

**SKRIPSI**

**ANALISIS STABILITAS STRUKTUR *REVETMENT* DI PANTAI PUNAGA  
KABUPATEN TAKALAR**



Disusun Oleh :

**MUSTAZIM**

**105811108920**

**ATHIRA AFDALIAH**

**105811109820**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2024**

**ANALISIS STABILITAS STRUKTUR *REVETMENT* DI PANTAI PUNAGA  
KABUPATEN TAKALAR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Pengairan Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Makassar**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2024**



# FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## PENGESAHAN

Skripsi atas nama **MUSTAZIM** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 11089 20** dan **ATHIRA AFDALIAH** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 11098 20** dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 143/05/A.5-VI/V/45/2024, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 31 Agustus 2024.

Makassar, 26 Safar 1446 H  
31 Agustus 2024 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT., IPU.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST., MT.

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Muhammad Yunus Afr, ST., MT

b. Sekretaris : Dr. Merupah, SP, MP

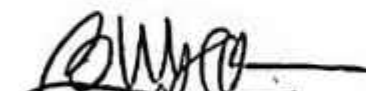
3. Anggota : 1. Ir. Muh Syafaat S. Kuba, ST., MT

2. Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM


3. Farida Gaffar., ST., MM., IPM

Mengetahui :

Pembimbing I

  
Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT, IPM

Pembimbing II

  
Kasmawati, ST., MT



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

NBM : 795 108



## ANALISIS STABILITAS STRUKTUR *REVETMENT* DI PANTAI PUNAGA KABUPATEN TAKALAR

Kasmawati<sup>1</sup>, Mustazim<sup>2</sup>, Andi Makbul Syamsuri<sup>3</sup>, Athira Afdaliah<sup>4</sup>,

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

Email : <sup>1</sup>[kasmaas@unismuh.ac.id](mailto:kasmaas@unismuh.ac.id)

<sup>2</sup>[mustazimalmunawwar@gmail.com](mailto:mustazimalmunawwar@gmail.com)

<sup>3</sup>[amakbulsyamsuri@unismuh.ac.id](mailto:amakbulsyamsuri@unismuh.ac.id)

<sup>4</sup>[athiraafdaliah050502@gmail.com](mailto:athiraafdaliah050502@gmail.com)

**Abstract:** Pantai Punaga juga mempunyai permasalahan yang perlu mendapat perhatian yaitu erosi yang semakin parah akibat kuatnya gelombang dan arus laut. Pada musim tertentu sering terjadi gelombang pasang di beberapa tempat yang dapat mengakibatkan erosi pantai dan kerusakan bangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik yang terjadi di Pantai Punaga dan pengaruh karakteristik tersebut terhadap stabilitas struktur *revetment*. Penelitian ini dilakukan di Pesisir Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan. Pantai Punaga tepatnya terletak antara 119°25'54" Bujur Timur dan 5°34'57" Lintang Selatan. Hasil penelitian ini diperoleh tinggi gelombang ( $H$ ) tertinggi pada tahun 2022 dengan ketinggian 3,5 m dan diperoleh nilai kestabilan pelindung kaki ( $d1/ds = 0,480$ ), sehingga angka kestabilan pelindung kaki ( $Ns3 = 90,5$ ) dapat melindungi bangunan *revetment* dari keruntuhan.

**Keywords:** Karakteristik Gelombang; *revetment*; Perlindungan Jari Kaki;



## KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga dapat menyusun proposal tugas akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Proposal tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah “**Analisis Stabilitas Struktur *Revetment* Di Pantai Punaga Kabupaten Takalar**”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa didalam penulisan Seminar Hasil tugas akhir ini masih terdapat kekurangan – kekurangan, hal ini disebabkan karena penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kukurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan – perhitungan. Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak masukan yang berguna dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu dengan segala ketulusan serta keikhlasan hati, kami mengucapkan terima kasih dengan pengharagaan setinggi tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr.H.Ambo Asse, M.Ag sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Dr.Ir.Hj.Nurnawaty, ST.,MT.,IPM sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Ir.M.Agusalim, S.T., M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr.Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST.,MM.,IPM selaku Pembimbing I dan Ibu Kasmawati, ST.,MT 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 Sepenelitian, Nur Isra & Resky Ahmad atas *support*, bantuan dan kerja samanya hingga Skripsi tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Saudara – saudaraku Mahasiswa Fakultas Teknik khususnya satu pembimbing dan angkatan INTEGRASI 2020 yang dengan dukungan dan dorongan dalam keadaan apapun.
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 tersebut 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



## DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
A. Definisi Pantai.....	6
B. Bangunan Pengaman Pantai ( <i>Revetment</i> ).....	7
C. Angin.....	10
1. Data Angin.....	11
D. <i>Fetch</i> .....	13
E. Gelombang.....	13
1. Gelombang Signifikan.....	14
2. Pemilihan Tinggi Gelombang.....	15
3. Peramalan Gelombang.....	16
4. Gelombang Rencana.....	17



5. Gelombang Pecah.....	17
F. <i>Run Up</i> Gelombang.....	19
G. Fluktasi Muka Air Laut.....	21
1. Pasang Surut.....	22
2. Kenaikan Muka Air Karena Gelombang ( <i>Wave Set-Up</i> ).....	23
3. Kenaikan Muka Air Karena Angin ( <i>Wind Set-Up</i> ).....	23
4. Pemanasan Global.....	24
H. Elevasi Muka Air Laut.....	25
I. Kontrol Stabilitas Pengaman Kaki ( <i>Toe Protection</i> ).....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>29</b>
A. Lokasi Penelitian.....	29
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	29
1. Data Primer.....	30
2. Data Sekunder.....	30
C. Metode Pengambilan Data.....	30
D. Bagan Alur Penelitian.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN</b>	
<b>PEMBAHASAN.....</b>	<b>34</b>
A. Analisa Arah Angin Dan Kecepatan Angin.....	34
B. Perhitungan Mawar Angin ( <i>Windrose</i> ).....	34
C. Perhitungan <i>Fetch Effective</i> .....	39
D. Peramalan Tinggi Dan Periode Gelombang ( <i>Hindcasting</i> ).....	43
E. Pasang Surut.....	55

F. Analisis Stabilitas Pelindung Kaki Bangunan ( <i>Toe Protection</i> ) .....	64
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>67</b>
A. Kesimpulan.....	67
B. Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>68</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Batasan Pantai Sumber: (Triatmodjo, 2016).....	6
<b>Gambar 2.</b> Bangunan Pelindung Pantai.....	7
<b>Gambar 3.</b> <i>Revetment</i> Batu Pecah Pantai Punaga Kab. Takalar .....	8
<b>Gambar 4.</b> Sirkulasi udara di pantai .....	10
<b>Gambar 5.</b> Hubungan antara kecepatan Angin di Laut dan Darat Sumber: (Triatmodjo, 2016) .....	12
<b>Gambar 6.</b> Penentuan Tinggi Gelombang Pecah ( $H_b$ ) Sumber: (Ni Made Krisna Werdi, 2020).....	19
<b>Gambar 7.</b> Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah Sumber: (Ni Made Krisna Werdi, 2020).....	19
<b>Gambar 8.</b> Run Up Gelombang.....	20
<b>Gambar 9.</b> Grafik Run Up Gelombang Sumber: (Rimadantia et al., 2018) .....	21
<b>Gambar 10.</b> Prakiraan kenaikan muka air Sumber (Kaunang et al.,2016) .....	24
<b>Gambar 11.</b> Elevasi muka air laut rencana Sumber: (Ni Made Krisna, 2020) ....	25
<b>Gambar 12.</b> Pelindung Kaki Bangunan .....	26
<b>Gambar 13.</b> Angka stabilitas $Ns^3$ untuk fondasi dan pelindung kaki Sumber: (Triatmodjo, 2016) .....	28
<b>Gambar 14.</b> Peta lokasi penellitian Sumber: Google Earth .....	29
<b>Gambar 15.</b> Bagan Alur Penelitian.....	33
<b>Gambar 16.</b> Diagram windrose tahun 2020.....	35
<b>Gambar 17.</b> Diagram windrose tahun 2021 .....	36
<b>Gambar 18.</b> Diagram windrose tahun 2022.....	37

<b>Gambar 19.</b> Diagram windrose tahun 2023 .....	38
<b>Gambar 20.</b> Garis Panjang Fetch Lokasi Studi.....	39
<b>Gambar 21.</b> Grafik Hubungan Koreksi Angin.....	43
<b>Gambar 22.</b> Grafik Peramalan Gelombang Tahun 2020 .....	50
<b>Gambar 23.</b> Grafik Peramalan Gelombang Tahun 2021 .....	51
<b>Gambar 24.</b> Grafik Peramalan Gelombang Tahun 2022 .....	52
<b>Gambar 25.</b> Grafik Peramalan Gelombang Tahun 2023 .....	53
<b>Gambar 26.</b> Grafik Hubungan Antara Tinggi Dan Periode Gelombang.....	54
<b>Gambar 27.</b> Penentuan Nilai $d_s$ dan $d_l$ Pelindung Kaki Bangunan .....	64
<b>Gambar 28.</b> Bangunan <i>revetment</i> .....	65
<b>Gambar 29.</b> Grafik Angka Stabilitas Rencana Minimum.....	66



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Data Arah Angin .....	35
<b>Tabel 2.</b> Perhitungan <i>Fetch Effective</i> Arah Utara .....	40
<b>Tabel 3.</b> Perhitungan <i>Fetch Effective</i> Arah Barat Daya.....	40
<b>Tabel 4.</b> Perhitungan <i>Fetch Effective</i> Arah Barat .....	41
<b>Tabel 5.</b> Perhitungan <i>Fetch Effective</i> Arah Barat Laut.....	42
<b>Tabel 6.</b> Data <i>Fetch</i> Lokasi Studi.....	42
<b>Tabel 7.</b> Rekap Hitungan Parameter Gelombang Tahun 2020 .....	44
<b>Tabel 8.</b> Rekap Hitungan Parameter Gelombang Tahun 2021 .....	45
<b>Tabel 9.</b> Rekap Perhitungan Parameter Gelombang Tahun 2022 .....	46
<b>Tabel 10.</b> Rekap hitungan Parameter Gelombang Tahun 2023 .....	47
<b>Tabel 11.</b> Rekap tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) dalam kurun waktu 4 tahun .....	54
<b>Tabel 12.</b> Data Pasang Surut 29 hari interval 1 jam BMKG Paotere .....	56
<b>Tabel 13.</b> Data pasang surut 29 hari interval 1 jam .....	57
<b>Tabel 14.</b> Hasil Perhitungan Harga $X_1$ , $Y_1$ , $X_2$ , $Y_2$ , $X_4$ dan $Y_4$ dari skema 2 BMKG Paotere.....	59
<b>Tabel 15.</b> Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y indeks ke satu dari skema 3 BMKG Paotere.....	60
<b>Tabel 16.</b> Bilangan pengali untuk piantan 29 (29 hari) BMKG Paotere .....	61
<b>Tabel 17.</b> Penyusunan hasil perhitungan besaran X dan Y skema 5 dan 6 BMKG Paotere.....	61
<b>Tabel 18.</b> Konstanta Pasang Surut Pantai Punaga BMKG Paotere .....	61

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Pantai ialah salah satu wilayah yang tidak dapat dipisahkan dari pengaruh laut seperti gelombang, arus dan pasang surut. Pantai juga rentan terhadap perubahan akibat erosi, abrasi, dan dampak aktivitas manusia (Mawardin et al., 2021). Kabupaten Takalar yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki area pantai yang cukup luas, salah satunya di pantai Punaga yang selama ini dimanfaatkan sebagai destinasi pariwisata, terletak di Desa Punaga kecamatan Mangarabombang Kabupaten Takalar. Pantai Punaga merupakan salah satu destinasi wisata bahari yang menawarkan keindahan alam tropis dengan pasir putih dan hembusan angin laut yang sejuk dan dikelilingi oleh tebing yang terbentuk secara alami (Amin, 2022).

Pantai Punaga sering dikunjungi oleh wisatawan karena memiliki panorama yang indah. Namun, Pantai Punaga juga memiliki permasalahan yang perlu mendapat perhatian, yaitu erosi pantai yang semakin parah akibat ombak dan arus laut yang kuat. Pada musim tertentu, sering terjadi hantaman gelombang pasang di beberapa tempat yang dapat mengakibatkan erosi pantai dan kerusakan bangunan. Tanda kerusakan dapat dilihat dari rusaknya bangunan yang berada di pinggir pantai, baik sarana dan prasarana seperti jalan, jembatan serta rumah penduduk. Oleh karena itu untuk mengantisipasi atau meminimalisir hal tersebut perlu adanya bangunan pelindung pantai.

Stabilitas bangunan pengaman pantai *revetment* di Pantai Punaga sangat penting untuk diperhatikan karena menyangkut faktor keamanan dan keselamatan pengunjung pantai. Ketika *revetment* tidak stabil, maka dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan dan berpotensi menimbulkan bahaya bagi pengguna pantai. Maka untuk memastikan bahwa struktur *revetment* ini dapat berfungsi dengan baik, diperlukan analisis stabilitas struktur *revetment* yang akan membantu menentukan apakah struktur pengaman pantai ini dapat bertahan dalam kondisi seperti saat terjadi gelombang tinggi pada musim-musim tertentu.

Oleh karena itu, analisis stabilitas struktur *revetment* di pantai Punaga sangat penting dilakukan untuk memastikan bahwa struktur pengaman pantai ini dapat bertahan dalam kondisi ekstrem dan berfungsi dengan baik untuk mengurangi resiko kerusakan pantai akibat abrasi, dan diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta memberikan manfaat praktis yang melibatkan masyarakat secara umum, terutama bagi para wisatawan yang sering mengunjungi Pantai Punaga.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik gelombang pada pantai Punaga?
2. Bagaimana pengaruh karakteristik gelombang terhadap stabilitas pelindung kaki (*toe protection*) *revetment* di pantai Punaga?

### C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk menganalisis karakteristik gelombang di pantai Punaga.
2. Untuk menganalisis pengaruh karakteristik gelombang terhadap stabilitas pelindung kaki (*toe protection*) *revetment* di pantai Punaga.

### D. Manfaat Penelitian

Sebagai tujuan dari suatu bentuk yang senantiasa diharuskan dapat memberikan kegunaan atau manfaat baik langsung maupun tidak langsung, maka penelitian ini juga diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi yang berguna bagi pihak terkait, seperti pemerintah daerah, pengelola pantai, dan masyarakat setempat, dalam upaya memperbaiki kondisi bangunan pengaman pantai *revetment* dan menjaga keberlanjutan objek wisata yang aman dan nyaman.
2. Menambah pemahaman dan pengetahuan tentang stabilitas bangunan pengaman pantai *revetment* di Pantai Punaga.
3. Memberikan masukan dan rekomendasi bagi pengemban dan penelitian masa depan tentang pengamanan pantai dan pengelolaan sumber daya alam di daerah tersebut.



## E. Batasan Masalah

Agar tujuan penulisan ini mencapai sasaran yang diinginkan dan lebih terarah, maka diberikan batasan-batasan masalah, diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian berfokus pada analisis stabilitas bangunan pengaman pantai *revetment* di Pantai Punaga, dan tidak membahas aspek lain seperti kualitas air, keanekaragaman hayati, dan aktivitas manusia di pantai tersebut.
2. Dalam penelitian ini, data angin yang digunakan diperoleh dari periode 10 tahun
3. Dalam penelitian ini, data pasang surut yang digunakan didasarkan pada pengukuran lapangan selama periode 30 hari.
4. Penelitian ini hanya meliputi area Pantai Punaga, dan tidak mencakup pantai-pantai lainnya di daerah tersebut.

## F. Sistematika Penulisan

Penulisan ini merupakan susunan yang serasi dan teratur oleh karena itu dibuat dengan komposisi bab-bab mengenai pokok-pokok uraian sehingga mencakup pengertian tentang apa dan bagaimana, jadi sistematika penulisan diuraikan sebagai berikut:

**BAB I PENDAHULUAN** yang berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

**BAB II KAJIAN PUSTAKA** yang berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang diperlukan dalam melakukan penelitian

ini, meliputi teori tentang pantai, *revetment*, angin, *fetch*, gelombang, *run up* gelombang, fluktuasi muka air laut, dan elevasi muka air laut.

**BAB III METODE PENELITIAN** yang berisis tentang metode penelitian yang terdiri atas waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, tahapan penelitian, dan bagan alur penelitian.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** yang berisi tentang hasil penelitian yang menguraikan besaran nilai dari hasil analisis.

**BAB V PENUTUP** yang berisi tentang kesimpulan dan dari hasil penelitian, serta saran-saran dari penulis.

**DAFTAR PUSTAKA** mencakup daftar referensi dalam penelitian ini.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Definisi Pantai

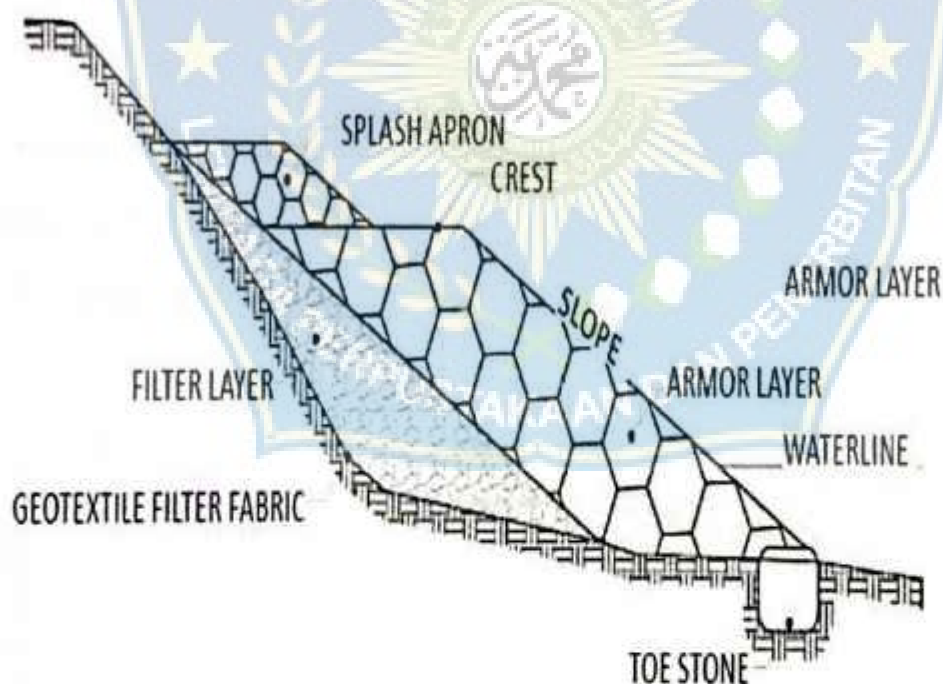
Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Definisi pantai ini sering rancu dengan definisi pesisir. Menurut Bambang Triatmojo (2007), pesisir merupakan daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Proses terbentuknya pantai di pengaruhi oleh litoral transport, yaitu gerak sedimen di daerah dekat pantai oleh gelombang dan arus. (Sudarsono, 2011). Batas pantai adalah suatu wilayah daratan di sepanjang pantai yang luasnya disesuaikan dengan bentuk dan ciri geografis pantai dan berjarak paling sedikit 100 meter ke arah daratan dari muka air laut tertinggi (Triatmodjo, 2016). Untuk memperjelas definisi yang disebutkan sebelumnya, informasi lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 1 terlampir di bawah ini.



