Koefisien refraksi dihitung menggunakan rumus berikut :

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}}$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 45}{\cos 0,217}}$$

$$= 1$$

untuk menghitung koefisien pendangkalan dicari nilai n dengan menggunakan tabel A-1 fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L_0 berdasarkan nilai d/L_0 diatas (0,04964), maka didapat nilai K_s nya adalah 1,307

maka tinggi gelombang pada kedalaman 2,0 m didapat :

$$H = K_s \cdot K_r \cdot H_0$$

$$= 1,307 \times 1 \times 1,82$$

$$= 2,37 \text{ m}$$

3. Analisa Gelombang Pecah

Kemiringan dasar laut diketahui 1: 1,5 = 0.67 Gelombang pada laut dalam di tentukan $H_0 = 1,82 \text{ m}$, $T = 9,16 \text{ detik}$, $K_r = 1$

maka

$$H_0 = K_r \cdot H_0$$

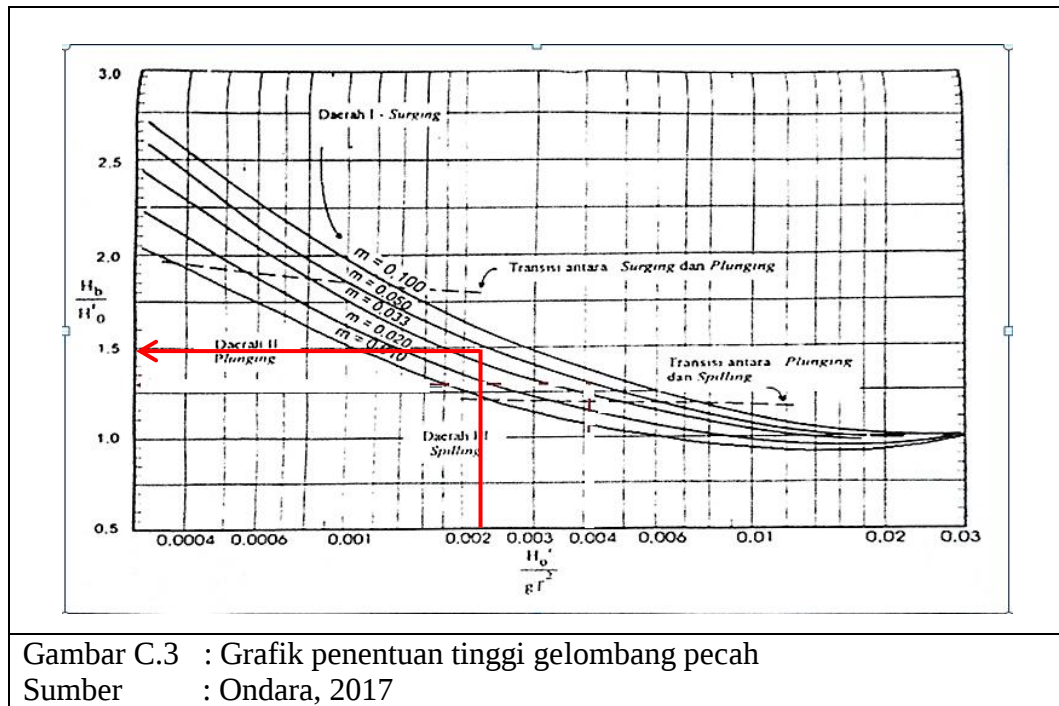
$$= 1 \times 1,82$$

$$= 1,82 \text{ m}$$

$$\frac{H_0}{gT^2} = \frac{1,82}{9,81 \times 9,16^2}$$

$$= 0,0022$$

Dengan menggunakan grafik tinggi gelombang pecah di bawah ini, untuk nilai tersebut di atas dengan nilai $m = 1: 1,5$ atau $m = 0,67$



Gambar C.3 : Grafik penentuan tinggi gelombang pecah
Sumber : Ondara, 2017

Dari grafik diatas diperoleh nilai H_b adalah sebagai berikut :

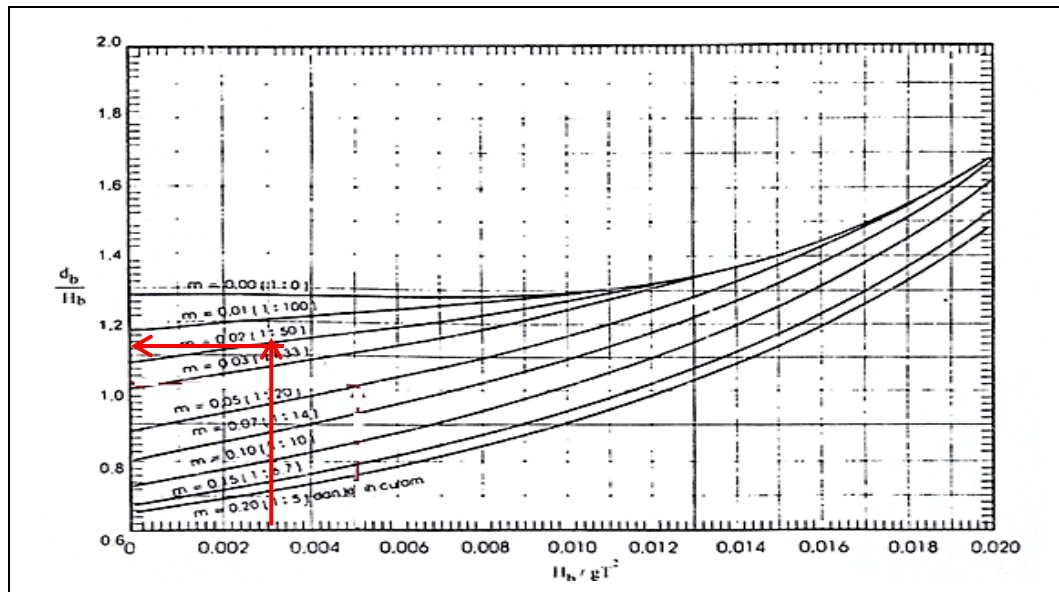
$$H_b/H_0 = 1,50$$

$$H_b = 1,50 \times 1,82$$

$$= 2,73 \text{ m}$$

Menghitung kedalaman gelombang pecah :

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{2,73}{9,81 \times 9,16^2} = 0,0033 \text{ m}$$



Gambar C.4 : Grafik kedalaman gelombang pecah H_b

Sumber : Ondara, 2017

$$\frac{db}{H_b} = 1,18$$

$$db = 1,18 \times 2,73$$

$$= 3,22 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas di dapat :

Tinggi gelombang pecah H_b : 2,73 m

kedalaman gelombang pecah db : 3,22 m

C.3. Perhitungan Pasang Surut

Data pasang surut ini sangatlah penting didalam merencanakan sebuah struktur pemecah gelombang berupa *breakwater* muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) dapat mempengaruhi perencanaan pemecah gelombang terutama pada saat akan menentukan elevasi rencana nya, data yang diperlukan disini yaitu data berupa muka air tertinggi rerata (MHWL), tinggi muka air rerata (MSL) dan muka air terendah (MLWL),data pasang surut untuk perencanaan sebuah *breakwater* ini didapat dari BWS (balai wilayah sungai sumatera 1) pada tahun 2023.

LAMPIRAN C

Berdasarkan data sekunder pasang surut, diperoleh tinggi muka air sebagai berikut :

- a. Elevasi muka air tertinggi (HWL) = 74 cm
- b. Elevasi muka air rata – rata (MSL) = 35 cm
- c. Elevasi muka air terendah (LWL) = + 0,00 m

