

SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI UNTUK

PENANGANAN ABRASI PANTAI PA'LALAKKANG

KEC. GALESONG UTARA KAB. TAKALAR



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

Disusun dan Diajukan Oleh:

MUSLIM

105 81 11012 17

ZULFIKAR

105 81 11092 17

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2022



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Muslim** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11012 17 dan **Zulfikar** dengan nomor induk mahasiswa 105 81 11092 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 694/05/A.4-II/VIII/44/2022, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Selasa tanggal 30 Agustus 2022.

Panitia Ujian:

Makassar, 03 Safar 1444 H  
30 Agustus 2022 M

1. Pengawas Umum:

- a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar  
Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag
- b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Israh Ramli, ST., MT

2. Penguji:

- a. Ketua : Ir. Muft. Sya'at S. Kuba, ST., MT
- b. Sekretaris : Dr. Fitriyah Arief Warigsa, ST., MT

3. Anggota: 1. Dr. Ir. Muh. Yunus Ali, ST., MT., IPM

2. Amrullah Mansida, ST., MT., IPM

3. Kasmawati, ST., MT

Mengetahui:

Pembimbing

Pembimbing II

  
Dr. Ir. H. Riswal K, ST., MT., IPM

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



Dekan Fakultas Teknik

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

NBM. 796 108



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

# FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : **STUDI PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI UNTUK PENANGANAN ABRASI PANTAI PA'LALAKKANG KEC. GALESONG UTARA KAB. TAKALAR**

Nama : MUSLIM

ZULFIKAR

No. Stambuk : 105 81 11012 17

105 81 11092 17

Makassar, 31 Agustus 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui

Orang-orang Bertanggung Jawab

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. H. Riswal K, ST., MT.,IPM

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

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan

Dr. Ir. M. Agusalim, S.T., M.T

NBM : 947 993

# STUDI PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI UNTUK PENANGANAN ABRASI PANTAI PA'LALAKKANG KEC. GALESONG UTARA KAB. TAKALAR

Muslim<sup>1</sup> | Zulfikar<sup>2</sup> | Riswal, K<sup>3</sup> | Andi Makbul Syamsuri<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia  
Email : zulfikar152@u.umh.ac.id

## Abstrak

Indonesia sebagai Negara kepulauan yang memiliki pantai terpanjang di dunia yang membutuhkan banyak pemecah gelombang (termasuk sea wall) bukan saja melindungi pantai dari hempasan gelombang yang mengancam berbagai kawasan di sekitarnya tetapi juga dapat terjadinya erosi di daerah pantai. Banyak kasus pembangunan di pantai yang tidak tahan lingkungan yang tidak hanya untuk memecahkan masalah, tetapi bahkan justru menimbulkan masalah lain di sekitarnya. Tidak sedikit ditemukan struktur pemukiman pantai seperti tembok laut (seawall) dan revetment yang baru dibangun tetapi sudah mengalami kerusakan keruntuhan akibat erosi pada kaki bangunan dan erosi dasar bangunan oleh adanya limpasan gelombang ke daratan. Pantai Pa'lalakkang merupakan salah satu daerah pantai yang berada di kabupaten Takalar, wilayah pantai Pa'lalakkang dikenal sebagai kawasan permukiman manusia sebagai kawasan pemukiman dan daerah nelayan. Permasalahan yang terjadi pada pantai Pa'lalakkang yaitu berupa mundurnya garis pantai akibat terjadinya erosi pantai, terjadinya proses transport sedimen, perubahan iklim global dan juga terjadinya suatu kejadian ekstrem misalnya angin kencang yang dapat menimbulkan kerusakan sepanjang garis pantai, kerusakan akibat kegiatan manusia seperti pembangunan pemukiman di pantai, pembangunan bangunan yang menjorok ke arah laut dan pemukiman permukiman lahan yang dapat mengakibatkan rusaknya permukiman penduduk yang berada di sepanjang pantai Pa'lalakkang. Untuk melindungi pantai dari kerusakan akibat abrasi diperlukan adanya penelitian yang berkaitan dengan bangunan pelindung pantai. Penelitian ini bertujuan mendesain dimensi bangunan pelindung pantai Sea wall dan menganalisis tipe bangunan pelindung pantai Sea wall untuk penanganan abrasi pantai Pa'lalakkang.

**Kata Kunci :** Abrasi, Pantai, Pa'lalakkang, Pantai, Seawall

## Abstract

Indonesia as an archipelagic country which has the longest beach in the world which requires many breakwaters (including seawalls) not only protects the coast from the waves that threaten various surrounding areas but also prevents scouring in the coastal area. Many cases of development on the coast that are not environmentally friendly not only solve the problem, but even in creating other problems in the vicinity. Not a few found coastal protection structures such as seawalls and revetments which are newly built but have been damaged/collapsed due to scouring at the foot of the building or erosion of the base of the building by runoff to the mainland. Pa'lalakkang Beach is one of the coastal areas in Takalar district, the Pa'lalakkang beach area is used for human activities as a residential area and fishing area. The problems that occur on the Pa'lalakkang beach are in the form of the retreat of the coastline due to the brunt of the waves, the occurrence of sediment transport processes, global climate change and also the force of extreme events such as strong winds that can cause damage along the coastline, damage due to human activities such as building in coastal waters, the construction of buildings that protrude towards the sea and land subsidence which can cause damage to residential areas along the Pa'lalakkang coast. To protect the coast from damage caused by abrasion, research related to coastal protection buildings is needed. This study aims to design the dimensions of the Sea wall coastal protection building and analyze the type of sea wall protective building for handling Pa'lalakkang coastal abrasion.

**Keywords :** Abrasion, Beach, Pa'lalakkang, Wave, Sea wall

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada Jurusan Sipil Pengukuran Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah **"Studi Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Penanganan Abrasi Pantai Pa'bilakkang Kec. Galesong Utara Kab. Takalar"**. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa didalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan karena penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungannya-perhitungannya. Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

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 terimakasih 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, ST., MT., IPM. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Ir. M. Agusalin S.T., M.T. sebagai Ketua Prodi Teknik Pengairan, Bapak Muh Amir Zainuddin S.T., M.T., IPM sebagai sekretaris prodi Teknik pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Ir. H. Riwaj Kemana, ST., MT., IPM selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Andi Mubdal Syamsuri S.T., M.T., IPM. selaku Pembimbing II, yang banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
5. Bapak dan Ibu dosen serta para staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayah dan Ibuanda yang tercinta, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan 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 tugas akhir yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan – rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin. "Bilahi Fii Sabill Haq Fastabiqul Khaerat".

Makassar, Juli 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

SAMPUL.....	I
HALAMAN PERSETUJUAN.....	II
ABSTRAK.....	IV
KATA PENGANTAR.....	V
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR PERSAMAAN.....	XIII
DAFTAR TABEL.....	XVI
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar belakang.....	1
B. Rumusan masalah.....	2
C. Tujuan penelitian.....	3
D. Manfaat penelitian.....	3
E. Batasan masalah.....	3
E. Sistematika penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
A. Definisi Pantal.....	6
B. Data Angin.....	7
C. <i>Fetch</i> .....	10
D. Gelombang.....	11

1).	Gelombang Signifikan.....	12
2).	Pemilihan Tinggi Gelombang.....	13
3).	Kala Ulang Gelombang Rencana.....	14
4).	Peramalan Gelombang.....	17
5).	<i>Refraksi</i> Gelombang.....	18
6).	Gelombang Rencana.....	19
7).	Gelombang Pecah.....	19
E.	<i>Run up</i> Gelombang.....	23
F.	<i>Fluktuasi</i> Muka Air Laut.....	25
a.	Pasang Surut.....	25
1.	Metode <i>Abdrals</i> .....	26
2.	Penentuan Jenis Pasang Surut.....	29
3.	Elevasi Muka Air Laut Rencana.....	30
b.	Kenaikan Muka Air Karena Gelombang ( <i>Wave Set-Up</i> ).....	32
c.	Kenaikan Muka Air Karena Angin ( <i>Wind Set-Up</i> ).....	33
d.	Pemanasan Global.....	34
G.	Elevasi Muka Air Laut Rencana.....	35
H.	Bangunan Pantai Sisi Miring.....	36
1.	Bahan Lapis Pengaman Pantai.....	36
2.	Stabilitas Batu Lapis Lindung.....	37
3.	Tebal dan Jumlah Batu Lapis Pengaman.....	39
4.	Tinggi Bangunan <i>Sea wall</i> .....	39
5.	Lebar Puncak Bangunan Pengaman.....	40