**Gambar 1.** Definisi dan Batasan Pantai.  
(Sumber: Triatmodjo, 2016).

## B. Bangunan Pengaman Pantai (Revetment)

Bangunan *revetment* adalah suatu bangunan pengaman pantai yang mana merupakan salah satu solusi untuk menanggulangi erosi di pantai yang banyak aktivitas pariwisatanya. *Revetment* biasanya dibangun pada garis pantai atau daratan yang digunakan untuk melindungi pantai langsung dari serangan gelombang (*overtopping*). Bangunan ini memberikan perlindungan kepada wilayah daratan yang terletak di belakangnya. Bagian bangunan yang menghadap gelombang dapat memiliki bentuk permukaan vertikal atau miring. Gambar *revetment* dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



**Gambar 2.** Bangunan Pelindung Pantai  
(Sumber: titifajr.blogspot.com)

Secara umum, dinding pantai memiliki bentuk vertikal, sedangkan sisi *revetment* berbentuk miring. Ada dua jenis struktur keamanan pantai yang tersedia:

1. Bangunan *revetment overtopping*

Struktur pelindung pantai yang dirancang untuk memungkinkan air meluap, digunakan di area yang kurang sensitif terhadap pengaruh gelombang yang melintasi daratan, terutama luapan air.

2. Bangunan *revetment non overtopping*

Struktur pelindung pantai yang tidak memungkinkan air meluap, direncanakan pada kawasan yang sangat sensitif terhadap dampak luapan gelombang ke daratan, terutama pada kawasan yang sering terjadi luapan.

Bangunan ini diletakkan sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai, bangunan ini dapat dibangun dengan menggunakan berbagai jenis material seperti pasangan bata, beton, tumpukan pipa beton (*buis*), turap, kayu atau batu. Bangunan *revetment* yang sejajar pantai dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Revetment* Batu pecah pantai punaga Kab. Takalar

Secara umum, ada beberapa jenis bangunan yang biasa digunakan sebagai *revetment* dalam konteks ini, antara lain:

1. *Revetment* dengan konstruksi blok beton

Struktur masif ini berfungsi sebagai penghalang terhadap gelombang besar dan tanah keras seperti batu. Selain itu, tujuan dari bangunan ini adalah untuk menjaga struktur yang berlokasi sangat dekat dengan pantai, seperti jalan raya. Keunggulan bangunan jenis ini adalah kerusakan yang tidak terlalu parah dan mudah diperbaiki. Namun kelemahan penggunaan bahan ini adalah biayanya yang relatif tinggi.

2. *Revetment* dengan konstruksi buis beton

Di Indonesia, struktur pelindung pantai yang terbuat dari pipa beton sudah banyak digunakan. Strukturnya terdiri dari tabung beton berbentuk lingkaran, mirip dengan yang sering digunakan untuk membangun gorong-gorong dan menggali sumur. Pipa-pipa ini disusun berjajar atau bertumpuk dan diisi dengan batu.

3. *Revetment* dengan konstruksi batu pecah

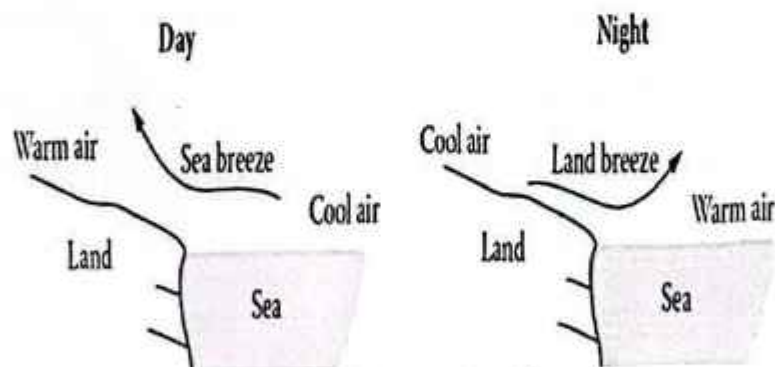
Struktur ini dibangun dari beberapa lapisan, dengan lapisan pelindung terluar terbuat dari batu-batu besar yang dirancang untuk menahan serangan gelombang. Lapisan bawah terdiri dari batu-batu kecil. Strukturnya fleksibel dan dapat beradaptasi terhadap perubahan kondisi tanah yang mendasarinya. Apabila terjadi kerusakan seperti batu pelindung yang hilang dapat diperbaiki dengan menambah batu baru. Oleh karena itu, disarankan untuk menempatkan batu pelindung di dekat lokasi konstruksi.

#### 4. *Revetment* dengan konstruksi turap baja

Bangunan ini menggunakan fondasi berupa tiang sebagai penyangganya dan disertai dengan turap baja sebagai langkah pencegahan erosi tanah pada fondasi akibat hantaman gelombang dan pergerakan air tanah. Pemilihan fondasi bangunan harus dilakukan secara teliti guna mencegah penurunan yang tidak seragam yang berpotensi menyebabkan retakan pada struktur.

#### C. Angin

Angin adalah udara yang bergerak di akibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Permasalahan oleh matahari, maka udara memuai. Tekanan udara yang telah memuai massa jenisnya menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun. Udara disekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Di atas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi. (Viera Valencia & Garcia Giraldo, 2019)



Gambar 4 Sirkulasi udara di pantai  
Sumber: Google

## 1. Data Angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data permukaan laut pada lokasi pembangkitaan. Data ini dapat diperoleh dari pengukuran langsung permukaan laut atau dari pengukuran daratan di dekat lokasi prakiraan kemudian diubah menjadi data angin lepas pantai. Kecepatan angin diukur dengan anemometer dan biasanya dinyatakan dalam knot (Agung et al., 2020). Simpul adalah panjang satu menit garis bujur melintasi garis khatulistiwa dalam satu jam, yaitu  $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,514 \text{ m/s}$ . Untuk prakiraan gelombang biasanya digunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Jika kecepatan angin tidak diukur pada ketinggian tersebut, Anda perlu mengoreksi kecepatan angin menggunakan rumus (Triatmodjo, 2016):

$$U_{(10)} = U_{(y)} (10/y)^{1/7} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

$U_{10}$  : Kecepatan angin pada ketinggian 10 meter

$Y$  : Elevasi terhadap permukaan air

Apabila data angin tersedia berasal dari pengukuran di daratan, diperlukan penyesuaian untuk memperoleh nilai kecepatan angin di perairan. Koreksi ini dilakukan dengan memperhitungkan faktor  $R_L$ , yang nilai-nilainya tertera dalam Gambar 4. Jika data kecepatan angin di suatu perairan memerlukan penyesuaian atau koreksi terhadap elevasi, stabilitas, dan efek lokasi, dapat menggunakan persamaan yang diberikan sebagai berikut:

$$U = R_T \times R_L \times U_{10} \dots \dots \dots (2)$$

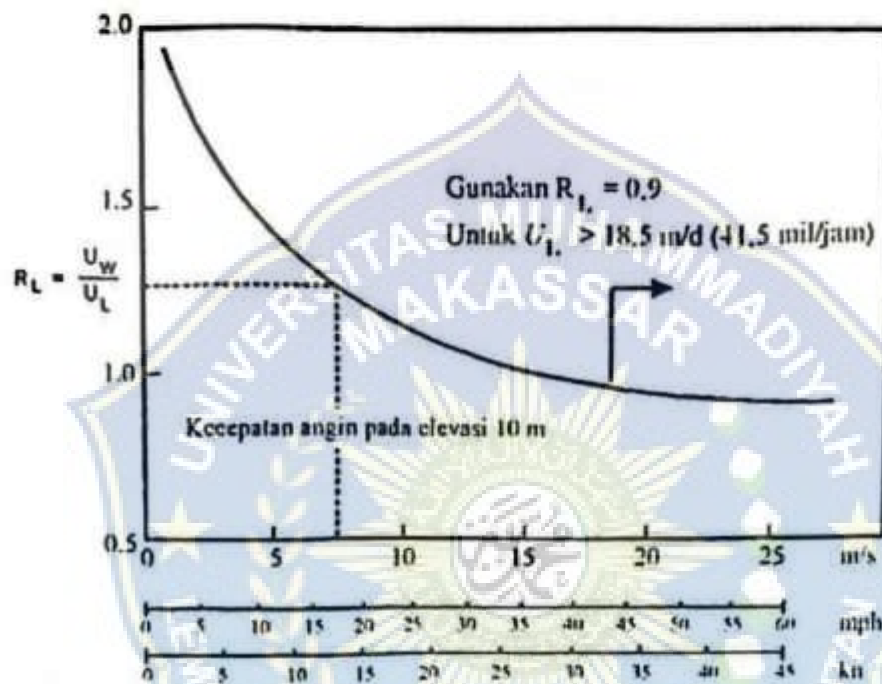


Dengan:

$R_T$  : Koefisien stabilitas perbedaan temperatur antara udara dan airlaut.

$R_L$  : Koefisien koreksi antara kecepatan angin di laut dan darat.

$U_{10}$  : Kecepatan angin pada ketinggian 10 meter



Gambar 5. Hubungan antara Kecepatan Angin di Laut dan Darat.  
(Sumber : Triatmodjo, 2016)

Rumus dan grafik yang digunakan untuk memperoleh karakteristik gelombang melibatkan variabel  $U_A$ , yang merupakan faktor tegangan angin (*Wind-stress factor*) yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Setelah dilakukan konversi kecepatan angin sesuai dengan prosedur yang dijelaskan sebelumnya, kecepatan angin akan dikonversikan menjadi faktor tegangan angin menggunakan rumus berikut ini:

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan:

$U_A$  : Koreksi tegangan angin

$U$  : Kecepatan angin dalam (m/dt)

#### D. Fetch

Fetch merupakan daerah Dimana kecepatan dan arah angin adalah konstan. Jika perubahan arah angin tidak lebih dari  $15^\circ$ , maka masih dianggap konstan. Sama halnya dengan kecepatan angin yang masih dianggap konstan jika perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2,5 m/detik) terhadap kecepatan rerata. (Wattimena & Ayal, 2019).

Fetch dapat diartikan sebagai panjang daerah pembangkit gelombang pada arah datangnya angin. Waktu yang diperlukan untuk terbentuknya gelombang dibatasi oleh panjang *fetch* karena pengaruh angin sehingga mempengaruhi waktu untuk mentransfer energi angin ke gelombang. Fetch juga berpengaruh pada periode dan tinggi gelombang yang dibangkitkan. Gelombang dengan periode panjang akan terjadi, namun umumnya hanya sekisar antara 10 atau 15 detik. Jika bentuk daerah pembangkit tidak teratur, maka untuk keperluan peramalan gelombang perlu ditentukan fetch efektif ( $F_{eff}$ ) dengan persamaan berikut (Wattimena & Ayal, 2019).

Dimana:

$F_{eff}$  : Fetch efektif

$X_i$  : panjang fetch pada arah yang ditinjau

$\alpha$  : sudut antara jalur fetch yang ditinjau dengan arah mata angin.

## E. Gelombang

Gelombang adalah salah satu bentuk energi yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transportasi sedimen. Secara umum bentuk gelombang di alam sangatlah kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidaklinieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random dengan pengertian suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode yang berbeda.

Gelombang 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 terjadi akibat gaya tarik yang diberikan oleh benda-benda langit, terutama matahari dan bulan, terhadap bumi.

Sementara itu, gelombang tsunami terjadi karena peristiwa seperti letusan gunung berapi atau gempa di dasar laut. Selain itu, terdapat juga gelombang yang dihasilkan oleh pergerakan kapal dan berbagai faktor lainnya (Wattimena & Ayal, 2019).

### 1. Gelombang Signifikan

Gelombang yang terjadi di tengah laut akibat tiupan angin sangat tidak beraturan (acak). Gelombang di laut bukan merupakan gelombang tunggal (H, T, dan L bermacam-macam) Pengamatan gelombang yang tidak beraturan tersebut meliputi tinggi, periode dan arah gelombang yang berbeda-beda.

Bentuk gelombang acak tersebut sangat kompleks sehingga perlu dilakukan penyerhanaan dengan idealisasi. Satu cara idealisasi yang sering dipakai adalah dengan membetuk gelombang acak menjadi satu gelombang harmonik yang dapat mewakili gelombang acak tersebut. Gelombang harmonik

ini dikenal sebagai gelombang signifikan yang tingginya dinyatakan sebagai  $H_s$  dan periodenya  $T_s$ . Untuk kebutuhan perencanaan bangunan pantai digunakan signifikan yang memiliki tinggi ( $H_s$ ), periode ( $T_s$ ) dan panjang ( $L_s$ ) yang tetap (Setiyawan et al., 2016).

## 2. Pemilihan Tinggi Gelombang

Dalam menganalisis kestabilan bangunan pantai, penting untuk mempertimbangkan kondisi gelombang yang mempengaruhi bangunan tersebut, apakah gelombang pecah, tidak pecah, atau pecah, serta memperhatikan bentuk dan prioritas bangunan pantai. Setelah karakteristik gelombang ditentukan, langkah selanjutnya adalah mempertimbangkan kedalaman perairan di sekitarnya untuk menentukan tinggi gelombang yang akan mempengaruhi area terbangun. Menurut (Wattimena & Ayal, 2019) tinggi gelombang yang direncanakan dapat berbeda-beda tergantung jenis bangunan yang akan dibangun. Berikut adalah beberapa pedoman untuk menemukan ketinggian gelombang yang direncanakan untuk berbagai tujuan:

### a. Kontruksi kaku (*Fixed Rigid Structure*)

Contohnya: menara bor lepas pantai. Tinggi gelombang rencana yang digunakan ialah  $H_1$ .

### b. Komtruksi fleksibel (*Flexible Structure*)

Contohnya: *Breakwater*, *revetment*. Tinggi gelombang rencana yang digunakan ialah  $H_5$ - $H_8$ .

### 3. Peramalan Gelombang

Menurut kedalaman relative, yaitu perbandingan kedalaman air ( $d$ ) dengan panjang gelombang  $L$  ( $d/L$ ), gelombang dibedakan menjadi tiga jenis (Ni Made Krisna Werdi & I Gusti Agung Putu Eryani, 2020), yaitu:

- a. Gelombang laut dangkal jika  $d/L \leq 1/20$
- b. Gelombang laut transisi jika  $1/20 < d/L < 1/2$
- c. Gelombang laut dalam jika  $d/L \geq 1/2$

Klasifikasi ini digunakan untuk menyederhanakan rumus gelombang. Oleh karena itu, untuk menentukan panjang dan cepat rambat gelombang di lautan dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

1. Apabila kedalaman relatif  $d/L \leq 1/20$ , sehingga menjadi:

$$C_0 = \sqrt{gd}$$

$$L_0 = \sqrt{gd} T$$

2. Apabila kedalaman relatif  $1/20 < d/L < 1/2$ , sehingga menjadi:

$$C_0 = \frac{gt}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

$$L_0 = \frac{gt}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} T$$

3. Apabila kedalaman relatif  $d/L \geq 1/2$ ; sehingga menjadi:

$$C_0 = \frac{gt}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = 1,56 T$$

$$L_0 = \frac{gt}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = 1,56 T^2$$

Dengan:

$L_0$  : Panjang gelombang di laut dalam (m)

$T$  : Periode gelombang (dt)

$g$  : Percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/d}^2$ )

$C_0$  : Cepat rambat gelombang (m/dt)

#### 4. Gelombang Rencana

Tinggi gelombang di laut dangkal terjadi akibat pengaruh refraksi gelombang diberikan oleh rumus berikut:

$$H = K_s \cdot K_r \cdot H_t$$

Dimana:

$H$  : Tinggi gelombang di kedalaman tertentu.

$K_s$  : Koefisien *shoaling* (pendangkalan).

$K_r$  : Koefisien Refraksi.

$H_t$  : Tinggi gelombang laut dalam.

#### 5. Gelombang Pecah

Gelombang yang merambat dari perairan dalam ke arah pantai mengalami modifikasi bentuk akibat perubahan kedalaman laut yang mempengaruhinya. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang. Profil gelombang di laut dalam adalah sinusoidal. Semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal puncak

gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Selain itu, kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah.

Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tersebut tergantung pada kedalaman relative  $d/L$  dan kemiringan dasar laut  $m$ . Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu, yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah  $d_b$ . Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen diberi notasi  $H^0$  dan tinggi gelombang pecah diberi notasi  $H_b$ . Adapun rumus untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah berikut ini. (Rimadantia et al., 2018)

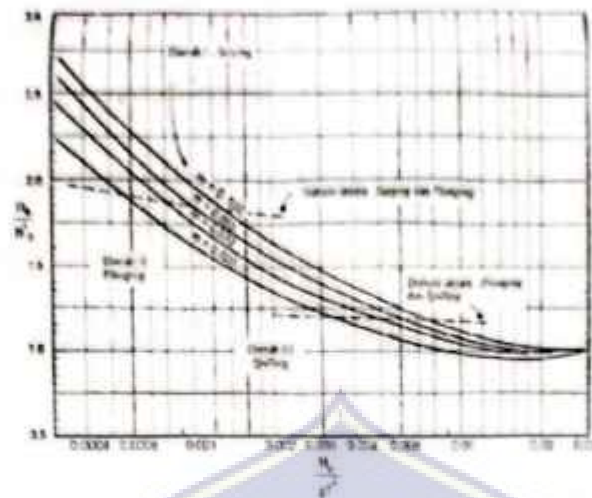
Gelombang pecah dihitung dengan mengguakan persamaan di bawah ini serta gambar 6 dan 7 (Ni Made Krisna Werdi & I Gusti Agung Putu Eryani, 2020)

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

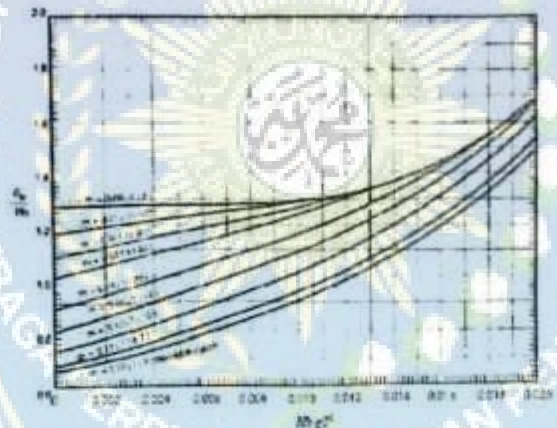
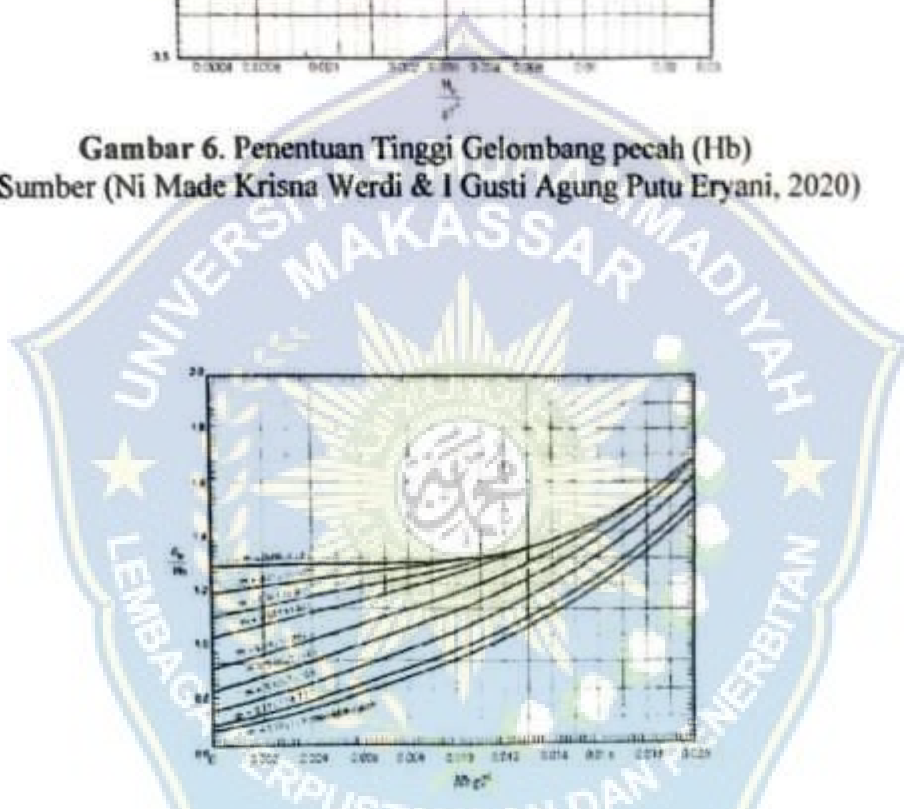
Dimana  $a$  dan  $b$  merupakan fungsi kemiringan pantai  $m$  dan diberikan oleh persamaan berikut (Ni Made Krisna Werdi & I Gusti Agung Putu Eryani, 2020)