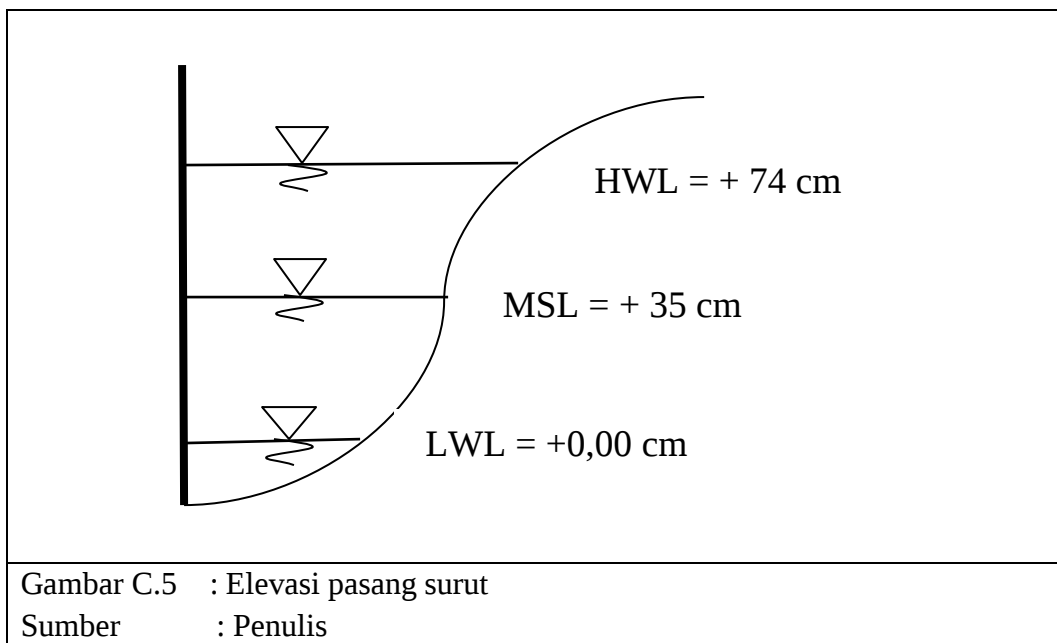
elevasi pasang surut tunggang pasang 74 cm dari LLWL sehingga didapatkan

Nilai elevasi sebagai berikut :

$$\text{HWL} : 74 - 0.00 = 74 \text{ cm}$$

$$\text{MSL} : 35 - 0.00 = 35$$

$$\text{LWL} : + 0,00 \text{ m}$$



1. Elevasi muka air rencana

Elevasi muka air rencana merupakan parameter yg sangat penting untuk merencanakan elevasi bangunan, elevasi tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter, yaitu pasang surut, *wave set up*, *wind set up* dan kenaikan air laut pada permukaan (*Wave run up*) menunjukkan penentuan elevasi muka air rencana.

LAMPIRAN C

2. Perhitungan (*wave set up*)

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Turunnya muka air tersebut dikenal dengan *wave set down* sedangkan naiknya muka air disebut *wave set up*.

Data perhitungan

- kedalaman air (d) : 2 m (didapat dari data bws)
- tinggi gelombang (H_0) : 1,82 m (dari grafik gelombang)
- periode gelombang (T) : 9,16 detik (dari grafik gelombang)
- kemiringan dasar laut (m) : 0,05 m (didapat dari data bws)
- Tinggi gelombang pecah H_b : 2,73 m (grafik tinggi gelombang)
- kedalaman gelombang pecah d_b : 3,22 m (grafik kedalaman gelombang)

untuk mencari rasio relatif (S_w) menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
 S_w &= 0,19 \left(1 - 2,82 \frac{\sqrt{H_b}}{gT^2} \right) H_b \\
 &= 0,19 \left(1 - 2,82 \frac{\sqrt{2,73}}{9,81 \times 9,16^2} \right) 2,73 \\
 &= 0,434 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan *run up* gelombang

Untuk memperkirakan kenaikan air laut pada permukaan (*wave run up*) maka dapat dihitung :

Tinggi gelombang dilaut dalam :

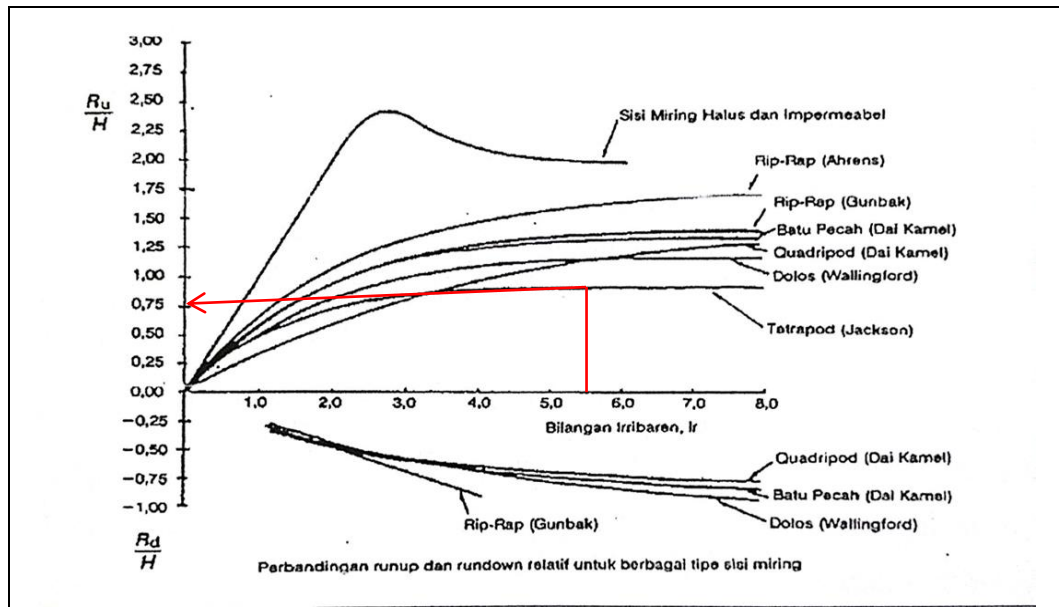
$$L_0 = 130,95 \text{ m}$$

Bilangan irribaren :

$$\begin{aligned}
 I_r &= \frac{Tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}} \\
 &= \frac{0,67}{\left(\frac{1,82}{130,95}\right)^{0,5}} \\
 &= 5,68 \text{ m}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN C

Dari grafik *run up* gelombang dibawah ini untuk lapis lindung dari batu pecah pada $I_r = 5,68$ didapat nilai *run up*



Gambar C.6 : Grafik *run up* gelombang

Sumber : Triadmodjo, 2010

Maka :

$$Ru/H = \frac{Ru}{H}$$

$$Ru = 0,75 \times 1,82$$

$$= 1,365 \text{ m}$$

dengan menggunakan nilai *freeboard* (fb) = 0.5 maka nilai elevasi puncak dappat dicari sebagai berikut :

$$\text{elevasi puncak} = \text{HHWL} + \text{Run Up} + \text{fb}$$

$$\text{elevasi puncak} = 0,74 + 0,75 + 0,5$$

$$\text{Elevasi puncak} = 2 \text{ m}$$

C.4 PERENCANAAN DIMENSI PEMECAH GELOMBANG 1 ton

A. BERAT LAPISAN BATU TETRAPOD REVETMEN (W)

berat minimum batu tetrapod dihitung berdasarkan rumus hudson sebagai berikut:

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{\left(\frac{\gamma_r}{K_d \cdot \gamma_{\text{air laut}}} - 1\right)^3 \cot \theta}$$
$$W = \frac{2.4 \text{ ton/m}^3 \cdot (1.82 \text{ m})^3}{(5)(2.24 - 1)^3 (1.5)} = 1 \text{ ton}$$

Sehingga berat minimum lapisan batu tetrapod adalah 1 ton

B. PERHITUNGAN LEBAR PUNCAK PEMECAH GELOMBANG (B)

Lebar puncak dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$B = n.K\Delta \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$
$$B = 2.1,04 \cdot \left(\frac{1 \text{ ton}}{2.4 \text{ ton m}^3}\right)^{1/3} = 1.5$$

sehingga lebar puncak struktur revetmen adalah 1.5 m

C. PERHITUNGAN TEBAL LAPISAN BATU TETRAPOD (t1)

Tebal lapisan batu dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$t = n.K\Delta \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$
$$t = 2.1,04 \cdot \left(\frac{1 \text{ ton}}{2.4 \text{ ton m}^3}\right)^{1/3} = 1.5 \text{ m}$$

sehingga tebal lapisan batunya adalah 1.5 m

D. JUMLAH BUTIR BATU LAPISAN PELINDUNG (N)

perlu dicari dulu jumlah batu tetrapod tiap 10 m² dengan cara sebagai berikut :

$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = A.n.K\Delta \left(1 - \frac{p}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3}$$

$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = 10 \cdot 2.1,04 \left(1 - \frac{50}{100}\right) \left(\frac{2.4}{1}\right)^{2/3}$$

$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = 19 \text{ buah}$$

Dari desain gambar struktur *breakwater* telah diketahui bahwa volume tetrapod sebesar 15,115 m³. Dengan tebal batu tetrapod 1 m maka diketahui juga luas permukaan tetrapod yaitu sebesar 12.596 m². Sehingga jumlah seluruh tetrapod untuk membangun struktur *breakwater* sebesar

$$N = \frac{\text{Luas permukaan tetrapod}}{10} \times N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2$$

$$N = \frac{12,596}{10} \times 19$$

$$N = 23,932 \text{ buah}$$

jadi jumlah seluruh tetrapod untuk membangun struktur *breakwater* sebanyak 23,932 buah

