

**SKRIPSI**

**ANALISIS GELOMBANG TERHADAP STRUKTUR BANGUNAN  
BREAK WATER PADA PELABUHAN BONTO JAI  
KABUPATEN BANTAENG**



Oleh:

**IBNU KHALDUN HABRA**

**105 81 11154 19**

**M DIKA RAMADHANA**

**105 81 11166 19**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2024**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama IBNU KHALDUN HABRA dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11154 19 dan M DIKA RAMADHANA dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11166 19, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 236/05/A.4-II/VI/46/2024, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 27 juli 2024.

Panitia Ujian : Makassar, 21 Safar 1446 H / 26 Agustus 2024 M

1. Pengawas Umum

- a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar  
Dr. Ir. H. Abd. Rahim Nanda, ST., MT., IPU
- b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST., MT

2. Penguji

- a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M. Si
- b. Sekretaris : Indriyanti, ST., MT

3. Anggota

- 1. Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM
- 2. Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT, IPM
- 3. Dr. Ir. Israil, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

*[Signature]*

Dr. Ir. Nenny, ST., MT., IPM

Pembimbing II

*[Signature]*

Dr. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM



Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM

NBM. 795 108



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir ini di ajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS GELOMBANG TERHADAP STRUKTUR BANGUNAN BREAKWATER PADA PELABUHAN BONTO JAI KABUPATEN BANTAENG**

Nama : IBNU KHALDUN HABRA  
M DIKA RAMADHANA

No. Stambuk : 105 81 11154 19  
105 81 11166 19

Makassar, 26 Agustus 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Dr.Ir.Nenny, ST.,MT.,IPM

Pembimbing II

Dr. Ir.Hamzah Al Imran, ST.,MT.,IPM

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Pengairan



Dr. M. Agusalin, ST., MT

NBM : 947 993

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, Puja dan Puji hanya layak tercurahkan kepada Allah SWT, karena atas limpahan karunia-Nya. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu'alaihi wa sallam. Manusia istimewa yang seluruh perilakunya layak untuk diteladani, yang seluruh ucapannya adalah kebenaran, yang seluruh getar hatinya kebaikan. Sehingga Saya dapat menyelesaikan skripsi tugas ini.

Skripsi tugas akhir ini penulis susun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir penulis adalah “Analisis Gelombang Terhadap Struktur Bangunan Break Water Pada Pelabuhan Bonto Jai Kabupaten Bantaeng”.

Penulis sangat menyadari bahwa Tugas Akhir yang sederhana ini masih terdapat kekurangan di dalamnya dan masih memerlukan perbaikan baik itu dari segi teknik penulisan dan lain sebagainya, hal ini tidak lain disebabkan karena penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi tugas akhir ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak yang terlibat dalam pengerjaan tugas akhir ini. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi – tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M. Ag sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Ir. M. Agusalm, S.T., M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar dan ibu kasmawati, ST., MT. selaku Sekretaris Program Studi Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu Dr.Ir. Nenny T Karim, S.T., M.T., IPM. selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Hamzah Al Imran, S.T., MT., IPM selaku Pembimbing II , yang banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
5. Bapak dan Ibu dosen serta para staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Rekan penelitian Ibnu Khaldun Habra dan M Dika Ramadhana atas support, bantuan dan kerja sama nya hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

7. Sahabat saya yaitu Sitti Zahra Amalia Faisal, S.Pd atas motivasi, saran dan bantuannya dan juga kepada pihak - pihak lain yang telah banyak membantu penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
8. Kedua orang tua yaitu Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar - besarnya atas segala limpahan kasih sayang, do'a dalam setiap pembelajaran perjalanan hidup serta pengorbanannya terutama dalam bentuk materi untuk menyelesaikan kuliah kami

Semoga semua pihak di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT. dan proposal tugas akhir yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan – rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

**“Billahi Fii Sabill Haq Fastabiqul Khaerat”.**

Makassar,

2024

Penulis

## **ANALISIS GELOMBANG TERHADAP STRUKTUR BANGUNAN BREAKWATER PADA PELABUHAN BONTO JAI KABUPATEN BANTAENG**

**Ibnu Khaldun Habra<sup>1</sup>, M Dika Ramadhana<sup>2</sup>, Nenny T Karim<sup>3</sup>, Hamzah Al Imran<sup>4</sup>, Sukmasari Antaria<sup>5</sup>, Andi Rahmat<sup>6</sup>**

<sup>1,2</sup>*Mahasiswa Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar*  
<sup>3,4,5,6</sup>*Dosen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar*  
Email : [habraibnu@gmail.com](mailto:habraibnu@gmail.com), [muhammaddhikar@gmail.com](mailto:muhammaddhikar@gmail.com)

### **Abstract**

*Bonto Jai Bantaeng Harbor is located in Bonto Jai Village, Bissappu District, Bantaeng Regency, South Sulawesi Province. Over time, the condition of the breakwater building on the left side of the harbor has been damaged due to its age so that the building is unable to withstand the force of waves and building materials. Abraded by hitting waves. This research aims to determine the effect of wave height and wavelength on break water buildings and determine the magnitude of the refraction coefficient. This research uses quantitative methods using quantitative secondary data in the form of wind speed data, ocean wave data and wind direction data. From the results of data analysis for the last 5 years, data was obtained that the dominant wind direction was from the east at 44.5%, which resulted in an average wave height of 1.36 m and a wave length of 21.21 m. And it affected the condition of the breakwater building on the east or left side of Bonto Jai Harbor which experienced damage with a moderate level of damage, and the refraction coefficient obtained at the breakwater was 0.974 to 0.997.*

**Key words :** *Break Water, Refraction Coefficient, Waves*

### **ABSTRAK**

Pelabuhan Bonto Jai Bantaeng terletak di Desa Bonto Jai, Kecamatan Bissappu, Kabupaten Bantaeng, Provinsi Sulawesi Selatan yang seiring berjalannya waktu kondisi bangunan pemecah gelombang pada sisi kiri pelabuhan mengalami kerusakan dikarenakan faktor usia yang sudah cukup lama sehingga bangunan tidak mampu menahan gaya gelombang dan material bangunan terabrasi oleh pukulan gelombang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tinggi gelombang dan panjang gelombang terhadap bangunan break water dan mengetahui besar koefisien refraksinya. Dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan data sekunder yang bersifat kuantitatif berupa data kecepatan angin, data gelombang laut, dan data arah angin. Dari hasil analisis data selama 5 tahun terakhir maka diperoleh data bahwa arah angin dominan dari arah timur sebesar 44,5% yang menghasilkan rata-rata tinggi gelombang sebesar 1,36 m dan Panjang gelombang 21,21 m. Dan mempengaruhi kondisi bangunan breakwater pada sisi timur atau sisi kiri Pelabuhan Bonto Jai mengalami kerusakan dengan tingkat kerusakan kategori sedang, dan besar koefisien refraksi yang diperoleh pada pemecah gelombang sebesar 0,974 sampai dengan 0,997.

**Kata kunci :** *Break Water, Gelombang, Koefisien Refraksi*

## DAFTAR ISI

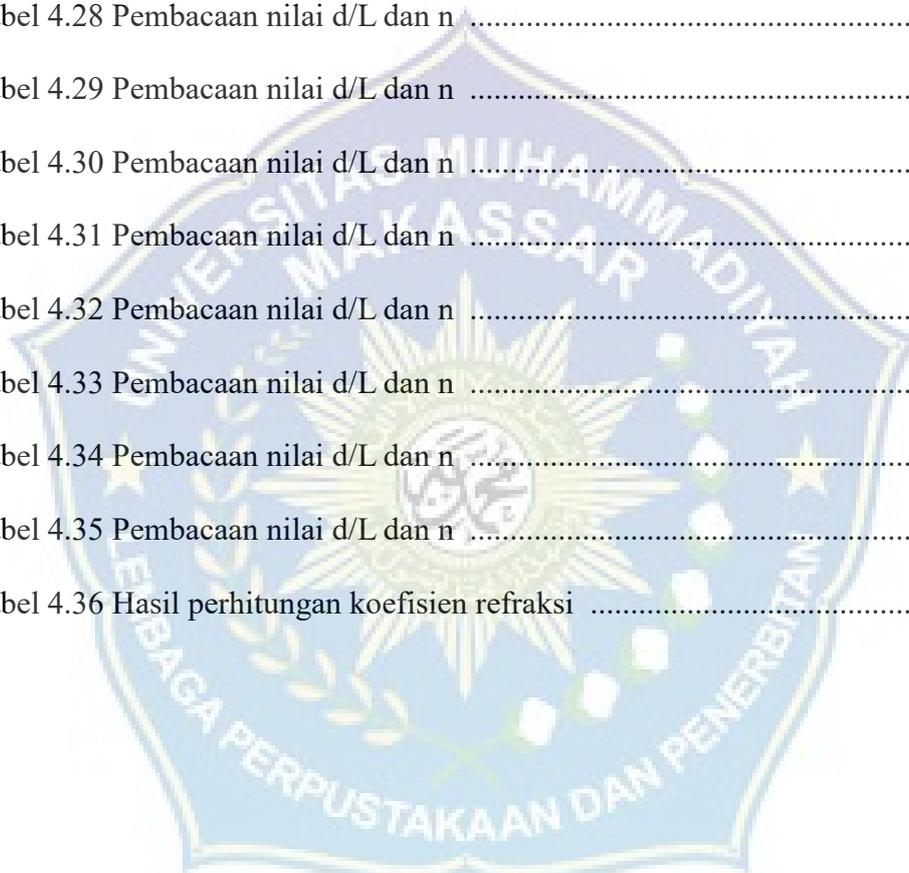
<b>SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Batasan Masalah .....	4
F. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
A. Karakteristik Gelombang .....	6
B. Pemecah Gelombang (Break Water).....	22
C. Angin.....	29
D. Arus.....	32
E. Kerusakan Bangunan Pelindung Pantai .....	34
F. Hubungan gelombang terhadap struktur bangunan.....	35
G. Penelitian yang Relevan.....	36

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	39
B. Sumber Data.....	40
C. Tahap Pelaksanaan Penelitian .....	40
D. Flowchart .....	43
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
A. Data Angin .....	44
B. Penentuan Fetch Efektif.....	46
C. Perhitungan Gelombang.....	51
D. Perhitungan Koefisien Refraksi .....	86
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>105</b>
A. Kesimpulan .....	105
B. Saran .....	105
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>107</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi gelombang berdasarkan periode .....	10
Tabel 2.2 koefisien Refleksi.....	16
Tabel 2.3 Batasan Gelombang Air Dangkal, Air Transisi, dan Air Dalam.....	16
Tabel 2.4 Klasifikasi Bentuk Bangunan Breakwater .....	27
Tabel 2.5 Tolak ukur kerusakan bangunan Pantai.....	34
Tabel 3.6 Data-data yang digunakan.....	40
Tabel 4.7 Data angin .....	44
Tabel 4.8 Persentase kejadian angin berdasarkan arah datangnya.....	45
Tabel 4.9 Perhitungan fetch arah utara.....	47
Tabel 4.10 Perhitungan fetch arah timur.....	48
Tabel 4.11 Perhitungan fetch arah tenggara .....	49
Tabel 4.12 Perhitungan fetch arah barat.....	50
Tabel 4.13 Total Fetch dilokasi study .....	51
Tabel 4.14 Rekap Perhitungan Gelombang 2019.....	54
Tabel 4.15 Rekap Perhitungan Gelombang 2020.....	56
Tabel 4.16 Rekap Perhitungan Gelombang 2021.....	58
Tabel 4.17 Rekap Perhitungan Gelombang 2022.....	60
Tabel 4.18 Rekap Perhitungan Gelombang 2023.....	62
Tabel 4.19 Hasil perhitungan periode dan Panjang gelombang tahun 2019 .....	76
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan periode dan Panjang gelombang tahun 2020.....	78
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan periode dan Panjang gelombang tahun 2021 .....	79
Tabel 4.22 Hasil Perhitungan periode dan Panjang gelombang tahun 2022.....	81

Tabel 4.23 Hasil Perhitungan periode dan Panjang gelombang tahun 2023 .....	82
Tabel 4.24 Pembacaan nilai d/L dan n .....	87
Tabel 4.25 Pembacaan nilai d/L dan n .....	88
Tabel 4.26 Pembacaan nilai d/L dan n .....	89
Tabel 4.27 Pembacaan nilai d/L dan n .....	90
Tabel 4.28 Pembacaan nilai d/L dan n .....	91
Tabel 4.29 Pembacaan nilai d/L dan n .....	92
Tabel 4.30 Pembacaan nilai d/L dan n .....	94
Tabel 4.31 Pembacaan nilai d/L dan n .....	95
Tabel 4.32 Pembacaan nilai d/L dan n .....	96
Tabel 4.33 Pembacaan nilai d/L dan n .....	97
Tabel 4.34 Pembacaan nilai d/L dan n .....	98
Tabel 4.35 Pembacaan nilai d/L dan n .....	99
Tabel 4.36 Hasil perhitungan koefisien refraksi .....	101



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Bangunan Breakwater Yang Mengalami Kerusakan .....	2
Gambar 2.2 Contoh Refraksi Gelombang di Daerah Pantai .....	13
Gambar 2.3 Refraksi Gelombang pada Kontur lurus dan sejajar.....	13
Gambar 2.4 Proses Difraksi Gelombang.....	14
Gambar 2.5 Proses Refraksi Gelombang .....	15
Gambar 2.6 Tipe Breakwater Sisi Miring .....	25
Gambar 2.7 Tipe Breakwater Sisi Tegak.....	26
Gambar 2.8 Tipe Breakwater Campuran.....	27
Gambar 2.9 Hubungan Antara Kecepatan Angin Laut dan di Darat.....	30
Gambar 2.10 Fetch (Triadmodjo, 1999).....	32
Gambar 3.11 Peta Lokasi Penelitian .....	39
Gambar 3.12 Pelabuhan Bonto Jai Bantaeng.....	40
Gambar 3.13 Flowchart Penelitian.....	43
Gambar 4.14 Mawar Angin.....	45
Gambar 4.15 Panjang Fetch Dari Utara, Timur, Tenggara, dan Barat .....	46
Gambar 4.16 Grafik hubungan koreksi angin.....	52
Gambar 4.17 Grafik hubungan antara tinggi gelombang dengan periode gelombang .....	64
Gambar 4.18 Grafik tinggi gelombang tahun 2019 .....	77
Gambar 4.19 Grafik Panjang gelombang tahun 2019 .....	77
Gambar 4.20 Grafik tinggi gelombang tahun 2020 .....	78
Gambar 4.21 Grafik Panjang gelombang tahun 2020.....	79

Gambar 4.22 Grafik tinggi gelombang tahun 2021 .....	80
Gambar 4.23 Grafik Panjang gelombang tahun 2021 .....	80
Gambar 4.24 Grafik tinggi gelombang tahun 2022 .....	81
Gambar 4.25 Grafik Panjang gelombang tahun 2022 .....	82
Gambar 4.26 Grafik tinggi gelombang tahun 2023 .....	83
Gambar 4.27 Grafik Panjang gelombang tahun 2023 .....	83
Gambar 4.28 Grafik gabungan tinggi gelombang tahun 2019-2023 .....	84
Gambar 4.29 Grafik gabungan panjang gelombang tahun 2019-2023 .....	85
Gambar 4.30 Grafik hubungan tinggi gelombang dengan koefisien refraksi ..	102
Gambar 4.31 Grafik hubungan tinggi gelombang dengan cepat rambat gelombang awal .....	103
Gambar 4.32 Grafik perbandingan $d/L_0$ dengan $d/H$ .....	104

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia sebagai negara maritim mempunyai wilayah laut seluas lebih dari 3,5 juta km<sup>2</sup> , yang merupakan dua kali luas daratan (Triatmodjo : 1999). kepulauan yang terdiri dari 13.466 pulau dan wilayah pantai sepanjang 99.093 km. Wilayah pantai ini merupakan kawasan yang sangat intensif dimanfaatkan oleh manusia terutama untuk kegiatan industri, pelabuhan, pertambakan, perikanan, dan pariwisata.

Kabupaten Bantaeng merupakan salah satu kabupaten di provinsi Sulawesi Selatan yang berjarak 120 km ke selatan dari kota Makassar, kabupaten Bantaeng sebagian besar lokasinya merupakan Pantai. Mengingat Bantaeng merupakan salah satu daerah yang menghasilkan tanaman hortikultura terbesar yang ada di Sulawesi Selatan (Fahrudin, 2017) Pelabuhan dibutuhkan untuk memudahkan pemasaran hasil bumi dan perikanan. Pelabuhan Bonto Jai Bantaeng terletak di Desa Bonto Jai, Kecamatan Bissappu, Kabupaten Bantaeng, Provinsi Sulawesi Selatan. Pelabuhan Bonto Jai di bangun pada tahun 2009 dengan anggaran sekitar Rp 9 miliar dan mulai beroperasi pada tahun 2011. Pelabuhan ini memiliki panjang dermaga 600 meter dan kedalaman 8-14 m.

Pembangunan breakwater pada sebuah Pelabuhan sangat diperlukan untuk mengurangi aksi gelombang yang diperkirakan dapat mengganggu sebuah struktur. Pelabuhan Bonto Jai menggunakan pemecah gelombang sambung Pantai dengan tipe bangunan sisi miring dan menggunakan material batu alam. Seiring

berjalannya waktu kondisi bangunan pemecah gelombang (break water) pada sisi kiri pelabuhan mengalami kerusakan. Kerusakan struktur bangunan breakwater dikarenakan faktor usia yang sudah cukup lama sehingga bangunan tidak mampu menahan gaya gelombang atau material bangunan terabrasi oleh pukulan gelombang, dan faktor alam seperti kecepatan angin yang membuat hantaman gelombang laut semakin meningkat. Hal tersebut dapat mengancam kondisi Pelabuhan dan mengancam wilayah perumahan warga sekitar pelabuhan tersebut.



**Gambar 1.1** Kondisi bangunan break water yang mengalami kerusakan

Dengan melihat permasalahan yang terjadi maka kami akan melakukan suatu penelitian tentang **“ANALISIS GELOMBANG TERHADAP STRUKTUR BANGUNAN BREAK WATER PADA PELABUHAN BONTO JAI KABUPATEN BANTAENG”**

#### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh tinggi gelombang dan panjang gelombang terhadap bangunan break water di Pelabuhan Bonto Jai?
2. Seberapa besar koefisien refraksi pada bangunan break water di Pelabuhan Bonto Jai?

### **C. Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh tinggi gelombang dan panjang gelombang terhadap bangunan break water di Pelabuhan Bonto Jai
2. Untuk mengetahui besar koefisien refraksi pada bangunan break water di Pelabuhan Bonto Jai

### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai besarnya gelombang yang terjadi di Pelabuhan
2. Dapat berguna bagi para pembaca yang ingin mempelajari mengenai analisis gelombang.
3. Sebagai contoh atau pembelajaran bagi para pembaca yang ingin melakukan penelitian dengan topik atau subjek yang hampir sama.
4. Sebagai masukan atau contoh dalam mengembangkan penelitian mengenai kerusakan yang terjadi pada breakwater pelabuhan

### **E. Batasan Masalah**

Dalam memberikan penjelasan dari permasalahan guna memudahkan dalam menganalisa maka terdapat batasan masalah yang diberikan pada penulisan tugas akhir ini mengenai pemecah gelombang (break water) pada pelabuhan Bonto Jai terdiri dari :

1. Penelitian ini dilaksanakan di Pelabuhan Bonto Jai kecamatan Bissappu kabupaten Bantaeng.
2. karakteristik gelombang yang dianalisis yaitu panjang gelombang dan tinggi gelombang.
3. Struktur bangunan breakwater pada lokasi ini tidak kami analisis karena memiliki penjabaran tersendiri sehingga penelitian ini hanya berfokus ke karakteristik gelombang.
4. Deformasi gelombang yang ditinjau pada lokasi ini adalah refraksi gelombang.

### **F. Sistematika Penulisan**

Berdasarkan uraian dari latar belakang, rumusan masalah dan tujuan penelitian yang hendak di capai dalam penelitian, maka penulis menguraikan secara sistematika penulisan sebagai berikut :

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Menguraikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan yang memuat secara sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian yang berhubungan dengan penelitian.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yakni menjelaskan waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian.

### **BAB IV : HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Analisa hasil dan pembahasan yang menguraikan tentang hasil yang diperoleh dari proses penelitian dan hasil pembahasannya.

### **BAB V : PENUTUP**

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Karakteristik Gelombang**

Menurut Abdul Yasid dkk, gelombang merupakan rambatan energi getaran yang merambat melalui medium atau tanpa melalui medium. Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut yang diakibatkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak dsb. Di antara beberapa bentuk gelombang tersebut yang paling penting dalam bidang teknik pantai adalah gelombang pasang surut dan gelombang angin (Aisyah,2012).

Gelombang merupakan pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus di permukaan air laut. Gelombang terjadi karena beberapa faktor diantaranya angin yang terjadi pada permukaan lautan dan gempa yang terjadi pada dasar laut sehingga mentransfer energinya ke perairan yang menyebabkan riak – riak , alun atau bukit dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang.

Parameter gelombang merupakan panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air dimana gelombang tersebut menjalar. Parameter – parameter yang lain seperti pengaruh kecepatan dapat ditentukan dari ketiga parameter

pokok diatas. Menurut Bambang Triadmojo (1999), pengertian beberapa parameter diatas antara lain :

- a. Panjang gelombang ( $L$ ) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau titik tertinggi gelombang yang berurutan, bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang. Panjang gelombang tergantung pada medium (misalnya, ruang hampa udara, atau air) yang dilalui gelombang. Contoh gelombang adalah gelombang suara, cahaya, gelombang air dan sinyal listrik periodik dalam konduktor. Gelombang suara adalah variasi dalam tekanan udara, sedangkan dalam cahaya dan radiasi elektromagnetik lainnya kekuatan listrik dan medan magnet bervariasi. Gelombang air adalah variasi ketinggian badan air. Dalam getaran kisi kristal, posisi atom bervariasi.
- b. Tinggi gelombang,  $H_s$  adalah parameter yang paling sering digunakan untuk menggambarkan keadaan laut. Mengacu pada seri waktu rekaman tinggi gelombang, maka  $H_s$  sama dengan rata-rata tinggi gelombang (dari puncak ke lembah) dari sepertiga gelombang laut tertinggi. Rata-rata dari sepertiga gelombang terbesar ( $H_{1/3}$ ) ini kemudian disebut sebagai tinggi gelombang ( $H$ ) yang signifikan yang mencirikan keadaan laut tertentu.
- c. Periode gelombang ( $T$ ) adalah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak/lembah gelombang yang berurutan melewati suatu titik tertentu. Periode menggambarkan berapa lama waktu yang dibutuhkan gelombang untuk menyelesaikan satu siklus. Oleh karena itu, jika gelombang memiliki periode yang lebih pendek, artinya gelombang dapat menyelesaikan siklus dalam jangka waktu yang singkat, maka lebih banyak

siklus dapat berlalu dalam jangka waktu tertentu, sehingga meningkatkan frekuensi. Dengan kata lain, dengan periode yang lebih rendah, gelombang akan memiliki frekuensi yang lebih tinggi dan sebaliknya.

- d. Kecepatan rambat gelombang (celerity) ( $C$ ) adalah perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang ( $L/T$ ). Ketika gelombang air menjalar dengan kecepatan  $C$ . Partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang. Sedangkan sumbu koordinat untuk menjelaskan gerak gelombang berada pada kedalaman muka air tenang.
- e. Kecuraman gelombang (wave steepness) merupakan pembagian antara tinggi gelombang dengan panjang gelombang ( $H/L$ ). Tinggi gelombang adalah perbedaan tinggi gelombang secara vertikal, yaitu antara puncak gelombang dan lembahnya. Sedangkan panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak gelombang yang berdekatan.
- f. Ketinggian relative (relative height) merupakan pembagian antara tinggi gelombang dengan kedalaman ( $H/d$ ).
- g. Kedalaman relative (relative depth) merupakan pembagian antara kedalaman dengan panjang gelombang ( $d/L$ ).
- h. Amplitudo ( $a$ ) adalah jarak vertikal antara puncak / tertinggi gelombang atau lembah / titik terendah gelombang, dengan muka air tenang ( $H/2$ ).

Pada saat gelombang bergerak menuju ke garis pantai (shoreline), gelombang mulai bergesekan dengan dasar laut dan menyebabkan pecahnya gelombang ditepi pantai. Hal ini juga dapat terjadi pengaruh pada garis pantai dan bangunan yang ada disekitarnya. Keenam peristiwa tersebut adalah :

- a. Refraksi gelombang yaitu peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang.
- b. Difraksi gelombang yaitu peristiwa berpindahnya energi di sepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindung.
- c. Refleksi gelombang yakni peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya di sebabkan oleh suatu bidang bangunan di lokasi pantai.
- d. Wave shoaling yaitu peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal
- e. Wave damping yaitu peristiwa tereduksinya energi gelombang yang biasanya disebabkan adanya gaya gesekan dengan dasar pantai
- f. Wave breaking yaitu peristiwa pecahnya gelombang yang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati garis pantai (surfzone).

Gelombang yang memecah di pantai merupakan proses disipasi energi, yaitu perubahan energi gelombang ke energi turbulensi dan energi arus – arus pantai. Secara umum energi gelombang laut dibagi kedalam 3 jenis yaitu yaitu energi pasang surut (tidal power), energi gelombang laut (wave energy) dan energi panas laut (ocean thermal energy). Energi pasang surut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan air laut akibat perbedaan pasang surut. Energi gelombang laut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan gelombang laut menuju daratan dan sebaliknya.