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

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



**Gambar 6. Penentuan Tinggi Gelombang pecah ( $H_b$ )**  
 Sumber (Ni Made Krisna Werdi & I Gusti Agung Putu Eryani, 2020)



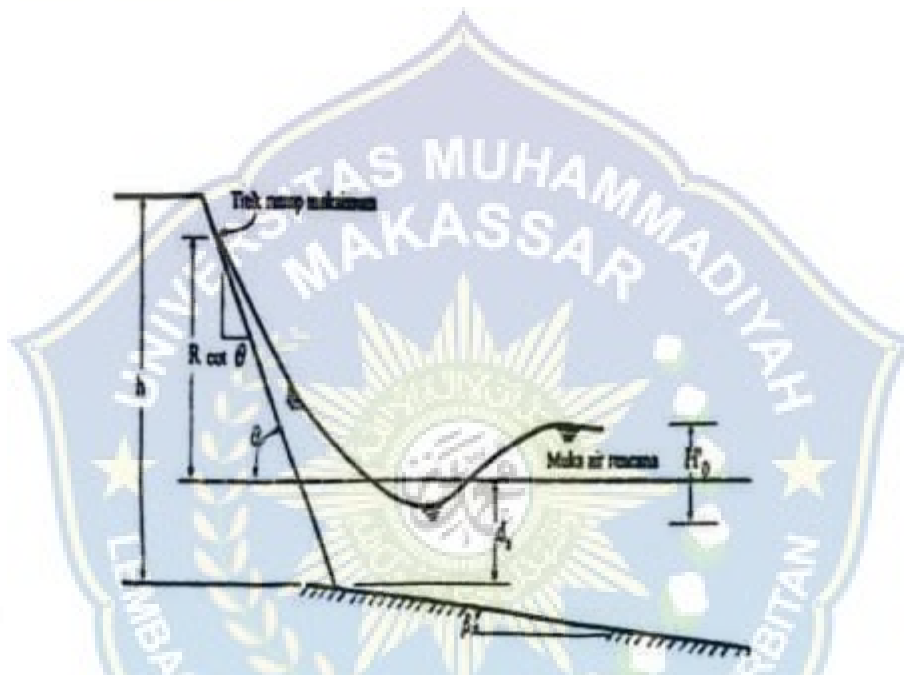
**Gambar 7. Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah ( $d_b$ )**  
 Sumber (Ni Made Krisna Werdi & I Gusti Agung Putu Eryani, 2020)

#### **F. Run Up Gelombang**

Ketika gelombang mencapai suatu bangunan, gelombang tersebut meningkat (naik) di atas permukaan bangunan. Ketinggian suatu bangunan yang direncanakan tergantung pada tinggi gelombang yang mencapai bangunan dan banyaknya air yang diperbolehkan melintas. Ketinggian gelombang yang mencapai



(*Run up*) gelombang dipengaruhi oleh bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air di sekitar bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang. Menentukan besarnya percepatan secara analitis sulit dilakukan karena banyaknya variabel yang mempengaruhi proses. Bentuk gelombang naik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Run Up gelombang

Pada waktu gelombang menghantam suatu bangunan, gelombang tersebut akan naik (*run-up*) pada permukaan bangunan. Elevasi (tinggi) bangunan yang direncanakan tergantung pada *run-up* dan limpasan yang diijinkan. *Run-up* tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang.

$$I_r = \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}} \dots \dots \dots (4)$$

Dengan:

$I_r$  : Bilangan irribaren

$\theta_r$  : Sudut kemiringan sisi *Breakwater*

$H$  : Tinggi gelombang di lokasi bangunan

$L_0$  : Panjang gelombang di laut dalam (Rimadantia et al., 2018)



### G. Fluktuasi Air Laut

Elevasi muka air laut merupakan parameter yang sangat penting di dalam perencanaan bangunan pantai. Muka air laut berfluktuasi dengan periode yang lebih besar dari periode gelombang angin. Fluktuasi muka air laut dapat disebabkan oleh *wave set-up* (kenaikan muka air karena gelombang), *wind set-up* (kenaikan muka air karena angin), tsunami, *storm surge* (gelombang badai), pemanasan global dan pasang surut (Nangaro et al., 2019)

## 1. Pasang Surut

Apabila seseorang mengamati pantai dalam waktu yang cukup lama, maka orang tersebut akan melihat bahwa kedalaman selalu berubah-ubah sepanjang waktu. Pada mulanya muka air rendah, beberapa waktu kemudian menjadi tinggi dan akhirnya mencapai maksimum. Setelah itu muka air turun kembali sampai elevasi terendah dan kemudian naik kembali. Perubahan elevasi muka air laut sebagai fungsi waktu tersebut disebabkan oleh adanya pasang surut. (Rimadantia et al., 2018)

Data pasang surut diperoleh melalui pengukuran selama minimal 30 hari, dan dari data tersebut dihasilkan grafik yang menunjukkan definisi elevasi muka air laut, antara lain:

- a. *Mean High Water Level* merupakan elevasi rata-rata dari muka air laut saat pasang. Ini adalah nilai tengah antara HHWL dan MSL yang menunjukkan tinggi rata-rata air laut saat pasang.
- b. *Mean Low Water Level* adalah rerata dari muka air rendah.
- c. *Mean Sea Level* merupakan elevasi rata-rata dari muka air laut dalam periode waktu yang cukup panjang. MSL digunakan sebagai acuan dasar untuk menentukan elevasi lainnya dan mengukur perubahan tinggi muka air laut dari waktu ke waktu.
- d. *Highest High Water Level* merupakan elevasi tertinggi dari muka air laut saat pasang tertinggi. Ini adalah titik elevasi teratas yang dicapai oleh air laut selama periode pengukuran.

e. *Lowest Low Water Level* merupakan elevasi terendah dari muka air laut saat surut terendah. Ini adalah titik elevasi terendah yang dicapai oleh air laut selama periode pengukuran.

## 2. Kenaikan Muka Air Karena Gelombang ( Wave Set-Up)

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai dapat menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada saat gelombang pecah akan terjadi, penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar gelombang pecah. Kemudian dari titik dimana gelombang pecah permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai, turunnya muka air disebut *wave set-down*, sedangkan naiknya muka air disebut *wave set-up*, seperti ditunjukkan dalam *Wave set-up* di pantai didapatkan bentuk persamaan berikut (Kaunang et al., 2016):

$$S_w = \Delta S - S_b \dots \dots \dots (5)$$

Dengan nilai  $\Delta S = 0,15 d_b$ , maka dapat dianggap bahwa  $d_b = 1,28 H_b$

maka:

$$\Delta S = 0,15 d_b \dots \dots \dots (6)$$

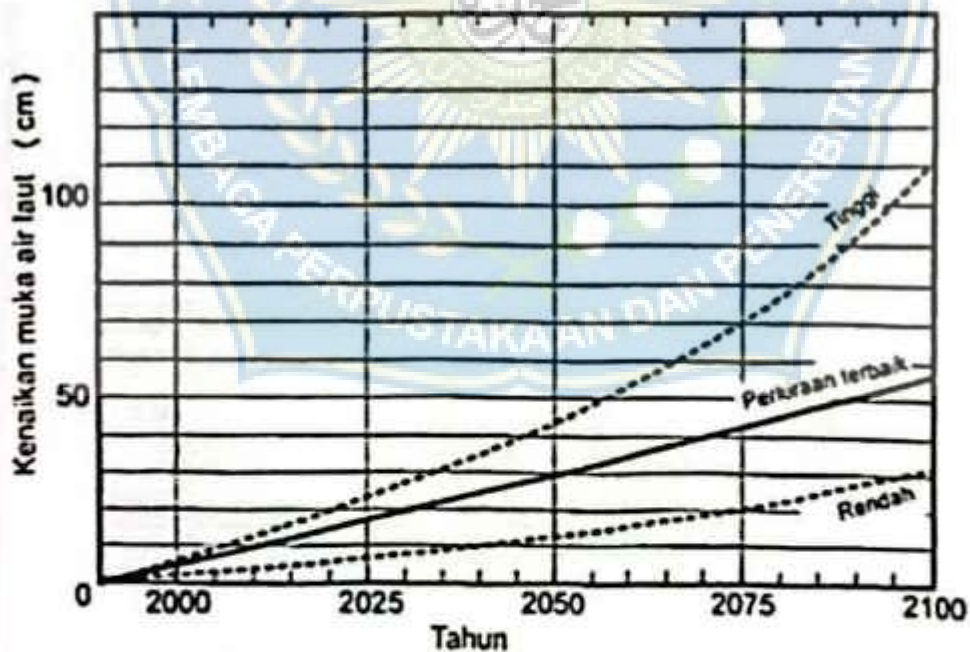
## 3. Kenaikan Muka Air Karena Angin (*Wind Set Up*)

Angin dengan kecepatan besar (badai) yang terjadi di atas permukaan laut bisa membangkitkan fluktuasi muka air laut yang besar di sepanjang pantai jika badai tersebut cukup kuata dan daerah pantai dangkal dan luas. Menentukan elevasi muka air laut yang direncanakan selama terjadinya badai merupakan proses yang kompleks, melibatkan interaksi antara angin dan air. Perbedaan

tekanan atmosfer selalu berhubungan dengan perubahan arah dan kecepatan angin, yang pada akhirnya mempengaruhi fluktuasi elevasi muka air laut. Kenaikan elevasi muka air laut akibat badai dapat diestimasi menggunakan persamaan berikut ini (Triatmodjo, 2016):

#### 4. Pemanasan Global

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan muka air laut. Di dalam perencanaan bangunan pantai, kenaikan muka air karena pemanasan global harus di perhitungkan karena memberikan perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990 sampai 2100.



Gambar 10. Prakiraan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global.  
Sumber (Kaunang et al., 2016)

## H. Elevasi Muka Air Laut

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter sangat penting di dalam perencanaan bangunan pantai (Ni Made Krisna Werdi & I Gusti Agung Putu Eryani, 2020) Elevasi tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter yang telah dijelaskan di depan yaitu pasang surut, *run-up*, *wave setup*, *wind setup*, dan kenaikan muka air karena pemanasan global.

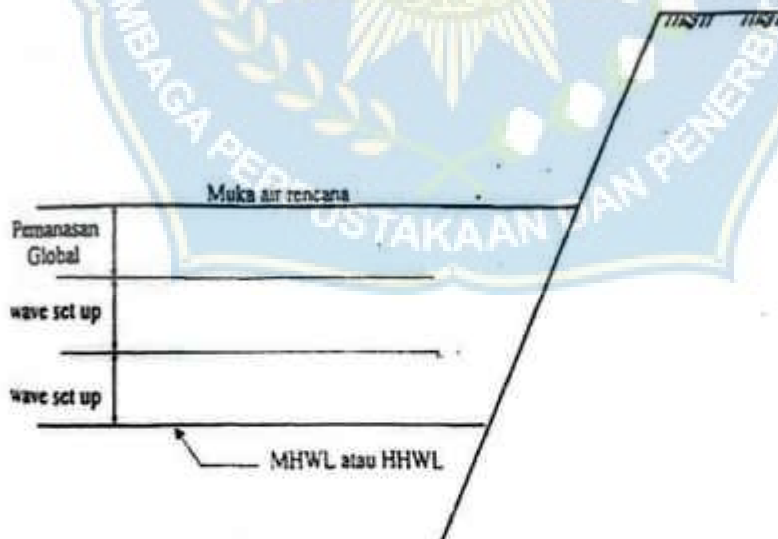
$$DWL = \text{Pasang Surut} + Sw + \Delta h + \text{Pemanasan Global} \dots\dots\dots(7)$$

Dengan:

DWL : Elevasi muka air laut rencana.

Sw : Kenaikan muka air akibat gelombang.

$\Delta h$  : Kenaikan muka air akibat angin.

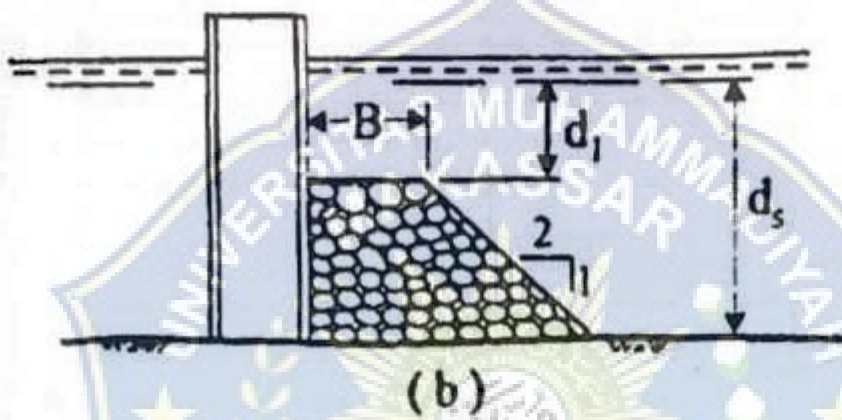
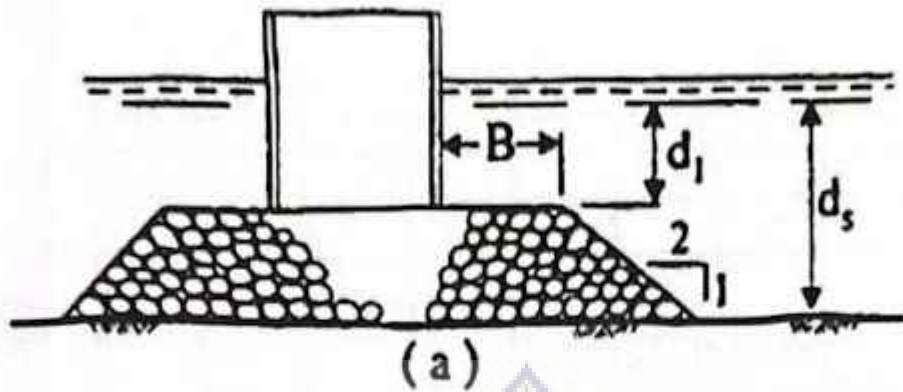


**Gambar 11.** Elevasi muka air laut rencana  
Sumber (Ni Made Krisna Werdi & I Gusti Agung Putu Eryani, 2020)

### **I. Kontrol Stabilitas Pengaman Kaki (*Toe proction*)**

Serangan bangunan pelindung pantai oleh gelombang dan arus dapat menyebabkan terkikisnya tanah pondasi di depan kaki bangunan. Untuk melindungi komponen tersebut diperlukan perlindungan khusus. Untuk menghitung tebal pelindung jari kaki dapat menggunakan rumus  $r - 2r$  dan untuk menghitung lebar pelindung jari kaki dapat menggunakan rumus  $3H - 4,5H$ .

Perkuatan tebing dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya adalah dengan pemasangan *revetment*. Bangunan tersebut berfungsi untuk melindungi tanah di belakang *revetment* tersebut dari gempuran gelombang. Kelemahan bangunan ini adalah kemungkinan terjadinya penggerusan. Yang cukup dalam di kaki bangunan, sehingga dapat mengganggu stabilitas bangunan. Oleh karena itu pada bagian kaki bangunan ini harus dibuatkan suatu perlindungan erosi (*toe protection*) yang cukup baik. Gelombang dan arus yang menyerang bangunan pengaman pantai dapat menyebabkan terjadinya erosi pada tanah fondasi di depan kaki bangunan. Untuk itu perlu diberikan perlindungan pada bagian tersebut. (Ni Made Krisna Werdi & I Gusti Agung Putu Eryani, 2020). Pelindung kaki bangunan dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. pelindung kaki bangunan

$$d_s = 2,1 \text{ meter}$$

$$d_1 = 2,1 \text{ meter} - 1,12693 \text{ meter}$$

$$d_1 = 0,9731 \text{ meter}$$

$$\frac{d_1}{d_s} = \frac{0,9731 \text{ meter}}{2,1 \text{ meter}}$$

Dengan nilai  $\frac{d_1}{d_s} = 0,463$ , maka nilai stability number ( $N_s^3$ ) adalah  $N_s^3 = 90$

$$d_1 = d_s - t_{\text{toe}} \dots \dots \dots (10)$$

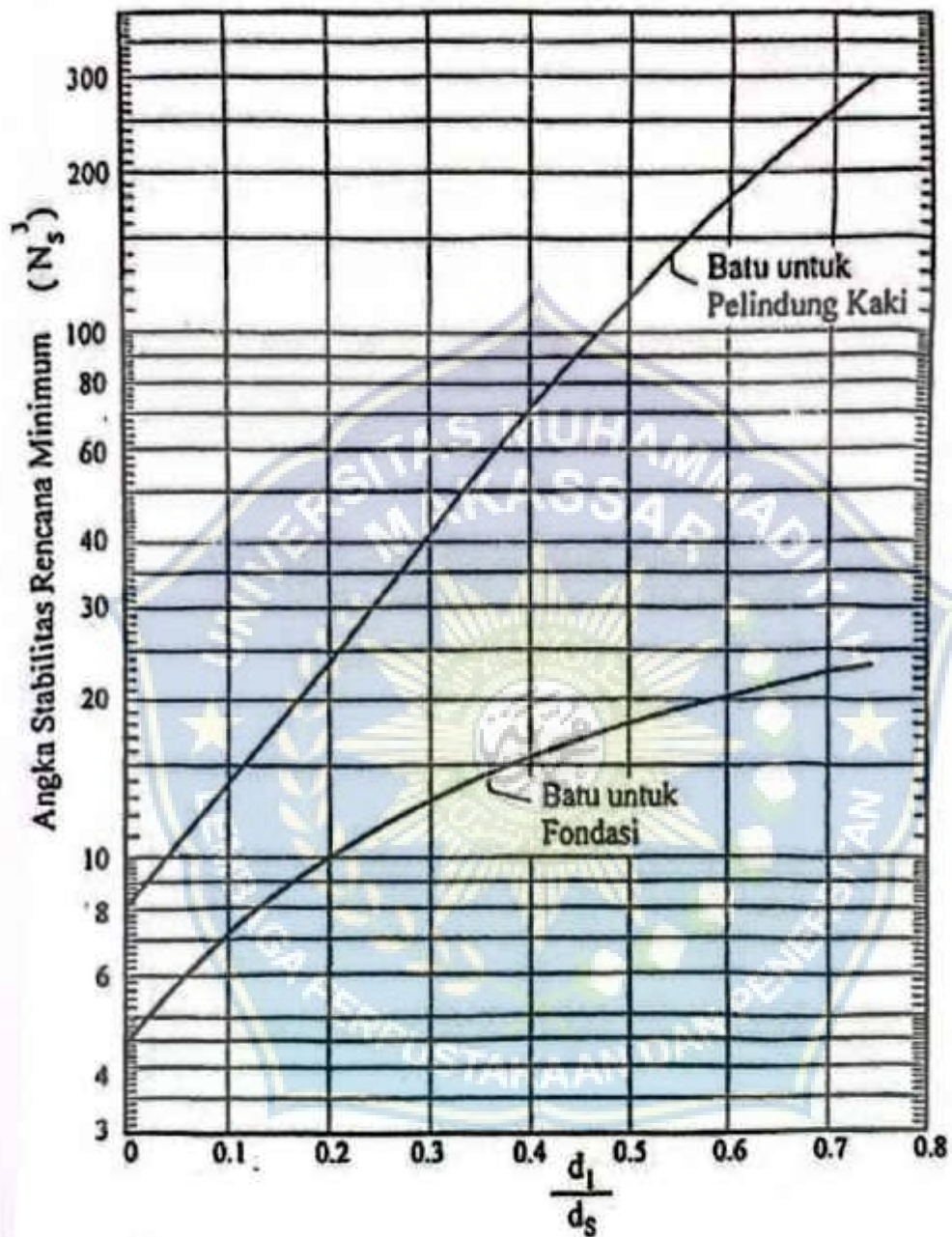
Dengan:

$d_1$  : Jarak pelindung kaki dengan muka air

$d_s$  : Kedalaman air di kaki bangunan

$N_s^3$  : Angka stabilitas rencana minimum ( $N_s^3$  terdapat pada Gambar 13)





Catatan :  $d_1$  dan  $d_s$  lihat Gambar 7.34

Gambar 13. Angka stabilitas  $N_s^3$  untuk fondasi dan pelindung kaki.  
(sumber triatmodjo, 2016)

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan di Pesisir Pantai Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan. Pantai Punaga ini tepatnya terletak antara  $119^{\circ}25'54''$  BT dan  $5^{\circ}34'57''$  LS.