I.	Kontrol Stabilitas Pengaman Kaki (Toe Protection).....	40
J.	Bangunan Pelindung Pantai .....	42
K.	Penelitian Terdahulu .....	48
L.	Kerangka Pikir .....	50
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>52</b>
A.	Waktu dan Tempat Pengambilan data .....	52
B.	Jenis Penelitian Dan Sumber Data .....	52
C.	Variabel Penelitian .....	53
D.	Alat Yang Digunakan .....	54
E.	Metode Pengumpulan Data .....	54
F.	Teknik Analisa Data .....	56
G.	Bagan Alur Penelitian .....	57
<b>BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL .....</b>		<b>58</b>
A.	Data Angin .....	58
B.	<i>Fetch</i> .....	59
C.	Pembangkitan Gelombang Oleh Angin .....	64
D.	Analisis Gelombang .....	68
1.	Analisa Gelombang Signifikan .....	68
4.4.1.	Peramalan dan Penentuan Tinggi Gelombang Maksimum .....	72
4.4.2.	Perhitungan Cepat Rambat Gelombang di Laut Dalam .....	76
4.4.3.	<i>Bathimetri</i> .....	77
4.4.4.	Perhitungan Tinggi Gelombang Rencana .....	81
4.4.5.	Gelombang Pecah .....	84

E.	<i>Fluktuasi Muka Air Laut</i> .....	88
1.	Pasang Surut.....	88
2.	Kenaikan Muka Air Akibat Gelombang ( <i>Wave Set Up</i> ).....	99
3.	Kenaikan Muka Air Akibat Angin ( <i>Wind Set Up</i> ).....	99
4.	Pemerasan Global.....	100
F.	Penentuan Tipe Bangunan Perintang Pantai.....	100
G.	Perhitungan Dimensi Bangunan Sea wall.....	102
1.	Elevasi Muka Air Rencana (DWL).....	102
2.	Penentuan <i>R<sub>0.1%</sub></i> gelombang.....	103
3.	Perhitungan Tinggi Bangunan <i>Sea wall</i> .....	104
4.	Perhitungan Berat Batu Lapis Lindung.....	104
5.	Perhitungan Lebar Puncak Bangunan.....	105
6.	Perhitungan Tebal Lapisan Dinding Pengaman.....	105
7.	Perhitungan Jumlah Lapis Dinding Pengaman.....	106
8.	Perhitungan Pengaman Kaki Bangunan ( <i>Toe Protection</i> ).....	106
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>111</b>
A.	Kesimpulan.....	111
B.	Saran.....	111
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		<b>112</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Definisi dan Batasan Pantai .....	7
Gambar 2. Distribusi Vertical Kecepatan Angin .....	8
Gambar 3. Grafik Hubungan Kecepatan Angin di Laut dan Darat .....	9
Gambar 4. <i>Fetch</i> .....	11
Gambar 5. Grafik peramalan gelombang signifikan (SPM, 1984) .....	12
Gambar 6. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah ( $H_b$ ) .....	21
Gambar 7. Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah ( $d_b$ ) .....	22
Gambar 8. Proses Gelombang Pecah .....	23
Gambar 9. <i>Run up</i> gelombang .....	23
Gambar 10. Tinggi relatif <i>run-up</i> untuk berbagai jenis lapis lindung .....	24
Gambar 11. Praktisan keretakan muka air laut akibat pemanasan global .....	35
Gambar 12. Elevasi muka air laut rencana .....	35
Gambar 13. Pelindung kaki bangunan .....	41
Gambar 14. Grafik angka stabilitas untuk fondasi dan pelindung kaki .....	42
Gambar 15. Klasifikasi bangunan pelindung pantai .....	43
Gambar 16. Contoh bangunan <i>revetment</i> pada pantai .....	44
Gambar 17. Contoh tembok laut ( <i>curved seawall</i> ) pada pantai .....	45
Gambar 18. Contoh tanggul laut ( <i>sea dike</i> ) pada pantai .....	45
Gambar 19. Contoh <i>Bulkheads</i> pada pantai .....	46
Gambar 20. Contoh <i>Groin</i> pada pantai .....	47
Gambar 21. Contoh <i>Jetty</i> pada pantai .....	47
Gambar 22. Contoh <i>breakwater</i> pada pantai .....	48

Gambar 23. Bagan Kerangka Pikir.....	50
Gambar 24 Lokasi pada Penelitian.....	52
Gambar 25. Bagan Penelitian.....	57
Gambar 26. Mawar angin dari tahun 2012 – 2021.....	59
Gambar 27. Angin yang berpotensi menimbulkan gelombang.....	60
Gambar 28. Panjang <i>feteh</i> dari arah barat Daya, Barat dan Barat Laut.....	61
Gambar 29. Grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat.....	66
Gambar 30. Grafik hubungan antara tinggi gelombang Dengan Periode Gelombang.....	70
Gambar 31. Mawar gelombang di perairan Pa'lalakkang dari tahun 2012 - 2021.....	72
Gambar 32. Peta bathimetri.....	78
Gambar 33. Profil melintang bathimetri daerah pantai Pa'lalakkang.....	79
Gambar 34. Penentuan sudut datangnya gelombang di pantai Pa'lalakkang.....	82
Gambar 35. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (Hb).....	85
Gambar 36. Grafik Penentuan kedalaman Gelombang Pecah (Hb).....	87
Gambar 37. Grafik elevasi muka air di lokasi penelitian.....	98
Gambar 38. Prakiraan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global.....	100
Gambar 39. Grafik <i>Run-up</i> Gelombang.....	103
Gambar 40. Grafik <i>Run-up</i> Gelombang.....	108
Gambar 41. Bangunan Pelindung Pantai.....	110

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 1. Koreksi Tegangan Angin .....	8
Persamaan 2. Koreksi Tegangan Angin di laut dan di Darat .....	8
Persamaan 3. Faktor Tegangan Angin .....	9
Persamaan 4. Koreksi Durasi Angin .....	9
Persamaan 5. Koreksi Durasi Angin .....	10
Persamaan 6. Koreksi Durasi Angin .....	10
Persamaan 7. Rata-rata Koreksi Durasi Angin .....	10
Persamaan 8. <i>F</i> -test Rerata .....	11
Persamaan 9. Tinggi Gelombang Signifikan .....	13
Persamaan 10. Periode Gelombang Signifikan .....	13
Persamaan 11. Peramalan Gelombang Metode <i>Fisher-Tippett type 1</i> .....	14
Persamaan 12. Peramalan Gelombang Metode <i>Fisher-Tippett type 1</i> .....	15
Persamaan 13. Peramalan Gelombang Metode <i>Fisher-Tippett type 1</i> .....	15
Persamaan 14. Peramalan Gelombang Metode <i>Fisher-Tippett type 1</i> .....	15
Persamaan 15. Peramalan Gelombang Metode <i>Fisher-Tippett type 1</i> .....	15
Persamaan 16. Peramalan Gelombang Metode <i>Fisher-Tippett type 1</i> .....	15
Persamaan 17. Peramalan Gelombang Metode <i>Fisher-Tippett type 1</i> .....	16
Persamaan 18. Peramalan Gelombang Metode <i>Fisher-Tippett type 1</i> .....	16
Persamaan 19. Peramalan Gelombang Metode <i>Fisher-Tippett type 1</i> .....	16
Persamaan 20. Cepat Rambat Gelombang Laut Dangkal .....	17
Persamaan 21. Panjang Gelombang Laut Dangkal .....	17
Persamaan 22. Cepat Rambat Gelombang Laut Transisi .....	17