Gelombang dibagi menjadi beberapa bagian, antara lain:

- a. Puncak gelombang, adalah titik tertinggi gelombang.

- b. Lembah gelombang, adalah titik terendah gelombang di antara dua puncak gelombang.
  - c. Panjang gelombang, adalah jarak horizontal antara dua puncak gelombang atau antara dua lembah gelombang.
  - d. Tinggi gelombang, adalah jarak vertikal antara puncak dan dasar gelombang.
- Periode gelombang, adalah waktu yang diperlukan dua puncak berurutan untuk melalui suatu titik.

Tidak ada hubungan yang pasti antara panjang gelombang dan tinggi gelombang, namun semakin jauh jarak puncak gelombang, memungkinkan gelombang yang semakin tinggi (Nontji, 2002).

**Tabel 2.1** Klasifikasi gelombang berdasarkan periode

Periode	Panjang Gelombang	Jenis Gelombang
0 – 0,2 detik	Dibawah 1 meter	Riak (ripples)
0,2 – 9 detik	Mencapai 100 meter	Gelombang Angin
9 – 15 detik	Beberapa ratus meter	Gelombang Besar(Swell)
15 – 30 detik		Long Swell
0,5 menit – 1 jam	ribuan meter	Gelombang Dengan Periode yang Panjang( Termasuk tsunami)

(Sumber : Pond and Pickard, 1983)

#### 1. Deformasi Gelombang

Deformasi gelombang merupakan suatu perubahan sifat gelombang yang terjadi pada saat ada gelombang bergerak merambat menuju pantai. Apabila suatu

deretan gelombang bergerak dari laut dalam menuju pantai, maka gelombang tersebut akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk.

Deformasi gelombang bisa disebabkan karena variasi kedalaman diperairan dangkal atau karena terdapatnya penghalang atau rintangan seperti bangunan pantai diperairan. Perubahan atau biasa disebut deformasi gelombang tersebut meliputi

a. Refraksi atau pembiasan gelombang

Refraksi gelombang adalah perubahan bentuk pada gelombang akibat adanya perubahan kedalaman laut. Di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut, akan tetapi di laut transisi dan laut dangkal, dasar laut mempengaruhi bentuk gelombang (Triatmodjo, 1999). Proses refraksi gelombang lebih kompleks karena mengalami perubahan tinggi dan arah gelombang bersamaan yang disebabkan perubahan dan perbedaan kedalaman dasar laut. Perubahan dasar laut menyebabkan perubahan kecepatan rambat gelombang sehingga mengakibatkan berubahnya tinggi gelombang dan arah perambatan gelombang. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kedalaman laut. Garis orthogonal gelombang, yaitu garis yang tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah penjalaran gelombang, juga akan membelok, dan berusaha untuk menuju tegak lurus dengan garis kontur dasar laut.

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan refraksi menurut Triatmodjo dalam bukunya Teknik Pantai (2009) adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung panjang gelombang ( $L_0$ ) dan kecepatan jalar gelombang/celerity ( $C_0$ ), dimana :

$$L_0 = 1,56 \times T^2 \text{ dan } C_0 = L_0 / T \dots\dots\dots (1)$$

- 2) Menentukan kedalaman di depan breakwater yang ditinjau ( $d$ ) sehingga diperoleh nilai  $d/L_0$  dan dari tabel Fungsi  $d/L$  Untuk Pertambahan Nilai  $d/L_0$ , dapat diketahui nilai  $d/L$  .

- 3) Menghitung panjang ( $L$ ) dari nilai  $d/L$  di atas dan kecepatan jalar gelombang ( $C$ ) dari rumus  $C = L/T$  .

- 4) Menghitung besar sudut gelombang yang datang ( $\alpha$ ), dengan rumus:

$$\sin \alpha = \left( \frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0 \dots\dots\dots (2)$$

- 5) Menghitung koefisien refraksi ( $K_r$ ) dengan rumus :

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \dots\dots\dots (3)$$

- 6) Menghitung koefisien pendangkalan ( $K_s$ ), dengan rumus :

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan nilai  $n$  diperoleh dari tabel Fungsi  $d/L$  Untuk Pertambahan Nilai  $d/L_0$  dan  $n_0$  adalah 5.

- 7) Menghitung tinggi gelombang hasil refraksi dengan rumus

$$H_1 = K_s K_r H_0 \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

$K_s$  = Koefisien pendangkalan (shaoling)

$K_r$  = Koefisien refraksi

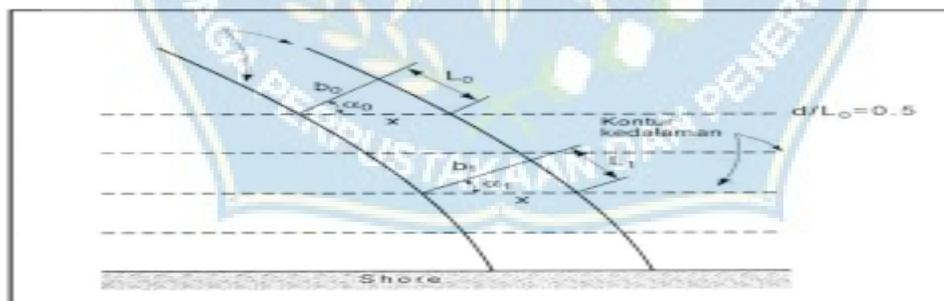
$H_0$  = Tinggi gelombang dilaut dalam

$H_i$  = Tinggi gelombang pada kedalaman tertentu

Ada dua metode dalam pembuatan diagram refraksi yaitu metode puncak gelombang dan orthogonal gelombang. Pada metode puncak gelombang, ditarik sebuah garis lurus di lokasi laut dalam dengan arah sesuai gelombang datang kemudian dibuat titik-titik dengan jarak yang sama. Analisa refraksi dimulai dari titik-titik tersebut. Dari titik-titik tersebut ditarik garis sesuai panjang gelombang refraksi dan arah sesuai arah gelombang refraksi. Proses berbeloknya arah gelombang atau refraksi dapat dilihat pada Gambar berikut:



**Gambar 2.2** Contoh Refraksi Gelombang di Daerah Pantai (Triatmodjo, 2009)

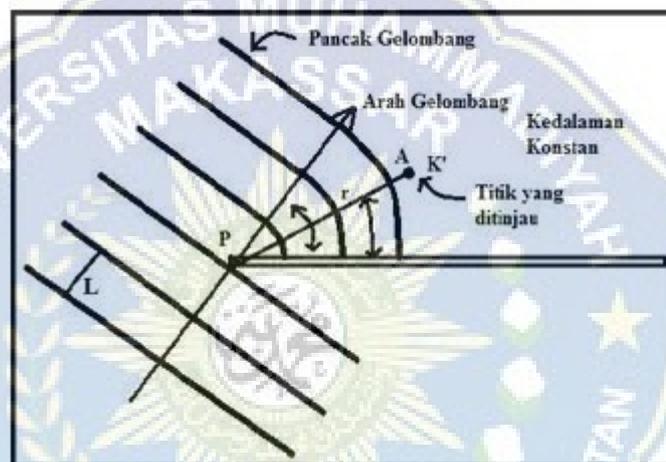


**Gambar 2.3** Refraksi Gelombang pada Kontur lurus dan sejajar (Triatmodjo, 2009)

b. Difraksi gelombang

Apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung

rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Fenomena ini dikenal dengan difraksi gelombang. Dalam difraksi gelombang ini terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Apabila tidak terjadi difraksi maka daerah belakang rintangan akan tenang, namun karena adanya proses difraksi maka daerah tersebut terpengaruh oleh gelombang datang. Transfer energi ke daerah terlindung akan menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah terlindung.



**Gambar 2.4** Proses Difraksi Gelombang (Triatmodjo, 2009)

Pada rintangan (pemecah gelombang) tunggal, tinggi gelombang di suatu tempat di daerah terlindung tergantung pada jarak titik tersebut terhadap ujung rintangan  $r$ , sudut antara rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan rintangan  $\beta$ , dan sudut antara rintangan  $\theta$ . Perbandingan antara tinggi gelombang datang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang disebut koefisien difraksi  $K'$

$$H_A = K' H_P$$

$$\text{Dimana : } K' = f\left(\theta, \beta, \frac{r}{L}\right)$$

Dengan :

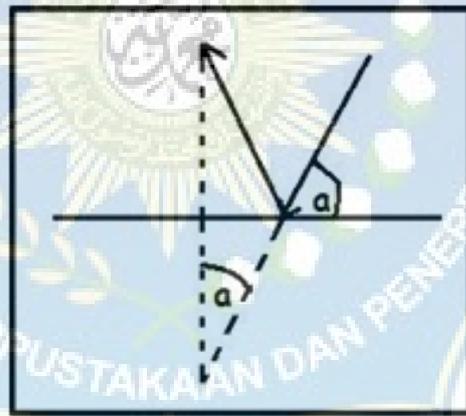
$H_A$  = Gelombang dibelakang rintangan

$H'$  = Koefisien difraksi

$H_P$  = Gelombang diujung rintangan

c. Refleksi gelombang

Refleksi gelombang merupakan pemantulan suatu gelombang yang terjadi apabila gelombang yang datang membentur atau menghantam suatu tembok atau penghalang seperti bangunan pemecah gelombang. Fenomena refleksi dapat ditemukan di kolam pelabuhan. Pemantulan gelombang dapat ditentukan oleh koefisien refleksi yang berbeda – beda untuk berbagai macam dan tipe bangunan. Proses pemantulan gelombang sama seperti proses pemantulan cahaya, seperti diberikan pada gambar di bawah ini :



**Gambar 2.5** Proses Refleksi Gelombang (sumber: Triatmodjo, 2009)

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara  $H_r$  dan tinggi gelombang  $H_i$  sebagai berikut:

$$X = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots(6)$$

**Tabel 2.2** Koefisien Refleksi

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

(sumber : Triatmodjo, 1999)

## 2. Klasifikasi Teori Gelombang

Berdasarkan perbandingan antara kedalaman air ( $d$ ) panjang gelombang ( $L$ ), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi :

- a. Gelombang perairan dangkal (Shallow water waves)
- b. Gelombang perairan transisi (Transitional waves)
- c. Gelombang perairan dalam (Deep water waves)

Batasan penggunaanya dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.3** Batasan gelombang air dangkal, air transisi, dan air dalam

Kategori Gelombang	$d/L$	$2\pi d/L$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Air Dalam	$> 0,5$	$> \pi$	$\approx 1$
Air Transisi	$0,05 - 0,5$	$0,25 - \pi$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Air Dangkal	$< 0,05$	$< 0,25$	$2\pi d/L$

(Sumber : Triadmojo, 1999)

Selama perjalanan gelombang dari laut dalam ke dangkal, orbit partikel mengalami perubahan bentuk. Orbit perpindahan partikel berbentuk lingkaran

pada seluruh kedalaman di laut dalam, di laut transisi dan di laut dangkal dengan lintasan partikel berbentuk elips. Semakin besar kedalaman elips semakin pipih dan di dasar gerak partikel adalah horizontal.

Gelombang juga dapat dikelompokkan berdasarkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Pada pengelompokan ini juga dikenal gelombang amplitude kecil dan gelombang amplitude berhingga (Stock, Cnoidal, Solitair). Gelombang amplitude kecil dikembangkan oleh Airy sehingga dikenal dengan teori gelombang Airy. Teori gelombang Airy diturunkan berdasarkan anggapan bahwa perbandingan antara tinggi gelombang dengan panjangnya atau kedalamannya sangat kecil, sedangkan teori gelombang amplitude berhingga memperhitungkan besarnya rasio antara tinggi gelombang terhadap panjang dan kedalaman airnya. Menentukan panjang gelombang ( $L$ ) menggunakan persamaan berikut :

$$L = \frac{gT^2}{\pi} \operatorname{Tan} h \frac{(2\pi d)}{L_0} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan menggunakan cara iterasi maka persamaan (7) dapat diselesaikan untuk menentukan panjang gelombang ( $L$ ). Pada persamaan (7) diperlukan panjang gelombang awal ( $L_0$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$L_0 = 1,56T^2 \dots\dots\dots (8)$$

### 3. Gelombang Transmisi

Transmisi gelombang ( $H_t$ ) adalah tinggi gelombang yang diteruskan melalui rintangan dan diukur dengan koefisien transmisi ( $K_t$ ) dihitung dengan persamaan berikut :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} + \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

$K_t$  = Koefisien gelombang transmisi

$K_r$  = Koefisien gelombang refleksi

$H_t$  =  $K_t \cdot H_i$  = Tinggi gelombang transmisi

$H_i$  = Tinggi gelombang datang

$E_t$  = Energi gelombang transmisi

$E_i$  = Energi gelombang datang

Dimana energi gelombang transmisi adalah  $E_t = \frac{1}{8} \rho g H_t^3$  dengan  $\rho$  adalah rapat massa zat cair dan  $g$  adalah percepatan gravitasi. Nilai  $K_r$  berkisar dari 1,0 untuk refleksi total dan 0 untuk tidak ada refleksi.

Parameter transmisi gelombang merupakan suatu koefisien transmisi yang didefinisikan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang di belakang bangunan pantai dan tinggi gelombang yang datang.

$$H_t = (H_{max} + H_{min}) \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

$H_i$  : tinggi gelombang datang

$H_{max}$  : tinggi gelombang maksimum

$H_{min}$  : tinggi gelombang minimum

$$H_t = (H_{max} + H_{min}) \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

$H_t$  : tinggi gelombang transmisi

$H_{max}$  : tinggi gelombang maksimum

$H_{min}$  : tinggi gelombang minimum

$$H_r = (H_{\max} + H_{\min}) \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

$H_r$  : tinggi gelombang refleksi

$H_{\max}$  : tinggi gelombang maksimum

$H_{\min}$  : tinggi gelombang minimum

Menurut Horikawa (1978) bahwa besarnya energi gelombang yang didisipasikan / diredam ( $K_d$ ) adalah besarnya energi gelombang datang di kurangi energi gelombang yang ditransmisikan dan direfleksikan :

$$K_d = 1 - K_t - K_r \dots\dots\dots(13)$$

Untuk gelombang yang menjalar dalam kondisi gesekan, tinggi gelombang akan mengalami pengurangan secara eksponensial. Panjang gelombang akan berkurang karena adanya gesekan menyebabkan menurunkan kecepatan rambat gelombang. Dengan demikian meningkatnya koefisien gesek Darcy – Weisbach ( $f$ ) akan mengurangi tinggi gelombang. Perubahan elevasi muka air ( $\eta$ ) setelah satu panjang gelombang ( $L$ ) dapat dihitung dengan ekspresi berikut (Dean dan Dalrymple, 1984).

$$\eta(x + L) = \eta(x) e^{-k} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana angka gelombang setelah tereduksi  $k_i = k_l * A/2\sigma$  ; angka gelombang datang  $k_l = \sigma / (g d)^{1/2}$  dan konstanta gesek  $A = f * U_m / 3\pi d$ .  $U_m$  adalah kecepatan partikel air maksimum.

Gelombang air yang tidak dapat mentransfer / memindahkan massa tetapi mentransfer / memindahkan energi. Laju transfer energi disebut fluks energi  $P$ . Untuk teori gelombang linier fluks energi adalah laju kerja yang dilakukan oleh

fluida pada suatu sisi dari suatu potongan vertikal, terhadap fluida di sisi yang lain. Energi yang di transfer (energi flux) yaitu energi gelombang persatuan waktu yang terkandung atau tersebar dalam arah perambatan gelombang. Energi yang ditransfer rata – rata dalam satu gelombang (Dean dan Dalrympe, 1992) dalam paotonan C (2006) adalah:

$$P = E \cdot n \cdot C \dots\dots\dots (15)$$

Dengan :

$P$  = transfer energi gelombang rata – rata

$C$  = cepat rambat gelombang

$$N = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)$$

Nilai  $n$  tergantung pada kedalaman dan panjang gelombang. Radianta, 2002 memberikan nilai  $n$  untuk laut dangkal sama dengan 1, sedangkan untuk laut sama dengan  $\frac{1}{2}$ .

Dengan asumsi bahwa nilai  $n.C$  dari persamaan (10) adalah konstan sebab tidak adanya perubahan kedalaman, maka flix energi hanya merupakan fungsi dari energi gelombang. Dengan asumsi ini, maka persamaan (11) dapat di bentuk kembali seperti berikut :

$$P = \frac{\rho g H^2 L}{g} \dots\dots\dots (16)$$

Horikawa, 1978, memberikan rumusan tentang hukum kekekalan energi gelombang yang melalui suatu pemecah gelombang seperti diperlihatkan berikut :

$$P = P_r + P_t + P_a \dots\dots\dots (17)$$

Dengan  $P_i$ ,  $P_r$ ,  $P_t$  adalah transfer energi gelombang rata – rata (energi flux) yang datang, refleksi dan transmisi persatuan lebar gelombang persatuan waktu,

serta  $P_a$  merupakan kehilangan energi gelombang rata – rata per satuan lebar gelombang persatuan waktu. Gelombang yang datang membentur sebuah penghalang terapung, sebagian energinya akan direfleksikan, sebagian akan ditransmisikan melalui struktur dan sebagian lagi akan dihancurkan / diserap oleh struktur yang dinyatakan dengan kehilangan energi (Sorenson, 1978).

Dengan mensubstitusikan persamaan (12) ke persamaan (13), maka diperoleh persamaan berikut (Paotonan C, 2006) :

$$\frac{pgH^2iL}{g} = \frac{pgH^2rL}{g} + \frac{pgH^2tL}{g} + Pa \dots\dots\dots (18)$$

Jika suku sebelah kanan dan kiri persamaan diatas dibagi dengan  $\frac{pgH^2tL}{g}$  maka diperoleh persamaan berikut :

$$\frac{Hr^2}{Hi} + \frac{Hr^2}{Hi} + Pa = 1 \dots\dots\dots (19)$$

Apabila perbandingan antar tinggi gelombang refleksi dengan tinggi gelombang datang disebut dengan koefisien refleksi dan diberi simbol  $K_r$ , serta perbandingan antara tinggi gelombang transmisi dengan tinggi gelombang datang disebut koefisien transmisi dan diberi simbol  $K_t$ . Sedangkan koefisien kehilangan energi diberi simbol  $K_d$ , maka persamaan (14) dapat di tulis :

$$K_r + K_t + K_d = 1 \dots\dots\dots (20)$$

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \dots\dots\dots (21)$$

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots (22)$$

Dengan :

$K_t$  = Koefisien transmisi gelombang

$K_r$  = Koefisien refleksi gelombang

$K_d$  = Koefisien kehilangan energi gelombang

## **B. Pemecah Gelombang (Break Water)**

Pemecah gelombang adalah salah satu jenis bangunan Pantai yang digunakan untuk melindungi Pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus. Pemecah gelombang digunakan untuk mengendalikan abrasi yang dapat mengikis garis pantai dan juga untuk menenangkan gelombang di pelabuhan sehingga kapal berlabuh lebih mudah. (Wirawan and Arman, 2018). Sedangkan menurut Triatmodjo (2010), breakwater adalah salah satu bangunan pantai yang pekerjaannya dibangun di lepas pantai dan sejajar pantai. Sesuai dengan fungsinya bangunan Pantai dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok yaitu;

1. Konstruksi yang dibangun dipantai dan sejajar dengan garis Pantai
2. Konstruksi yang dibangun diperkirakan tegak lurus dengan Pantai dan sambung Pantai
3. Konstruksi yang dibangun dilepas Pantai dan sejajar dengan garis Pantai

Bangunan yang termasuk dalam kelompok pertama adalah dinding Pantai atau revetment yaitu bangunan yang dibangun pada garis Pantai atau daratan yang digunakan untuk melindungi Pantai langsung dari serangan gelombang.

Kelompok kedua meliputi groin dan jetty. Groin adalah bangunan yang menjorok dari Pantai ke arah laut, yang digunakan untuk menangkap atau menahan gerak sedimen sepanjang Pantai, sehingga transport sedimen sepanjang Pantai berkurang dan bahkan berhenti. Jetty adalah bangunan tegak lurus Pantai

yang ditempatkan di kedua sisi muara Sungai, bangunan ini digunakan untuk menahan sedimen yang bergerak sepanjang Pantai masuk dan mengendap di muara Sungai.

Kelompok ketiga adalah pemecah gelombang (break water), yaitu bangunan yang dibangun untuk melindungi wilayah perairan dari gangguan gelombang. Pemecah gelombang dibagi menjadi dua bagian, yaitu pemecah lepas Pantai dan pemecah sambung Pantai. Bangunan tipe pertama banyak digunakan sebagai pelindung Pantai terhadap erosi dengan memecah energi gelombang sebelum mencapai Pantai. Bangunan tipe kedua biasanya digunakan untuk melindungi daerah perairan Pelabuhan dari gangguan gelombang, sehingga kapal-kapal dapat merapat ke dermaga untuk melakukan bongkar muat barang dan menaik turunkan penumpang.

Terdapat 2 jenis pemecah gelombang yaitu berdasarkan material penyusun dan berdasarkan tipe bangunannya,

1. Berdasarkan Material Penyusun
  - a. Breakwater batu (Rubble Mounds Breakwater)

Jenis breakwater ini adalah jenis yang akan dipakai dalam mengembangkan jenis breakwater selanjutnya. Dari segi konstruksi breakwater ini menahan gaya-gaya horizontal yang timbul sebagai akibat gelombang-gelombang statis dan dinami, gaya-gaya vertikal timbul sebagai akibat dari gaya-gaya gravitasi konstruksi. Bentuk ini memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam hal pemeliharaan. Untuk memecahkan energi gelombang tersebut besar/berat batu yang digunakan makin bertambah ke dalam, makin mengecil sesuai dengan mengecilnya tekanan

gelombang tersebut. Berat batu terkecil yang digunakan dibuat sedemikian rupa sehingga dapat menahan arus air laut.

b. Breakwater batu buatan

Dalam melaksanakan suatu breakwater batu (rubble mound) sering dijumpai kesulitan dalam mendapatkan ukuran batu yang sesuai dengan yang direncanakan. Kelemahan lain adalah bentuk dan berat yang tidak sama. Untuk mengatasinya, dibuat batu buatan yang memenuhi persyaratan berat dan secara konstruktif dirancang sedemikian rupa sehingga satu sama lainnya saling mengikat diri lebih rapat dan kuat menahan energi gelombang.

Tipe-tipe yang telah dikembangkan yaitu : tetrapods, quadripods, hexapods, modified cubs dan dolos. Batu-batuan ini biasanya ditempatkan pada lokasi yang gelombangnya mencapai ketinggian yang berbahaya dan utamanya pada ujung (mulut) breakwater.

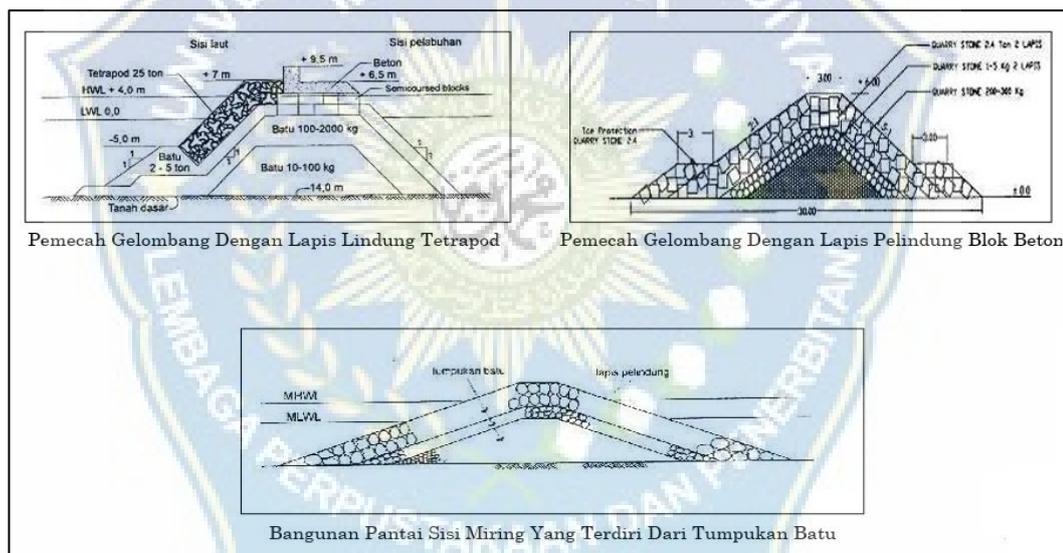
c. Breakwater "dinding"

Breakwater ini biasanya dipakai bila keadaan tanah dasar laut mempunyai daya dukung yang kuat (berlapis pasir), sehingga kuat menahan muatan di atasnya. Bentuknya dapat berupa blok-blok dinding, kaisan yang berupa kotak atau silindris. Fungsi dinding vertikal adalah merefraksi gelombang sampai energinya hilang. Konstruksi semacam ini disebut breakwater majemuk (composite break water). Perlu diperhatikan bahwa dalam merencanakan konstruksi semacam ini, ada jaminan terhadap pergeseran blok dinding dan faktor guling yang mungkin terjadi. (Kramadibrata : 2002)

2. Berdasarkan Tipe Bangunan

a. Breakwater Sisi Miring

Pada umumnya pemecah breakwater sisi miring memiliki bentuk trapesium (dilihat dari potongan melintang). Biasanya breakwater tipe ini terbuat dari tumpukan batu atau blok beton yang dibuat khusus untuk menggantikan batu alam seperti tetrapod, quadripods, tripod, dolos dll. Tipe ini dipilih jika kondisi daya dukung tanah pada lokasi perencanaan kecil. Pada jenis tanah seperti ini harus dipilih konstruksi dengan dimensi yang kecil atau alternative lainnya adalah memperlebar bagian dasar bangunan dengan tujuan agar tekanan yang dibuat oleh berat bangunan kecil.