**Gambar 14.** Peta lokasi penelitian  
(Sumber: Dinas PU Kabupaten Takalar)

#### B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Dalam penelitian ini, digunakan metode kuantitatif dengan tujuan mengumpulkan data sesuai fakta secara sistematis dan akurat di lapangan. Penelitian menggunakan metode kuantitatif karena data yang dikumpulkan akan lebih akurat dan sesuai dengan harapan jika dilakukan observasi secara bijaksana

di lokasi penelitian. Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yaitu:

1. Data Primer

Data primer yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian dengan melakukan observasi dan dokumentasi terhadap kondisi pantai dan kondisi bangunan pengaman pantai (*revetment*) yang akan menjadi objek penelitian.

2. Data Sekunder

- a. Data Angin
- b. Data Pasang Surut
- c. Gambar Kerja

### C. Metode Pengambilan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi lapangan dan penelitian ini dibagi menjadi 2 (dua) tahapan yaitu dengan uraian tahapan:

1. Persiapan

Persiapan dimaksudkan bagaimana untuk menyiapkan segala sesuatu penelitian, diantaranya mengumpulkan data-data pendahuluan seperti kondisi langsung dampak terkena abrasi pada Pantai Punaga Kabupaten Takalar.

2. Pengumpulan data

Data dari instansi-instansi terkait diolah sebagai bahan analisis terhadap hasil penelitian ini, sesuai dengan tujuan dan sasaran penelitian. Data yang diolah adalah data yang relevan yang dapat mendukung dalam menganalisis hasil penelitian. Antara lain:

## 1. Data Angin

Data angin didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika atau biasa di singkat (BMKG). Dari data yang sudah diperoleh kemudian akan di olah untuk mengetahui besaran kecepatan angin dalam satuan knot serta mengetahui persentase angin pada masing-masing arah menggunakan windrose. Adapun Langkah-langkah pengolahan data windrose, yaitu:

- 1) Mengumpulkan data kecepatan angin dari stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).
- 2) Mempersiapkan data kecepatan angin dalam bentuk *Microsoft Excel* dengan isi judul kolom 1-7, yaitu kolom *stnid (station), year, month, day, hour, wdir (wind direction), wspd (windspeed)*.
- 3) Menghapus/delete data kecepatan angin yang bernilai 0 (nol) knots.
- 4) Kemudian meng-copy seluruh kolom data pada tahun yang sama, karena bentuk *wind rose* yang di olah pertahun (2013 - 2023) meng-copy ke dalam bentuk *text document – add file* di WRPLOT – *wind classes* di ganti sesuai maksimum *wind speed – posisi orientation* di *direction (blowing from)*.
- 5) Lalu *File notepad* dimasukkan ke dalam WRPLOT *View* atau *add file* untuk visualisasi *wind rose*.
- 6) *Wind rose* sudah terbentuk, lalu mengatur *wind classes* (dalam knots) menyesuaikan dengan kecepatan angin minimum dan maksimum diikuti dengan pengaturan warna *direction* yang diinginkan.

- 7) Untuk tampilan *wind rose*, *orientation* pada posisi *direction (blowing from)* lalu *wind rose* di *save* dalam bentuk kertas A4 (agar mudah dibaca).

Kemudian jika sudah didapatkan nilai persentase kejadian arah angin maka dilanjutkan ke perhitungan *fetch* untuk mencari rata-rata dari nilai *fetch* untuk digunakan dalam grafik *hindcasting* sehingga diketahui tinggi gelombang dan periode gelombang.

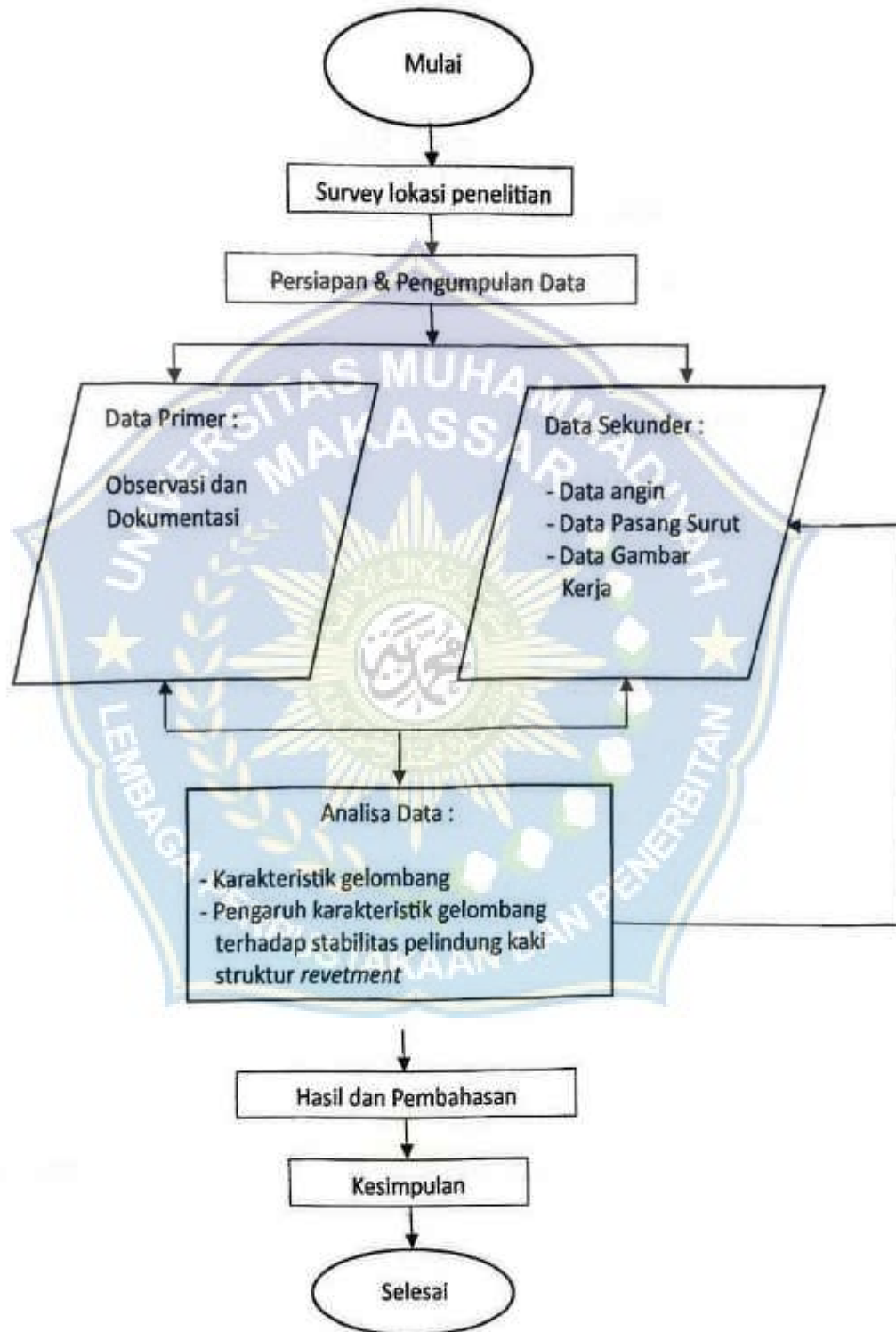
## 2. Data Pasang Surut

Data pasang surut didapatkan dari BMKG Paotere. Dari data pasang surut digunakan untuk menentukan HHWL, MHWL, LLWL, dan MSL yang kemudian digunakan dalam perhitungan elevasi muka air laut rencana. Selain itu dari data ini bisa diketahui elevasi muka air pasang tertinggi untuk menganalisis stabilitas pelindung kaki (*toe protection*) dan elevasi puncak bangunan *revetment*.

## 3. Data Gambar Kerja

Data gambar kerja bangunan pengaman pantai di Pantai Punaga Kabupaten Takalar didapatkan dari Dinas PUTR Kabupaten Takalar. Data ini digunakan untuk mengetahui kontur laut yang mewakili kedalaman *revetment* serta untuk mengetahui elevasi pelindung bangunan.

#### D. Bagan Alur Penelitian



Gambar 15. Bagan Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisa Arah Angin Dan Kecepatan Angin

Data angin yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Paotere, dengan titik koordinat 5°031' sampai 5°0381' Lintang selatan dan antara 199°0221' sampai 119°0391' bujur timur dengan luas wilayah 566,51 km<sup>2</sup>. Kabupaten Takalar Sulawesi Selatan, serta ketinggian elevasi stasiun dari permukaan tanah adalah 5 m. Data yang diperoleh adalah data dari empat tahun terakhir yaitu tahun 2020 sampai 2023.

#### B. Perhitungan Mawar Angin (Windrose)

Data arah angin digunakan dalam studi ini diperoleh dari stasiun Meteorologi Paotere Kota Makassar dari tahun 2020-2024, data yang digunakan diperoleh dari data tahunan. Dari hasil analisa data angin, diperoleh nilai kecepatan rata-rata, arah terbanyak hingga arah angin pada kecepatan maksimum.

Kecepatan rata-rata setiap tahunnya pada lokasi penelitian dengan menghitung antara kecepatan angin dan jumlah hari, Adapun perhitungan yang dimaksud yaitu, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan rata – rata angin 2020} &= \frac{\text{jumlah data angin}}{\text{jumlah hari pertahun}} \\ &= \frac{1973.255}{365} \\ &= 5,40 \text{ Knot} \end{aligned}$$

Arah angin terbanyak disetiap tahunnya dapat dihitung dengan menganalisis data setiap tahunnya yang sering muncul (median), sedangkan untuk menentukan

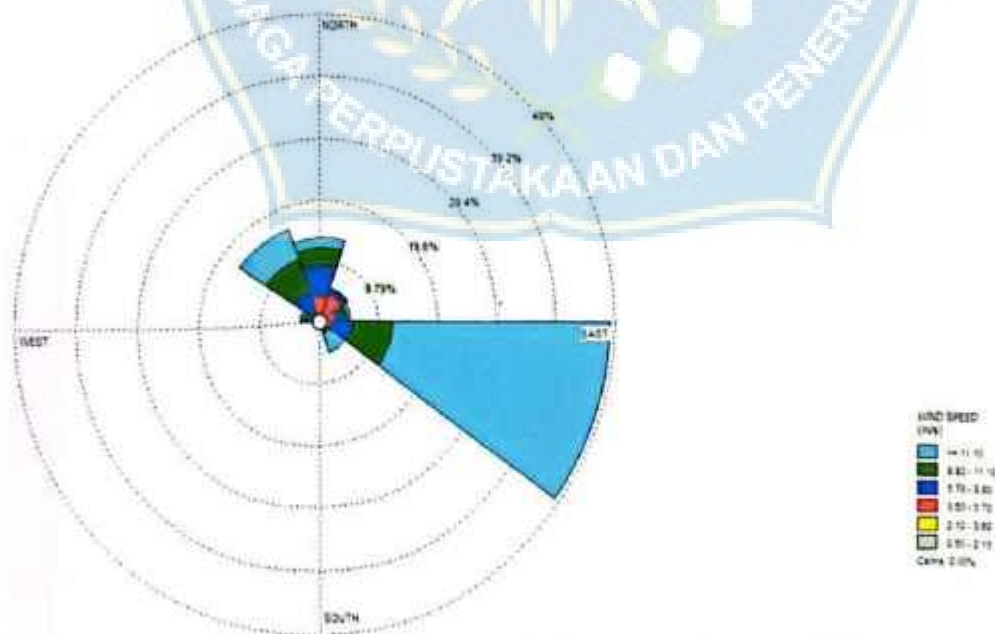
kecepatan maksimum dan arah kecepatan maksimum yaitu dengan menganalisis data tertinggi pada setiap tahunnya. Berikut data angin yang diperoleh dapat dilihat pada tabel dibawah.

**Tabel 1. Data Arah Angin**

Tahun	Angin			
	Kecepatan rata - rata (Knot)	Arah Terbanyak	Kecepatan Maksimum (Knot)	Arah Kecepatan Maksimum
2020	5.40	103	15.20	330
2021	5,71	167	15.39	320
2022	5.59	110	13.87	301
2023	5.66	111	15.15	326

Sumber dari hasil perhitungan data BMKG

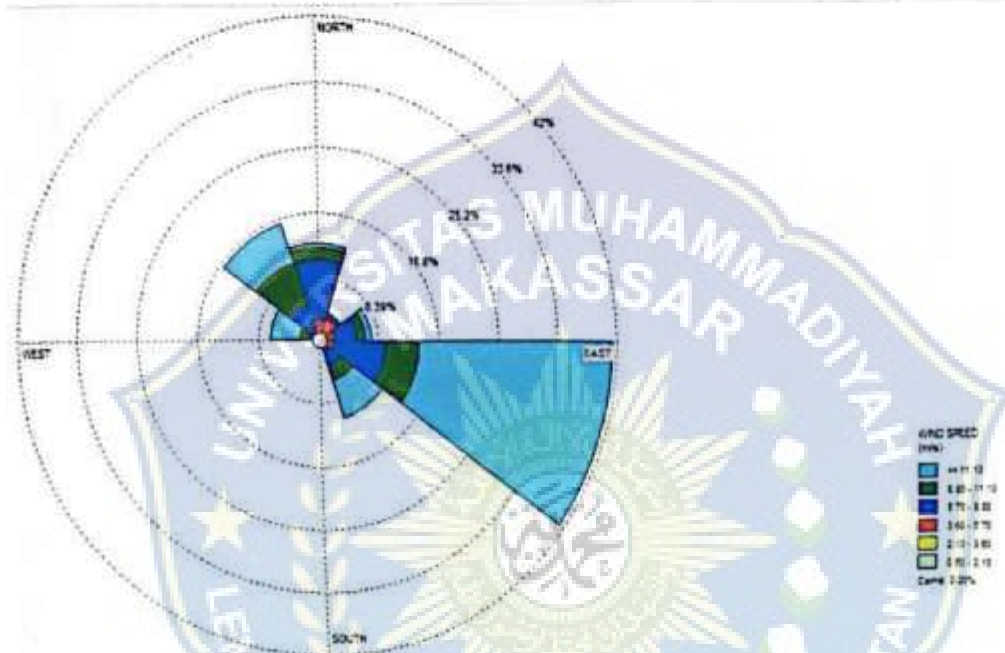
Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa arah angin pada saat berada di kecepatan maksimum tiap tahunnya mengalami peningkatan kecuali pada tahun 2022 mengalami penurunan kecepatan angin yaitu, 301 sedangkan arah terbanyak berada pada tahun 2021 dengan nilai 167.



**Gambar 16. Diagram windrose tahun 2020**

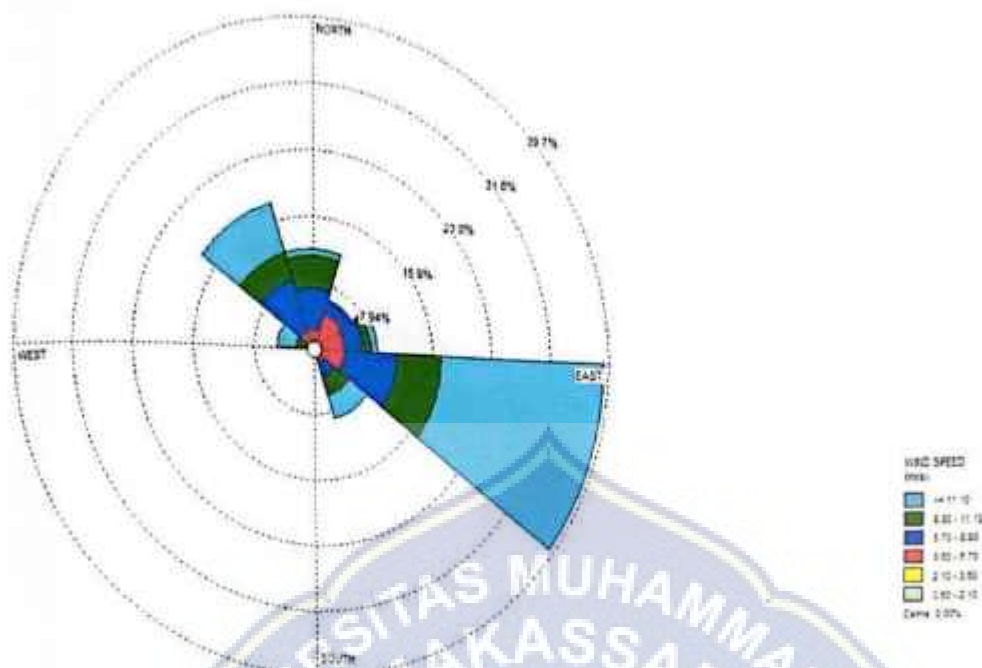


Berdasarkan gambar diagram mawar angin tahun 2020, dapat dilihat bahwa presentasi kejadian angin yang paling besar atau sering terjadi adalah angin yang terhembus dari arah timur (47.1%), disusul masing-masing dari arah barat laut (18.8%), dan arah utara (16.9%).



