

SKRIPSI

**TIPE BREAKWATER UNTUK MENENTUKAN ELEVASI BANGUNAN
DALAM PENANGANAN ABRASI PANTAI TAMASAJU
KEC.GALESONG UTARA**



Disusun dan Diajukan oleh :

STALISYAH

105 81 11061 17

WANDA LIBRANIS

105 81 11053 17

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

01/09/2022

1
Smb. Alumni

R/0035/SIP/22 CD

AIS

t

PENGESAHAN



kripsi atas nama **St. Aisyah** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11061 17 dan **Wanda** dengan nomor induk mahasiswa 105 81 11053 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0007/SK-Y/22201/091004/2022, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengajaran Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu tanggal 27 Juli 2022.

antia Ujian:

Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

Penguji:

a. Ketua

: Prof. Dr. Ir. H. Darwis Pangurianseng M. Sc

b. Sekretaris

: Dr. Marupah, SP, MP

Anggota 1. Dr. Ir. Hj. Nurmaty, ST, MT, IPM

2. Ir. Muh. Syafaat S. Kuba, ST, MT

3. Mahmuddin, ST, MT, IPM

Mengetahui:

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Kasmawati, ST, MT

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Hj. Nurmaty, ST, MT, IPM
NBM : 795 108





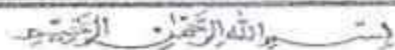
**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK**

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Abdulloh (No. 259) Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 845 585 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

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



HALAMAN PERSETUJUAN

ugas 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 : **TIPE BREAKWATER UNTUK MENENTUKAN ELEVASI BANGUNAN
DALAM PENANGANAN ABRASI PANTAI TAMASAJU
KEC.GALESONG UTARA**

Nama : 1. ST.AISYAH
2. WANDA LIBRANIS
No.Stambuk : 1. 105 81 11061 17
2. 105 81 11053 17

Makassar, 27 Juli 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Andi Makhul Svamsuri, ST., MT., IPM


Kasmawati, ST., MT

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan


M. Agusallim, ST., MT
NBM : 947 993

Tipe Breakwater Untuk Menentukan Elevasi Bangunan Dalam Penanganan Abrasi Pantai Tamasaju Kec.Galesong Utara

St.Aisyah¹ | Wanda Librani S² | Andi Makbul Syamsuri³ |
Kasmawati⁴

^{1,2,3,4} Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

Email : khaanisyah1503@gmail.com

Abstrak

Merupakan bagian wilayah pesisir yang bersifat dinamis, artinya ruang pantai (bentuk dan lokasi) berubah dengan cepat sebagai terhadap proses alam dan aktivitas manusia. Tujuan penelitian ini yaitu adalah Untuk mengetahui jenis tipe pemecah gelombang di pantai Tamasaju dan untuk menentukan elevasi puncak bangunan di daerah pantai Tamasaju. Jenis penelitian yang digunakan adalah analisis kuantitatif karena menggunakan data sekunder yang bersifat kuantitatif yang bergantung pada kemampuan untuk mengolah data secara akurat. Penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang diketahui. Disamping itu data akan digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari instansi terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe pemecah gelombang yang digunakan dalam perencanaan breakwater yaitu adalah gelombang tipe sisi miring. Dimana dari hasil perhitungan gelombang pecah diperoleh ketinggian gelombang pecah yaitu sebesar 2,86 m dan kedalaman 2,86 m. Kemudian elevasi puncak bangunan yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu pada kemiringan 1:1,5 untuk batu pecah adalah 3,66 m dan 2,86 m untuk tetrapod, kemiringan 1:1 untuk batu pecah adalah 3,23 dan 2,81 m untuk tetrapod, kemiringan 1:3 untuk batu pecah adalah 3,06 m dan 2,66 m untuk tetrapod.

Kunci : Pemecah Gelombang, Pantai, Variasi kemiringan

Abstract

Beach is a dynamic part of the coastal area, meaning that the coastal space (shape and location) changes rapidly in response to natural processes and human activities. The purpose of this study is to determine the types of breakwaters in the coastal area of Tamasaju and to determine the elevation of the top of the building in the coastal area of Tamasaju. The type of research used is quantitative analysis because it uses secondary data that is quantitative in nature, which depends on the ability to calculate data accurately. Quantitative research is a process of finding knowledge that uses data in the form of numbers as a tool to analyze information about what is known. In addition, the data will be used in this study obtained from the relevant agencies. The results showed that the type of breakwater used in the planning of the breakwater was the sloping side of the breakwater.

From the calculation of the breaking waves obtained the height of the breaking waves is 2.86 m and a depth of 2.86 m. Then the elevation of the top of the building obtained in this study is at a slope of 1:1.5 for crushed stone is 3.66 m and 2.86 m for tetrapod, slope 1:1 for crushed stone is 3.23 and 2.81 m for tetrapod, the slope of 1:3 for crushed stone is 3.06 m and 2.66 m for tetrapod.

Keywords: Breakwater, Beach, Variation of slope

KATA PENGANTAR



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

Skripsi tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun Judul tugas akhir kami "**Tipe Breakwater Untuk Menentukan Elevasi Bangunan Dalam Penanganan Abrasi Pantai Tamasaja Kec. Galesong Utara**". Penulis menyadari sepenuhnya bahwa didalam penulisan skripsi tugas akhir ini masih terdapat kekurangan – kekurangan, hal ini disebabkan karena penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari perhitungan – perhitungan. Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dengan senang hati segala koreksi surat perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

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

1. 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. Agussalim, S.T.,M.T. sebagai Ketua Prodi Teknik Pengairan, Bapak Amir Zainuddin , S.T.,M.T.,IPM sebagai sekretaris prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar .
4. Bapak Dr. Andi Makbul Syamsuri , S.T.,M.T.,IPM, selaku Pembimbing I dan Ibu Kasmawati, S.T.,M.T, 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. Ayah dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala dimpanhan kasih sayang, do'a serta pengorbanannya terutama dalam bentuk materi untuk menyelesaikan kuliah kami dan rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik.

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. Aaminu. *"Billahi Fii Sabill Haq fustabirul Khaerul"*.

Makassar2022

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Penelitian.....	4
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pantai.....	6
B. Angin.....	7
C. Gelombang.....	17

D. Deformasi Gelombang.....	20
E. Pasang Surut.....	26
F. Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang.....	33
G. Kedalaman Laut (Bathimetri)	37
H. Breakwater/Pemecah Gelombang	38
I. Penelitian Terdahulu	50
H. Kerangka Pikir	51

BAB III METODELOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian	52
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	53
C. Variabel Penelitian	53
D. Definisi Operasional Variabel	54
E. Metode Pengumpulan data	56
F. Teknik Analisa Data	56
G. Bagan Alur Penelitian	61

BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

A. Data Angin	62
B. Penentuan Fetch efektif.....	64
C. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang.....	69
D. Peramalan Gelombang Dengan Periode ulang.....	82
E. Pasang Surut.....	89

G. Bathimetri.....	121
E. Gelombang Pecah.....	125
H. Penentuan Tipe Pemecah Gelombang.....	129
I. Penentuan Elevasi Pemecah Gelombang	131

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	143
B. Saran.....	144

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Definisi daerah pantai	6
Gambar 2. Distribusi vertical kecepatan angin	8
Gambar 3. Grafik hubungan antara kecepatan angin	11
Gambar 4. Gambar faktor koreksi angin terhadap stabilitas	14
Gambar 5. Grafik peramalan gelombang	15
Gambar 6. Fetch	17
Gambar 7. Gerak orbit partikel zat cair di laut	19
Gambar 8. Sketsa definisi gelombang	20
Gambar 9. Refraksi gelombang	22
Gambar 10. Refraksi gelombang pada kontur lurus dan sejajar	23
Gambar 11. Difraksi gelombang di belakang rintangan	24
Gambar 12. Kurva Pasang Surut	28
Gambar 13. Pemecah gelombang lepas pantai	40
Gambar 14. Jenis breakwater sisi miring	43
Gambar 15. Perbandingan <i>run up</i> dan <i>run down</i>	45
Gambar 16. Pemecah gelombang tipe sisi tegak	47
Gambar 17. Pemecah gelombang tipe campuran	48
Gambar 18. Kerangka Pikir	51
Gambar 19. Lokasi Penelitian	52
Gambar 20. Flowchart (Bagan Penelitian)	61
Gambar 21. Mawar Angin	64
Gambar 22. Panjang Fetch	68

Gambar 23. Grafik Hubungan Kecepatan Angin	69
Gambar 24. Grafik hubungan antara tinggi dan periode gelombang	81
Gambar 25. Grafik Pasang Surut 2018	94
Gambar 26. Grafik Pasang Surut 2019	100
Gambar 27. Grafik Pasang Surut 2020	106
Gambar 28. Grafik Pasang Surut 2021	112
Gambar 29. Grafik Pasang Surut 2022	118
Gambar 30. Peta Bathimetri Pengairan	121
Gambar 31. Garis Penampang Melintang	122
Gambar 32. Profil Melintang Bathimetri	122
Gambar 33. Penentuan Sudut Datangnya Gelombang di Lokasi	127
Gambar 34. Sketsa pemecah gelombang batu pecah	142
Gambar 35. Sketsa pemecah gelombang tetrapod	142



DAFTAR TABEL

Tabel 1.Klasifikasi Gelombang.....	19
Tabel 2.Koefisien Refleksi	25
Tabel 3. Koefisien untuk menghitung deviasi standar	37
Tabel 4.Koefisien Lapis.....	46
Tabel 5.Keuntungan dan Kerugian Tipe Pemecah Gelombang	49
Tabel 6.Persentasi Kejadian Angin	62
Tabel 7.Persentasi Kejadian Angin berdasarkan Interval Kecepatan	63
Tabel 8.Perhitungan Fetch Efektif Arah Utara.....	65
Tabel 9.Perhitungan Fetch Efektif Arah Barat Daya.....	65
Tabel 10.Perhitungan Fetch Efektif Arah Barat.....	66
Tabel 11.Perhitungan Fetch Efektif Arah Barat Laut.....	66
Tabel 12.Data Fetch di Lokasi Studi.....	67
Tabel 13.Hasil Hitungan Parameter Gelombang tahun 2012.....	71
Tabel 14.Hasil Hitungan Parameter Gelombang tahun 2013.....	72
Tabel 15.Hasil Hitungan Parameter Gelombang tahun 2014.....	73
Tabel 16.Hasil Hitungan Parameter Gelombang tahun 2015.....	74
Tabel 17.Hasil Hitungan Parameter Gelombang tahun 2016.....	75
Tabel 18.Hasil Hitungan Parameter Gelombang tahun 2017.....	76
Tabel 19.Hasil Hitungan Parameter Gelombang tahun 2018.....	77
Tabel 20.Hasil Hitungan Parameter Gelombang tahun 2019.....	78
Tabel 21.Hasil Hitungan Parameter Gelombang tahun 2020.....	79
Tabel 22.Hasil Hitungan Parameter Gelombang tahun 2021	80

Tabel 23. Presentasi Kejadian Tinggi dan Periode Gelombang.....	81
Tabel 24. Hitungan Gelombang dengan Periode Ulang.....	84
Tabel 25. Tinggi Gelombang dengan Periode Ulang Tertentu.....	89
Tabel 26. Penyusunan Hasil Skema 2 tahun 2018	90
Tabel 27. Penyusunan Hasil Skema 3 tahun 2018	91
Tabel 28. Bilangan Pengali untuk 29 Piantan tahun 2018	92
Tabel 29. Penyusunan Hasil Skema 5 dan 6.....	92
Tabel 30. Konstanta Pasang Surut tahun 2018.....	93
Tabel 31. Penyusunan Hasil Skema 2 tahun 2019	96
Tabel 32. Penyusunan Hasil Skema 3 tahun 2019	97
Tabel 33. Bilangan Pengali untuk 29 Piantan tahun 2019	98
Tabel 34. Penyusunan Hasil Skema 5 dan 6.....	98
Tabel 35. Konstanta Pasang Surut tahun 2019	99
Tabel 36. Penyusunan Hasil Skema 2 tahun 2020	102
Tabel 37. Penyusunan Hasil Skema 3 tahun 2020	103
Tabel 38. Bilangan Pengali untuk 29 Piantan tahun 2020	104
Tabel 39. Penyusunan Hasil Skema 5 dan 6.....	104
Tabel 40. Konstanta Pasang Surut tahun 2020.....	105
Tabel 41. Penyusunan Hasil Skema 2 tahun 2021	108
Tabel 42. Penyusunan Hasil Skema 3 tahun 2021	109
Tabel 43. Bilangan Pengali untuk 29 Piantan tahun 2021	110
Tabel 44. Penyusunan Hasil Skema 5 dan 6.....	110
Tabel 45. Konstanta Pasang Surut tahun 2021	111

Tabel 46.Penyusunan Hasil Skema 2 tahun 2022	114
Tabel 47.Penyusunan Hasil Skema 3 tahun 2022	115
Tabel 48.Bilangan Pengali untuk 29 Piantan tahun 2022	116
Tabel 49.Penyusunan Hasil Skema 5 dan 6.....	116
Tabel 50.Konstanta Pasang Surut tahun 2022.....	117
Tabel 51.Rekapitulasi Perhitungan Pasang Surut.....	120
Tabel 52.Hasil Analisis Kemiringan	123
Tabel 53.Kategori Kemiringan Lereng	125
Tabel 54.Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah.....	129
Tabel 55.Detail Alternatif Pemecah Gelombang.....	141



DAFTAR NOTASI

α	: Deviasi pada kedua sisi dari arah angin dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut besar 42° pada kedua sisi arah angin.
$\eta(x,y)$	: Fungsi elevasi permukaan gelombang yang di estimasi .
σ	: Frekuensi Gelombang gelombang (rad/s)
ρ	: Kerapatan fluida
ψ	: Arah Angin
ω	: Kecepatan rotasi bumi
a	: Amplitudo gelombang
α	: Airan
$C_{(x,y)}$	: Cepat rambat gelombang = σ/k
$Cg_{(x,y)}$	: Cepat rambat kelompok gelombang = $\partial\sigma/\partial k = nC$
E	: Koefisien kekentalan turbulen
F_{eff}	: Fetch rerata efektif
g	: Percepatan gravitasi = $9,81 \text{ m/d}$
$H_{1/3}$	: Tinggi gelombang signifikan (m)
HWL	: High Water Level
H_{sm}	: Tinggi Gelombang urutan ke- m
H_{sr}	: Tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r
$\overline{H_{sm}}$	: Tinggi gelombang signifikan rata-rata
h	: Kedalaman perairan
K	: Panjang Data (tahun)

LWL : Low Water Level

n : Jumlah data

$P(H_s \leq H_{set})$: Probabilitas dari segi tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui

$U_{(10)}$: Kecepatan angin terkoreksi

$U_{(y)}$: Kecepatan angin yang diperoleh pada elevasi y

u, v : Komponen kecepatan arah x dan y

V_w : Kecepatan angin

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



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pantai merupakan bagian wilayah pesisir yang bersifat dinamis, artinya ruang pantai (bentuk dan lokasi) berubah dengan cepat sebagai respon terhadap proses alam dan aktivitas manusia. Faktor – faktor yang mempengaruhi dinamisnya lingkungan pantai diantaranya adalah iklim (temperature, hujan), hidro – oseanografi (gelombang, arus, pasang surut), pasokan sedimen (sungai, erosi pantai), perubahan muka air laut (tektonik, pemanasan global) dan aktivitas manusia seperti reklamasi pantai dan penambangan pasir .

Daerah pantai merupakan lokasi yang strategis bagi kehidupan manusia karena banyaknya aktivitas dan sumber daya yang bergantung pada keberadaan dan posisi geografis sebuah pantai. Kerusakan yang terjadi pada suatu daerah pantai dapat mempengaruhi kondisi kehidupan suatu daerah, sehingga pencegahan dan penanggulangan kerusakan menjadi hal yang sangat penting dalam pembangunan suatu daerah. Salah satu penyebab rusaknya daerah pantai adalah pengikisan tebing-tebing pantai oleh gelombang. Secara alami, tebing pantai berfungsi sebagai pertahanan alami (natural coastal defence) terhadap hempasan gelombang. Pemanasan global yang terjadi, yang berdampak pada perubahan iklim global akan berpengaruh terhadap banyak morfologi pantai. Selain itu, dampak dari fluktuasi gelombang di zona pantai atau muara dapat mengakibatkan genangan banjir di daerah dataran rendah maupun memicu respon morfodinamik seperti erosi pantai.

Erosi pantai yang dapat disebut juga Abrasi merupakan pengikisan atau pengurangan daratan (pantai) akibat aktivitas gelombang, arus dan pasang surut. Dalam kaitan ini pemadatan daratan mengakibatkan permukaan tanah turun dan teganang air laut sehingga garis pantai berubah (Nur, 2004). Pantai dikatakan mengalami abrasi bila angkutan sedimen yang terjadi ke suatu titik lebih besar bila dibandingkan dengan jumlah sedimen yang terangkut keluar dari titik tersebut (Suwedi,2011)

Beberapa pantai yang ada di wilayah Indonesia telah banyak mengalami abrasi pantai, salah satu daerah di Sulawesi Selatan yang menunjukkan adanya gejala abrasi pantai adalah wilayah pesisir Kabupaten Takalar, Kecamatan Galesong Utara. Hal ini dikarenakan adanya alih fungsi lahan di daerah tersebut yang dapat mengurangi luasan wilayah pesisir pantai, terjadinya abrasi yang diakibatkan oleh gelombang dan terjadinya erosi adanya sedimentasi. sehingga penelitian mengenai penanganan masalah abrasi pantai diperlukan guna memberikan solusi penanganan dan perlindungan kerusakan pantai. Perlindungan pantai dengan bangunan pelindung pantai (Breakwater) dianggap merupakan suatu solusi yang tepat guna melindungi permasalahan yang dialami pantai tersebut.

Sehubungan dengan permasalahan pantai yang terjadi di atas, dan melihat kondisi pantai yang mengalami abrasi, maka penulis tertarik untuk mengangkat tugas akhir dengan judul **“ Tipe Breakwater Untuk Menentukan Elevasi Bangunan Dalam Penanganan Abrasi Pantai Tamasaju Kec.Galesong Utara”**.

B. Rumusan Masalah

Adapun permasalahan dalam penelitian ini berdasarkan latar belakang di atas adalah:

1. Tipe pemecah gelombang apa yang dapat digunakan dalam perencanaan breakwater di daerah pantai Tamasaju
2. Berapa elevasi puncak bangunan yang didapatkan dalam perencanaan breakwater untuk penanganan abrasi di daerah pantai Tamasaju

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas tujuan dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui tipe pemecah gelombang yang digunakan dalam perencanaan breakwater di daerah pantai Tamasaju
2. Untuk mendapatkan elevasi puncak bangunan dalam perencanaan breakwater untuk penanganan abrasi di daerah pantai Tamasaju

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian maka manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh pengetahuan mengenai teknik pantai khususnya dalam mempelajari bangunan pelindung pantai (Breakwater)
2. Memberikan pemahaman tentang tipe pemecah gelombang sehingga dapat menentukan elevasi puncak bangunan pelindung pantai yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian.

3. Memberikan pengetahuan dan pemahaman untuk pembaca sebagai salah satu penanganan terhadap kerusakan Abrasi.

E. Batasan Penelitian

Dalam memberikan penjelasan dari permasalahan guna memudahkan dalam menganalisa, maka terdapat batasan masalah yang diberikan pada penulisan tugas akhir ini mengenai Studi Perencanaan Breakwater Dalam Penanganan Abrasi Pantai, terdiri dari :

1. Lokasi penelitian berada di pantai dikawasan pesisir Tamasaju
2. Penelitian ini berfokus pada pemilihan tipe pemecah gelombang dan penentuan elevasi puncak bangunan dalam penanganan abrasi dengan menggunakan data-data dari data primer dan data sekunder.
3. Parameter fisik yang tidak terukur diasumsikan berdasarkan literatur yang ada

F. Sistematika Penulisan

Susunan dari beberapa sistematika dalam proposal ini dapat diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN : Dalam bab ini, membahas tentang latar belakang masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian , manfaat penelitian, serta batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA : Dalam bab ini, memberikan teori dan gambaran atau menguraikan literature yang berhubungan dengan permasalahan atau pembahasan. Dan menguraikan tentang teori yang berkaitan dengan penelitian agar dapat memberikan gambaran dan menganalisa masalah.

BAB III METODE PENELITIAN: Dalam bab ini, menguraikan lingkup penelitian. Metode penelitian yang terdiri atas waktu, dan tempat penelitian, alat dan bahan, tahapan atau prosedur penelitian, dan bagan alur penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL : Bab ini berisi hasil penelitian tentang pemilihan tipe pemecah gelombang dan elevasi puncak bangunan pada breakwater di daerah Pantai Tamasaju

BAB V PENUTUP : Berisi kesimpulan dan saran terhadap permasalahan dan tujuan penelitian yang telah di bahas pada bab sebelumnya, sehingga, untuk penelitian selanjutnya terdapat pengembangan lokasi penelitian di masa mendatang.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai

Menurut Triatmodjo(1999), Pantai adalah batas antara wilayah yang bersifat daratan wilayah yang bersifat lautan. Dimana daerah daratan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan daratan dimulai dari batas garis tertinggi. Sedangkan daerah lautan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian dibumi dibawahnya. Penjelasan mengenai definies daerah pantai dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Definisi daerah pantai
Sumber : (Triatmodjo, 1999)

1. Daerah pantai atau pesisir adalah suatu daratan beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih baik dipengaruhi oleh aktivitas darat maupun oleh aktivitas marine. Dengan demikian daerah pantai terdiri dari perairan pantai dan daratan pantai yang saling mempengaruhi. Daerah pantai sering disebut juga daerah pesisir atau wilayah pesisir.

2. Pantai adalah daerah di tepi perairan sebatas antara surut terendah dan pasang tertinggi.
3. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan lautan.
4. Daerah pantai adalah daerah ditepi laut yang masih dipengaruhi oleh aktivitas marine.
5. Perairan pantai adalah perairan yang masih dipengaruhi oleh aktivitas daratan.
6. Sempadan pantai adalah daerah sepanjang pantai yang diperuntukkan bagi pengamanan dan pelestarian pantai.

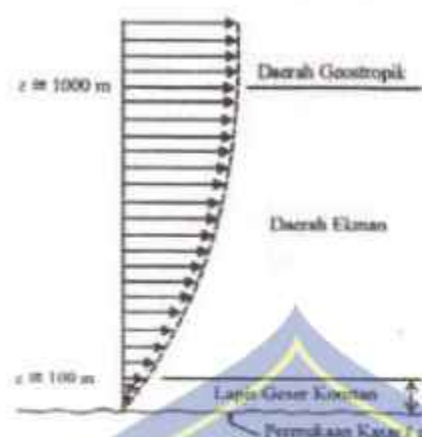
B. Angin

1. Distribusi Kecepatan Angin

Distribusi kecepatan angin di atas permukaan laut terbagi dalam tiga daerah sesuai dengan elevasi di atas permukaan. Di daerah geostropik yang berada di atas 1000 m kecepatan angin adalah konstan. Di bawah elevasi tersebut terdapat dua daerah yaitu daerah Ekman yang berada pada elevasi 100 m sampai 1000 m dan daerah dimana tegangan konstan yang berada pada elevasi 10 sampai 100 m. di kedua daerah tersebut kecepatan dan arah angin berubah sesuai dengan elevasi, karena adanya gesekan dengan permukaan laut dan perbedaan temperature antara air dan udara.

Di daerah tegangan konstan, profil vertikal dari kecepatan angin mempunyai bentuk berikut:

$$U(y) = \frac{U_s}{K} \left\{ \left(\frac{y}{y_0} \right) - \Psi \left(\frac{y}{L} \right) \right\} \dots \dots \dots (1)$$



Gambar 2. Distribusi vertikal kecepatan angin
Sumber : (Fiatmodjo, 1999)

Dengan:

- U : Kecepatan Geser
- k : Koefisien von karman ($=0,4$)
- y : Elevasi terhadap permukaan air
- y_0 : Tinggi kekasaran permukaan
- L : Panjang campur yang tergantung pada perbedaan temperatur antara air dan udara
- Ψ : Fungsi yang tergantung pada perbedaan temperature antara air dan udara .Di Indonesia, mengingat perbedaan temperatur antara air laut dan udara kecil, maka parameter ini bisa diabaikan .

Untuk memperkirakan pengaruh kecepatan angin terhadap pembangkitan gelombang, parameter ΔT_{as} , U^* dan y_0 harus diketahui . Beberapa rumus atau

grafik untuk memprediksi gelombang didasarkan pada kecepatan angin yang pada $y = 10 \text{ m}$. Apabila angin tidak diukur pada elevasi 10 m, maka kecepatan angin harus dikonversi pada elevasi tersebut. Untuk itu biasa digunakan persamaan (9) tetapi penggunaan tersebut agak sulit karena terlebih dahulu harus ditentukan U^* , γ_0 dan $\psi \left(\frac{\gamma}{L} \right)$. Untuk memudahkan dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$U(10) = U(\gamma) \left(\frac{10}{L} \right)^{1/7} \dots \dots \dots (2)$$

Yang berlaku untuk γ lebih kecil 20 m.

2. Pembangkitan Gelombang oleh Angin

Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin, lama hembusan angin, arah angin, dan fetch yaitu jarak dari mana angin berhembus. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut akan semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan membentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar pula gelombang yang terbentuk.

3. Kecepatan Angin

Data angin dapat diperoleh dari pencatatan di permukaan laut dengan menggunakan kapal yang sedang berlayar atau pengukuran di darat yang biasanya dilakukan di bandara. Pengukuran data angin di permukaan laut adalah yang paling sesuai untuk peramalan gelombang. Data angin dengan pengukuran dari kapal di koreksi dengan menggunakan persamaan berikut :

$$U = 2,16 U_s^{7/9} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

U_s = Kecepatan angin yang diukur kapal (Knot)

U = Kecepatan angin terkoreksi (Knot)

Biasanya pengukuran angin di daratan, padahal di dalam rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah berada diatas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi dari data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan di Grat lake , Amerika serikat diperoleh grafik yang menghubungkan antara kecepatan angin di laut dengan di darat.



Gambar 3. Grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat

Sumber: Teknik Pantai (Bambang Triatmodjo, 1999)

Hubungan antara angin di atas laut dan di darat terdekat diberikan dalam rumus berikut :

$$R_L = U_w/U_L \quad (4)$$

Dengan :

U_w = Kecepatan angin di darat

U_L = Kecepatan angin di laut

Sedangkan lama hembus (durasi) angin dapat diperoleh dari pencatatan angin perjam.

Rumus-rumus dan grafik-grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel U_A yaitu faktor tegangan angin (*wind stress factor*) yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin seperti

yang dijelaskan diatas ,kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus berikut :

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana U adalah kecepatan angin dalam m/d

4. Hindcasting (Peramalan Gelombang)

Angin mengakibatkan gelombang laut, oleh karena itu data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan arah gelombang di lokasi kajian. Data angin diperlukan sebagai data masukan dalam hindcasting atau peramalan gelombang sehingga diperoleh tinggi gelombang rencana. Arah angin dinyatakan dalam bentuk delayu penjurut mata angin (utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat dan barat laut). Kecepatan angin disajikan dalam bentuk satuan knot, dimana 1 knot = 1 mil/jam atau 1 mil laut = 6080 feet (1853,18 meter), jadi 1 knot = 0,515 meter/detik. Di dalam proses hindcasting atau peramalan gelombang, terdapat parameter - parameter yang harus dihitung terlebih dahulu yaitu fetch efektif dan juga wind stress factor.

a. Wind Stress Factor

Wind stress factor merupakan parameter yang digunakan untuk menghitung tinggi gelombang yang dibangkitkan dalam proses hindcasting. Parameter ini intinya adalah kecepatan angin yang dimodifikasi. Sebelum merubah kecepatan angin menjadi wind stress factor, koreksi dan konversi terhadap data kecepatan angin diperlukan. Berikut ini adalah koreksi dan konversi yang perlu dilakukan pada data angin untuk mendapatkan nilai wind stress factor:

1) Koreksi Terhadap Elevasi

Wind stres factor dihitung dari kecepatan angin yang diukur dari ketinggian 10 m di atas permukaan. Bila data angin diukur tidak dalam ketinggian ini, koreksi perlu dilakukan dengan persamaan berikut.

(persamaan ini dapat dipakai untuk $z > 20$ m):

$$U(10)_L = U(z) \left(\frac{10}{z} \right)^{1/7} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan:

$U(10)_L$ = Kecepatan angin pada elevasi 10 m (m/s)

$U(z)$ = kecepatan angin pada ketinggian pengukuran (m/s)

z = Ketinggian pengukuran (m)

2) Koreksi Stabilitas

Koreksi stabilitas ini berkaitan dengan perbedaan temperatur udara tempat bertiupnya angin dan air tempat terbentuknya gelombang. Persamaan koreksi stabilitas ini adalah sebagai berikut:

$$U_L = R_T U(10)_L \dots\dots\dots (7)$$

Dengan:

U_L = kecepatan angin setelah dikoreksi (m/s)

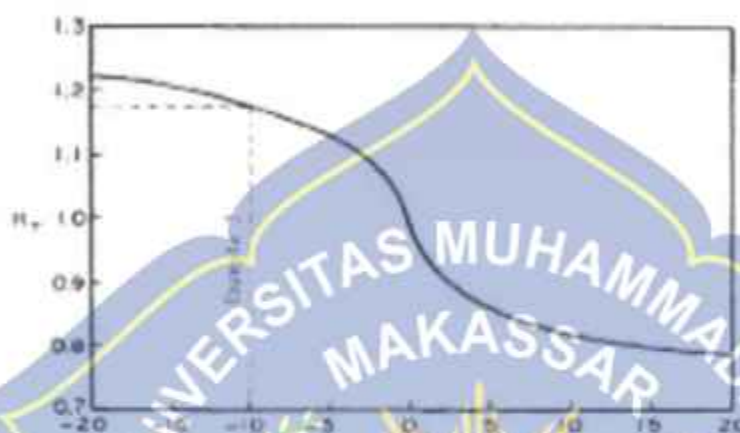
$U(10)_L$ = Kecepatan angin sebelum dikoreksi (m/s)

R_T = Koefisien stabilitas, nilainya didapat dari grafik. Apabila tidak

ada data temperatur maka faktor koreksi R_T dapat diambil 1,1.