Persamaan 23. Panjang Gelombang Laut Transisi.....	17
Persamaan 24. Cepat Rambat Gelombang Laut Dalam.....	17
Persamaan 25. Panjang Gelombang Laut Dalam.....	18
Persamaan 26. Koefisien <i>Refraksi</i> .....	18
Persamaan 27. Koefisien <i>Shooting</i> .....	18
Persamaan 28. Sudut Arah Derasnya Gelombang.....	18
Persamaan 29. Tinggi Gelombang di Kedalaman Tertentu.....	19
Persamaan 30. Tinggi Gelombang di Kedalaman Ekuivalen.....	20
Persamaan 31. Indeks Tinggi Gelombang Pecah.....	20
Persamaan 32. Indeks Tinggi Gelombang Pecah.....	20
Persamaan 33. Indeks Kedalaman Gelombang Pecah.....	20
Persamaan 34. Indeks Kedalaman Gelombang Pecah.....	20
Persamaan 35. Perhitungan Kemiringan.....	21
Persamaan 36. Perhitungan Kemiringan.....	21
Persamaan 37. Jarak Proses Terjadinya Gelombang Pecah.....	22
Persamaan 38. <i>Run Up</i> Gelombang.....	24
Persamaan 39. <i>Run Up</i> Gelombang.....	24
Persamaan 40. <i>Run Up</i> Gelombang.....	24
Persamaan 41. <i>Run Up</i> Gelombang.....	24
Persamaan 42. Bilangan <i>Formzahl</i> .....	29
Persamaan 43. Elevasi Muka Air Rencana Pasang Surut.....	32
Persamaan 44. Elevasi Muka Air Rencana Pasang Surut.....	32
Persamaan 45. Elevasi Muka Air Rencana Pasang Surut.....	32

Persamaan 46. Elevasi Muka Air Rencana Pasang Surut .....	32
Persamaan 47. Elevasi Muka Air Rencana Pasang Surut .....	32
Persamaan 48. Elevasi Muka Air Rencana Pasang Surut .....	32
Persamaan 49. Elevasi Muka Air Rencana Pasang Surut .....	32
Persamaan 50. Elevasi Muka Air Rencana Pasang Surut .....	32
Persamaan 51. Elevasi Muka Air Rencana Pasang Surut .....	32
Persamaan 52. Elevasi Muka Air Rencana Pasang Surut .....	32
Persamaan 53. Kenaikan Muka Air Akibat Gelombang .....	33
Persamaan 54. Kenaikan Muka Air Akibat Gelombang .....	33
Persamaan 55. Kenaikan Muka Air Akibat Gelombang .....	33
Persamaan 56. Kenaikan Muka Air Akibat Angin .....	34
Persamaan 57. Kenaikan Muka Air Akibat Angin .....	34
Persamaan 58. Elevasi Muka Air Rencana .....	35
Persamaan 59. Rumus Hudson .....	37
Persamaan 60. Rumus Hudson .....	37
Persamaan 61. Diameter Batu .....	37
Persamaan 62. Tebal Lapis Lindung .....	39
Persamaan 63. Jumlah Lapis Batu Dalam Lapis Pelindung .....	39
Persamaan 64. Tinggi Bangunan Pelindung Pantai .....	39
Persamaan 65. Lebar Puncak Bangunan Pelindung Pantai .....	40
Persamaan 66. Kontrol Stabilitas Pengaman Kaki .....	41
Persamaan 67. Kontrol Stabilitas Pengaman Kaki .....	41

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Pedoman pemilihan jenis Gelombang .....	14
<b>Tabel 2.</b> Koefisien Untuk Menghitung Deviasi Standar.....	16
<b>Tabel 3.</b> Koefisien stabilitas $K_D$ untuk berbagai jenis butir.....	37
<b>Tabel 4.</b> Koefisien lapis $K_A$ untuk berbagai jenis butir .....	38
<b>Tabel 5.</b> Interval kejadian angin berdasarkan arah datangnya di lokasi studi .....	58
<b>Tabel 6.</b> Persentasi kejadian angin rata-rata berdasarkan interval kecepatan .....	58
<b>Tabel 7.</b> Perhitungan <i>fetch</i> efektif arah utara .....	62
<b>Tabel 8.</b> Perhitungan <i>fetch</i> efektif arah barat daya .....	62
<b>Tabel 9.</b> Perhitungan <i>fetch</i> efektif arah Barat .....	63
<b>Tabel 10.</b> Perhitungan <i>fetch</i> efektif arah Barat Laut .....	63
<b>Tabel 11.</b> Data <i>fetch</i> di lokasi studi .....	64
<b>Tabel 12.</b> Perhitungan Koreksi Tegangan Angin Tahun 2012 Pantai Pa'lalakkang .....	67
<b>Tabel 13.</b> Perhitungan Gelombang Signifikan Tahun 2012 Pantai Pa'lalakkang .....	69
<b>Tabel 14.</b> Tinggi dan periode gelombang signifikan maksimum tahunan .....	70
<b>Tabel 15.</b> Persentasi kejadian tinggi gelombang dan periode gelombang berdasarkan arah datangnya di lokasi studi .....	71
<b>Tabel 16.</b> Perhitungan Tinggi Gellombang Maksimum Tahunan Dengan Metode <i>Fisher-tippett type 1</i> .....	73
<b>Tabel 17.</b> Hasil Perhitungan Dengan Periode Ulang tertentu .....	76
<b>Tabel 18.</b> Hasil analisis kurtosis .....	80
<b>Tabel 19.</b> Kategori kemiringan lereng .....	81
<b>Tabel 20.</b> Data pasang surut 15 hari interval 1 jam .....	89
<b>Tabel 21.</b> Penyusunan Hasil Perhitungan Dari Skema 2 .....	90



Tabel 22. Penyusunan hasil perhitungan dari skema 3.....	91
Tabel 23. Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y.....	92
Tabel 24. Penyusunan hasil perhitungan besaran X dan Y dari konstanta-konstanta pasut untuk 15 piantan yang diperoleh dari Skema 5 dan 6.....	93
Tabel 25. Hasil Skema VII.....	94
Tabel 26. Skema VIII.....	94
Tabel 27. Tabel hasil matisia konstanta harmonie pasang surut.....	95
Tabel 28. Tabel pasang surut lokasi pantai Pa'halakkang.....	99
Tabel 29. Tipe dan Fungsi Struktur Pengaman Pantai.....	101
Tabel 30. Detail desain <i>Sea wall</i> .....	109

## BAB I PENDAHULUAN

### A. Latar belakang

Indonesia negara kepulauan yang memiliki pantai terpanjang di dunia yang memerlukan banyak pemecah gelombang (termasuk *Groin* dan *sea wall*) bukan saja melindungi pantai dari hempasan gelombang yang mengancam berbagai kawasan di sekitarnya tetapi juga mencegah terjadinya gerusan di jangkai pantai. Banyak kasus pembangunan di pantai yang tidak tahan lingkungan yang tidak hanya gagal untuk memecahkan masalah, tetapi bahkan hasilnya menimbulkan masalah lain di sekitarnya. Tidak sedikit ditemukan struktur pertahanan pantai seperti tembok laut (*seawall*) dan *revetment* yang baru dibangun tetapi telah mengalami kerusakan/keruntutan akibat gerusan pada kaki bangunan atau erosi dasar bangunan oleh adanya hempasan gelombang ke daratan (Anli Maltul Syarisuri 2019).

Abrasi pantai dapat terjadi sebagai akibat serangan gelombang atau akibat dari aktivitas manusia seperti penanaman mangrove, pemambangan karang pantai, pembangunan pelabuhan atau pembangunan pantai lainnya, perluasan areal tambak hingga ke tepi pantai tanpa memandang batas wilayah pantai. Penyebab terjadinya abrasi pantai yaitu pengikisan di daerah pantai akibat gelombang dan arus laut yang sifatnya destruktif atau merusak. Sehingga abrasi dapat mengakibatkan rusaknya infrastruktur pemukiman penduduk disekitar pantai dan mundurnya garis pantai.

Pantai Pa'lalakkang merupakan salah satu daerah pantai yang berada di kabupaten Takalar, wilayah sekitaran pantai Pa'lalakkang dimanfaatkan untuk aktifitas manusia sebagai kawasan pemukiman dan daerah nelayan.