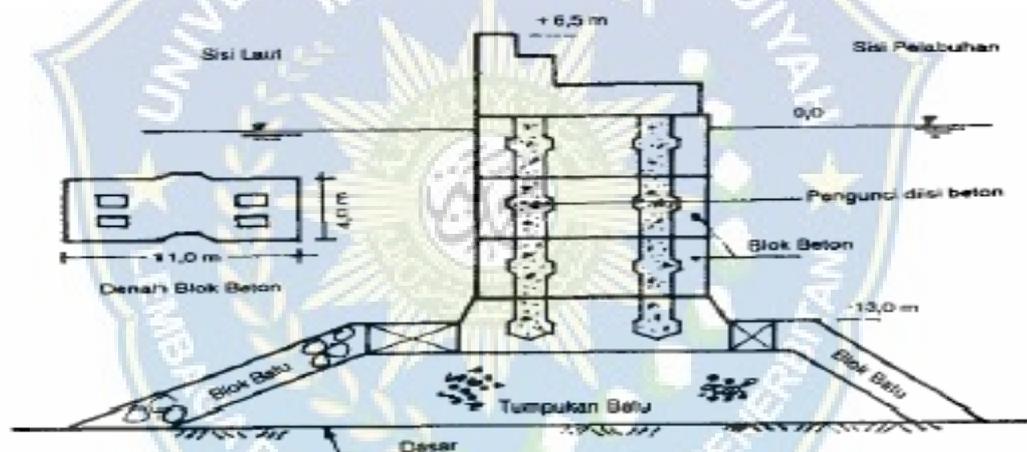
**Gambar 2.6** Tipe breakwater Sisi Miring

b. Breakwater Sisi Tegak

Pemecah Gelombang Sisi Tegak dibuat apabila tanah dasar (seabed) mempunyai daya dukung yang besar dan tahan terhadap erosi. Pemecah gelombang tipe ini dapat dibuat dari blok-blok beton massa yang disusun secara vertikal, kaisan beton, turap beton, baja dan sebagainya. Dalam perencanaan

pemecah gelombang sisi tegak perlu ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu :

- 1) Tinggi gelombang maksimum yang direncanakan harus ditentukan dengan baik, karena stabilitas pemecah gelombang ini merupakan faktor penting,
- 2) Tinggi dinding harus cukup untuk memungkinkan terjadinya Clapotis, yaitu superposisi antara gelombang datang dan gelombang pantul menjadi gelombang stasioner,
- 3) Pondasi bangunan harus dibuat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi erosi pada kaki bangunan yang dapat membahayakan stabilitas bangunan.



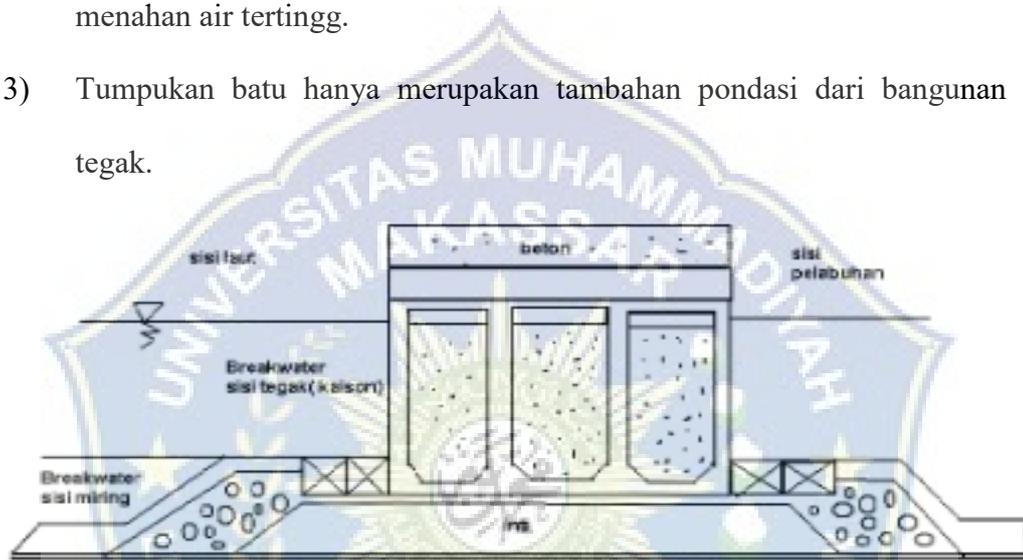
**Gambar 2.7** Tipe breakwater sisi tegak

#### c. Breakwater Campuran

Breakwater campuran konstruksi dikombinasikan antara pemecah gelombang sisi Tegak yang dibuat di atas pemecah gelombang sisi miring. Breakwater campuran dibuat apabila kedalaman air sangat besar dan tanah dasar tidak mampu menahan beban dari pemecah gelombang sisi tegak. Pada waktu air surut bangunan berfungsi sebagai pemecah gelombang sisi miring, sedang pada waktu air pasang berfungsi sebagai pemecah gelombang sisi tegak.

Adapun pertimbangan lebih lanjut mengenai perbandingan sisi tegak dengan tumpukan batunya. Pada dasarnya ada tiga macam yaitu :

- 1) Tumpukan batu dibuat sampai setinggi air yang tertinggi, sedangkan bangunan sisi tegak hanya sebagai penutup bagian atas.
- 2) Tumpukan batu setinggi air terendah sedang bangunan sisi tegak harus menahan air tertinggi.
- 3) Tumpukan batu hanya merupakan tambahan pondasi dari bangunan sisi tegak.



Gambar 2.8 Tipe breakwater campuran

Tabel 2.4 Klasifikasi bentuk bangunan breakwater

Tipe	Keuntungan	Kerugian
<i>Breakwater Sisi Miring</i>	1) Elevasi puncak bangunan rendah	1) Dibutuhkan jumlah material yang besar
	2) Gelombang refleksi kecil/meredam energi gelombang	2) Pelaksanaan pekerjaan lama
	3) Kerusakan berangsur-angsur	3) Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan besar
	4) Perbaikan mudah	4) Lebar dasar besar

	5) Murah	
<i>Breakwater Sisi Tegak</i>	1) Pelaksanaan pekerjaan cepat	1) Mahal
	2) Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil	2) Elevasi puncak bangunan tinggi
	3) Luas perairan pelabuhan lebih besar	3) Tekanan gelombang besar
	4) Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga atau tempat tambatan	4) Diperlukan tempat pembuatankaisan yang luas
	5) Biaya perawatan kecil	5) Sulit diperbaiki saat rusak
		6) Diperlukan peralatan berat
		7) Erosi kaki fondasi
<i>Breakwater Campuran</i>	1) Pelaksanaan pekerjaan cepat	1) Mahal
	2) Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil	2) Diperlukan peralatan berat
	3) Luas perairan pelabuhan besar	
	4) Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga atau tempat tambatan	3) Diperlukan tempat pembuatankaisan yang luas
	5) Biaya perawatan kecil	

### C. Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan karena rotasi bumi dan juga oleh adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat yang bertekanan udara rendah (Wikipedia, 2023). Kecepatan angin dapat diukur dengan menggunakan anemometer dan biasanya dinyatakan dengan satuan knot. Satu knot adalah satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh dalam satu jam atau 1 knot. Dalam 1 knot = 1,852 km/jam dan 1 knot = 0,514 m/s.

Untuk keperluan perencanaan seperti bangunan pemecah gelombang, data angin diperoleh melalui pencatatan jam-jaman dalam 1 hari selama 1 bulan. Dengan pencatatan data angin jam-jaman akan dapat diketahui berapa kecepatan angin pada suatu daerah dan berapa durasi, kecepatan maksimum angin, arah angin dan dapat menghitung kecepatan angin rerata harian dalam 1 bulan. Dalam beberapa bulan bahkan sampai tahun pengamatan, data angin yang diperoleh sangatlah besar. Untuk itu data tersebut perlu diolah terlebih dahulu dan disajikan dalam bentuk tabel atau diagram yang disebut mawar angin. Dengan tabel atau mawar angin, karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat walaupun data yang ada dalam bentuk bulanan, tahunan dan beberapa tahun pencatatan.

Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dan dipengaruhi oleh kecepatan angin, lama hembusan angin, arah angin dan fetch yaitu jarak dari mana angin tersebut berhembus. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin dapat menimbulkan

tegangan pada permukaan laut sehingga permukaan air yang awalnya tenang akan terganggu dan timbul gelombang kecil diatas permukaan air.

1. Kecepatan Angin

Pengukuran angin biasanya dilakukan di daratan, padahal dalam rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data angin yang berada di atas permukaan laut. Oleh karena itu, diperlukan transformasi dari data angin diatas daratan yang terdekat dengan lokasi pengambilan data angin di atas permukaan laut. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan di Great Lake, Amerika Serikat. Untuk grafik yang menghubungkan antara kecepatan angin di laut dengan di darat.



Gambar 2.9. Hubungan antara kecepatan angin laut dan di darat (B. Triatmodjo, 1999)

$$Rl = \frac{uw}{ul} \dots\dots\dots (23)$$

Dimana:

$U_L$  = Kecepatan Angin Di Darat

$U_W$  = Kecepatan Angin Di Laut

Sedangkan lama hembus atau durasi angin dapat diperoleh dari pencatatan angin jam-jaman.

Rumus dan grafik pembangkitan gelombang mengandung variable  $U_A$  yaitu faktor tegangan angin (wind stress factor) yang dapat di hitung dari kecepatan angin. Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus

$$U_A = 0,71.U^{1,23} \dots \dots \dots (24)$$

Dimana :

$U_A$  = Faktor tegangan angin (m/s)

$U$  = Kecepatan Angin (m/s)

Data angin yang didapat biasanya diolah dan disajikan dalam bentuk tabel atau diagram yang disebut diagram mawar angin (wind rose).

## 2. Fetch

Fetch adalah jarak seret gelombang. Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentuk gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Arah angin masih dianggap konstan apabila perubahannya tidak sampai  $15^\circ$ . Sedangkan kecepatan angin masih dianggap konstan jika perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2,57 m/s) (B. Triatmodjo, 1999). Panjang fetch dihitung untuk 8 arah mata angin dengan rumus sebagai berikut:

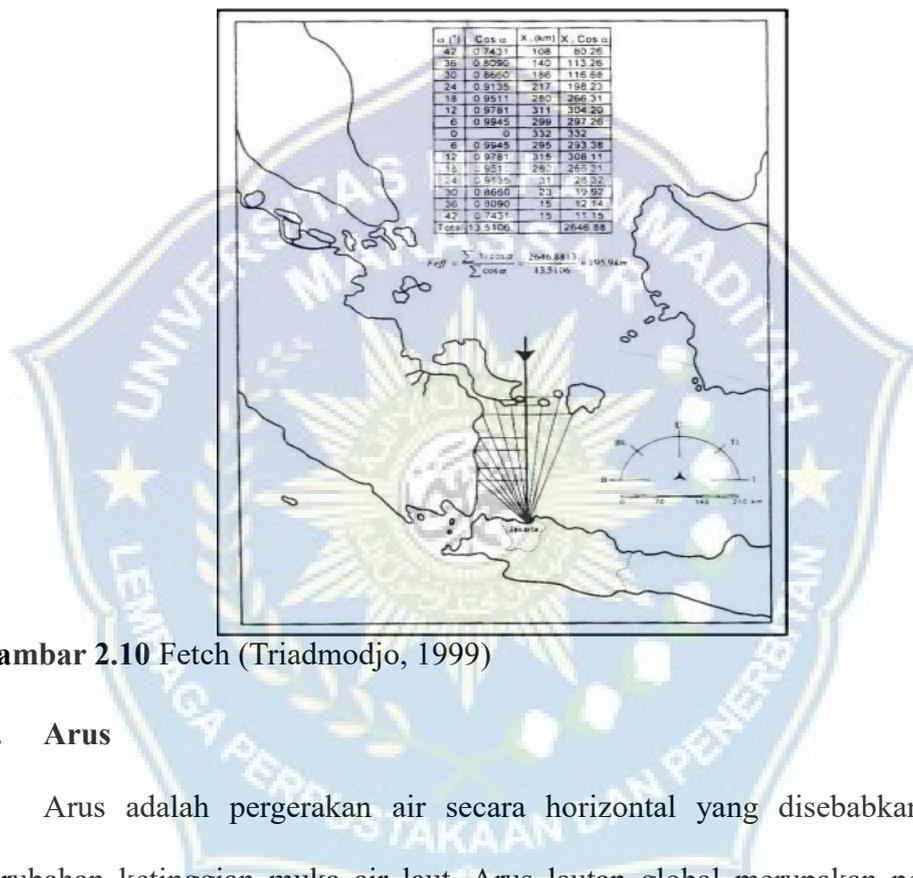
$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos a}{\sum \cos a} \dots \dots \dots (25)$$

Dimana :

$F_{\text{eff}}$  = Fetch rerata aktif

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

$\alpha$  = deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dimana menggunakan pertambahan  $6^\circ$  sampai sudut besar  $42^\circ$  pada kedua sisi angin



Gambar 2.10 Fetch (Triadmodjo, 1999)

#### D. Arus

Arus adalah pergerakan air secara horizontal yang disebabkan adanya perubahan ketinggian muka air laut. Arus lautan global merupakan pergerakan massa air yang sangat besar dan arus inilah yang mempengaruhi arah aliran air lautan. Adanya arus lautan ini disebabkan oleh perputaran bumi, angin, dan suhu udara.

##### 1. Arus Dekat Pantai

Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan momentum

tersebut menimbulkan arus di daerah dekat pantai. Daerah yang dilewati gelombang adalah daerah yang terbentang dari lokasi gelombang pecah ke arah laut (offshore zone), daerah antara gelombang pecah dan garis pantai (surf zone) dan daerah gelombang pecah (swash zone). Di daerah offshore zone, gelombang menimbulkan gerak orbit partikel air. Pada daerah surf zone, gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar. Setelah pecah gelombang melintasi surf zone menuju pantai. Di daerah ini kecepatan partikel air hanya bergerak dalam arah penjalaran gelombang. Pada daerah swash zone, gelombang yang sampai di garis pantai menyebabkan massa air bergerak ke atas dan kemudian turun kembali pada permukaan pantai. Gerak massa air tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen.

## 2. Arus Sepanjang Pantai

Arus sepanjang pantai (longshore current) dapat juga ditimbulkan oleh gelombang yang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus ini terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai. Parameter terpenting di dalam menentukan kecepatan arus sepanjang pantai adalah tinggi dan sudut datang gelombang pecah.

Gelombang yang pecah pada pantai yang miring akan menyebabkan terjadinya kenaikan gelombang (wave set-up) di pantai, yang menyebabkan naiknya elevasi muka air di atas elevasi muka air diam. Kenaikan muka air di sepanjang pantai adalah tidak sama karena tinggi gelombang pecah di sepanjang

pantai berbeda. Hal ini dapat menimbulkan aliran air sepanjang pantai menuju ke tempat dengan muka air yang lebih rendah.

#### E. Kerusakan Bangunan Pelindung Pantai

Bangunan pengaman atau pelindung pantai merupakan salah satu jenis bangunan yang dirancang untuk melindungi, mengamankan pantai dari erosi/abrasi, dan banjir pantai/rob, menjaga stabilitas muara untuk mendukung lalu lintas navigasi, serta revitalisasi kawasan pantai.

Tolak ukur penilaian kerusakan bangunan Pantai akibat gerusan gelombang dapat dilihat dari kenampakan bangunan itu sendiri seperti keruntuhan bangunan, abrasi bangunan, fungsi bangunan, dan terlemparnya material bangunan dikarenakan material tersebut tidak cukup berat untuk melawan hantaman gelombang. Pada tabel 2.4 adalah tolak ukur penilaian kerusakan bangunan Pantai.

**Tabel 2.5** Tolak ukur kerusakan bangunan pantai

No	Tingkat Kerusakan	Jenis Kerusakan
1	Ringan	Bangunan masih dapat berfungsi dengan baik diatas 75%
2	Sedang	Bangunan masih berfungsi 50% sampai 75%
3	Berat	Bangunan berfungsi tinggal 25% sampai dengan 50% tetapi tidak membahayakan lingkungan
4	Amat Berat	Bangunan berfungsi tinggal 25% sampai dengan 50% dan membahayakan lingkungan
5	Amat Sangat Berat	Bangunan sudah rusak parah dan membahayakan lingkungan

Sumber : KemenPU No.08 Tahun 2010

## **F. Hubungan gelombang terhadap struktur bangunan**

Pada dasarnya pola terjadinya kerusakan bangunan pelindung pantai adalah sangat kompleks. Namun setidaknya ada tiga penyebab kegagalan pelindung pantai yaitu akibat hantaman gelombang yang menyebabkan ketidakstabilan struktur, terjadinya tekanan hidrostatis akibat adanya perbedaan elevasi muka air yang dihasilkan dari proses run up dan run down gelombang terhadap struktur beakwater, dan settlement pondasi bangunan.

Kegagalan terjadi disamping karena faktor alami, juga karena adanya gerusan pada pondasi bangunan atau rusaknya bangunan tersebut akibat hempasan gelombang. Gerusan yang terjadi pada pondasi bangunan dapat menyebabkan runtuhnya bangunan atau miringnya bangunan sehingga bangunan tidak dapat berfungsi sesuai dengan yang direncanakan. Hempasan gelombang dapat merusak bangunan yang berada di pantai sehingga bangunan tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik.

Jika tinggi gelombang dibawah 1 m maka tingkat kerusakan yang ditimbulkan tergolong kerusakan ringan ( $< 25\%$ ), jika tinggi gelombangnya 1 – 2 m maka tingkat kerusakan yang di hasilkan tergolong kerusakan sedang ( $25\% - 50\%$ ) dan bila tinggi gelombang 2 – 3 m maka tingkat kerusakan masuk ke kategori kerusakan berat ( $\geq 50\%$ ) dan jika gelombang diatas 3 m maka mengakibatkan bangunan pelindung pantai mengalami kerusakan amat berat ( $> 50\%$ ) dan membahayakan lingkungan (Firza C, 2020).

Pada dasarnya bangunan pelindung pantai dibangun menggunakan material yang mudah tererosi seperti pasir atau jenis tanah lainnya, kemungkinan besar

sangat rentan terhadap bahaya akibat gerusan. Semakin sering terjadi hempasan gelombang tinggi maka kestabilan bangunan akan menurun atau tingkat ketahanan bangunan pelindung Pantai makin rentan mengalami kerusakan, Kerusakan ini dapat terjadi karena bangunan tidak mampu menahan gaya gelombang atau material bangunan terabrasi oleh pukulan gelombang.

#### **G. Penelitian yang Relevan**

1. Analisis Gelombang Terhadap Struktur Bangunan Breakwater Tegak Pantai Paderi Bengkulu dibuat oleh Besperi. Agustin Gunawan. dan Mawardi, Fakultas Teknik UNIB, (2014). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik gelombang dan gelombang penting yang terjadi di dalamnya bangunan pemecah gelombang sebagai acuan dalam menganalisa dimensi tipe standing breakwater. Peneliti menggunakan analisis data angin dan pengukuran gelombang secara visual. Berdasarkan Analisisnya, peneliti menemukan bahwa kondisi ombak laut sudah berkembang sempurna. Ini Kondisi ini disebabkan oleh nilai Fetch yang cukup panjang sehingga ketinggian gelombang tercapai nilai maksimum. Panjang ambilan 200 km dan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ). 2,85 meter dan periode gelombang penting ( $T_s$ ) 8,48 detik. Gaya tegangan ( $p$ ) adalah 46.274 ton dan momen ( $M_p$ ) sebesar 185.094 tonmeter. Gaya angkat ( $U$ ) sebesar 11.674 ton dan momen ( $M_u$ ) adalah 31,131 tonmeter.
2. Analisis Gelombang Refraksi Terhadap Pemecah Gelombang (Breakwater) Pantai Tamarunang Kabupaten Jeneponto dibuat oleh Asranda dan Ismail Wahidin, Universitas Muhammadiyah Makassar (2023). penelitian ini

bertujuan untuk mengetahui pengaruh tinggi gelombang pada panjang gelombang pada pemecah gelombang dan untuk mengetahui besar kecilnya koefisien bias pemecah gelombang pada Tamarunang Pantai. Dalam penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Tahap identifikasi, tahap pengambilan data, tahap pengolahan data dan tahap analisis data serta pembahasan. Tahap identifikasi, tahap pengambilan data, data tahap pengolahan dan tahap analisis data serta pembahasan. Dari hasil analisa pada pantai Tamarunang Kabupaten Jeneponto arah angin kencang yang bertiup dari utara sebesar 6,1% ke arah timur dengan persentase sebesar 57,5%. disusul barat laut dengan persentase gelombang 36,5% 0,5 m – 1,2 m untuk panjang gelombang 14 m – 34 m dengan periode gelombang 2 – 5 Hz yang mempunyai cepat rambat gelombang 3 m/s – 22 m/s dan nilai koefisien bias sebesar 0,841 – 1,997 untuk jangka waktu 1 tahun 2 bulan dihitung Januari 2022 – Februari 2023

3. Kegagalan Bangunan Pelindung Pantai (studi kasus di wilayah Pantai utara Kalimantan Barat) dibuat oleh Abdul Hamid, dan Mochammad Meddy Danial. Universitas Tanjungpura, Pontianak, (2016). Penelitian ini bertujuan untuk inventarisasi dan analisis kerusakan serta kegagalan bangunan pelindung pantai sangat penting untuk diketahui faktor-faktor penyebabnya, jenis kerusakan yang terjadi, dan rekomendasi terhadap pencegahan kerusakan bangunan pantai. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey lapangan, melakukan observasi dan analisa data

hidrodinamika: angin, tinggi gelombang rencana, stabilitas bangunan struktur, dimensi armour bangunan pelindung pantai, jenis kerusakan yang terjadi, dan analisis. Ada lima analisis yang dilakukan yaitu, analisis faktor alam (parameter angin dan gelombang), faktor kualitas/mutu bangunan/bahan, faktor desain dan tata letak, faktor usia bangunan pelindung, penilaian tingkat kerusakan.

4. Analisis Karakteristik Gelombang Dan Pasang Surut Pada Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara dibuat oleh Josua Abimael Kaunang M. I. Jasin, J. D. Mamoto, Universitas Sam Ratulangi Manado, (2016). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik gelombang dan pasang surut di pantai kima bajo untuk pengamanan dan perlindungan daerah pesisir Dalam penelitian ini perlu dilakukan pendekatan teori dan analisis transformasi gelombang yang terjadi di kawasan pantai Kima Bajo. Peramalan gelombang dihitung dengan metode hindcasting gelombang berdasarkan data angin selama 10 tahun dari stasiun BMG Winangun Stasiun Tondano untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang signifikan. Dari hasil perhitungan gelombang di perairan Pantai Kima Bajo didominasi oleh gelombang arah Barat dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Desember 2003 dengan  $H = 1.3344$  m dan  $T = 4.37607$  det. Koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0.9332 sampai 1.0030. Sedangkan koefisien shoaling berkisar pada 0.9045 sampai 1.3348. Tinggi gelombang yang didapat dari hasil perhitungan berkisar pada 0.991 sampai 1.5747 m pada kedalaman 0.5 m sampai 25 m.

## BAB III

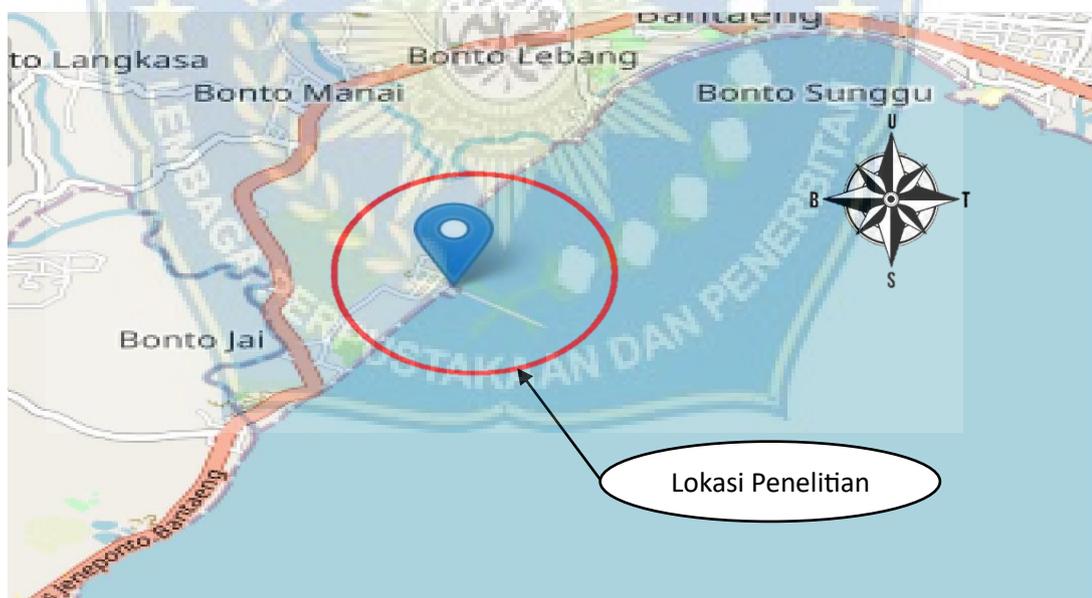
### METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian yang akan kami kerjakan berada pada Pelabuhan Bonto Jai tepatnya di desa Bonto jai kecamatan Bissappu kabupaten Bantaeng pada titik koordinat  $5^{\circ}21'' - 5^{\circ}35''$  Lintang Selatan dan  $119^{\circ}51'' - 120^{\circ}05''$  Bujur Timur.