3) Koreksi Efek lokasi

Koreksi ini diperlukan bila data angin yang diperoleh berasal dari stasiun darat, bukan diukur langsung diatas permukaan laut, ataupun di tepi pantai. Untuk merubah kecepatan angin yang bertiup diatas daratan menjadi kecepatan angin yang bertiup diatas air, digunakan gambar:



Gambar 4. Gambar faktor koreksi angin terhadap stabilitas

Sumber: Bambang Triadmojo (1999)

4) Konversi kecepatan angin

Setelah koreksi dan konversi kecepatan angin di lakukan di atas, tahap selanjutnya adalah mengkonversi kecepatan angin tersebut menjadi wind stres factor U_A sebagai berikut:

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \dots\dots\dots (8)$$

Prosedur peramalan tersebut berlaku baik untuk kondisi fetch terbatas (fetch limited condition) sebagai berikut:

$$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 0,0016 \left(\frac{gf}{U_A^2} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{gT_p}{U_A^2} = 0,2857 \left(\frac{gf}{U_A^2} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{gT_d}{U_A} = 68,8 \left(\frac{gf}{U_A^2} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (11)$$

Dalam persamaan tersebut $U_A = 0,71 U^{1,23}$ adalah faktor tekanan angin, dimana U_A dan $U(10)_t$ dalam meter/detik. Persamaan tersebut diatas hanya berlaku hingga kondisi gelombang telah terbentuk penuh, sehingga tinggi dan periode gelombang yang dihitung harus dibatasi dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 0,243 \dots\dots\dots (12)$$

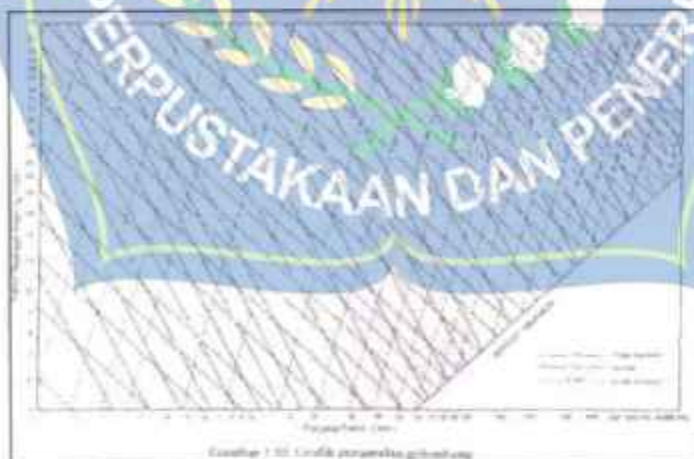
$$\frac{gT_p}{U_A} = 8,13 \dots\dots\dots (13)$$

$$\frac{gT_d}{U_A} = 7,45 \times 10^4 \dots\dots\dots (14)$$

Dengan:

H_{m0} = Tinggi gelombang signifikan menurut energi spectral

T_p = Periode puncak gelombang



Gambar 5.Grafik peramalan gelombang

Sumber : (Triatmodjo,2011)

b. Fetch

Untuk melakukan peramalan gelombang di suatu perairan diperlukan masukan berupa data angin dan peta batimetri. Interaksi antara angin dan permukaan air menyebabkan timbulnya gelombang (gelombang akibat angin (wind indecude wave)). Peta perairan lokasi dan sekitarnya diperlukan untuk menentukan besarnya fetch atau kawasan pembentukan gelombang. Fetch adalah daerah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan. Adanya kenyataan angin bertiup dalam arah yang bervariasi atau sembarang, maka panjang fetch diukur dari titik pengamatan interval 6° . Panjang fetch dihitung untuk 8 (delapan) arah mata angin dan ditentukan dengan rumus berikut:

$$F_{ef} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (15)$$

Dengan :

F_{ef} : fetch rata efektif

X_i : panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch

α : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut besar 42° pada kedua sisi arah angin



Gambar 6. Fetch
Sumber: Triatmodjo, 2011

C. Gelombang

Gelombang merupakan salah satu faktor yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus sepanjang pantai dan menyebabkan gaya yang bekerja pada bangunan pantai (Triatmodjo, 2011). Gelombang yang terdapat di laut bisa dibangkitkan oleh angin gaya Tarik matahari dan bulan, letusan gunung berapi atau gempa di laut, kapal bergerak dan lain-lain (Pratikto dkk, 2014).

Gelombang yang berada di laut sering nampak membingungkan, puncak permukaan laut sering nampak berubah-ubah hal ini biasa diamati dari permukaan airnya yang diakibatkan oleh arah perambatan gelombang yang bervariasi serta bentuk gelombang yang tak beraturan apalagi jika gelombang tersebut dibawah pengaruh angin (Pratikto dkk, 2014). Menurut Aziz (2006), semakin kencang atau tinggi kecepatan angin maka kecepatan gelombang semakin besar.

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air di mana gelombang tersebut menjalar (Triatmodjo, 1999). Adapun parameter yang dimaksud dapat diuraikan dibawah ini:

1. Panjang gelombang (L) adalah jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan. Dirumuskan sebagai berikut :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (16)$$

2. Tinggi gelombang (H) adalah perbedaan tinggi gelombang secara vertical, yaitu antara puncak tertinggi gelombang dan lembahnya.
3. Tinggi gelombang datang (H_i) adalah jarak antara titik puncak dan lembah gelombang.
4. Periode gelombang (T) waktu yang di tempuh antar dua puncak ataupun dua lembah gelombang secara berurutan pada suatu titik yang tetap.
5. Kecepatan rambat gelombang (C) adalah perbandingan antara dua parameter yaitu 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 yang tenang.

6. Kecuraman gelombang (wave steepness) yaitu perbagian antara tinggi gelombang dengan panjang gelombang (H/L).
7. Ketinggian relatif (relative height) yaitu perbagian antara tinggi gelombang dengan kedalaman (H/d).
8. Kedalaman relatif (relative depth) yaitu perbagian antara kedalaman dengan panjang gelombang (d/L). Gelombang diklasifikasikan menjadi tiga macam seperti tabel di bawah :

Tabel 1. Klasifikasi Gelombang

No	Kategori Gelombang	Kriteria
1	Gelombang di laut dangkal	$d/L \leq 1/20$
2	Gelombang di laut transisi	$1/20 < d/L \leq 1/2$
3	Gelombang di laut dalam	$d/L \geq 1/2$

(sumber : Triatmodjo, 1999)



Gambar 7. Gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal, transisi dan dalam (sumber : Triatmodjo, 1999)

Dengan :

H'_0 : tinggi gelombang laut dalam ekivalen.

H_0 : tinggi gelombang laut dalam.

K' : koefisien difraksi

K_r : koefisien refraksi

Refraksi dan pendangkalan gelombang (*Wave Refraction*)

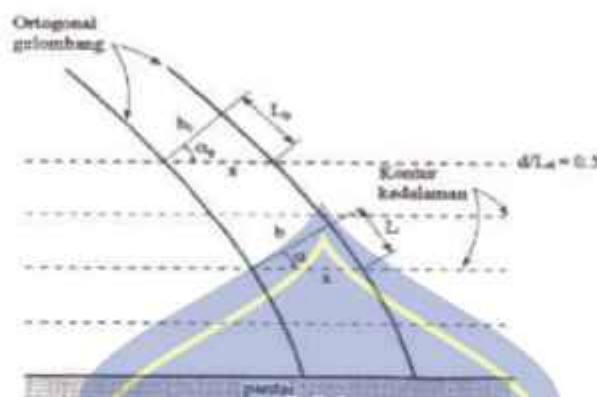
Refraksi dapat terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah mana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang yaitu, di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut, tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Maka kecepatan rambat gelombang tergantung pada kedalaman air di mana gelombang menjalar. Garis ortogonal gelombang yaitu garis yang tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah perjalanan gelombang, juga akan membelok dan berusaha untuk menuju tegak lurus dengan garis kontur dasar laut (Triatmodjo, 1999).

Refraksi dan pendangkalan (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai, faktor lainnya yang mempengaruhi pendangkalan gelombang yaitu kemiringan pantai, sedangkan faktor lain yang menyebabkan refraksi gelombang adalah kecepatan arus laut.

Anggapan-anggapan yang digunakan dalam studi refraksi gelombang adalah sebagai berikut :

$$p_0 = \frac{n_0 E_0 b_0}{T_0} \quad (23)$$

$$P = \frac{\pi E}{T} \quad (24)$$



Gambar 10. Refraksi gelombang pada kontur lurus dan sejajar
(sumber : Friessrodjib, 1999)

Seperti dilihat pada gambar, jarak antara orthogonal di laut dalam dan di suatu titik adalah b_0 dan b . Apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak x di titik 0 dan di titik berikutnya adalah sama sehingga :

$$X = \frac{b_0}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha} \quad (25)$$

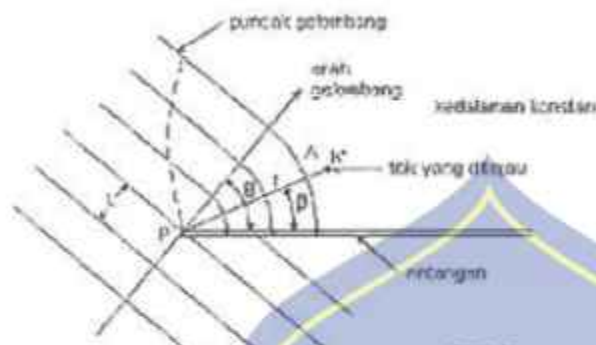
Sehingga koefisien refleksi adalah :

$$k_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (26)$$

2. Difraksi gelombang

Apabila gelombang ulang datang terhalang oleh sesuatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Dalam difraksi gelombang ini terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran

gelombang menuju daerah terlindung. Garis puncak gelombang di belakang rintangan membelok dan mempunyai bentuk busur lingkaran dengan pusatnya pada ujung rintangan (Triatmodjo, 1999).



Gambar 11. Difraksi gelombang di belakang rintangan
(sumber: Triatmodjo, 1999)

$$H_A = K' H_p \quad (27)$$

$$K' = f(\theta, \beta, r/L) \quad (28)$$

dengan a adalah titik di tinjau di belakang rintangan dan p adalah ujung pemecah gelombang.

3. Refleksi gelombang

Gelombang datang yang mengenai/membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang penting dalam perencanaan bangunan pantai.

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

$$K = \frac{H_r}{H_i} \quad (29)$$

Tabel 2. Koefisien refleksi

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

(sumber :Triatmodjo, 1999)

4. Gelombang pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada miringnya dasar pantai dan kecuraman gelombang (Triatmodjo, 2011). Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{2,3 (H'_0 / l_0)^{1/3}} \quad (30)$$

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

$$a = 43,75(1 - e^{-0,9m}) \quad (31)$$

$$b = \frac{1}{(1 - e^{-19m})} \quad (32)$$

Dengan :

H_b : tinggi gelombang pecah

H'_0 : tinggi gelombang laut dalam equivalen

l_0 : panjang gelombang di laut dalam

d_b : kedalaman air pada saat gelombang pecah

m : kemiringan dasar laut

g : percepatan gravitasi

T : periode gelombang

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe berikut ini:

a. *Spilling*

Pecahnya gelombang pada jarak yang cukup jauh dari pantai secara berangsur-angsur dan ada buih terjadi pada puncak gelombang selama mengalami pecah dan meninggalkan suatu lapis tipis buih pada jarak yang cukup panjang.

b. *Plunging*

Pecahnya gelombang dengan puncak gelombang akan memutar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan, sebagian kecil dipantulkan pantai ke laut dan tidak banyak gelombang baru terjadi pada air yang lebih dangkal.

c. *Surging*

Surging terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang. Daerah gelombang pecah sangat sempit, dan sebagian besar energi dipantulkan kembali ke laut dalam. Gelombang pecah tipe surging ini mirip dengan plunging, tetapi sebelum puncaknya terjun, dasar gelombang sudah pecah.

E. **Pasang surut**

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan lebih kecil dari massa matahari, tetapi jaraknya ke bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar dari pada pengaruh gaya

tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar dari pada gaya tarik matahari.

Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting didalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting dalam merencanakan bangunan tersebut

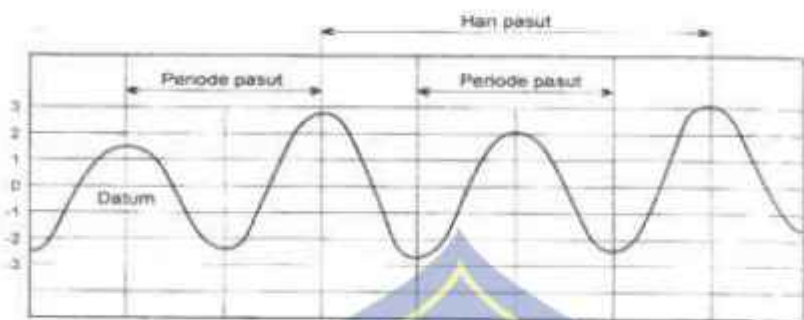
Jika perairan mengalami satu kali pasang dan surut dalam sehari, perairan tersebut dapat dikatakan bertipe pasang surut tunggal, jika dalam sehari mengalami dua kali pasang dan surut perairan tersebut bertipe pasang surut ganda.

Tipe pasang surut lainnya merupakan peralihan antara pasang surut tunggal dan pasang surut ganda, seperti dikenal pasang surut campuran condong kehariian ganda dan pasang surut condong kehariian tunggal. Setiap daerah memiliki pasang surut berbeda.

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang tergantung pada tipe pasang surut.

Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut arus pasang surut, yang mengangkut massa air dalam jumlah yang besar. Arus pasang terjadi pada satu periode air pasang, arus surut terjadi pada periode surut. Titik balik (slack) adalah saat dimana arus berbalik antara arus pasang dan arus surut. Titik balik ini biasanya terjadi pada saat muka air tertinggi dan muka air terendah. Pada saat tersebut kecepatan arus adalah nol.

Berikut adalah contoh pencatatan muka air laut sebagai fungsi waktu (kurva pasang surut).



Gambar 12. Kurva pasang surut

Sumber : (Triandjaja, 1999)

1) Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu:

1. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), yaitu pasang surut yang apabila dalam satu hari hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.
2. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), yaitu pasang surut yang memiliki sifat dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan juga dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.
3. Pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed tide, prevailing diurnal*), yaitu dalam satu hari terjadi satu kali air pasang surut 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.

4. Pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide,prevailing semi diurnal*),yaitu pasang surut yang dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut,tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Untuk mengetahui secara pasti tipe pasang surut tersebut bisa dicari dengan cara mendapatkan bilangan atau konstanta pasang surut (Tidak constant/Formzahl) yang dihitung dengan metode Admiralti menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2} \dots\dots\dots(32)$$

Dengan:

A : Amplitudo

g^0 : phasa

S_0 : Tinggi muka air rata-rata

M_2 : Pasang surut (semi diurnal) yang dipengaruhi oleh bulan

S_2 :Pasang surut (semi diurnal) yang dipengaruhi oleh gaya tarik matahari

N_2 : Pasang surut (semi diurnal) karena perubahan jarak akibat lintasan bulan yang elips.

K_2 : Pasang surut (semi diurnal) yang dipengaruhi oleh perubahan jarak revolusi bumi terhadap matahari

K_1 : Pasang surut (diurnal) yang dipengaruhi perubahan deklinasi bulan dan matahari

O_1 : Pasang surut (diurnal) yang dipengaruhi perubahan deklinasi bulan

P_1 :Pasang surut (diurnal) yang dipengaruhi perubahan deklinasi matahari

M_4 : Kecepatan sudutnya dua kali M_2 dan termasuk kelompok perairan dangkal

MS₄: Hasil interkasi S₂ dan M₂ dimana kecepatan sudutnya sama dengan sudut S₂ dan M₂ dan termasuk kelompok perairan dangkal

Yang dimaksud dengan anak gelombang pasang surut adalah bagian kecil dari keseluruhan gelombang besar, seperti anak gelombang pasang surut K₁ (diurnal lunisolar), O₁ (diurnal principal lunar), M₂ (semi diurnal principal lunar) dan S₂ (semi diurnal principal solar). Amplitudo dari anak gelombang pasang surut di atas biasanya telah dihitung satu tahun sebelumnya dan umumnya tercantum di setiap lokasi kota pelabuhan yang ditunjuk dalam buku ramalan pasut terbitan Janhidros. TNI – AL. Bila harga F memenuhi salah satu dari perjanjian sebagai berikut:

- $F < 0,25$: Pasut harian ganda (*semi diurnal tide*). Dalam satu hari Terjadi dua kali pasang dan dua kali air surut dengan ketinggian hampir sama.
- $0,25 < F < 1,5$: Pasut campuran, condong harian ganda (*mixed tide prevailing*). Dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali air surut dengan ketinggian hampir sama.
- $1,5 < F < 3,0$: Pasut campuran, condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*). Dalam 1 hari terjadi 1 kali air pasang dan 1 kali air surut.
- $F < 3,0$: Pasut harian tunggal (*diurnal tide*). Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut.

Di dalam perencanaan diperlukan data pengamatan pasang surut minimal selama 15 hari yang digunakan untuk menentukan elevasi muka air rencana.

Dengan pengamatan selama 15 hari tersebut telah tercakup satu siklus pasang surut yang meliputi pasang purnama dan perbani. Pengamatan lebih lama (30 hari atau lebih) akan memberikan data yang lebih lengkap.

Dari data pengamatan selama 15 hari atau 30 hari dapat diramalkan pasang surut untuk periode berikutnya dengan menggunakan metode admiralty atau metode kuadrat kecil (*least square method*).

2) Elevasi Muka air

Diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Muka air tinggi (*high water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*mean high water level*, MHWL), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level*, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*mean sea level*, MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi dalam menetapkan elevasi daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

7. Air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

Dengan menggunakan konstanta harmonik pasang surut, maka elevasi muka air sebagai fungsi waktu dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\eta(t) = S_0 + \sum_{i=1}^n A_i \cos(\omega_i t - P_i) \quad \dots\dots\dots(33)$$

Dimana :

- $\eta(t)$ = Elevasi pasut fungsi dari waktu
 S_0 = Duduk tengah (Mean Sea Level)
 A_i = Amplitudo komponen ke- i
 n = Jumlah komponen
 $\omega_i = \frac{2\pi}{T_i} \rightarrow T_i =$ periode komponen ke- i
 t = Waktu
 P_i = Fase komponen ke- i

Untuk menentukan pasang surut muka air laut terendah (*Lowest low water level, LLWL*) perlu diketahui. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$HHWL = MSL + (M2 + S2 + K1 + O1) \quad \dots\dots\dots(34)$$

$$HHWL = MSL - (M2 + S2 + K1 + O1) \quad \dots\dots\dots(35)$$

Muka air laut rencana (*Design Water Level*) adalah muka air laut pada kondisi tinggi, dimana elevasi ini dipergunakan sebagai referensi untuk menentukan elevasi mercu bangunan sehingga tidak terjadi *overtopping*. Disamping itu muka air laut rencana ini juga dipergunakan untuk menentukan tinggi gelombang pecah, terutama di lokasi bangunan. Penentuan muka air laut rencana sebagai berikut

$$DWL = HWS + SS + WS + SLR \dots\dots\dots (35)$$

Dengan:

HWS = High Water Spring (m)

SS = Storm surge (m)

$$Ws = Fc \frac{v^2}{2gd} \dots\dots\dots (36)$$

WS = Wave set up

$$SLR = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H}{gT^2}} \right] H_m \dots\dots\dots (37)$$

SLR = Sea level Rise (m)

F. Perkiraan Gelombang Dengan Periode Ulang (Analisis Frekuensi)

Frekuensi gelombang-gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Untuk menempatkan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran yang panjang (beberapa tahun). Data tersebut bisa berupa data pengukuran gelombang atau data gelombang hasil prediksi (peramalan) berdasarkan data angin.

1. Analisis frekuensi

Ada dua metode yang digunakan untuk memprediksi gelombang dengan periode ulang tertentu, yaitu distribusi Gumbel (Fisher – Tippet Type 1) dan distribusi Weibull (CERC, 1984). Kedua distribusi tersebut mempunyai bentuk berikut ini.

a. Distribusi Fisher – Tippett Type I

$$P(Hs \leq Hs) = e^{n^{-\frac{H-B}{A}}} \dots\dots\dots (38)$$

b. Distribusi Weibull

$$P(Hs \leq Hs) = 1 - e^{-\left(\frac{H-B}{A}\right)} \dots\dots\dots (39)$$

dengan :

$P(Hs \leq Hs^*)$: Probabilitas Bahwa Hs tidak dilampaui

H : Tinggi gelombang representatif

H^* : Tinggi gelombang dengan nilai tertentu

A : Parameter skala

B : Parameter lokasi

K : Parameter bentuk (kolom pertama table.2.2)

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

a. Distribusi Fisher – Tippett Type I

$$P(Hs \leq Hm) = 1 - \frac{m-0,44}{N+0,12} \dots\dots\dots (40)$$

b. Distribusi Weibull

$$P(Hs \leq Hm) = 1 - \frac{m-0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{N}}}{N+0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{N}}} \dots\dots\dots (41)$$

Dengan :

$P(Hs \leq Hsm)$: Probabilitas dari tinggi gelombang representative ke- m yang tidak dilampaui

Hsm : Tinggi gelombang urutan ke m

m : Nomorurut tinggi gelombang signifikan = 1,2,...N

NT : Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan (bisa lebih besar dari gelombang representatif)

Parameter A dan B di dalam persamaan 24 dihitung dari metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Hitungan didasarkan pada analisis regresi linier dari hubungan berikut:

$$H_m = Ay_m + B \quad (42)$$

Dimana y_m diberikan oleh bentuk berikut :

Untuk distribusi Fisher – Tippet tipe I

$$y_m = -\ln\{-\ln F(H_s \leq H_{sm})\} \quad (43)$$

Untuk Distribusi Weibull

$$y_m = [-\ln(1-F)(H_s \leq H_{sm})]^{1/k} \quad (44)$$

Dengan A dan B adalah perkiraan dari parameter skala dan local yang diperoleh dari analisis regresi linier.

2. Periode ulang

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

$$H_{nr} = A y_r + B \quad (45)$$

di mana y_r diberikan oleh bentuk berikut :

untuk distribusi Fisher-Tippet tipe I :

$$y_r = -\ln\{-\ln(1 - \frac{1}{L y_r})\} \quad (46)$$

untuk distribusi Weibull :

$$y_r = \{-\ln(L T_r)\}^{1/k} \quad (47)$$

Dengan :

H_{nr} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r : periode ulang (tahun)

K : periode data (tahun)

L : rerata jumlah kejadian per tahun

3. Interval keyakinan

Perkiraan interval keyakinan adalah penting dalam analisa gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat berpengaruh oleh penyebaran data, sehingga nilainya tergantung pada standar deviasi. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha (yr - \alpha \ln v)^2]^{1/2} \quad (48)$$

dengan :

σ_{nr} : Standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

N : jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$\alpha = \alpha_1 \alpha_2 N^{-1/3} + k \sqrt{2 \ln v} \quad (49)$$

$\alpha_1, \alpha_2, e, E, k$: koefisien empiris yang diberikan oleh tabel

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

Tabel 3. Koefisien untuk menghitung deviasi standar

Distribusi	a_1	a_2	k	c	ϵ
FT-1	0,64	9,0	0,93	0	1,33
Weibull ($k = 0,75$)	1,65	11,4	-0,63	0	1,15
Weibull ($k = 1,0$)	1,92	11,4	0	0,3	0,90
Weibull ($k = 1,4$)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72
Weibull ($k = 2,0$)	2,24	11,4	1,34	0,5	0,54

(sumber : Triatmodjo, 1999)

besaran absolut dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus :

$$\sigma_s = a_{ws} a H_s \quad (50)$$

dengan :

σ_s : kesalahan standar deviasi dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_s

$a H_s$: deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan

G. Kedalaman Laut (Batimetri)

Kedalaman laut (Batimetri) dapat diartikan sebagai pengukuran dan pemetaan topografi dasar laut. Informasi kedalaman laut (batimetri) di suatu wilayah perairan merupakan hal yang sangat penting dalam kegiatan pemanfaatan ruang wilayah pantai. Menurut Soeprapto (1999) dan Simanjuntak (2012) bahwa data hasil batimetri harus dikoreksi terhadap kedudukan permukaan air laut (MSL, Z_0 , dan TWL) pada waktu pengukuran dan dilakukan koreksi terhadap jarak tenggelam transduser agar diperoleh kedalaman sebenarnya. Pengambilan data kedalaman laut (batimetri) yang dilakukan berpegang pada Standar Nasional

Indonesia (SNI) 7646:2010. Reduksi (koreksi) terhadap pasang surut air laut dirumuskan sebagai berikut:

$$rt = TWL_t - (MSL + Z_0) \dots\dots\dots (51)$$

Dengan :

rt : besarnya reduksi (koreksi) yang diberikan kepada hasil

TWL_t : kedudukan permukaan laut sebenarnya (*true water level*) pada waktu t .

MSL : muka air laut rata-rata (*mean sea level*)

Z_0 : kedalaman muka surut air di bawah MSL

Berdasarkan persamaan (8) menghasilkan besarnya reduksi (koreksi) terhadap pasang surut air laut, selanjutnya menghitung kedalaman sebenarnya, dengan rumus sebagai berikut :

$$D = dT - rt \dots\dots\dots (52)$$

Dengan :

D : Kedalaman sebenarnya

dT : kedalaman terkoreksi traduser

rt : reduksi (koreksi) pasang surut laut

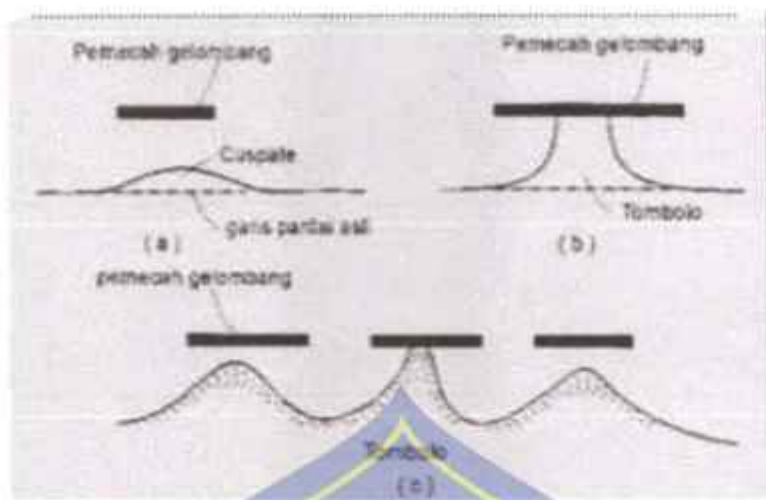
H. Breakwater / Pemecah Gelombang

Pemecah Gelombang/breakwater adalah suatu bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan, pelabuhan dari gangguan gelombang. Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak dibelakangnya dari serangan gelombang, tergantung pada panjang pantai yang terlindungi.

Pemecah gelombang ini dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai. Tipe pertama banyak digunakan pada perlindungan perairan pelabuhan, sedangkan tipe kedua untuk perlindungan pantai terhadap erosi. Secara umum kondisi perencanaan kedua tipe adalah sama, hanya pada tipe pertama perlu ditinjau karakteristik gelombang di beberapa lokasi di sepanjang pemecah gelombang.

Breakwater atau dalam hal ini pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Pemecah gelombang dibangun sebagai salah satu bentuk perlindungan pantai terhadap erosi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum sampai ke pantai, sehingga terjadi endapan dibelakang bangunan, endapan ini dapat menghalangi transport sedimen sepanjang pantai.

Pemecah gelombang dapat dibuat dari satu pemecah gelombang atau suatu seri bangunan yang terdiri dari beberapa ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah. Gambar 1 menunjukkan pengaruh bangunan pemecah gelombang terhadap perubahan garis pantai. Pada Gambar 1.a, dimana panjang pemecah gelombang. Pada Gambar 1.a dimana panjang pemecah gelombang relative kecil terhadap jaraknya dari garis pantai sehingga dapat menyebabkan terbentuknya tonjolan daratan dari garis pantai ke arah laut. Sedangkan gambar 1.b menunjukkan tombolo oleh pemecah gelombang yang cukup panjang. Gambar 1.c. menunjukkan pengaruh suatu seri pemecah gelombang terhadap bentuk pantai di belakangnya.



Gambar 13. Pemecah gelombang lepas pantai

Sumber: Teknik Pantai (Bambang Triatmodjo, 1999)

Perlindungan oleh pemecah gelombang lepas pantai terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan. Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindung akan mengurangi transport sedimen di daerah tersebut. Transport sedimen sepanjang pantai yang berasal dari daerah sekitarnya akan diendapkan di belakang bangunan, pengendapan tersebut menyebabkan terbentuknya cuspate. Apabila bangunan ini cukup panjang terhadap jaraknya dari garis pantai, maka akan terbentuk tombolo.

Pengaruh pemecah gelombang lepas pantai terhadap perubahan bentuk garis pantai dapat dijelaskan sebagai berikut ini. Apabila garis puncak gelombang pecah sejajar dengan garis pantai maka akan terjadi difraksi di daerah terlindung di belakang bangunan, dimana garis puncak gelombang membelok dan membentuk busur lingkaran. Perambatan gelombang yang terdifraksi tersebut disertai dengan angkutan sedimen menuju ke daerah terlindung dan diendapkan di perairan belakang bangunan.

Bangunan pemecah gelombang (Breakwater) berfungsi untuk melindungi pantai yang terletak dibelakangnya dari seragam gelombang yang dapat mengakibatkan erosi pada pantai. Perlindungan oleh pemecahan gelombang lepas pantai terjadi karena berkrangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan. Karena pemecah gelombang ini dibat terpisah ke arah lepas pantai, tetapi masih didalam zona gelombang pecah (breaking zone). Maka bagian sisi luar pemecah gelombang memberikan perlindungan dengan meredam energi gelombang sehingga gelombang dan arus di belakangnya dapat dikurangi.

Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan peredam gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (refleksi), sebagian diteruskan (transmisi) dan sebagian dihancurkan (dissipasi) melalui pecahnya gelombang, kekentalan fluida, gesekan dasar dan lain-lainnya. Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan, dihancurkan dan diteruskan tergantung karakteristik gelombang datang (periode, tinggi, kedalaman air), tipe bangunan peredam gelombang (permukaan halus dan kasar, lurus air dan tidak lurus air) dan geometrik bangunan peredam (kemiringan, elevasi, dan puncak bangunan).

Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindung akan mengurangi pengiriman sedimen di daerah tersebut. Maka pengiriman sedimen sepanjang pantai yang berasal dari daerah di sekitarnya akan diendapkan di belakang. Bangunan pantai dibelakang struktur akan stabil dengan terbentuknya endapan sedimen tersebut.

Tipe – Tipe Pemecah Gelombang

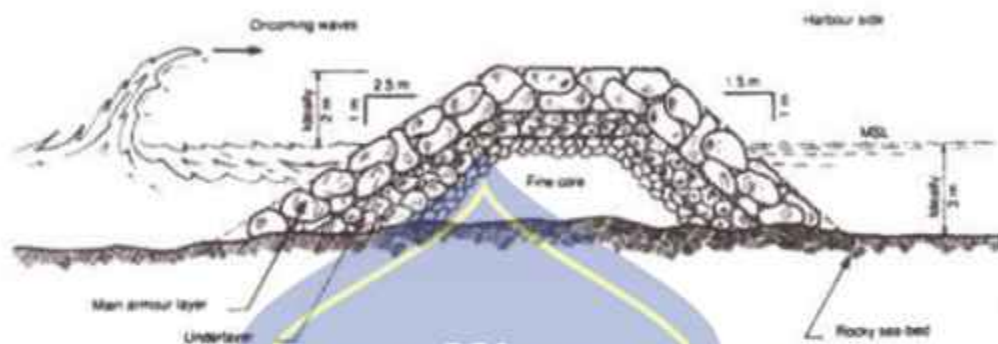
Dari jenis pemecah gelombang lepas pantai maupun pemecah gelombang sambung pantai, terdapat tiga tipe pemecah gelombang yakni pemecah gelombang sisi miring, pemecah sisi tegak dan campuran.

1. Pemecah Gelombang Sisi Miring

Pemecah gelombang sisi miring biasanya dibuat dari tumpukan batu alam yang dilindungi oleh lapis pendungan berupa batu besar atau beton dengan bentuk tertentu. Pemecah gelombang tipe ini banyak digunakan di Indonesia, mengingat dasar laut di perairan Indonesia kebanyakan dari tanah lunak. Selain itu batu alam sebagai bahan utama banyak tersedia berfungsi sebagai bahan utama banyak tersedia berfungsi untuk menahan limpasan air diatas bangunan.

Pemecah gelombang sisi miring mempunyai sifat fleksibel. Kerusakan yang terjadi karena serangan gelombang tidak secara tiba-tiba (tidak fatal). Meskipun beberapa butir batu longsor, tetapi bangunan masih bisa berfungsi.

Biasanya butir batu pemecah gelombang sisi miring disusun dalam beberapa lapis, dengan lapis terluar (lapis pelindung) terdiri dari batu dengan ukuran besar dan semakin kedalam ukurannya semakin kecil. Stabilitas dari lapis pelindung tergantung pada berat dan bentuk butiran serta kemiringan sisi bangunan. Bentuk butiran akan mempengaruhi kaitan antar butir batu yang ditumpuk.