Berdasarkan pada hasil tinjauan yang telah dilakukan bersama masyarakat setempat, maka dapat diketahui bahwa pokok permasalahan yang terjadi pada pantai Pa'lalakkang yaitu berupa mundurnya garis pantai akibat terjangan gelombang, terjadinya proses transportasi sedimen, perubahan iklim global dan juga terjadinya suatu kejadian ekstrem seperti misalnya angin kencang yang dapat menimbulkan kerusakan disepanjang garis pantai, kerusakan akibat kegiatan manusia seperti penambangan pasir dipantai, pembangunan bangunan yang menjorok ke arah laut dan penurunan permukaan tanah yang dapat mengakibatkan rusaknya permukiman penduduk yang berada di sepanjang pantai Pa'lalakkang. Untuk melindungi pantai dari kerusakan yang diakibatkan oleh abrasi diperlukan adanya penelitiai yang berkaitan dengan bangunan pelindung pantai. Bangunan pelindung pantai seperti *breakwater*, *Jetty*, *revetment* dan  *groin* adalah infrastruktur yang dibangun di garis pantai yang berhimpit sebagai pelindung pantai, untuk mengurangi besarnya gelombang yang samudra di daerah pantai.

Sehubungan dengan pokok permasalahan pantai yang terjadi diatas maka penulis terkesan untuk mengangkat tugas akhir dengan judul "**Studi Perencanaan Bangunan Pantai dalam Penanganan Abrasi Pantai Pa'lalakkang**"

## **B. Rumusan masalah**

1. Bagaimana dimensi bangunan pelindung pantai untuk penanganan abrasi pantai Pa'lalakkang ?
2. Bagaimana menganalisis tipe bangunan pelindung pantai untuk penanganan abrasi pantai Pa'lalakkang ?

### C. Tujuan penelitian

Terkait dengan rumusan masalah diatas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendesain dimensi bangunan pelindung pantai *Sea wall* untuk penanganan abrasi pantai Palalakkang.
2. Untuk menganalisis tipe bangunan pelindung pantai *Sea wall* untuk penanganan abrasi pantai Palalakkang

### D. Manfaat penelitian

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

1. Memberikan pengetahuan tentang teknik pantai khususnya dalam bidang perencanaan bangunan pantai.
2. Memberikan pengetahuan mengenai pasang surut dan muka air rencana dalam menentukan elevasi bangunan pelindung pantai yang sesuai dengan pokok permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian.
3. Memperoleh pemahaman dan penjelasan bagi peneliti, khususnya dalam mengembangkan penelitian yang berkaitan dengan perencanaan bangunan pelindung pantai.

### E. Batasan masalah

Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah, maka diperlukan adanya pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis perencanaan dimensi bangunan pelindung pantai dan elevasi muka air rencana untuk penanganan abrasi dengan menggunakan data primer dan data sekunder.
2. Parameter fisik yang tidak terukur diumumkan berdasarkan literatur yang ada.
3. Panjang garis pantai yang akan dilakukan sebagai lokasi penelitian berjarak sekitar 500 meter

#### F. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan disusun agar sebuah metode atau urutan dalam menyelesaikan sebuah penelitian tetap tersusun secara struktural pada tujuan yang ingin dicapai. Sistematika penulisan yang ditulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

**Bab I Pendahuluan;** Bagian ini memuat landasan masalah permasalahan, rencana masalah, sasaran penelitian, manfaat penelitian, hambatan penelitian dan sistematika penyusunan. Bagian ini menggambarkan hal-hal yang diperhatikan, menjelaskan alasan dan arti penting hasil eksplorasi untuk kemajuan daerah yang terkena dampak abrasi/erosi pantai, perluasan sebagai batas yang direkam dalam bentuk hard copy, serta sistematika dan keterkaitan pengenalan untuk setiap bagian.

**Bab II Tinjauan Pustaka;** Pada bagian ini, memberikan garis besar atau menggambarkan berbagai karya tulis yang berhubungan dengan penelitian/percakapan, dan menggambarkan hipotesis yang berhubungan dengan penelitian untuk memberikan gambaran yang akan digunakan dalam menyusun dan menyelidiki masalah.

**Bab III Metode Penelitian:** Pada bagian ini menjelaskan tentang luasnya pemeriksaan, gambaran umum eksplorasi, tahapan-tahapan pemeriksaan dan diagram alur pemeriksaan

**Bab IV Pembahasan :** Bab ini berisikan tentang uraian dari pekerjaan yang telah dilaksanakan, termasuk kendala-kendala yang terjadi dalam proses pelaksanaan pekerjaan, baik kendala teknis maupun non-teknis serta pembahasan hasil dari pengolahan data.

**Bab V Kesimpulan Dan Saran :** Bab ini merupakan kesimpulan yang diperoleh dari pelaksanaan pekerjaan dan saran yang dapat menjadi sebuah acuan kedepan agar lebih baik.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Definisi Pantai

Di Indonesia, terdapat dua pembahasan tentang pantai yang sering keliru digunakan, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pesisir ialah wilayah daratan di tepi lautan yang masih dipengaruhi oleh lautan, misalnya pasang surut air laut, angin yang berhembus dilaut dan perombesan air laut, sedangkan pantai adalah wilayah yang berada di tepi periran dan sungai dipengaruhi oleh air pasang surut yang tertinggi dan terendah (Bambang Triatmodjo, 2011). Wilayah daratan adalah wilayah yang berada di atas dan dibawah suatu permukaan tanah yang dimulai dari batas garis aliran yang paling tinggi. Wilayah laut adalah wilayah berada di atas dan dibawah permukaan laut yang mulai dari sisi laut pada garis surut paling rendah, termasuk dasar laut dan sebagian bumi di bawahnya. Garis pantai merupakan garis batas antara air, darat dan laut yang posisinya tidak tetap dan dapat bergerak yang ditunjukkan oleh pasang surut dan disintegrasi tepi laut yang terjadi. Sempadan pantai merupakan kawasan tertentu di sepanjang pantai yang memiliki keuntungan signifikan untuk menjaga dan mempertahankan kelestarian fungsi pantai. Kriteria sempadan pantai tersebut berupa suatu wilayah yang terletak pada sepanjang tepian pantai yang dimana bentuk dan lebarnya sesuai dengan keadaan pada sisi pantai dan berada kurang lebih sekitar 100 meter dari titik air pasang yang paling tinggi ke arah daratan.



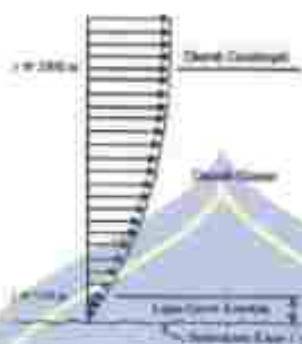
Gambar 1. Definisi dan Batasan Pantai (Sumber : Bambang Triatmodjo, 2011)

## B. Data Angin

Distribusi kecepatan angin yang terjadi di lautan terbagi atas tiga daerah sesuai dengan elevasinya, daerah tersebut adalah daerah geostropik, daerah ekman dan daerah tegangan konstan. Daerah geostropik adalah daerah yang berada di atas elevasi 500 m, pada daerah ini kecepatan angin adalah konstan. Di bawah elevasi tersebut terdapat dua daerah yaitu daerah Ekman yaitu daerah yang berada pada elevasi 100 m sampai 500 m dan daerah tegangan konstan yang utamanya daerah tersebut berada pada elevasi 10 sampai 100 m, di kedua daerah ini kecepatan dan arah angin berubah-ubah sesuai dengan tingkat elevasinya, ini disebabkan karena adanya gesekan dengan permukaan laut dan adanya perbedaan temperatur antara air dan udara.

Informasi angin yang digunakan untuk pengukuran gelombang adalah informasi permukaan laut yang terletak di daerah pembangkit. Informasi tersebut dapat berupa perkiraan langsung tingkat terpaut atau perkiraan darat di dekat daerah yang ditentukan, kemudian diubah/dikonversi menjadi data angin. Kecepatan angin dapat diperkirakan dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan dalam bentuk knot.





**Gambar 2.** Distribusi Vertikal Kecepatan Angin (Sumber : Bambang Iriantmodjo, 1999)

Untuk keperluan peramalan gelombang, kecepatan angin biasanya digunakan pada ketinggian 10 m dan jika kecepatan tidak dipericintikan pada ketinggian itu, kecepatan angin harus dikoreksi menggunakan rumus:

$$U_{10m} = U_{10} \left( \frac{10}{y} \right)^{0,16} \quad (1)$$

Dengan :

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

$y$  : Elevasi terhadap permukaan air.