Batas-batas administratif lokasi ini adalah

1. Sebelah utara berbatasan dengan dusun Bonto Manai
2. Sebelah timur berbatasan dengan laut flores
3. Sebelah selatan berbatasan dengan laut flores
4. Sebelah barat berbatasan dengan kabupaten Jeneponto



**Gambar 3.11** Peta lokasi penelitian



**Gambar 3.12** Pelabuhan Bonto Jai Bantaeng

## **B. Sumber Data**

Dalam penelitian ini penulis menggunakan analisis kuantitatif karena menggunakan data sekunder yang bersifat kuantitatif. Data sekunder yaitu mengumpulkan data yang diperoleh dari stasiun BMKG Maritim Paotere berupa data kecepatan angin, data gelombang laut, dan data arah angin

## **C. Tahap Pelaksanaan Penelitian**

### 1. Tahap identifikasi

Setelah menentukan lokasi, maka tahap selanjutnya adalah melakukan survei di lokasi penelitian untuk mengidentifikasi tingkat kerusakan yang terjadi pada bangunan break water

### 2. Tahap pengambilan data

**Tabel 3.6** Data-data yang digunakan

DATA	SUMBER DATA	PENGGUNAAN DATA
Data kecepatan angin	Stasiun Meteorologi Maritim Paotere,	Untuk peramalan tinggi gelombang

	Makassar	
Data gelombang laut	Stasiun Meteorologi Maritim Paotere, Makassar	Untuk mengetahui Panjang gelombang dan periode gelombang
Data arah angin	Stasiun Meteorologi Maritim Paotere, Makassar	Untuk mengetahui fetch efektif pada lokasi penelitian

### 3. Tahap Pengolahan Data

Metode pengolahan data pada penelitian ini adalah dengan menggunakan data-data sekunder. Data sekunder berupa data kecepatan angin, data gelombang, arah angin. Mengingat stasiun data angin di lokasi tidak ada, maka digunakan stasiun data angin dari stasiun Meteorologi klimatologi dan Geofisika (BMKG Paotere) yang diambil adalah data minimal 5 tahun terakhir.

Setelah data-data yang diperoleh dari hasil inventarisasi kerusakan maupun data-data yang diperoleh dari instansi terkait akan diolah berdasarkan persamaan-persamaan teori yang sudah ada.

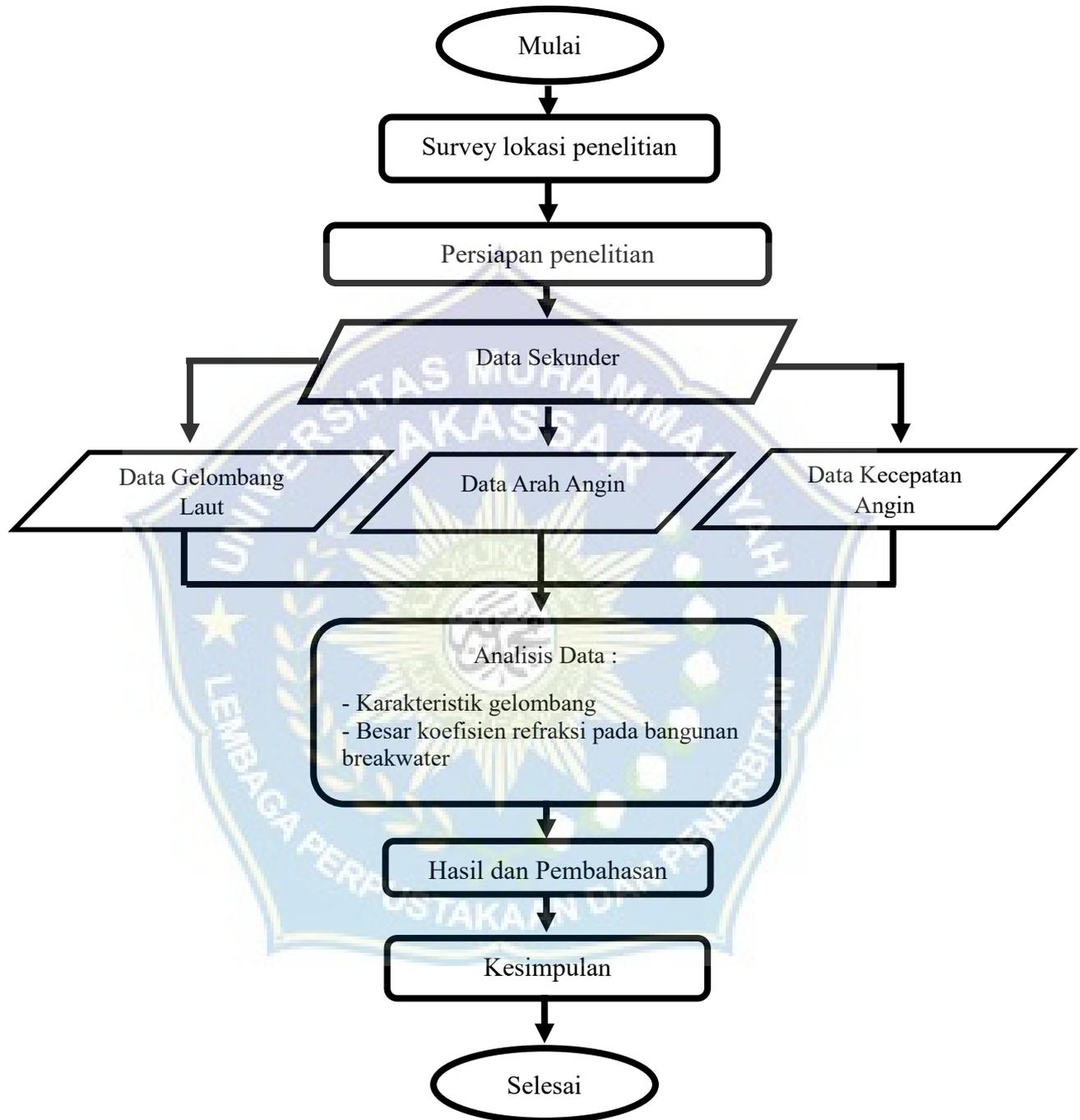
### 4. Tahap analisis data dan pembahasan

Setelah memperoleh data yang diperlukan, maka tahap selanjutnya yaitu:

- a. Menganalisis persentase kejadian angin berdasarkan arah datangnya pada lokasi studi
- b. Menghitung data fetch efektif untuk mengetahui arah angin yang berpotensi munculnya pembangkitan gelombang

- c. Selanjutnya menghitung tinggi gelombang dan panjang gelombang selama 14 bulan
- d. Kemudian menghitung besar koefisien refraksi pada gelombang



**D. Flowchart****Gambar 3.13** flowchart Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Data Angin

Data angin yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Paotere. Data yang diperoleh adalah data angin tahun 2023. Dari hasil pengukuran selanjutnya dilakukan analisis jumlah angin yang datang dilokasi penelitian serta kecepatan dan arah mata angin yaitu periode Januari 2023 – Desember 2023 sebagai berikut :

**Tabel 4.7** Data Angin

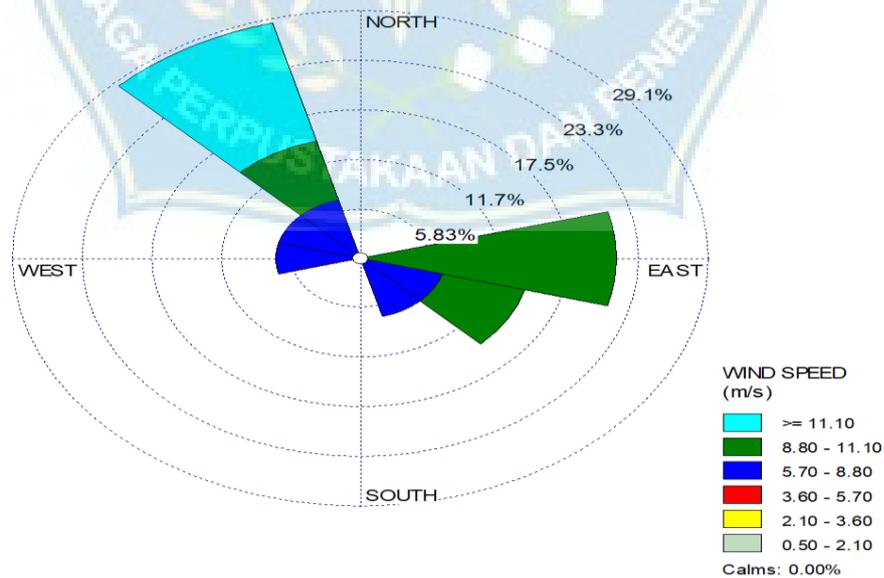
Waktu	Kecepatan angin (m/s)	Dejarajat	Notasi
Januari - 2023	12.75	332	utara
Februari – 2023	11.21	340	utara
Maret – 2023	9.71	340	utara
April – 2023	8.74	333	utara
Mei – 2023	8.64	157	tenggara
Juni – 2023	8.58	124	timur
Juli – 2023	8.93	122	timur
Agustus – 2023	10.08	98	timur
September- 2023	9.71	101	timur
Oktober – 2023	9.46	104	timur
November – 2023	7.70	267	barat
Desember – 2023	7.86	298	barat

*Sumber : Hasil Rekap Data BMKG Paotere Makassar*

**Tabel 4.6** Persentase kejadian angin berdasarkan arah datangnya dilokasi studi

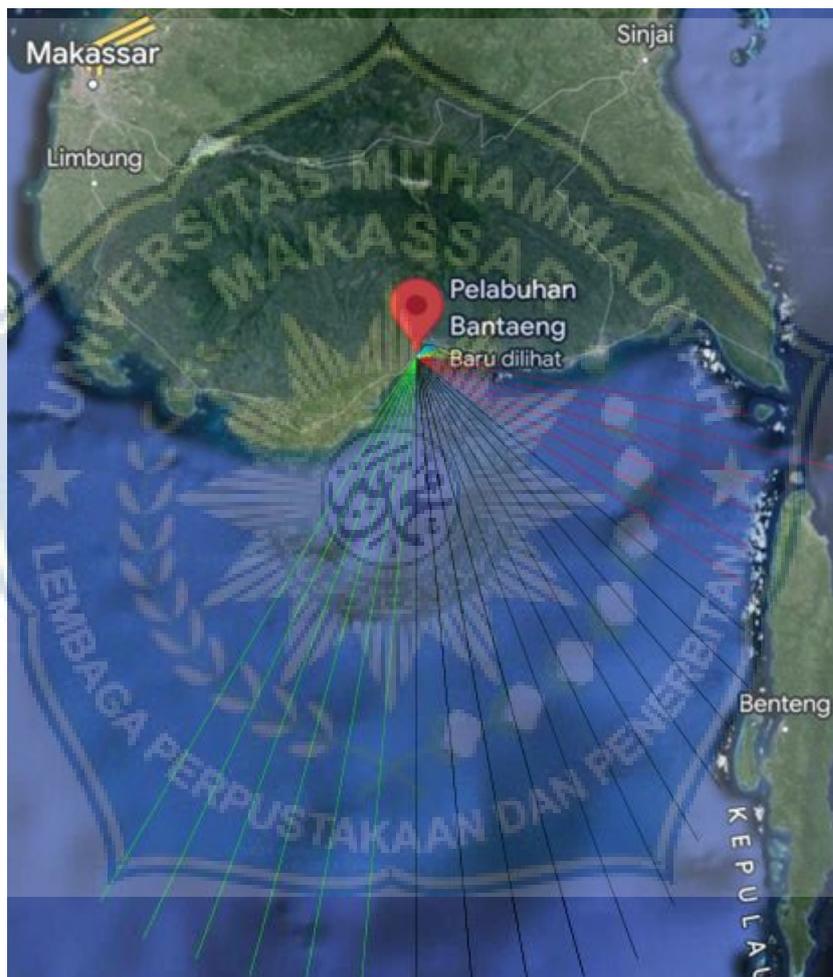
Arah		Jumlah Data	Persentase Kejadian (%)
Notasi	Derajat		
Utara (U)	360	4	34.5
Timur Laut (TL)	45	0	0.0
Timur (T)	90	5	44.5
Tenggara (TG)	135	1	6.2
Selatan (S)	180	0	0.0
Barat Daya (BD)	225	0	0.0
Barat (B)	270	2	14.4
Barat Laut (BL)	315	0	0.0
Total		14	100

Pada tabel 4.6 memperlihatkan bahwa persentase kejadian angin yang paling besar atau sering terjadi adalah angin yang berhembus dari arah utara sebesar (34.4%) dan timur sebesar (44.5%) serta disusul arah barat sebesar (14.4%) dan terakhir dari arah Tenggara sebesar (6.2%). Selain penyajian data angin juga disajikan dalam bentuk mawar angin seperti gambar dibawah ini.

**Gambar 4.14** Mawar angin dari tahun Januari 2023 – Februari 2024

## B. Penentuan Fetch Efektif

Fetch adalah daerah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan. Berdasarkan lokasi penelitian diperlukan data perhitungan fetch efektif untuk mengetahui arah mata angin yang berpotensi munculnya pembangkitan gelombang.



**Gambar 4.15** Panjang fetch dari Utara, Timur, Tenggara, dan Barat

Tabel perhitungan fetch untuk masing-masing arah peramalan gelombang laut yaitu Utara, Timur, Tenggara dan Barat adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.9** Perhitungan Fetch Efektif Arah Utara

UTARA	A	COS $\alpha$	Xi (Km)	Xi cos $\alpha$
	-20	0,93969	3,98	3739,98
	-15	0,96593	4,00	3863,70
	-10	0,98481	4,32	4254,37
	-5	0,99619	4,47	4453,99
	0	1	4,76	4760
	5	0,99619	5,31	5289,79
	10	0,98481	5,57	5485,38
	15	0,96593	5,66	5467,14
	20	0,93969	5,74	5393,84
	Total	8,77324		42707,19

Berdasarkan tabel diatas untuk perhitungan fetch efektif arah utara dengan rumus berikut ini:

$$\text{Fetch} = \frac{\sum Xi \cos}{\sum \cos} = \frac{42707,19}{8,77324} = 4,867 \text{ Km} \Rightarrow 4.867 \text{ m}$$

Keterangan:

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

$\alpha$  = Deviasi kedua sisi dari arah mata angin, dengan menggunakan sudut pertambahan  $5^\circ$  sampai  $45^\circ$  pada kedua sisi angin

**Tabel 4.10** Perhitungan Fetch Efektif Arah Timur

	A	COS $\alpha$	Xi (Km)	Xi cos $\alpha$	
TIMUR	-20	0,939693	8,75	8222,31	
	-15	0,965926	9,32	9002,43	
	-10	0,984808	10,64	10478,35	
	-5	0,996195	13,08	13030,23	
	0	1	47,5	47580	
	5	0,996195	50,2	50048,8	
	10	0,984808	51,8	51082	
	15	0,965926	56	54111,2	
	20	0,939693	57,2	53825,6	
	Total		8,773242		297380,88

Berdasarkan tabel diatas untuk perhitungan fetch efektif arah timur laut dengan rumus berikut ini :

$$\text{Fetch} = \frac{\sum Xi \cos}{\sum \cos} = \frac{297380,88}{8,773242} = 33,896 \text{ Km} \Rightarrow 33.896 \text{ m}$$

Keterangan :

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

$\alpha$  = Deviasi kedua sisi dari arah mata angin, dengan menggunakan sudut pertambahan  $5^\circ$  sampai  $45^\circ$  pada kedua sisi angin

**Tabel 4.11** Perhitungan Fetch Efektif Arah Barat Daya

TENGGARA	A	COS $\alpha$	Xi (Km)	Xi cos $\alpha$
	-20	0,939693	58.4	54915,6
	-15	0,965926	60.7	58689.7
	-10	0,984808	63.5	62564,8
	-5	0,996195	68.3	68109,8
	0	1	75.1	75120
	5	0,996195	73.8	73598.9
	10	0,984808	91.4	90060.7
	15	0,965926	101.1	97684.1
	20	0,939693	118.8	111814
	Total	8,773242		244280

Berdasarkan tabel diatas untuk perhitungan fetch efektif arah barat daya dengan rumus berikut ini :

$$\text{Fetch} = \frac{\sum Xi \cos}{\sum \cos} = \frac{244280}{8,773242} = 27,844 \text{ Km} \Rightarrow 27.844 \text{ m}$$

Keterangan :

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

$\alpha$  = Deviasi kedua sisi dari arah mata angin, dengan menggunakan sudut pertambahan  $5^\circ$  sampai  $45^\circ$  pada kedua sisi angin

**Tabel 4.12** Perhitungan Fetch Efektif Arah Barat

BARAT	A	COS $\alpha$	Xi (Km)	Xi cos $\alpha$
	-20	0,939693	53.1	49897.7
	-15	0,965926	47.2	45591.7
	-10	0,984808	40.2	39589.3
	-5	0,996195	30.3	30184.7
	0	1	27.1	27100
	5	0,996195	26.2	26100.3
	10	0,984808	24.1	23733.9
	15	0,965926	22.4	21636.7
	20	0,939693	21.4	20109.4
	Total	8,77324		283943.7

Berdasarkan tabel diatas untuk perhitungan fetch efektif arah barat dengan rumus berikut ini :

$$\text{Fetch} = \frac{\sum Xi \cos}{\sum \cos} = \frac{283943.6}{8,773242} = 32,365 \text{ Km} \Rightarrow 32.365 \text{ m}$$

Keterangan :

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

$\alpha$  = Deviasi kedua sisi dari arah mata angin, dengan menggunakan sudut pertambahan  $5^\circ$  sampai  $45^\circ$  pada kedua sisi angin

**Tabel 4.13** Hasil Perhitungan Data Fetch Lokasi Penelitian

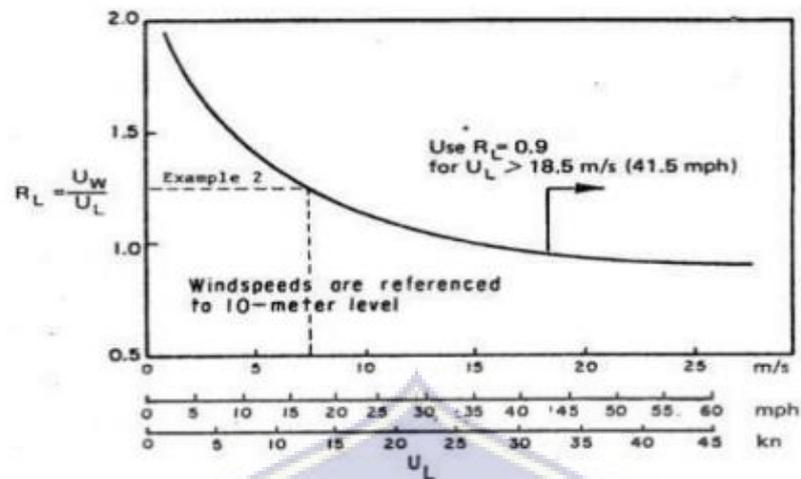
ARAH	Fecth Efektif (Km)	Fecth Efektif (m)
UTARA (N)	4,867	4.867
TIMUR (E)	33,896	33.896
TENGGARA (SE)	27,844	27.844
BARAT (W)	32,365	32.365

### C. Perhitungan Gelombang

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian tersebut maka kecepatan angin perlu dikoreksi terhadap ketinggian dengan formulasi sebagai berikut (Pratikto. dkk, 2000):

$$U_{10} = U_d \left[ \frac{10}{d} \right]^{1/7} \quad \square d < 20 \text{ m}$$

Berdasarkan kecepatan maksimum yang terjadi tiap bulan dicari nilai RL dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di hitung UW dengan rumus :



(after Resio & Vincent, 1977b)

**Gambar 4.16** Grafik hubungan koreksi angin, sumber (CERC 1984)

$$\begin{aligned} Tl &= 1609 / U_{10} \\ &= 1609 / 7,96 \\ &= 202,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{3600} &= U_{10} / R_L \\ &= 7,96 / 0,9 \\ &= 8,84 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_s &= U_{3600} \times R_T \\ &= 8,84 \times 1,3715 \\ &= 12,12 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

Hitung  $U_w$  dengan rumus :

$$\begin{aligned} U_w &= U_s \times R_L \\ &= 12,12 \times 0,9 \\ &= 10,90 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

Hitung  $U_a$  dengan Rumus :

$$\begin{aligned} U_a &= 0,71 \times U_w^{1,23} \\ &= 0,71 \times 10,90^{1,23} \\ &= 13,40 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

Keterangan :

U3600 : kecepatan rata-rata durasi 3600 detik

Us : koreksi stabilitas

RL : faktor reduksi

RT : koefisien stabilitas

UA : wind stress factor

UL = Kecepatan angin didarat

RL =Faktor Edukasi

RT = Koefisien Stabilitas

UW = Koereksi Lokasi

UA = Wind stress factor (Factor tegangan angin)



Tabel 4.14 Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2019

bulan	Tahun	derajat	Arah	Tinggi (m)	WindSpd (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)
1	2019	305	NW	0.86	7.96	7.96	202.14	0.9	8.84	1.37	12.13	10.92	13.43	2217
2	2019	323	NW	0.74	5.34	5.34	301.31	0.9	5.93	1.37	8.14	7.32	8.22	2217
3	2019	358	N	1.41	11.87	11.87	135.55	0.9	13.19	1.37	18.09	16.28	21.96	4868
4	2019	339	SE	0.69	7.45	7.45	215.97	0.9	8.28	1.37	11.35	10.22	12.38	78940
5	2019	331	NW	0.96	7.6	7.60	211.71	0.9	8.44	1.37	11.58	10.42	12.69	2217
6	2019	113	SE	1.22	9.66	9.66	166.56	0.9	10.73	1.37	14.72	13.25	17.04	78940
7	2019	104	E	1.25	10.12	10.12	158.99	0.9	11.24	1.37	15.42	13.88	18.05	33896
8	2019	122	SE	1.32	10.53	10.53	152.80	0.9	11.70	1.37	16.05	14.44	18.95	78940
9	2019	101	E	1.11	10.28	10.28	156.52	0.9	11.42	1.37	15.67	14.10	18.40	33896
10	2019	115	SE	0.92	7.5	7.50	214.53	0.9	8.33	1.37	11.43	10.29	12.48	78940
11	2019	273	W	0.68	6.73	6.73	239.08	0.9	7.48	1.37	10.26	9.23	10.93	3236
12	2019	317	NW	0.69	5.85	5.85	275.04	0.9	6.50	1.37	8.91	8.02	9.20	2217



Lanjutan Tabel 4.14 Hasil perhitungan parameter gelombang 2019

t (dkt)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)	H	T
3600	Nonfully	2299	Fetch Ltd	2217	0.323	1.93	0.783	2.96
7200	Nonfully	2708	Fetch Ltd	2217	0.198	1.64		
3600	Nonfully	3297	Fetch Ltd	4868	0.783	2.96		
3600	Nonfully	25565	Durasi Ltd	4171	0.408	2.32		
3600	Nonfully	2343	Fetch Ltd	2217	0.305	1.90		
3600	Nonfully	22982	Durasi Ltd	4894	0.609	2.72		
3600	Nonfully	12833	Durasi Ltd	5036	0.654	2.80		
3600	Nonfully	22184	Durasi Ltd	5161	0.695	2.87		
3600	Nonfully	12751	Durasi Ltd	5085	0.670	2.83		
3600	Nonfully	25495	Durasi Ltd	4189	0.413	2.33		
3600	Nonfully	3169	Fetch Ltd	3236	0.318	2.05		
3600	Nonfully	2608	Fetch Ltd	2217	0.221	1.70		



Tabel 4.15 Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2020

bulan	Tahun	derajat	Arah	Tinggi	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch
				(m)	(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)
1	2020	355	N	1.71	8.06	8.06	199.63	0.9	8.96	1.37	12.28	11.05	13.64	4868
2	2020	339	N	1.66	8.89	8.89	180.99	0.9	9.88	1.37	13.55	12.19	15.39	4868
3	2020	305	NW	1.33	9.86	9.86	163.18	0.9	10.96	1.37	15.03	13.52	17.48	2217
4	2020	342	N	0.83	7.4	7.40	217.43	0.9	8.22	1.37	11.28	10.15	12.28	4868
5	2020	267	W	1.14	8.63	8.63	0.00	0.9	9.59	1.37	13.15	11.84	14.84	3236
6	2020	130	SE	1.36	10.07	10.07	0.00	0.9	11.19	1.37	15.35	13.81	17.94	78940
7	2020	122	SE	1.42	11.41	11.41	141.02	0.9	12.68	1.37	17.39	15.65	20.92	78940
8	2020	125	SE	1.14	10.17	10.17	158.21	0.9	11.30	1.37	15.50	13.95	18.16	78940
9	2020	133	SE	1.01	8.58	8.58	187.53	0.9	9.53	1.37	13.07	11.77	14.73	78940
10	2020	197	S	1.15	8.89	8.89	180.99	0.9	9.88	1.37	13.55	12.19	15.39	20000
11	2020	304	NW	0.79	7.19	7.19	223.78	0.9	7.99	1.37	10.96	9.86	11.85	2217
12	2020	311	NW	1.60	9.71	9.71	165.71	0.9	10.79	1.37	14.80	13.32	17.15	2217