Gambar 14. Jenis breakwater sisi miring

Dari gambar dapat kita lihat bahwa konstruksi terdiri dari beberapa lapisan yaitu:

1. Inti (core) pada umumnya terdiri dari agregat galian kasar, tanpa partikel-partikel halus dari debu dan pasir.
2. Lapisan bawah pertama (under layer) disebut juga lapisan penvering (filter layer) yang melindungi bagian inti (core) terhadap penghayutan material, biasanya terdiri dari potongan-potongan tunggal batu dengan berat bervariasi dari 500 kg sampai dengan 1 ton.
3. Lapisan pelindung utama (main armor layer) merupakan pertahanan utama dari pemecah gelombang terhadap serangan gelombang pada lapisan inilah biasanya batu-batuan ukuran besar dengan berat antara 1-3 ton atau bisa juga menggunakan batu buatan (tetrapod).



a. Stabilitas Batu lapis pelindung

Dalam perencanaan pemecah gelombang sisi miring, ditentukan berat butir batu pelindung dengan menggunakan rumus:

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cos \theta} \dots\dots\dots (53)$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \dots\dots\dots (54)$$

Dengan:

W = Berat butir batu pelindung

γ_r = Berat jenis batu

γ_a = Berat jenis air laut

H = Tinggi gelombang rencana

θ = Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

K_d = Koefisien stabilitas batu pelindung

b. Dimensi Pemecah Gelombang

1. Elevasi puncak pemecah gelombang

Elevasi pemecah gelombang diperoleh dengan rumus:

$$El = HWL + R_u + \text{Tinggi bebas} \dots\dots\dots (55)$$

Dimana R_u merupakan bilangan Run Up gelombang yang diperoleh dari fungsi Irribaren :

$$Ir = \frac{\tan \theta}{\left[\frac{H}{L_0} \right]^{0.5}} \dots\dots\dots (56)$$

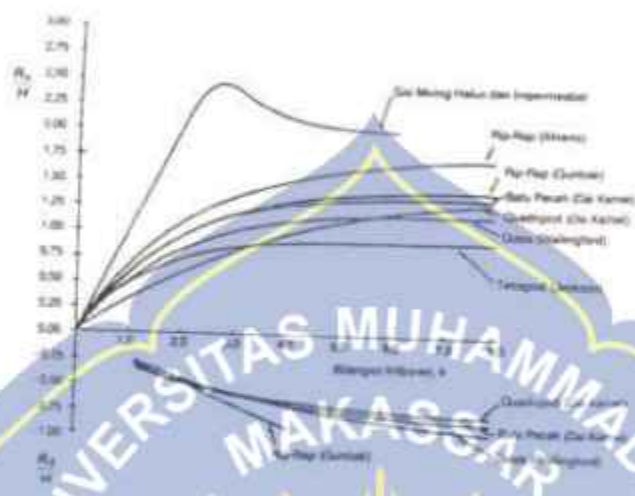
Dengan :

Ir = bilangan Irribaren

θ = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

H = tinggi gelombang dilokasi bangunan

L_0 = panjang gelombang di laut dalam



Gambar 15. Perbandingan *run up* dan *run down* untuk berbagai tipe sisi miring

Sumber : Pelabuhan (Dambang Triatmojo, 2004)

2. Lebar Puncak Pemecah Gelombang

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus:

$$B = n K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \quad (57)$$

Dengan :

B = lebar puncak (m)

n = jumlah butir batu ($n_{\min} = 3$)

K_{Δ} = koefisien lapis (tabel)

W = berat butir lapis pelindung

γ_r = berat jenis batu pelindung

Tabel 4. Koefisien Lapis

Batu Pelindung	N	Penempatan	Koef. Lapis (K_A)	Porositas (%)
Batu alam (halus)	2	random (acak)	1.02	38
Batu alam (kasar)	2	random (acak)	1.15	37
Batu alam (kasar)	>3	random (acak)	1.1	40
Kubus	2	random (acak)	1.1	47
Tetrapod	2	random (acak)	1.04	50
Quadripod	2	random (acak)	0.95	49
Hexapod	2	random (acak)	1.15	47
Tribard	2	random (acak)	1.02	54
Dolos	2	random (acak)	1	63
Tribard	1	seragam	1.13	47
Batu alam		random (acak)		37

Sumber : (Triatmojo, 2003)

3. Tebal Lapis pelindung dan Jumlah Butir Batu

Tebal lapis pelindung dan jumlah butir batu tiap satuan luasan dihitung dengan rumus:

$$t = n K_A \left[\frac{w}{A} \right]^{1/3} \quad (58)$$

$$N = A n K_A \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{Y_r}{w} \right]^{2/3} \quad (59)$$

Dengan :

t = tebal lapis pelindung

n = jumlah lapis batu dalam lapis pelindung

K_A = koefisien yang diberikan dalam tabel

A = luas permukaan

P = porositas rerata lapis pelindung (%) dalam tabel

N = jumlah butir batu untuk satu satuan luas permukaan A

Y_r = berat jenis batu

2. Pemecah Gelombang Tipe Sisi Tegak

Pemecah ini biasanya ditempatkan dilaut dengan kedalaman lebih besar dari tinggi gelombang ,akan memantulkan gelombang tersebut.Superposisi antara gelombang datang dan gelombang pantul akan menyebabkan terjadinya gelombang stasioner yang disebut dengan klapotis.Kedalaman pemecah gelombang ini masih bisa dibangun antara kedalaman 15-20 meter.

Pemecah gelombang sisi tegak dibuat apabila tanah dasar mempunyai daya dukung besar dan tahan terhadap erosi. Pada tanah dasar dengan daya dukung rendah, dasar dari tumpukan batu dibuat untuk menyebarkan beban pada luasan yang lebih besar.



Gambar 16. Pemecah gelombang tipe sisi tegak

Sumber : (google)

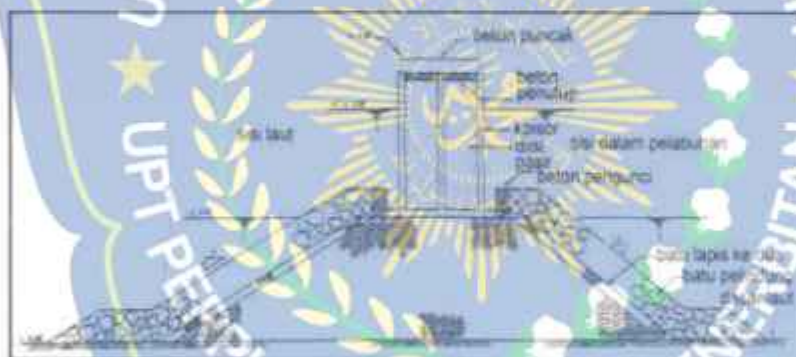
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pemecah gelombang sisi tegak yaitu sebagai berikut:

- 1) Tinggi gelombang maksimum rencana harus ditentukan dengan baik karena tidak seperti pemecah gelombang miring, stabilitas terhadap penggulingan merupakan factor penting.
- 2) Tinggi dinding harus cukup buat untuk memungkinkan terjadinya klapotis.

- 3) Fondasi bangunan harus dibuat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi erosi pada kaki bangunan yang dapat membahayakan stabilitas bangunan.

c. Pemecah Gelombang Campuran

Pemecah gelombang campuran ini terdiri dari pemecah gelombang sisi tegak yang dibuat diatas pemecah gelombang tumpukan batu. Bangunan ini dibuat apabila kedalaman air sangat besar dan tanah dasar tidak mampu menahan beban dari pemecah gelombang sisi tegak. Pemecah gelombang ini juga harus mampu menahan serangan gelombang pecah. Tipe ini dibuat digunakan pada kedalaman air yang besar dan apabila pemecah gelombang sisi miring dan sisi tegak dinilai tidak ekonomis.



Gambar 17. Pemecah gelombang tipe campuran
Sumber : (google)

Berikut merupakan tabel perbandingan tipe pemecah gelombang sisi miring, sisi tegak dan campuran jika dilihat dari keuntungan dan kerugiannya.

Tabel 5 . Keuntungan dan Kerugian ketiga tipe pemecah gelombang

Tipe	Keuntungan	Kerugian
<i>Breakwater Sisi Miring</i>	1. Elevasi puncak bangunan rendah 2. Gelombang refleksi kecil/meredam energi gelombang 3. Kerusakan berangsur-angsur 4. Perbaikan mudah 5. Murah	1. Jumlah material besar 2. Pelaksanaan pekerjaan lama 3. Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan besar 4. Lebar dasar besar
<i>Breakwater Sisi Tegak</i>	1. Pelaksanaan pekerjaan cepat 2. Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan kecil 3. Luas perairan pelabuhan lebih besar 4. Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga atau tempat tambatan 5. Biaya perawatan kecil	1. Mahal 2. Elevasi puncak bangunan tinggi 3. Tekanan gelombang besar 4. Perlu tempat pembuatan kaisan yang luas 5. Jika rusak sulit diperbaiki 6. Diperlukan peralatan berat 7. Erosi kaki pondasi
<i>Breakwater Campuran</i>	1. Pelaksanaan pekerjaan cepat 2. Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan kecil 3. Luas perairan pelabuhan besar	1. Mahal 2. Diperlukan peralatan berat 3. Perlu tempat pembuatan kaisan yang luas

Sumber: Pelabuhan (Tolatranojo, 2003)

I. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian serupa dengan penelitian kami yaitu penelitian oleh Ilyas Ichsan, Abdul Haris Suleman, 2018 . Dengan judul Analisis perencanaan breakwater dalam penanganan sedimentasi pantai di Desa Botubarani dengan menggunakan metode penelitian kajian bersifat teoritis dan lapangan . Hasil dari penelitian adalah analisis perencanaan breakwater dengan bangunan pemecah gelombang tipe rubble mound yang sifatnya fleksibel. Dan penelitian selanjutnya, Oleh Arya Okvan, P.P, Hary Dwinto, A, Sujantoko, 2013. Dengan judul penelitian Pengaruh Elevasi Muka Air Laut pada Koefisien Transmisi dan Refleksi Composite Breakwater. Menggunakan metode penelitian dengan menganalisis data elevasi muka air, periode gelombang dan tinggi gelombang. Hasil penelitian yang diperoleh, bahwa nilai koefesien transmisi paling baik untuk pengaruh elevasi muka air adalah konfigurasi 2 karena memiliki K_t



J. Kerangka Pikir



Gambar 18 . Kerangka pikir

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di daerah pantai Tamasaju kecamatan Galesong Utara kabupaten Takalar. Terletak antara $5^{\circ}17'08''$ LS dan $119^{\circ}22'22''$ BT,



Gambar 19. Lokasi Penelitian
Sumber : (Google Earth)

B. Jenis penelitian dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan analisis kuantitatif karena menggunakan data sekunder yang bersifat kuantitatif yang bergantung pada kemampuan untuk menghitung data secara akurat. Penelitian Kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang diketahui. Disamping itu data akan digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari instansi terkait.

2. Sumber Data

Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

a. Data Angin

Data sekunder angin diperoleh dari Stasiun Maritim Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Paotere Makassar.

b. Data Pasang Surut

Data sekunder pasang surut diperoleh dari instansi Pangkalan Utama TNI AL VI

C. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu,

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (*independent variable*).

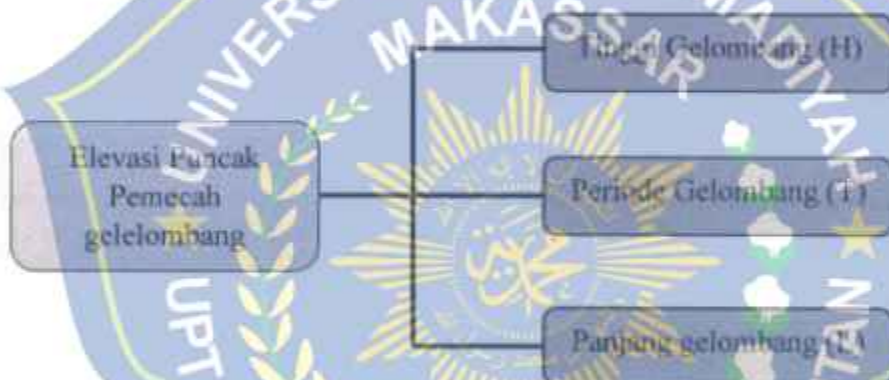
a. Elevasi puncak pemecah gelombang

2. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat (*Dependent Variable*) merupakan variabel dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas.

Variabel terikat pada penelitian ini, yaitu :

- a. Tinggi gelombang (H)
 - b. Periode gelombang (T)
 - c. Panjang gelombang (L)
3. Hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dalam penelitian ini dapat digambarkan dengan skema sebagai berikut :



Gambar 20. Skema Hubungan Variabel Penelitian

D. Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional menjelaskan cara tertentu yang digunakan untuk meneliti dan mengoperasikan kontrak, sehingga memungkinkan bagi peneliti yang lain untuk melakukan replikasi pengukuran dengan cara yang sama atau mengembangkan cara pengukuran kontrak yang lebih baik. Dalam penelitian ini terdapat dua variabel yang divariasikan dan diamati, antara lain:

1. Elevasi puncak pemecah gelombang

Elevasi puncak pemecah gelombang ini dihitung berdasarkan tinggi *run up* gelombang. *Run up* gelombang adalah level atau pencapaian gelombang laut pada sebuah struktur pada permukaan miring, diukur secara vertikal dari muka air diam.

Besar koefisien *run up* gelombang pada breakwater di dapatkan dari fungsi bilangan *irribaren*:

2. Tinggi gelombang

Tinggi gelombang (H) adalah perbedaan tinggi gelombang secara vertikal, yaitu antara puncak tertinggi gelombang dan lembahnya. Tinggi gelombang ditentukan berdasarkan nilai maksimum tinggi gelombang di lokasi yang disimulasikan dalam pemodelan transformasi gelombang.

Pada umumnya, tinggi gelombang di pantai lebih besar dibandingkan tinggi gelombang di laut dalam. Namun, adakalanya tinggi gelombang di pantai lebih kecil dibandingkan dengan tinggi gelombang di laut dalam, sebagai akibat sebagian besar energi gelombang digunakan untuk proses pembelokan gelombang (*refraksi*).

3. Periode gelombang

Periode gelombang (T) adalah waktu yang di tempuh antar dua puncak ataupun dua lembah gelombang secara berurutan pada suatu titik yang tetap. Periode gelombang dihitung dengan menggunakan grafik peramalan gelombang setelah *fetch* rerata efektif dan kecepatan angin diketahui.

4. Panjang gelombang

Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau titik tertinggi gelombang yang berurutan, bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang.

E. Metode Pengumpulan Data

1. Data angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah data angin dari Stasiun Maritim Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Paotere Makassar. Data angin dari BMKG ini merupakan data angin dalam rentang waktu 10 tahun (tahun 2012 dan tahun 2021) meliputi :
 - a. Data kecepatan angin maksimum (m/s)
 - b. Data kecepatan angin rata-rata (m/s)
 - c. Data arah angin terbanyak ($^{\circ}$)
 - d. Data arah angin saat kecepatan maksimum ($^{\circ}$)
2. Data pasang surut yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang diperoleh dari Pangkalan Utama TNI AL VI. Data pasang surut dalam rentang waktu 5 tahun (tahun 2018 dan tahun 2022)
3. Data peta Bathimetri diperoleh dari bathimetri nasional

F. Teknik Analisa data

Setelah data-data yang diperlukan terkumpul, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa data. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif. Teknik analisis data penelitian kuantitatif menggunakan statistik yaitu statistik deskriptif.

Teknik analisa data statistik deskriptif adalah metode dalam menganalisa data dengan menggambarkan data yang sudah dikumpulkan, tanpa membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum (generalisasi). Dalam teknik ini, akan diketahui nilai variabel independen dan dependennya. Hasil dari tahap ini dimasukkan dalam tabel distribusi untuk memperoleh gambaran setiap yang dikaji. Adapun tahapan perhitungan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Analisis panjang fetch efektif (garfis)

Untuk menganalisa arah datangnya pembangkit gelombang yang dibatasi oleh daratan yang mengelilinginya yaitu dengan cara plot peta dari google maps kedalam software AutoCAD. Untuk perhitungan panjang fetch efektif digunakan persamaan 15 sebagai berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{2}$$

Dengan :

F_{eff} : fetch efektif

X_i : panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

α : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut besar 42° pada kedua sisi arah angin

2. Analisa data angin

data angin yang dipakai 10 tahun terakhir yang diperoleh dari stasiun Maritim Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Paotere Makassar, dikelompokkan dalam tabel berdasarkan arah datangnya setiap bulan.

3. Analisis peramalan gelombang

Dalam perhitungan analisis peramalan tinggi dan periode gelombang signifikan digunakan hitungan dengan metode SPM 1984 dengan persamaan 16 sebagai berikut :

- a. Tinggi gelombang signifikan(H_s)

$$\frac{gH_s}{U_A^2} = 0,0016 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2}$$

- b. Periode gelombang signifikan(T_s)

$$\frac{gT_s}{U_A} = 0,2857 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3}$$

- c. Durasi pertumbuhan gelombang(T_e)

$$\frac{gT_e}{U_A} = 68,8 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3}$$

Dimana :

H_s : tinggi gelombang signifikan (m)

T_s : periode gelombang signifikan (s)

F : panjang Fetch efektif (m)

T_e : durasi angin (m/s)

U_A : kecepatan angin (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

Untuk panjang gelombang (L) di perairan dalam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (CERC, 1984 dan Horikawa, 1988) :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} = 1,56T^2$$

d. Periode kala ulang gelombang

Kala ulang gelombang dapat di hitung dari hasil perhitungan tinggi gelombang dimana pada tinggi gelombang tersebut di hitung mulai dari tinggi gelombang nilai maximumnya sampai nilai minimumnya, hasil perhitungan periode kala ulang gelombang digunakan untuk menentukan tinggi gelombang rencana (Hr) di laut dalam untuk kala n tahun.

e. Analisis Pasang surut

Dalam analisi data pasang surut di gunakan Metode admiralty. Metode admiralty merupakan salah satu metode yang mana dalam perhitungannya melibatkan kedudukan permukaan air laut rata-rata dan fungsi sinusoidal dengan menghitung dua konstanta harmonik utama yaitu amplitudo dan fasa dari pengamatan ketinggian air laut tiap-tiap jam selama 15 piaman (15 hari) atau 29 piaman (29 hari). Perhitungan metode admiralty menggunakan bantuan tabel, dimana untuk waktu pengamatan ditabelkan untuk diinterpolasikan, dalam pembagian anatar amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama dengan perhitungan bilangan formzahl (Anugrah dkk,2009) dilliat pada persamaan 32 sebagai berikut :

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

Dengan:

F : Bilangan Formhazl

O_1 : Amplitudo komponen pasut tunggal

K_1 : Amplitudo komponen pasut tunggal utama yang disebabkan gaya tarik surya

M_2 : Amplitudo komponen pasut ganda utama yang disebabkan gaya tarik bulan

S_2 : Amplitudo komponen pasut ganda utama yang disebabkan gaya tarik surya

f. Analisis peta topografi dan batimetri

Analisa peta topografi dan bathymetri dilakukan untuk menentukan dan mengetahui kemiringan lereng muka (ϕ) dan dasar pantai (β). Analisis ini dengan menggunakan Metode Wentworth, (Sastroprawiro, S. dan Yudo W., 1996)

$$\phi \text{ atau } \beta = \frac{(N-1)IK}{JH \times x_p} \times 100\%$$

dengan :

N : Jumlah kontur yang memotong horizontal

IK : interval kontur (m)

JH : jarak horizontal

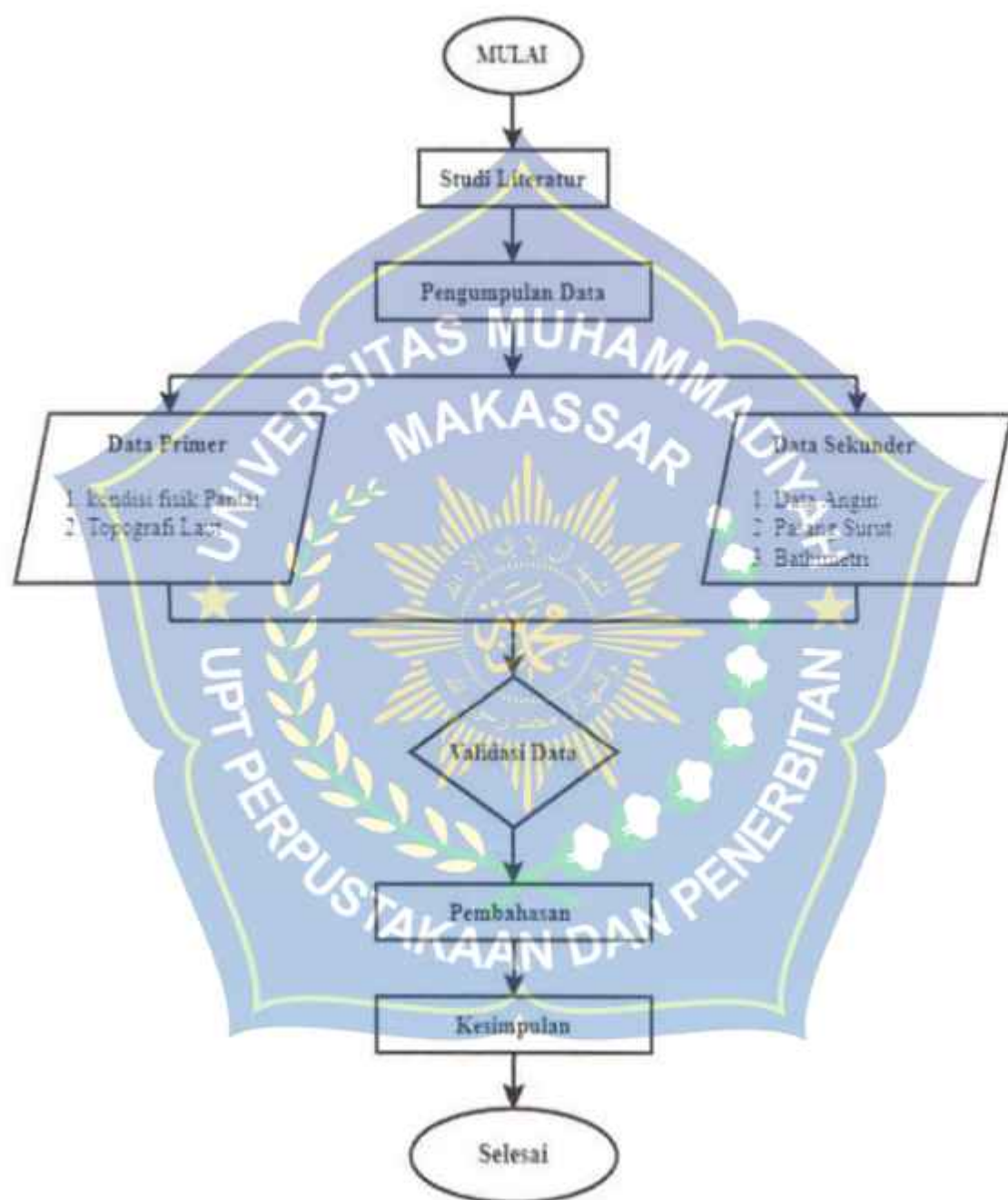
Sk : jarak peta

g. Gelombang pecah

Penentuan tinggi dan kedalaman gelombang pecah dilakukan dengan menalisis beberapa parameter seperti, Panjang gelombang dilaut dalam, cepat rambat gelombang, koefisien refraksi, koefisien shoaling dan kemiringan pantai. Dari parameter tersebut sehingga bias diketahui tinggi dan kedalaman gelombang pecah.

G. Bagan Alur Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan sesuai dengan bagan alir pada gambar berikut ini :



Gambar 20. Flowchart (Bagan Penelitian)

BAB IV

PEMBAHASAN DAN HASIL

A. Data Angin

Data Angin yang di gunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Paotere Makassar, dengan -5.11377 Lintang selatan, 119.41983 bujur timur, serta ketinggian elevasi stasiun tanah adalah 5 m. Data yang diperoleh adalah data angina sepuluh tahun terakhir yaitu 2012 sampai 2021 . Dari data hasil pengukuran, selanjutnya dilakukan analisis jumlah angin yang datang dilokasi penelitian serta persentasenya dari setiap arah mata angin.

Tabel 6. Persentasi kejadian angin berdasarkan arah datangnya dilokasi studi

Arah		Jumlah data	Persentase Kejadian (%)
Notasi	Derajat		
Utara (U)	360	3	2,7
Timur Laut (TL)	45	0	0,0
Timur (T)	90	39	35,5
Tenggara (TG)	135	39	35,5
Selatan (S)	180	0	0,0
Barat Daya (BD)	225	1	0,9
Barat (B)	270	13	11,8
Barat Laut (BL)	315	15	13,6
Total		110	100

Sumber : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere Makassar

Tabel 6 memperlihatkan bahwa presentasi kejadian angin yang paling besar atau sering terjadi adalah angin yang berhembus dari arah Tenggara dan arah Timur (35%),disusul masing-masing dari Barat Laut (13,6%),Barat (11,8%),Utara (2,7%) dan arah Barat Daya (0,9%).

Sementara itu, persentase kejadian menurut interval kecepatan di sajikan pada tabel 6 .

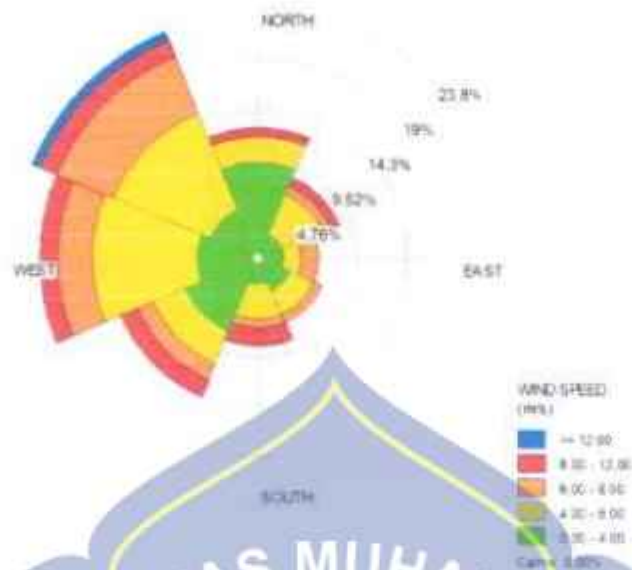
Tabel 7 . Presentasi kejadian angin berdasarkan interval kecepatan

Interval (m/s)	Jumlah data	Persentase (%)
0 - 4,00	36	32,7
4,00 - 6,00	45	40,9
6,00-8,00	18	16,4
8,00 - 12,00	10	9,1
>12,00	1	0,9
Total	110	100,0

Sumber : Analisis data

Sekalipun presenmase angin dari arah tenggara dan timur cukup besar, tetapi tidak berpotensi menimbulkan gelombang karena sudah masuk daratan. Berdasarkan arah fetch gelombang arah mata angin yang berpotensi membangkitkan gelombang ada 4 yaitu Utara, Barat Laut, Barat dan Barat daya .

Selain penyajian data angin juga disajikan dalam bentuk mawar angin seperti gambar dibawah ini.



Gambar 21. Mawar angin dari tahun 2012 sampai 2021

B. Penentuan Fetch efektif

Berdasarkan kondisi geografis lokasi penelitian, arah angin yang berpotensi membangkitkan gelombang di lokasi penelitian adalah angin yang bertiup dari arah Utara, Barat, Barat daya dan Barat Timur, sedangkan arah Timur dan Tenggara tidak diperhitungkan arah fetch efektifnya karena angin yang berhembus melewati daratan. Oleh sebab itu, dalam penentuan fetch efektif, hanya ketiga arah tersebut yang diperhitungkan.

Adapun penentuan fetch pada lokasi studi, disajikan pada gambar 19 dan Tabel perhitungan fetch untuk masing-masing arah peramalan gelombang laut yaitu Utara, Barat Laut, Barat dan Barat Daya dalah sebagai berikut :

Tabel 8. Perhitungan fetch efektif arah Utara

	$\alpha (^{\circ})$	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
UTARA	0	1,0000	220,76	220,760
	-5	0,9962	217,99	217,160
	-10	0,9848	210,12	206,928
	-15	0,9659	798,64	771,427
	-20	0,9397	654,87	615,377
	Total	4,8866		2031,65

Sumber : Analisis Perhitungan.

Perhitungan Fetch efektif Arah Utara :

$$Feff = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{2031,65}{4,8866} = 415,75 \text{ km}$$

$$= 41575 \text{ m}$$

Tabel 9. Perhitungan fetch efektif arah barat daya

	$\alpha (^{\circ})$	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT DAYA	20	0,9397	467,26	439,081
	15	0,9659	462,73	446,963
	10	0,9848	579,67	570,864
	5	0,9962	563,09	560,947
	0	1,0000	485,32	485,320
	-5	0,9962	346,85	345,530
	-10	0,9848	308,23	303,547
	-15	0,9659	21,59	20,854
	-20	0,9397	22,59	21,228
	Total	8,7732		3194,33

Sumber : Analisis Perhitungan.