Jika data yang dimiliki adalah data pengukuran yang dilakukan di darat, maka perlu dilakukan koreksi untuk mendapatkan nilai kecepatan angin di laut.

Hubungan antara angin di atas laut dan angin di daratan terdekat dilambangkan dengan  $R_L = U_w/U_L$ . Apabila data kecepatan angin pada suatu perairan memerlukan penyesuaian atau koreksi terhadap elevasi permukaan, maka digunakan persamaan:

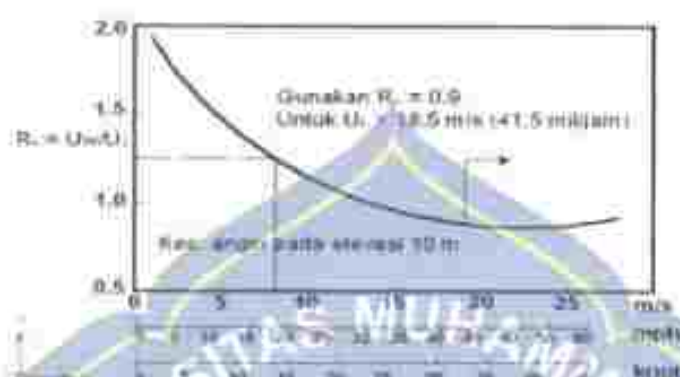
$$U = R_T \times R_L \times U(10) \quad (2)$$

Dengan :

$R_T$  = Koefisien stabilitas perbedaan temperatur antara udara dan laut

$R_L$  = Kecepatan koreksi antara kecepatan angin di laut dan darat

$U(10)$  = Kecepatan angin dengan ketinggian 10 meter



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Kecepatan Angin di Laut dan Darat (Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Grafik pembangkit gelombang menpandung variabel  $U_A$ , yaitu faktor tegangan angin yang dihitung dari kecepatan angin. Setelah dilakukan konversi kecepatan angin, kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus berikut:

$$U_A = 0,71 U_W^{1,23} \quad (3)$$

Dimana :

$U_A$  : Faktor tegangan angin yang dihitung dari kecepatan angin.

$U_W$  : kecepatan angin di laut dengan satuan *m/d*.

Untuk mencari waktu yang diperlukan untuk melintasi jarak 1 mil dengan rumus berikut :

$$t = 1609/U_i \quad (4)$$

Dimana:

$t$  : Waktu yang diperlukan untuk melintasi jarak 1 mil (dt)

$U_i$  : Kecepatan angin (m/dt)

Kemudian mencari nilai  $U_i/3600$  dengan rumus (Anonim, 1984):

a. Untuk  $1 \text{ dt} < t < 3600 \text{ dt}$

$$\frac{U_x}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \tanh \left\{ 0,9 \log_{10} \frac{4x}{z} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

b. Untuk  $3600 \text{ dt} < t < 360.000 \text{ dt}$

$$\frac{U_x}{U_{3600}} = 0,15 \log_{10} t + 1,5334 \dots \dots \dots (6)$$

Mencari kecepatan rata-rata dalam satu jam dengan rumus:

$$U_{t-3600} = \frac{U_x}{\left( \frac{U_x}{U_{3600}} \right)} \dots \dots \dots (7)$$

Dengan :

$U_x$  = kecepatan angin untuk melintasi jarak  $x$  mil (m/dt)

$U_{3600}$  = kecepatan angin dalam 1 jam (m/dt)

$U_t$  = kecepatan angin rata-rata dalam 1 jam (m/dt)

### C. Fetch

Tinggi dan periode gelombang yang dibandingkan dipengaruhi oleh angin yang meliputi kecepatan angin  $U$ , lama hembusan angin  $D$ , arah angin dan *fetch*  $F$ . Menurut (Bambang Triatmodjo, 2011) di dalam mengamati di suatu pembangkitan gelombang di daerah laut, *fetch* maka dapat dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Dalam suatu wilayah pembentukan gelombang, gelombang bukan hanya bisa dihasilkan dengan arah yang sama dengan arah angin, tetapi juga bisa dibangkitkan pada titik yang berbeda dari arah angin. panjang *fetch* adalah keseluruhan panjang lautan yang dibatasi oleh daerah daratan pada kedua sisi ujungnya. Pengukuran garis *fetch* di tarik hingga menyentuh daratan terdekat. Jika panjang *fetch* efektif  $> 200 \text{ km}$  maka panjang *fetch* efektif digunakan adalah  $200 \text{ km}$  disebabkan kecepatan angin konsisten hanya sejauh  $\leq 200 \text{ km}$ .

*Fetch* rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (8)$$

Dengan :

$F_{eff}$  : *Fetch* rerata efektif

$\alpha$  : Deviasi di kedua sisi dari arah hembusan angin, dengan cara menambahkan  $6^\circ$  sampai sudut  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin.

$X_i$  : Panjang segmen *fetch* yang diukur mulai pada titik observasi gelombang panting sampai ujung akhir *fetch*



Gambar 4. *Fetch* (Sumber Bambang Triatmodjo, 2011)

#### D. Gelombang

Gelombang ialah suatu faktor yang penting di dalam suatu perencanaan pelabuhan, rekayasa pantai dan bangunan lepas pantai. Gelombang dilaut bisa dibangkitkan oleh angin, gaya tarik matahari dan bulan, letusan gunung merapi atau gempa di laut, kapal bergerak dan sebagainya. Gelombang-gelombang ini dapat menimbulkan pengaruh pada bangunan pantai maupun lepas pantai. Selain itu gelombang juga dapat menimbulkan pola arus dan terjadi sedimentasi di wilayah pantai. (Suntoyo & dkk, 2014)

Gelombang laut dapat dipisahkan menjadi beberapa jenis berdasarkan pada cara pembangkitnya. Gelombang yang dimaksud adalah gelombang angin yang dibangkitkan karena adanya sebuah hembusan angin yang terjadi di atas permukaan laut, gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh suatu gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi, gelombang tsunami yang terjadi karena adanya sebuah letusan gunung berapi atau gempa bumi, gelombang yang terjadi karena kapal yang bergetak dan sebagainya.

#### 1). Gelombang Signifikan

Berdasarkan pada kecepatan angin, lama hembusan angin dan arah seperti yang telah dibicarakan di depan, dilakukan peramalan gelombang signifikan dengan grafik pada gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik peramalan gelombang signifikan (SPM, 1984) (Sumber: Bambang Triatmodjo, 1999)

Dalam menentukan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ), digunakan analisis spektrum gelombang JONSWAP (*Shore Protection Manual, 1984*) yang diturunkan berdasarkan kondisi FDS (*Fully Developed Sea*). Dengan menentukan kecepatan angin rata-rata di atas permukaan laut, untuk menentukan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$H_s = \frac{0,0016 \times \sqrt{\frac{H_{eff}}{U_A^2}} \times U_A^2}{g} \quad (9)$$

$$T_s = \frac{0,2857 \times \left(\frac{H_{eff}}{U_A^2}\right)^{\frac{1}{2}} \times U_A}{g} \quad (10)$$

Dengan:

$H_s$  : Tinggi gelombang signifikan (m)

$T_s$  : Periode gelombang signifikan (d)

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

$F_{eff}$  : Panjang fetch efektif (m)

$U_A$  : Kecepatan angin terkoreksi (m/dt)

## 2). Pemilihan Tinggi Gelombang

Pemilihan kondisi gelombang untuk analisis stabilitas bangunan pantai perlu memperhatikan apakah bangunan tersebut mengalami serangan gelombang pecah, tidak pecah atau telah pecah dan bentuk serta prioritas bangunan pantai. Apabila karakteristik gelombang telah ditentukan, langkah berikutnya adalah menentukan tinggi gelombang pada lokasi bangunan dipengaruhi atau dibatasi kedalaman air.