Lanjutan Tabel 4.15 Hasil perhitungan parameter gelombang 2020

t (dkt)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)	H	T
3600	Nonfully	3864	Durasi Ltd	4378	0.461	2.44	1.503	5.06
7200	Nonfully	3711	Fetch Ltd	4868	0.548	2.63		
3600	Nonfully	2106	Fetch Ltd	2217	0.420	2.11		
3600	Nonfully	4001	Durasi Ltd	4154	0.404	2.31		
3600	Nonfully	2862	Fetch Ltd	3236	0.431	2.27		
3600	Nonfully	22594	Durasi Ltd	5021	0.649	2.79		
7200	Nonfully	21465	Durasi Ltd	15335	1.323	4.27		
10800	Nonfully	22502	Durasi Ltd	26248	1.503	4.87		
14400	Nonfully	24127	Durasi Ltd	36399	1.436	5.06		
3600	Nonfully	44191	Durasi Ltd	4650	0.536	2.59		
3600	Nonfully	2397	Fetch Ltd	2217	0.285	1.85		
7200	Nonfully	2119	Fetch Ltd	2217	0.413	2.10		



Tabel 4.16 Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2021

bulan	Tahun	derajat	Arah	Tinggi	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch
				(m)	(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)
1	2021	308	NW	1.78	9.45	9.45	170.26	0.9	10.50	1.37	14.40	12.96	16.59	2217
2	2021	307	NW	1.67	12.79	12.79	125.80	0.9	14.21	1.37	19.49	17.54	24.07	2217
3	2021	357	N	1.57	10.94	10.94	147.07	0.9	12.16	1.37	16.67	15.00	19.86	4868
4	2021	307	NW	1.48	13.51	13.51	119.10	0.9	15.01	1.37	20.59	18.53	25.75	2217
5	2021	101	E	1.41	9.71	9.71	165.71	0.9	10.79	1.37	14.80	13.32	17.15	33896
6	2021	96	E	1.17	8.73	8.73	184.31	0.9	9.70	1.37	13.30	11.97	15.05	33896
7	2021	137	SE	1.32	9.09	9.09	177.01	0.9	10.10	1.37	13.85	12.47	15.81	78940
8	2021	123	SE	1.14	9.2	9.20	174.89	0.9	10.22	1.37	14.02	12.62	16.05	78940
9	2021	122	SE	1.07	8.06	8.06	199.63	0.9	8.96	1.37	12.28	11.05	13.64	78940
10	2021	276	W	1.07	6.73	6.73	239.08	0.9	7.48	1.37	10.26	9.23	10.93	3236
11	2021	192	S	0.71	7.71	7.71	208.69	0.9	8.57	1.37	11.75	10.57	12.91	200000
12	2021	329	NW	1.72	9.58	9.58	167.95	0.9	10.64	1.37	14.60	13.14	16.87	2217



Lanjutan Tabel 4.16 Hasil perhitungan parameter gelombang 2021

t	Cek	t min	Limited	Fetch Min	H	T	H	T
(dkt)				(m)	(m)	(dtk)		
10800	Nonfully	2143	Fetch Ltd	2217	0.399	2.07	1.051	4.22
14400	Nonfully	1893	Fetch Ltd	2217	0.579	2.35		
3600	Nonfully	3409	Fetch Ltd	4868	0.708	2.86		
3600	Nonfully	1851	Fetch Ltd	2217	0.619	2.40		
3600	Nonfully	13053	Durasi Ltd	4910	0.614	2.73		
7200	Nonfully	13635	Durasi Ltd	13007	0.877	3.62		
3600	Nonfully	23562	Durasi Ltd	4714	0.555	2.62		
7200	Nonfully	23446	Durasi Ltd	13433	0.950	3.74		
10800	Nonfully	24753	Durasi Ltd	22750	1.051	4.22		
3600	Nonfully	3169	Fetch Ltd	3236	0.318	2.05		
3600	Nonfully	46848	Durasi Ltd	4260	0.431	2.37		
3600	Nonfully	2131	Fetch Ltd	2217	0.406	2.08		



Tabel 4.17 Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2022

bulan	Tahun	derajat	Arah	Tinggi (m)	WindSpd (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)
1	2022	320	NW	1.17	10.38	10.38	155.01	0.9	11.53	1.37	15.82	14.24	18.62	2217
2	2022	342	N	1.22	10.84	10.84	148.43	0.9	12.04	1.37	16.52	14.87	19.64	4868
3	2022	334	NW	0.82	7.04	7.04	228.55	0.9	7.82	1.37	10.73	9.66	11.55	2217
4	2022	335	NW	0.89	7.96	7.96	202.14	0.9	8.84	1.37	12.13	10.92	13.43	2217
5	2022	308	NW	0.94	7.71	7.71	208.69	0.9	8.57	1.37	11.75	10.57	12.91	2217
6	2022	137	SE	1.03	8.27	8.27	194.56	0.9	9.19	1.37	12.60	11.34	14.08	78940
7	2022	139	SE	1.15	8.89	8.89	180.99	0.9	9.88	1.37	13.55	12.19	15.39	78940
8	2022	190	S	1.22	9.56	9.56	168.31	0.9	10.62	1.37	14.57	13.11	16.83	200000
9	2022	158	S	0.91	7.24	7.24	222.24	0.9	8.04	1.37	11.03	9.93	11.95	200000
10	2022	324	NW	1.25	6.68	6.68	240.87	0.9	7.42	1.37	10.18	9.16	10.83	2217
11	2022	329	NW	1.04	7.19	7.19	223.78	0.9	7.99	1.37	10.96	9.86	11.85	2217
12	2022	300	NW	1.19	10.58	10.58	152.08	0.9	11.76	1.37	16.12	14.51	19.06	2217



Lanjutan Tabel 4.17 Hasil perhitungan parameter gelombang 2022

t (dkt)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)	H	T
7200	Nonfully	2062	Fetch Ltd	2217	0.448	2.15	0.901	3.66
3600	Nonfully	3422	Fetch Ltd	4868	0.700	2.85		
3600	Nonfully	2418	Fetch Ltd	2217	0.278	1.84		
7200	Nonfully	2299	Fetch Ltd	2217	0.323	1.93		
10800	Nonfully	2329	Fetch Ltd	2217	0.311	1.91		
3600	Nonfully	24493	Durasi Ltd	4448	0.480	2.48		
7200	Nonfully	23778	Durasi Ltd	13153	0.901	3.66		
3600	Nonfully	42894	Durasi Ltd	4863	0.599	2.71		
7200	Nonfully	48072	Durasi Ltd	11593	0.657	3.23		
3600	Nonfully	2470	Fetch Ltd	2217	0.260	1.80		
7200	Nonfully	2397	Fetch Ltd	2217	0.285	1.85		
10800	Nonfully	2046	Fetch Ltd	2217	0.458	2.17		



Tabel 4.18 Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2023

bulan	Tahun	derajat	Arah	Tinggi	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch
				(m)	(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)
1	2023	332	NW	1.56	12.75	12.75	126.20	0.9	14.17	1.37	19.43	17.49	23.98	2217
2	2023	340	N	1.63	11.21	11.21	143.53	0.9	12.46	1.37	17.08	15.37	20.47	4868
3	2023	340	N	1.45	9.71	9.71	165.71	0.9	10.79	1.37	14.80	13.32	17.15	4868
4	2023	333	NW	1.42	8.74	8.74	184.10	0.9	9.71	1.37	13.32	11.99	15.07	2217
5	2023	157	SE	1.13	8.64	8.64	186.23	0.9	9.60	1.37	13.17	11.85	14.86	78940
6	2023	124	SE	0.97	8.58	8.58	187.53	0.9	9.53	1.37	13.07	11.77	14.73	78940
7	2023	122	SE	1.31	8.93	8.93	180.18	0.9	9.92	1.37	13.61	12.25	15.47	78940
8	2023	98	E	1.26	10.08	10.08	159.62	0.9	11.20	1.37	15.36	13.82	17.96	33896
9	2023	101	E	1.04	9.71	9.71	165.71	0.9	10.79	1.37	14.80	13.32	17.15	33896
10	2023	104	E	0.93	9.46	9.46	170.08	0.9	10.51	1.37	14.42	12.97	16.61	33896
11	2023	267	W	0.86	7.70	7.70	208.96	0.9	8.56	1.37	11.73	10.56	12.89	3236
12	2023	298	NW	0.77	7.86	7.86	204.71	0.9	8.73	1.37	11.98	10.78	13.22	2217

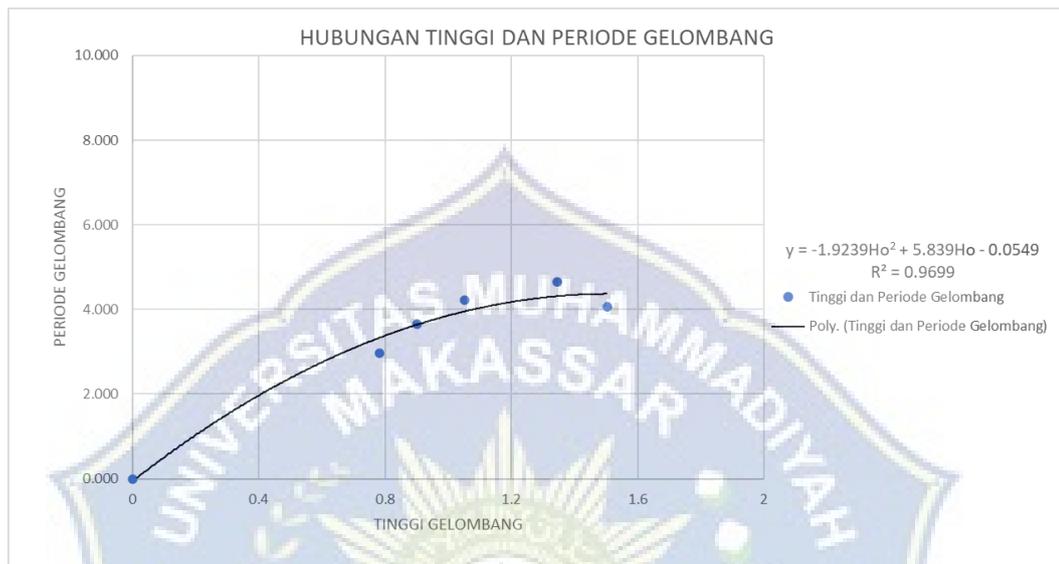


Lanjutan Tabel 4.18 Hasil perhitungan parameter gelombang 2023

t	Cek	t min	Limited	Fetch Min	H	T	H	T
(dkt)				(m)	(m)	(dtk)		
14400	Nonfully	1895	Fetch Ltd	2217	0.577	2.34	1.344	4.66
3600	Nonfully	3375	Fetch Ltd	4868	0.729	2.89		
7200	Nonfully	3580	Fetch Ltd	4868	0.611	2.72		
3600	Nonfully	2212	Fetch Ltd	2217	0.362	2.01		
3600	Nonfully	24058	Durasi Ltd	4569	0.513	2.54		
7200	Nonfully	24127	Durasi Ltd	12869	0.854	3.58		
10800	Nonfully	23734	Durasi Ltd	24231	1.230	4.50		
3600	Nonfully	12854	Durasi Ltd	5024	0.650	2.80		
7200	Nonfully	13053	Durasi Ltd	13887	1.032	3.86		
10800	Nonfully	13193	Durasi Ltd	25105	1.344	4.66		
3600	Nonfully	3169	Fetch Ltd	3236	0.318	2.05		
3600	Nonfully	2608	Fetch Ltd	2217	0.221	1.70		



Setelah mendapatkan hasil analisis parameter gelombang pada tahun 2019-2023 kemudian dibuatkan grafik hubungan tinggi dan periode gelombang untuk mendapatkan hasil persamaan nilai y



**Gambar 4.17** Grafik hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang

Berdasarkan hasil grafik hubungan tinggi dan periode gelombang pada tahun 2019-2023 diperoleh hasil persamaan nilai  $y = -1,9239 * Ho^2 + 5,839 * Ho - 0,0549$

#### 1. Panjang Gelombang

##### a. Januari

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan januari 2023 yaitu 1.56 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 1,56^2 + 5,839 * 1,56 - 0,0549$$

$$T_0 = 4,37 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan januari 2023 yaitu 4,37 detik, panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 19,09$$

$$L_0 = 29,78 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } L &= \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0} \\ &= \frac{8}{29,78} \\ &= 0,2686 \\ d/L &= 0,28414 \text{ (didapat nilai } d/L \text{ dengan di interpolasi)} \end{aligned}$$

$$L = \frac{8}{0,28414}$$

$$L = 28,15 \text{ m}$$

b. Februari

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Di mana:

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan februari 2023 yaitu 1.63 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 1,63^2 + 5,839 * 1,63 - 0,0549$$

$$T_0 = 4,34 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan februari 2023 yaitu 4,34 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 18,83$$

$$L_0 = 29,37 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0}$$

$$= \frac{8}{29,37}$$

$$= 0,2723$$

$$d/L = 0,28741 \text{ (didapat nilai } d/L \text{ dengan di interpolasi)}$$

$$L = \frac{8}{0,28741}$$

$$L = 27,83 \text{ m}$$

c. Maret

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan maret 2023 yaitu 1.45 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 1,45^2 + 5,839 * 1,45 - 0,0549$$

$$T_0 = 4,36 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan maret 2023 yaitu 4,36 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 19,00$$

$$L_0 = 29,64 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} &\Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0} \\ &= \frac{8}{29,64} \\ &= 0,2699 \end{aligned}$$

$d/L = 0,28530$  (didapat nilai  $d/L$  dengan di interpolasi)

$$L = \frac{8}{0,23221}$$

$$L = 28,04 \text{ m}$$

d. April

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan april 2023 yaitu 1.42 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 1,42^2 + 8,839 * 1,42 - 0,0549$$

$$T_0 = 4,35 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan april 2023 yaitu 4,35 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 18,92$$

$$L_0 = 29,51 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0}$$

$$= \frac{8}{29,51}$$

$$= 0,2710$$

$$d/L = 0,28627 \text{ (didapat nilai } d/L \text{ dengan di interpolasi)}$$

$$L = \frac{8}{0,28627}$$

$$L = 27,94 \text{ m}$$

e. Mei

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan mei 2023 yaitu 1.13 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 1,13^2 + 5,839 * 1,13 - 0,0549$$

$$T_0 = 4,08 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan mei 2023 yaitu 4.08 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 16,64$$

$$L_0 = 25,95 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0}$$

$$= \frac{8}{25,95}$$

$$= 0,3082$$

$$d/L = 0,31948 \text{ (didapat nilai } d/L \text{ dengan di interpolasi)}$$

$$L = \frac{8}{0,31948}$$

$$L = 25,05 \text{ m}$$

f. Juni

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan juni 2023 yaitu 0.97 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 0,97^2 + 5,839 * 0,97 - 0,0549$$

$$T_0 = 3,79 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan juni 2023 yaitu 3.79 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 16,36$$

$$L_0 = 22,71 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0}$$

$$= \frac{8}{22,71}$$

$$= 0,3522$$

$d/L = 0,35992$  (didapat nilai  $d/L$  dengan di interpolasi)

$$L = \frac{8}{0,35992}$$

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

g. Juli

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan juli 2023 yaitu 1.31 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 1,31^2 + 5,839 * 1,31 - 0,0549$$

$$T_0 = 4,48 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan juli 2023 yaitu 4,48 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 18,31$$

$$L_0 = 28,56 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0}$$

$$= \frac{8}{28,56}$$

$$= 0,2801$$

$d/L = 0,29431$  (didapat nilai  $d/L$  dengan di interpolasi)

$$L = \frac{8}{0,29431}$$

$$L = 27,18 \text{ m}$$

h. Agustus

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan agustus 2023 yaitu 1.26 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 1,26^2 + 5,839 * 1,26 - 0,0549$$

$$T_0 = 4,24 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan Agustus 2023 yaitu 4,24 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 17,97$$

$$L_0 = 28,03 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0}$$

$$= \frac{8}{28,03}$$

$$= 0,2854$$

$d/L = 0,29104$  (didapat nilai  $d/L$  dengan di interpolasi)

$$L = \frac{8}{0,29104}$$

$$L = 27,48 \text{ m}$$

i. September

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan September 2023 yaitu 1.04 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 1,04^2 + 5,839 * 1,04 - 0,0549$$

$$T_0 = 3,93 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan september 2023 yaitu 3,93 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 15,44$$

$$L_0 = 24,08 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0}$$

$$= \frac{8}{24,08}$$

$$= 0,3322$$

$$d/L = 0,34142 \text{ (didapat nilai } d/L \text{ dengan di interpolasi)}$$

$$L = \frac{8}{0,34142}$$

$$L = 23,43 \text{ m}$$

j. Oktober

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan oktober 2023 yaitu 0.93 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 0,93^2 + 5,839 * 0,93 - 0,0549$$

$$T_0 = 3,70 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan oktober 2023 yaitu 3.70 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 13,69$$

$$L_0 = 21,35 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0}$$

$$= \frac{8}{21,35}$$

$$= 0,3747$$

$d/L = 0,38095$  (didapat nilai  $d/L$  dengan di interpolasi)

$$L = \frac{8}{0,38095}$$

$$L = 21,00 \text{ m}$$

k. November

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan november 2023 yaitu 0.86 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 0,86^2 + 5,839 * 0,86 - 0,0549$$

$$T_0 = 3,54 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan november 2023 yaitu 3,54 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 12,53$$

$$L_0 = 19,54 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0}$$

$$= \frac{8}{19,54}$$

$$= 0,4094$$

$d/L = 0,41383$  (didapat nilai  $d/L$  dengan di interpolasi)

$$L = \frac{8}{0,41383}$$

$$L = 19,33 \text{ m}$$

1. Desember

Untuk menentukan panjang gelombang menggunakan rumus:

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

Dimana :

$L_0$  = Panjang gelombang

$T_0$  = Periode gelombang

Diketahui tinggi gelombang pada bulan desember 2023 yaitu 0.77 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus

$$T_0 = -1,9239 * H_0^2 + 5,839 * H_0 - 0,0549$$

$$T_0 = -1,9239 * 0,77^2 + 5,839 * 0,77 - 0,0549$$

$$T_0 = 3,29 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan desember 2023 yaitu 3,29 detik, maka panjang gelombangnya adalah

$$L_0 = 1,56 * T_0^2$$

$$L_0 = 1,56 * 10,82$$

$$L_0 = 16,87 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } L = \frac{d}{d/L} \Rightarrow d/L = \frac{d}{L_0}$$

$$= \frac{8}{16,87}$$

$$= 0,4742$$

$d/L = 0,47658$  (didapat nilai  $d/L$  dengan di interpolasi)

$$L = \frac{8}{0,47658}$$

$$L = 16,78 \text{ m}$$

**Tabel 4.19** Hasil Perhitungan Periode dan Panjang Gelombang Tahun 2019

Tahun	Bulan	Ho (m)	To (m/s)	L (m)
2019	Januari	0.86	3.54	19.55
	Februari	0.74	3.21	16.07
	Maret	1.41	4.35	29.52
	April	0.69	3.06	14.60
	Mei	0.96	3.78	22.28
	Juni	1.22	4.21	27.64
	Juli	1.25	4.24	28.03
	Agustus	1.32	4.30	28.84
	September	1.11	4.06	25.71
	Oktober	0.92	3.69	21.23
	November	0.68	3.03	14.23
	Desember	0.69	3.06	11.45



**Gambar 4.18** Grafik Tinggi Gelombang Tahun 2019



**Gambar 4.19** Grafik Panjang Gelombang Tahun 2019

**Tabel 4.20** Hasil Perhitungan Periode dan Panjang Gelombang Tahun 2020

Tahun	Bulan	Ho (m)	To (m/s)	L (m)
2020	Januari	1.71	4.30	28.84
	Februari	1.66	4.34	29.37
	Maret	1.33	4.31	28.97
	April	0.83	3.47	18.78
	Mei	1.14	4.10	26.22
	Juni	1.36	4.33	29.23
	Juli	1.42	4.35	29.51
	Agustus	1.14	4.10	26.22
	September	1.01	3.88	23.48
	Oktober	1.15	4.12	26.47
	November	0.79	3.36	17.60
	Desember	1.60	4.36	29.51

**Gambar 4.20** Grafik Tinggi Gelombang Tahun 2020



**Gambar 4.21** Grafik Panjang Gelombang Tahun 2020

**Tabel 4.21** Hasil Perhitungan Periode dan Panjang Gelombang Tahun 2021

Tahun	Bulan	$H_o$ (m)	$T_o$ (m/s)	$L$ (m)
2021	Januari	1.78	4.24	28.03
	Februari	1.67	4.33	29.23
	Maret	1.57	4.37	29.78
	April	1.48	4.37	29.78
	Mei	1.41	4.35	29.52
	Juni	1.17	4.14	26.72
	Juli	1.32	4.30	28.84
	Agustus	1.14	4.10	26.22
	September	1.07	3.99	24.84
	Oktober	1.07	3.99	24.84
	November	0.71	3.12	15.18
	Desember	1.72	4.29	28.84



**Gambar 4.22** Grafik Tinggi Gelombang Tahun 2021



**Gambar 4.23** Grafik Panjang Gelombang Tahun 2021

**Tabel 4.22** Hasil Perhitungan Periode dan Panjang Gelombang Tahun 2022

Tahun	Bulan	Ho (m)	To (m/s)	L (m)
2022	Januari	1.17	4.13	26.59
	Februari	1.22	4.20	27.51
	Maret	0.82	3.43	18.34
	April	0.89	3.61	20.32
	Mei	0.94	3.72	21.57
	Juni	1.03	3.91	23.83
	Juli	1.15	4.11	26.34
	Agustus	1.22	4.20	27.51
	September	0.91	3.66	20.88
	Oktober	1.25	4.23	27.90
	November	1.04	3.93	24.08
	Desember	1.19	4.16	26.98

**Gambar 4.24** Grafik Tinggi Gelombang Tahun 2022



**Gambar 4.25** Grafik Panjang Gelombang Tahun 2022

**Tabel 4.23** Hasil Perhitungan Periode dan Panjang Gelombang Tahun 2023

Tahun	Bulan	$H_o$ (m)	$T_o$ (m/s)	L (m)
2023	Januari	1.56	4.38	28.15
	Februari	1.63	4.34	27.83
	Maret	1.45	4.36	28.04
	April	1.42	4.35	27.94
	Mei	1.13	4.08	25.04
	Juni	0.97	3.79	22.22
	Juli	1.31	4.28	27.18
	Agustus	1.26	4.24	27.48
	September	1.04	3.93	23.43
	Oktober	0.93	3.70	21.00
	November	0.86	3.54	19.33
	Desember	0.77	3.29	16.78



**Gambar 4.26** Grafik Tinggi Gelombang Tahun 2023



**Gambar 4.27** Grafik Panjang Gelombang Tahun 2023



Gambar 4.28 Grafik Gabungan Tinggi Gelombang Tahun 2019-2023



Gambar 4.29 Grafik Gabungan Panjang Gelombang Tahun 2019-2023



Berdasarkan gambar 4.28 dan 4.29 diatas memperlihatkan bahwa nilai tinggi gelombang dan panjang gelombang pada Pelabuhan Bonto Jai di bulan januari 2019 sampai pada bulan desember 2023 atau dalam waktu 5 tahun terakhir menunjukkan bahwa gelombang mengalami fluktuasi atau perubahan setiap bulan dan perubahan tertinggi terjadi pada setiap awal tahun yaitu pada bulan januari, februari, dan maret. Hal ini disebabkan karena pada bulan tersebut kecepatan angin meningkat yang dimana kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap tinggi rendahnya gelombang dan secara langsung juga mempengaruhi Panjang gelombang yang terjadi.