Perhitungan Fetch Efektif Arah Barat Daya :

$$Feff = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{3194,33}{8,7732} = 364,099 \text{ km}$$

$$= 364099 \text{ m}$$

Tabel 10. Perhitungan fetch efektif arah Barat

	$\alpha (^{\circ})$	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT	20	0,9397	512,29	481,395
	15	0,9659	554,54	535,645
	10	0,9848	136,4	134,328
	5	0,9962	189,17	188,450
	0	1,0000	1606,71	1606,710
	-5	0,9962	100,85	100,466
	-10	0,9848	934,76	920,559
	-15	0,9659	722,73	698,104
	-20	0,9397	625,6	587,872
	Total	8,7732		5253,53

Sumber : Analisis Perhitungan

Perhitungan Fetch Efektif Arah Barat:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{5253,53}{8,7732} = 598,812 \text{ km}$$

$$= 598812 \text{ m}$$

Tabel 11. Perhitungan fetch efektif arah Barat Laut

	$\alpha (^{\circ})$	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT LAUT	20	0,9397	576,55	541,780
	15	0,9659	404,98	391,181
	10	0,9848	559,44	550,941
	5	0,9962	487,96	486,103
	0	1,0000	479,88	479,880
	-5	0,9962	452,49	450,768
	-10	0,9848	409,75	403,525
	-15	0,9659	398,73	385,144
	-20	0,9397	398,32	374,298
	Total	8,7732		4063,62

Sumber : Analisis Perhitungan

Perhitungan Fetch Efektif Arah Barat Laut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{4063,6195}{8,7732} = 463,183 \text{ km}$$

$$= 463183 \text{ m}$$

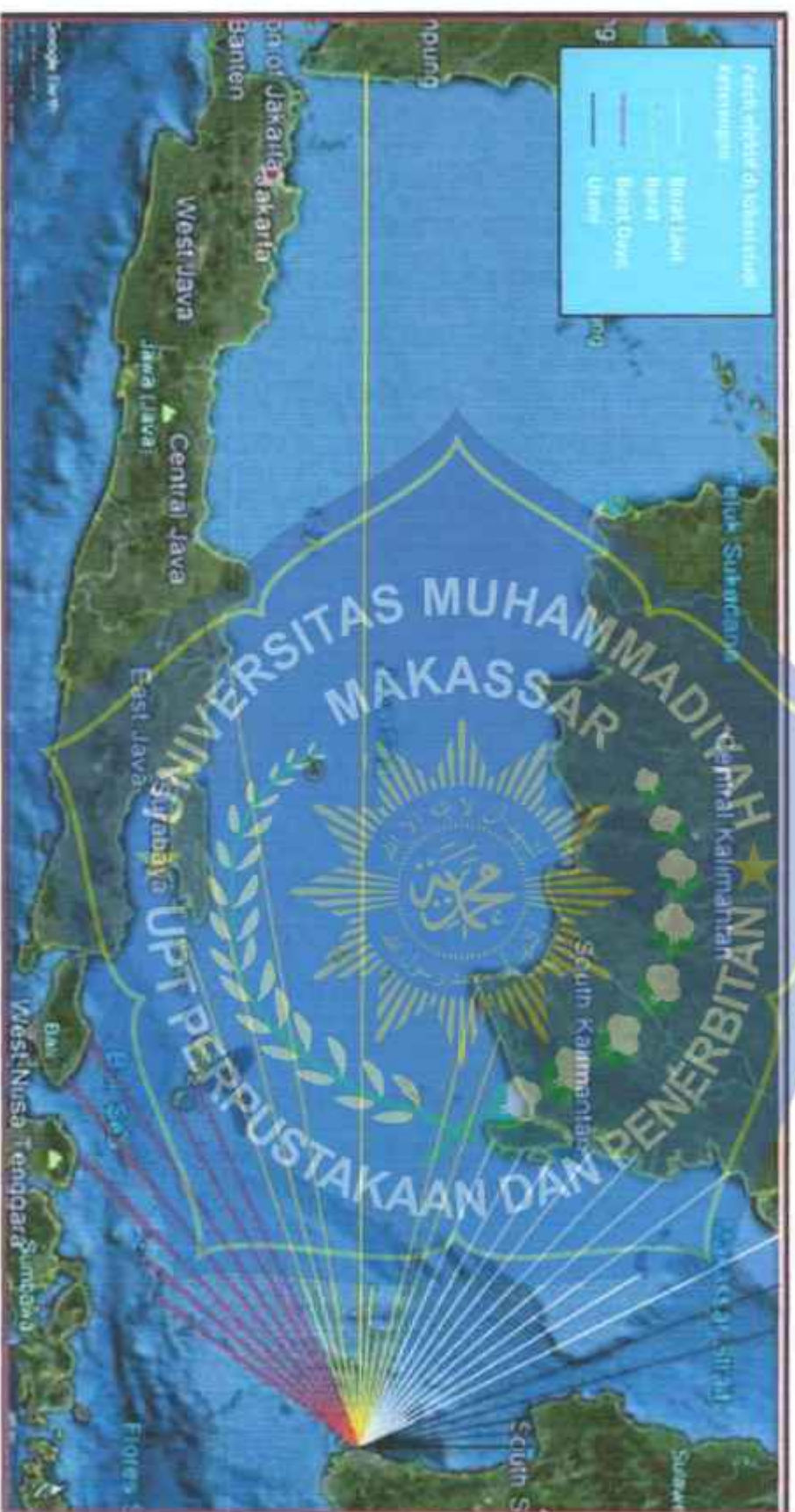
Adapun rekapitulasi fetch efektif untuk tiap-tiap mata angin adalah sebagai berikut :

Tabel 12. Data fetch di lokasi studi

ARAH		$FEf(Km)$	$FEf(m)$
U	0	415,758	415758
BL	315	463,183	463183
B	270	598,813	598813
BD	225	364,100	364100

Sumber : Hasil Perhitungan

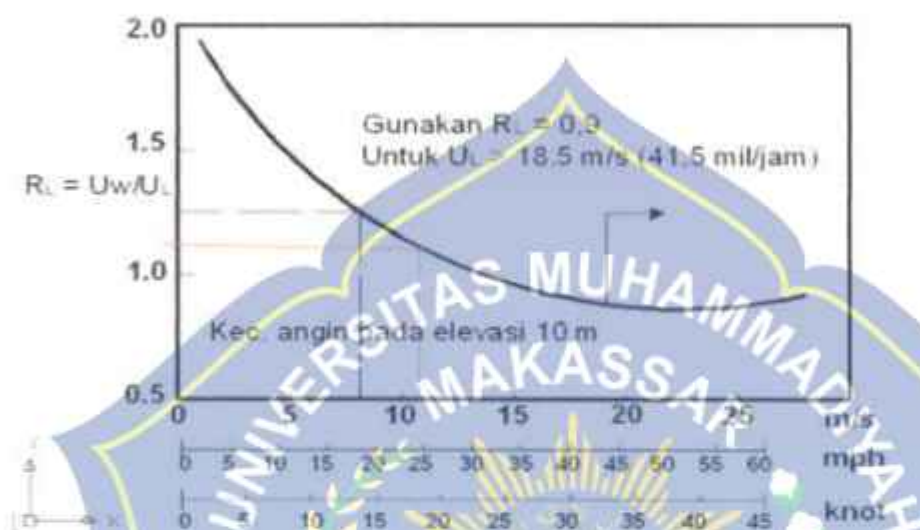




Gambar 22. Panjang fetch dari arah barat Daya, Barat dan Barat Laut

C. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

Berdasarkan kecepatan maksimum yang terjadi tiap bulan dicari nilai R_L dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat nilai $R_L = 1,14$ dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 23 . Grafik hubungan antara kecepatan angin di laut (UW) dan di darat (UL)

$$I_1 = \frac{1609}{U_{10}}$$

$$= \frac{1609}{8,73}$$

$$= 184,28 \text{ m/dtk (kolom 4 Tabel 13)}$$

$$U_{3600} = \frac{U_{10}}{R_L}$$

$$= \frac{8,73}{1,14}$$

$$= 7,66 \text{ m/dtk (kolom 6 Tabel 13)}$$

$$U_s = U_{3600} \times R_T$$

$$= 7,66 \times 1,10$$

$$= 8,43 \text{ (kolom 8 Tabel 13)}$$

Hitung U_w dengan rumus:

$$U_w = U_s \times R_L$$

$$= 8,43 \times 1,14$$

$$= 10,33 \text{ m/ det (kolom 9 Tabel 13)}$$

Hitung U_A dengan rumus

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

$$= 0,71 \times 10,33^{1,23}$$

$$= 12,54 \text{ m/ det (kolom 10 Tabel 13)}$$

Berdasarkan hasil analisa parameter sebelumnya, tinggi dan periode gelombang pada bulan Januari 2012 kecepatan angin maksimum yang berhembus berasal dari arah selatan yang melewati daratan yang tidak memiliki pembangkit gelombang maka tidak ada tinggi dan periode gelombang yang terjadi.

Tabel 13. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2012

Bulan	Kecapatan (m/s)	Arah (°)	U_{10} (m/dtk)	U_3 (dtk)	RL	U_{30m} (m/dtk)	R_f	U_s (m/dtk)	U_{30} (m/dtk)	U_{10} (m/dtk)	U_{30} (m/dtk)	Fetch (m)	U_{10} (dtk)	U_{30} (dtk)	se (dtk)	Klasifikasi gelombang	tinggi gelombang (m)	periode gelombang(dtk)
Januari	9,3	S	180	8,73	184,28	1,14	7,66	1,10	8,45	10,33	12,56	0	104218,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	7,7	B	270	7,28	221,14	1,12	6,47	1,10	6,12	9,13	10,78	59812	89332,51	103370,13	fully developed	2,88	8,94	8,94
Maret	6,2	BD	225	5,82	276,42	1,11	5,26	1,10	5,78	7,09	9,15	36408	76052,09	78321,81	fully developed	2,08	7,59	7,59
April	5,7	BD	225	5,34	301,55	1,10	4,85	1,10	5,33	7,57	8,46	36408	71125,08	80093,17	fully developed	1,82	7,10	7,10
Mei	8,2	TL	45	7,76	207,31	1,13	6,87	1,10	7,46	9,49	11,30	0	93869,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juni	7,2	BD	225	6,79	236,93	1,12	6,07	1,10	6,54	8,80	10,10	36408	85583,22	75102,35	fetch limited	3,17	9,69	9,69
Juli	6,7	TL	90	6,31	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	9,75	0	10975,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agustus	5,1	S	191	4,85	331,70	1,09	4,43	1,0	4,87	7,15	7,99	0	66348,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
September	6,7	TL	135	6,31	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	9,75	0	80975,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oktober	7,2	TL	45	6,79	236,93	1,12	6,07	1,10	6,54	8,80	10,10	0	85583,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
November	6,7	S	180	6,31	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	9,75	0	80975,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	7,2	BL	315	6,79	236,93	1,12	6,07	1,10	6,54	8,80	10,10	461183	85483,22	184217,1	fully developed	2,63	8,54	8,54
	9,3			8,7	331,7	1,1	7,7	1,1	8,4	10,3	12,5		104218,24	103370,13			3,2	9,7

Sumber : Analisa perhitungan

Keterangan : U = Utara
 TL = Timur laut
 T = Timur
 TG = Tenggara
 S = Selatan
 BL = Barat laut
 B = Barat
 BD = Barat daya

Tabel 14. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2013

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	U_{10} (m/dtk)	V_t (dtk)	RL (m/dtk)	U_{10m} (m/dtk)	R_f (m/dtk)	U_s (m/dtk)	U_{10s} (m/dtk)	L_s (m/dtk)	L_p (m/dtk)	Tinggi Feteh (m)	H_1 (dtk)	H_2 (dtk)	Klasifikasi Gelombang rumah developed	tinggi gelombang (m)	periode gelombang(dtk)
Januari	7.2	BL	315	6.79	236.93	1.12	6.07	1.10	6.66	8.80	10.30	4651.5	85882.22	88423.74	fully developed	2.63	8.54
Februari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maret	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
April	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juli	5.7	BD	220	5.34	301.98	1.10	4.85	1.10	5.73	7.57	8.56	36400.0	71125.00	80093.17	fully developed	1.82	7.10
Agustus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
September	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oktober	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
November	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desember	7.2	-	-	6.8	301.5	1.1	6.1	1.1	6.7	8.60	10.3	-	85882.2	88423.74	-	2.6	8.5

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara

TL = Timur laut

T = Timur

TG = Tenggara

S = Selatan

BL = Barat laut

B = Barat

BD = Barat daya

Tabel 15. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2014

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	U_{10} (m/dtk)	U_1 (dtk)	RL	U_{100} (m/dtk)	R_1	U_5 (m/dtk)	U_{10} (m/dtk)	$U_{10}^{(1)}$ (m/dtk)	Fetch (m)	U^2 (dtk)	U^3 (dtk)	Kategori gelombang	tinggi gelombang (m)	periode gelombang(dtk)	
Januari	5,7	B	270	5,34	301,55	0,90	5,93	1,10	6,55	6,59	10,07	5988,2	8351,33	105949,20	fully developed	2,48	8,30
Februari	4,6	B	290	4,37	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	5988,2	61160,29	17372,26	fully developed	1,34	6,10
Maret	4,6	S	165	4,37	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	0	61160,29	0,00	fully formed	0,00	0,00
April	5,7	BL	320	5,34	301,55	1,10	4,85	1,10	5,33	7,57	8,56	46318	71125,08	94049,36	fully developed	1,82	7,10
Mei	7,2	B	280	6,79	236,93	1,12	6,07	1,10	6,68	8,80	10,30	5988,2	85587,22	104936,71	fully developed	2,63	8,54
Juni	3,1	B	270	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	5988,2	41035,64	133423,88	fully developed	0,62	4,16
Juli	4,1	U	360	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	235007	5676,11	6497,11	fully developed	1,11	5,56
Agustus	4,1	TL	50	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	0	5676,11	0,00	fully formed	0,00	0,00
September	5,7	TL	70	5,34	301,55	1,10	4,85	1,10	5,33	7,57	8,56	0	71125,08	0,00	fully formed	0,00	0,00
Oktober	3,6	TL	100	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,78	5,67	6,00	0	49862,78	0,00	fully formed	0,00	0,00
November	4,6	B	250	4,37	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	5988,2	61160,29	117372,26	fully developed	1,34	6,10
Desember	6,7	BL	320	6,31	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	9,75	46318	56975,65	90606,67	fully developed	2,36	8,08
	7,2			6,791	552,84	1,12	6,0692	1,1	6,6761	10,3	85587,22	105949,20	17372,26		2,6	8,5	

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara

TL = Timur laut

T = Timur

TG = Tenggara

S = Selatan

BL = Barat laut

B = Barat

BD = Barat daya

Tabel 16. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2015

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	U_{10} (m/dtk)	U_3 (dtk)	RL	U_{max} (m/dtk)	R_3	U_3 (m/dtk)	U_{max} (m/dtk)	U_{10} (m/dtk)	Fetch (m)	U_{10} (dtk)	U_{max} (dtk)	Klasifikasi gelombang	tinggi gelombang (m)	periode gelombang(dtk)	
Januari	5,7	BL	330	5,34	301,55	0,90	5,93	1,10	6,52	8,59	70,04	463183	83151,33	87277,15	fully developed	2,48	8,30
Februari	6,7	BL	320	6,31	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,11	9,75	463183	80975,65	90069,67	fully developed	2,36	8,08
Maret	5,7	BL	310	5,34	301,55	1,10	4,85	1,10	5,33	7,57	8,56	463183	71125,08	94049,35	fully developed	1,82	7,10
April	7,2	BL	310	6,79	236,93	1,12	6,07	1,10	6,68	8,80	10,30	463183	85882,25	88423,74	fully developed	2,63	8,54
Mei	3,1	BD	245	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	364009	41633,64	95744,68	fully developed	0,62	4,16
Juni	3,1	TL	125	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	0	41633,64	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Juli	3,6	TL	65	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	0	49862,78	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Agustus	3,6	B	250	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	598012	40962,78	125640,54	fully developed	0,89	4,98
September	7,7	B	250	7,28	221,14	1,12	6,47	1,10	7,12	9,13	10,78	598012	89532,51	103370,13	fully developed	2,88	8,94
Oktober	3,6	BD	235	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	364009	40962,78	93159,37	fully developed	0,89	4,98
November	4,1	S	200	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,79	6,70	0	45676,11	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Desember	6,2	BD	230	5,82	276,42	1,11	5,26	1,10	5,78	7,90	8,43	364009	70159,00	78332,81	fully developed	2,08	7,59
	7,7			7,2761	552,84	1,12	6,4711	1,1	7,1182	9,1275	10,78	89532,50709	125640,54		2,88	8,94	

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara
 TL = Timur laut
 T = Timur
 TG = Tenggara
 S = Selatan
 BL = Barat laut
 B = Barat
 BD = Barat daya

Tabel 17. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2016

Bulan	Kecaputan (m/s)	Arabh (°)	U_{10} (m/dtk)	U_1 (dk)	RL	U_{max} (m/dtk)	R ₁	U_2 (m/dtk)	U_{10} (m/dtk)	U_{10} (m/dtk)	U_{10} (m/dtk)	Fetch (m)	U_{10} (dk)	U_{10} (dk)	Klasifikasi gelombang	tinggi gelombang (m)	periode gelombang(dtk)
Januari	6,7	U	360	6,31	255,16	0,90	7,01	1,10	7,27	9,67	11,57	235007	96161,27	54106,04	reach limited	2,87	8,71
Februari	7,7	B	285	7,28	221,14	1,12	6,47	1,10	7,12	9,13	10,78	598812	89532,31	103370,13	fully developed	2,88	8,94
Maret	4,1	TG	150	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	4,20	6,70	0	45676,31	0,00	Fetch limited	0,00	0,00
April	3,1	BL	330	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	463183	41635,64	112428,12	fully developed	0,62	4,16
Mei	3,6	B	283	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	598812	49162,78	135640,54	fully developed	0,89	4,98
Juni	3,6	BL	320	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	463183	49862,78	105869,58	fully developed	0,89	4,98
Juli	4,1	TL	60	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,10	0	35676,31	0,00	Fetch limited	0,00	0,00
Agustus	4,6	U	10	4,37	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	235007	61160,29	62915,69	fully developed	1,34	6,10
September	5,1	BL	320	4,85	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	7,99	463183	66348,10	96254,39	fully developed	1,58	6,62
Oktober	5,1	B	260	4,83	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	7,99	598812	66348,10	118229,73	fully developed	1,58	6,62
November	4,6	B	290	4,37	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	598812	61160,29	117387,46	fully developed	1,34	6,10
Desember	6,2	BL	300	5,82	276,42	1,11	5,26	1,10	5,78	7,99	9,13	463183	96161,27	91972,85	fully developed	2,08	7,59
	7,7			7,2761	552,84	1,12	7,0066	1,1	7,7073	9,6734	11,57		96161,26968	120640,54		2,88	8,94

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara
 TL = Timur laut
 T = Timur
 TG = Tenggara
 S = Selatan
 BL = Barat laut
 B = Barat
 BD = Barat daya

Tabel 18. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2017

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	U_{10} (m/dtk)	t_1 (dtk)	RL	U_{100} (m/dtk)	R_f	U_g (m/dtk)	U_w (m/dtk)	U_{10}^2 (m.dtk)	F _{orb} (m)	t_2 (dtk)	t_c (dtk)	Kualitas gelombang	tinggi gelombang (m)	periode gelombang(dtk)	
Januari	5,7	BD	243	5,34	301,55	1,10	4,85	1,10	7,37	8,56	354009	71125,08	80093,17	fully developed	1,82	7,10	
Februari	5,7	B	280	5,34	301,55	1,08	3,59	1,10	4,05	6,70	598812	55676,11	102048,60	fully developed	1,11	5,56	
Maret	4,1	BL	295	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	443183	55676,11	102048,60	fully developed	1,11	5,56	
April	3,6	RL	320	3,40	473,86	1,07	3,16	1,09	3,48	6,00	463183	49862,78	105869,58	fully developed	0,89	4,98	
Mei	3,6	U	3	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	6,00	235007	49862,78	67347,79	fully developed	0,89	4,98	
Juni	2,6	BD	228	2,43	663,41	1,06	2,30	1,10	2,53	4,26	364009	33406,65	101058,95	fully developed	0,45	3,53	
Juli	6,7	RL	300	6,31	255,16	1,11	5,66	1,19	6,23	8,41	9,26	463183	80975,65	90069,67	fully developed	2,36	8,08
Agustus	3,1	BD	220	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	3,90	5,01	364009	41832,64	95744,68	fully developed	0,62	4,16
September	3,6	TL	50	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	0	49862,78	0,00	fully limited	0,00	0,00	
Oktober	6,7	T	105	6,31	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	9,26	80975,65	0,00	fully limited	0,00	0,00	
November	4,1	S	175	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	55676,11	0,00	fully limited	0,00	0,00	
Desember	4,6	BL	300	4,37	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,76	7,37	463183	6100,20	98902,41	fully developed	1,34	6,10
	6,7			6,306	663,41	1,11	5,6644	1,1	6,2309	8,4117	9,247	80975,6688	101069,58		2,36	8,08	

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara
 TL=Timur laut
 T = Timur
 TG = Tenggara
 S = Selatan
 BL = Barat laut
 B = Barat
 BD = Barat daya

Tabel 20. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2019

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah ($^{\circ}$)	U_{10} (m/dtk)	t_p (dtk)	RL (m/dtk)	U_{max} (m/dtk)	R_p (m/dtk)	H_s (m/dtk)	U_{w-p} (m/dtk)	Fetch (m)	z_0 (dtk)	z_c (dtk)	Klasifikasi gelombang	tinggi gelombang (m)	periode gelombang(dtk)	
Januari	6,2	B	270	5,82	276,42	1,11	5,26	1,10	7,99	0,15	598812	76052,09	109148,62 fully developed	2,08	7,59	
Februari	4,6	RL	300	4,37	368,56	1,09	4,03	1,10	6,41	6,20	463183	61160,29	98992,41 fully developed	1,34	6,10	
Maret	6,7	B	290	6,31	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	998812	80975,65	166890,12 fully developed	2,36	8,08	
April	3,6	RL	330	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	663183	49862,78	105869,18 fully developed	0,89	4,98	
Mei	3,1	TL	40	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,03	4,90	5,03	41633,64	0,00 fetch limited	0,00	0,00	
Juni	2,6	BD	212	2,43	663,41	1,06	2,30	1,10	2,51	4,29	6,26	35406,85	101058,95 fully developed	0,45	3,53	
Juli	3,1	S	193	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,03	4,90	5,03	41633,64	0,00 fetch limited	0,00	0,00	
Agustus	4,6	U	5	4,37	368,56	1,09	4,03	1,10	4,41	6,70	7,36	233007	62918,09 fully developed	1,34	6,10	
September	2,6	BD	224	2,43	663,41	1,06	2,30	1,10	2,53	4,29	6,26	35406,85	101058,95 fully developed	0,45	3,53	
Oktober	6,2	BD	230	5,82	276,42	1,11	5,26	1,10	5,78	7,99	9,15	366009	76052,09 fully developed	2,08	7,59	
November	3,6	BD	235	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	35406,85	29139,27 fully developed	0,89	4,98	
Desember	4,6	B	290	4,37	368,56	1,09	4,03	1,10	4,41	6,70	7,36	233007	62918,09 fully developed	1,34	6,10	
	6,7			6,31	663,41	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	9,75	80975,65	113772,26		2,36	8,08

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara

TG = Tenggara

B = Barat

TL = Timur laut

S = Selatan

BD = Barat daya

T = Timur

BL = Barat laut

Tabel 21. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2020

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	U_{10} (m/dtk)	t_p (dtk)	RL	U_{max} (m/dtk)	R_p	h_s (m/dtk)	K_w (m/dtk)	C_p (m/dtk)	Fetch (m)	T_0 (dtk)	T_c (dtk)	Klasifikasi gelombang	tinggi gelombang (m)	periode gelombang(dtk)	
Januari	4,6	BL	295	4,37	368,56	1,09	4,01	1,10	6,70	2,36	463,83	61160,29	94902,41	fully developed	1,34	6,10	
Februari	5,7	TL	130	5,34	301,55	1,10	4,85	1,10	5,33	8,56	0	71125,08	0,00	fetch limited	0,00	0,00	
Maret	5,1	B	290	4,85	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	598812	66348,10	114229,72	fully developed	1,58	6,62	
April	8,7	S	160	8,25	195,12	1,13	7,27	1,10	7,57	10,03	0	100581,02	0,00	fetch limited	0,00	0,00	
Mei	3,6	BL	300	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,34	5,67	463,83	49862,78	102869,38	fully developed	0,89	4,98	
Juni	4,1	TL	50	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	0	35676,11	0,00	fetch limited	0,00	0,00	
Juli	2,6	B	260	2,43	663,41	1,06	2,30	1,10	2,55	4,29	4,26	35406,65	140829,52	fully developed	0,45	3,53	
Agustus	4,1	TL	50	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	0	35676,11	0,00	fetch limited	0,00	0,00	
September	5,1	TL	120	4,85	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	0	66348,10	0,00	fetch limited	0,00	0,00	
Oktober	4,1	BL	300	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	463,83	55676,11	102869,38	fully developed	1,11	5,36	
November	3,1	B	280	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	501	598812	41635,64	114229,72	fully developed	0,62	4,16
Desember	5,1	B	280	4,85	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	598812	55676,11	114229,72	fully developed	1,58	6,62	
	8,7			8,25	663,41	1,13	7,27	1,1	7,99	10,03	12,11	100581,0173	140829,52		1,58	6,62	

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara
 TL = Timur laut
 T = Timur
 TG = Tenggara
 S = Selatan
 BL = Barat laut
 B = Barat
 BD = Barat daya

Tabel 22. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2021

Bulan	Keccepatan (m/s)	Arah (°)	U_{10} (m/dtk)	I_p (dtk)	RL (m/dtk)	U_{max} (m/dtk)	R_f	I_s (m/dtk)	I_{sw} (m/dtk)	I_{sw} (m/dtk)	Fetch (m)	I_0 (dtk)	σ (dtk)	Klasifikasi gelombang	tinggi gelombang (m)	periode gelombang(dtk)	
Januari	4,1	BL	310	3,88	414,63	0,90	4,31	1,10	4,24	6,96	7,72	463,83	64154,52	97339,14	fully developed	1,48	6,40
Februari	6,7	BL	300	6,31	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	9,73	463,83	80975,65	91069,67	fully developed	2,36	8,08
Maret	4,1	BL	310	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,30	6,70	463,83	55676,11	102048,00	fully developed	1,11	5,56
April	7,2	BL	320	6,79	236,93	1,12	6,07	1,10	6,66	8,80	10,30	463,83	85582,22	88425,74	fully developed	2,63	8,54
Mei	2,6	TL	110	2,43	663,41	1,06	2,30	1,10	2,54	4,29	4,26	0	35406,05	0,00	fully limited	0,00	0,00
Juni	2,6	BD	216	2,43	663,41	1,06	2,30	1,10	2,54	4,29	4,26	0	35406,05	0,00	fully developed	0,45	3,53
Juli	3,1	TL	150	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	0	41635,64	0,00	fully limited	0,00	0,00
Agustus	3,1	B	250	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	5988,2	41635,64	133423,34	fully developed	0,62	4,16
September	3,1	B	280	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	5988,2	41635,64	133423,34	fully developed	0,62	4,16
Oktober	3,1	S	160	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	0	41635,64	0,00	fully limited	0,00	0,00
November	4,6	B	290	4,37	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	5978,2	81160,29	117772,20	fully developed	1,34	6,10
Desember	5,7	BD	240	5,34	301,55	1,10	4,85	1,10	5,33	7,57	8,56	30460,9	71156,08	80949,42	fully developed	1,82	7,10
	7,2			6,791	663,41	1,12	6,0692	1,1	6,6761	8,7987	10,3	85582,22	851233423,38		2,63	8,54	

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Ujara
 TL= Timur laut
 T = Timur
 TG = Tenggara
 S = Selatan
 BL = Barat laut
 B = Barat
 BD = Barat daya

Dari hasil perhitungan metode hindcasting 10 tahun terakhir maka dibuatkan grafik hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang untuk memperoleh periode maksimum berdasarkan perubahan kedalaman.



Gambar 24. Grafik hubungan antara tinggi gelombang dan Periode gelombang

Tabel 23 . Presentasi kejadian tinggi gelombang dan periode gelombang

Arah	Jumlah data	Persentase kejadian (%)
Utara (U)	5	6,7
Barat Daya (BD)	17	22,7
Barat (B)	25	33,3
Barat Laut (BL)	28	37,3
Total	75	100,0

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil analisis tinggi gelombang dan periode gelombang, bahwa presentasi kejadian tinggi dan periode gelombang yang sering terjadi adalah dari arah Barat Laut (37,30%), disusul masing-masing Barat (33,3%), lalu arah Barat Daya (22,70%) dan arah Utara (6,70%). Serta ketinggian gelombang maksimum terjadi dari arah Barat daya dengan ketinggian gelombang 3,17 m dengan periode

9,69 detik terjadi pada tahun 2012 pada bulan juni dengan kecepatan angin 7,2 m/detik.

D. Peramalan Gelombang Dengan Periode ulang

Ada dua metode yang bisa digunakan dalam menentukan suatu tinggi gelombang yang representatif dengan kala ulang tertentu.

Metode yang dimaksud adalah distribusi Fisher-Tippet Tipe I dan distribusi Weibull. Dalam studi ini digunakan *Fisher-Tippet type I*.

Langkah-langkah dalam perhitungan perkiraan tinggi gelombang adalah sebagai berikut :

Menentukan probabilitas bahwa $H(m)$ tidak dilampaui

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

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{1 - 0,44}{120 + 0,12} = 0,995 \text{ (kolom 3 tabel 20)}$$

Menentukan distribusi *Fisher-Tippet type I*.

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

$$y_m = -\ln \{-\ln 0,995\} = 5,366 \text{ (kolom 4 tabel 20)}$$

Menentukan nilai-nilai untuk analisis regresi linier.

$$H_{sm} \times y_m = 3,17 \times 5,366 = 17,037 \text{ (kolom 5 tabel 20)}$$

$$y_m^2 = 5,366^2 = 28,794 \text{ (kolom 6 tabel 20)}$$

$$(H_{sm} - H_r)^2 = (3,17 - 0,959)^2 = 4,910 \text{ (kolom 7 tabel 20)}$$

$$\hat{H}_{sm} = \hat{A} y_m + \hat{B} = (0,719 \times 5,366) + 0,547 = 4,41 \text{ (kolom 8 tabel 20)}$$

$$H_{sm} - \hat{H}_{sm} = 3,17 - 4,41 = -1,23 \text{ (kolom 9 tabel 20)}$$

Dengan menggunakan data H_{sm} dan y_{sm} , selanjutnya dihitung parameter A dan B dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} \\
 &= \frac{120 \cdot 202,873 - 115,10 \cdot 68,699}{120 \cdot 229,796 - 4719,6} \\
 &= 0,719
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= 0,959 - 0,72 \cdot 0,57 \\
 &= 0,55
 \end{aligned}$$

Jadi persamaan regresi yang diperoleh adalah

$$H_{sr} = A y_r + B = 706 y_r + 1,981$$

$$\begin{aligned}
 Y_r &= -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{L T_r} \right) \right\} = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{1 \times 2} \right) \right\} \\
 &= 0,367
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{sr} &= 0,909 \times 0,367 + 0,54 \\
 &= 0,811
 \end{aligned}$$

Tabel 24 . Hitungan gelombang dengan periode ulang

No. urut m	H_{sm} (m)	P	y_m	$H_{sm} \cdot y_m$	y_m^2	$H_{sm} - H_r$	H_{sm}	$H_{sm} - H_{sm}$
1	3,17	0,995	5,366	17,037	28,794	4,910	4,41	-1,23
2	2,88	0,987	4,337	12,493	18,812	3,691	3,67	-0,79
3	2,88	0,979	3,838	11,054	14,728	3,691	3,31	-0,43
4	2,88	0,970	3,504	10,092	12,276	3,691	3,07	-0,19
5	2,87	0,962	3,252	9,321	10,575	3,638	2,89	-0,02
6	2,63	0,954	3,049	8,025	9,298	2,798	2,74	-0,11
7	2,63	0,945	2,880	7,579	8,292	2,798	2,62	0,01
8	2,63	0,937	2,733	7,194	7,471	2,798	2,51	0,12
9	2,63	0,929	2,605	6,855	6,794	2,798	2,42	0,21
10	2,63	0,920	2,490	6,553	6,199	2,798	2,34	0,29
11	2,48	0,912	2,386	5,927	5,692	2,326	2,26	0,22
12	2,48	0,904	2,291	5,691	5,248	2,326	2,19	0,29
13	2,36	0,895	2,203	5,191	4,854	1,952	2,13	0,22
14	2,36	0,887	2,122	5,000	4,503	1,952	2,07	0,28
15	2,36	0,879	2,046	4,821	4,187	1,952	2,02	0,34
16	2,36	0,870	1,975	4,654	3,902	1,952	1,97	0,39
17	2,36	0,862	1,908	4,496	3,641	1,952	1,92	0,44
18	2,08	0,854	1,845	3,834	3,401	1,253	1,87	0,20
19	2,08	0,845	1,785	3,709	3,185	1,253	1,83	0,25
20	2,08	0,837	1,727	3,590	2,984	1,253	1,79	0,29
21	2,08	0,829	1,673	3,477	2,798	1,253	1,75	0,33
22	2,08	0,821	1,620	3,368	2,626	1,253	1,71	0,37
23	2,08	0,812	1,570	3,263	2,465	1,253	1,68	0,40
24	1,82	0,804	1,522	2,766	2,316	0,737	1,64	0,18
25	1,82	0,796	1,475	2,682	2,176	0,737	1,61	0,21
26	1,82	0,787	1,430	2,600	2,046	0,737	1,58	0,24
27	1,82	0,779	1,387	2,521	1,923	0,737	1,54	0,27
28	1,82	0,771	1,345	2,444	1,808	0,737	1,51	0,30
29	1,82	0,762	1,304	2,370	1,700	0,737	1,49	0,33
30	1,82	0,754	1,264	2,298	1,598	0,737	1,46	0,36