E. PERHITUNGAN BERAT DAN UKURAN KUBUS BETON (W)

berat minimum batu lapisan kubus beton dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$W_{\text{kubus}} = W_{\text{batu lapisan 2}}$$

$$W_{\text{kubus}} = \frac{1 \text{ ton}}{2} = 0,5 \text{ ton}$$

berat batu lapisan kubus beton yang didapat adalah 0,5 ton = 500 kg. lalu perlu dicari ukuran rusuk kubus (S_{kubus}) yang akan digunakan sebagai berikut :

$$S_{\text{kubus}} = (W_{\text{kubus}} / \gamma_r)^{1/3}$$

$$S_{\text{kubus}} = (0,5 / 1,45)^{1/3}$$

$$S_{\text{kubus}} = 0,44 = 0,40 \text{ m}$$

Nilai rusuk kubus yang didapat adalah 0,40 m.

sehingga berat lapisan batu kubus beton didapat sebagai berikut

$$W_{\text{kubus}} = (S_{\text{kubus}})^3 \times \gamma_r$$

$$W_{\text{kubus}} = (0,4)^3 \times 1,45$$

$$W_{\text{kubus}} = 0,10 \text{ ton}$$

F. PERHITUNGAN TEBAL LAPISAN KEDUA BATU KUBUS BETON (t2)

Tebal lapisan batu dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$t = n.K\Delta \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$
$$t = 2.1,10 \cdot \left(\frac{0,10 \text{ ton}}{1,45 \text{ ton m}^3}\right)^{1/3} = 0,41 \text{ ton}$$

G. JUMLAH BUTIR BATU LAPISAN PELINDUNG (N)

perlu dicari dulu jumlah batu kubus beton tiap 10 m² dengan cara sebagai berikut :

$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = A.n.K\Delta \left(1 - \frac{p}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3}$$
$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = 10.2.1,10 \left(1 - \frac{47}{100}\right) \left(\frac{1,45}{0,10}\right)^{2/3}$$
$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = 69 \text{ buah}$$

Dari desain gambar struktur *breakwater* telah diketahui bahwa volume kubus sebesar 7.375 m³. Dengan tebal batu kubus beton 0,4 m maka diketahui juga luas permukaan kubus beton yaitu sebesar 8.194 m². Sehingga jumlah seluruh kubus untuk membangun struktur *breakwater* sebesar

$$N = \frac{\text{Luas permukaan kubus}}{10} \times N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2$$
$$N = \frac{7,375}{10} \times 69$$
$$N = 50,887 \text{ buah}$$

jadi jumlah seluruh tetrapod untuk membangun struktur *breakwater* sebanyak 50,887 buah

LAMPIRAN C

Pengolahan data kecepatan angin, gelombang, dan pasang surut tahun 2018 hingga 2022 untuk memperoleh dimensi perencanaan bangunan breakwater

C.5 Hasil Perhitungan Kecepatan Arah Angin dan Tinggi gelombang

Berdasarkan Peramalan gelombang di Laut dalam

4. Distribusi Kecepatan angin

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

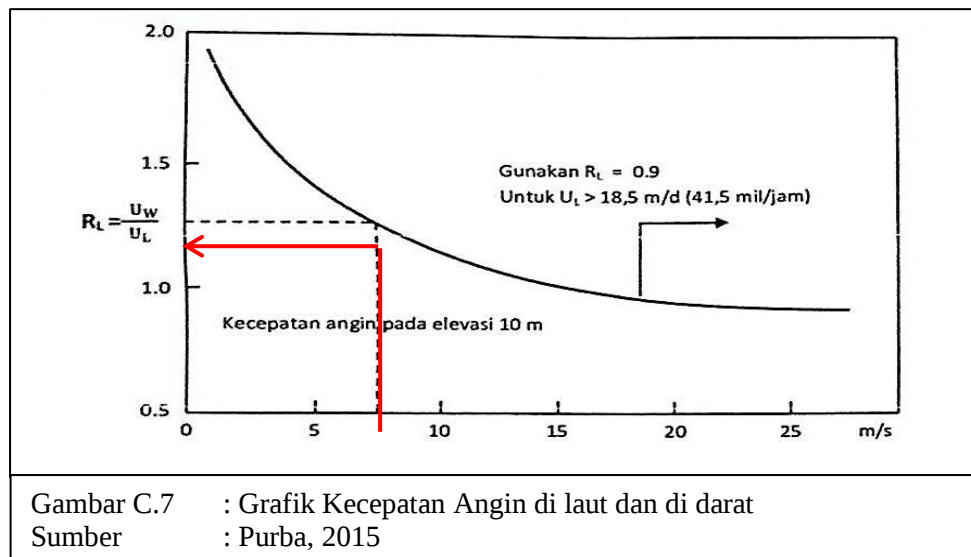
Dimana :

$U_{(10)}$ = kecepatan angin pada ketinggian 10 meter (m/det)

y = elevasi terhadap permukaan air (m/det)

Maka :

$$\begin{aligned} U_{(10)} &= U_{(y)} \left(\frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}} \\ &= 5,14 \text{ m/det} \times \left(\frac{10}{7} \right)^{1/7} \\ &= 5,40 \text{ m/det} \end{aligned}$$



Nilai R_L didapatkan =1,3

5. Koreksi Stabilitas dan efek lokasi pengamatan

$$U = R_T \times R_L \times U_{(10)}$$

Dimana :

LAMPIRAN C

RT = Koefisien Stabilitas Perbedaan temperatur antara udara dan air laut

U = Koreksi Terhadap elevasi Kecepatan angin

RL = Koefisien Koreksi antara kecepatan angin di laut dan darat

$U_{(10)}$ = Kecepatan Angin pada ketinggian 10 meter

Besarnya koreksi dilambangkan dengan Rt. Jika data temperatur udara dan air tidak dimiliki maka dianjurkan memakai nilai $R_t = 1,10$

Maka :

$$\begin{aligned}U &= R_T \times R_L \times U_{(10)} \\&= 5,40 \text{ m/det} \times 1,3 \times 1,1 \\&= 7,72 \text{ m/det}\end{aligned}$$

Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin yang sudah dijelaskan diatas, maka kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,23}$$

Dimana :

U_A = faktor tegangan angin (m/s)

U = kecepatan diatas permukaan laut (m/s)

maka

$$\begin{aligned}U_A &= 0,71 \cdot U^{1,23} \\&= 0,71 \times (7,72 \text{ m/det})^{1,23} \\&= 8,77 \text{ m/det}\end{aligned}$$

C.6 Perhitungan *Fetch* Efektif

Untuk Perhitungan Panjang garis *Fetch* rerata efektif dapat digunakan dengan persamaan 2.2

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

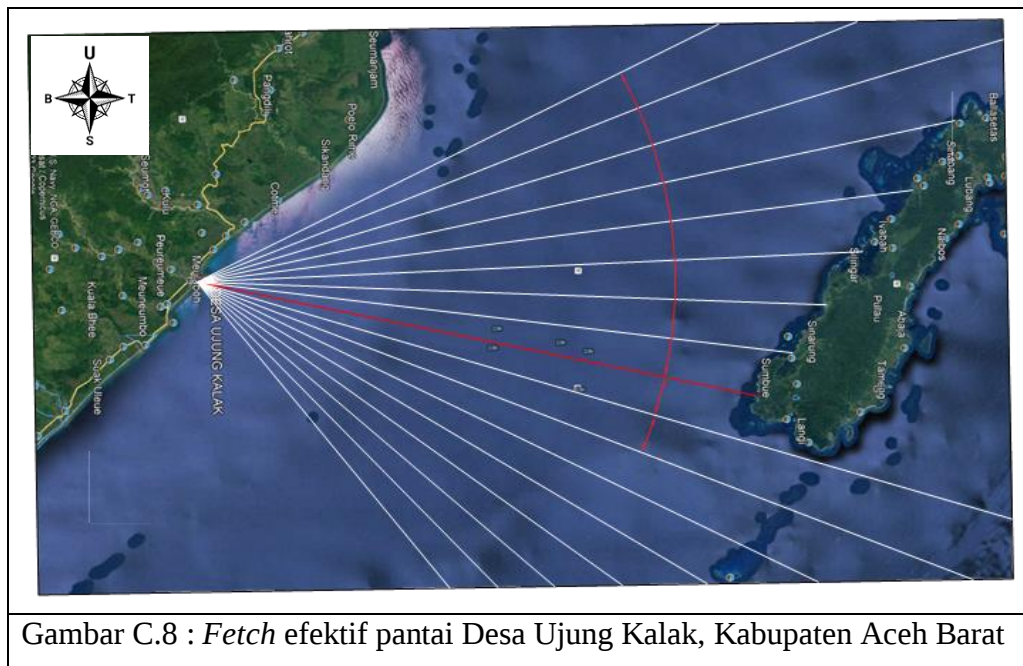
LAMPIRAN C

Dimana :