#### **D. Perhitungan Koefisien Refraksi**

Untuk mencari nilai koefisien refraksi ( $K_r$ ) pada gelombang perlunya untuk penentuan derajat gelombang dengan menggunakan metode perhitungan analisis sebagai berikut:

- a. Menentukan sudut datang gelombang ( $\alpha$ ). Sudut datang gelombang ( $\alpha$ ) =  $45^\circ$
- b. Menentukan kedalaman ( $d$ ), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan. Kedalaman diambil pada 8 m
- c. Menentukan tinggi, periode gelombang dan panjang gelombang pada perhitungan sebelumnya.
- d. Untuk nilai panjang gelombang ( $L_0$ ) yang digunakan yakni panjang gelombang pada bulan januari 2023 – desember 2023

Maka perhitungannya yaitu:

1) Januari 2023

$$\frac{d}{L_0} = \frac{8}{29,78} = 0,2686 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/Lo = 0,2686

**Tabel 4.24** Pembacaan nilai d/L dan n

d/Lo	d/L	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh$	$\sinh$	$\cosh$	Ks	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh$	$\cosh$	n
		L	2 $\pi d/L$	2 $\pi d/L$	2 $\pi d/L$			L	4 $\pi d/L$	4 $\pi d/L$	
0.2650	0.28099	1.6287	0.9259	2.4505	2.6467	0.929	0.3778	3.2574	12.972	13.01	0.6035
0.2660	0.28186	1.6341	0.9266	2.4649	2.6601	0.929	0.3759	3.2683	13.114	13.15	0.6026
0.2670	0.28274	1.6396	0.9274	2.4794	2.6735	0.930	0.3740	3.2791	13.257	13.30	0.6018
0.2680	0.28362	1.6450	0.9282	2.4940	2.6870	0.930	0.3722	3.2900	13.407	13.44	0.6010
0.2690	0.28450	1.6504	0.9289	2.5085	2.7006	0.930	0.3703	3.3009	13.550	13.59	0.6002

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk d/Lo = 0,2686 (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di interpolasi), di dapatkan nilai: d/L = 0,28414

Maka L = 28,15 m

Cepat rambat gelombang :

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{29,78}{4,37}$$

$$C_0 = 6,81 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{28,15}{4,37}$$

$$C = 6,44 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{c}{c_0} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^0$$

$$= \frac{6,44}{6,81} \sin 45^0$$

$$= 0,66840 \sim 0,67$$

$$\alpha = 41,94^0$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \frac{\sqrt{\cos^0}}{\cos \alpha} = \sqrt{\frac{\cos 45^0}{\cos 41,94}}$$

$$Kr = 0,974$$

2) Februari 2023

$$\frac{d}{Lo} = \frac{8}{29,37} = 0,2723, m/s$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/Lo = 0,2723

**Tabel 4.25** Pembacaan nilai d/L dan n

d/Lo	d/L	2πd	tanh	sinh	cosh	Ks	K	4πd	sinh	cosh	n
		L	2πd/L	2πd/L	2πd/L			L	4πd/L	4πd/L	
0.2700	0.28539	1.6831	0.1250	2.5983	2.7841	0.932	0.3592	3.3663	14.468	14.50	0.5994
0.2710	0.28627	1.6886	0.1275	2.6135	2.7983	0.933	0.3574	3.3772	14.627	14.66	0.5986
0.2720	0.28715	1.6841	0.1299	2.6289	2.8127	0.933	0.3555	3.3881	14.788	14.82	0.5978
0.2730	0.28803	1.6995	0.1322	2.6443	2.8274	0.933	0.3537	3.3991	14.951	14.99	0.5971
0.2740	0.28892	1.7050	0.1346	2.6598	2.8416	0.934	0.3519	3.41	15.116	15.15	0.5963

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk d/Lo = 0,2723 (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di interpolasi), di dapatkan nilai: d/L = 0,28741

Maka L = 27,83

Cepat rambat gelombang :

$$Co = \frac{Lo}{T} = \frac{29,37}{4,34}$$

$$Co = 6,77 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{27,83}{4,34}$$

$$C = 6,41 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{Co} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^0$$

$$= \frac{6,41}{6,77} \sin 45^0$$

$$= 0,67003 \sim 0,67$$

$$\alpha = 42,06^{\circ}$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos 45^{\circ}}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 45^{\circ}}{\cos 42,06}}$$

$$Kr = 0,975$$

3) Maret 2023

$$\frac{d}{Lo} = \frac{8}{29,64} = 0,2699 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/Lo = 0,2699

**Tabel 4.26** Pembacaan nilai d/L dan n

d/Lo	d/L	2πd	tanh	sinh	cosh	Ks	K	4πd	sinh	cosh	n
		L	2πd/L	2πd/L	2πd/L			L	4πd/L	4πd/L	
0.2680	0.28362	1.6450	0.9282	2.4940	2.6870	0.930	0.3722	3.2900	13.407	13.44	0.6010
0.2690	0.28450	1.6504	0.9289	2.5086	2.7006	0.930	0.3703	3.3009	13.550	13.59	0.6002
0.2700	0.28539	1.6551	0.9296	2.5233	2.7141	0.932	0.3592	3.3163	14.468	14.50	0.5994
0.2710	0.28627	1.6886	0.1275	2.6135	2.7983	0.933	0.3574	3.3772	14.627	14.66	0.5986
0.2720	0.28715	1.6841	0.1299	2.6289	2.8127	0.933	0.3555	3.3881	14.788	14.82	0.5978

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk d/Lo = 0,2699 (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di interpolasi) di dapatkan nilai: d/L = 0,28530

Maka L = 28,04 m

Cepat rambat gelombang :

$$Co = \frac{Lo}{T} = \frac{29,64}{4,36}$$

$$Co = 6,80 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{28,04}{4,36}$$

$$C = 6,43 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{c}{co} \sin \alpha^{\circ}, \text{ untuk } \alpha = 45^{\circ}$$

$$= \frac{6,43}{6,80} \sin 45^{\circ}$$

$$= 0,66894 \sim 0,67$$

$$\alpha = 41,98^{\circ}$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos^0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 45^{\circ}}{\cos 41,98}}$$

$$Kr = 0,975$$

4) April 2023

$$\frac{d}{Lo} = \frac{8}{29,51} = 0,2710 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/Lo = 0,2710

**Tabel 4.27** Pembacaan nilai d/L dan n

d/Lo	d/L	2πd	tanh	sinh	cosh	Ks	K	4πd	sinh	cosh	n
		L	2πd/L	2πd/L	2πd/L			L	4πd/L	4πd/L	
0.2700	0.28539	1.6831	0.1250	2.5983	2.7841	0.932	0.3592	3.3663	14.468	14.50	0.5994
0.2710	0.28627	1.6866	0.1275	2.6135	2.7903	0.933	0.3574	3.3772	14.627	14.66	0.5986
0.2720	0.28715	1.6841	0.1299	2.6289	2.8127	0.933	0.3555	3.3881	14.788	14.82	0.5978
0.2730	0.28803	1.6995	0.1322	2.6443	2.8271	0.933	0.3537	3.3991	14.951	14.99	0.5971
0.2740	0.28892	1.7050	0.1346	2.6598	2.8416	0.934	0.3519	3.41	15.116	15.15	0.5963

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk d/Lo = 0,2710 (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam) di dapatkan

nilai: d/L = 0,28627

Maka L = 27,95

Cepat rambat gelombang :

$$Co = \frac{Lo}{T} = \frac{29,51}{4,35}$$

$$Co = 6,78 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{27,95}{4,35}$$

$$C = 6,43 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{c}{c_0} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^0$$

$$= \frac{6,43}{6,78} \sin 45^0$$

$$= 0,66973 \sim 0,67$$

$$\alpha = 42,04^0$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha^0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 45^0}{\cos 42,04}}$$

$$Kr = 0,975$$

5) Mei 2023

$$\frac{d}{L_0} = \frac{8}{25,95} = 0,3082 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/L<sub>0</sub> = 0,3082

**Tabel 4.28** Pembacaan nilai d/L dan n

d/L <sub>0</sub>	d/L	2πd	tanh	sinh	cosh	K <sub>s</sub>	K	4πd	sinh	cosh	n
		L	2πd/L	2πd/L	2πd/L			L	4πd/L	4πd/L	
0.3050	0.31663	1.9894	0.9580	3.3427	3.4891	0.947	0.2866	3.8432	23.326	22.35	0.5745
0.3060	0.31753	1.9951	0.9585	3.3624	3.508	0.947	0.2851	3.8544	23.591	22.61	0.5738
0.3070	0.31844	2.0008	0.9690	3.9196	4.0452	0.955	0.2472	4.1507	31.711	31.73	0.5732
0.3080	0.31934	2.0065	0.9693	3.9429	4.0677	0.956	0.2458	4.1615	32.077	32.09	0.5726
0.3090	0.32025	2.0122	0.9697	3.9663	4.0904	0.956	0.2445	4.1730	32.447	32.48	0.5720

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk d/L<sub>0</sub> = 0,3082 (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di

interpolasi) di dapatkan nilai: d/L = 0,31948

Maka L = 25,04 m

Cepat rambat gelombang :

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{25,95}{4,08}$$

$$C_o = 6,36 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{25,04}{4,08}$$

$$C = 6,14 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_o} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^0$$

$$= \frac{6,14}{6,36} \sin 45^0$$

$$= 0,68231 \sim 0,68$$

$$\alpha = 43,02^0$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \frac{\sqrt{\cos^0}}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{\cos 45^0}}{\cos 43,02}$$

$$Kr = 0,983$$

6) Juni 2023

$$\frac{d}{L_o} = \frac{8}{22,71} = 0,3522 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/Lo = 0,3522

**Tabel 4.29** Pembacaan nilai d/L dan n

d/Lo	d/L	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh$	$\sinh$	$\cosh$	Ks	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh$	$\cosh$	n
		L	$\frac{2\pi d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$			L	$\frac{4\pi d}{L}$	$\frac{4\pi d}{L}$	
0.3500	0.35788	2.3072	0.9804	4.9734	5.0730	0.967	0.1971	4.6144	44.889	44.89	0.5501
0.3510	0.35881	2.3131	0.9806	5.0033	5.1023	0.967	0.1960	4.6262	45.410	45.52	0.5496
0.3520	0.35974	2.3190	0.9808	5.0334	5.1318	0.967	0.1949	4.6379	45.944	45.96	0.5492
0.3530	0.36068	2.3248	0.9811	5.0636	5.1614	0.967	0.1937	4.6497	46.484	46.30	0.5488
0.3540	0.36161	2.3307	0.9813	5.0941	5.1913	0.968	0.1926	4.6615	47.032	47.04	0.5483

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk d/Lo = 0,3522 (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di

interpolasi), di dapatkan nilai: d/L = 0,35992

Maka L = 22,22

Cepat rambat gelombang :

$$C_o = \frac{L_o}{T} = \frac{22,71}{3,79}$$

$$C_o = 5,99 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{22,22}{3,79}$$

$$C = 5,86 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{c}{c_o} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^0$$

$$= \frac{5,86}{5,99} \sin 45^0$$

$$= 0,69185 \sim 0,69$$

$$\alpha = 43,77^0$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha^0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 45^0}{\cos 43,77}}$$

$$Kr = 0,989$$

7) Juli 2023

$$\frac{d}{L_o} = \frac{8}{28,56} = 0,2801 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/Lo = 0,2801

**Tabel 4.30** Pembacaan nilai d/L dan n

d/Lo	d/L	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh$	$\sinh$	$\cosh$	Ks	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh$	$\cosh$	n
		L	2 $\pi$ d/L	2 $\pi$ d/L	2 $\pi$ d/L			L	4 $\pi$ d/L	4 $\pi$ d/L	
0.2800	0.29423	<del>1.6831</del>	<del>0.1250</del>	<del>2.5983</del>	<del>2.7841</del>	<del>0.932</del>	<del>0.3532</del>	<del>3.3665</del>	<del>14.468</del>	<del>14.50</del>	0.5917
0.2810	0.29512	<del>1.6866</del>	<del>0.1275</del>	<del>2.6135</del>	<del>2.7903</del>	<del>0.933</del>	<del>0.3574</del>	<del>3.3772</del>	<del>14.627</del>	<del>14.60</del>	0.5910
0.2820	0.29601	1.6841	0.1299	2.6289	2.8127	0.933	0.3555	3.3881	14.788	14.82	0.5866
0.2830	0.29690	1.6995	0.1322	2.6443	2.8271	0.933	0.3537	3.3991	14.951	14.99	0.5859
0.2840	0.29779	1.7050	0.1346	2.6598	2.8416	0.934	0.3519	3.41	15.116	15.15	0.5852

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk  $d/L_0 = 0,2801$  (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di interpolasi) di dapatkan nilai:  $d/L = 0,29431$

Maka  $L = 27,18 \text{ m}$

Cepat rambat gelombang :

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{28,56}{4,28}$$

$$C_0 = 6,67 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{27,18}{4,28}$$

$$C = 6,35 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^0$$

$$= \frac{6,35}{6,67} \sin 45^0$$

$$= 0,67294 \sim 0,67$$

$$\alpha = 42,29^0$$

maka nilai Koefisien refraksi ( $K_r$ ) adalah:

$$K_r = \frac{\sqrt{\cos^0}}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{\cos 45^0}}{\cos 42,29}$$

$$K_r = 0,977$$

8) Agustus 2023

$$\frac{d}{L_0} = \frac{8}{28,03} = 0,2854 \text{ m/s}$$

Cari nilai  $d/L$  untuk nilai  $d/L_0 = 0,2854$

**Tabel 4.31** Pembacaan nilai d/L dan n

d/Lo	d/L	2πd	tanh	sinh	cosh	Ks	K	4πd	sinh	cosh	n
		L	2πd/L	2πd/L	2πd/L			L	4πd/L	4πd/L	
0.2850	0.29868	<del>2.0750</del>	<del>0.9690</del>	<del>3.9496</del>	<del>4.0452</del>	0.955	0.2472	<del>4.1507</del>	<del>31.711</del>	<del>31.73</del>	0.5880
0.2860	0.29957	<del>2.0866</del>	<del>0.9695</del>	<del>3.9429</del>	<del>4.0877</del>	0.956	0.2458	4.1615	32.077	32.09	0.5873
0.2870	0.30047	2.0865	0.9697	3.9663	4.0904	0.956	0.2445	4.1730	32.447	32.48	0.5866
0.2880	0.30136	2.0922	0.9700	3.9898	4.1132	0.956	0.2431	4.1845	32.822	32.84	0.5859
0.2890	0.30225	2.0980	0.9703	4.0135	4.1362	0.957	0.2418	4.1960	33.202	33.22	0.5852

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk d/Lo = 0,2854 (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di interpolasi) di dapatkan nilai: d/L = 0,29104

Maka L = 27,48 m

Cepat rambat gelombang :

$$C_o = \frac{L_o}{T} = \frac{28,03}{4,24}$$

$$C_o = 6,61 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{27,48}{4,24}$$

$$C = 6,48 \text{ m/d}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{C}{C_o} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^0 \\ &= \frac{6,48}{6,61} \sin 45^0 \\ &= 0,69323 \sim 0,69 \end{aligned}$$

$$\alpha = 43,88^0$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos^0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 45^0}{\cos 43,88}}$$

$$Kr = 0,990$$

9) September 2023

$$\frac{d}{L_0} = \frac{8}{24,08} = 0,3322 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/Lo = 0,3322

**Tabel 4.32** Pembacaan nilai d/L dan n

d/Lo	d/L	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh$	$\sinh$	$\cosh$	$K_s$	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh$	$\cosh$	n
		L	$\frac{2\pi d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$			L	$\frac{4\pi d}{L}$	$\frac{4\pi d}{L}$	
0.3300	0.33941	2.4253	0.9845	5.6084	5.6968	0.972	0.1755	4.8505	63.9	63.91	0.5599
0.3310	0.34032	2.4312	0.9847	5.6423	5.7302	0.972	0.1745	4.8624	64.663	64.67	0.5594
0.3320	0.34124	2.4371	0.9848	5.6764	5.6764	0.972	0.1735	4.8743	65.435	65.44	0.5589
0.3330	0.34216	2.4431	0.9850	5.7107	5.7976	0.972	0.1725	4.8861	66.217	66.23	0.5584
0.3340	0.34308	2.3390	0.9852	5.7453	5.8316	0.973	0.1715	4.8980	67.009	67.02	0.5579

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk d/Lo = 0,3322 (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di

interpolasi) di dapatkan nilai: d/L = 0,34142

Maka L = 23,43 m

Cepat rambat gelombang :

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{24,08}{3,93}$$

$$C_0 = 6,13 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{23,43}{3,93}$$

$$C = 5,96 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^0$$

$$= \frac{5,96}{6,13} \sin 45^0$$

$$= 0,68802 \sim 0,69$$

$$\alpha = 43,47^0$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \frac{\sqrt{\cos^0}}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{\cos 45^0}}{\cos 43,47}$$

$$Kr = 0,987$$

10) Oktober 2023

$$\frac{d}{L_0} = \frac{8}{21,35} = 0,3747 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/L<sub>0</sub> = 0,3747

**Tabel 4.33** Pembacaan nilai d/L dan n

d/L <sub>0</sub>	d/L	2πd	tanh	sinh	cosh	K <sub>s</sub>	K	4πd	sinh	cosh	n
		L	2πd/L	2πd/L	2πd/L			L	4πd/L	4πd/L	
0.3710	0.37751	3.2766	0.9975	14.070	14.1060	0.993	0.0709	6.6769	396.94	396.9	0.5413
0.3720	0.37845	3.2828	0.9975	14.158	14.193	0.993	0.0705	6.6893	401.89	401.9	0.5409
0.3730	0.37940	3.2889	0.9975	14.246	14.281	0.993	0.0700	6.7017	406.90	406.9	0.5405
0.3740	0.38034	3.2951	0.9976	14.335	14.370	0.993	0.0696	6.7141	411.98	412.0	0.5402
0.3750	0.38128	3.3013	0.9976	14.424	14.459	0.993	0.0692	6.7265	417.11	417.1	0.5398

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk d/L<sub>0</sub> = 0,3747 (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di interpolasi) di dapatkan nilai: d/L = 0,38095

Maka L = 21,00 m

Cepat rambat gelombang :

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{21,35}{3,70}$$

$$C_0 = 5,77 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{21,00}{3,70}$$

$$C = 5,68 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^0$$

$$= \frac{5,68}{5,77} \sin 45^0$$

$$= 0,69551 \sim 0,69$$

$$\alpha = 44,06^0$$

maka nilai Koefisien rekraksi ( $K_r$ ) adalah:

$$K_r = \frac{\sqrt{\cos^0}}{\cos \alpha} = \sqrt{\frac{\cos 45^0}{\cos 44,06}}$$

$$K_r = 0,991$$

11) November 2023

$$\frac{d}{L_o} = \frac{8}{19,54} = 0,4094 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/Lo = 0,4094

**Tabel 4.34** Pembacaan nilai d/L dan n

d/Lo	d/L	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh$	$\sinh$	$\cosh$	Ks	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh$	$\cosh$	n
		L	$\frac{2\pi d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$			L	$\frac{4\pi d}{L}$	$\frac{4\pi d}{L}$	
0.4090	0.41355	2.7857	0.9924	8.0748	8.1365	0.983	0.1229	5.5714	131.48	131.4	0.5288
0.4100	0.41451	2.7918	0.9925	8.1244	8.1857	0.983	0.1232	5.5826	131.01	132.0	0.5285
0.4110	0.41546	2.7979	0.9926	8.1743	8.2352	0.983	0.1224	5.5957	134.63	134.6	0.5282
0.4120	0.41642	2.8039	0.9927	8.2245	8.2851	0.984	0.1207	5.6079	136.28	136.5	0.5279
0.4130	0.41738	0.8100	0.9928	8.2750	8.3352	0.984	0.1200	5.6200	137.95	138.0	0.5277

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk d/Lo = 0,4094 (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di interpolasi) di dapatkan nilai: d/L = 0,41383

Maka L = 19,33 m

Cepat rambat gelombang :

$$C_o = \frac{L_o}{T} = \frac{19,54}{3,54}$$

$$C_o = 5,52 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{19,33}{3,54}$$

$$C = 5,46 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_o} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^0$$

$$= \frac{5,46}{5,52} \sin 45^0$$

$$= 0,69951 \sim 0,70$$

$$\alpha = 44,38^{\circ}$$

maka nilai Koefisien refraksi ( $K_r$ ) adalah:

$$K_r = \frac{\sqrt{\cos^0}}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{\cos 45^{\circ}}}{\cos 44,38}$$

$$K_r = 0,994$$

12) Desember 2023

$$\frac{d}{L_0} = \frac{8}{16,87} = 0,4742 \text{ m/s}$$

Cari nilai  $d/L$  untuk nilai  $d/L_0 = 0,4742$

**Tabel 4.35** Pembacaan nilai  $d/L$  dan  $n$

d/L <sub>0</sub>	d/L	2πd	tanh	sinh	cosh	K <sub>s</sub>	K	4πd	sinh	cosh	n
		L	2πd/L	2πd/L	2πd/L			L	4πd/L	4πd/L	
0.4740	0.47639	<del>3.7739</del>	<del>0.9989</del>	<del>21.703</del>	<del>21.703</del>	<del>0.997</del>	<del>0.0439</del>	<del>7.3477</del>	<del>384.21</del>	<del>348.2</del>	0.5150
0.4750	0.47736	<del>3.8363</del>	<del>0.9991</del>	<del>23.166</del>	<del>23.166</del>	<del>0.997</del>	<del>0.0431</del>	<del>7.6726</del>	<del>4074.3</del>	<del>4074</del>	0.5149
0.4760	0.47834	3.8988	0.9992	24.660	24.660	0.997	0.0405	7.7975	1217.3	1217	0.5147
0.4770	0.47931	3.9619	0.9993	26.252	26.071	0.998	0.0381	7.9225	1379.3	1379	0.5146
0.4780	0.48029	4.0238	0.9994	27.947	27.965	0.998	0.0358	8.0476	1563.1	1563	0.5144

Sumber : Tabel L Triatmojo, 1999 Teknik Pantai

Untuk  $d/L_0 = 0,4742$  (ditabel dilihat yang diberikan kotak hitam lalu di interpolasi) di dapatkan nilai:  $d/L = 0,47658$

Maka  $L = 16,78 \text{ m}$

Cepat rambat gelombang :

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{16,87}{3,29}$$

$$C_0 = 5,13 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{16,78}{3,29}$$

$$C = 5,10 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{c}{C_0} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^{\circ}$$

$$= \frac{5,10}{5,13} \sin 45^{\circ}$$

$$= 0,70333 \sim 0,70$$

$$\alpha = 44,69^{\circ}$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \theta}} = \sqrt{\frac{\cos^2 45^{\circ}}{\cos^2 44,69}}$$

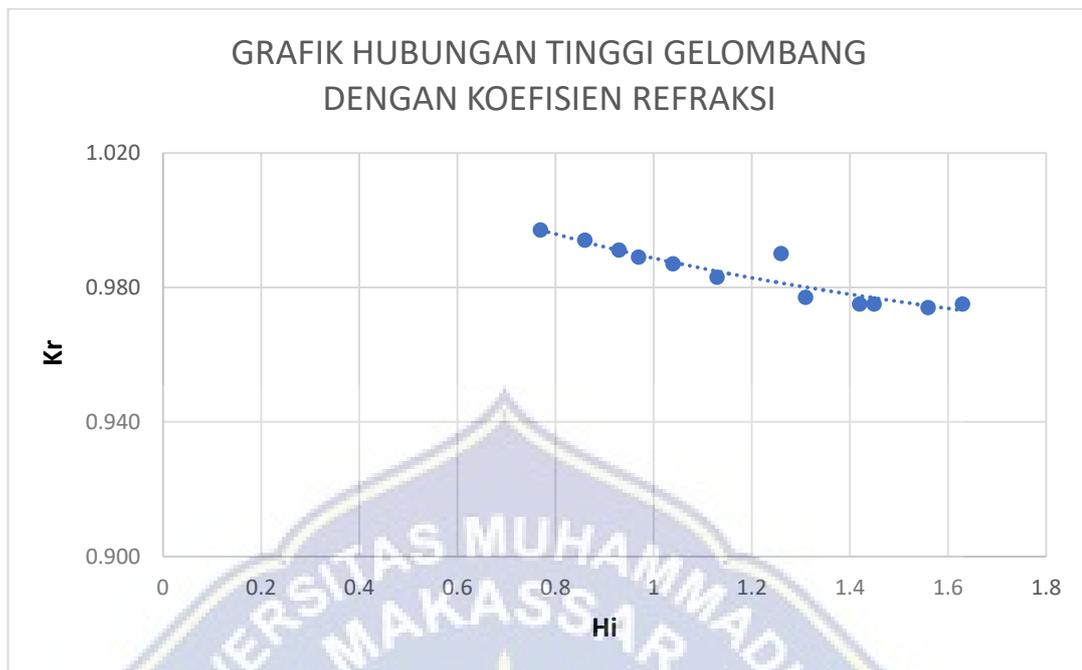
$$Kr = 0,997$$



**Tabel 4.36** Hasil Perhitungan Koefisien Refraksi

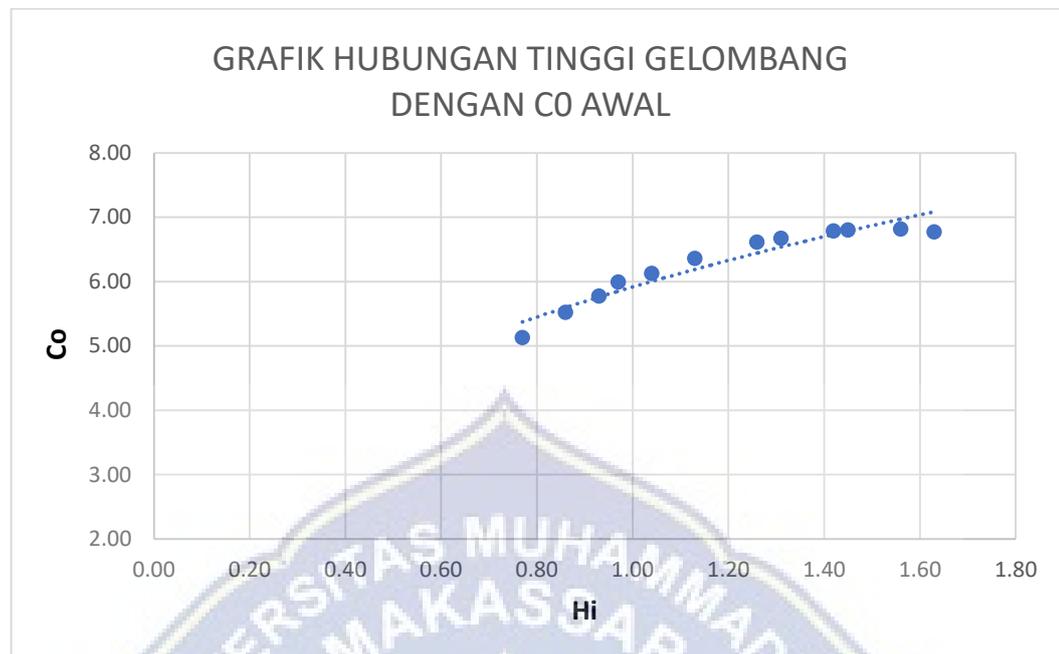
$\alpha^0$	d	Hi	T	Lo	d/Lo	d/L	L	Co	C	Sin $\alpha$	Kr	$\alpha$
45	8	1.56	4.37	29.78	0.2686	0.28414	28.15	6.81	6.44	0.66840	0.974	41.94
45	8	1.63	4.34	29.37	0.2723	0.28741	27.83	6.77	6.41	0.67003	0.975	42.06
45	8	1.45	4.36	29.64	0.2699	0.28530	28.04	6.80	6.43	0.66894	0.975	41.98
45	8	1.42	4.35	29.51	0.2710	0.28627	27.95	6.78	6.43	0.66973	0.975	42.04
45	8	1.13	4.08	25.95	0.3082	0.31948	25.04	6.36	6.14	0.68231	0.983	43.02
45	8	0.97	3.79	22.71	0.3522	0.35992	22.22	5.99	5.86	0.69185	0.989	43.77
45	8	1.31	4.28	28.56	0.2801	0.29431	27.18	6.67	6.35	0.67294	0.977	42.29
45	8	1.26	4.24	28.03	0.2854	0.29104	27.48	6.61	6.48	0.69323	0.990	43.88
45	8	1.04	3.93	24.08	0.3322	0.34142	23.43	6.13	5.96	0.68802	0.987	43.47
45	8	0.93	3.70	21.35	0.3747	0.38095	21.00	5.77	5.68	0.69551	0.991	44.06
45	8	0.86	3.54	19.54	0.4094	0.41383	19.33	5.52	5.46	0.69951	0.994	44.38
45	8	0.77	3.29	16.87	0.4742	0.47658	16.78	5.13	5.10	0.70333	0.997	44.69





**Gambar 4.30** Grafik hubungan tinggi gelombang dengan koefisien refraksi

Berdasarkan gambar 4.30 dimana nilai  $H_i$  sebesar 0,77 m – 1,63 m dan  $K_r$  sebesar 0,974 – 0,997 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai  $H_i$  maka nilai dari  $K_r$  rendah begitupun sebaliknya semakin rendah nilai  $H_i$  maka nilai dari  $K_r$  besar sehingga arah perubahan gelombang yang bergerak ke arah pelabuhan tidak terlalu jauh terbias dari bangunan pemecah gelombang yang telah rusak dengan rata-rata perubahannya yaitu 0,983.