31	1,58	0,746	1,226	1,939	1,502	0,388	1,43	0,15
32	1,58	0,737	1,188	1,879	1,411	0,388	1,40	0,18
33	1,58	0,729	1,151	1,821	1,326	0,388	1,38	0,21
34	1,58	0,721	1,116	1,765	1,245	0,388	1,35	0,23
35	1,58	0,712	1,081	1,710	1,168	0,388	1,32	0,26
36	1,48	0,704	1,047	1,548	1,096	0,270	1,30	0,18
37	1,34	0,696	1,014	1,362	1,027	0,148	1,28	0,07
38	1,34	0,687	0,981	1,318	0,962	0,148	1,25	0,09
39	1,34	0,679	0,949	1,275	0,900	0,148	1,23	0,11
40	1,34	0,671	0,918	1,233	0,842	0,148	1,21	0,14
41	1,34	0,662	0,887	1,192	0,785	0,148	1,19	0,16
42	1,34	0,654	0,857	1,151	0,734	0,148	1,16	0,18
43	1,34	0,646	0,827	1,111	0,681	0,148	1,14	0,20
44	1,34	0,637	0,798	1,072	0,636	0,148	1,12	0,22
45	1,34	0,629	0,769	1,033	0,591	0,148	1,10	0,24
46	1,34	0,621	0,740	0,995	0,548	0,148	1,08	0,26
47	1,34	0,612	0,713	0,958	0,508	0,148	1,06	0,28
48	1,11	0,604	0,685	0,763	0,469	0,024	1,04	0,07
49	1,11	0,596	0,658	0,733	0,433	0,024	1,02	0,09
50	1,11	0,587	0,631	0,703	0,398	0,024	1,00	0,11
51	1,11	0,579	0,605	0,673	0,366	0,024	0,98	0,13
52	1,11	0,571	0,578	0,644	0,335	0,024	0,96	0,15
53	0,89	0,562	0,554	0,494	0,305	0,004	0,94	-0,05
54	0,89	0,554	0,527	0,471	0,278	0,004	0,93	-0,03
55	0,89	0,546	0,502	0,448	0,252	0,004	0,91	-0,01
56	0,89	0,537	0,477	0,426	0,227	0,004	0,89	0,00
57	0,89	0,529	0,452	0,404	0,204	0,004	0,87	0,02
58	0,89	0,521	0,427	0,382	0,182	0,004	0,85	0,04
59	0,89	0,512	0,403	0,360	0,162	0,004	0,84	0,06
60	0,89	0,504	0,379	0,338	0,143	0,004	0,82	0,07

61	0,89	0,496	0,355	0,317	0,126	0,798	0,80	0,09
62	0,62	0,488	0,331	0,206	0,109	0,388	0,79	-0,16
63	0,62	0,479	0,307	0,191	0,094	0,388	0,77	-0,15
64	0,62	0,471	0,283	0,177	0,080	0,388	0,75	-0,13
65	0,62	0,463	0,260	0,162	0,068	0,388	0,73	-0,11
66	0,62	0,454	0,237	0,147	0,056	0,388	0,72	-0,09
67	0,62	0,446	0,214	0,133	0,046	0,388	0,70	-0,08
68	0,62	0,438	0,191	0,119	0,036	0,388	0,68	-0,06
69	0,62	0,429	0,168	0,104	0,028	0,388	0,67	-0,05
70	0,45	0,421	0,145	0,065	0,021	0,203	0,65	-0,20
71	0,45	0,413	0,122	0,055	0,015	0,203	0,64	-0,18
72	0,45	0,404	0,099	0,043	0,010	0,203	0,62	-0,17
73	0,45	0,375	0,023	0,009	0,000	0,203	0,56	-0,11
74	0,45	0,338	0,054	0,034	0,005	0,203	0,59	-0,14
75	0,30	0,379	0,031	0,009	0,001	0,039	0,57	-0,27
76	0,00	0,371	-0,008	0,000	0,000	0,000	0,55	-0,55
77	0,00	0,363	-0,014	0,000	0,000	0,000	0,54	-0,54
78	0,00	0,354	-0,037	0,000	0,001	0,000	0,52	-0,52
79	0,00	0,346	-0,060	0,000	0,004	0,000	0,50	-0,50
80	0,00	0,338	-0,082	0,000	0,007	0,000	0,49	-0,49
81	0,00	0,329	-0,105	0,000	0,011	0,000	0,47	-0,47
82	0,00	0,321	-0,128	0,000	0,016	0,000	0,46	-0,46
83	0,00	0,313	-0,151	0,000	0,023	0,000	0,44	-0,44
84	0,00	0,304	-0,174	0,000	0,030	0,000	0,42	-0,42
85	0,00	0,296	-0,197	0,000	0,039	0,000	0,41	-0,41
86	0,00	0,288	-0,220	0,000	0,048	0,000	0,39	-0,39
87	0,00	0,279	-0,243	0,000	0,059	0,000	0,37	-0,37
88	0,00	0,271	-0,267	0,000	0,071	0,000	0,36	-0,36
89	0,00	0,263	-0,290	0,000	0,084	0,000	0,34	-0,34
90	0,00	0,254	-0,314	0,000	0,099	0,000	0,32	-0,32

91	0,00	0,246	-0,338	0,000	0,114	0,000	0,30	-0,30
92	0,00	0,238	-0,362	0,000	0,131	0,000	0,29	-0,29
93	0,00	0,229	-0,387	0,000	0,150	0,000	0,27	-0,27
94	0,00	0,221	-0,412	0,000	0,169	0,000	0,25	-0,25
95	0,00	0,213	-0,437	0,000	0,191	0,000	0,23	-0,23
96	0,00	0,204	-0,462	0,000	0,214	0,000	0,22	-0,22
97	0,00	0,196	-0,488	0,000	0,238	0,000	0,20	-0,20
98	0,00	0,188	-0,511	0,000	0,264	0,000	0,18	-0,18
99	0,00	0,179	-0,541	0,000	0,293	0,000	0,16	-0,16
100	0,00	0,171	-0,568	0,000	0,323	0,000	0,14	-0,14
101	0,00	0,163	-0,596	0,000	0,355	0,000	0,12	-0,12
102	0,00	0,155	-0,625	0,000	0,390	0,000	0,10	-0,10
103	0,00	0,146	-0,654	0,000	0,427	0,000	0,08	-0,08
104	0,00	0,138	-0,684	0,000	0,465	0,000	0,06	-0,06
105	0,00	0,130	-0,715	0,000	0,511	0,000	0,05	-0,05
106	0,00	0,121	-0,747	0,000	0,558	0,000	0,04	-0,04
107	0,00	0,113	-0,780	0,000	0,608	0,000	-0,01	0,01
108	0,00	0,105	-0,814	0,000	0,663	0,000	-0,04	0,04
109	0,00	0,096	-0,851	0,000	0,723	0,000	-0,06	0,06
110	0,00	0,088	-0,888	0,000	0,789	0,000	-0,09	0,09
111	0,00	0,080	-0,929	0,000	0,862	0,000	-0,12	0,12
112	0,00	0,071	-0,971	0,000	0,943	0,000	-0,15	0,15
113	0,00	0,063	-1,017	0,000	1,035	0,000	-0,18	0,18
114	0,00	0,055	-1,067	0,000	1,139	0,000	-0,22	0,22
115	0,00	0,046	-1,125	0,000	1,260	0,000	-0,26	0,26
116	0,00	0,038	-1,185	0,000	1,405	0,000	-0,30	0,30
117	0,00	0,030	-1,258	0,000	1,583	0,000	-0,36	0,36
118	0,00	0,021	-1,348	0,000	1,816	0,000	-0,42	0,42
119	0,00	0,013	-1,469	0,000	2,157	0,000	-0,51	0,51
120	0,00	0,005	-1,681	0,000	2,824	0,000	-0,66	0,66
Jumlah	115,103	59,979	68,699	202,873	229,796	69,694	115,103	
Rata-rata	0,959	0,500	0,572	1,691	1,915	0,581		

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas, didapat beberapa parameter yaitu :

$$\begin{aligned} N &= 120 & K &= 120 \\ N_T &= 120 & H_{sm} &= 0,959 \\ v &= 120/120 = 1 & y_m &= 0,572 \end{aligned}$$

Dari tabel "koefisien untuk menghitung deviasi standar" (buku teknik pantai ,

Bambang Triatmodjo, hal 143), di dapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 0,64 & e &= 1,3 \\ \alpha_2 &= 9 & c &= 0 \\ k &= 0,93, \end{aligned}$$

Sehingga

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,2+1,3\sqrt{N-1}}} = 0,64 \times e^{9 \times 60^{-1,2+0,93\sqrt{120-1}}}$$

$$\alpha = 0,652$$

Deviasi standar data tinggi gelombang signifikan

$$\begin{aligned} \sigma_{H_s} &= \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 \right]^{1/2} = \left[\frac{1}{120-1} \times 69,694 \right]^{0,5} \\ &= 0,765 \end{aligned}$$

Setelah itu kita menghitung standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang (σ_{H_s})

$$\begin{aligned} \sigma_{H_s} &= \frac{1}{\sqrt{N}} \left[1 + \alpha (y_r - c + e \ln v)^2 \right]^{1/2} \\ &= \frac{1}{\sqrt{120}} \left[1 + 0,652 (0,367 - 0 + 1,3 \ln 1)^2 \right]^{1/2} \\ &= 0,095 \end{aligned}$$

Besaran dari deviasi standard dari tinggi gelombang signifikan (σ_r) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}\sigma_r &= \sigma_{nr} \sigma_{11s} = 0,095 \times 0,765 \\ &= 0,073\end{aligned}$$

Tabel 25 . Tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu

Periode ulang (tahun)	y_r (tahun)	H_{sr} (m)	σ_r	σ_r	$H_s - 1,28\sigma_r$ (m)	$H_s + 1,28\sigma_r$ (m)
2	0,367	0,811	0,095	0,073	0,718	0,904
5	1,500	1,626	0,143	0,110	1,486	1,767
10	2,250	2,166	0,189	0,145	1,980	2,351
25	3,199	2,848	0,253	0,193	2,600	3,095
50	3,902	3,354	0,302	0,231	3,058	3,649

Sumber : Hasil Perhitungan

E. Pasang Surut

Pengambilan data pasang surut ini diambil dari Pangkalan Utama TNI AL VI Makassar, dengan interval pengambilan data 1 jam. Kemudian data pasang surut tersebut diolah untuk memperoleh konstanta harmonis pasang surut. Perhitungan konstanta harmonis pasang surut dilakukan dengan menggunakan Metode Admiralty.

Tabel 26 . Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4, dan Y4 dari skema 2 tahun 2018

Tgl/Bln/Thn	No	X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
01-Jan-18	2140	1000	1140	1510	630	1000	1080	1070	1070	720	720	1050	1090
02-Jan-18	2120	940	1180	1480	640	1020	1100	1080	1040	710	710	1040	1080
03-Jan-18	2140	880	1260	1430	710	990	1150	1110	1030	730	730	1060	1060
04-Jan-18	2120	860	1290	1350	770	960	1180	1110	1010	720	690	1070	1050
05-Jan-18	2130	860	1270	1270	860	910	1220	1080	70	720	700	1080	1050
06-Jan-18	2170	910	1260	1240	930	920	1250	1060	1110	730	720	1110	1060
07-Jan-18	2170	990	1180	1180	990	920	1250	1000	1170	730	730	1110	1060
08-Jan-18	2170	1060	1100	1180	990	960	1210	920	1200	710	730	1100	1070
09-Jan-18	2180	1130	1050	1200	980	1020	1160	950	1230	720	730	1090	1090
10-Jan-18	2140	1170	970	1270	870	1060	1100	940	1200	700	720	1060	1080
11-Jan-18	2190	1240	930	1340	850	1100	1060	820	1220	720	720	1090	1110
12-Jan-18	2190	1220	970	1420	770	1120	1070	800	1180	730	730	1080	1110
13-Jan-18	2200	1190	1010	1480	720	1120	1090	780	1130	730	740	1090	1110
14-Jan-18	2170	1130	1040	1510	660	1080	1090	760	1080	730	720	1080	1090
15-Jan-18	2150	1050	1100	1580	600	1030	1120	1100	1050	720	710	1060	1090
16-Jan-18	2070	940	1170	1410	660	980	1090	1060	1010	690	720	1010	1060
17-Jan-18	2140	920	1220	1430	710	960	1110	1040	1030	710	710	1060	1080
18-Jan-18	2140	920	1220	1340	740	970	1200	1060	1000	730	710	1080	1060
19-Jan-18	2120	890	1230	1270	800	930	1190	1020	1160	720	690	1070	1050
20-Jan-18	2140	960	1180	1200	940	890	1190	1020	1120	720	710	1060	1090
21-Jan-18	2140	940	1170	1300	980	860	1160	1010	1130	710	710	1050	1050
22-Jan-18	2130	1080	1130	1180	1010	850	1200	940	1170	710	710	1040	1060
23-Jan-18	2150	1150	1070	1190	1090	980	1210	1010	1150	720	720	1090	1090
24-Jan-18	2120	1220	960	1290	700	1030	1140	1080	1120	740	730	1090	1130
25-Jan-18	2200	1250	850	1320	680	1010	1190	1070	1210	720	720	1080	1120
26-Jan-18	2180	1290	810	1340	620	970	1120	940	1100	720	730	1080	1100
27-Jan-18	2080	1140	940	1420	640	1020	1060	920	1150	700	690	1040	1040
28-Jan-18	2160	1140	980	1490	700	1070	1090	880	1150	720	720	1070	1090
29-Jan-18	2180	1170	1060	1440	690	1040	1090	1050	1150	730	740	1080	1130

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan:

Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2, X4,Y4,pengisian data tabel 26 dilakukan dengan bantuan tabel data pasang surut yang terlampir di lampiran yang mengalikan nilai pengamatan dengan harga pengali pada data 1 untuk setiap hari pengamatan. Karena pengali dalam daftar hanya berisi 1 dan -1 kecuali X4 ada bilangan 0 (nol) yang tidak dimasukkan dalam perkalian ,maka lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 pada kolom bertanda (+) dibawah kolom X1,Y1,X2,Y2 ,X4 dan Y4 . Hal yang sama untuk pengali -1 pada kolom bertanda (-) .

Tabel 27. Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y indeks ke satu dari Skema 3 tahun 2018

Skema III							
Tg/Bln/Thn	Xo	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
		800	700	800	700	200	300
01-Jan-18	2140	660	1580	780	700	200	260
02-Jan-18	2120	560	1540	720	740	200	260
03-Jan-18	2140	420	1420	640	780	230	280
04-Jan-18	2120	400	1280	560	800	230	320
05-Jan-18	2130	390	1110	490	1710	220	330
06-Jan-18	2170	450	1010	470	650	210	350
07-Jan-18	2170	610	890	470	530	190	350
08-Jan-18	2170	750	890	550	470	180	330
09-Jan-18	2180	880	920	660	420	190	300
10-Jan-18	2140	1000	1100	780	440	170	280
11-Jan-18	2190	1090	1190	810	450	200	270
12-Jan-18	2190	1050	1350	850	530	200	270
13-Jan-18	2200	980	1460	810	640	190	280
14-Jan-18	2170	890	1550	790	710	210	290
15-Jan-18	2150	750	1550	710	750	210	270
16-Jan-18	2070	610	1450	690	750	140	250
17-Jan-18	2140	500	1420	560	740	200	280
18-Jan-18	2140	500	1280	540	680	220	320
19-Jan-18	2120	460	1120	540	620	240	320
20-Jan-18	2140	580	960	560	600	220	340
21-Jan-18	2140	680	880	580	580	180	340
22-Jan-18	2150	810	830	550	530	190	330
23-Jan-18	2180	920	880	580	540	190	300
24-Jan-18	2190	1020	1000	640	480	230	260
25-Jan-18	2200	1100	1140	620	480	180	260
26-Jan-18	2150	1120	1240	680	500	190	280
27-Jan-18	2080	1000	1420	760	460	210	300
28-Jan-18	2160	1000	1460	780	500	210	280
29-Jan-18	2180	860	1500	800	580	180	280

Sumber.: Hasil Perhitungan

Keterangan : 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. Pada tabel ini tidak boleh ada nilainya yang negative jika masih bernilai negative maka akan ditambahkan nilai B = 1000.

Tabel 28 . Bilangan Pengali untuk 29 Piantan tahun 2018

			S ₀	M2	S2	N2	K1	O1	M4	M54
	X 00	=	62480	62480,00						
	X 10	=	-1160				-1160,000	92,800		
(29) : Daftar 3a	X 12 - Y 1b	=	-590	-41,300			11,800	-590,00		-11,800
(15) : Daftar 3a	X 13 - Y 1c	=	-710							
	X 20	=	-4200	126,000	-4200,00	126,000				
	X 22 - Y 2b	=	4630	4630,00	69,450	152,790	9,250	-268,540		-162,050
	X 23 - Y 2c	=	-2770	166,200		-2770,00				
	X 42 - Y 4b	=	-210	-6,300						-210,00
V	X 44 - Y 4d	=	-1150						-1150,000	-92,000
	Y 10	=	15120				15120,00	-1208,600		
	Y 12 + X 1b	=	12770	890,900			-255,40	12770,00		383,10
	Y 13 + X 1c	=	1130							
	Y 20	=	-1940	58,20	-1940,00	58,20				
	Y 22 + X 2b	=	2630	2630,00	39,45	84,15		-152,54		-92,05
	Y 23 + X 2c	=	2470	-948,20		2470,00				
	Y 42 + X 4b	=	-960	-28,80					-9,60	-960,00
VI	Y 44 + X 4d	=	-300						-300,00	-24,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 29. Penyusunan Hasil Perhitungan Besaran X dan Y Skema 5 dan 6

		S ₀	M2	S2	N2	K1	O1	M4	M54
V	PR cos r	62480,000	4874,600	-4130,550	-2491,210	-1138,940	-765,740	-1150,000	-475,850
V I	PR sin r		3405,100	-1900,550	2812,305	14864,000	11407,660	-309,600	-692,950
	PR	62480,000	5940,127	4548,915	3005,765	14908,169	11433,531	-1172,946	840,603
Daftar 3a	P	596,000	596,000	448,000	596,000	430,000	555,000	547,000	535,000
Hasil hitung	r		1,028	1,000	1,028	0,922	0,872	1,056	1,028
Hasil hitung	1+W		1,000	0,830	1,187	1,370	1,000	1,000	0,830
Hasil hitung	V		368,125	0,000	397,398	370,605	377,519	416,251	388,125
Hasil hitung	U		-1,464	0,000	-1,464	5,765	8,863	-2,928	-1,464
Hasil hitung	w		0,000	-2,256	1,515	-3,875	0,000	0,000	-2,256
Daftar 3a (3b) :	p		333,000	345,000	327,000	173,000	160,000	307,000	318,000
Hasil hitung	r		34,936	204,708	133,640	94,381	93,840	195,068	235,523
Jumlah :	s		754,597	547,452	658,093	627,326	640,222	915,390	937,928
	q		34,587	187,452	138,093	267,326	280,222	195,390	217,928
PR / [P X (1 + W)] = A		89,770	10,351	12,234	5,229	26,881	23,202	2,224	1,843

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 30. Konstanta Pasang Surut Pantai Tamasaju tahun 2018

	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₂	K ₁	O ₁	P ₁	M ₄	MS ₄
A cm	89,8	10,4	12,2	5,2	2,8	26,9	23,2	8,9	2,2	1,8
G		34,6	187,5	138,1	187,5	267,3	280,2	267,3	195,4	217,9

Dengan menggunakan data konstanta pasang surut, maka tipe pasang surut yang berada di lokasi penelitian dapat diprediksi dengan menggunakan rumus *Formzahl Number* (Fs) sebagai berikut :

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

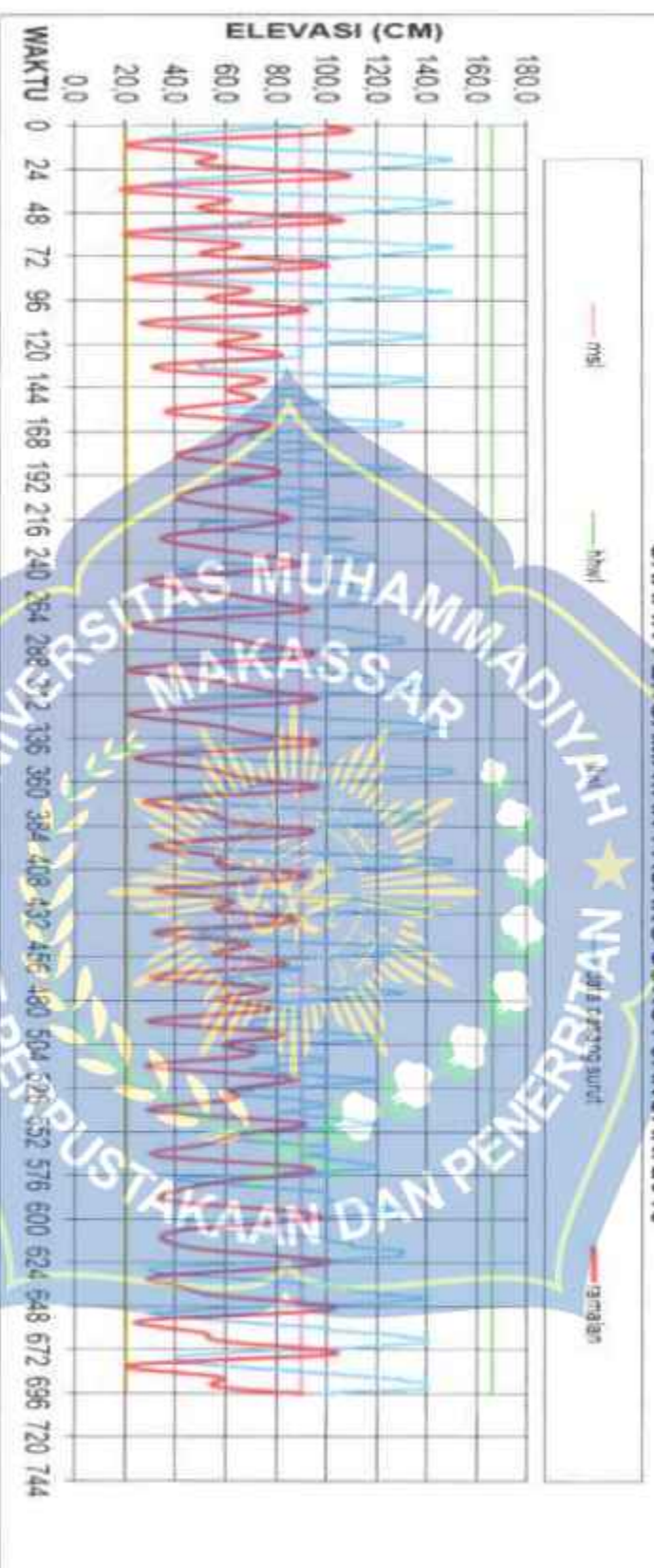
$$= \frac{26,9 + 23,2}{10,4 + 12,2} = 2,27$$

Berdasarkan nilai *Formzahl*, maka kriteria pasang surut adalah : Pasang surut tipe campuran, condong harian tunggal (*mixed tide prevalling diurnal*) yang dimana dalam 1 hari terjadi 1 kali air pasang dan 1 kali air surut. Dan persamaan diatas, tipe pasang surut ditentukan melalui kriteria pasang surut.

Dengan menggunakan konstanta harmonik pasang surut seperti pada tabel 30, maka elevasi muka air sebagai fungsi waktu dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan 33.

Dengan menggunakan data pengamatan dan hasil prediksi elevasi muka air menggunakan persamaan 33, maka perbandingan grafik elevasi muka air (pasang surut) sebagai fungsi waktu, antara data pengamatan dan hasil prediksi dapat diperoleh dan disajikan seperti pada gambar berikut.

GRAFIK PENGAMATAN PASANG SURUT JANUARI 2018



Gambar 25. Grafik pasang surut Pantai Tanmasaju 2018

Dari gambar 25. Memperlihatkan bahwa pasang surut terjadi 1 kali yaitu 1 kali pasang dan 1 kali surut . Adapun elevasi dari Mean Sea Level berada pada ketinggian 89,8 cm.

Elevasi Muka Air Laut

Dari beberapa komponen pasang surut yang diperoleh, dapat ditentukan beberapa nilai evaluasi muka air laut sebagai berikut :

Pasut tipe campuran ,condong harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*)

$$\text{MSL} = 89,8$$

$$\text{HHWL} = Z_0 + (M_2 + S_2) + (K_1 + 0,1)$$

$$= 93,65 + (10,4 + 12,2) + (26,9 + 23,2)$$

$$= 166,3 \text{ cm}$$

$$\text{LLWL} = Z_0 - (M_2 + S_2) - (K_1 + 0,1)$$

$$= 93,65 - (10,4 + 12,2) - (26,9 + 23,2)$$

$$= 21,0 \text{ cm}$$

$$\text{MHWL} = Z_0 + (M_2 + S_2)$$

$$= 93,65 + (10,4 + 12,2)$$

$$= 116,2 \text{ cm}$$

$$\text{MLWL} = Z_0 - (M_2 + S_2)$$

$$= 93,65 - (10,4 + 12,2)$$

$$= 71,1 \text{ cm}$$

Tabel 31 . Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4, dan Y4 dari skema 2 tahun 2019

Tgl/Bln/Thn	Xn	X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
01-Jan-19	2170	970	1200	1200	970	950	1220	1000	1170	720	730	1000	1090
02-Jan-19	2160	1040	1120	1190	970	970	1190	990	1170	720	720	1080	1080
03-Jan-19	2150	1090	1060	1210	940	990	1160	970	1130	710	720	1070	1080
04-Jan-19	2170	1140	1030	1260	910	1030	1140	990	1130	720	730	1090	1080
05-Jan-19	2200	1180	1020	1330	870	1060	1140	1010	70	730	730	1110	1090
06-Jan-19	2190	1180	1010	1380	810	1070	1120	1030	1160	730	720	1090	1100
07-Jan-19	2190	1150	1040	1440	750	1060	1130	1060	1130	730	740	1090	1100
08-Jan-19	2180	1100	1080	1460	720	1050	1130	1080	1100	720	730	1090	1090
09-Jan-19	2140	1040	1100	1460	680	1030	1110	1080	1060	710	710	1070	1070
10-Jan-19	2120	970	1150	1420	700	1010	1110	1090	1040	710	700	1060	1060
11-Jan-19	2110	920	1190	1380	730	970	1140	1090	1020	700	700	1050	1060
12-Jan-19	2140	910	1230	1350	790	950	1190	1100	1040	710	700	1070	1070
13-Jan-19	2170	940	1230	1280	860	940	1230	1110	1040	720	730	1100	1070
14-Jan-19	2140	930	1190	1220	910	890	1250	1060	1080	730	720	1070	1070
15-Jan-19	2190	1000	1190	1210	980	920	1270	1060	1130	730	740	1110	1080
16-Jan-19	2180	1040	1140	1180	990	940	1270	1040	1170	720	730	1100	1080
17-Jan-19	2190	1120	1070	1210	980	940	1250	980	1210	720	730	1090	1100
18-Jan-19	2200	1180	1020	1250	950	990	1210	970	1230	720	730	1100	1100
19-Jan-19	2210	1210	1000	1300	900	1040	1170	970	1240	740	730	1100	1110
20-Jan-19	2180	1210	970	1340	840	1040	1130	970	1270	730	720	1080	1120
21-Jan-19	2190	1200	960	1410	790	1000	1110	1000	1190	740	720	1090	1120
22-Jan-19	2140	1130	1010	1430	720	1010	1070	1020	1120	700	720	1070	1070
23-Jan-19	2170	1090	1090	1470	700	1040	1090	1090	1080	720	720	1080	1090
24-Jan-19	2180	1030	1150	1440	740	1060	1140	1120	1070	720	720	1090	1080
25-Jan-19	2140	980	1160	1390	770	980	1160	1130	1040	710	720	1090	1090
26-Jan-19	2150	960	1190	1360	810	940	1210	1110	1040	710	720	1080	1070
27-Jan-19	2130	940	1190	1370	860	910	1230	1080	1040	710	710	1060	1070
28-Jan-19	2140	970	1170	1270	920	900	1240	1070	1020	710	710	1070	1070
29-Jan-19	2170	1030	1140	1340	990	910	1260	1020	1150	720	720	1100	1070

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan:

Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4,Y4,pengisian data tabel 31 dilakukan dengan bantuan tabel data pasang surut yang terlampir di lampiran yang mengalikan nilai pengamatan dengan harga pengali pada daftar 1 untuk setiap hari pengamatan. Karena pengali dalam daftar hanya berisi 1 dan -1 kecuali X4 ada bilangan 0 (nol) yang tidak dimasukkan dalam perkalian ,maka lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 pada kolom bertanda (+) dibawah kolom X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3,X4 dan Y4 . Hal yang sama untuk pengali -1 pada kolom bertanda (-) .

Tabel 32 . Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y indeks ke satu dari Skema 3 tahun 2019

Skema III							
Tgl/Bln/Thn	Xo	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
		800	700	800	700	200	300
01-Jan-19	2170	570	930	530	530	190	290
02-Jan-19	2160	720	920	580	520	200	300
03-Jan-19	2150	830	970	630	490	190	290
04-Jan-19	2170	910	1050	690	510	190	310
05-Jan-19	2200	960	1160	720	1640	200	320
06-Jan-19	2190	970	1270	750	570	210	290
07-Jan-19	2190	910	1390	730	630	190	290
08-Jan-19	2180	820	1440	720	680	190	300
09-Jan-19	2140	740	1480	720	720	200	300
10-Jan-19	2120	620	1420	700	760	210	300
11-Jan-19	2110	530	1350	630	770	200	290
12-Jan-19	2140	480	1260	560	760	210	300
13-Jan-19	2170	510	1090	510	750	190	330
14-Jan-19	2140	560	1020	440	680	180	300
15-Jan-19	2190	610	930	450	630	190	330
16-Jan-19	2180	700	900	440	540	190	320
17-Jan-19	2190	850	930	490	470	190	290
18-Jan-19	2200	960	1000	580	440	200	300
19-Jan-19	2210	1010	1120	670	430	210	290
20-Jan-19	2180	1030	1200	720	460	210	280
21-Jan-19	2190	1010	1330	770	510	210	290
22-Jan-19	2140	920	1410	809	591	171	291
23-Jan-19	2170	810	1470	790	710	200	290
24-Jan-19	2180	680	1400	700	740	200	300
25-Jan-19	2140	620	1300	620	780	190	340
26-Jan-19	2150	570	1230	530	770	190	310
27-Jan-19	2130	550	1110	490	730	200	290
28-Jan-19	2140	600	1000	460	700	200	300
29-Jan-19	2170	690	890	450	570	200	350

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : 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. Pada tabel ini tidak boleh ada nilainya yang negative jika masih bernilai negative maka akan ditambahkan nilai B = 1000.