- F_{eff} : Panjang *Fetch* efektif/jarak sesungguhnya (m)
- x_i : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *Fetch* (m)
- α_i : Sudut antara *fetch* ke-i dengan arah utama (derajat) dengan menggunakan pertambahan 5° sampai sudut sebesar 40° pada kedua sisi dari arah angin

Perhitungan gelombang berdasarkan panjang *fetch* dimana daerah angin berhembus dengan kecepatan dan arah yang konstan. Adapun langkah – langkah dalam pengukuran *Fetch* adalah sebagai berikut :

5. Mencari peta menggunakan *Google Earth*, masukan pencarian lokasi desa ujung kalak, kabupaten Aceh Barat setelah itu crop peta lokasi kemudian bawa ke aplikasi autocad 2023
6. Skala yang digunakan disini yaitu skala 1:100 dan peta harus sesuai dengan arah mata angin, untuk mata angin arah utara diletakkan pada posisi atas agar mempermudah ketika membaca arah mata angin
7. Tarik garis tengah terlebih dahulu untuk garis 0 agar memastikan garis yang ditarik pada arah angin dominan yaitu timur laut, kemudian tarik garis *fetch* setiap interval sudut 5° sampai 40° dari arah angin dominan. pada saat menarik garis *fetch* tertuju pada pulau terdekat bukan pada daratan
8. Panjang garis *fetch* dihitung dari lokasi peramalan sampai ke daratan di ujung-ujung pulau yang membatasi, untuk perhitungan panjang garis *fetch* rerata efektif dapat dilihat pada tabel



Tabel C.3 Perhitungan *fetch* rerata efektif pada tahun 2018- 2022

No	Arah	α (.....°)	$\cos \alpha$	Jarak sebenarnya Xi (Km)	Xi.cos
1	Timur Laut (N)	40	0,766	102,68	78,653
2		35	0,819	110,29	90,328
3		30	0,866	120,9	104,699
4		25	0,906	132,82	120,335
5		20	0,939	148,94	139,855
6		15	0,965	174,12	168,026
7		10	0,984	208,55	205,213
8		5	0,996	212,33	211,481
9		0	1,000	142,72	142,720
10		5	0,996	149,62	149,022
11		10	0,984	156,77	154,262
12		15	0,965	165,84	160,036
13		20	0,939	201,14	188,870
14		25	0,906	169,17	153,268
15		30	0,866	210,65	182,423
16		35	0,819	178,14	145,897
17		40	0,766	146,70	112,372
Jumlah			15,482		2507,458

Sumber : Hasil Analisis penulis, 2024

Dari tabel diatas diperoleh nilai fetch efektif sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cdot \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} = \frac{2507,458}{15,482}$$
$$= 161,96 \text{ Km}$$

Berdasarkan Nilai UA dan besarnya fetch , tinggi dan periode gelombang dapat dicari menggunakan grafik peramalan gelombang sebagai berikut :

$$\text{fetch efektif} = 161,96 \text{ km}$$

$$\text{UA} = 8,77 \text{ m/det}$$

LAMPIRAN C

Dari grafik peramalan gelombang berdasarkan nilai UA terbesar didapatkan hasil durasi (jam), tinggi (m) , dan periode (det) yang diharapkan memenuhi karena keterbatasan grafik peramalan gelombang, oleh karena itu berdasarkan nilai UA yaitu 8,77 m/det, didapatkan :

Tinggi (H) : 1,97 m
Periode : 9,65 det
Durasi : 10,2 jam

4. Perhitungan Gelombang Rencana

Mencari tinggi gelombang pada kedalaman tertentu (refraksi gelombang) direncanakan terjadinya gelombang pecah pada elevasi dasar/kedalaman adalah -2 meter dibawah muka air laut rerata (MWL), arah gelombang yang diperhitungkan dari arah timur ($\alpha = 45^\circ$), $H_o = 1,97$ m dan $T = 9,65$ detik

Panjang gelombang di laut dalam dihitung :

$$\begin{aligned} L_o &= \frac{gT^2}{2\pi} \\ &= \frac{9,81 \times 9,65^2}{2\pi} = 145,35 \text{ m} \\ C_o &= \frac{gT^2}{2\pi} \\ &= \frac{9,81 \times 9,65}{2\pi} = 15,06 \text{ m/det} \\ d/L_o &= 2/145,35 \\ &= 0,013 \end{aligned}$$

Untuk Nilai d/L_o diatas, dengan tabel A-1 fungsi d/L untuk penambahan nilai d/L_o didapat

Tabel A-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\frac{\tanh}{2\pi d/L}$	$\frac{\sinh}{2\pi d/L}$	$\frac{\cosh}{2\pi d/L}$	K_0	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\frac{\sinh}{4\pi d/L}$	$\frac{\cosh}{4\pi d/L}$	n
01000	0,04032	2533	2480	2560	1.0322	1.435	9688	5066	5286	1.131	9792
01100	0,04233	2660	2598	2691	1.0356	1.403	9656	5319	5574	1.145	9772
01200	0,04426	2781	2711	2817	1.0389	1.375	9625	5562	5853	1.159	9751
01300	0,04612	2898	2820	2938	1.0423	1.350	9594	5795	6125	1.173	9731
01400	0,04791	3010	2924	3056	1.0456	1.327	9564	6020	6391	1.187	9710
01500	0,04964	3119	3022	3170	1.0490	1.307	9533	6238	6651	1.201	9690
01600	0,05132	3225	3117	3281	1.0524	1.288	9502	6450	6906	1.215	9670
01700	0,05296	3328	3209	3389	1.0559	1.271	9471	6655	7158	1.230	9649
01800	0,05455	3428	3298	3495	1.0593	1.255	9440	6856	7405	1.244	9629
01900	0,05611	3525	3386	3599	1.0628	1.240	9409	7051	7650	1.259	9609
02000	0,05763	3621	3470	3701	1.0663	1.226	9378	7244	7891	1.274	9588
02100	0,05912	3714	3552	3800	1.0698	1.213	9348	7429	8131	1.289	9568
02200	0,06057	3806	3632	3898	1.0733	1.201	9317	7612	8368	1.304	9548

Tabel C.4 : Fungsi d/L untuk penambahan nilai d/Lo

Sumber : Triadmodjo, 1999

Diperoleh nilai $d/L = 0,04612$

$$L = 2 / 0,04612$$

$$= 43,365 \text{ m}$$

$$C = L / T$$

$$= 43,365 / 9,65$$

$$= 4,50 \text{ m/det}$$

Arah datangnya gelombang pada kedalaman 2 m dihitung :

$$\sin \alpha_1 = (C_1 / C_0) \sin \alpha_0$$

$$= \frac{4,50 \text{ det}}{15,06 \text{ det}} \sin 45$$

$$= 0,211$$

$$\alpha_1 = 0,211$$

Koefisien refraksi dihitung menggunakan rumus berikut :