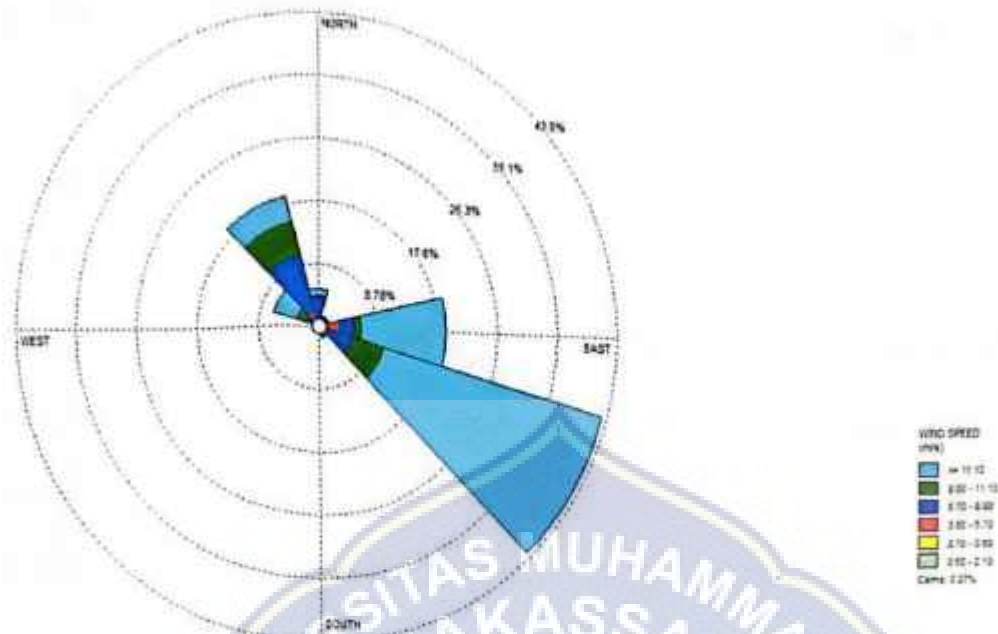
**Gambar 17.** Diagram windrose tahun 2021

Berdasarkan gambar diagram mawar angin tahun 2020, dapat dilihat bahwa presentasi kejadian angin yang paling besar atau sering terjadi adalah angin yang terhembus dari arah timur (44.1%), disusul masing-masing dari arah barat l. (25.8%), arah utara (16.4%) dan arah tenggara (7.9%).



**Gambar 18.** Diagram windrose tahun 2022

Berdasarkan gambar diagram mawar angin tahun 2020, dapat dilihat bahwa presentasi kejadian angin yang paling besar atau sering terjadi adalah angin yang terhembus dari arah timur (35.6%), disusul masing-masing dari arah barat laut (24.9%), arah utara (17.5%), timur laut (15.9%).



**Gambar 19.** Diagram windrose tahun 2023

Berdasarkan gambar diagram mawar angin tahun 2020, dapat dilihat bahwa presentasi kejadian angin yang paling besar atau sering terjadi adalah angin yang terhembus dari arah Tenggara (53.7%), disusul masing-masing dari arah timur (19.7%), barat laut (12.9%).

### C. Perhitungan *Fetch Effective*

*Fetch* adalah daerah pembentukan gelombang yang di asumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relative konstan. Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang dilaut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di wilayah pembentukan lautan, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap angin. Panjang *fetch* merupakan panjang laut yang di batasi oleh pulau-pulau pada kedua ujungnya. Gambar di bawah menunjukkan cara memperoleh *fetch effective*.



Gambar 20. Garis Panjang Fetch Lokasi Studi

Proses analisa panjang *fetch effective* dilakukan dengan menghitung nilai cos pada sudut pembentukan dan Panjang garis *fetch* terhadap rintangan didapatkan dengan melalui gambar berskala, sehingga nilai cos pada sudut yang terbentuk dikalikan dengan jarak panjang rintangan. Akumulasi dari nilai perkalian tersebut dibagi dengan total nilai cos sudut, sehingga didapatkan hasil perhitungan nilai *fetch effective*.

Tabel perhitungan *fetch* untuk masing-masing arah peramalan gelombang laut yaitu, sebagai berikut:

**Tabel 2.** Perhitungan *Fetch Effective* Arah Utara

	$\alpha$	$\cos \alpha$	Xi (km)	Xi cos $\alpha$
<b>UTARA</b>	-20	0.939693	0.74	695.37
	-15	0.965926	1.44	1390.93
	-10	0.984808	2.71	2668.83
	-5	0.996195	3.77	3755.65
	Total	3.886621		8510.79

Berdasarkan tabel di atas untuk perhitungan *fetch effective* arah Utara dengan rumus sebagai berikut:

$$Fetch = \frac{\sum Xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{8510.79}{3.886621} = 2.189 \text{ km} \rightarrow 2189 \text{ m}$$

Keterangan :

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

$\alpha$  = Deviasi kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan sudut pertambahan  $6^\circ$  sampai dengan  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin

**Tabel 3.** Perhitungan *Fetch Effective* Arah Barat Daya

	$\alpha$	$\cos \alpha$	Xi (km)	Xi cos $\alpha$
<b>BARAT DAYA</b>	5	0.996195	200.00	199238.94
	10	0.984808	200.00	196961.55
	15	0.965926	200.00	193185.17
	20	0.939693	200.00	187938.52
	Total	3.886621		777324.18

Berdasarkan tabel di atas untuk perhitungan *fetch effective* arah Barat Daya dengan rumus sebagai berikut:

$$Fetch = \frac{E_{xi} \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{777324.18}{3.886621} = 199.999 \text{ km} \longrightarrow 199999 \text{ m}$$

Keterangan :

$X_i$  = panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung titik *fetch*

$\alpha$  = Deviasi kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan sudut pertambahan  $6^\circ$  sampai dengan  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin

**Tabel 4.** Perhitungan *Fetch Effective* Arah Barat

	$\alpha$	$\cos \alpha$	$X_i$ (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT	-20	0.939693	200.00	187938.52
	-15	0.965926	200.00	193185.17
	-10	0.984808	200.00	196961.55
	-5	0.996195	200.00	199238.94
	0	1	200.00	200000
	5	0.996195	148.56	147994.68
	10	0.984808	156.03	153659.55
	15	0.965926	200.00	193185.17
	20	0.939693	200.00	187938.52
	Total		8.773242	

Berdasarkan tabel di atas untuk perhitungan *fetch effective* arah Barat dengan rumus sebagai berikut:

$$Fetch = \frac{E_{xi} \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{1660102.11}{8.773242} = 189.223 \text{ km} \longrightarrow 189223 \text{ m}$$

Keterangan :

$X_i$  = panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung titik *fetch*

$\alpha$  = Deviasi kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan sudut pertambahan  $6^\circ$  sampai dengan  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin

**Tabel 5.** Perhitungan Fetch Effective Arah Barat Laut

	$\alpha$	$\cos \alpha$	$X_i$ (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT LAUT	-20	0.939693	200.00	187938.52
	-15	0.965926	200.00	193185.17
	-10	0.984808	200.00	196961.55
	-5	0.996195	200.00	199238.94
	0	1	200.00	200000
	5	0.996195	200.00	199238.94
	10	0.984808	200.00	196961.55
	15	0.965926	9.11	8799.58
	20	0.939693	4.49	4219.22
	Total		8.773242	

Berdasarkan tabel di atas untuk perhitungan *fetch effective* arah Barat Laut dengan rumus sebagai berikut:

$$Fetch = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{1386543.47}{8.773242} = 158.042 \text{ km} \rightarrow 158042 \text{ m}$$

Keterangan :

$X_i$  = panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung titik *fetch*

$\alpha$  = Deviasi kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan sudut pertambahan  $6^\circ$  sampai dengan  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin.

**Tabel 6.** Data Fetch Lokasi Studi

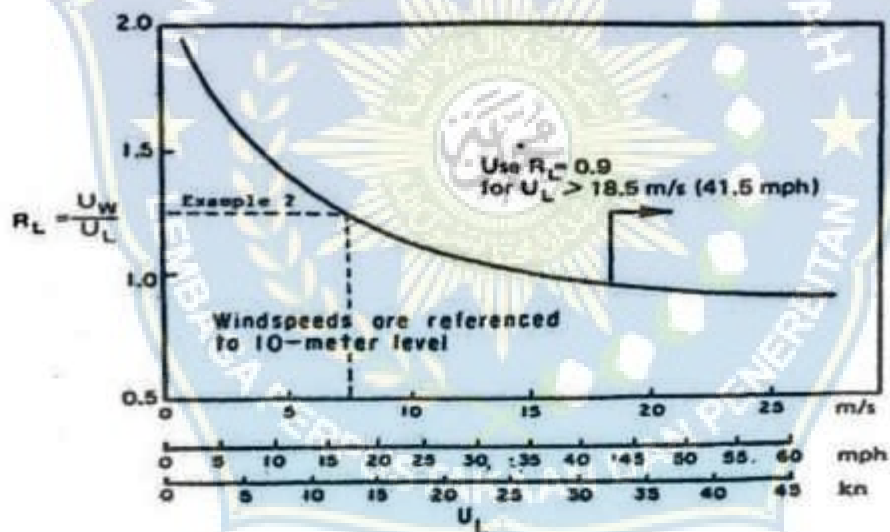
Arah	$F_{ef}$ (km)	$F_{ef}$ (m)
North	2.189	2189
Southwest	199.999	199999
West	189.223	189223
Northwest	158.042	158042

#### D. Peramalan Tinggi Dan Periode Gelombang (*Hindcasting*)

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya digunakan data kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian tersebut maka kecepatan angin perlu di koreksi terhadap ketinggian dengan rumus sebagai berikut (Pratikto. dkk, 2000):

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

Berdasarkan kecepatan maksimum yang akan terjadi tiap bulan dicari nilai  $R_L$  dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan dihitung  $U_W$  dengan rumus seperti di bawah:



(after Resio & Vincent, 1977b)

Gambar 21. Grafik Hubungan Koreksi Angin, sumber (CERC,1984)



**Tabel 7.** Rekap hitungan parameter gelombang tahun 2020

bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch	t
				(m/s)	(m/dtk)	(dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(dtk)	
1	2020	281	W	8,65	8,65	186,01	0,9	9,61	1,37	13,18	11,86	14,88	166427	3600
2	2020	288	W	9,01	9,01	178,58	0,9	10,01	1,37	13,73	12,36	15,64	166427	7200
3	2020	178	S	6,64	6,64	242,32	0,9	7,38	1,37	10,12	9,11	10,75	0	3600
4	2020	103	E	6,99	6,99	230,19	0,9	7,77	1,37	10,65	9,59	11,45	0	3600
5	2020	100	E	10,8	10,80	148,98	0,9	12,00	1,37	16,46	14,81	19,55	0	7200
6	2020	109	E	15,2	15,20	105,86	0,9	16,89	1,37	23,16	20,85	29,76	0	10800
7	2020	106	E	15,09	15,09	106,63	0,9	16,77	1,37	23,00	20,70	29,50	0	14400
8	2020	103	E	15,01	15,01	107,20	0,9	16,68	1,37	22,87	20,59	29,31	0	18000
9	2020	114	SE	14,97	14,97	107,48	0,9	16,63	1,37	22,81	20,53	29,21	0	3600
10	2020	119	SE	11,69	11,69	137,64	0,9	12,99	1,37	17,81	16,03	21,55	0	7200
11	2020	144	SE	7,83	7,83	205,49	0,9	8,70	1,37	11,93	10,74	13,16	0	10800
12	2020	330	NW	9,41	9,41	170,99	0,9	10,46	1,37	14,34	12,91	16,50	135246	3600

Jadi untuk mendapatkan H dan T maka nilai koreksi tegangan (UA) dihubungkan dengan Panjang fetch pada grafik peramalam gelombang (Hindcasting)

Tabel 8. Rekap hitungan parameter gelombang tahun 2021

bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd		U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)	t (dtk)
				(m/s)	(m/dtk)										
1	2021	293	NW	10,3	10,30	10,30	156,21	0,9	11,44	1,37	15,70	14,13	18,44	135246	7200
2	2021	320	NW	10,31	10,31	10,31	156,06	0,9	11,46	1,37	15,71	14,14	18,46	135246	10800
3	2021	167	S	6,15	6,15	6,15	261,63	0,9	6,83	1,37	9,37	8,43	9,78	0	3600
4	2021	185	S	9,20	9,20	9,20	174,89	0,9	10,22	1,37	14,02	12,62	16,05	0	7200
5	2021	104	E	11,86	11,86	11,86	0,00	0,9	13,18	1,37	18,07	16,27	21,93	0	3600
6	2021	95	E	10,17	10,17	10,17	0,00	0,9	11,30	1,37	15,50	13,95	18,16	0	7200
7	2021	108	E	13,14	13,14	13,14	122,45	0,9	14,60	1,37	20,02	18,02	24,88	0	10800
8	2021	112	E	15,39	15,39	15,39	104,55	0,9	17,10	1,37	23,45	21,11	30,22	0	14400
9	2021	103	E	12,8	12,80	12,80	125,70	0,9	14,22	1,37	19,51	17,56	24,09	0	18000
10	2021	132	SE	9,6	9,60	9,60	167,60	0,9	10,67	1,37	14,63	13,17	16,91	0	3600
11	2021	167	S	6,01	6,01	6,01	267,72	0,9	6,68	1,37	9,16	8,24	9,51	0	3600
12	2021	298	NW	9,53	9,53	9,53	168,84	0,9	10,59	1,37	14,52	13,07	16,76	135246	3600

Jadi untuk mendapatkan H dan T maka nilai koreksi tegangan (UA) dihubungkan dengan Panjang fetch pada grafik peramalam gelombang (Hindcasting)

**Tabel 9.** Rekap hitungan parameter gelombang tahun 2022

bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd	UI0	II	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch	t
				(m/s)	(m/dtk)	(dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(dtk)	
1	2022	301	NW	11,15	11,15	144,30	0,9	12,39	1,37	16,99	15,29	20,33	135246	7200
2	2022	251	W	9,67	9,67	166,39	0,9	10,74	1,37	14,74	13,26	17,06	166427	3600
3	2022	232	SW	6,33	6,33	254,19	0,9	7,03	1,37	9,65	8,68	10,13	88602	3600
4	2022	137	SE	5,3	5,30	303,58	0,9	5,89	1,37	8,08	7,27	8,14	0	3600
5	2022	101	E	8,32	8,32	193,39	0,9	9,24	1,37	12,68	11,41	14,18	0	3600
6	2022	106	E	10,49	10,49	153,38	0,9	11,66	1,37	15,99	14,39	18,86	0	7200
7	2022	110	E	13,5	13,50	119,19	0,9	15,00	1,37	20,57	18,52	25,72	0	10800
8	2022	110	E	13,87	13,87	116,01	0,9	15,41	1,37	21,14	19,02	26,59	0	14400
9	2022	118	SE	12,23	12,23	131,56	0,9	13,59	1,37	18,64	16,77	22,78	0	3600
10	2022	136	SE	7,95	7,95	202,39	0,9	8,83	1,37	12,11	10,90	13,41	0	7200
11	2022	202	S	6,49	6,49	247,92	0,9	7,21	1,37	9,89	8,90	10,45	0	3600
12	2022	239	SW	8,87	8,87	181,40	0,9	9,86	1,37	13,52	12,17	15,34	88602	3600

Jadi untuk mendapatkan H dan T maka nilai koreksi tegangan (UA) dihubungkan dengan Panjang fetch pada grafik peramalam gelombang (Hindcasting)

**Tabel 10.** Rekap hitungan parameter gelombang tahun 2023

bulan	Tahun	derajat	Arab	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch	t
				(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(cm/dtk)	(m/dtk)	(m/dtk)	(dtk)
1	2023	326	NW	9,56	9,56	168,31	0,9	10,62	1,37	14,57	13,11	16,83	135246	3600
2	2023	310	NW	11,37	11,37	141,51	0,9	12,63	1,37	17,33	15,59	20,83	135246	7200
3	2023	226	SW	6,7	6,70	240,15	0,9	7,44	1,37	10,21	9,19	10,87	88602	3600
4	2023	185	S	7,69	7,69	209,23	0,9	8,54	1,37	11,72	10,55	12,87	0	3600
5	2023	113	SE	12,25	12,25	131,35	0,9	13,61	1,37	18,67	16,80	22,83	0	3600
6	2023	109	E	11,81	11,81	136,24	0,9	13,12	1,37	18,00	16,20	21,82	0	3600
7	2023	111	E	14,47	14,47	111,20	0,9	16,08	1,37	22,05	19,85	28,01	0	7200
8	2023	106	E	15,05	15,05	106,91	0,9	16,72	1,37	22,93	20,64	29,40	0	10800
9	2023	111	E	15,15	15,15	106,20	0,9	16,83	1,37	23,09	20,78	29,64	0	14400
10	2023	112	E	14,03	14,03	114,68	0,9	15,59	1,37	21,38	19,24	26,97	0	18000
11	2023	116	SE	8,6	8,60	187,09	0,9	9,56	1,37	13,11	11,79	14,77	0	3600
12	2023	245	SW	5,84	5,84	275,51	0,9	6,49	1,37	8,90	8,01	9,18	88602	3600

Jadi untuk mendapatkan H dan T maka nilai koreksi tegangan (UA) dihubungkan dengan Panjang fetch pada grafik peramalam gelombang (Hindcasting)

$$\begin{aligned} u &= 1609 / U_{10} \\ &= 1609 / 15.39 \\ &= 104.54 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{3600} &= U_{10} / RL \\ &= 15.39 / 0.997 \\ &= 15.43 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_s &= U_{3600} \times RT \\ &= 17.10 \times 1.3715 \\ &= 23.45 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Hitung  $U_w$  dengan

Rumus:

$$\begin{aligned} U_w &= U_s \times RL \\ &= 23.45 \times 0.997 \\ &= 23.37 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Hitung  $U_A$  dengan

Rumus:

$$\begin{aligned} U_A &= 0.98 \times U_w^{1.23} \\ &= 0.98 \times 23.37^{1.23} \\ &= 47.27 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Keterangan:

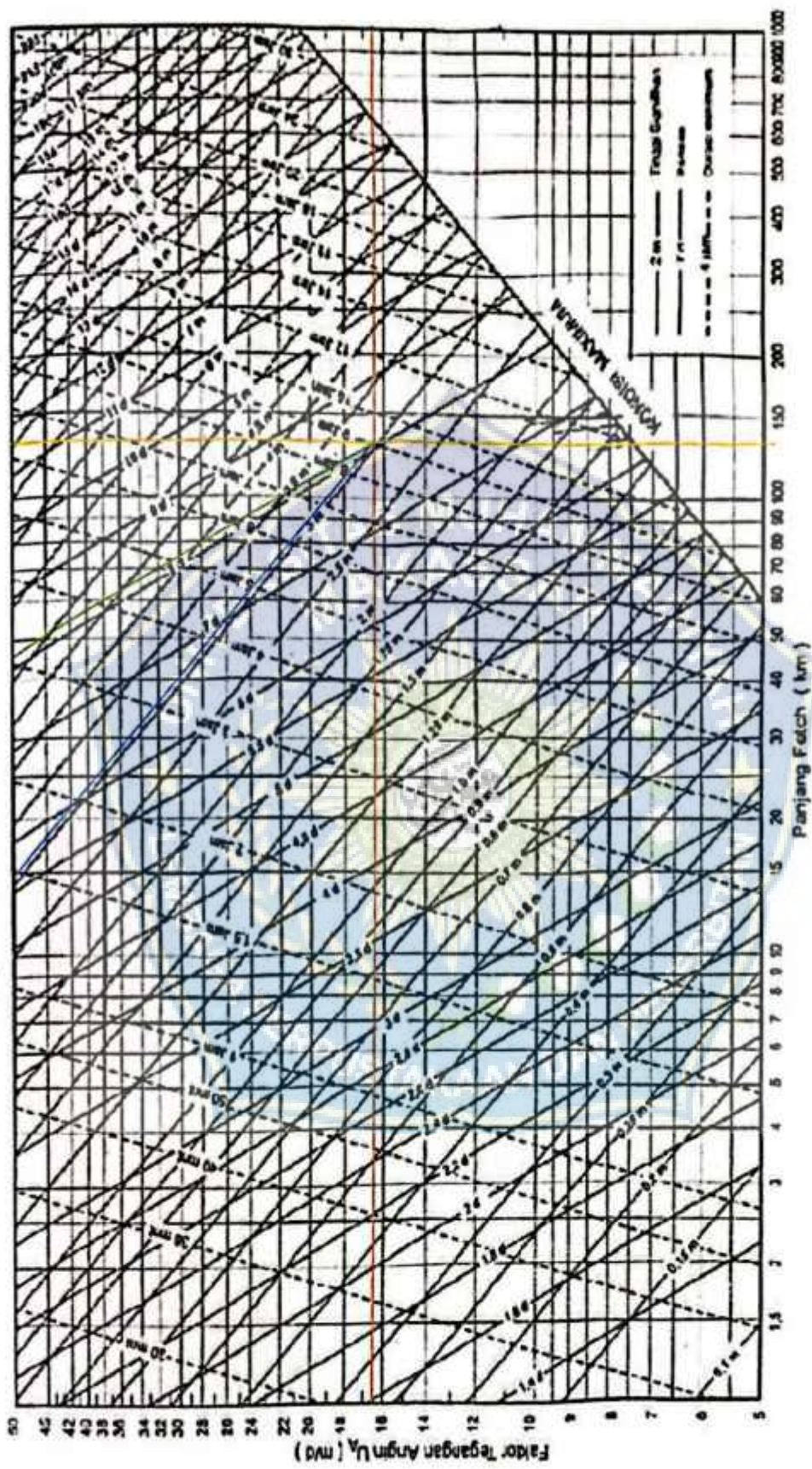
- $U_{3600}$  = Kecepatan rata-rata durasi 3600 detik
- $U_s$  = Koreksi stabilitas
- $RL$  = Faktor reduksi

- $RT$  = Koefisien stabilitas
- $UA$  = Wind stress factor (Faktor tegangan angin)
- $U_w$  = Kecepatan angin dilaut
- $U_L$  = Kecepatan angin didarat
- $UW$  = Koreksi lokasi

Berdasarkan nilai  $UA$  dan besarnya *fetch*, tinggi dan periode gelombang dapat dicari dengan menggunakan grafik peramalan gelombang.