Tabel 33. Bilangan Pengali untuk 29 Piantan tahun 2019

(29) : Daftar 3a (15) : Daftar 3b	X ₀₀	=	62799	62799.00						
	X ₁₀	=	-1441				-1441.000	115.280		
	X ₁₂ - Y _{1b}	=	-4239	-296.730			84.780	-4239.00		-84.780
	X ₁₃ - Y _{1c}	=	-570							
	X ₂₀	=	-5321	159.830	-5321.00	159.830				
	X ₂₂ - Y _{2b}	=	-4679	-4679.00	-70.185	-154.407	-6.358	271.382		183.765
	X ₂₃ - Y _{2c}	=	-1590	95.400		-1590.00				
	X ₄₂ - Y _{4b}	=	-781	-22.830						-781.00
	X ₄₄ - Y _{4d}	=	-619						-619.000	-49.520
	V									
VI	Y ₁₀	=	13661				13661.00	-1092.880		
	Y ₁₂ + X _{1b}	=	-7801	-546.070			156.02	-7801.00		-234.03
	Y ₁₃ + X _{1c}	=	-292							
	Y ₂₀	=	-1219	36.57	-1219.00	36.57				
	Y ₂₂ + X _{2b}	=	-2221	-2221.00	-33.32	-71.81		128.82		77.74
	Y ₂₃ + X _{2c}	=	2228	-133.68		2228.00				
	Y ₄₂ + X _{4b}	=	-301	-0.03					-3.01	-301.00
	Y ₄₄ + X _{4d}	=	-379						-379.00	-30.32

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 34. Penyusunan Hasil Perhitungan Besaran X dan Y Skema 5 dan 6

		S ₀	S ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	M ₅₄
V	PR cos t	62799.000	-4743.530	-5391.185	-1584.777	-1365.578	-3852.338	-819.000	-721.535
V	I PR sin t		-2813.210	-1252.315	2193.498	13817.020	-6765.032	-382.040	-487.615
	PR	62799.000	-5545.840	-1524.724	2700.095	-13864.338	9574.279	727.388	879.154
Daftar 3a	P	896.000	669.000	443.000	566.000	439.000	586.000	577.000	536.000
Hasil Hitung	t		1.018	1.000	1.018	0.958	0.932	1.035	1.018
Hasil Hitung	1+W		1.005	0.812	1.073	1.349	1.000	1.000	0.812
Hasil Hitung	V		128.878	0.000	49.429	370.367	119.511	-102.243	128.878
Hasil Hitung	u		-1.899	0.000	-1.899	-8.492	10.850	3.799	-1.899
Hasil Hitung	w		0.000	-1.253	-9.857	3.191	0.000	0.000	-1.253
Daftar 3a (3b)	p		333.000	345.000	3.773.000	173.000	180.000	307.000	318.000
Hasil Hitung	r		211.204	193.077	125.848	95.544	246.274	211.680	213.686
Jumlah	s		871.185	535.825	490.720	627.419	535.434	412.638	657.412
	g		311.183	176.825	138.720	267.419	175.434	52.638	297.412
PR / P X I X (1+W) ₀ = A		90.228	9.750	15.208	4.379	24.464	18.181	1.386	1.988

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 35 . Konstanta Pasang Surut Pantai Tamasaju 2019

	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A _{cm}	90,2	9,7	15,2	4,4	3,5	24,5	18,2	8,1	1,4	2,0
g		311,2	176,8	130,7	176,8	267,4	175,4	267,4	52,6	297,4

Dengan menggunakan data konstanta pasang surut, maka tipe pasang surut yang berada di lokasi penelitian dapat diprediksi dengan menggunakan rumus *Formzahl Number* (Fs) sebagai berikut :

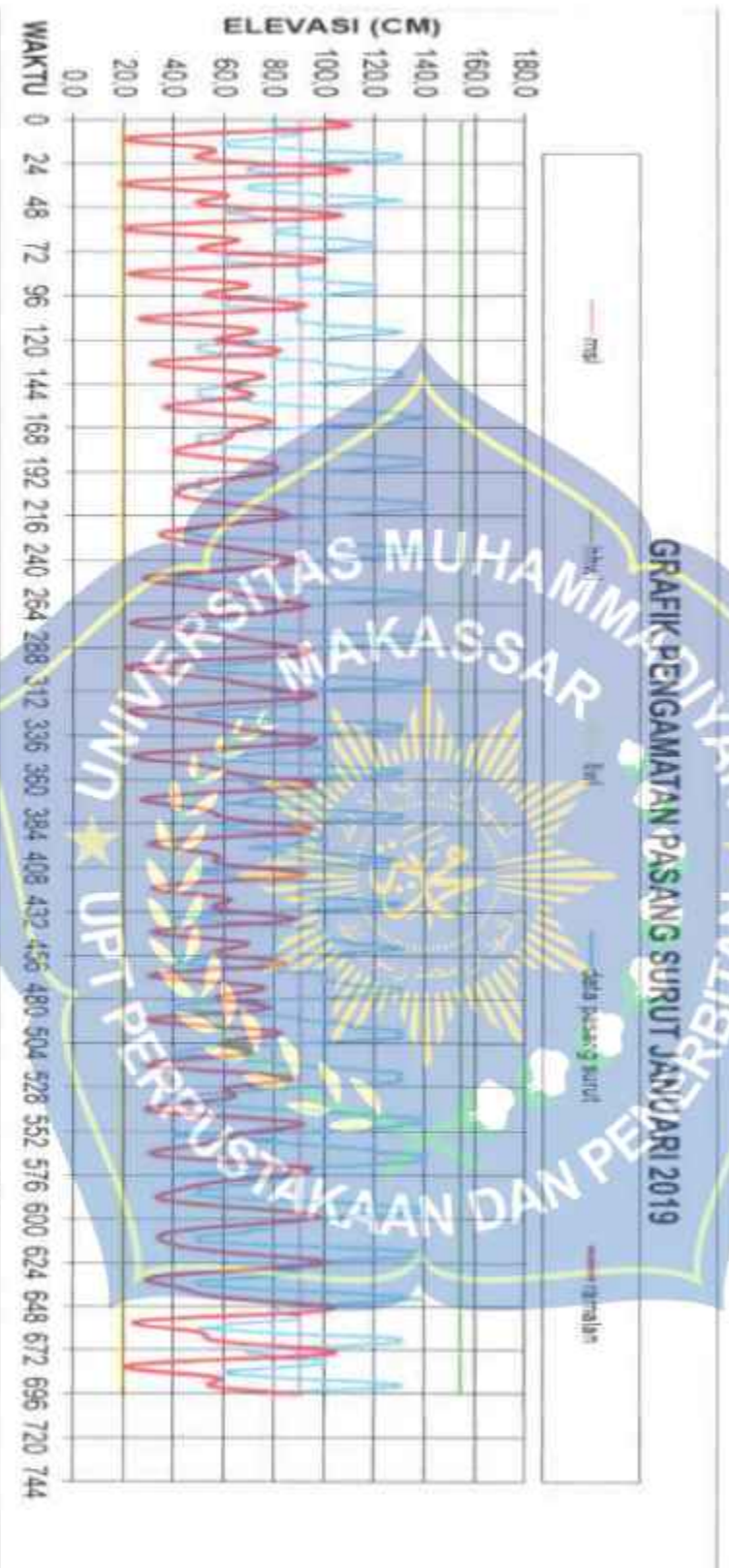
$$F = \frac{A(K_1) + A(O_1)}{A(M_2) + A(S_2)}$$

$$= \frac{24,5 + 18,2}{9,7 + 15,2} = 1,71$$

Berdasarkan nilai *Formzahl*, maka kriteria pasang surut adalah : Pasang surut tipe campuran, condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) yang dimana dalam 1 hari terjadi 1 kali air pasang dan 1 kali air surut. Dan persamaan diatas, tipe pasang surut ditentukan melalui kriteria pasang surut.

Dengan menggunakan konstanta harmonik pasang surut seperti pada tabel 35, maka elevasi muka air sebagai fungsi waktu dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan 33.

Dengan menggunakan data pengamatan dan hasil prediksi elevasi muka air menggunakan persamaan 33, maka perbandingan grafik elevasi muka air (pasang surut) sebagai fungsi waktu, antara data pengamatan dan hasil prediksi dapat diperoleh dan disajikan seperti pada gambar berikut.



Gambar 26. Grafik pasang surut Pantai tamasaju 2019

Dari gambar 26. Memperlihatkan bahwa pasang surut terjadi 1 kali yaitu 1 kali pasang dan 1 kali surut . Adapun elevasi dari Mean Sea Level berada pada ketinggian 90,2 cm.

Elevasi Muka Air Laut

Dari beberapa komponen pasang surut yang diperoleh,dapat ditentukan beberapa nilai evaluasi muka air laut sebagai berikut :

Pasut tipe campuran ,condong harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*)

$$\text{MSL} = 90,2$$

$$\text{HHWL} = Z_0 + (M_2+S_2) + (K_1+O_1)$$

$$= 86,93 + (9,7+15,2) + (24,5+18,2)$$

$$= 154,5 \text{ cm}$$

$$\text{LLWL} = Z_0 - (M_2+S_2) - (K_1+O_1)$$

$$= 86,93 - (9,7+15,2) - (24,5+18,2)$$

$$= 19,3 \text{ cm}$$

$$\text{MHWL} = Z_0 + (M_2+S_2)$$

$$= 86,93 + (9,7+15,2)$$

$$= 111,9 \text{ cm}$$

$$\text{MLWL} = Z_0 - (M_2+S_2)$$

$$= 86,93 - (9,7+15,2)$$

$$= 62,0 \text{ cm}$$

Tabel 36. Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4, dan Y4 dari skema 2 tahun 2020

Tgl/Bln/Tm	Xn	X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
01-Jan-20	2150	870	1220	1220	930	920	1230	1020	1130	700	730	1070	1080
02-Jan-20	2160	930	1200	1200	960	950	1210	990	1170	730	710	1080	1080
03-Jan-20	2160	1010	1180	1180	980	980	1180	1010	1150	720	730	1090	1070
04-Jan-20	2180	1080	1210	1210	970	1030	1150	990	1190	730	730	1100	1080
05-Jan-20	2180	1140	1260	1260	920	1050	1150	1000	70	720	730	1090	1090
06-Jan-20	2180	1170	1320	1320	860	1060	1120	1010	1170	730	720	1090	1090
07-Jan-20	2190	1180	1390	1390	800	1080	1110	1040	1150	730	720	1090	1100
08-Jan-20	2170	1180	1470	1470	700	1070	1100	1040	1130	720	720	1080	1090
09-Jan-20	2180	1090	1510	1510	670	1070	1140	1080	1100	740	730	1090	1090
10-Jan-20	2180	1030	1520	1520	660	1070	1110	1090	1090	720	740	1100	1080
11-Jan-20	2140	990	1490	1490	630	1020	1120	1080	1060	710	710	1080	1080
12-Jan-20	2140	890	1450	1450	690	990	1150	1100	1040	720	700	1070	1070
13-Jan-20	2110	840	1360	1360	750	930	1180	1090	1020	710	710	1070	1040
14-Jan-20	2110	840	1280	1280	830	920	1190	1070	1040	710	700	1060	1050
15-Jan-20	2150	890	1250	1250	900	910	1240	1070	1080	710	720	1090	1060
16-Jan-20	2140	940	1190	1190	950	990	1140	1110	1130	700	730	1070	1070
17-Jan-20	2180	1030	1190	1190	920	940	1140	1090	1100	730	720	1100	1080
18-Jan-20	2170	1090	1140	1100	930	980	1220	960	1120	720	720	1080	1090
19-Jan-20	2200	1180	1250	1250	950	1000	1200	970	1230	750	730	1090	1110
20-Jan-20	2190	1210	1310	1310	880	930	1150	980	1240	750	730	1080	1090
21-Jan-20	2160	1210	1370	1370	750	1080	1100	980	1180	720	730	1080	1080
22-Jan-20	2180	1190	1450	1450	730	1090	1080	1020	1150	730	730	1090	1090
23-Jan-20	2180	1150	1470	1480	990	1080	1080	1060	1120	710	730	1080	1090
24-Jan-20	2170	1080	1500	1500	870	1020	1110	1080	1080	750	720	1080	1090
25-Jan-20	2140	1000	1480	1450	860	1020	1120	1100	1040	720	720	1080	1060
26-Jan-20	2130	940	1450	1450	880	970	1160	1100	1030	710	710	1080	1050
27-Jan-20	2120	890	1360	1360	760	930	1190	1070	1020	720	710	1060	1060
28-Jan-20	2110	890	1290	1290	820	900	1200	1050	1060	700	700	1060	1030
29-Jan-20	2150	930	1230	1230	900	910	1250	1050	1100	730	730	1070	1080

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan:

Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4,Y4, pengisian data tabel 36 dilakukan dengan bantuan tabel data pasang surut yang terlampir di lampiran yang mengalikan nilai pengamatan dengan harga pengali pada daftar 1 untuk setiap hari pengamatan. Karena pengali dalam daftar hanya berisi 1 dan -1 kecuali X4 ada bilangan 0 (nol) yang tidak dimasukkan dalam perkalian, maka lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 pada kolom bertanda (+) dibawah kolom X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3,X4 dan Y4. Hal yang sama untuk pengali -1 pada kolom bertanda (-).

Tabel 37 . Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y indeks ke satu dari Skema 3 tahun 2020

Skema III							
Tgl/Bln/Thn	Xo	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
		800	700	800	700	200	300
01-Jan-20	2150	390	990	490	590	170	290
02-Jan-20	2160	500	940	540	520	220	300
03-Jan-20	2160	660	900	600	560	190	320
04-Jan-20	2180	780	940	680	500	200	320
05-Jan-20	2180	900	1040	680	1630	190	300
06-Jan-20	2180	960	1160	740	540	210	300
07-Jan-20	2190	970	1290	770	590	210	290
08-Jan-20	2170	910	1470	770	610	200	290
09-Jan-20	2180	800	1540	760	680	210	300
10-Jan-20	2180	680	1560	760	700	180	320
11-Jan-20	2140	560	1540	700	720	200	280
12-Jan-20	2140	440	1460	640	760	220	300
13-Jan-20	2110	370	1510	550	770	200	330
14-Jan-20	2110	370	1150	530	730	210	310
15-Jan-20	2150	470	1050	470	690	170	330
16-Jan-20	2140	540	910	460	590	180	300
17-Jan-20	2180	680	900	500	520	210	320
18-Jan-20	2170	810	890	530	450	200	290
19-Jan-20	2200	960	1000	630	440	200	280
20-Jan-20	2190	1030	1130	690	410	200	310
21-Jan-20	2160	1060	1280	760	300	200	300
22-Jan-20	2180	1000	1420	800	560	200	300
23-Jan-20	2180	920	1500	800	540	180	300
24-Jan-20	2170	790	1530	750	210	210	290
25-Jan-20	2140	660	1520	700	760	200	320
26-Jan-20	2130	550	1470	610	770	200	330
27-Jan-20	2120	460	1300	540	720	210	300
28-Jan-20	2110	470	1170	490	680	200	310
29-Jan-20	2150	510	1010	470	650	190	290

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : 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. Pada tabel ini tidak boleh ada nilainya yang negative jika masih bernilai negative maka akan ditambahkan nilai B = 1000.

Tabel 38. Bilangan Pengali untuk 29 Piantan tahun 2020

				So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
(29) Daftar 3a (15) Daftar 3b	X ⁰⁰	=	62600	62600,00							
	X ¹⁰	=	-3040					-3040,000	243,200		
	X ¹² -Y ^{1b}	=	-8680		-877,500			190,500	-8680,00		-193,500
	X ¹³ -Y ^{1c}	=	-790								
	X ²⁰	=	-4820		144,500	-4820,00	144,500				
	X ²² -Y ^{2b}	=	-4390		-4390,00	-85,850	-144,870	-8,780	254,820		153,850
	X ²³ -Y ^{2c}	=	-1320		75,200		-1320,00				
	X ⁴² -Y ^{4b}	=	-660		-19,800						-660,00
V	X ⁴⁴ -Y ^{4c}	=	-820							-820,000	-49,600
VI	Y ¹⁰	=	15100					15100,00	-1208,000		
	Y ¹² +X ^{1b}	=	-8040		-402,000			120,80	-8040,00		-181,20
	Y ¹³ +X ^{1c}	=	-290								
	Y ²⁰	=	-1310		39,30	-1310,00	39,30				
	Y ²² +X ^{2b}	=	-410		-410,00	-8,15	-13,12		23,78		14,35
	Y ²³ +X ^{2c}	=	2240		-12,40		2240,00				
	Y ⁴² +X ^{4b}	=	-230		0,00					-2,30	-230,00
	Y ⁴⁴ +X ^{4c}	=	-450							-450,00	-36,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 39. Penyusunan Hasil Perhitungan Besaran X dan Y Skema 5 dan 6

			So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
V	PR _{cos r}		62500,000	-4863,901	-4895,850	-1320,170	2865,180	-182,180	-720,000	-749,550
V I	PR _{sin r}			-534,800	-1316,150	2265,180	15210,800	-7224,220	-4,1300	-432,850
	PR		62500,000	-4912,621	-5060,018	2620,725	15495,278	11583,396	737,447	895,554
Daftar 3a	P		696,000	556,000	440,000	586,000	439,000	965,000	307,000	505,000
Hasil Hitung	r			1,006	1,000	1,006	0,996	0,992	1,011	1,006
Hasil Hitung	1+W			1,000	0,793	0,854	1,337	1,090	1,000	0,793
Hasil Hitung	V			-130,349	1,000	-136,541	370,129	-140,489	-820,738	-130,369
Hasil Hitung	v			-2,121	0,000	-2,121	-8,897	10,838	-4,241	-2,121
Hasil Hitung	w			0,000	-0,720	-5,695	-2,823	0,000	0,000	-0,720
Daftar 3a (3b)	p			333,000	345,000	337,000	173,000	180,000	307,000	318,000
Hasil Hitung	r			190,880	195,076	120,225	100,624	218,194	216,111	210,006
Jumlah	s			391,390	539,357	140,869	632,032	248,584	-101,868	394,796
	q			31,390	179,357	140,869	272,032	248,584	258,132	34,796
PR / P X I X (1+W) = A			89,943	8,811	14,348	5,524	26,629	20,746	1,497	2,030

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 40 . Konstanta Pasang Surut Pantai Tamasaju tahun 2020

	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A cm	89,9	8,8	14,2	5,5	3,3	26,6	20,7	8,8	1,5	2,0
G		31,4	179,4	140,9	179,4	272,0	248,6	272,0	258,1	34,8

Dengan menggunakan data konstanta pasang surut, maka tipe pasang surut yang berada di lokasi penelitian dapat diprediksi dengan menggunakan rumus *Formzahl Number* (Fs) sebagai berikut :

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

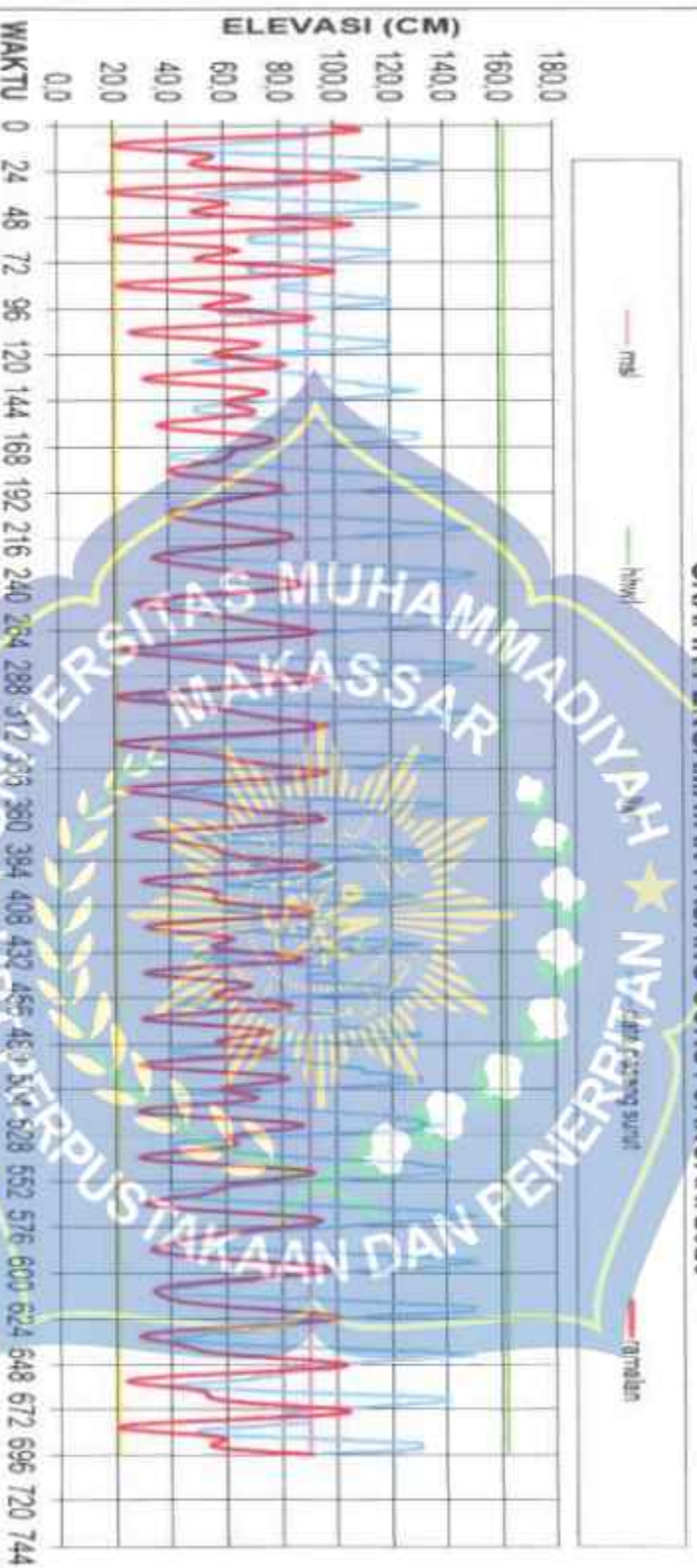
$$= \frac{26,6 + 20,7}{8,8 + 14,2} = 2,1$$

Berdasarkan nilai *Formzahl*, maka kriteria pasang surut adalah : Pasang surut tipe campuran, condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) yang dimana dalam 1 hari terjadi 1 kali air pasang dan 1 kali air surut. Dan persamaan diatas, tipe pasang surut ditentukan melalui kriteria pasang surut.

Dengan menggunakan konstanta harmonik pasang surut seperti pada tabel 40, maka elevasi muka air sebagai fungsi waktu dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan 33.

Dengan menggunakan data pengamatan dan hasil prediksi elevasi muka air menggunakan persamaan 33, maka perbandingan grafik elevasi muka air (pasang surut) sebagai fungsi waktu, antara data pengamatan dan hasil prediksi dapat diperoleh dan disajikan seperti pada gambar berikut.

GRAFIK PENGAMATAN PASANG SURUT JANUARI 2020



Gambar 27. Grafik pasang surut Pantai Tamasaju

Dari gambar 27. Memperlihatkan bahwa pasang surut terjadi 1 kali yaitu 1 kali pasang dan 1 kali surut. Adapun elevasi dari Mean Sea Level berada pada ketinggian 89,9 cm.

Elevasi Muka Air Laut

Dari beberapa komponen pasang surut yang diperoleh, dapat ditentukan beberapa nilai evaluasi muka air laut sebagai berikut :

Pasut tipe campuran ,condong harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*)

$$\text{MSL} = 89,9$$

$$\text{HHWL} = Z_0 + (M_2 + S_2) + (K_1 + O_1)$$

$$= 91,55 + (8,8 + 14,2) + (26,6 + 20,7)$$

$$= 162,0 \text{ cm}$$

$$\text{LLWL} = Z_0 - (M_2 + S_2) - (K_1 + O_1)$$

$$= 91,55 - (8,8 + 14,2) - (26,6 + 20,7)$$

$$= 21,1 \text{ cm}$$

$$\text{MHWL} = Z_0 + (M_2 + S_2)$$

$$= 91,55 + (8,8 + 14,2)$$

$$= 114,6 \text{ cm}$$

$$\text{MLWL} = Z_0 - (M_2 + S_2)$$

$$= 91,55 - (8,8 + 14,2)$$

$$= 68,5 \text{ cm}$$

Tabel 41. Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4, dan Y4 dari skema 2 tahun 2021

Tgl/Bln/Tm	Xa	X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
01-Jan-21	2120	850	1270	1470	680	950	1170	1180	1020	710	390	1050	1070
02-Jan-21	2140	830	1310	1380	760	940	1280	1090	1050	720	710	1070	1070
03-Jan-21	2150	870	1300	1290	840	920	1210	1070	1060	780	720	1060	1070
04-Jan-21	2150	870	1280	1250	920	940	1210	1050	1100	710	700	1080	1070
05-Jan-21	2100	890	1210	1180	920	870	1230	1010	70	700	690	1080	1020
06-Jan-21	2170	1010	1160	1180	990	960	1210	1020	1150	710	710	1090	1080
07-Jan-21	2170	1090	1080	1200	970	980	1190	980	1190	720	710	1090	1080
08-Jan-21	2280	1180	1020	1260	940	1040	1160	980	1220	730	740	1100	1100
09-Jan-21	2190	1190	1000	1370	860	1090	1140	990	1200	790	790	1100	1090
10-Jan-21	2200	1210	990	1420	780	1100	1190	1010	1190	780	740	1090	1110
11-Jan-21	2200	1180	1030	1500	700	1120	1060	1060	1140	730	730	1100	1100
12-Jan-21	2160	1110	1050	1520	640	1080	1080	1070	1090	730	720	1070	1090
13-Jan-21	2270	1140	1130	1600	670	1050	1120	1170	1100	760	770	1130	1140
14-Jan-21	2140	960	1180	1570	620	1020	1120	1120	1020	710	710	1080	1060
15-Jan-21	2130	890	1240	1440	900	970	1160	1100	1050	710	700	1060	1070
16-Jan-21	2130	850	1280	1380	750	990	1210	1170	1050	720	700	1080	1050
17-Jan-21	2120	850	1270	1390	820	960	1210	1170	1050	710	710	1060	1060
18-Jan-21	2160	910	1250	1240	920	910	1250	1030	1170	730	710	1080	1080
19-Jan-21	2160	970	1180	1190	970	940	1220	1000	1160	720	710	1080	1080
20-Jan-21	2200	1070	1130	1620	980	920	1270	1190	1150	780	780	1100	1100
21-Jan-21	2220	1160	1060	1240	990	100	1210	1030	1110	740	750	1100	1120
22-Jan-21	2180	1200	980	1250	950	1000	1180	970	1210	730	740	1080	1090
23-Jan-21	2190	1240	920	1320	880	1040	1190	980	1210	720	740	1110	1080
24-Jan-21	2170	1280	940	1380	790	1050	1110	1060	1170	720	780	1090	1080
25-Jan-21	2220	1280	980	1490	740	1050	1140	1050	1190	720	730	1110	1110
26-Jan-21	2150	1180	1010	1470	660	1090	1190	1020	1150	740	710	1080	1090
27-Jan-21	2160	1080	1080	1530	640	1050	1110	1040	1120	720	720	1070	1060
28-Jan-21	2150	1020	1130	1500	650	1040	1110	1050	1100	710	730	1060	1060
29-Jan-21	2140	940	1280	1450	680	1020	1140	1070	1070	710	700	1070	1070

Sumber : hasil perhitungan

Keterangan:

Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4,Y4,pengisian data tabel 41 dilakukan dengan bantuan tabel data pasang surut yang terlampir di lampiran yang mengalikan nilai pengamatan dengan harga pengali pada daftar 1 untuk setiap hari pengamatan. Karena pengali dalam daftar hanya berisi 1 dan -1 kecuali X4 ada bilangan 0 (nol) yang tidak dimasukkan dalam perkalian ,maka lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 pada kolom bertanda (+) dibawah kolom X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3,X4 dan Y4 . Hal yang sama untuk pengali -1 pada kolom bertanda (-) .

Tabel 42 . Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y indeks ke satu dari Skema 3 2021

Skema III							
Tgl/Bln/Thn	Xo	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
		800	700	800	700	200	300
01-Jan-21	2120	380	1440	580	780	210	280
02-Jan-21	2140	320	1320	540	740	210	300
03-Jan-21	2130	330	1150	510	710	180	290
04-Jan-21	2150	390	1010	530	650	210	310
05-Jan-21	2100	480	960	440	1640	210	360
06-Jan-21	2170	650	890	550	570	180	310
07-Jan-21	2170	810	950	590	490	210	310
08-Jan-21	2200	960	1020	680	460	190	300
09-Jan-21	2190	990	1170	730	490	200	310
10-Jan-21	2200	1020	1370	800	520	190	280
11-Jan-21	2200	980	1500	840	620	200	300
12-Jan-21	2160	960	1580	800	680	210	280
13-Jan-21	2270	810	1630	830	770	190	290
14-Jan-21	2140	580	1600	700	860	200	320
15-Jan-21	2120	450	1450	610	770	210	290
16-Jan-21	2130	370	1330	530	770	220	330
17-Jan-21	2120	380	1180	500	720	200	300
18-Jan-21	2160	460	1020	460	600	220	300
19-Jan-21	2160	580	920	520	540	210	300
20-Jan-21	2290	740	940	540	600	200	300
21-Jan-21	2220	900	940	600	500	190	280
22-Jan-21	2180	1020	980	620	480	200	300
23-Jan-21	2190	1090	1130	690	470	180	330
24-Jan-21	2170	1090	1290	750	530	190	310
25-Jan-21	2220	1040	1440	740	540	190	300
26-Jan-21	2150	930	1530	750	590	220	270
27-Jan-21	2160	800	1580	740	620	200	280
28-Jan-21	2150	680	1550	730	650	190	270
29-Jan-21	2140	540	1460	660	700	210	300

Sumber : hasil perhitungan

Keterangan : 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. Pada tabel ini tidak boleh ada nilainya yang negative jika masih bernilai negative maka akan ditambahkan nilai B = 1000.

Tabel 43. Bilangan Pengali untuk 29 Piantan 2021

					Sa	M2	S2	T2	K1	Q1	M4	M54
(29) Daftar 3a (15) Daftar 3b	X	90	=	82820	82820,00							
	X	10	=	-2580					-2580,00	305,400		
	X	12	-Y	1b	=	-8580	-871,300		191,800	-8580,00		-191,800
	X	13	-Y	1c	=	-1130						
	X	20	=	-4840		138,200	-4840,00	138,200				
	X	22	-Y	2a	=	830	830,00	12,450	27,360	1,560	-48,140	-23,050
	X	23	-Y	2c	=	-2130	127,800		-2130,00			
	X	42	-Y	4b	=	-310	-9,300					-310,00
V	X	44	-Y	4d	=	-550					-550,000	-44,000
	Y	10	=	15980					15980,00	-1278,400		
	Y	12	+X	1b	=	9130	895,400		-182,50	9130,00		273,90
	Y	13	+X	1c	=	950						
	Y	20	=	-1320		38,90	-1320,00	38,90				
	Y	22	+X	2a	=	4210	4210,00	63,15	134,72		-244,18	-147,35
	Y	23	+X	2c	=	1590	-85,43		1590,00			
	Y	42	+X	4b	=	-580	-18,30				-8,80	-660,00
W	Y	44	+X	4d	=	-300					-300,00	-24,00

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 44. Penyusunan Hasil Perhitungan Besaran X dan Y Skema 5 dan 6

				Sa	M2	S2	N3	K1	Q1	M4	M54
V	PR cos r			82820,000	418,400	-4527,500	-1953,410	-3385,540	-4531,740	-550,000	-374,850
V	PR sin r				4773,500	-1256,850	1764,320	15797,400	7907,420	324,800	-867,450
	PR			82820,000	4751,827	4796,186	2538,680	12978,962	12917,368	418,585	800,730
Daftar 3a	P			696,000	558,000	448,000	262,000	439,000	585,000	507,000	535,000
Hasil Hitung	r				0,993	1,000	0,999	1,036	1,058	0,986	0,980
Hasil Hitung	1+W				1,000	0,773	0,982	1,307	0,900	1,000	0,773
Hasil Hitung	V				305,003	0,000	396,714	-370,875	295,127	262,005	306,003
Hasil Hitung	u				-2,103	0,000	-2,103	-8,373	9,937	-4,205	-2,103
Hasil Hitung	w				0,000	-1,825	9,798	-3,200	0,000	0,000	-1,825
Daftar 3a (3b)	p				333,000	345,000	327,000	173,000	180,000	307,000	318,000
Hasil Hitung	r				85,015	195,195	138,057	98,591	141,111	208,138	224,120
Jumlah	s				721,815	538,570	866,786	630,891	806,169	763,938	844,395
	g				1,915	178,570	148,786	270,891	246,169	43,938	124,395
PR/P X 1X (1+W)=A				90,259	8,532	13,851	5,206	26,867	20,274	1,260	1,960

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 45 . Konstanta Pasang Surut Pantai Tamasaju tahun 2021

	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A cm	90,3	8,6	13,9	5,2	3,2	26,9	20,3	8,9	1,3	2,0
g		1,9	178,6	148,8	178,6	270,9	246,2	270,9	43,9	124,4

Dengan menggunakan data konstanta pasang surut, maka tipe pasang surut yang berada di lokasi penelitian dapat diprediksi dengan menggunakan rumus *Formzhal Number* (Fs) sebagai berikut :

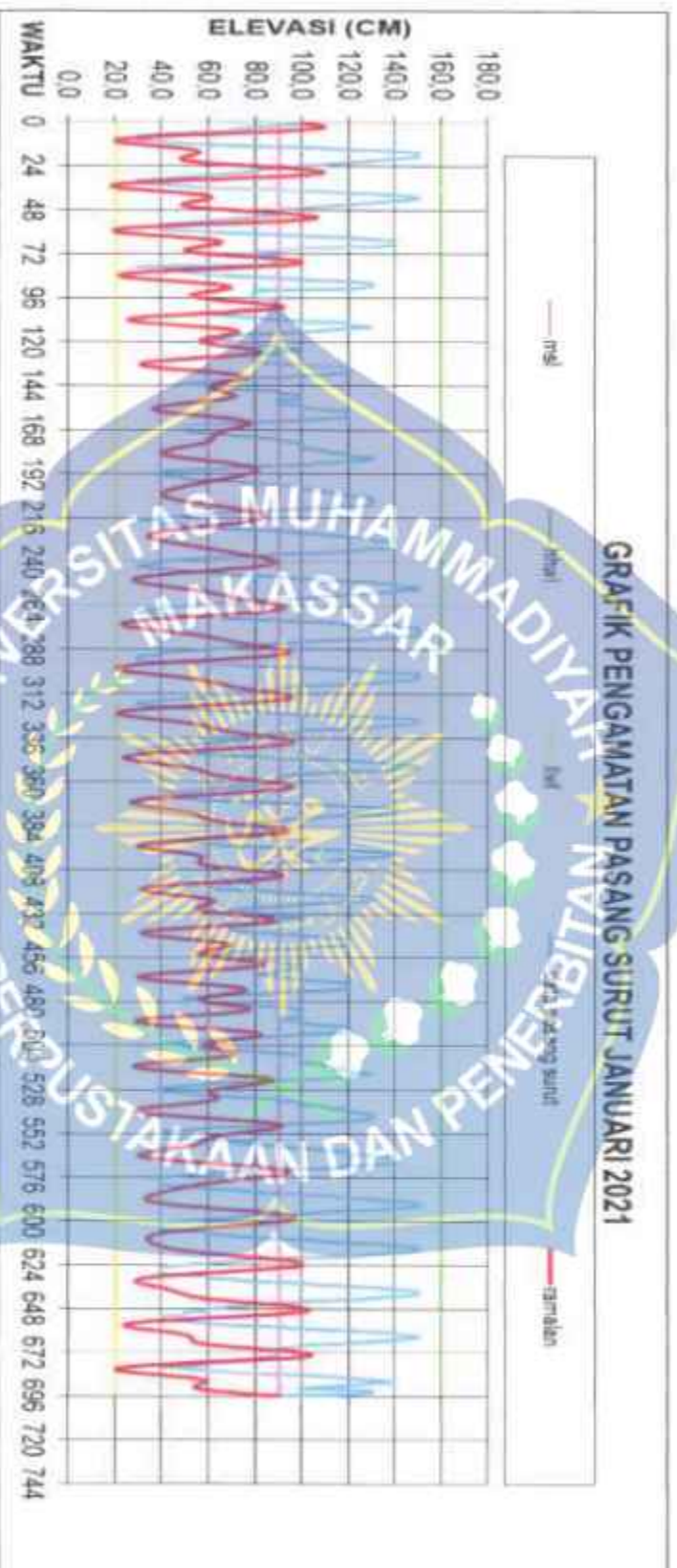
$$F = \frac{A(K_1) + A(O_1)}{A(M_2) + A(S_2)}$$

$$= \frac{26,9 + 20,3}{8,6 + 13,9} = 2,1$$

Berdasarkan nilai *Formzhal*, maka kriteria pasang surut adalah : Pasang surut tipe campuran, condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) yang dimana dalam 1 hari terjadi 1 kali air pasang dan 1 kali air surut. Dari persamaan diatas, tipe pasang surut ditentukan melalui kriteria pasang surut.