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}}$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 45}{\cos 0,211}}$$

$$= 0,84$$

untuk menghitung koefisien pendangkalan dicari nilai n dengan menggunakan tabel A-1 fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L_0 berdasarkan nilai d/L_0 diatas (0,04612), maka didapat nilai K_s nya adalah 1,350

maka tinggi gelombang pada kedalaman 2,0 m didapat :

$$H = K_s \cdot K_r \cdot H_0$$

$$= 1,350 \times 0,84 \times 1,97$$

$$= 2,23 \text{ m}$$

6. Analisa Gelombang Pecah

Kemiringan dasar laut diketahui 1: 1,5 = 0.67 Gelombang pada laut dalam di tentukan $H_0 = 1,97 \text{ m}$, $T = 9,65 \text{ detik}$, $K_r = 0,84$

maka

$$H_0 = K_r \cdot H_0$$

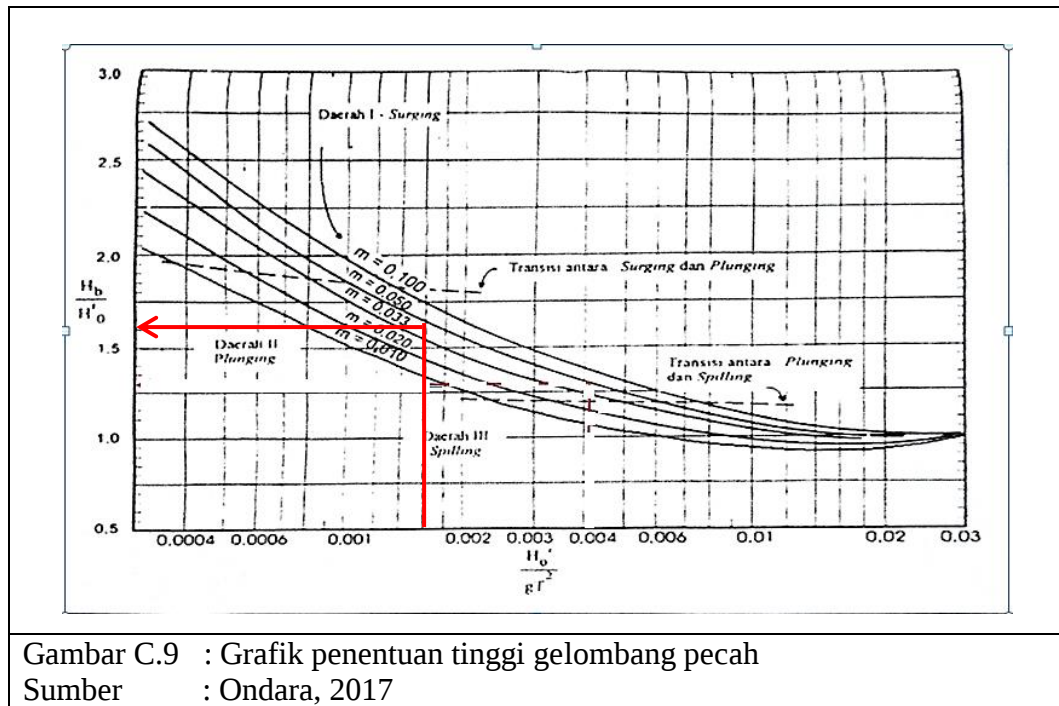
$$= 0,84 \times 1,97$$

$$= 1,65 \text{ m}$$

$$\frac{H_0}{gT^2} = \frac{1,65}{9,81 \times 9,65^2}$$

$$= 0,0018$$

Dengan menggunakan grafik tinggi gelombang pecah di bawah ini, untuk nilai tersebut di atas dengan nilai $m = 1: 1,5$ atau $m = 0,67$ diperoleh



Gambar C.9 : Grafik penentuan tinggi gelombang pecah
 Sumber : Ondara, 2017

Dari grafik diatas diperoleh nilai H_b adalah sebagai berikut :

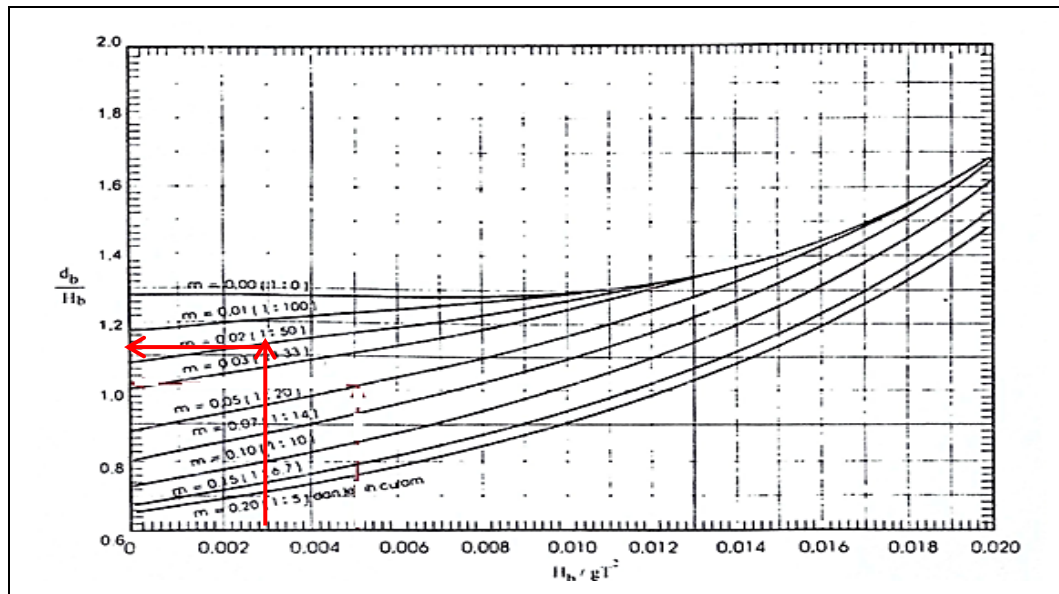
$$H_b/H_0 = 1,60$$

$$H_b = 1,60 \times 1,97$$

$$= 3,15 \text{ m}$$

Menghitung kedalaman gelombang pecah :

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{3,15}{9,81 \times 9,65^2} = 0,0034 \text{ m}$$



Gambar C.10 : Grafik kedalaman gelombang pecah H_b

Sumber : Ondara, 2017

$$\frac{db}{H_b} = 1,17$$

$$db = 1,17 \times 3,15$$

$$= 3,68 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas di dapat :

Tinggi gelombang pecah H_b : 3,15 m

kedalaman gelombang pecah db : 3,68 m

C.7 Perhitungan Pasang Surut

Data pasang surut ini sangatlah penting didalam merencanakan sebuah struktur pemecah gelombang berupa *breakwater* muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) dapat mempengaruhi perencanaan pemecah gelombang terutama pada saat akan menentukan elevasi rencana nya, data yang diperlukan disini yaitu data berupa muka air tertinggi rerata (MHWL), tinggi muka air rerata (MSL) dan muka air terendah (MLWL),data pasang surut untuk perencanaan sebuah *breakwater* ini didapat dari BWS (balai wilayah sungai sumatera 1) pada tahun 2017.

LAMPIRAN C

Berdasarkan data sekunder pasang surut, diperoleh tinggi muka air sebagai berikut :

- d. Elevasi muka air tertinggi (HWL) = 74 cm
- e. Elevasi muka air rata – rata (MSL) = 35 cm
- f. Elevasi muka air terendah (LWL) = + 0,00 m

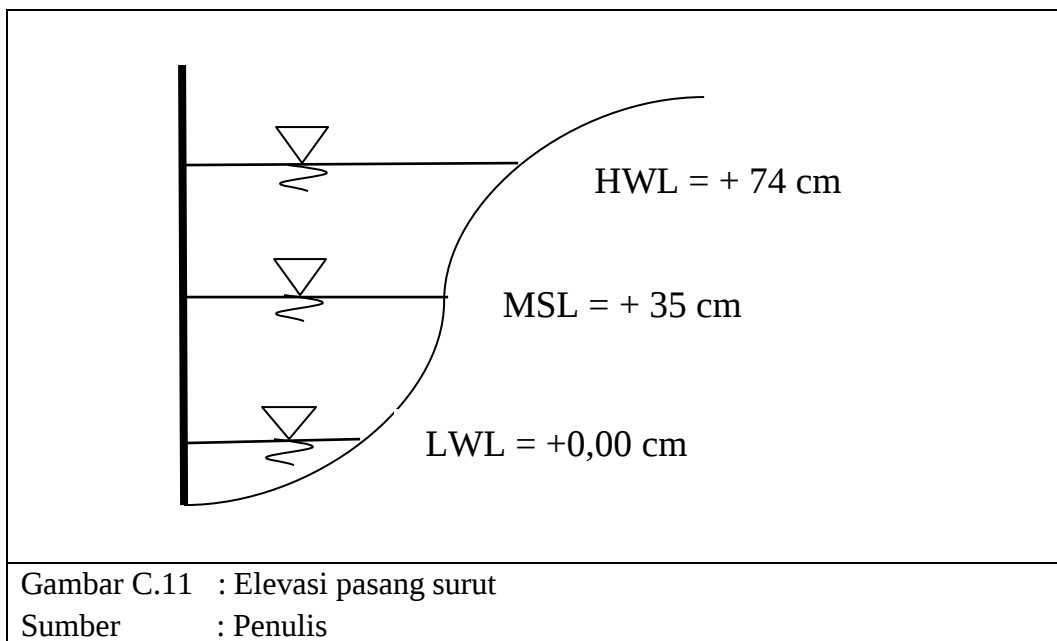
elevasi pasang surut tunggang pasang 74 cm dari LLWL sehingga didapatkan

Nilai elevasi sebagai berikut :

$$\text{HWL} : 74 - 0.00 = 74 \text{ cm}$$

$$\text{MSL} : 35 - 0.00 = 35$$

$$\text{LWL} : + 0,00 \text{ m}$$



4. Elevasi muka air rencana

Elevasi muka air rencana merupakan parameter yg sangat penting untuk merencanakan elevasi bangunan, elevasi tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter, yaitu pasang surut, *wave set up*, *wind set up* dan kenaikan air laut pada permukaan (*Wave run up*) menunjukkan penentuan elevasi muka air rencana.