**Gambar 4.31** Grafik hubungan tinggi gelombang dengan cepat rambat gelombang awal

Berdasarkan gambar 4.31 menunjukkan bahwa cepat rambat gelombang akan semakin besar dengan tinggi gelombang yang menuju ke arah Pelabuhan dengan cepat rambat gelombang awal pada Pelabuhan Bonto Jai sebesar 5,13 – 6,81 dan tinggi gelombangnya berkisar 0,77 m – 1,63 m.



**Gambar 4.32** Grafik perbandingan  $d/L_0$  dengan  $d/H$

Berdasarkan gambar 4.32 menunjukkan bahwa nilai  $d/L_0$  terhadap  $d/H$  pada Pelabuhan Bonto Jai pada bulan januari 2023 sampai pada bulan desember 2023 menunjukkan semakin besar angka  $d/L_0$ , maka  $d/H$  yang ada di Pelabuhan bonto jai juga akan semakin besar nilainya.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan uraian dalam penyelesaian persoalan yang sudah dirumuskan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis dan pengolahan data selama 5 tahun terakhir maka diperoleh data bahwa arah angin dominan dari arah timur yang menghasilkan tinggi gelombang maksimal sebesar 1,78 m dan Panjang gelombang 28.03 m yang terjadi ditahun 2021 pada bulan januari sehingga menjadi penyebab kerusakan bangunan breakwater pada sisi timur atau sisi kiri Pelabuhan Bonto Jai dengan tingkat kerusakan sebesar 40 % atau kategori sedang.
2. Besar koefisien refraksi pada pemecah gelombang di pelabuhan Bonto Jai diperoleh nilai minimum sebesar 0,974 dan nilai maksimum 0,997. Dimana nilai tinggi gelombang berbanding terbalik dengan nilai koefisien refraksi, jika nilai tinggi gelombangnya besar maka nilai koefien refraksinya kecil sebaliknya jika nilai tinggi gelombangnya kecil maka nilai koefisien refraksi yang di peroleh besar.

#### **B. Saran**

1. Meskipun tipe pemecah gelombang sisi miring lebih mudah diperbaiki, namun perlu diperhatikan secara rutin karena kerusakannya dapat terjadi secara berangsur-angsur.

2. Diharapkan hasil studi ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi instansi terkait untuk mengatasi masalah di lokasi studi dan diharapkan dapat digunakan untuk perencanaan bangunan pengaman pantai pada segmen-segmen berikutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, C. (2012). *Perencanaan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Pondok Mimbo Situbondo Jawa Timur*.
- Anggara, P. D., Adrianto, D., Pranowo, W. S., & Alam, T. M. (2017). *Analisis Karakteristik Gelombang Laut Guna Mendukung Data Informasi Operasi Keamanan Laut di Wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara. Jurnal Chart Datum*, 3(2), 107-131
- Danil. 2012. Otoritas Pelabuhan siapkan Rp 9 Miliar Untuk Bantaeng. Diakses pada 17 februari 2024 dari
- Fahrudin. (2017). *Nurdin Abdullah Act Locolly, Think Globally*. Jakarta Selatan:PT Mizan Publika..
- Firza C. (2020). *Analisis Tingkat Kerusakan Pantai Akibat Abrasi di Kabupaten Bengkalis*.
- Kementrian Pekerjaan Umum No 08/SE/M/2010 Tentang pemberlakuan pedoman penilaian kerusakan Pantai dan priorotas penanganannya of engineering & Technology IJET-IJENS Vol: 18 No 01. Makassar
- N.Retraubun, dkk. (2020). Angka Kebutuhan Nyata Operasi dan Pemeliharaan (AKNOP) Kerusakan Pantai Desa Upe/Nuruwe Seram Bagian Barat. Universitas Kristen Indonesia Maluku. *Jurnal Manumata*, 6(1). 25.
- Nontji, A., 2002. *Laut Nusantara*. 3rd ed. Jakarta: Djambatan
- Pond, S. and Pickard, G.L., 1983. *Introductory Dynamical Oceanography*. 2nd ed. Butterworth-Heinemann
- Rabung, F., Muhiddin, A. B., Hatta, M. P., & Malik, S. (2015). *Deformasi Gelombang di Pantai Makassar. Hasil Penelitian Teknologi Terapan, Prosiding*
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2003. "Perencanaan Bangunan Pantai". Beta offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset
- Wattimena, J. D., & Ayal, M. R. (2018). Analisis Perubahan garis Pantai desa Rutong kota Ambon. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(2),115-136

Wirawan and Arman, 2018. Uji Model Fisik Pengaruh Pemecah Gelombang 3 Kubus Beton Berlubang dengan Konfigurasi Lurus dan Zig Zag terhadap Koefisien Transmisi Gelombang. Universitas Muhammadiyah Makassar

Yuwono, N. 1992. Teknik Pantai Volume II. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.







**DATA TINGGI GELOMBANG,  
KECEPATAN ANGIN DAN  
ARAH ANGIN  
TAHUN 2019-2023**

Tahun	Bulan	Tinggi Gelombang	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin
2019	Januari	0.86	7.96	305
	Februari	0.74	5.34	323
	Maret	1.41	11.87	358
	April	0.69	7.45	339
	Mei	0.96	7.6	331
	Juni	1.22	9.66	113
	Juli	1.25	10.12	104
	Agustus	1.32	10.53	122
	September	1.11	10.28	101
	Oktober	0.92	7.5	115
	November	0.68	6.73	273
	Desember	0.59	5.85	317
2020	Januari	1.71	8.06	355
	Februari	1.66	8.89	339
	Maret	1.33	9.86	305
	April	0.83	7.4	342
	Mei	1.14	8.63	267
	Juni	1.36	10.07	130
	Juli	1.42	11.41	122
	Agustus	1.14	10.17	125
	September	1.01	8.58	133
	Oktober	1.15	8.89	197
	November	0.79	7.19	304
	Desember	1.60	9.71	311
2021	Januari	1.78	9.45	308
	Februari	1.67	12.79	307
	Maret	1.57	10.94	357
	April	1.48	13.51	307
	Mei	1.41	9.71	101
	Juni	1.17	8.73	96
	Juli	1.32	9.09	137
	Agustus	1.14	9.2	123
	September	1.07	8.06	122
	Oktober	1.07	6.73	276
	November	0.71	7.71	192
	Desember	1.72	9.58	329

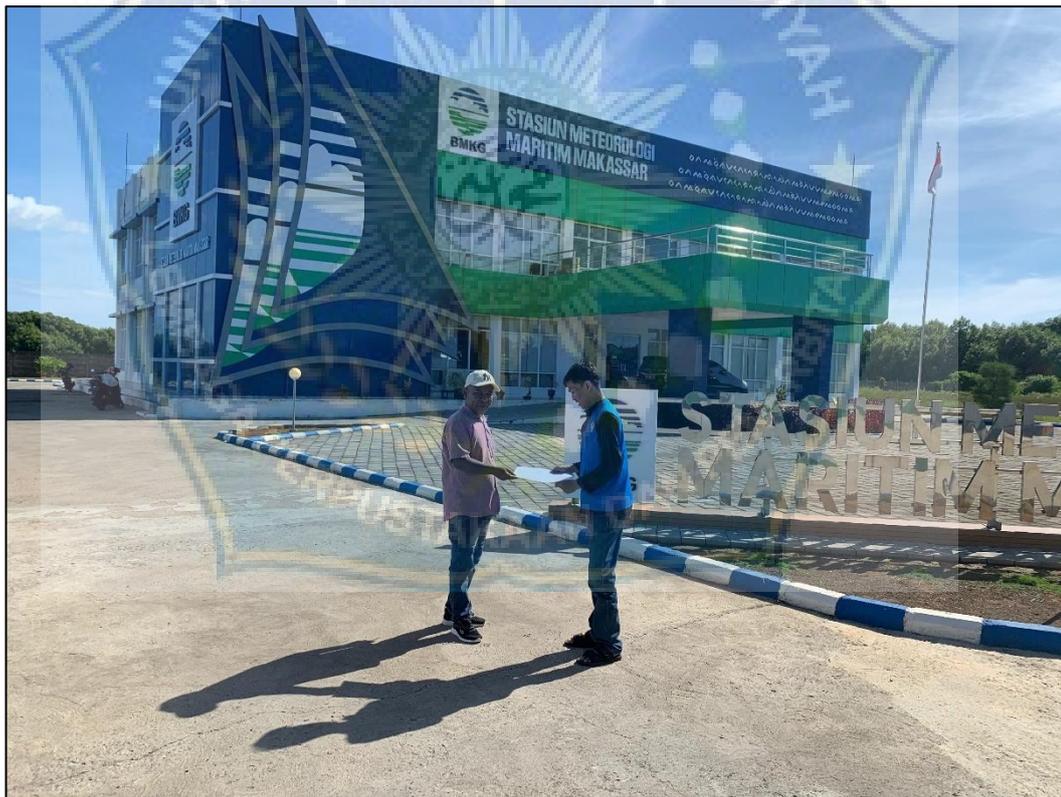
Sumber : Hasil Rekapitan Data BMKG Paotere Makassar

Tahun	Bulan	Tinggi Gelombang	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin
2022	Januari	1.17	10.38	320
	Februari	1.22	10.84	342
	Maret	0.82	7.04	334
	April	0.89	7.96	335
	Mei	0.94	7.71	308
	Juni	1.03	8.27	137
	Juli	1.15	8.89	139
	Agustus	1.22	9.56	190
	September	0.91	7.24	158
	Oktober	1.25	6.68	324
	November	1.04	7.19	329
	Desember	1.19	10.58	300
2023	Januari	1.56	12.75	332
	Februari	1.63	11.21	340
	Maret	1.45	9.71	340
	April	1.42	8.74	333
	Mei	1.13	8.64	157
	Juni	0.97	8.58	124
	Juli	1.31	8.93	122
	Agustus	1.26	10.08	98
	September	1.04	9.71	101
	Oktober	0.93	9.46	104
	November	0.86	7.7	267
	Desember	0.77	7.86	298

Sumber : Hasil Rekapitan Data BMKG Paotere Makassar

**DOKUMENTASI PENYERAHAN  
SURAT PERMOHONAN DATA  
PENELITIAN**





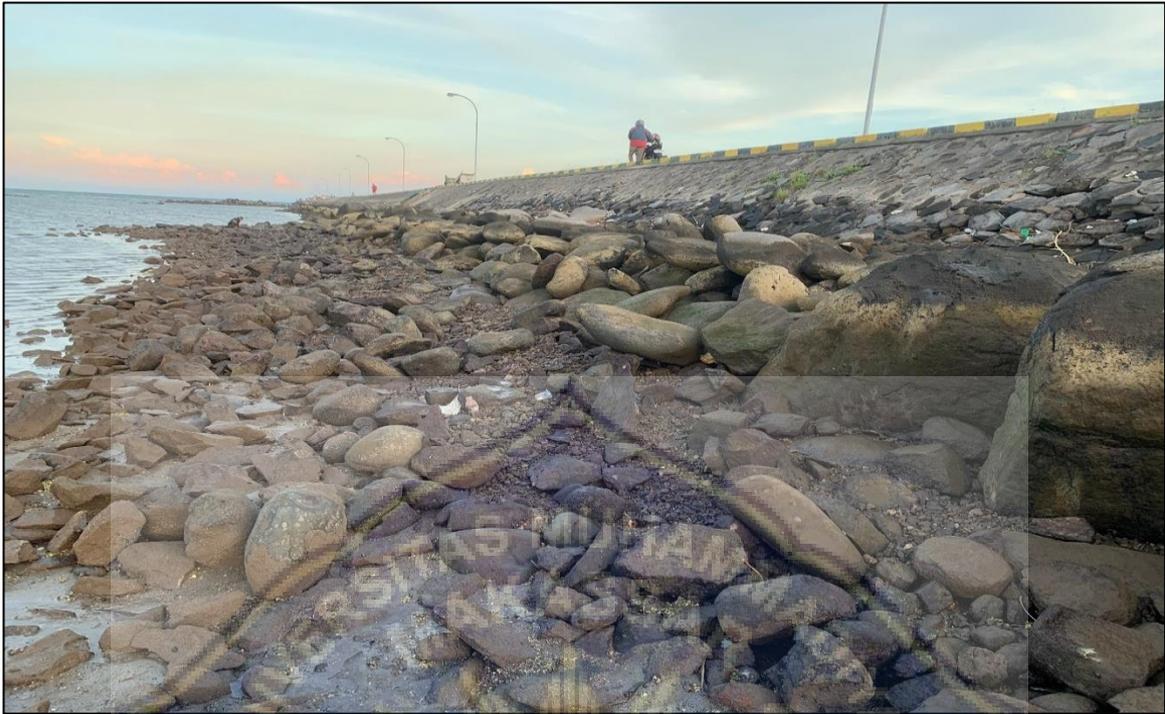




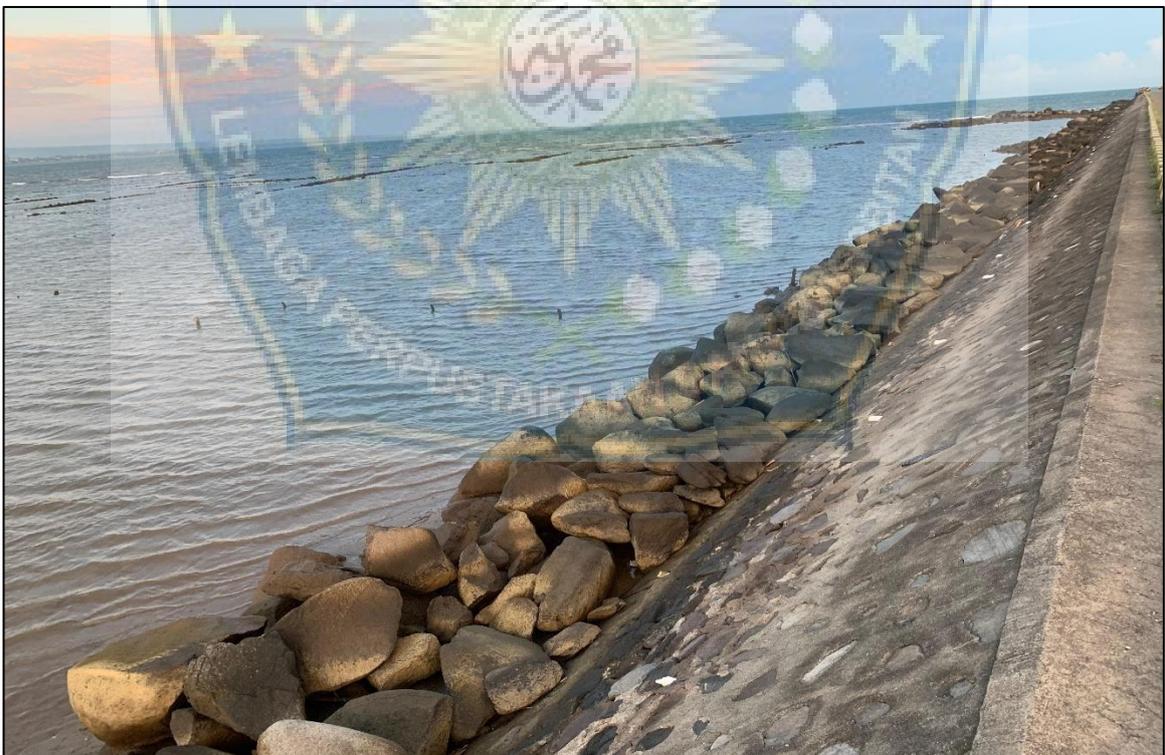
**DOKUMENTASI KONDISI  
LOKASI PENELITIAN**



Kondisi bangunan breakwater yang mengalami kerusakan



Detail kerusakan yang dialami



Kondisi bangunan Breakwater yang masih terawat



**TABEL FUNGSI d/L UNTUK  
PERTAMBAHAN NILAI d/Lo**

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_s$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.2400	0.25922	1.6287	0.9259	2.4505	2.6467	0.929	0.3778	3.2574	12.972	13.01	0.6256
0.2410	0.26008	1.6341	0.9266	2.4649	2.6601	0.929	0.3759	3.2683	13.114	13.15	0.6246
0.2420	0.26094	1.6396	0.9274	2.4794	2.6735	0.930	0.3740	3.2791	13.257	13.30	0.6237
0.2430	0.26181	1.6450	0.9282	2.4940	2.6870	0.930	0.3722	3.2900	13.403	13.44	0.6227
0.2440	0.26267	1.6504	0.9289	2.5086	2.7006	0.930	0.3703	3.3009	13.550	13.59	0.6218
0.2450	0.26354	1.6559	0.9297	2.5234	2.7143	0.931	0.3684	3.3117	13.698	13.74	0.6209
0.2460	0.26441	1.6613	0.9304	2.5382	2.7281	0.931	0.3666	3.3226	13.849	13.89	0.6200
0.2470	0.26527	1.6668	0.9311	2.5531	2.7419	0.931	0.3647	3.3335	14.001	14.04	0.6190
0.2480	0.26614	1.6722	0.9318	2.5681	2.7559	0.932	0.3629	3.3444	14.155	14.19	0.6181
0.2490	0.26701	1.6777	0.9326	2.5831	2.7699	0.932	0.3610	3.3553	14.310	14.35	0.6172
0.2500	0.26788	1.6831	0.9333	2.5983	2.7841	0.932	0.3592	3.3663	14.468	14.50	0.6163
0.2510	0.26875	1.6886	0.9340	2.6135	2.7983	0.933	0.3574	3.3772	14.627	14.66	0.6154
0.2520	0.26962	1.6941	0.9347	2.6289	2.8127	0.933	0.3555	3.3881	14.788	14.82	0.6146
0.2530	0.27049	1.6995	0.9354	2.6443	2.8271	0.933	0.3537	3.3991	14.951	14.99	0.6137
0.2540	0.27136	1.7050	0.9360	2.6598	2.8416	0.934	0.3519	3.4100	15.116	15.15	0.6128
0.2550	0.27223	1.7105	0.9367	2.6754	2.8562	0.934	0.3501	3.4210	15.283	15.32	0.6119
0.2560	0.27311	1.7160	0.9374	2.6911	2.8709	0.934	0.3483	3.4319	15.452	15.48	0.6111
0.2570	0.27398	1.7215	0.9380	2.7069	2.8857	0.935	0.3465	3.4429	15.623	15.66	0.6102
0.2580	0.27485	1.7269	0.9387	2.7228	2.9006	0.935	0.3448	3.4539	15.796	15.83	0.6093
0.2590	0.27573	1.7324	0.9393	2.7388	2.9156	0.935	0.3430	3.4649	15.971	16.00	0.6085
0.2600	0.27660	1.7379	0.9400	2.7549	2.9308	0.936	0.3412	3.4759	16.148	16.18	0.6076
0.2610	0.27748	1.7434	0.9406	2.7710	2.9460	0.936	0.3394	3.4869	16.327	16.36	0.6068
0.2620	0.27835	1.7489	0.9413	2.7873	2.9612	0.936	0.3377	3.4979	16.508	16.54	0.6059
0.2630	0.27923	1.7545	0.9419	2.8036	2.9766	0.937	0.3359	3.5089	16.691	16.72	0.6051
0.2640	0.28011	1.7600	0.9425	2.8201	2.9921	0.937	0.3342	3.5199	16.876	16.91	0.6043
0.2650	0.28099	1.7655	0.9431	2.8366	3.0078	0.937	0.3325	3.5310	17.064	17.09	0.6035
0.2660	0.28186	1.7710	0.9437	2.8533	3.0235	0.938	0.3307	3.5420	17.254	17.28	0.6026
0.2670	0.28274	1.7765	0.9443	2.8701	3.0393	0.938	0.3290	3.5531	17.446	17.47	0.6018
0.2680	0.28362	1.7821	0.9449	2.8869	3.0552	0.938	0.3273	3.5641	17.640	17.67	0.6010
0.2690	0.28450	1.7876	0.9455	2.9039	3.0712	0.939	0.3256	3.5752	17.837	17.87	0.6002

## LAMPIRAN I

385

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_s$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.2700	0.28539	1.7931	0.9461	2.9209	3.0873	0.939	0.3239	3.5863	18.036	18.06	0.5994
0.2710	0.28627	1.7987	0.9467	2.9381	3.1036	0.939	0.3222	3.5973	18.237	18.26	0.5986
0.2720	0.28715	1.8042	0.9472	2.9553	3.1199	0.940	0.3205	3.6084	18.441	18.47	0.5978
0.2730	0.28803	1.8098	0.9478	2.9727	3.1364	0.940	0.3188	3.6195	18.647	18.67	0.5971
0.2740	0.28892	1.8153	0.9484	2.9901	3.1529	0.940	0.3172	3.6306	18.855	18.88	0.5963
0.2750	0.28980	1.8209	0.9489	3.0077	3.1696	0.941	0.3155	3.6418	19.066	19.09	0.5955
0.2760	0.29069	1.8264	0.9495	3.0254	3.1864	0.941	0.3138	3.6529	19.280	19.31	0.5947
0.2770	0.29157	1.8320	0.9500	3.0432	3.2033	0.941	0.3122	3.6640	19.496	19.52	0.5940
0.2780	0.29246	1.8376	0.9506	3.0610	3.2202	0.942	0.3105	3.6752	19.715	19.74	0.5932
0.2790	0.29335	1.8431	0.9511	3.0790	3.2374	0.942	0.3089	3.6863	19.936	19.96	0.5925
0.2800	0.29423	1.8487	0.9516	3.0971	3.2546	0.942	0.3073	3.6975	20.160	20.19	0.5917
0.2810	0.29512	1.8543	0.9522	3.1154	3.2719	0.943	0.3056	3.7086	20.386	20.41	0.5910
0.2820	0.29601	1.8599	0.9527	3.1337	3.2894	0.943	0.3040	3.7198	20.616	20.64	0.5902
0.2830	0.29690	1.8655	0.9532	3.1521	3.3069	0.943	0.3024	3.7310	20.848	20.87	0.5895
0.2840	0.29779	1.8711	0.9537	3.1707	3.3246	0.944	0.3008	3.7422	21.083	21.11	0.5888
0.2850	0.29868	1.8767	0.9542	3.1893	3.3424	0.944	0.2992	3.7533	21.320	21.34	0.5880
0.2860	0.29957	1.8823	0.9547	3.2081	3.3603	0.944	0.2976	3.7645	21.561	21.58	0.5873
0.2870	0.30047	1.8879	0.9552	3.2270	3.3784	0.945	0.2960	3.7758	21.804	21.83	0.5866
0.2880	0.30136	1.8935	0.9557	3.2460	3.3965	0.945	0.2944	3.7870	22.050	22.07	0.5859
0.2890	0.30225	1.8991	0.9562	3.2651	3.4148	0.945	0.2928	3.7982	22.299	22.32	0.5852
0.2900	0.30315	1.9047	0.9566	3.2843	3.4332	0.946	0.2913	3.8094	22.551	22.57	0.5845
0.2910	0.30404	1.9103	0.9571	3.3037	3.4517	0.946	0.2897	3.8207	22.807	22.83	0.5838
0.2920	0.30493	1.9160	0.9576	3.3231	3.4703	0.946	0.2882	3.8319	23.065	23.09	0.5831
0.2930	0.30583	1.9216	0.9580	3.3427	3.4891	0.947	0.2866	3.8432	23.326	23.35	0.5824
0.2940	0.30673	1.9272	0.9585	3.3624	3.5080	0.947	0.2851	3.8544	23.591	23.61	0.5817
0.2950	0.30762	1.9329	0.9590	3.3823	3.5270	0.947	0.2835	3.8657	23.858	23.88	0.5810
0.2960	0.30852	1.9385	0.9594	3.4022	3.5461	0.948	0.2820	3.8770	24.129	24.15	0.5803
0.2970	0.30942	1.9441	0.9599	3.4223	3.5654	0.948	0.2805	3.8883	24.403	24.42	0.5797
0.2980	0.31032	1.9498	0.9603	3.4425	3.5848	0.948	0.2790	3.8996	24.681	24.70	0.5790
0.2990	0.31122	1.9554	0.9607	3.4628	3.6043	0.949	0.2774	3.9109	24.962	24.98	0.5783