Dengan menggunakan konstanta harmonik pasang surut seperti pada tabel 45, maka elevasi muka air sebagai fungsi waktu dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan 33.

Dengan menggunakan data pengamatan dan hasil prediksi elevasi muka air menggunakan persamaan 33, maka perbandingan grafik elevasi muka air (pasang surut) sebagai fungsi waktu, antara data pengamatan dan hasil prediksi dapat diperoleh dan disajikan seperti pada gambar berikut



Gambar 28. Grafik pasang surut Pantai Lingsaga 2021

Dari gambar 28. Memperlihatkan bahwa pasang surut terjadi 1 kali yaitu 1 kali pasang dan 1 kali surut . Adapun elevasi dari Mean Sea Level berada pada ketinggian 90,3 cm.

Elevasi Muka Air Laut

Dari beberapa komponen pasang surut yang diperoleh, dapat ditentukan beberapa nilai evaluasi muka air laut sebagai berikut :

Pasut tipe campuran ,condong harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*)

$$\text{MSL} = 90,3$$

$$\begin{aligned}\text{HHWL} &= Z_0 + (M_2+S_2) + (K_1+01) \\ &= 90,12 + (8,6+13,9) + (26,9+20,3) \\ &= 159,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{LLWL} &= Z_0 - (M_2+S_2) - (K_1+01) \\ &= 90,12 - (8,6+13,9) - (26,9+20,3) \\ &= 20,5 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MHWL} &= Z_0 + (M_2+S_2) \\ &= 90,12 + (8,6+13,9) \\ &= 112,6 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MLWL} &= Z_0 - (M_2+S_2) \\ &= 90,12 - (8,6+13,9) \\ &= 67,6 \text{ cm}\end{aligned}$$

Tabel 46. Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4, dan Y4 dari skema 2 than 2022

Tgl/Bln/Thn	Xo	X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
01-Jan-22	2130	1130	1000	1470	600	1060	1070	1070	1060	680	720	1080	1070
02-Jan-22	2160	1070	1090	1540	620	1060	1100	1110	1050	690	740	1090	1070
03-Jan-22	2110	980	1130	1500	610	1010	1100	1110	1000	680	720	1070	1040
04-Jan-22	2140	920	1220	1490	650	1000	1140	1130	1010	700	720	1090	1050
05-Jan-22	2120	860	1260	1420	700	940	1180	1120	1000	690	730	1060	1060
06-Jan-22	2110	820	1290	1360	730	910	1200	1090	1020	690	710	1070	1040
07-Jan-22	2140	840	1300	1290	850	910	1230	1070	1070	680	720	1080	1060
08-Jan-22	2140	880	1260	1210	930	910	1250	1050	1110	710	730	1080	1060
09-Jan-22	2150	960	1190	1200	950	920	1230	1010	1140	720	720	1080	1070
10-Jan-22	2140	1040	1100	1160	980	960	1180	980	1100	700	720	1080	1060
11-Jan-22	2150	1120	1030	1180	920	990	1150	950	1230	730	730	1090	1060
12-Jan-22	2190	1210	960	1250	930	1040	1130	1000	1190	720	740	1110	1080
13-Jan-22	2190	1340	950	1140	810	1250	1140	1100	1180	710	740	1110	1080
14-Jan-22	2140	1220	920	1400	140	1090	1100	1020	1120	660	720	1070	1070
15-Jan-22	2130	1180	950	1440	630	1080	1090	1050	1080	690	710	1080	1050
16-Jan-22	2140	1130	1020	1310	630	1020	1120	1070	1070	680	740	1090	1050
17-Jan-22	2150	1040	1110	1320	670	1020	1130	1090	1060	690	730	1090	1070
18-Jan-22	2190	960	1140	1460	640	960	1140	1060	1040	680	710	1060	1040
19-Jan-22	2100	910	1190	1420	680	940	1160	1070	1020	680	710	1050	1050
20-Jan-22	2120	810	1260	1370	750	940	1180	1020	1050	690	710	1070	1050
21-Jan-22	2100	850	1250	1270	830	930	1180	1060	1040	680	700	1060	1040
22-Jan-22	2140	900	1240	1210	920	920	1210	1050	1050	700	730	1080	1040
23-Jan-22	2140	980	1160	1190	930	930	1220	1070	1110	710	710	1090	1050
24-Jan-22	2150	1070	1080	1160	920	920	1220	1040	1150	710	720	1080	1070
25-Jan-22	2170	1150	1020	1180	990	950	1250	1000	1130	710	730	1080	1090
26-Jan-22	2180	1210	970	1220	960	960	1250	970	1220	720	730	1110	1070
27-Jan-22	2160	1250	910	1240	820	950	1170	960	1260	730	730	1090	1070
28-Jan-22	2170	1280	890	1370	860	1030	1140	960	1250	750	710	1100	1070
29-Jan-22	2140	1240	960	1420	720	1040	1100	980	1160	690	720	1090	1060

Sumber : hasil perhitungan

Keterangan:

Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4,Y4 pengisian data tabel 46 dilakukan dengan bantuan tabel data pasang surut yang terlampir di lampiran yang mengalikan nilai pengamatan dengan harga pengali pada daftar 1 untuk setiap hari pengamatan. Karena pengali dalam daftar hanya berisi 1 dan -1 kecuali X4 ada bilangan 0 (nol) yang tidak dimasukkan dalam perkalian ,maka lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 pada kolom bertanda (+) dibawah kolom X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3,X4 dan Y4 . Hal yang sama untuk pengali -1 pada kolom bertanda (-) .

Tabel 47 . Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y indeks ke satu dari Skema 3 tahun 2022

Skema III							
Tgl/Bln/Thn	X0	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
		800	700	800	700	200	300
01-Jan-22	2130	930	1510	790	710	160	330
02-Jan-22	2160	780	1620	760	760	150	320
03-Jan-22	2110	650	1590	710	810	160	330
04-Jan-22	2140	500	1540	660	820	180	340
05-Jan-22	2120	400	1420	560	820	160	300
06-Jan-22	2110	330	1310	510	770	180	330
07-Jan-22	2140	340	1140	480	700	170	320
08-Jan-22	2140	420	980	480	620	190	320
09-Jan-22	2150	570	950	490	570	200	310
10-Jan-22	2140	740	880	580	520	180	320
11-Jan-22	2150	890	910	630	450	170	330
12-Jan-22	2190	1030	1030	600	510	180	330
13-Jan-22	2190	1090	1190	710	530	170	330
14-Jan-22	2140	1100	1360	760	600	170	300
15-Jan-22	2180	1030	1490	750	670	160	330
16-Jan-22	2140	960	1580	700	760	140	340
17-Jan-22	2150	730	1590	690	730	160	310
18-Jan-22	2100	620	1520	620	720	170	320
19-Jan-22	2160	520	1440	580	740	170	300
20-Jan-22	2120	400	1320	560	720	180	320
21-Jan-22	2100	400	1140	540	720	200	320
22-Jan-22	2140	460	980	520	660	170	320
23-Jan-22	2140	620	940	500	620	200	340
24-Jan-22	2150	790	870	510	550	180	310
25-Jan-22	2170	970	890	530	530	180	290
26-Jan-22	2180	1040	960	580	460	190	340
27-Jan-22	2160	1140	1120	620	460	170	320
28-Jan-22	2170	1190	1270	690	450	170	330
29-Jan-22	2140	1140	1400	740	520	160	320

Sumber : hasil perhitungan

Keterangan : 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. Pada tabel ini tidak boleh ada nilainya yang negative jika masih bernilai negative maka akan ditambahkan nilai B = 1000

Tabel 48. Bilangan Pengali untuk 29 Piantan tahun 2022

				S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	C ₁	M ₄	M ₅₄
(29) Daftar 3a (15) Daftar 3b	X ⁰⁰	=	62100	62100,00							
	X ¹⁰	=	-1520					-1520,000	121,600		
	X ¹² - Y ^{1b}	=	10100		707,000			-302,000	10100,00		202,000
	X ¹³ - Y ^{1c}	=	310								
	X ²⁰	=	-5260		157,800	-5260,00	157,800				
	X ²² - Y ^{2b}	=	4990		4990,00	74,400	183,880	9,920	-287,680		-173,600
	X ²³ - Y ^{2c}	=	-890		58,400		-890,00				
	X ⁴² - Y ^{4b}	=	-850		-25,500						-850,00
V	X ⁴⁴ - Y ^{4c}	=	-590							-590,000	-47,200
	Y ¹⁰	=	15640					15640,00	-1251,200		
	Y ¹² + X ^{1b}	=	9480		592,200			-186,20	9480,00		283,80
	Y ¹³ + X ^{1c}	=	770								
	Y ²⁰	=	-1880		55,80	-1880,00	55,80				
	Y ²² + X ^{2b}	=	-230		340,00	-4,80	10,24		18,56		11,20
	Y ²³ + X ^{2c}	=	1010		-55,80		1015,60				
	Y ⁴² + X ^{4b}	=	-80		-2,70					-8,90	-90,00
VI	Y ⁴⁴ + X ^{4c}	=	-510							-202,00	-24,80

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 49. Penyusunan Hasil Perhitungan Besaran X dan Y Skema 5 dan 6

			S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	C ₁	M ₄	M ₅₄
V	PR cos r		62100,000	5855,700	-5185,800	-868,520	-1712,080	8933,920	-590,000	-368,800
V	I PR sin r			334,700	-1984,800	1055,580	-15450,800	8227,360	-312,900	180,200
	PR		62100,000	5960,253	-5510,710	1249,490	-15645,367	17898,536	-546,902	-887,291
Daftar 3a	P		636,000	559,000	448,000	506,000	439,000	565,000	507,000	535,000
Hasil hitung	r			0,981	1,000	0,981	1,068	1,109	0,953	0,981
Hasil Hitung	1+W			1,000	0,754	1,143	1,291	1,050	1,000	0,754
Hasil Hitung	V			46,756	0,000	48,075	370,627	36,119	-266,489	46,756
Hasil Hitung	u			-1,547	0,000	-1,247	-2,041	8,142	-3,894	-1,847
Hasil Hitung	w			0,000	-2,521	0,508	-3,301	0,000	0,000	-2,521
Daftar 3a (3b)	p			333,000	345,000	327,000	173,000	160,000	307,000	318,000
Hasil Hitung	r			3,270	199,779	122,347	96,323	39,632	207,787	168,282
Jumlah	s			381,176	542,258	502,183	629,618	243,893	244,804	526,670
	g			21,178	182,258	142,183	269,618	243,893	244,804	188,670
PR / [P X (1+W)] = A			80,224	10,897	16,306	1,967	25,575	20,576	1,386	2,241

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 50. Konstanta Pasang Surut Pantai Tamasaju tahun 2022

	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A cm	89,2	10,7	16,3	2,0	3,8	25,7	20,6	8,5	1,4	2,2
g		21,2	182,3	142,2	182,3	269,6	243,9	269,6	244,6	168,7

Dengan menggunakan data konstanta pasang surut, maka tipe pasang surut yang berada di lokasi penelitian dapat diprediksi dengan menggunakan rumus *Formzahl Number* (Fs) sebagai berikut :

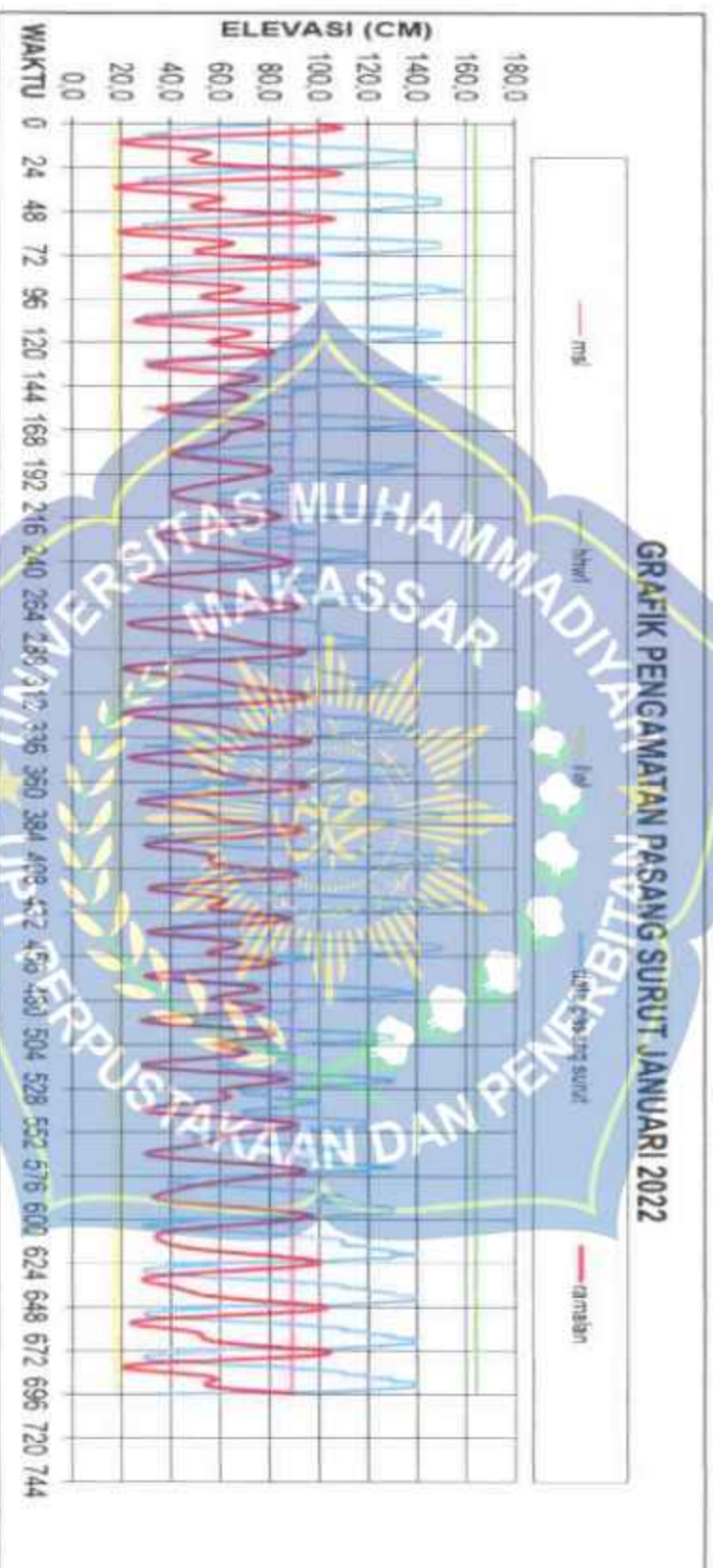
$$F = \frac{A(K_1) + A(O_1)}{A(M_2) + A(S_2)}$$

$$= \frac{25,7 + 20,6}{10,7 + 16,3} = 1,71$$

Berdasarkan nilai *Formzahl*, maka kriteria pasang surut adalah : Pasang surut tipe campuran, condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) yang dimana dalam 1 hari terjadi 1 kali air pasang dan 1 kali air surut. Dari persamaan diatas, tipe pasang surut ditentukan melalui kriteria pasang surut.

Dengan menggunakan konstanta harmonik pasang surut seperti pada tabel 50, maka elevasi muka air sebagai fungsi waktu dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan 33.

Dengan menggunakan data pengamatan dan hasil prediksi elevasi muka air menggunakan persamaan 33, maka perbandingan grafik elevasi muka air (pasang surut) sebagai fungsi waktu, antara data pengamatan dan hasil prediksi dapat diperoleh dan disajikan seperti pada gambar berikut



Gambar 29. Grafik pasang surut Pantai Tanmasaju 2022

Dari gambar 29. Memperlihatkan bahwa pasang surut terjadi 1 kali yaitu 1 kali pasang dan 1 kali surut. Adapun elevasi dari Mean Sea Level berada pada ketinggian 89,2 cm.

Elevasi Muka Air Laut

Dari beberapa komponen pasang surut yang diperoleh, dapat ditentukan beberapa nilai evaluasi muka air laut sebagai berikut:

Pasut tipe campuran, condong harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*)

$$\text{MSL} = 89,2$$

$$\begin{aligned}\text{HHWL} &= Z_0 + (M_2 + S_2) + (K_1 + 0,1) \\ &= 91,05 + (10,7 + 16,3) + (25,7 + 20,6) \\ &= 164,3 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{LLWL} &= Z_0 - (M_2 + S_2) - (K_1 + 0,1) \\ &= 91,05 - (10,7 + 16,3) + (25,7 + 20,6) \\ &= 17,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MHWL} &= Z_0 + (M_2 + S_2) \\ &= 91,05 + (10,7 + 16,3) \\ &= 118,1 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MLWL} &= Z_0 - (M_2 + S_2) \\ &= 91,05 - (10,7 + 16,3) \\ &= 64,0 \text{ cm}\end{aligned}$$

Tabel 51. Rekapitulasi perhitungan pasang surut dari 2018-2022

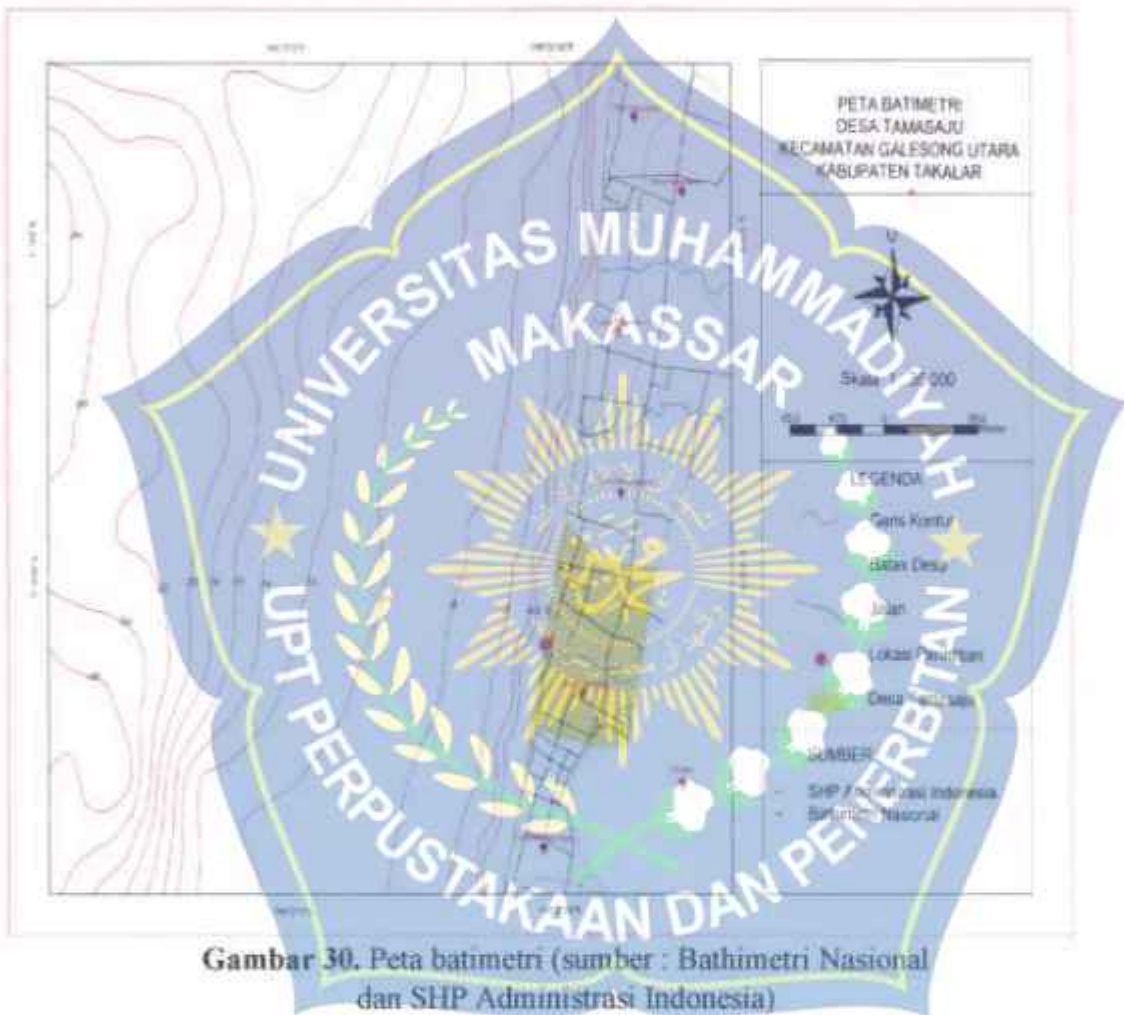
Tahun	Nilai Formzhl (F)	MSL (cm)	HHWL (cm)	LLWL (cm)	MHWL (cm)	MLWL (cm)
2018	2,22	89,8	116,3	21	116,2	71,1
2019	1,71	90,2	154,5	19,3	111,9	62
2020	2,1	89,9	162	21,1	114,6	68,5
2021	2,1	90,3	159,8	20,5	112,6	67,6
2022	1,71	89,2	164,3	17,8	118,1	64
Rata-rata	1,968	89,88	151,38	19,94	114,68	66,64

Sumber : Hasil perhitungan

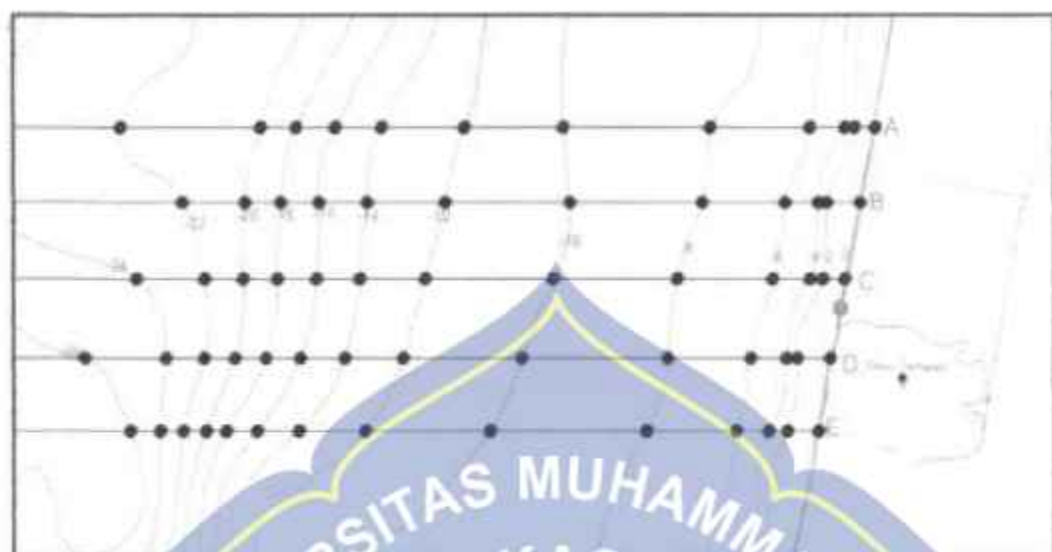


F. Batimetri

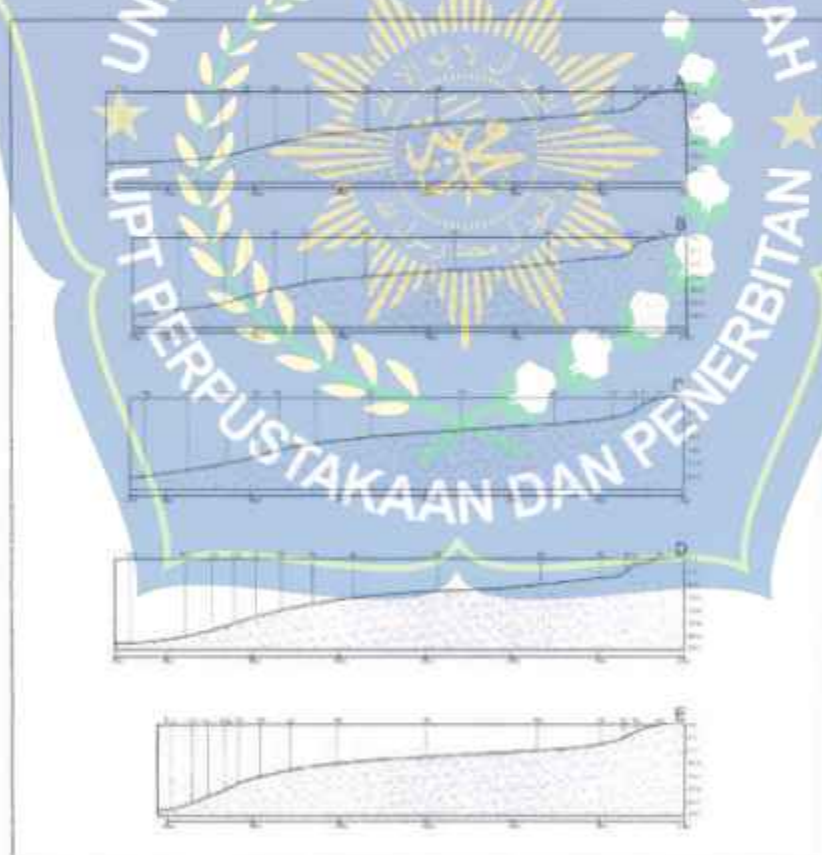
Data batimetri pesisir pantai tamasaju di peroleh dari data Batimetri Nasional yang di olah kembali ke dalam GIS untuk mendapatkan garis kontur dasar laut seperti gambar dibawah :



Untuk mengetahui kemiringan pantai di wilayah pantai Tamasaju maka dibuatkan lima stasiun A, B, C, D dan E yang terdiri dari beberapa patok seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 31. Garis penampang melintang



Gambar 32. Profil melintang batimetri daerah pantai Tamasaju

Untuk perhitungan kemiringan dan persentase dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 52. Hasil analisis kemiringan

Stasiun	Patok	Kedalaman (m)	Jarak (m)	Kemiringan	Persentase (%)
A	P0	0	0	0	0
	P1	2	210	0,010	1,0
	P2	4	105	0,019	1,9
	P3	6	280	0,007	0,7
	P4	8	805	0,002	0,2
	P5	10	1225	0,002	0,2
	P6	12	805	0,002	0,2
	P7	14	665	0,003	0,3
	P8	16	385	0,005	0,5
	P9	18	315	0,006	0,6
	P10	20	280	0,007	0,7
	P11	22	155	0,002	0,2
B	P0	0	0	0	0
	P1	2	280	0,007	0,7
	P2	4	70	0,029	2,9
	P3	6	280	0,007	0,7
	P4	8	700	0,003	0,3
	P5	10	1085	0,002	0,2
	P6	12	1015	0,002	0,2
	P7	14	700	0,003	0,3
	P8	16	350	0,006	0,6
	P9	18	315	0,006	0,6
	P10	20	280	0,007	0,7
	P11	22	525	0,004	0,4
C	P0	0	0	0	0
	P1	2	175	0,011	1,1
	P2	4	105	0,019	1,9
	P3	6	245	0,008	0,8
	P4	8	700	0,003	0,3
	P5	10	1085	0,002	0,2
	P6	12	1050	0,002	0,2
	P7	14	630	0,003	0,3
	P8	16	420	0,005	0,5
	P9	18	280	0,007	0,7
	P10	20	315	0,006	0,6

D	P11	22	455	0,004	0,4
	P12	24	490	0,004	0,4
	P0	0	0	0	0
	P1	2	280	0,007	0,7
	P2	4	105	0,019	1,9
	P3	6	280	0,007	0,7
	P4	8	700	0,003	0,3
	P5	10	1190	0,002	0,2
	P6	12	980	0,002	0,2
	P7	14	490	0,004	0,4
	P8	16	350	0,006	0,6
	P9	18	280	0,007	0,7
	P10	20	245	0,008	0,8
	P11	22	245	0,008	0,8
E	P12	24	315	0,006	0,6
	P13	26	630	0,003	0,3
	P0	0	0	0	0
	P1	2	750	0,003	0,3
	P2	4	140	0,014	1,4
	P3	6	280	0,007	0,7
	P4	8	735	0,003	0,3
	P5	10	1295	0,002	0,2
	P6	12	1015	0,002	0,2
	P7	14	560	0,004	0,4
	P8	16	350	0,006	0,6
	P9	18	245	0,008	0,8
	P10	20	175	0,011	1,1
	P11	22	175	0,011	1,1
	P12	24	175	0,011	1,1
	P13	26	245	0,008	0,8
Rata-Rata				0,006	0,6

Sumber : Perhitungan

Dari hasil hitungan diatas maka didapatkan kemiringan pantai m : 0,006 dan persentase kemiringan 0,6% termasuk kategori datar < 8%

Tabel 53. Kategori kemiringan lereng

Kelas	Kemiringan	Keterangan
I	<8%	Datar
II	8 - 15%	Landai
III	16 - 25%	Agak Curam
IV	26 - 40%	Curam
V	>40%	Sngat Curam

Sumber :Academia.edu

G. Gelombang Pecah

Untuk mendapatkan periode gelombang yang maksimum berdasarkan pengaruh dari perubahan kedalaman, maka dari itu dibuatkan hubungan antara grafik hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (10 tahun dimasukkan) yang telah dihitung dengan metode hindcasting.