Tinggi gelombang tergantung pada jenis konstruksi yang akan dibangun. Di bawah ini diberikan pedoman untuk menentukan tinggi gelombang rencana untuk beberapa keperluan:

### 1. Konstruksi kaku (*Fixed Rigid Structure*)

Misalnya : menara bor lepas pantai. Tinggi gelombang rencana yang dipakai adalah  $H$  maksimum

### 2. Konstruksi fleksibel (*Flexible Structure*)

Misalnya : rubber mound *breakwater*, *sea wall*. Tinggi gelombang rencana yang dipakai adalah  $H$  signifikan

### 3. Konstruksi semi kaku (*Semi Rigid Structure*)

Misalnya : Dinding pantai (*seawall*). Tinggi gelombang rencana yang dipakai adalah  $H_{10}$

### 3). Kala Ulang Gelombang Rencana

Penentuan kala gelombang biasanya didasarkan pada jenis konstruksi yang akan dibangun dan nilai daerah yang dilindungi. Makin tinggi nilai daerah yang diamankan, makin besar pula kala ulang gelombang rencana yang dipilih. Sebagai pedoman kala ulang gelombang rencana dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini

**Tabel 1. Pedoman pemilihan jenis Gelombang**

No	Jenis Rangunan	Jenis Gelombang
1	Konstruksi Fleksibel ( <i>Flexible Structure</i> )	$H_s$
2	Konstruksi Semi Kaku ( <i>Semi Rigid Structure</i> )	$H_{0.5}$ - $H_{10}$
3	Konstruksi Kaku ( <i>Fixed Rigid Structure</i> )	$H_{0.2}$ - $H_{max}$

(Sumber : Herawati, 11, 2020)

Untuk menentukan kala ulang pada gelombang rencana dipergunakan analisa harga-harga ekstrim tinggi gelombang, biasanya diambil satu gelombang tertinggi setiap tahunnya. Salah satu cara untuk menentukan analisa data tersebut dapat digunakan Metode distribusi *Fisher-tippett type I* sebagai berikut :

- Distribusi *Fisher-tippett type I*

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0.44}{N_T+0.12} \quad (11)$$

Dengan :

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

- $H_{sm}$  : Tinggi gelombang urutan ke  $m$ ,  
 $m$  : Nomor urut tinggi gelombang signifikan,  
 $NT$  : Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

- Periode ulang

Untuk tinggi gelombang signifikan dari berbagai periode ulang, dihitung dengan distribusi probabilitas dengan rumus berikut ini:

$$H_{sm} = Ay + B \quad (12)$$

Untuk nilai  $A$  dan  $B$  diberikan persamaan:

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} \quad (13)$$

$$\hat{B} = H_{sm \text{ rata-rata}} - A \cdot y_{\text{rata-rata}} \quad (14)$$

Dimana nilai  $y_m$  dan  $y_r$  diberikan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$y_m = -\ln[-\ln n / (n - (n - H_{sm}))] \quad (15)$$

$$y_r = -\ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \quad (16)$$

Dengan :

- $H_{sm}$  : Tinggi gelombang periode  $T_r$ ,  
 $T_r$  : Periode ulang (tahun),  
 $K$  : Periode data (tahun),  
 $L$  : rerata jumlah kejadian per tahun.

- 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 :



$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} (1 + a(yr - c + \varepsilon \ln r)^2)^{1/2} \dots\dots\dots (17)$$

Dengan :

$\sigma_{nr}$  : standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $T_r$ ,

$N$  : Jumlah data tinggi gelombang signifikan,

$$v = \frac{N}{N-1}$$

$$a = \alpha_1 e^{25v^{1.5}} + \alpha_2 \sqrt{v}$$

Untuk nilai  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ , &  $k$  dapat dilihat pada tabel koefisien berikut:

**Tabel 2. Koefisien Untuk Menghitung Deviasi Standar**

Distribusi	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$k$	$c$	$\varepsilon$
Fisher-Tippett Type I	0,64	2	0,93	0	1,25
Weibull (k = 0,75)	1,05	11,4	-0,63	0	1,15
Weibull (k = 1,0)	1,92	11,4	0	0,3	0,9
Weibull (k = 1,4)	2,05	11,4	0,63	0,4	0,72
Weibull (k = 2,0)	2,24	11,4	1,33	0,5	0,54

(Sumber : Bambang Kurniasa (2011))

Berdasarkan absinal dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus:

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \times \sigma_{Hs} \dots\dots\dots (18)$$

Dengan :

$\sigma_r$  : Kesalahan standar deviasi dari tinggi gelombang signifikan dengan periode  $T_r$ ,

$\sigma_{Hs}$  : Deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan.

Dimana nilai  $y_m$  dan  $y$  diberikan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{Hs} = \left[ \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (19)$$

Dengan :

- $\sigma H_s$  : Deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan,  
 $N$  : Jumlah data tinggi gelombang signifikan,  
 $H_{sm}$  : Tinggi gelombang urutan ke  $m$ ,  
 $\bar{H}_{sm}$  : Rerata tinggi gelombang.

#### 4). Perumalan Gelombang

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan kedalaman air ( $d$ ) dan panjang gelombang  $L$ , ( $d/L$ ), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam (Bambang Triatmodjo 1999) yaitu :

- Gelombang laut dangkal jika  $d/L \leq 1/20$
- Gelombang laut transisi jika  $1/20 < d/L < 1/2$
- Gelombang laut dalam jika  $d/L > 1/2$

Klasifikasi ini digunakan untuk menyederhanakan rumus-rumus gelombang.

Sehingga untuk menentukan panjang dan cepat rambat gelombang di laut memakai persamaan :

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

$$C = \sqrt{gd} \dots \dots \dots (20)$$

$$L = \sqrt{gd} T \dots \dots \dots (21)$$

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

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots \dots \dots (22)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots \dots \dots (23)$$

3. Apabila kedalaman relatif  $d/L \geq 0,5$ , sehingga menjadi :

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} 1,56 T \dots \dots \dots (24)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} 1,56 \cdot T^2 \dots\dots\dots (25)$$

Dengan :

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

$T$  : Periode gelombang (dt)

$g$  : Percepatan gravitasi ( $9,8 \text{ m/d}^2$ )

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

### 5). Refraksi Gelombang

*Refraksi gelombang* adalah pembelokan arah gelombang yang menyesuaikan kontur kedalaman yang disebabkan oleh perubahan kecepatan rambat gelombang. *Refraksi* dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. *Refraksi gelombang* terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman di laut (Bambang Triatmodjo, 1990).

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_s}{\cos \alpha_d}} \dots\dots\dots (26)$$

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n_1}} \dots\dots\dots (27)$$

Dimana pada hukum Snell berlaku apabila ditinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau yaitu:

$$\sin \alpha = \left(\frac{c}{c_0}\right) \sin \alpha_0 \dots\dots\dots (28)$$

Dengan :

$K_r$  : Koefisien *refraksi*.

$K_s$  : Koefisien *shoaling*

$L$  : Panjang gelombang

- $L_0$  : Panjang gelombang di laut dalam  
 $\alpha_0$  : Sudut antara garis puncak gelombang dengan kontur dasar dimana gelombang melintas.  
 $\alpha$  : Sudut yang sama yang diukur dari garis puncak gelombang melintasi kontur dasar berikutnya.  
 $C$  : Kecepatan rambat gelombang.  
 $C_0$  : Kecepatan rambat gelombang di laut dalam.

#### 6). Gelombang Rencana

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

$$H_0 = K_s \cdot K_r \cdot H_t \quad (29)$$

Dengan :

$H_0$  : Tinggi gelombang di kedalaman tertentu.

$K_s$  : Koefisien shoaling (pendangkalan).

$K_r$  : Koefisien *Refraksi*.

$H_t$  : Tinggi gelombang laut dalam.