LAMPIRAN C

5. Perhitungan (*wave set up*)

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Turunnya muka air tersebut dikenal dengan *wave set down* sedangkan naiknya muka air disebut *wave set up*.

Data perhitungan

- kedalaman air (d) : 2 m
- tinggi gelombang (H_0) : 1.97 m
- periode gelombang (T) : 9,65 detik
- kemiringan dasar laut (m) : 0.05 m
- Tinggi gelombang pecah H_b : 3,15 m
- kedalaman gelombang pecah d_b : 3,68 m

untuk mencari rapat relatif (S_w) menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} S_w &= 0,19 \left(1 - 2,82 \frac{\sqrt{H_b}}{gT^2} \right) H_b \\ &= 0,19 \left(1 - 2,82 \frac{\sqrt{3,15}}{9,81 \times 9,16^2} \right) 3,15 \\ &= 0,59 \text{ m} \end{aligned}$$

6. Perhitungan *run up* gelombang

Untuk memperkirakan kenaikan air laut pada permukaan (*wave run up*) maka dapat dihitung :

Tinggi gelombang dilaut dalam :

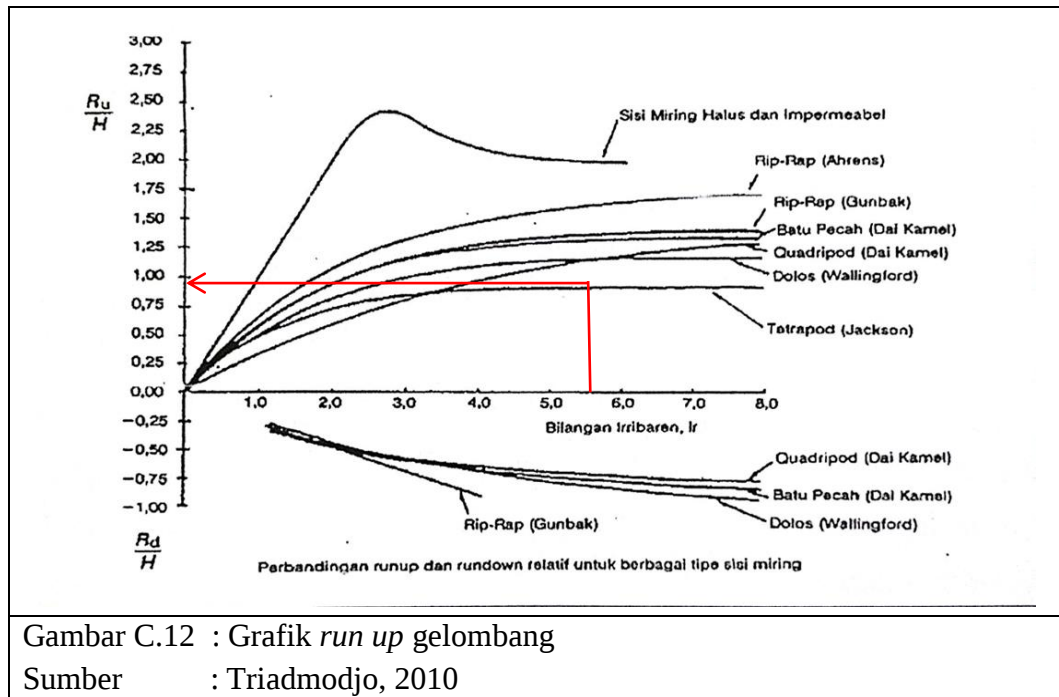
$$L_0 = 145,35 \text{ m}$$

Bilangan irribaren :

$$\begin{aligned} I_r &= \frac{Tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}} \\ &= \frac{0,67}{\left(\frac{1,97}{145,35}\right)^{0,5}} \\ &= 5,75 \text{ m} \end{aligned}$$

LAMPIRAN C

Dari grafik *run up* gelombang dibawah ini untuk lapis lindung dari batu pecah pada $I_r = 5,75$ didapat nilai *run up*



Gambar C.12 : Grafik *run up* gelombang

Sumber : Triadmodjo, 2010

Maka :

$$R_u/H = \frac{R_u}{H}$$

$$R_u = 0,90 \times 1,97$$

$$= 1,77 \text{ m}$$

dengan menggunakan nilai *freeboard* (fb) = 0.5 maka nilai elevasi puncak dapat dicari sebagai berikut :

$$\text{elevasi puncak} = \text{HHWL} + \text{Run Up} + fb$$

$$\text{elevasi puncak} = 0,74 + 1,77 + 0,5$$

$$\text{Elevasi puncak} = 3,01 \text{ m}$$

$$SR = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

$$\frac{1,2}{1,24} = 0,967$$

maka nilai sr adalah 0,967

C.8 PERENCANAAN DIMENSI PEMECAH GELOMBANG 1,2 ton

H. BERAT LAPISAN BATU TETRAPOD REVETMEN (W)

berat minimum batu tetrapod dihitung berdasarkan rumus hudson sebagai berikut:

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{\left(\frac{\gamma_r}{K_d \cdot \gamma_{\text{air laut}}} - 1\right)^3 \cot \theta}$$
$$W = \frac{2.3 \text{ ton/m}^3 \cdot (1.97\text{m})^3}{(5)(2.24-1)^3(1.5)} = 1,20 \text{ ton}$$

Sehingga berat minimum lapisan batu tetrapod adalah 1,20 ton

I. PERHITUNGAN LEBAR PUNCAK PEMECAH GELOMBANG (B)

Lebar puncak dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$B = n.K\Delta \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$
$$B = 2.1,04 \cdot \left(\frac{1,21 \text{ ton}}{2.3 \text{ ton m}^3}\right)^{1/3} = 1,68 = 1,7 \text{ m}$$

sehingga lebar puncak struktur revetmen adalah 1,7 m

J. PERHITUNGAN TEBAL LAPISAN BATU TETRAPOD (t1)

Tebal lapisan batu dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$t = n.K\Delta \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$
$$t = 2.1,04 \cdot \left(\frac{1,21 \text{ ton}}{2.3 \text{ ton m}^3}\right)^{1/3} = 1.68 = 1,7 \text{ m}$$

sehingga tebal lapisan batunya adalah 1,7 m

K. JUMLAH BUTIR BATU LAPISAN PELINDUNG (N)

perlu dicari dulu jumlah batu tetrapod tiap 10 m² dengan cara sebagai berikut :

$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = A.n.K\Delta \left(1 - \frac{p}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3}$$

$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = 10.2.1,04 \left(1 - \frac{50}{100}\right) \left(\frac{2.3}{1.21}\right)^{2/3}$$

$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = 16 \text{ buah}$$

Dari desain gambar struktur *breakwater* telah diketahui bahwa volume tetrapod sebesar 25.070 m³. Dengan tebal lapisan tetrapod 1,7 m maka diketahui juga luas permukaan tetrapod yaitu sebesar 14.747 m². Sehingga jumlah seluruh tetrapod untuk membangun struktur *breakwater* sebesar

$$N = \frac{\text{Luas permukaan tetrapod}}{10} \times N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2$$

$$N = \frac{14,747}{10} \times 16$$

$$N = 23,595 \text{ buah}$$

jadi jumlah seluruh tetrapod 1,2 ton untuk membangun struktur *breakwater* sebanyak 23,595 buah

L. PERHITUNGAN BERAT DAN UKURAN KUBUS BETON (W)

berat minimum batu lapisan kubus beton dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$W_{\text{kubus}} = W_{\text{batu lapisan}}/10$$

$$W_{\text{kubus}} = \frac{1,21 \text{ ton}}{10} = 0,121 \text{ ton}$$

berat batu lapisan kubus beton yang didapat adalah 0,121 ton = 1210 kg. lalu perlu dicari ukuran rusuk kubus (S_{kubus}) yang akan digunakan sebagai berikut :

$$S_{\text{kubus}} = (W_{\text{kubus}} / \gamma_r)^{1/3}$$

$$S_{\text{kubus}} = (0,121/2,3)^{1/3}$$

$$S_{\text{kubus}} = 0,4 \text{ m}$$

Nilai rusuk kubus yang didapat adalah 0,4 m.