Berdasarkan grafik di hubungan H dan T didapatkan persamaan :

$$y = -0,3532x^2 + 3,3442x + 2,2125$$

Untuk Arah Utara :

$$H_0 = 2,87 \text{ m}$$

$$T = -0,3532 H_0^2 + 3,344 H_0 + 2,2125$$

$$= -0,3532 \times 2,87^2 + 3,344 \times 2,87 + 2,2125$$

$$= 8,90 \text{ detik}$$

1. Menghitung panjang gelombang laut dalam

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

$$= 1,56 \times (8,90)^2$$

$$= 123,47 \text{ m}$$

2. Hitung nilai α

Tentukan nilai $d = -20$ m untuk mengetahui perubahan gelombang akibat pendangkalan.

$$\frac{d}{L_0} = \frac{20}{123,47}$$

$$= 0,162$$

Cari nilai d/L dan n untuk nilai $d/L_0 = 0,162$ (Tabel L-1 Bambang T. riadmojo "Teknik Pantai").

Untuk :

$$d/L_0 = 0,162$$

$$d/L = 0,19331$$

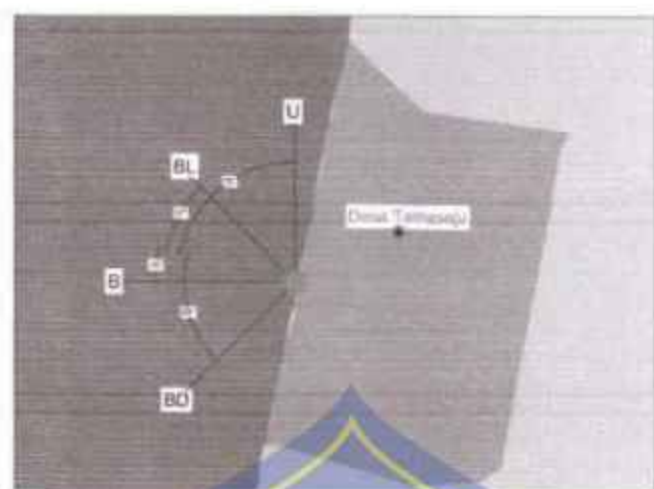
$$n = 0,7157$$

$$\text{Maka } L = \frac{d}{d/L} = \frac{20}{0,19331}$$

$$= 103,461$$

3. Cepat rambat gelombang

Dalam hitungan cepat rambat dan koefisien refraksi maka diketahui sudut datangnya gelombang (α_0) = 76° seperti yang terlihat pada gambar dibawah :



Gambar 33. Penentuan sudut datangnya gelombang
di lokasi penelitian

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{123,42}{9,70}$$

$$= 13,89 \text{ m/det}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{103,461}{9,90}$$

$$= 11,63 \text{ m/det}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \times \sin \alpha_0 = \frac{13,89}{11,63} \times \sin 76^\circ$$

$$= 0,812$$

$$\alpha = 54^\circ$$

4. Perhitungan koefisien refraksi

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos C_0}{\cos C}} = \sqrt{\frac{\cos 76^\circ}{\cos 54^\circ}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,2419}{0,5831}}$$

$$K_r = 0,6441$$

5. Perhitungan koefisien shoaling

Dimana : n_0 (dilaut dalam) = 0,5

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} = \sqrt{\frac{0,5 \times 123,47}{0,7157 \times 103,461}}$$

$$= \sqrt{\frac{61,7838}{74,04687}}$$

$$K_s = 0,91345$$

Setelah perhitungan koefisien refraksi dan shoaling maka akan didapatkan nilai tinggi gelombang yang baru (H_0')

$$H_0' = H_0 + K_r + K_s$$

$$= 2,87 \times 0,6440 + 0,91345$$

$$= 1,69 \text{ m}$$

6. Kemiringan pantai di dapat dari perhitungan batimetri

$$m = 0,006$$

7. Perhitungan tinggi gelombang pecah

$$\frac{H_b}{H_0'} = \left[\frac{1}{3,3 \times \frac{H_0'}{L_0}} \right] \left[\frac{1}{3,3 \times \frac{1,69}{123,47}} \right]^{4/3}$$

$$\frac{H_b}{1,69} = 1,2662$$

$$H_b = 1,69 \times 1,2662 = 2,14 \text{ m}$$

8. Perhitungan kedalaman gelombang pecah

$$a = 43,75 (1 - e^{-19 m}) = 43,75 (1 - e^{-19 \times 0,006})$$

$$= 4,71$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19 m})} = \frac{1,56}{(1 + e^{-19 \times 0,006})}$$

$$= 0,82$$

$$\frac{db}{Hb} = \frac{1}{b - (a \cdot Hb / gT^2)} = \frac{1}{0,82 - (4,71 \times 2,14 / 9,81 \times 8,90^2)}$$

$$= \frac{1}{0,82 - 0,01295}$$

$$\frac{db}{2,14} = 1,24$$

$$db = 1,24 \times 2,14$$

$$= 2,65 \text{ m}$$

Tabel 54. Tinggi dan kedalaman gelombang pecah

No	Arah	Hb	Db
1	Utara	2,14	2,65
2	Barat Laut	2,60	3,24
3	Barat	2,57	3,20
4	Barat Daya	1,97	2,45
rata-rata		2,32	2,86

Sumber : perhitungan

H. Penentuan Tipe Pemecah Gelombang

Tipe pemecah gelombang yang digunakan biasanya ditentukan oleh beberapa faktor misalnya ketersediaan material atau dekat lokasi pekerjaan, ketinggian gelombang, kedalaman laut dan ketersediaan peralatan untuk pelaksanaan pekerjaan.

Batu merupakan salah satu bahan utama yang digunakan untuk membangun pemecah gelombang. Mengingat jumlah yang diperlukan sangat besar, ketersediaan batu di sekitar lokasi pekerjaan harus diperhatikan. Hal ini terutama pada pemecah gelombang sisi miring yang menggunakan batu sebagai material utamanya

sedangkan pada pemecah gelombang sisi tegak material utamanya adalah beton kaisan

Selain itu kedalaman air juga penting terutama di dalam analisis stabilitas bangunan. Di daerah dengan kedalaman laut yang dalam, penggunaan material jika menggunakan pemecah gelombang sisi miring akan sangat besar. Dengan demikian, alternatif yang paling mungkin jika kedalaman laut besar adalah penggunaan pemecah gelombang sisi tegak. Kedalaman laut pada umumnya di pantai Tamasaju adalah ± 4 meter. Kedalaman laut ini tidak tergolong laut dalam.

Faktor penting lainnya adalah harus diketahui tinggi gelombang dan kedalaman laut pada waktu gelombang pecah. Dimana dari perhitungan gelombang pecah pada subbab sebelumnya, diketahui bahwa ketinggian gelombang pecah yaitu sebesar 2,32 meter pada kedalaman 2,86 meter. Dengan demikian, gelombang pecah telah terjadi setelah memasuki perairan Tamasaju.

Dengan demikian, jika dilihat dari keuntungan dan kerugian beberapa tipe pemecah gelombang pada tabel 5 pada bab 2, tipe pemecah gelombang yang digunakan adalah pemecah gelombang sisi miring. Dari sisi material, ketersediaan material batu pecah lebih mudah ditemukan disekitar kita dibanding jika membangun dengan kaisan dan butuh material yang lebih banyak karena memiliki elevassi yang harus tinggi. Perairan pantai Tamasaju sendiri memiliki kedalaman yang tidak terlalu dalam yaitu ± 4 meter sehingga lebih baik menggunakan pemecah gelombang tipe sisi miring.

I. Penentuan Elevasi Pemecah Gelombang

Elevasi puncak pemecah gelombang dihitung berdasarkan tinggi *run up*. Pada perencanaan pemecah gelombang ini, penulis melakukan perhitungan dengan menggunakan kemiringan yakni untuk $\cot \theta = 1,5$, $\cot \theta = 2$ dan $\cot \theta = 3$.

1. Menentukan berat batu lapis lindung

Hitungan berat lapis lindung didasarkan pada dua jenis batu, yaitu batu pecah dan batu buatan (tetrapod). Berat jenis masing-masing batu yakni untuk batu pecah = $2,65 \text{ ton/m}^3$ dan batu buatan (tetrapod) = $2,4 \text{ kg/m}^3$. Dengan jenis batu yang berbeda, besar koefisien lapis lindung yang diperhitungkan juga berbeda yakni $K_D = 2$ untuk batu pecah dan $K_D = 7$ untuk batu buatan (tetrapod).

$$W_1 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

Dimana:

$$\gamma_r = 2,65 \text{ ton/m}^3 \text{ (untuk batu pecah)}$$

$$\gamma_r = 2,4 \text{ ton/m}^3 \text{ (untuk tetrapod)}$$

$$W_w = 1,03 \text{ ton/m}^3 \text{ (massa jenis air laut)}$$

$$K_D = 2 \text{ (untuk lapis lindung dari batu pecah)}$$

$$K_D = 7 \text{ (untuk lapis lindung dari tetrapod)}$$

$$S_r = \frac{2,65}{1,03} = 2,57 \text{ (untuk batu pecah)}$$

$$S_r = \frac{2,4}{1,03} = 2,33 \text{ (untuk tetrapod)}$$

$$H = 1,69 \text{ m}$$

a) Untuk $\cot \theta = 1,5$

Layer 1 :

Untuk lapis lindung dari batu pecah

$$W_1 = \frac{2,65 \times (1,69)^3}{2(2,57-1)^3 \times 1,5}$$

$$W_1 = \frac{12,79}{11,61} = 1,101 \text{ ton} = 1101 \text{ kg}$$

Untuk Lapis lindung dari tetrapod:

$$W_1 = \frac{2,4 \times (1,69)^3}{7(2,33-1)^3 \times 1,5}$$

$$W_1 = \frac{11,58}{24,70} = 0,469 \text{ ton} = 469 \text{ kg}$$

Layer II :

$$W_2 = \frac{W_1}{10} = \frac{1101}{10} = 110,1 \text{ kg}$$

b) Untuk Cot $\theta = 2$

Layer I :

Untuk lapis lindung dari batu pecah:

$$W_1 = \frac{2,65 \times (1,69)^3}{2(2,57-1)^3 \times 2}$$

$$W_1 = \frac{12,79}{15,48} = 0,826 \text{ ton} = 826 \text{ kg}$$

Untuk Lapis lindung dari tetrapod:

$$W_1 = \frac{2,4 \times (1,69)^3}{7(2,33-1)^3 \times 2}$$

$$W_1 = \frac{11,58}{32,94} = 0,351 \text{ ton} = 351 \text{ kg}$$

Layer II :

$$W_2 = \frac{W_1}{10} = \frac{826}{10} = 82,6 \text{ kg}$$

c) Untuk Cot $\theta = 3$

Layer I :

Untuk lapis lindung dari batu pecah

$$W_1 = \frac{2,65 \times (1,69)^3}{2 (2,57-1)^3 \times 3}$$

$$W_1 = \frac{12,79}{23,22} = 0,551 \text{ ton} = 551 \text{ kg}$$

Untuk Lapis lindung dari tetrapod:

$$W_1 = \frac{2,4 \times (1,69)^3}{7(2,33-1)^3 \times 3}$$

$$W_1 = \frac{11,58}{49,41} = 0,234 \text{ ton} = 234 \text{ kg}$$

Layer II :

$$W_2 = \frac{W_1}{10} = \frac{551}{10} = 55,1 \text{ kg}$$

2. Menentukan Lebar puncak dan Tebal Lapisan pelindung

Lebar crest / puncak dan tebal lapis pelindung. Koefisien lapis lindung (K_A) untuk masing-masing jenis batu adalah 1,15 untuk batu pecah yang menggunakan batu alam (kasar) dan 1,04 untuk batu buatan (tetrapod).

a) Lebar puncak pemecah gelombang:

$$B = n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3}$$

Dimana : $n = 3$ (n_{min} = untuk batu pecah)

$n = 2$ (untuk tetrapod)

$K_A = 1,15$ (untuk batu pecah)

$K_A = 1,04$ (untuk tetrapod)

$W_r = 2650 \text{ kg/m}^3$ (untuk batu pecah)

$W_r = 2400 \text{ kg/m}^3$ (untuk tetrapod)

- 1) Untuk $\cot \theta = 1,5$

Untuk lebar puncak batu pecah

$$\begin{aligned} B_1 &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\ &= 3 \times 1,15 \left(\frac{1101 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\ &= 2,57 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk lebar puncak tetrapod

$$\begin{aligned} B_1 &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\ &= 2 \times 2 \left(\frac{469 \text{ kg}}{2400 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\ &= 2,32 \text{ m} \end{aligned}$$

- 2) Untuk $\cot \theta = 2$

Untuk lebar puncak batu pecah

$$\begin{aligned} B_1 &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\ &= 3 \times 1,15 \left(\frac{826 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\ &= 3,05 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk lebar puncak tetrapod

$$\begin{aligned} B_1 &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\ &= 2 \times 2 \left(\frac{351 \text{ kg}}{2400 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\ &= 2,11 \text{ m} \end{aligned}$$

- 3) Untuk $\cot \theta = 3$

Untuk lebar puncak batu pecah

$$\begin{aligned} B_1 &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\ &= 3 \times 1,15 \left(\frac{551 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \end{aligned}$$

$$= 2,04 \text{ m}$$

Untuk lebar puncak tetrapod

$$\begin{aligned} B_1 &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\ &= 2 \times 2 \left(\frac{234 \text{ kg}}{2400 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\ &= 1,84 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Tebal lapis lindung pemecah gelombang

$$t = n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3}$$

dimana: $n = 2$ (untuk batu pecah maupun tetrapod)

$K_A = 1,15$ (untuk batu pecah)

$K_A = 2$ (untuk tetrapod)

$W_r = 2650 \text{ kg/m}^3$ (untuk batu pecah)

$W_r = 2400 \text{ kg/m}^3$ (untuk tetrapod)

1) Untuk $\cot \theta = 1,5$

Tebal lapisan 1 untuk batu pecah

$$\begin{aligned} t &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\ &= 2 \times 1,15 \left(\frac{1201 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\ &= 1,71 \text{ m} \end{aligned}$$

Tebal lapisan 1 untuk tetrapod

$$\begin{aligned} t &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\ &= 2 \times 2 \left(\frac{469 \text{ kg}}{2400 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\ &= 2,32 \text{ m} \end{aligned}$$

Tebal lapisan 2 hanya untuk batu pecah

$$\begin{aligned}
 t_2 &= n \times K_A \left(\frac{W_2}{W_r} \right)^{1/3} \\
 &= 2 \times 1,15 \left(\frac{110,1 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\
 &= 0,77 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2) Untuk $\cot \theta = 2$

Tebal lapisan 1 untuk batu pecah

$$\begin{aligned}
 t &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\
 &= 2 \times 1,15 \left(\frac{826 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\
 &= 1,56 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tebal lapisan 1 untuk tetrapod

$$\begin{aligned}
 t &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\
 &= 2 \times 2 \left(\frac{351 \text{ kg}}{2400 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\
 &= 2,11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tebal lapisan 2 hanya untuk batu pecah

$$\begin{aligned}
 t_2 &= n \times K_A \left(\frac{W_2}{W_r} \right)^{1/3} \\
 &= 2 \times 1,15 \left(\frac{82,6 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\
 &= 0,72 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3) Untuk $\cot \theta = 3$

Tebal lapisan 1 untuk batu pecah

$$\begin{aligned}
 t &= n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3} \\
 &= 2 \times 1,15 \left(\frac{551 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} \\
 &= 1,36 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tebal lapisan 1 untuk tetrapod

$$t = n K_A \left(\frac{W_1}{W_r} \right)^{1/3}$$

$$= 2 \times 2 \left(\frac{234 \text{ kg}}{2400 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3}$$

$$= 1,84 \text{ m}$$

Tebal lapisan 2 hanya untuk batu pecah

$$t_2 = n \times K_A \left(\frac{W_2}{W_r} \right)^{1/3}$$

$$= 2 \times 1,15 \left(\frac{55,1 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3}$$

$$= 0,63 \text{ m}$$

3. Menentukan Elevasi puncak

Elevasi puncak pemecah gelombang merupakan jumlah dari run up gelombang dan ditambah dengan dua kali selisih rerata pasang tertinggi dengan rerata pasang terendah serta tinggi bebas sebesar 0,5 m. Besarnya run up gelombang dapat dihitung dengan persamaan irribaren

Dari perhitungan pasang surut sebelumnya didapatkan beberapa elevasi muka air yaitu :

$$\text{HHWL} = 151,38 \text{ cm} = 1,51 \text{ m}$$

$$\text{MHWL} = 114,68 \text{ cm} = 1,14 \text{ m}$$

$$\text{MLWL} = 66,64 \text{ cm} = 0,66 \text{ m}$$

$$\text{LLWL} = 19,94 \text{ cm} = 0,19 \text{ m}$$

$$Z_0 = 1,14 - 0,66 = 0,48 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi puncak} = R_u + (2 \times Z_0) + \text{tinggi bebas}$$

Dimana R_u merupakan bilangan Run Up gelombang yang diperoleh dari fungsi irribaren persamaan 56.

a. Untuk $\cot \theta = 1,5$

$$H = 1,69$$

$$L = 123,47$$

$$I_r = \frac{\tan \theta}{(H/L_0)^{0,5}}$$

$$I_r = \frac{\frac{1}{1.5}}{(1,69 \text{ m} / 103,461 \text{ m})^{0.5}} = 5,2 \text{ m}$$

Dari grafik run up gelombang:

Untuk batu pecah

$$Ru/H = 1,30$$

$$Ru = 1,30 H$$

$$= 1,30 \times 1,69 \text{ m}$$

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

Untuk tetrapod

$$Ru/H = 0,80$$

$$Ru = 0,80 H$$

$$= 0,80 \times 1,69 \text{ m}$$

$$= 1,4 \text{ m}$$

$$Z_0 = 0,48 \text{ m}$$

Elevasi dari puncak

Untuk batu pecah

$$\begin{aligned} \text{Elevasi puncak} &= 2,2 \text{ m} + (2 \times 0,48 \text{ m}) + 0,5 \text{ m} \\ &= 3,66 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk tetrapod

$$\begin{aligned} \text{Elevasi puncak} &= 1,4 \text{ m} + (2 \times 0,48 \text{ m}) + 0,5 \text{ m} \\ &= 2,86 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Untuk $\cot \theta = 2$

$$H = 1,69$$

$$L = 103,461$$

$$I_r = \frac{\tan \theta}{(H/L_0)^{0.5}}$$

$$I_r = \frac{\frac{1}{2}}{(1,69 \text{ m} / 103,461 \text{ m})^{0.5}} = 3,9 \text{ m}$$

Dari grafik run up gelombang:

Untuk batu pecah

$$Ru/H = 1,05$$

$$\begin{aligned} Ru &= 1,05 H \\ &= 1,05 \times 1,69 \text{ m} \\ &= 1,77 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk tetrapod

$$\begin{aligned} Ru/H &= 0,80 \\ Ru &= 0,80 H \\ &= 0,80 \times 1,69 \text{ m} \\ &= 1,35 \text{ m} \\ Z_0 &= 0,48 \text{ m} \end{aligned}$$

Elevasi dari puncak

Untuk batu pecah

$$\begin{aligned} \text{Elevasi puncak} &= 1,77 \text{ m} + (2 \times 0,48 \text{ m}) + 0,5 \text{ m} \\ &= 3,26 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk tetrapod

$$\begin{aligned} \text{Elevasi puncak} &= 1,35 \text{ m} + (2 \times 0,48 \text{ m}) + 0,5 \text{ m} \\ &= 2,81 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Untuk $\cot \theta = 3$

$$H = 1,69$$

$$L = 103,461$$

$$I_r = \frac{\tan \theta}{(H/L_0)^{0,5}}$$

$$I_r = \frac{\frac{1}{3}}{(1,69 \text{ m} / 103,461 \text{ m})^{0,5}} = 2,61 \text{ m}$$

Dari grafik run up gelombang

Untuk batu pecah

$$\begin{aligned} Ru/H &= 0,95 \\ Ru &= 0,95 H \\ &= 0,95 \times 1,69 \text{ m} \\ &= 1,61 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk tetrapod

$$Ru/H = 0,70$$

$$Ru = 0,70 H$$

$$= 0,70 \times 1,69 \text{ m}$$

$$= 1,2 \text{ m}$$

$$Z_0 = 0,48 \text{ m}$$

Elevasi dari puncak

Untuk batu pecah

$$\begin{aligned} \text{Elevasi puncak} &= 1,6 \text{ m} + (2 \times 0,48 \text{ m}) + 0,5 \text{ m} \\ &= 3,06 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk tetrapod

$$\begin{aligned} \text{Elevasi puncak} &= 1,2 \text{ m} + (2 \times 0,48 \text{ m}) + 0,5 \text{ m} \\ &= 2,66 \end{aligned}$$

4. Menentukan Tinggi Pemecah Gelombang

Untuk $\cot \theta = 1,5$

a) Untuk Batu pecah

$$\begin{aligned} H_{\text{pemecah Batu}} &= E_{\text{pemecah Gel}} - E_{\text{Dua Laut}} \\ &= 3,66 - (-4) \\ &= 7,66 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Untuk tetrapod

$$\begin{aligned} H_{\text{pemecah Gel}} &= E_{\text{pemecah Gel}} - E_{\text{Dua Laut}} \\ &= 2,86 - (-4) \\ &= 6,86 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk $\cot \theta = 2$

a) Untuk Batu pecah

$$\begin{aligned} H_{\text{pemecah Gel}} &= E_{\text{pemecah Gel}} - E_{\text{Dua Laut}} \\ &= 3,23 - (-4) \\ &= 7,23 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Untuk tetrapod

$$\begin{aligned}
 H_{\text{pemecah Gel}} &= E_{\text{pemecah Gel}} - E_{\text{Das Laut}} \\
 &= 2,81 - (-4) \\
 &= 6,81 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk $\cot \theta = 3$

a) Untuk Batu pecah

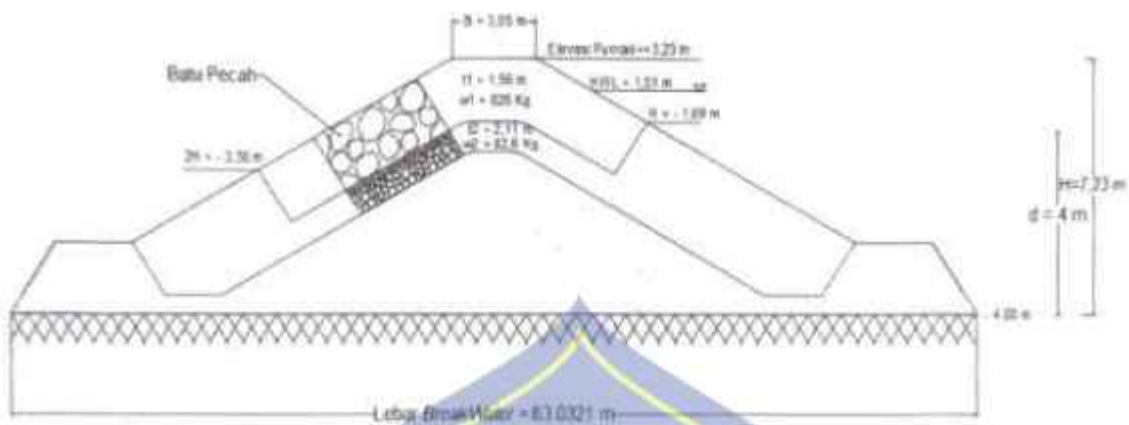
$$\begin{aligned}
 H_{\text{pemecah Gel}} &= E_{\text{pemecah Gel}} - E_{\text{Das Laut}} \\
 &= 3,06 - (-4) \\
 &= 7,06 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b) Untuk tetrapod

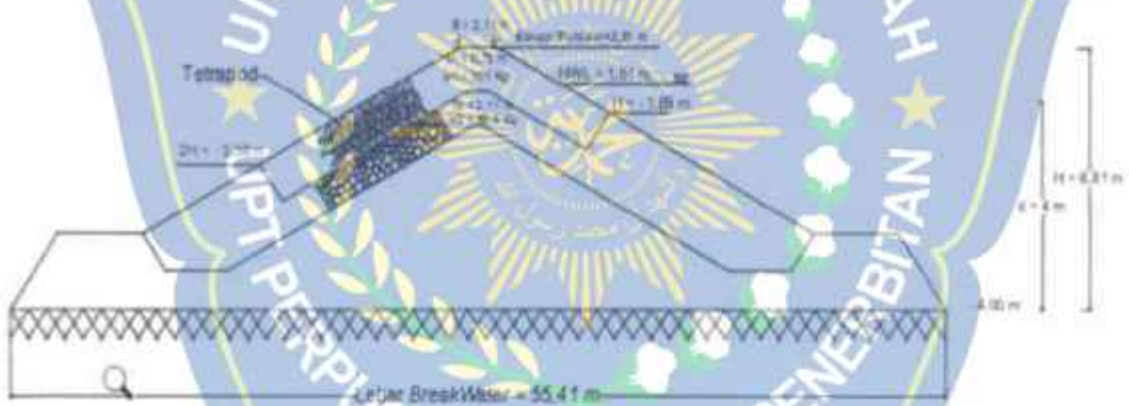
$$\begin{aligned}
 H_{\text{pemecah Gel}} &= E_{\text{pemecah Gel}} - E_{\text{Das Laut}} \\
 &= 2,66 - (-4) \\
 &= 6,66 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 55. Detail alternatif pemecah gelombang

Detail Desain	Alternatif I ($\cot \theta = 1,5$)		Alternatif II ($\cot \theta = 2$)		Alternatif III ($\cot \theta = 3$)	
	Batu Pecah	Tetrapod	Batu Pecah	Tetrapod	Batu Pecah	Tetrapod
Berat batu (kg)						
Layer I	1101	469	826	351	551	234
Layer II	110,1		82,6		55,1	
Lebar Puncak (m)						
	2,57	2,32	3,05	2,11	2,04	1,84
Tebal Lapis Lindung (m)						
Layer I	1,77	0,77	1,56	0,77	1,36	0,63
Layer II		2,32		2,11		1,84
Elevasi Puncak (m)						
	3,66	2,86	3,23	2,81	3,06	2,65
Tinggi breakwater (m)						
	7,66	6,86	7,23	6,81	7,06	6,65



Gambar 34. Sketsa pemecah gelombang batu pecah dengan kemiringan $\cot \theta = 2$.



Gambar 35. Sketsa pemecah gelombang tetrapod dengan kemiringan $\cot \theta = 2$.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan perhitungan dengan mengacu pada teori dan rumus-rumus empiris serta parameter-parameter yang ada, maka kami telah menarik suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Tipe pemecah gelombang yang digunakan dalam perencanaan breakwater yaitu pemecah gelombang dengan tipe sisi miring. Faktor sehingga pemecah gelombang dengan tipe sisi miring yaitu tinggi gelombang pecah dan kedalaman laut pada waktu gelombang pecah. Dimana dari hasil perhitungan gelombang pecah diperoleh ketinggian gelombang pecah yaitu sebesar 2,32 dan kedalaman 2,86 m.
2. Elevasi puncak bangunan yang didapatkan dalam perencanaan Breakwater di daerah Pantai Tanasaju yaitu pada kemiringan 1: 1,5 untuk batu pecah sebesar 3,66 m dan tetrapod sebesar 2,86 m, pada kemiringan 1:2 untuk batu pecah sebesar 3,23 m dan tetrapod sebesar 2,81 m dan pada kemiringan 1: 3 untuk batu pecah sebesar 3,06 m dan tetrapod sebesar 2,66 m.

B. Saran

1. Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut demi kesempurnaan penelitian agar dapat bermanfaat disarankan melanjutkan perhitungan desain bangunan breakwater .
2. Analisis finansial perlu dikaji lebih lanjut untuk menentukan alternatif kemiringan mana yang lebih efektif untuk direalisasikan ,
3. Pemilihan tipe pemecah gelombang sisi miring lebih mudah diperbaiki, kerusakan pada pemecah gelombang ini perlu secara rutin diperhatikan dan dilakukan perawatan yang berlanjut karena kerusakannya dapat terjadi secara berangsur-angsur.



DAFTAR PUSTAKA

- Andi Makbul Syamsuri, Dadang Suriamihardja, Arsyad Thaha, Taufiqur Rachman. 2019. *Pengaruh Periode Dan Kedalaman Air Terhadap Kecuraman Gelombang Pada Flume Dan Kedalaman Air Terhadap Gelombang*. Prosiding Seminar Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Dronkers, J. J. (1964). *Tidal computations in rivers and coastal waters*.
- Ichsan, I., & Suleman, A. H. (2018). Analisis perencanaan break water dalam penanganan sedimentasi pantai di Desa Botubarani. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 1(1), 82-93.
- Ippen (1996) Ihler Firth & Skurray, R. A. (1996). *Structure and function of the F factor and mechanism of conjugation*. Escherichia coli and Salmonella: cellular and molecular biology, 2nd ed. ASM Press, Washington, DC, 2377-2401.
- Jufri Karto, M. Ihsan Jasin, Jeffry D. Mamoto, 2015. Analisis Pasang Surut Di Pantai Nuangm (Desa Iyok) Boltim Dengan Metode Admiralty. Dalam Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.6 Juni 2015 (391-402) Hal. 394-395. ISSN: 2337-6732.
- Mulyahakti Chandrika dan Jasin Ihsan, 2016. Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. Dalam Jurnal Teknik Sipil Statik Vol. 4, No. 9, Hal 585-594. ISSN : 2337-6732.
- Nadia Friska Mareisa dan Yosyea Oktaviandra, 2019. Analisis Karakteristik Gelombang Laut Menggunakan Software Windwave-12 (Studi Kasus : Kepulauan Mentawai). Dalam Jurnal Oseana. Vol. 44, No. 2. Hal. 10-24. p- ISSN : 0216-1877, e-ISSN : 2714-7185.
- Nur, M. T. (2004). *Abrasi pantai dan proses bermigrasi*. Desertasi Program Studi Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup (PKLH). Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Jakarta.
- Pariwono, J. I., & Manurung, P. *Variasi Muka Laut Dan Arus Geostrofik Permukaan Perairan Selat Sunda Berdasarkan Data Pasut Dan Angin Tahun 2008*. Sea Level Variation And Geostrophic Current Of The Sunda Strait Based On Tidal And Wind Data In Year 2008
- Parauba, R., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2016). Analisis karakteris gelombang pecah di pantai niampak utara. *Jurnal Sipil Statik*, 4(10).
- Sasongko, D. P. (2014). Menentukan tipe pasang surut dan muka air rencana perairan laut Kabupaten Bengkulu Tengah menggunakan metode admiralty. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 6(1), 1-12.

Soedjono, E. S. (2011) Priambodo, G., Mangkoedihardjo, S., Hadi, W., Soedjono, E. S. (2011). *Wastewater treatment strategy for fish processing industry in Kota Pantai Muncar of Indonesia*. International Journal of Academic Research, 3(2), 93-97.

Sulaiman, A., & Soehardi, I. (2008). *Pendahuluan Geomorfologi Pantai Kuantitatif. E-book, LIPI*.

Suwedi, N. (2011). *Teknologi penanggulangan dan pengendalian kerusakan lingkungan pesisir, pantai dan laut untuk mendukung pengembangan pariwisata*. Jurnal Teknologi Lingkungan, 7(2).

Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta offset. Yogyakarta.

Triatmodjo, B. 2011. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta offset. Jogjakarta

Triatmodjo, B., 2003, Pelabuhan, Beta offset, Yogyakarta

Wigati, R., Priyambodho, B. A., & Sasmita, S. I. (2018). Perencanaan Pemecah Gelombang (Breakwater) Sisi Miring Di Pelabuhan Merak Dengan Menggunakan Batu Pecah dan Tetrapod. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 7(2).

Wyrtki, K. (1961). *Physical oceanography of the Southeast Asian waters* (Vol. 2). University of California, Scripps Institution of Oceanography.