#### 7). Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang. Profil gelombang di laut dalam adalah sinusoidal. Semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal puncak gelombang semakin tajam dan lembah

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

Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tersebut tergantung pada kedalaman relative  $d/L$  dan kemiringan dasar laut  $m$ . Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah  $db$ . Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen diberi notasi  $H'_0$  dan tinggi gelombang pecah diberi notasi  $H_b$ . Munk (1949, dalam CERC, 1984) memberikan rumus untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah berikut ini. (Bambang Triatmodjo, 1999):

$$H'_0 = K_r H_b \quad (30)$$

$$\frac{H'_0}{gT^2} \quad (31)$$

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3.33 (H_b/L_0)} \quad (32)$$

Parameter  $H_b/H'_0$  disebut dengan indeks tinggi gelombang pecah. Gambar 6 menunjukkan hubungan antara  $H_b/H'_0$  dan  $H_0/L_0$  untuk berbagai kemiringan dasar laut. Gambar 7 menunjukkan hubungan antara  $db/H_b$  dan  $H_b/gT^2$  untuk berbagai kemiringan dasar. Grafik yang diberikan pada Gambar 7 dapat dituliskan dalam rumus sebagai berikut:

$$\frac{H_b}{gT^2} \quad (33)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{t}{b - \left( a - \frac{H_b}{gT^2} \right)} \quad (34)$$

Dimana  $a$  dan  $b$  merupakan fungsi kemiringan pantai  $m$  dan diberikan oleh

persamaan berikut (Bambang Triatmodjo, 1999):

$$a = 43,75 (1 - e^{-0,0001 m}) \quad (35)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-0,0001 m})} \quad (36)$$

Dengan :

$H_b$  : Tinggi gelombang pecah

$H'o$  : Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

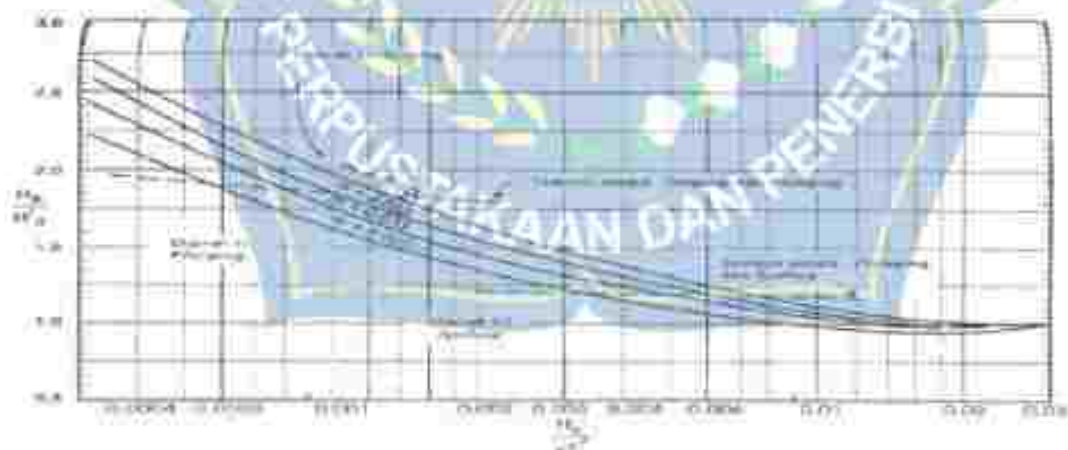
$L_o$  : Panjang gelombang di laut dalam

$db$  : Kedalaman air pada saat gelombang pecah

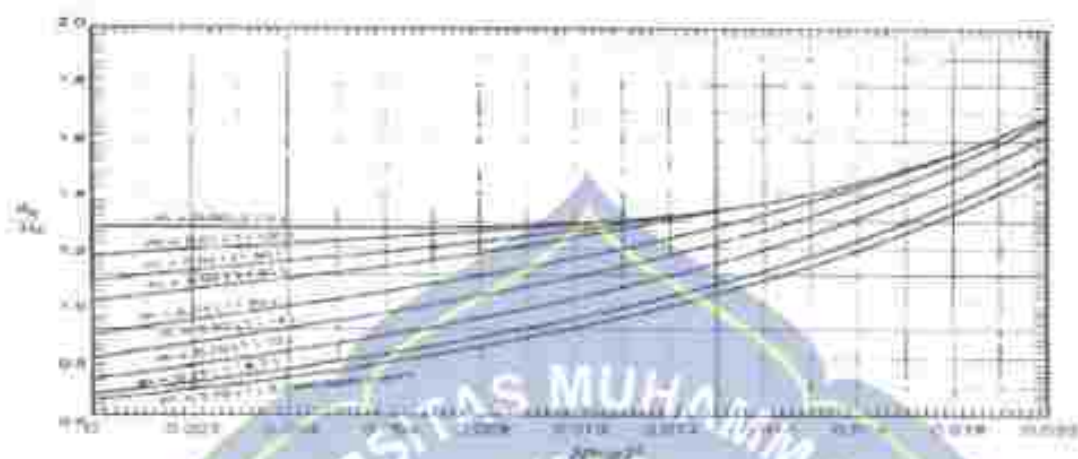
$m$  : Kemiringan dasar laut

$g$  : Percepatan gravitasi

$T$  : Periode gelombang



Gambar 6. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah ( $H_b$ ) (Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)



**Gambar 7.** Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah ( $H_b$ ) (Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk dan puncak gelombang semakin tajam sampai akhirnya pecah pada suatu kedalaman tertentu. Proses gelombang pecah, yaitu sejak gelombang mulai tidak stabil sampai pecah sepenuhnya terbentuk pada suatu jarak  $x_p$ . Galvin (1969, dalam CERC 1984) memberikan hubungan antara jarak yang ditempuh selama proses gelombang pecah ( $x_p$ ) dan tinggi gelombang saat mulai pecah ( $H_b$ ), yaitu sebagai berikut :

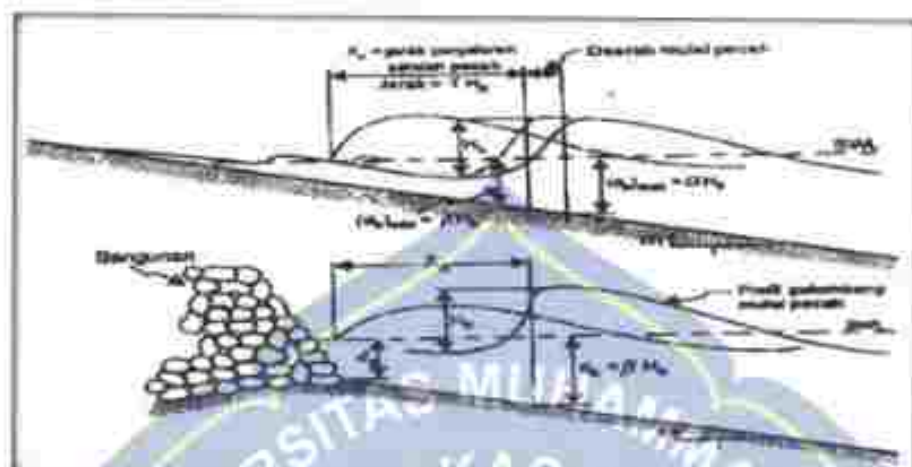
$$x_p = \tau_p H_b \quad (37)$$

Dengan :

$x_p$  : Jarak yang ditempuh selama gelombang pecah

$H_b$  : Tinggi gelombang pecah

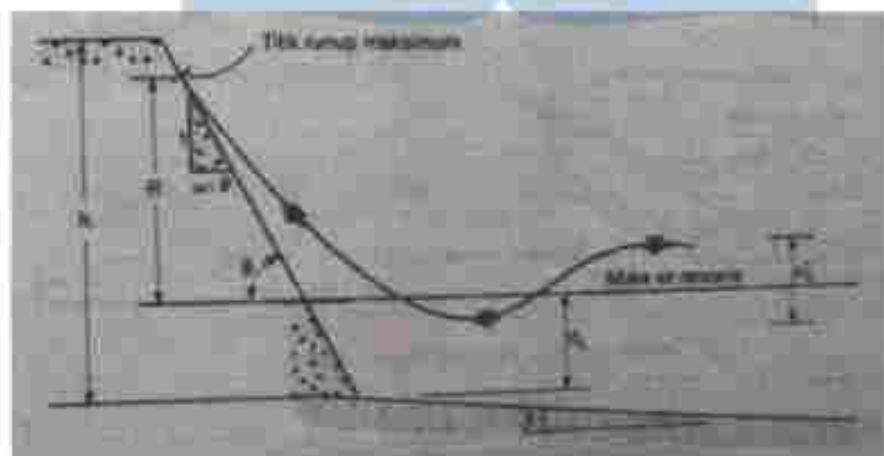
$\tau_p$  : 4,0 m sampai 9,25 m



Gambar 8. Proses Gelombang Pecah (Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

### E. *Run up* Gelombang

Pada waktu gelombang menghantam suatu bangunan, gelombang tersebut akan naik (*run up*) pada permukaan bangunan. Elevasi (tinggi) bangunan yang direncanakan tergantung pada *run up* dan impulsasi yang diijinkan. *Run up* bergantung pada besinya dan kekakuan bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan darat laut di depan bangunan dan karakteristik gelombang. Karena banyaknya variabel yang berpengaruh maka besarnya *run up* sangat sulit ditentukan secara analitis.