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_1$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.3000	0.31212	1.9611	0.9612	3.4832	3.6239	0.949	0.2759	3.9222	25.246	25.27	0.5777
0.3010	0.31302	1.9668	0.9616	3.5038	3.6437	0.949	0.2744	3.9335	25.534	25.55	0.5770
0.3020	0.31392	1.9724	0.9620	3.5245	3.6636	0.950	0.2730	3.9448	25.825	25.84	0.5764
0.3030	0.31482	1.9781	0.9624	3.5453	3.6836	0.950	0.2715	3.9562	26.119	26.14	0.5757
0.3040	0.31573	1.9838	0.9629	3.5663	3.7038	0.950	0.2700	3.9675	26.417	26.44	0.5751
0.3050	0.31663	1.9894	0.9633	3.5873	3.7241	0.951	0.2685	3.9789	26.719	26.74	0.5745
0.3060	0.31753	1.9951	0.9637	3.6085	3.7445	0.951	0.2671	3.9902	27.025	27.04	0.5738
0.3070	0.31844	2.0008	0.9641	3.6299	3.7651	0.951	0.2656	4.0016	27.334	27.35	0.5732
0.3080	0.31934	2.0065	0.9645	3.6513	3.7858	0.952	0.2641	4.0130	27.647	27.67	0.5726
0.3090	0.32025	2.0122	0.9649	3.6729	3.8066	0.952	0.2627	4.0244	27.963	27.98	0.5720
0.3100	0.32115	2.0179	0.9653	3.6947	3.8276	0.952	0.2613	4.0357	28.284	28.30	0.5713
0.3110	0.32206	2.0236	0.9657	3.7166	3.8487	0.952	0.2598	4.0471	28.608	28.63	0.5707
0.3120	0.32297	2.0293	0.9660	3.7386	3.8700	0.953	0.2584	4.0585	28.936	28.95	0.5701
0.3130	0.32388	2.0350	0.9664	3.7607	3.8914	0.953	0.2570	4.0700	29.269	29.29	0.5695
0.3140	0.32479	2.0407	0.9668	3.7830	3.9129	0.953	0.2556	4.0814	29.605	29.62	0.5689
0.3150	0.32570	2.0464	0.9672	3.8054	3.9346	0.954	0.2542	4.0928	29.946	29.96	0.5683
0.3160	0.32660	2.0521	0.9675	3.8280	3.9564	0.954	0.2528	4.1042	30.290	30.31	0.5677
0.3170	0.32752	2.0578	0.9679	3.8507	3.9784	0.954	0.2514	4.1157	30.639	30.66	0.5672
0.3180	0.32843	2.0636	0.9683	3.8735	4.0005	0.955	0.2500	4.1271	30.992	31.01	0.5666
0.3190	0.32934	2.0693	0.9686	3.8965	4.0228	0.955	0.2486	4.1386	31.349	31.37	0.5660
0.3200	0.33025	2.0750	0.9690	3.9196	4.0452	0.955	0.2472	4.1501	31.711	31.73	0.5654
0.3210	0.33116	2.0808	0.9693	3.9429	4.0677	0.956	0.2458	4.1615	32.077	32.09	0.5649
0.3220	0.33208	2.0865	0.9697	3.9663	4.0904	0.956	0.2445	4.1730	32.447	32.46	0.5643
0.3230	0.33299	2.0922	0.9700	3.9898	4.1132	0.956	0.2431	4.1845	32.822	32.84	0.5637
0.3240	0.33391	2.0980	0.9703	4.0135	4.1362	0.957	0.2418	4.1960	33.202	33.22	0.5632
0.3250	0.33482	2.1037	0.9707	4.0374	4.1594	0.957	0.2404	4.2075	33.586	33.60	0.5626
0.3260	0.33574	2.1095	0.9710	4.0614	4.1827	0.957	0.2391	4.2190	33.975	33.99	0.5621
0.3270	0.33665	2.1153	0.9713	4.0855	4.2061	0.957	0.2377	4.2305	34.369	34.38	0.5615
0.3280	0.33757	2.1210	0.9717	4.1098	4.2298	0.958	0.2364	4.2420	34.767	34.78	0.5610
0.3290	0.33849	2.1268	0.9720	4.1343	4.2535	0.958	0.2351	4.2536	35.171	35.19	0.5605

## LAMPIRAN I

387

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_1$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.3300	0.33941	2.1325	0.9723	4.1589	4.2774	0.958	0.2338	4.2651	35.579	35.59	0.5599
0.3310	0.34032	2.1383	0.9726	4.1837	4.3015	0.959	0.2325	4.2766	35.992	36.01	0.5594
0.3320	0.34124	2.1441	0.9729	4.2086	4.3258	0.959	0.2312	4.2882	36.411	36.42	0.5589
0.3330	0.34216	2.1499	0.9732	4.2336	4.3501	0.959	0.2299	4.2998	36.834	36.85	0.5584
0.3340	0.34308	2.1557	0.9735	4.2589	4.3747	0.960	0.2286	4.3113	37.263	37.28	0.5579
0.3350	0.34400	2.1614	0.9738	4.2843	4.3994	0.960	0.2273	4.3229	37.697	37.71	0.5573
0.3360	0.34493	2.1672	0.9741	4.3098	4.4243	0.960	0.2260	4.3345	38.136	38.15	0.5568
0.3370	0.34585	2.1730	0.9744	4.3355	4.4493	0.960	0.2248	4.3461	38.580	38.59	0.5563
0.3380	0.34677	2.1788	0.9747	4.3614	4.4745	0.961	0.2235	4.3577	39.030	39.04	0.5558
0.3390	0.34769	2.1846	0.9750	4.3874	4.4999	0.961	0.2222	4.3693	39.486	39.50	0.5553
0.3400	0.34862	2.1904	0.9753	4.4136	4.5255	0.961	0.2210	4.3809	39.947	39.96	0.5548
0.3410	0.34954	2.1962	0.9756	4.4399	4.5512	0.962	0.2197	4.3925	40.414	40.43	0.5543
0.3420	0.35047	2.2020	0.9758	4.4665	4.5770	0.962	0.2185	4.4041	40.887	40.90	0.5539
0.3430	0.35139	2.2079	0.9761	4.4932	4.6031	0.962	0.2172	4.4157	41.365	41.38	0.5534
0.3440	0.35232	2.2137	0.9764	4.5200	4.6293	0.962	0.2160	4.4274	41.849	41.86	0.5529
0.3450	0.35324	2.2195	0.9767	4.5470	4.6557	0.963	0.2148	4.4390	42.339	42.35	0.5524
0.3460	0.35417	2.2253	0.9769	4.5742	4.6823	0.963	0.2136	4.4507	42.836	42.85	0.5520
0.3470	0.35510	2.2312	0.9772	4.6016	4.7090	0.963	0.2124	4.4623	43.338	43.35	0.5515
0.3480	0.35603	2.2370	0.9775	4.6291	4.7359	0.964	0.2112	4.4740	43.846	43.86	0.5510
0.3490	0.35696	2.2428	0.9777	4.6568	4.7630	0.964	0.2100	4.4856	44.361	44.37	0.5506
0.3500	0.35788	2.2487	0.9780	4.6847	4.7903	0.964	0.2088	4.4973	44.882	44.89	0.5501
0.3510	0.35881	2.2545	0.9782	4.7128	4.8177	0.964	0.2076	4.5090	45.410	45.42	0.5496
0.3520	0.35974	2.2603	0.9785	4.7410	4.8453	0.965	0.2064	4.5207	45.944	45.96	0.5492
0.3530	0.36068	2.2662	0.9787	4.7694	4.8732	0.965	0.2052	4.5324	46.484	46.50	0.5488
0.3540	0.36161	2.2720	0.9790	4.7980	4.9011	0.965	0.2040	4.5441	47.032	47.04	0.5483
0.3550	0.36254	2.2779	0.9792	4.8268	4.9293	0.965	0.2029	4.5558	47.586	47.60	0.5479
0.3560	0.36347	2.2838	0.9794	4.8558	4.9577	0.966	0.2017	4.5675	48.147	48.16	0.5474
0.3570	0.36440	2.2896	0.9797	4.8849	4.9862	0.966	0.2006	4.5792	48.714	48.73	0.5470
0.3580	0.36534	2.2955	0.9799	4.9142	5.0149	0.966	0.1994	4.5910	49.289	49.30	0.5466
0.3590	0.36627	2.3013	0.9801	4.9437	5.0439	0.966	0.1983	4.6027	49.871	49.88	0.5461

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_s$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.3600	0.36720	2.3072	0.9804	4.9734	5.0730	0.967	0.1971	4.6144	50.460	50.47	0.5457
0.3610	0.36814	2.3131	0.9806	5.0033	5.1023	0.967	0.1960	4.6262	51.057	51.07	0.5453
0.3620	0.36907	2.3190	0.9808	5.0334	5.1318	0.967	0.1949	4.6379	51.660	51.67	0.5449
0.3630	0.37001	2.3248	0.9811	5.0636	5.1614	0.967	0.1937	4.6497	52.272	52.28	0.5445
0.3640	0.37095	2.3307	0.9813	5.0941	5.1913	0.968	0.1926	4.6615	52.890	52.90	0.5441
0.3650	0.37188	2.3366	0.9815	5.1247	5.2214	0.968	0.1915	4.6732	53.517	53.53	0.5437
0.3660	0.37282	2.3425	0.9817	5.1556	5.2517	0.968	0.1904	4.6850	54.151	54.16	0.5433
0.3670	0.37376	2.3484	0.9819	5.1866	5.2821	0.969	0.1893	4.6968	54.793	54.80	0.5429
0.3680	0.37470	2.3543	0.9821	5.2178	5.3128	0.969	0.1882	4.7086	55.443	55.45	0.5425
0.3690	0.37564	2.3602	0.9823	5.2493	5.3437	0.969	0.1871	4.7204	56.101	56.11	0.5421
0.3700	0.37657	2.3661	0.9825	5.2809	5.3747	0.969	0.1861	4.7322	56.767	56.78	0.5417
0.3710	0.37751	2.3720	0.9827	5.3127	5.4060	0.970	0.1850	4.7440	57.441	57.45	0.5413
0.3720	0.37845	2.3779	0.9829	5.3447	5.4375	0.970	0.1839	4.7558	58.124	58.13	0.5409
0.3730	0.37940	2.3838	0.9831	5.3770	5.4692	0.970	0.1828	4.7676	58.815	58.82	0.5405
0.3740	0.38034	2.3897	0.9833	5.4094	5.5011	0.970	0.1818	4.7794	59.515	59.52	0.5402
0.3750	0.38128	2.3956	0.9835	5.4421	5.5332	0.970	0.1807	4.7913	60.224	60.23	0.5398
0.3760	0.38222	2.4016	0.9837	5.4749	5.5655	0.971	0.1797	4.8031	60.941	60.95	0.5394
0.3770	0.38316	2.4075	0.9839	5.5080	5.5980	0.971	0.1786	4.8150	61.667	61.68	0.5390
0.3780	0.38411	2.4134	0.9841	5.5412	5.6307	0.971	0.1776	4.8268	62.402	62.41	0.5387
0.3790	0.38505	2.4193	0.9843	5.5747	5.6637	0.971	0.1766	4.8387	63.146	63.15	0.5383
0.3800	0.38599	2.4253	0.9845	5.6084	5.6968	0.972	0.1755	4.8505	63.900	63.91	0.5380
0.3810	0.38694	2.4312	0.9847	5.6423	5.7302	0.972	0.1745	4.8624	64.663	64.67	0.5376
0.3820	0.38788	2.4371	0.9848	5.6764	5.7638	0.972	0.1735	4.8743	65.435	65.44	0.5372
0.3830	0.38883	2.4431	0.9850	5.7107	5.7976	0.972	0.1725	4.8861	66.217	66.23	0.5369
0.3840	0.38977	2.4490	0.9852	5.7453	5.8316	0.973	0.1715	4.8980	67.009	67.02	0.5365
0.3850	0.39072	2.4550	0.9854	5.7800	5.8659	0.973	0.1705	4.9099	67.810	67.82	0.5362
0.3860	0.39166	2.4609	0.9855	5.8150	5.9004	0.973	0.1695	4.9218	68.622	68.63	0.5359
0.3870	0.39261	2.4669	0.9857	5.8502	5.9351	0.973	0.1685	4.9337	69.443	69.45	0.5355
0.3880	0.39356	2.4728	0.9859	5.8857	5.9700	0.973	0.1675	4.9456	70.275	70.28	0.5352
0.3890	0.39451	2.4788	0.9860	5.9213	6.0052	0.974	0.1665	4.9575	71.117	71.12	0.5349

## LAMPIRAN 1

389

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_2$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.3900	0.39546	2.4847	0.9862	5.9572	6.0406	0.974	0.1655	4.9694	71.970	71.98	0.5345
0.3910	0.39640	2.4907	0.9864	5.9933	6.0762	0.974	0.1646	4.9814	72.833	72.84	0.5342
0.3920	0.39735	2.4966	0.9865	6.0297	6.1120	0.974	0.1636	4.9933	73.707	73.71	0.5339
0.3930	0.39830	2.5026	0.9867	6.0662	6.1481	0.975	0.1627	5.0052	74.592	74.60	0.5336
0.3940	0.39925	2.5086	0.9868	6.1030	6.1844	0.975	0.1617	5.0172	75.488	75.49	0.5332
0.3950	0.40020	2.5146	0.9870	6.1401	6.2210	0.975	0.1607	5.0291	76.395	76.40	0.5329
0.3960	0.40115	2.5205	0.9871	6.1773	6.2578	0.975	0.1598	5.0410	77.313	77.32	0.5326
0.3970	0.40211	2.5265	0.9873	6.2149	6.2948	0.975	0.1589	5.0530	78.243	78.25	0.5323
0.3980	0.40306	2.5325	0.9875	6.2526	6.3321	0.976	0.1579	5.0650	79.184	79.19	0.5320
0.3990	0.40401	2.5385	0.9876	6.2906	6.3696	0.976	0.1570	5.0769	80.137	80.14	0.5317
0.4000	0.40496	2.5444	0.9877	6.3288	6.4073	0.976	0.1561	5.0889	81.102	81.11	0.5314
0.4010	0.40591	2.5504	0.9879	6.3673	6.4453	0.976	0.1552	5.1009	82.079	82.09	0.5311
0.4020	0.40687	2.5564	0.9880	6.4060	6.4836	0.976	0.1542	5.1128	83.068	83.07	0.5308
0.4030	0.40782	2.5624	0.9882	6.4450	6.5221	0.977	0.1533	5.1248	84.070	84.08	0.5305
0.4040	0.40877	2.5684	0.9883	6.4842	6.5608	0.977	0.1524	5.1368	85.084	85.09	0.5302
0.4050	0.40973	2.5744	0.9885	6.5236	6.5998	0.977	0.1515	5.1488	86.110	86.12	0.5299
0.4060	0.41068	2.5804	0.9886	6.5634	6.6391	0.977	0.1506	5.1608	87.150	87.16	0.5296
0.4070	0.41164	2.5864	0.9887	6.6033	6.6786	0.977	0.1497	5.1728	88.202	88.21	0.5293
0.4080	0.41259	2.5924	0.9889	6.6435	6.7184	0.978	0.1488	5.1848	89.268	89.27	0.5290
0.4090	0.41355	2.5984	0.9890	6.6840	6.7584	0.978	0.1480	5.1968	90.347	90.35	0.5288
0.4100	0.41451	2.6044	0.9891	6.7247	6.7987	0.978	0.1471	5.2088	91.439	91.44	0.5285
0.4110	0.41546	2.6104	0.9893	6.7657	6.8392	0.978	0.1462	5.2209	92.545	92.55	0.5282
0.4120	0.41642	2.6164	0.9894	6.8070	6.8800	0.978	0.1453	5.2329	93.665	93.67	0.5279
0.4130	0.41738	2.6225	0.9895	6.8485	6.9211	0.979	0.1445	5.2449	94.798	94.80	0.5277
0.4140	0.41834	2.6285	0.9896	6.8903	6.9625	0.979	0.1436	5.2570	95.946	95.95	0.5274
0.4150	0.41929	2.6345	0.9898	6.9323	7.0041	0.979	0.1428	5.2690	97.109	97.11	0.5271
0.4160	0.42025	2.6405	0.9899	6.9746	7.0459	0.979	0.1419	5.2810	98.286	98.29	0.5269
0.4170	0.42121	2.6465	0.9900	7.0172	7.0881	0.979	0.1411	5.2931	99.477	99.48	0.5266
0.4180	0.42217	2.6526	0.9901	7.0600	7.1305	0.980	0.1402	5.3052	100.68	100.7	0.5263
0.4190	0.42313	2.6586	0.9902	7.1032	7.1732	0.980	0.1394	5.3172	101.91	101.9	0.5261

## LAMPIRAN 1

391

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_s$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.4500	0.45304	2.8465	0.9933	8.5850	8.6430	0.985	0.1157	5.6931	148.40	148.4	0.5192
0.4510	0.45401	2.8526	0.9934	8.6378	8.6955	0.985	0.1150	5.7053	150.22	150.2	0.5190
0.4520	0.45498	2.8587	0.9934	8.6910	8.7483	0.985	0.1143	5.7174	152.06	152.1	0.5188
0.4530	0.45595	2.8648	0.9935	8.7445	8.8015	0.985	0.1136	5.7296	153.93	153.9	0.5186
0.4540	0.45692	2.8709	0.9936	8.7983	8.8549	0.985	0.1129	5.7418	155.82	155.8	0.5184
0.4550	0.45789	2.8770	0.9937	8.8525	8.9088	0.985	0.1122	5.7540	157.73	157.7	0.5182
0.4560	0.45886	2.8831	0.9938	8.9070	8.9629	0.985	0.1116	5.7662	159.67	159.7	0.5181
0.4570	0.45983	2.8892	0.9938	8.9619	9.0175	0.986	0.1109	5.7784	161.63	161.6	0.5179
0.4580	0.46081	2.8953	0.9939	9.0171	9.0724	0.986	0.1102	5.7907	163.61	163.6	0.5177
0.4590	0.46178	2.9014	0.9940	9.0726	9.1276	0.986	0.1096	5.8029	165.62	165.6	0.5175
0.4600	0.46275	2.9075	0.9941	9.1286	9.1832	0.986	0.1089	5.8151	167.66	167.7	0.5173
0.4610	0.46372	2.9137	0.9941	9.1848	9.2391	0.986	0.1082	5.8273	169.72	169.7	0.5172
0.4620	0.46469	2.9198	0.9942	9.2415	9.2954	0.986	0.1076	5.8395	171.81	171.8	0.5170
0.4630	0.46567	2.9259	0.9943	9.2985	9.3521	0.986	0.1069	5.8518	173.92	173.9	0.5168
0.4640	0.46664	2.9320	0.9943	9.3558	9.4091	0.987	0.1063	5.8640	176.06	176.1	0.5167
0.4650	0.46761	2.9381	0.9944	9.4135	9.4665	0.987	0.1056	5.8762	178.23	178.2	0.5165
0.4660	0.46859	2.9442	0.9945	9.4716	9.5243	0.987	0.1050	5.8884	180.42	180.4	0.5163
0.4670	0.46956	2.9503	0.9945	9.5301	9.5824	0.987	0.1044	5.9007	182.64	182.6	0.5162
0.4680	0.47054	2.9565	0.9946	9.5889	9.6409	0.987	0.1037	5.9129	184.89	184.9	0.5160
0.4690	0.47151	2.9626	0.9947	9.6481	9.6998	0.987	0.1031	5.9252	187.17	187.2	0.5158
0.4700	0.47248	2.9687	0.9947	9.7077	9.7591	0.987	0.1025	5.9374	189.48	189.5	0.5157
0.4710	0.47346	2.9748	0.9948	9.7677	9.8187	0.987	0.1018	5.9497	191.81	191.8	0.5155
0.4720	0.47443	2.9810	0.9949	9.8280	9.8787	0.988	0.1012	5.9619	194.18	194.2	0.5154
0.4730	0.47541	2.9871	0.9949	9.8887	9.9392	0.988	0.1006	5.9742	196.57	196.6	0.5152
0.4740	0.47639	2.9932	0.9950	9.9498	10.000	0.988	0.1000	5.9864	199.00	199.0	0.5150
0.4750	0.47736	2.9993	0.9950	10.011	10.061	0.988	0.0994	5.9987	201.45	201.5	0.5149
0.4760	0.47834	3.0055	0.9951	10.073	10.123	0.988	0.0988	6.0110	203.94	203.9	0.5147
0.4770	0.47931	3.0116	0.9952	10.136	10.185	0.988	0.0982	6.0232	206.45	206.5	0.5146
0.4780	0.48029	3.0178	0.9952	10.198	10.247	0.988	0.0976	6.0355	209.00	209.0	0.5144
0.4790	0.48127	3.0239	0.9953	10.261	10.310	0.988	0.0970	6.0478	211.58	211.6	0.5143





**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN**

Alamat kantor: Jl.Sultan Alauddin NO.259 Makassar 90221 Tlp.(0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT**

**UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,  
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:**

Nama : Ibnu Khaldun Habra / M Dika Ramadhana

Nim : 105811115419 / 105811116619

Program Studi : Teknik Sipil Pengairan

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	6 %	10 %
2	Bab 2	16 %	25 %
3	Bab 3	7 %	10 %
4	Bab 4	10 %	10 %
5	Bab 5	4 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 08 Juli 2024

Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,



Mu Khaldun Habra/M Dika Ramadhana  
105811115419/105811116619 BAB I

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.unej.ac.id

Internet Source

3%

2

id.scribd.com

Internet Source

1%

3

media.neliti.com

Internet Source

1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off





Ibnu Khaldun Habra/M Dika  
Ramadhana  
105811115419/105811116619  
**BAB II**  
*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 08-Jul-2024 12:37PM (UTC+0700)  
**Submission ID:** 2413772280  
**File name:** BAB\_II\_-\_2024-07-08T133619.120.docx (802.77K)  
**Word count:** 4981  
**Character count:** 29890

u Khaldun Habra/M Dika Ramadhana  
 05811115419/105811116619 BAB II

## ORIGINALITY REPORT

**16%**

SIMILARITY INDEX

**16%**

INTERNET SOURCES

**0%**

PUBLICATIONS

**3%**

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>adoc.pub</b> Internet Source	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>ejournal.unsrat.ac.id</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>core.ac.uk</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>123dok.com</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>digilibadmin.unismuh.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>knpts.ftsl.itb.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>es.scribd.com</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>doku.pub</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>vdocuments.pub</b> Internet Source	<b>1%</b>

	 edoc.pub Internet Source	1%
11	repository.uma.ac.id Internet Source	1%
12	www.slideshare.net Internet Source	1%
13	adjisutama.files.wordpress.com Internet Source	1%
14	eprints.undip.ac.id Internet Source	1%
<hr/>		
Exclude quotes	<input checked="" type="checkbox"/> On	Exclude matches < 1%
Exclude bibliography	<input checked="" type="checkbox"/> On	





Ibnu Khaldun Habra/M Dika  
Ramadhana  
105811115419/105811116619  
**BAB III**  
*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 08-Jul-2024 12:38PM (UTC+0700)  
**Submission ID:** 2413772663  
**File name:** BAB\_III\_-\_2024-07-08T133654.498.docx (336.05K)  
**Word count:** 436  
**Character count:** 2810

u Khaldun Habra/M Dika Ramadhana  
J5811115419/105811116619 BAB III

ORIGINALITY REPORT

**7** %

SIMILARITY INDEX

**7** %

INTERNET SOURCES

**5** %

PUBLICATIONS

**3** %

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

**1**

[repositori.uin-alauddin.ac.id](http://repositori.uin-alauddin.ac.id)

Internet Source

**7** %

Exclude quotes  Off

Exclude bibliography  Off

Exclude matches  Off





Ibnu Khaldun Habra/M Dika  
Ramadhana  
105811115419/105811116619  
**BAB IV**  
*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 08-Jul-2024 12:39PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2413773065

**File name:** BAB\_IV\_-\_2024-07-08T133823.139.docx (857.66K)

**Word count:** 6423

**Character count:** 29545

Khaldun Habra/M Dika Ramadhana  
 J5811115419/105811116619 BAB IV

ORIGINALITY REPORT

**10%**

SIMILARITY INDEX

**10%**

INTERNET SOURCES

**1%**

PUBLICATIONS

**2%**

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

**1**

[digilibadmin.unismuh.ac.id](http://digilibadmin.unismuh.ac.id)

Internet Source

**8%**

**2**

[edoc.pub](http://edoc.pub)

Internet Source

**1%**

**3**

[docobook.com](http://docobook.com)

Internet Source

**1%**

Exclude quotes  On

Exclude matches  < 1%

Exclude bibliography  On





Ibnu Khaldun Habra/M Dika  
Ramadhana  
105811115419/105811116619  
**BAB V**  
*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 08-Jul-2024 12:40PM (UTC+0700)  
**Submission ID:** 2413773217  
**File name:** BAB\_V\_-\_2024-07-08T133851.599.docx (15.72K)  
**Word count:** 176  
**Character count:** 1088

haldun Habra/M Dika Ramadhana  
311115419/105811116619 BAB V

**SIMILARITY REPORT**

**4%**

SIMILARITY INDEX

**4%**

INTERNET SOURCES

**0%**

PUBLICATIONS

**0%**

STUDENT PAPERS

**PRIMARY SOURCES**

**1**

**core.ac.uk**  
Internet Source

**4%**

Exclude quotes  On  
Exclude bibliography  On

Exclude matches  < 1%