sehingga berat lapisan batu kubus beton didapat sebagai berikut

$$W_{\text{kubus}} = (S_{\text{kubus}})^3 \times \gamma_r$$

$$W_{\text{kubus}} = (0,4)^3 \times 2,3$$

$$W_{\text{kubus}} = 0,15 \text{ ton}$$

M. PERHITUNGAN TEBAL LAPISAN KEDUA BATU KUBUS BETON (t2)

Tebal lapisan batu dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$t = n.K\Delta \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$t = 2.1,10 \cdot \left(\frac{0,15 \text{ ton}}{2,3 \text{ ton m}^3}\right)^{1/3} = 0,88 = 0,9 \text{ m}$$

N. JUMLAH BUTIR BATU LAPISAN PELINDUNG (N)

perlu dicari dulu jumlah batu kubus beton tiap 10 m² dengan cara sebagai berikut :

$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = A.n.K\Delta \left(1 - \frac{p}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3}$$

$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = 10.2.1,10 \left(1 - \frac{47}{100}\right) \left(\frac{2,3}{0,15}\right)^{2/3}$$

$$N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2 = 73 \text{ buah}$$

Dari desain gambar struktur *breakwater* telah diketahui bahwa volume kubus sebesar 11.217 m³. Dengan tebal batu kubus beton 0,9 m maka diketahui juga luas permukaan kubus beton yaitu sebesar 12.463 m². Sehingga jumlah seluruh kubus untuk membangun struktur *breakwater* sebesar

$$N = \frac{\text{Luas permukaan kubus}}{10} \times N \text{ tiap } 10 \text{ m}^2$$

$$N = \frac{12.463}{10} \times 73$$

$$N = 90,985 \text{ buah}$$

jadi jumlah seluruh kubus beton 0,15 ton untuk membangun struktur *breakwater* sebanyak 90,985 buah

Stabilitas terhadap geser

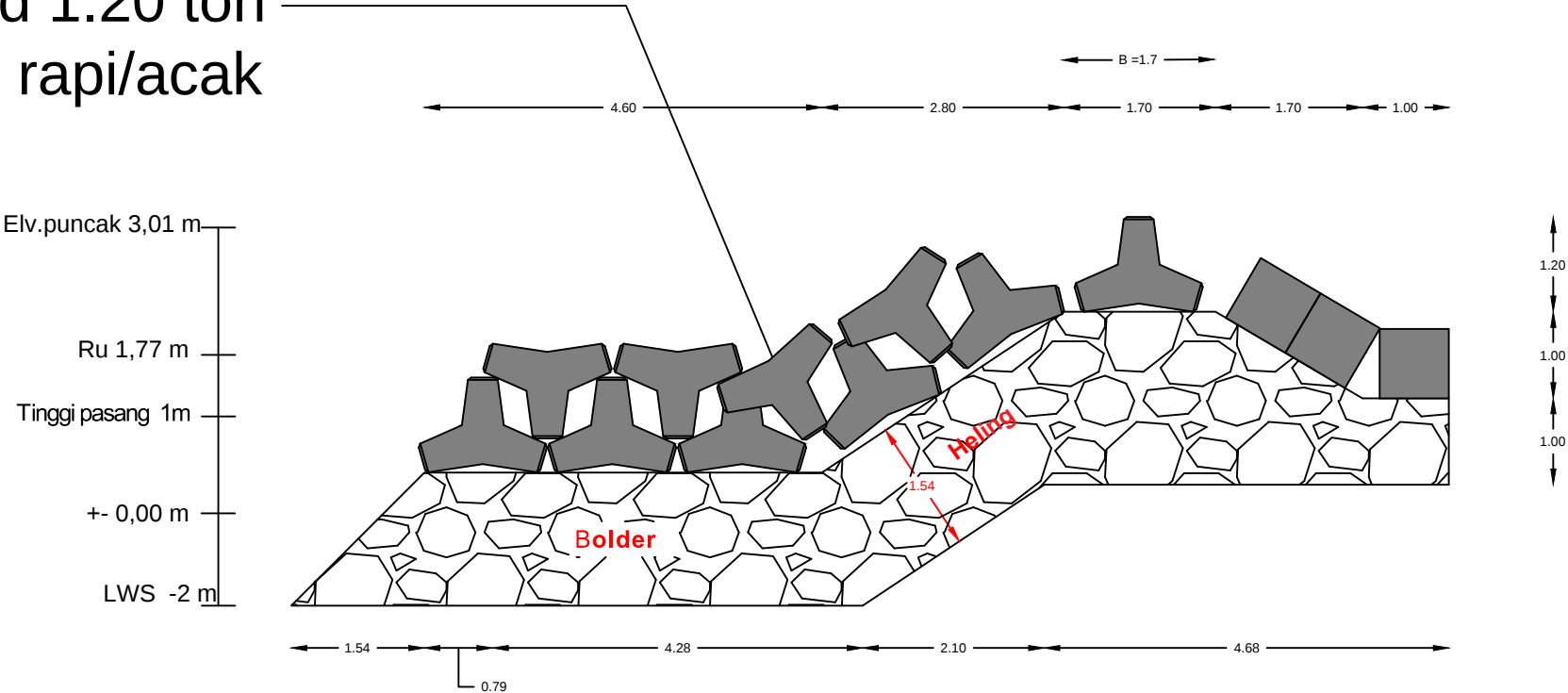
$$\frac{\sum v \cdot \tan \theta}{\sum h} \quad \frac{75,22 \times 2,657}{22,60}$$

$$1,75 > 1,25$$

Rekapan Hasil Perhitungan Perbandingan Perencanaan *Breakwater* Pantai

No	Perbandingan data	Tetrapod 1 ton	Tetrapod 1,2 ton
1	fetch efektif	142,94 km	161,96 km
2	Panjang gelombang laut dalam (Lo)	130,95 m	145,35 m
3	Cepat rambat gelombang laut dalam (C)	14,30 m/det	15,06 m/det
4	Kedalaman dilautt dalam d/L	0,015 (0,04964)	0.013 (0,04612)
5	Nilai panjang gelombg laut dangkal (L)	40,290	43,365 m
6	Cepat rambat gelombng laut dangal(C)	4,39 m/det	4,50 m/det
7	Arah datang gelombang (α)	0,217 m	0,211 m
8	Koefisien pendangkalan (ks)	1.307 m	1.350 m
9	Tinggi gelombang rencana (H)	2,37 m	2,23 m.
10	Gelombang pecah (H_o)	1,82 m	1,97 m
11	H_o/gT^2	0,0022 m	0,0018 m
12	H_b/H_o	1,50 m	1,60 m
13	H_b/gT	0,0033 m	0,0034 m
14	db	3, 22 m	3,68 m
15	Tinggi gelombang signifikan (H_s)	1,82 m	1,97 m
16	Periode gelombang (T_s)	9,16 det	9,65 det
17	Run up	1,365 m	1,77 m
18	Berat tetrapod (w)	1 ton	1,2 ton
19	Berat kubus beton (w)	0,5 ton	0,15 ton
20	Jumlah perluasan tetrapod 10m (n)	19 buah	16 buah
21	Jumlah perluasan kubus beton 10m (n)	69 buah	73 buah
22	irribaren	5,68	5,75
23	Elevasi puncak	2 m	3,01 m
24	Lebar puncak (B)	1,5 m	1,7 m

Tetrapod 1.20 ton
disusun rapi/acak



BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir Tahun Ajaran 2023/2024

Hari/Tanggal : Selasa / 30 Januari 2024

Tempat : Ruang Sidang Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Aceh

Nama Mahasiswa : Putri Dell Vira

NIM : 2003120083

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : Analisis Penyebab Kerusakan Struktur *Breakwater* Akibat
Abrasi Pantai Di Kawasan Pesisir (Studi Kasus: Desa Ujung
Kalak, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat)

Dengan hasil Sidang Tugas Akhir :

1. Sidang cukup satu kali

② Sidang cukup satu kali dengan perbaikan

Mengetahui dan menilai :

1. Pembimbing

Akmal, ST, M. Eng, IPM

2. Co. Pembimbing

Yulia, ST., MT, IPM

3. Penguji I

Ir. M. Ahsanjas, ME

4. Penguji II

Ir. Munawir, ST., MT, IPM ASEAN Eng

TTD :