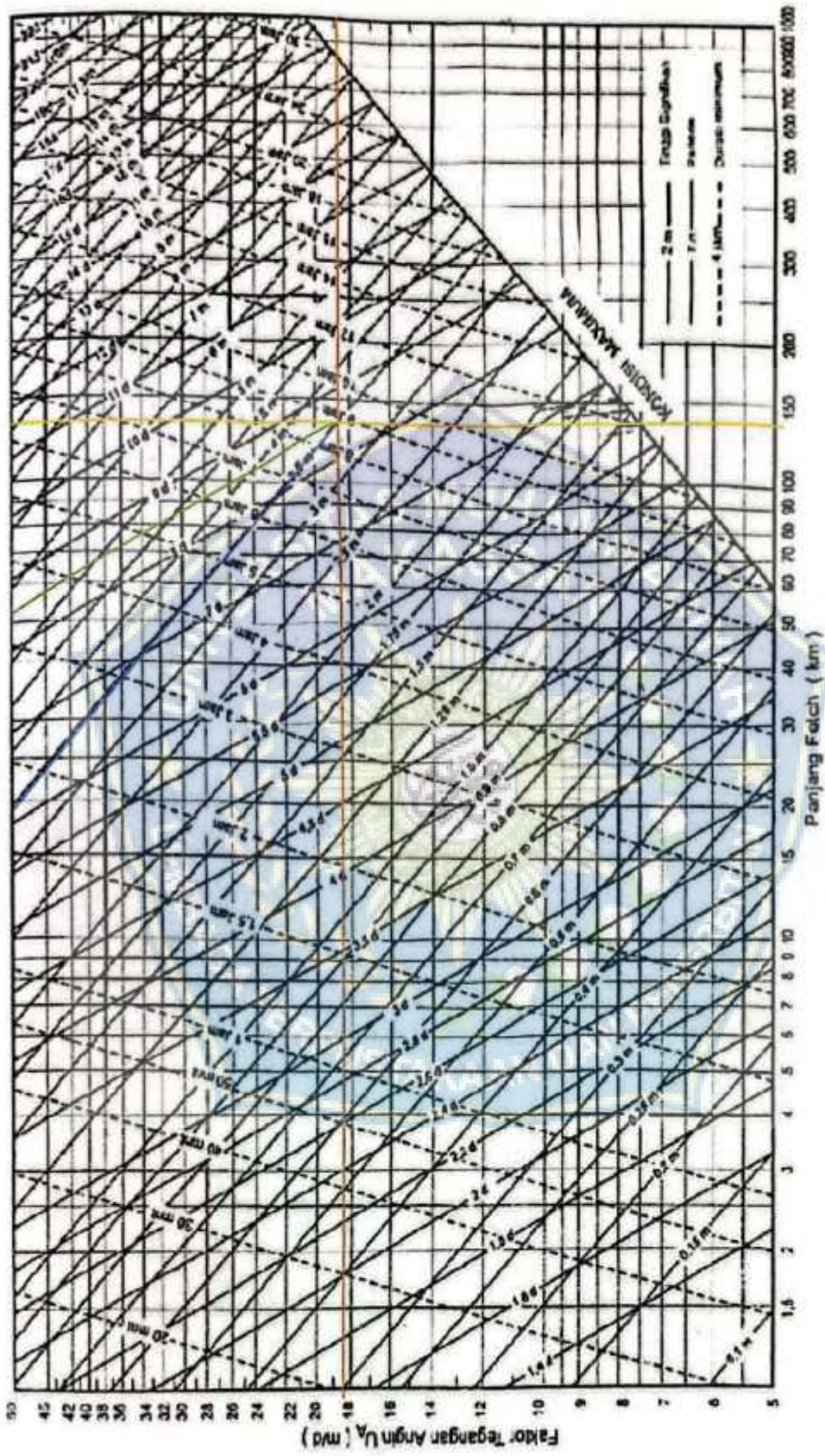


H = 3,1 m      T = 8,1 Detik



Gambar 22. Grafik Peramalan Gelombang Tahun 2020

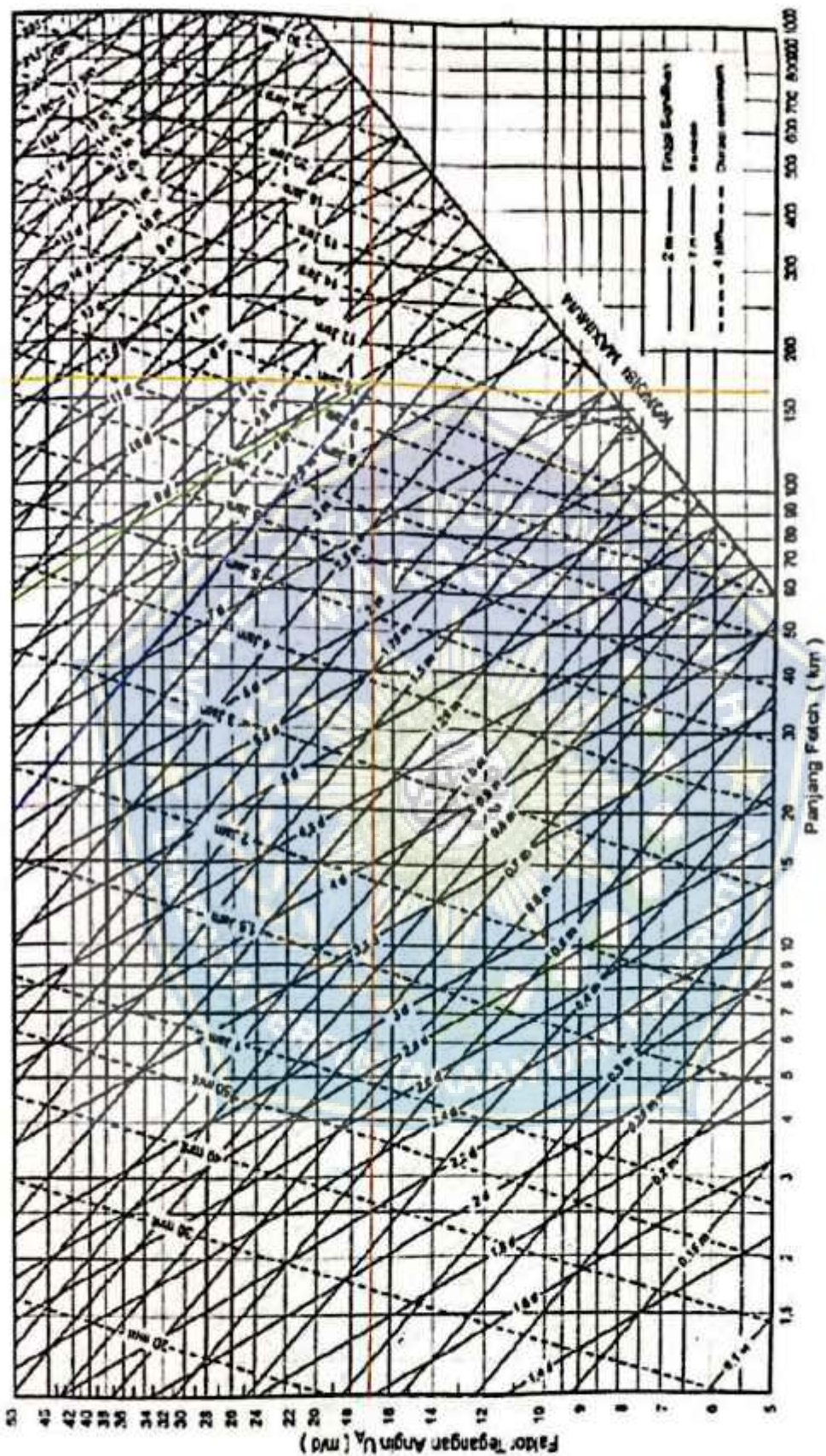
H = 3,4 m      T = 8,4 Detik



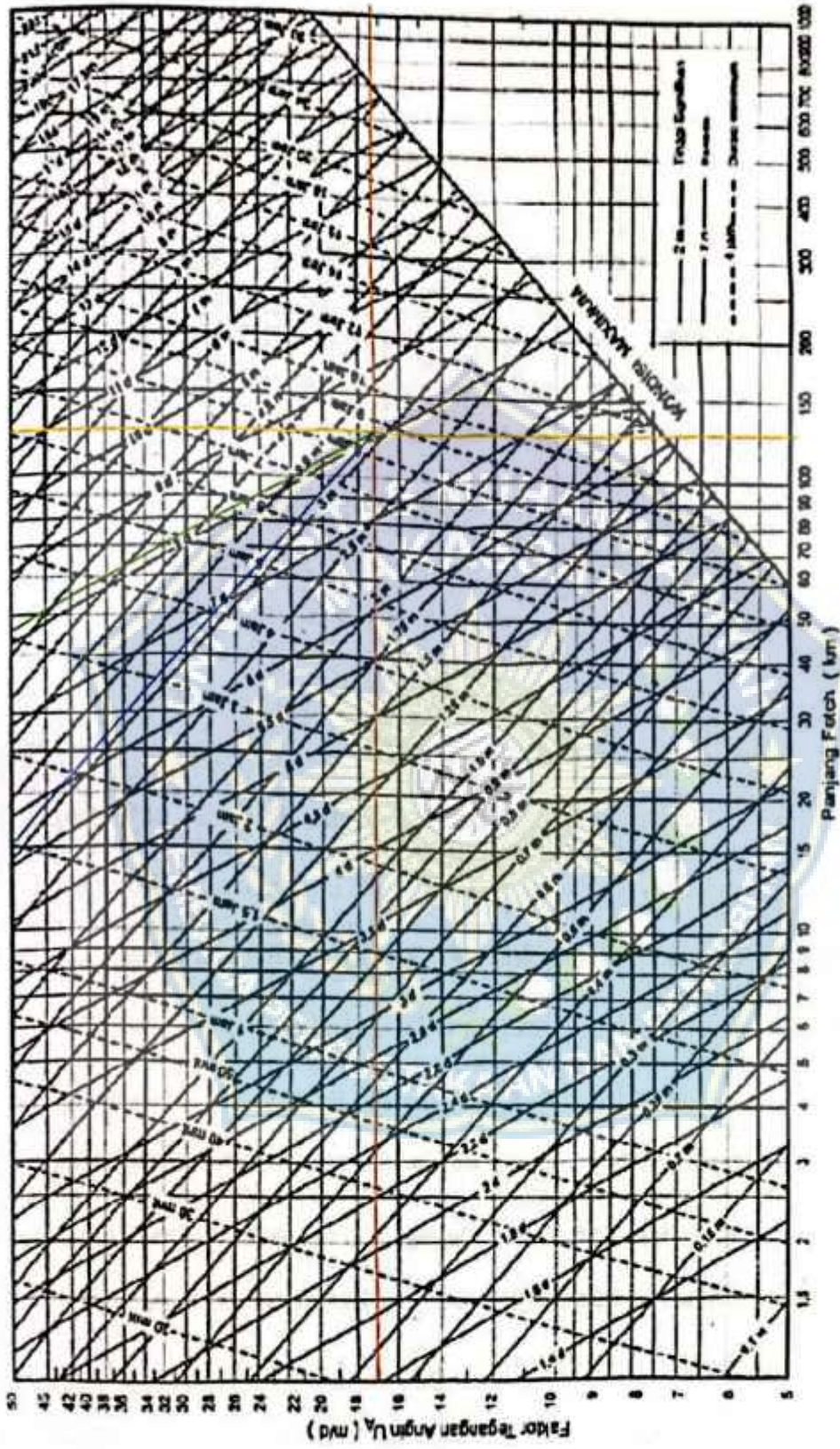
Gambar 23. Grafik Peramalan Gelombang Tahun 2021



H = 3,5 m      T = 8,7 Detik



H = 3,2 m      T = 8,2 Detik



Gambar 25. Grafik Peramalan Gelombang Tahun 2023

**Tabel 11.** Rekap tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) dalam kurun waktu 4 tahun

Tahun	Tinggi Gelombang H (Meter)	Periode Gelombang T (Detik)
2020	3.1	8.1
2021	3.4	8.4
2022	3.5	8.7
2023	3.2	8.2



**Gambar 26.** Grafik Hubungan Antara Tinggi Dan Periode Gelombang

Pada grafik yang memiliki parameter periode waktu, durasi hembusan angin serta tinggi signifikan gelombang dapat diketahui. Nilai  $U_A$  dan  $F_{eff}$  dimasukkan dalam grafik peramalan gelombang. Nilai perhitungan *fetch* dibuat garis vertikal sesuai dengan skala pada sumbu [X] sedangkan nilai faktor tegangan angin dibuat dengan garis horizontal sesuai dengan skala nilai pada sumbu [Y] sehingga perpotongan dari garis nilai *fetch* dan juga faktor tegangan angin memberikan bentuk sudut diagonal yang dapat digunakan dalam menentukan batas parameter nilai tinggi dan gelombang sehingga dapat membuat garis diagonal yang sejajar dengan garis parameter tersebut terhadap posisi perpotongan dua garis *fetch* dan juga faktor tegangan angin, agar nilai tinggi dan periode gelombang dapat diketahui.

## E. Pasang Surut

Pasang surut merupakan fenomena alam yang berupa perubahan naik turunnya air laut yang disebabkan oleh kombinasi tarikan gravitasi dan juga tegangan permukaan yang diakibatkan benda benda astronomi, terutama bulan, bumi dan matahari.

Data pasang surut diperoleh melalui pengukuran selama minimal 30 hari, dan dari data tersebut dihasilkan grafik yang menunjukkan definisi elevasi muka air laut, antara lain:

- a. *Mean High Water Level* merupakan elevasi rata-rata dari muka air laut saat pasang. Ini adalah nilai tengah antara HHWL dan MSL yang menunjukkan tinggi rata-rata air laut saat pasang.
- b. *Mean Low Water Level* adalah rerata dari muka air rendah.
- c. *Mean Sea Level* merupakan elevasi rata-rata dari muka air laut dalam periode waktu yang cukup panjang. MSL digunakan sebagai acuan dasar untuk menentukan elevasi lainnya dan mengukur perubahan tinggi muka air laut dari waktu ke waktu.
- d. *Highest High Water Level* merupakan elevasi tertinggi dari muka air laut saat pasang tertinggi. Ini adalah titik elevasi teratas yang dicapai oleh air laut selama periode pengukuran.
- e. *Lowest Low Water Level* merupakan elevasi terendah dari muka air laut saat surut terendah. Ini adalah titik elevasi terendah yang dicapai oleh air laut selama periode pengukuran.