TTD :

TTD :

TTD :

Mengetahui,
Ketua Sidang

Akmal, ST., M. Eng, IPM
NIDN. 1308068301

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Penguji I : Ir. M. Ahsanjass., ME

No	Pembahasan	Jawaban
1.	Dimana lokasi penelitian tersebut	Lokasi penelitian breakwater ini terdapat di Desa Ujung Kalak, Kecamatan, Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat
2.	Kenapa Breakwater pada desa itu bisa rusak	Faktor penyebab breakwater pada desa itu rusak diakibatkan oleh pasang surut air laut, gelombang laut yang tinggi dan arus laut yang bisa menimbulkan kerusakan akibat dari angin yang kencang sehingga membuat breakwater rusak dan hilang
3.	Apakah ada gambar breakwater yg sudah hancur di ambil laut	Untuk gambar breakwater yang lama dan sudah hancur serta hilang diambil laut gambar nya ada
4.	Apa yang dimaksud dengan tipikal breakwater	Tipikal adalah suatu tipe karakteristik dari pemecah gelombang
5.	Data primer apa yang diambil dari lapangan?	Data primer yang didapatkan dari lokasi penelitian yaitu observasi secara langsung dilapangan dan dokumentasi lapangan
6.	Apa itu observasi lapangan	Observasi lapangan adalah pengamatan secara langsung di lapangan untuk memperoleh data informasi dari tangan pertama
7.	Jelaskan Jenis Bangunan Pemecah Gelombang Tetrapod?	Tetrapod adalah salah satu jenis struktur dalam bidang teknik <u>pantai</u> yang digunakan untuk mencegahterjadinya erosi akibat cuaca dan arus sejajar pantai Sebagai pemecah ombak agar gelombang air yang sampai bibir pantai, tidak membahayakan dan merusak pantai.
8.	Jangan pakai tipikal ganti dengan kata – kata gambar dimensi breakwater	Kata tipikal breakwater sudah diperbaiki sesuai arahan

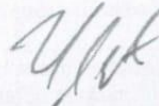
9.	Data sekunder jangan diakhir bab	Data sekunder sudah diperbaiki sesuai arahan
10.	Cantumkan peta kecamatan	Peta kecamatan sudah dicantumkan
11.	Pada peta lokasi penelitian tandai lokasi kerusakan breakwater	Peta lokasi penelitian sudah diperbaiki
12.	Dokumentasi breakwater yang rusak dimasukkan kedalam buku tugas akhir	Pada halaman 30 dokumentasi breakwater yang sudah rusak telah dicantumkan

Pembimbing



Akmal, ST, M. Eng, IPM
NIDN. 1308068301

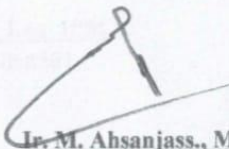
Co. Pembimbing



Yulia, ST, MT, IPM
NIDN. 1319078601

Menyetujui,

Penguji I



Ir. M. Ahsanias, ME
NIDN : 0108055301

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Penguji II : Ir. Munawir. ST., MT, IPM ASEAN Eng

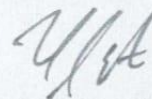
No	Pembahasan	Jawaban
1.	Penulisan disesuaikan dengan buku panduan	Penulisan sudah diperbaiki
2.	Logo pada cover buku tugas akhir di turunkan	Logo pada cover buku sudah diperbaiki sesuai arahan
3.	Judul tugas akhir dibuat seperti huruf V terbuka	Judul tugas akhir sudah diperbaiki
4.	Penulisan poin sedikit masuk dalam	Penulisan poin pada halaman 39 sudah diperbaiki
5.	Kata kunci pada abstrak diurutkan sesuai abjad	Kata kunci pada abstrak sudah diperbaiki
6.	Pada daftar isi lampiran B dibuat tulisan tabel bukan gambar	Daftar isi sudah diperbaiki sesuai arahan
7.	Referensi pada bab 2 disesuaikan dengan daftar pustaka	Referensi sudah disesuaikan dengan daftar pustaka
8.	Buat arah mata angin pada arah fetch	Pada halaman 25 sudah diperbaiki
9.	Halaman pada setiap lembar di buat dan disesuaikan	Halaman sudah diperbaiki keseluruhan sesuai arahan
10.	Pada bab 5 kesimpulan dan saran tidak usah dipakai kata berulang	Bab 5 sudah diperbaiki sesuai arahan

Pembimbing



Akmal, ST, M. Eng, IPM
NIDN. 1308068301

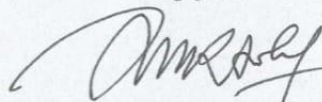
Co. Pembimbing



Yulia, ST, MT, IPM
NIDN. 1319078601

Menyetujui,

Penguji II



Ir. Munawir., ST, MT, IPM, ASEAN Eng
NIDN : 0129068303

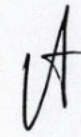
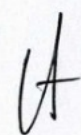


UNIVERSITAS MUHAMADIYAH ACEH
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jl. Muhammadiyah No.91 Gedung K, Lt.1 Batoh, Kec. Lhung Bata
Kota Banda Aceh, Aceh 23123

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama : Putri Dell Vira
NPM : 2003120083
Jurusan : Teknik Sipil
Pembimbing : Akmal, ST., M.Eng. IPM
Co pembimbing : Yulia, ST., MT, IPM

No	Tanggal	Catatan Dosen Pembimbing	Paraf
1	9-1-2024	- Perbaiki Penulisan BAB III Jabarkan secara rinci tahap/ langkah-langkah pengolahan data, sehingga capaian hasil pada BAB IV lebih baik/bagus	 9 Januari 2024
2	11-1-2024	- Cek kembali perhitungan data masuk jenis air laut dan penambahan beton tetrapod - format penulisan halaman times newroman	
3	13-1-2024	- Tambahkan narasi pada arah angin dominan langkah perhitungan selanjutnya - Referensi dimasukkan dalam daftar pustaka	



UNIVERSITAS MUHAMADIYAH ACEH
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jl. Muhammadiyah No.91 Gedung K, Lt.1 Batoh, Kec. Lhung Bata
Kota Banda Aceh, Aceh 23123

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama : Putri Dell Vira
NPM : 2003120083
Jurusan : Teknik Sipil
Pembimbing : Akmal, ST., M.Eng. IPM
Co pembimbing : Yulia, ST., MT, IPM

No	Tanggal	Catatan Dosen Pembimbing	Paraf
1	15-1-2024	- Abstrak diley kopi, maksimal 300 kata - Buat lampiran gambar/foto tegak lurus (potrait)	
		- Buat kesimpulan berdasarkan pembahasan pada BAB IV Saja - lanjut acc ke co. pemb	
5			

6	18 Jan 2024	- Data Anga → di analisis di peting sering / Jomina. - penulisa - Lampiran / rona kegiatan perhimp.	
		- gambar - tabel lamp. B.	
7	20/1/2024	BAB I → mawar perhimp BAB II → gambar segit mawar - halaman - literatur 1998 (x)	
		Isi buku terdapat Pengantar Icaran ada di ada - ada di ada	
		legenda + publik	
		Lampiran publik	

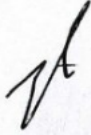


UNIVERSITAS MUHAMADIYAH ACEH
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jl. Muhammadiyah No.91 Gedung K, Lt.1 Batoh, Kec. Lhung Bata
Kota Banda Aceh, Aceh 23123

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama : Putri Dell Vira
NPM : 2003120083
Jurusan : Teknik Sipil
Pembimbing : Akmal, ST., M.Eng. IPM
Co pembimbing : Yulia, ST., MT, IPM

No	Tanggal	Catatan Dosen Pembimbing	Paraf
	8 Jan 2024	- Wajib mengikat perbman pendirian TA - dalam laporan ini → pakuat rumus, merika bgm sel-meng & kerangka ss terpasang	
		dan konstruks ss neta digunakan. - referensi terkait ~ penemuan kecilnya dipertimbangkan.	
		- Terkait kck & material terpasang cek di petakula Bangkay Tricandya perbaikan.	

8	23/1/24	BAB III = ✓ BAB IV = az temp.k. grafil < az > Mak agn y Danna x Keluar	✓
		→ Knp tidak az langkah 2 perantara Feta & BAB 3 ? — bgn masapokan Angkat 20	
		Knp ?	
9	24/1/2024	- Buku Tugas Akhir sud-l cepat diadaptasikan untuk disidangkan	 24-1-2024
	25/1/2024	- Maklume telor Dapa masapokan Kelg Tgs Akh	✓