**Tabel 12.** Data pasang surut 29 hari interval 1 jam BMKG Paotere

Tg/Bln/Thn	Becaan Skala Per 1 Jam																												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23					
01-Dec-23	-87.1	-88.6	-78.7	-59.0	-33.3	-6.2	17.7	35.0	44.5	46.4	42.9	36.6	30.5	26.9	27.1	30.6	35.3	38.1	35.9	26.9	10.8	-10.7	-34.5	-56.8					
02-Dec-23	-73.6	-81.6	-79.0	-66.1	-45.0	-19.6	5.5	26.3	40.1	46.1	45.3	39.7	32.1	25.3	21.6	21.6	24.5	28.2	29.6	26.2	16.7	1.3	-18.3	-38.9					
03-Dec-23	-57.0	-69.1	-72.5	-66.1	-50.8	-29.2	-5.3	16.8	33.7	43.5	45.9	42.1	34.4	25.6	18.4	14.6	14.4	16.9	19.7	20.2	16.2	7.0	-6.9	-23.7					
04-Dec-23	-40.5	-54.0	-61.3	-60.4	-50.9	-34.1	-13.2	8.3	26.7	39.3	44.8	43.4	36.6	27.0	17.3	9.9	6.1	6.1	8.4	10.7	10.9	7.2	-0.9	-12.6					
05-Dec-23	-26.1	-38.8	-47.8	-50.7	-46.2	-34.5	-17.4	2.0	20.3	34.4	42.4	43.5	38.4	28.9	17.6	7.2	-0.2	-3.5	-3.1	-0.5	2.1	2.9	0.3	-5.9					
06-Dec-23	-14.9	-24.9	-33.7	-38.6	-37.8	-30.7	-18.0	-1.7	15.3	29.8	39.5	42.8	39.5	30.8	18.7	6.0	-4.7	-11.6	-14.1	-12.7	-9.1	-5.2	-2.9	-3.5					
07-Dec-23	-7.3	-13.4	-20.1	-25.3	-27.0	-23.6	-15.0	-2.3	12.4	26.3	36.9	42.0	40.6	33.0	20.8	6.4	-7.4	-18.2	-24.2	-25.3	-22.2	-16.6	-10.5	-5.8					
08-Dec-23	-3.9	-4.9	-8.2	-12.1	-14.5	-13.8	-8.9	0.1	11.9	24.4	35.1	41.5	42.0	35.9	24.1	8.6	-7.9	-22.6	-32.9	-37.7	-36.7	-31.0	-22.4	-13.3					
09-Dec-23	-5.6	-0.8	0.8	0.0	-1.7	-2.2	-0.1	5.4	14.0	24.3	34.3	41.6	44.0	40.0	29.4	13.5	-5.2	-23.6	-38.7	-48.3	-51.2	-47.5	-38.4	-26.1					
10-Dec-23	-13.3	-2.3	5.3	9.1	10.1	9.9	10.4	13.0	18.3	26.0	34.6	42.2	46.4	44.9	36.5	21.5	1.7	-19.9	-39.8	-55.1	-63.5	-63.9	-56.8	-43.7					
11-Dec-23	-27.2	-10.5	3.6	13.4	18.8	20.8	21.2	21.9	24.3	29.0	35.6	42.8	48.3	49.6	44.5	32.0	13.0	-10.4	-34.4	-55.5	-70.5	-77.2	-74.8	-63.7					
12-Dec-23	-46.3	-25.6	-5.5	11.1	22.5	28.5	30.6	30.8	31.1	32.9	36.9	42.6	48.7	52.5	51.4	43.1	27.1	4.4	-21.8	-47.8	-69.5	-83.7	-82.5						
13-Dec-23	-67.4	-45.7	-21.4	1.4	19.4	31.1	36.8	38.2	37.5	36.9	37.9	41.4	46.7	52.2	54.9	51.9	41.1	22.0	-3.4	-31.9	-59.0	-80.6	-93.4	-95.4					
14-Dec-23	-86.1	-67.1	-41.8	-14.9	9.4	27.5	38.4	42.7	42.5	40.3	38.6	39.0	42.2	47.7	53.1	55.3	51.0	38.3	17.2	-10.0	-39.6	-66.9	-87.6	-98.5					



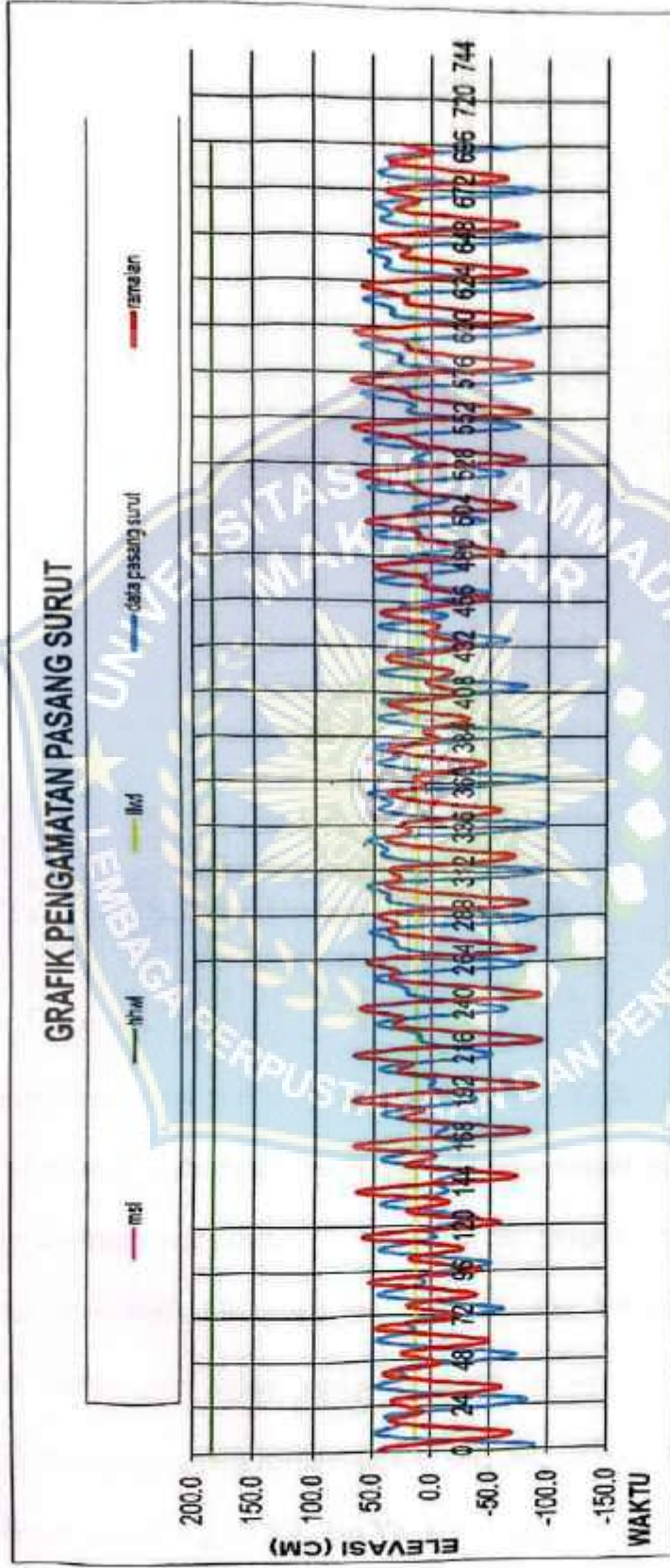
Lanjutan Tabel 13. Data pasang surut 29 hari interval 1 jam

Tg/Bln/Thn	Bacaan Skala Per 1 Jam																												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23					
15-Dec-23	-97.5	-84.8	-62.6	-34.7	-6.4	17.7	34.6	43.4	45.4	42.9	38.9	35.9	35.8	39.3	45.3	51.2	53.5	48.7	35.0	13.0	-14.8	-44.3	-70.7	-89.8					
16-Dec-23	-98.1	-94.2	-78.5	-53.8	-24.8	3.2	25.8	40.0	45.8	44.6	39.3	33.1	28.9	28.6	32.7	39.6	46.5	49.3	44.8	31.3	9.5	-17.5	-45.6	-70.1					
17-Dec-23	-86.7	-92.2	-85.4	-67.4	-41.5	-12.7	13.6	33.1	43.6	45.3	40.4	31.9	23.5	18.2	17.8	22.6	30.8	38.8	42.8	39.4	27.2	7.1	-17.9	-43.4					
18-Dec-23	-65.0	-78.4	-80.9	-71.7	-52.2	-26.4	0.7	23.8	39.2	45.2	42.3	33.2	21.4	10.8	4.4	4.1	9.7	19.1	28.7	34.3	32.9	23.1	5.9	-15.8					
19-Dec-23	-37.9	-55.8	-65.8	-65.3	-54.2	-34.4	-9.8	14.5	33.5	44.1	45.0	37.3	23.9	8.8	-4.1	-11.4	-11.7	-5.3	5.4	16.7	24.5	25.8	19.4	6.0					
20-Dec-23	-11.5	-29.4	-43.3	-49.7	-46.8	-34.5	-15.3	7.1	27.6	42.1	47.5	43.2	30.7	13.2	-5.0	-19.9	-28.2	-28.5	-21.4	-9.4	3.8	14.3	19.0	16.5					
21-Dec-23	7.6	-5.4	-18.7	-28.5	-31.8	-27.0	-14.5	3.5	22.9	39.3	49.0	49.4	40.2	23.2	1.9	-19.1	-35.7	-44.8	-45.2	-37.4	-24.0	-8.7	4.8	13.2					
22-Dec-23	15.0	10.6	2.3	-6.7	-13.0	-13.7	-7.8	4.3	20.3	36.4	48.8	54.0	49.7	36.1	15.1	-9.2	-32.5	-50.5	-60.3	-60.6	-52.1	-37.2	-19.5	-3.0					
23-Dec-23	9.2	15.1	15.0	10.8	5.4	2.1	3.1	9.3	20.3	34.0	46.9	55.6	56.7	48.4	31.0	7.0	-19.8	-44.7	-63.6	-73.6	-73.6	-64.0	-47.4	-27.4					
24-Dec-23	-7.8	7.7	17.1	20.5	19.5	16.8	15.3	17.1	23.0	32.5	43.8	53.9	59.2	57.0	45.4	25.2	-1.2	-29.5	-55.2	-74.4	-84.1	-83.2	-72.3	-53.7					
25-Dec-23	-31.3	-9.2	8.8	20.8	26.6	27.6	26.5	25.8	27.5	32.4	40.3	49.4	57.0	59.7	54.7	40.7	18.4	-9.2	-38.1	-63.8	-82.3	-91.0	-88.6	-75.9					
26-Dec-23	-55.3	-30.9	-7.0	12.7	26.0	32.7	34.6	33.8	32.9	33.7	37.4	43.7	51.0	56.5	57.1	50.0	34.2	10.9	-17.1	-45.6	-70.2	-87.2	-93.9	-89.4					
27-Dec-23	-74.5	-52.0	-26.0	-1.3	18.7	31.9	38.4	39.6	38.1	36.2	35.8	38.2	43.1	49.0	52.9	51.8	43.1	26.3	2.7	-24.6	-51.7	-74.3	-88.7	-92.7					
28-Dec-23	-85.4	-68.1	-44.0	-17.4	7.1	26.0	37.8	42.7	42.4	39.2	35.8	34.2	35.4	39.3	44.0	46.7	44.2	34.6	17.4	-5.7	-31.5	-56.2	-75.8	-86.9					
29-Dec-23	-87.4	-77.0	-57.4	-32.3	-6.1	16.9	33.5	42.7	45.0	42.4	37.2	32.3	29.5	30.0	33.2	37.1	38.7	35.2	25.0	8.1	-13.8	-37.3	-58.8	-74.5					

Skema I

Sumber: Pengolahan Data BMKG Paotere Makassar

Pengolahan data pasang surut dari BMKG Paotere Makassar, data yang di ambil selama 29 hari.



Gambar 27. Grafik Pasang surut Pantai Punaga BMKG Paotere

**Tabel 14. Hasil Perhitungan Harga X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 dari skema 2  
BMKG Paotere**

Tgl/Bln/Thn	Skema II											
	X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
01-Dec-23	412	-381	160	-130	-146	176.3	-164.3	194.7	8.74	11	0.96	29.42
02-Dec-23	356.2	-348	169.9	-162	-80	87.93	-211.6	219.5	3	2.19	-10.8	18.8
03-Dec-23	301	-312	156.8	-168	-12.2	1.14	-220.3	209.2	-2.11	-5.12	-18.8	7.69
04-Dec-23	252.3	-277	126.8	-152	46	-71.43	-198.1	173.1	-5.9	-10.4	-23	-2.08
05-Dec-23	213.4	-248	84	-119	89.77	-124.5	-155.6	121	-8.55	-14	-24.6	-10.1
06-Dec-23	186.6	-228	31	-72.8	116.2	-157.6	-101.8	60.33	-10.4	-16.6	-24.6	-16.9
07-Dec-23	175.3	-221	-30	-16.4	125.9	-171.8	-41.58	-4.37	-11.6	-18.4	-23.1	-22.8
08-Dec-23	184.3	-231	-93.8	46.76	119.3	-166.3	22.72	-69.73	-11.8	-18.9	-19.1	-28
09-Dec-23	217.6	-260	-152	110.2	96.18	-138.2	68.65	-130.6	-10.6	-16.8	-11.1	-30.9
10-Dec-23	275.6	-304	-192	163.4	55.94	-84.21	150.1	-178.3	-7.66	-10.8	0.81	-29.1
11-Dec-23	351.8	-357	-199	193.7	-0.15	-5.4	195.8	-201.4	-2.65	-0.93	15.1	-20.7
12-Dec-23	432.1	-409	-166	189.6	-66.9	90	211.9	-188.8	4.24	10.9	28.54	-5.4
13-Dec-23	497.5	-446	-94.9	146.2	-134	185.2	186.2	-134.9	11.91	21.62	37.57	13.77
14-Dec-23	529.2	-458	2.37	68.56	-187	258	114.7	-43.76	18.18	28.11	39.29	31.64
15-Dec-23	514.9	-440	102.2	-27.3	-212	286.5	5.37	69.56	20.41	28.45	32.15	42.78
16-Dec-23	454.1	-394	177.9	-118	-197	257.1	-120.7	180.8	16.81	22.32	16.48	43.66
17-Dec-23	359.5	-331	206.9	-178	-141	170.2	-234.1	262.9	7.75	10.87	-5.21	34.03
18-Dec-23	254	-266	178.5	-190	-53.9	42.24	-305.2	293.5	-4.08	-3.77	-28.2	16.46
19-Dec-23	164.7	-215	98	-149	46.74	-97.53	-313.1	262.3	-14.7	-18.6	-46	-4.82
20-Dec-23	114.4	-192	-14.9	-63	137.2	-215.2	-253	175	-20.9	-30.1	-52.8	-25.1
21-Dec-23	115.2	-201	-132	45.77	195.8	-281.7	-138.2	52.17	-21.2	-34.9	-46	-40
22-Dec-23	164.7	-238	-224	150.6	208.4	-281.7	3.16	-76.44	-16.5	-31.1	-27.2	-46.1
23-Dec-23	247.8	-292	-271	226.8	173.1	-217.3	136.3	-180.4	-9.09	-19.5	-2.59	-41.6
24-Dec-23	341.6	-349	-267	259.2	99.51	-107	229.8	-237.2	-1.04	-3.59	20.28	-27.8
25-Dec-23	423.2	-396	-218	245.3	6.38	20.41	264.5	-237.7	6.01	11.63	35.25	-8.46
26-Dec-23	475.7	-425	-144	194.2	-84.2	134.8	238	-187.4	11.02	22.01	39.77	10.78
27-Dec-23	492.4	-433	-63.1	123.1	-153	213	163	-103.1	13.42	25.63	34.96	24.98
28-Dec-23	476.3	-421	5.68	50.12	-188	244.1	62.35	-6.55	13.06	23.2	24.24	31.56
29-Dec-23	436.6	-394	52.32	-10.1	-188	230	-39.54	81.79	10.49	16.91	11.44	30.81

Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4, dan Y4, Pengisian data tabel 19 dilakukan dengan bantuan tabel 18 yang mengalikan nilai pengamatan dengan harga pengali pada daftar 1 untuk setiap hari pengamatan. Karena pengali dalam daftar hanya berisi bilangan 1 dan -1 kecuali untuk X4 dan bilangan 0 (nol) yang tidak dimasukkan dalam perkalian, maka lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 pada kolom bertanda (+) di dibawah kolom X1,Y1,X2,Y2,X4, dan Y4. Hal yang sama untuk pengali -1 pada kolom dibawah bertanda (-).



**Tabel 15.** Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y indeks ke satu dari skema 3 BMKG Paotere

Tgl/Bln/Thn	Skema III						
	Xo	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
		2000	2000	2000	2000	2000	2000
01-Dec-23	30	2793	2290	1678	1641	1998	1972
02-Dec-23	8	2704	2332	1832	1569	2001	1970
03-Dec-23	-11	2613	2325	1987	1570	2003	1974
04-Dec-23	-25	2530	2279	2118	1629	2005	1979
05-Dec-23	-35	2461	2203	2214	1723	2005	1986
06-Dec-23	-41	2415	2104	2274	1838	2006	1992
07-Dec-23	-46	2397	1987	2298	1963	2007	2000
08-Dec-23	-47	2416	1859	2286	2092	2007	2009
09-Dec-23	-42	2477	1738	2234	2219	2006	2020
10-Dec-23	-28	2580	1645	2140	2328	2003	2030
11-Dec-23	-6	2709	1607	2005	2397	1998	2036
12-Dec-23	23	2841	1644	1843	2401	1993	2034
13-Dec-23	51	2944	1759	1681	2321	1990	2024
14-Dec-23	71	2987	1934	1555	2158	1990	2008
15-Dec-23	75	2955	2129	1502	1936	1992	1989
16-Dec-23	60	2848	2296	1546	1698	1994	1973
17-Dec-23	29	2690	2385	1688	1503	1997	1961
18-Dec-23	-12	2520	2369	1904	1401	2000	1955
19-Dec-23	-51	2380	2247	2144	1425	2004	1959
20-Dec-23	-78	2307	2048	2352	1572	2009	1972
21-Dec-23	-86	2316	1822	2478	1810	2014	1994
22-Dec-23	-73	2403	1626	2490	2080	2015	2019
23-Dec-23	-44	2540	1502	2390	2317	2010	2039
24-Dec-23	-7	2691	1474	2206	2467	2003	2048
25-Dec-23	27	2820	1536	1986	2502	1994	2044
26-Dec-23	51	2901	1662	1781	2425	1989	2029
27-Dec-23	60	2925	1814	1634	2266	1988	2010
28-Dec-23	56	2897	1956	1568	2069	1990	1993
29-Dec-23	42	2831	2062	1582	1879	1994	1981
Jumlah	-49	76888	56633	57397	57200	58005	57997

Berdasarkan tabel diatas untuk mendapatkan hasil perhitungan pada setiap kolom nilai X1 akan ditambahkan pada kolom 5 baris 2 yaitu 800, untuk nilai Y1 akan ditambahkan pada kolom 5 baris 2 yaitu 700 dan begitu seterusnya dengan nilai X2, Y2,X4, dan Y4.

**Tabel 16. Bilangan pengali untuk piantan 29 (29 hari) BMKG Paotere**

			So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4		
(29) : Daftar 3a (15) : Daftar 3b	Skema V	X <sup>00</sup> =	-49	-49.4								
		X <sup>10</sup> =	18888				18888.5	-1511.1				
		X <sup>12</sup> - Y <sup>1b</sup> =	11194		783.6			-223.9	11193.9		223.9	
		X <sup>13</sup> - Y <sup>1c</sup> =	3357									
		X <sup>20</sup> =	-603		18.1	-603.5	18.1					
		X <sup>22</sup> - Y <sup>2b</sup> =	-15770		-15769.7	-236.5	-520.4	-31.5	914.6		551.9	
		X <sup>23</sup> - Y <sup>2c</sup> =	-1722		103.3		-1721.8					
		X <sup>42</sup> - Y <sup>4b</sup> =	-757		-22.7						-757.3	
V		X <sup>44</sup> - Y <sup>4d</sup> =	75						75.2	6.0		
VI	Skema VI	Y <sup>10</sup> =	-1367				-1367.5	109.4				
		Y <sup>12</sup> + X <sup>1b</sup> =	6965		487.6		-139.3	6965.4			209.0	
		Y <sup>13</sup> + X <sup>1c</sup> =	-112									
		Y <sup>20</sup> =	-800		24.0	-799.6	24.0					
		Y <sup>22</sup> + X <sup>2b</sup> =	-4077		-4076.8	-61.2	-130.5		236.5		142.7	
		Y <sup>23</sup> + X <sup>2c</sup> =	3200		-192.0		3199.7					
		Y <sup>42</sup> + X <sup>4b</sup> =	-385		-11.6						-3.9	-385.5
		Y <sup>44</sup> + X <sup>4d</sup> =	-15							-14.5	-1.2	

**Tabel 17. Penyusun hasil perhitungan besaran X dan Y skema 5 dan 6 BMKG Paotere**

		So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
V	: PR cos r	-49.4	-14887.5	-840.0	-2224.1	18633.1	10597.5	75.2	24.6
V I	: PR sin r		-3768.8	-860.8	3093.2	-1506.8	7311.3	-18.4	-35.0
	PR	49.4	15357.1	1202.7	3809.9	18693.9	12874.8	77.4	42.7
Daftar 3a	: P	696.0	599.0	448.0	566.0	439.0	565.0	507.0	535.0
Hasil hitung	: f		1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	0.9	1.0
Hasil hitung	: 1+W		1.0	1.0	0.8	1.1	1.0	1.0	1.0
Hasil hitung	V		-599.6	0.0	-637.7	142.5	-382.1	-1559.2	-599.6
Hasil hitung	u		-1.2	0.0	-1.2	-4.3	4.9	-2.3	-1.2
Hasil hitung	w		0.0	17.2	-3.8	15.5	0.0	0.0	17.2
Daftar 3a (3b)	: p		333.0	345.0	327.0	173.0	160.0	307.0	318.0
Hasil hitung	: r		194.2	225.7	125.7	355.4	34.6	346.3	305.1
Jumlah	: s		-73.6	587.9	-190.0	682.1	-182.6	-908.3	39.5
	g		286.4	227.9	170.0	322.1	177.4	171.7	39.5
PR / [P X (X (1 + W))] - A		-0.1	28.3	2.8	8.5	35.4	19.7	0.2	0.1

**Tabel 18. Konstanta Pasang Surut Pantai Punaga BMKG Paotere**

HASIL TERAKHIR										
	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A cm	-0.1	28.3	2.8	8.5	0.6	35.4	19.7	11.7	0.2	0.1
g		286.4	227.9	170.0	227.9	322.1	177.4	322.1	171.7	39.5

Dengan menggunakan data konstanta pasang surut, maka tipe pasang surut yang berbeda dilokasi penelitian dapat diprediksi dengan menggunakan rumus formzhal Number (fs) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{A(K1)+A(O1)}{A(M2)+A(S2)} \\
 &= \frac{35.4 + 19.7}{28.3 + 2.8}
 \end{aligned}$$

$$= 1.769 \text{ cm}$$

Berdasarkan nilai Formzhal, maka kriteria pasang surut adalah: Pasut surut campuran condong harian tunggal (Mixed Tide Prevalling Diurnal). Yaitu dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

Menurut Triadmodjo (1999) tipe pasang surut dibagi menjadi 4 type yaitu sebagai berikut:

- a. Pasang surut harian ganda (Semi Diurnal Tide)  $F < 0,25$ :

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hamper sama dan pasang surut terjadi secara teratur. Periode pasang rata – rata adalah 12 jam 24 menit.

- b. Pasang surut harian (Diurnal Tide)  $F > 3,0$ :

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

- c. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (Mixed Tide Prevalling Semidiurnal)  $0,26 < F < 1,5$ :

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

- d. Pasang surut campuran condong ke harian Tunggal (Mixed Tide Prevalling Diurnal)  $1,5 < F < 3,0$ :

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

$$\text{MSL} = -0.1$$

$$\begin{aligned}\text{HHWL} &= Z_0 + (M_2 + S_2) + (K_1 + O_1) \\ &= 98,55 + (28,3 + 2,8) + (35,4 + 19,7) \\ &= 84,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

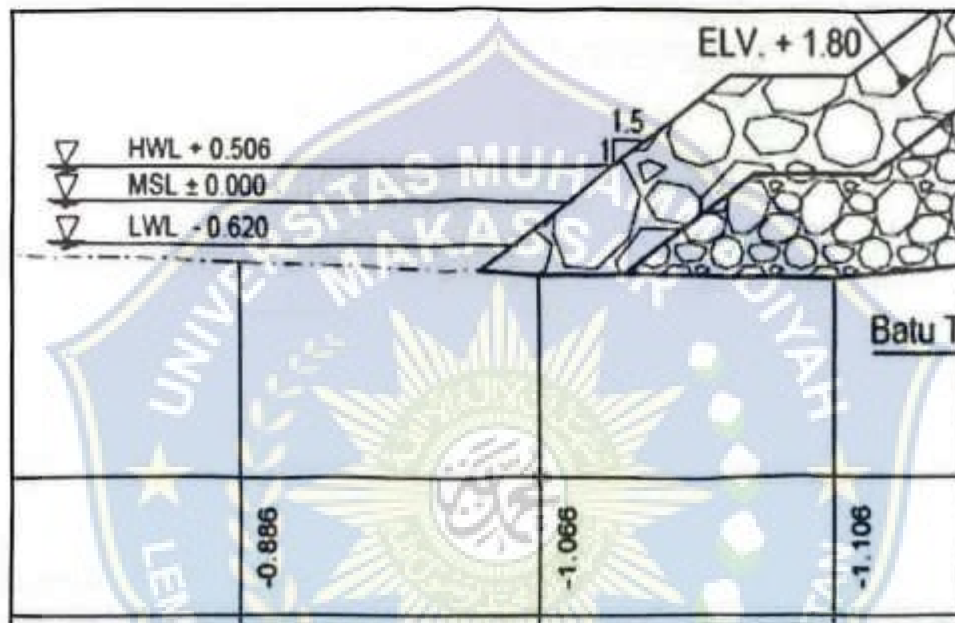
$$\begin{aligned}\text{LLWL} &= Z_0 - (M_2 + S_2) - (K_1 + O_1) \\ &= 98,55 - (28,3 + 2,8) - (35,4 + 19,7) \\ &= 12,35 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MHWL} &= Z_0 + (M_2 + S_2) \\ &= 98,55 + (28,3 + 2,8) \\ &= 129,65 \text{ cm}\end{aligned}$$

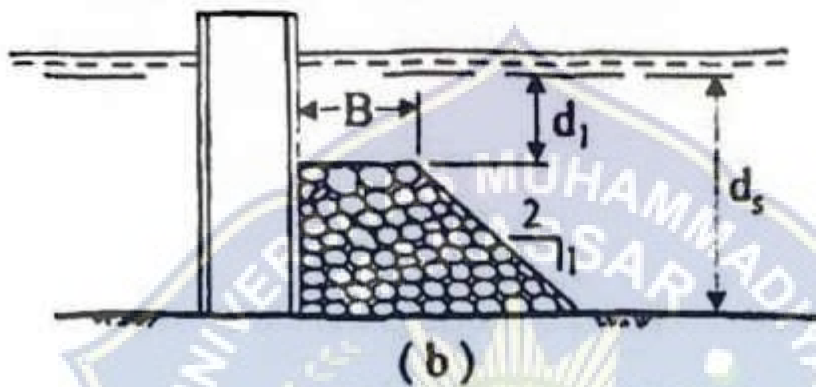
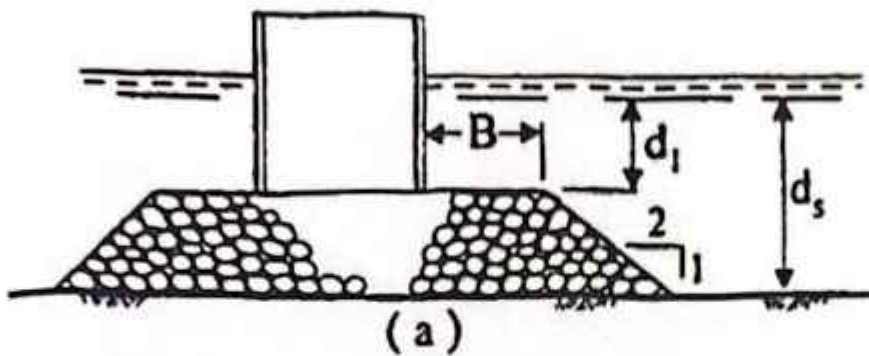
$$\begin{aligned}\text{MLWL} &= Z_0 - (M_2 + S_2) \\ &= 98,55 - (28,3 + 2,8) \\ &= 67,45 \text{ cm}\end{aligned}$$

### E. Analisis Stabilitas Pelindung Kaki Bangunan (*Toe Protection*)

Kontrol stabilitas kaki bangunan (*toe protection*) menggunakan grafik *stability number* ( $N_s$ ) untuk pondasi dan pelindung kaki (*toe protection*) pada Gambar 28. Untuk analisis selanjutnya dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.



Gambar 28. Penentuan Nilai  $d_s$  dan  $d_l$  Pelindung Kaki Bangunan. (Sumber: PT. Mina Fajar Abadi)



Gambar 29. Bangunan *revetment*  
Sumber : Google

Berdasarkan Gambar 29 maka dapat ditentukan nilai  $d_s$  dan  $d_1$  seperti pada perhitungan dibawah ini.

$$d_s = HHWL + d_{rerata}$$

$$d_s = 0,847 + 1,138$$

$$d_s = 1,985$$

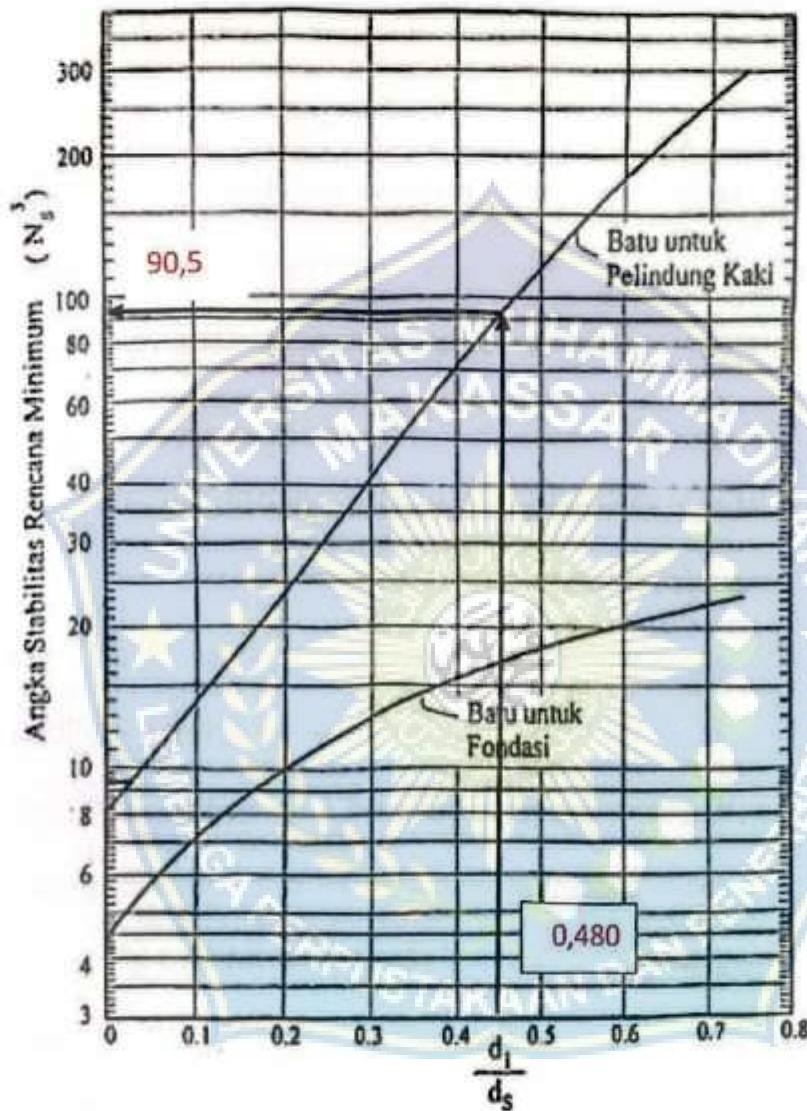
$$d_1 = d_s - (d + 1,8)$$

$$d_1 = 1,985 - (1,138 + 1,8)$$

$$d_1 = 0,953$$

$$d_1/d_s = 0,953 / 1,985$$

$$d_1/d_s = 0,480$$



Gambar 30. Grafik Angka Stabilitas Rencana Minimum ( $N_s^3$ )

Berdasarkan grafik pada Gambar 30 diatas didapatkan nilai ( $N_s^3$ ) untuk pelindung kaki bangunan pengaman pantai di pantai Punaga Kabupaten Takalar dengan kedalaman rata-rata sebesar 1,138 m didapatkan nilai  $d_1/d_s = 0,480$  Dengan memplotkan nilai  $d_1/d_s$  dengan garis bantu untuk pelindung kaki maka diperoleh nilai  $N_s^3 = 90,5$  dengan syarat  $N_s^3 < 300$ . Sehingga untuk nilai  $90,5 < 300$  bangunan dinding pengaman pantai di pantai punaga dapat dikatakan aman.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik gelombang di pantai Punaga pada tahun 2020 didapatkan tinggi gelombang sebesar (H) 3,1 m dan periode gelombang (T) 8,1 detik. Pada tahun 2021 didapatkan tinggi gelombang (H) 3,4 m dan periode gelombang (T) 8,4 detik. Pada tahun 2022 didapatkan tinggi gelombang (H) 3,5 m dan periode gelombang (T) 8,7 detik dan untuk tahun 2023 didapatkan tinggi gelombang (H) 3,2 dan periode gelombang (T) 8,2 detik.
2. Dari hasil analisis maka pengaruh karakteristik gelombang terhadap stabilitas dapat merusak *revetment* yang ada karena dapat mengakibatkan erosi dan *overtopping*. Khususnya tinggi gelombang (H) pada tahun 2022 yang mencapai 3,5 m sedangkan untuk pasang diperoleh nilai stabilitas pelindung kaki ( $d1/ds = 0,480$ ), sehingga angka stabilitas pelindung kaki ( $Ns^3 = 90,5$ ) tersebut dapat melindungi bangunan *revetment* dari keruntuhan.

#### B. Saran

Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk melakukan studi inventarisasi bangunan pengaman pantai *revetment* untuk menentukan tingkat kerusakan dan disarankan untuk melakukan pemantuan dan pemeliharaan pada bangunan pengaman pantai *revetment* di pantai punaga kabupaten takalar.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, S. (2022). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Program Promosi Desa Wisata Pantai Punaga Berbasis Digital. *Jurnal Dinamika Pengabdian (JDP ...)*, 7(2), 339–347.  
<http://journal.unhas.ac.id/index.php/jdp/article/view/18668>  
<http://journal.unhas.ac.id/index.php/jdp/article/download/18668/8207>
- Fauzi<sup>1)</sup>, R., Asmal<sup>2)</sup>, I., & Nadjmi<sup>3)</sup>, N. (2021). *Resort Punaga Berbasis Eco-Friendly*.
- Jonathan, S. (2023). Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai. *Jurnal Universitas Sam Ratulangi*, 21(85), 178–189. <https://slideplayer.info/slide/14263010/>
- Kaunang, J. A., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2016). Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut Pada Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), 567–576.
- Mawardin, A., Rizki, F., & Kurniati, E. (2021). Analisis Stabilitas Struktur Revetment Di Pantai Jempol Labuhan Sumbawa. *Hexagon Jurnal Teknik Dan Sains*, 2(1), 22–31. <https://doi.org/10.36761/hexagon.v2i1.873>
- Ni Made Krisna Werdi, & I Gusti Agung Putu Eryani. (2020). Alternatif Perencanaan Jetty Di Muara Tukad Pangi Kabupaten Badung. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(1), 102–113.  
<https://doi.org/10.22225/pd.9.1.1678.102-113>
- Nurqolis, N., & Pratiwi, V. (2020). Analisis Penentuan Tata Letak Break Water Dengan Menggunakan Software Sms (Surface-Water Modeling System) Di Pulau Tidung Kepulauan Seribu. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 1(2), 89–99.  
<https://doi.org/10.34010/crane.v1i2.4187>
- Rimadantia, A., Jasin, S. M. I., & Halim, F. (2018). Evaluasi Kinerja Breakwater Terhadap Gelombang Di Kawasan Pelabuhan Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 6(4), 211–224.
- Setiyawan, Rusdin, A., & Adnyani, N. (2016). Analisis Peramalan Ketinggian Gelombang Laut Dengan Periode Ulang Menggunakan Metode Distribusi Weibull (Studi Kasus Pantai Lembasada Kabupaten Donggala). *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), 585–594.
- Sudarsono, B. (2011). Inventarisasi perubahan wilayah pantai dengan metode penginderaan jauh (studi kasus Kota Semarang). *Teknik*, 32(2), 162–169.
- Viera Valencia, L. F., & Garcia Giraldo, D. (2019). 濟無No Title No Title No Title. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2.
- Wattimena, J. D., & Ayal, M. R. (2019). Analisis Perubahan Garis Pantai Desa Rutong Kota Ambon. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 115–136.  
<https://doi.org/10.28932/jts.v14i2.1796>

BAB I Mustazim / Athira  
Afdaliah - 105811108920 /  
105811109820

*by Tahap Tutup*



---

**Submission date:** 24-Jun-2024 05:37PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2407812147

**File name:** BAB\_1\_Mustazim\_Athira\_Turnitin\_1.docx (30.52K)

**Word count:** 120

**Character count:** 792

BAB I Mustazim / Athira Afdaliah - 105811108920 /  
105811109820

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



Exclude quotes  Off

Exclude bibliography  Off


Exclude matches  Off



1

# BAB II Mustazim / Athira Afdaliah - 105811108920 / 105811109820

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 24-Jun-2024 05:37PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2407812274

**File name:** BAB\_2\_Mstazim\_Athira\_Turnitin\_1.docx (760.24K)

**Word count:** 572

**Character count:** 3309

BAB II Mustazim / Athira Afdaliah - 105811108920 /  
105811109820

ORIGINALITY REPORT

**24%**

SIMILARITY INDEX

**24%**

INTERNET SOURCES

**2%**

PUBLICATIONS

**%**

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<a href="http://digilib.unila.ac.id">digilib.unila.ac.id</a> Internet Source	<b>5%</b>
<b>2</b>	<a href="http://caritulisan.com">caritulisan.com</a> Internet Source	<b>5%</b>
<b>3</b>	<a href="http://text-id.123dok.com">text-id.123dok.com</a> Internet Source	<b>4%</b>
<b>4</b>	<a href="http://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	<b>3%</b>
<b>5</b>	<a href="http://journal.maranatha.edu">journal.maranatha.edu</a> Internet Source	<b>3%</b>
<b>6</b>	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source	<b>2%</b>
<b>7</b>	<a href="http://nanopdf.com">nanopdf.com</a> Internet Source	<b>2%</b>

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On

BAB III Mustazim / Athira  
Afdaliah - 105811108920 /  
105811109820

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 24-Jun-2024 05:38PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2407812386

**File name:** BAB\_3\_Mustazim\_Athira\_Turnitin\_1.docx (1.2M)

**Word count:** 221

**Character count:** 1443

B III Mustazim / Athira Afdaliah - 105811108920 /  
05811109820

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



Exclude quotes  Off

Exclude bibliography  Off

Exclude matches  Off



BAB IV Mustazim / Athira  
Afdaliah - 105811108920 /  
105811109820

*by Tahap Tutup*



**Submission date:** 08-Jun-2024 12:49PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2398084388

**File name:** BAB\_4\_Skripsi\_Turnitin\_1.docx (2.99M)

**Word count:** 1964

**Character count:** 10465



ORIGINALITY REPORT

**10%** SIMILARITY INDEX      **10%** INTERNET SOURCES      **0%** PUBLICATIONS      **%** STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<a href="http://digilibadmin.unismuh.ac.id">digilibadmin.unismuh.ac.id</a> Internet Source		<b>7%</b>
<b>2</b>	<a href="http://bbmkg4.bmkg.go.id">bbmkg4.bmkg.go.id</a> Internet Source		<b>2%</b>
<b>3</b>	<a href="http://journal.unmasmataram.ac.id">journal.unmasmataram.ac.id</a> Internet Source		<b>2%</b>

Exclude quotes  On  
Exclude bibliography  On

Exclude matches  2%

BAB V Mustazim / Athira  
Afdaliah - 105811108920 /  
105811109820

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 24-Jun-2024 08:08AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2407463677

**File name:** BAB\_5\_Mustazim\_Athira\_Turnitin.docx (1.72M)

**Word count:** 420

**Character count:** 2758

BAB V Mustazim / Athira Afdaliah - 105811108920 /  
105811109820

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



Exclude quotes

On

Exclude matches

Exclude bibliography

On