Gambar 9. *Run up* gelombang (Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)



Berbagai penelitian tentang *run up* gelombang telah dilakukan di laboratorium. Hasil penelitian tersebut berupa grafik-grafik yang dapat menentukan tingginya suatu *run up*. Rumus yang dapat digunakan untuk menentukan *run up* adalah sebagai berikut :

$$I_r = \frac{10\theta}{\sqrt{\frac{L_o}{H}}} \quad (38)$$

$$\frac{R_u}{H} = I_r \quad (\text{Untuk } I_r < 2,5) \quad (39)$$

$$\frac{R_u}{H} = 0,3 I_r + 4,275 \quad (\text{Untuk } 4,25 > I_r > 2,5) \quad (40)$$

$$\frac{R_u}{H} = 2 \quad (\text{Untuk } I_r > 4,25) \quad (41)$$

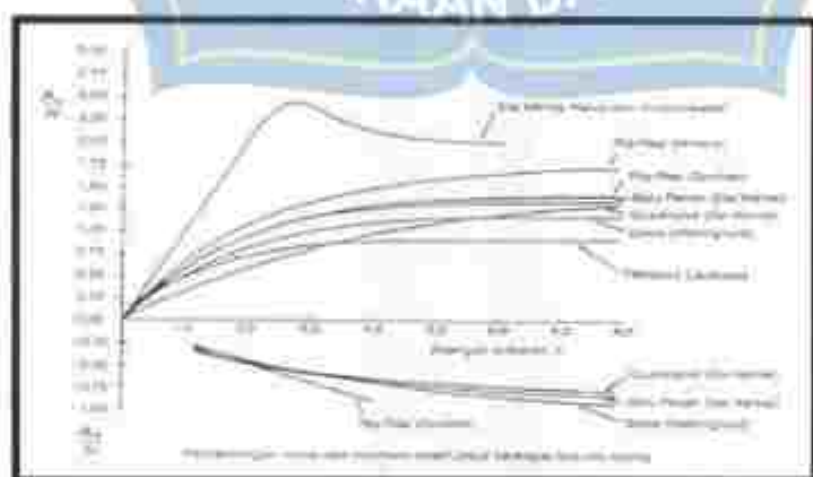
Dengan :

$I_r$  : Bilangan Iribaham.

$\theta$  : Sudut kemiringan sisi bangunan.

$H$  : Tinggi gelombang di lokasi bangunan.

$L_o$  : Panjang gelombang di luar dalam.



Gambar 10. Tinggi relatif *run-up* untuk berbagai jenis lapis lindung (Sumber: Bambang Triatmodjo, 1999)

## F. Fluktuasi Muka Air Laut

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

### a. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan muka air terendah (surut) sangat penting untuk perencanaan bangunan pantai (Rumbung Triatmodjo, 1999).

Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*), pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*), dan pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*).

Berikut penjelasan mengenai tipe pasang surut :

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), adalah pasang surut yang apabila dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.

2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), adalah pasang surut yang apabila dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.
3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*), adalah pasang surut yang apabila dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
4. Pasang surut condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*), pasang surut tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

#### 1. Metode Admiralty

Admiralty adalah metode yang digunakan untuk menghitung konstanta harmonik pasang surut dari pengamatan pasang surut muka air laut tiap jam selama 15 piaman atau 15 hari pengamatan dan 29 piaman atau 30 hari pengamatan. Metode Admiralty merupakan metode perhitungan pasang surut untuk menghasilkan dua konstanta harmonik yaitu berupa amplitudo dan kecepatan sudut. Metode Admiralty dikembangkan oleh A.T. Doodson, Direktur *Tidal Institute* di Liverpool dan digunakan untuk keperluan kantor hidrografi Inggris, yaitu British Admiralty. Doodson mengembangkan sistematika pengolahan data pengamatan pasang surut dengan bantuan skema dan tabel-tabel perkalian.

Analisis konstanta harmonik pasang surut metode Admiralty telah lama digunakan dan dikenal luas semenjak berkembangnya analisis harmonik oleh Doodson pada tahun 1921. Kelebihan utama metode ini yaitu dapat menganalisis

data pasang surut jangka waktu pendek yaitu 15 piamtan dan 29 piamtan. Adapun perhitungan yang telah dikembangkan Doodson untuk jangka pendek diperlukan tabel-tabel untuk mempermudah perhitungan. Adapaun kelemahan dari metode Admiralty ini hanya digunakan untuk pengolahan data berjangka waktu pendek dan hasil perhitungan yang dihasilkan relatif sedikit yaitu hanya menghasilkan 9 komponen pasang surut utama. Namun pealatan metode Admiralty saat ini dapat dilakukan dengan bantuan komputer dimana masalah tabel yang semula terbatas menjadi terpenuhi.

Adapun tahapan-tahapan perhitungan sebagai berikut:

a). Skema I

Data pengamatan yang diukur disusun menurut skema I. Dari skema tersebut ditentukanlah waktu pertengahan pengamatan dan standar waktu yang ditentukan dihitung terhadap GMT. Tentukanlah bacaan tertinggi dan bacaan terendah. Untuk bacaan tertinggi menunjukkan kedudukan tertinggi dan bacaan terendah menunjukkan kedudukan air terendah. Data yang akan diolah dikonsversikan dahulu satuannya dari meter (m) ke centimeter (cm).

b). Skema II

Pengisian tiap kolom-kolom pada skema II dibantu dengan bantuan konstanta pengali yang telah ditetapkan yaitu dengan mengalikan nilai pengamatan dengan harga konstanta pengali tersebut untuk setiap hari pengamatan. Karena pengali dalam daftar hanya berisi bilangan 1 dan -1 kecuali untuk X4 ada bilangan 0 yang dimasukkan dalam perkalian, maka lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 dan diisikan pada kolom yang bertanda (+)

di bawah kolom X1, Y1, X2, Y2, X4, dan Y4. Lakukan hal yang sama untuk pengali -1 dan isikan ke kolom di bawah tanda (-).

c). Skema III

Setiap kolom pada kolom-kolom skema-III merupakan penjumlahan dari perhitungan pada kolom-kolom skema II. Pengisian kolom X0, X1, Y1, X2, Y2, X4 dalam setiap hari pengamatan. Kolom X0 berisi perminggu mendatar dari hitungan X1 pada kelompok hitungan 2 tanpa memperhatikan tanda (+) dan (-). Kolom X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 merupakan penjumlahan mendatar X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 pada kelompok hitungan 2 dengan memperhatikan tanda (+) dan (-) harus di tambah dengan besaran B (B kelipatan 100).

d). Skema IV

Pengisian seluruh kolom-kolom pada skema IV merupakan penjumlahan dari hasil perhitungan skema III dibantu dengan konstanta pengali yang telah ditetapkan. Arti indeks pada skema IV

1. Indeks 00 untuk X berarti X00, X0 pada skema III dan indeks 0 pada tabel konstanta pengali.
2. Indeks 00 untuk Y berarti Y00, Y0 pada skema III dan indeks 0 pada tabel konstanta pengali.

e). Skema V dan VI

Untuk menyusun skema V yaitu pengurangan dari nilai X (jumlah) dan Y (jumlah) pada skema IV dan dibantu dengan konstanta pengali yang telah ditetapkan. Begitu pula untuk mengisi kolom dan baris pada skema VI yaitu penjumlahan dari nilai X (jumlah) dan Y (jumlah) pada skema IV dan dibantu

dengan konstanta pengali yang telah ditetapkan. Penyusunan skema V dan skema VI sudah memperhatikan data untuk menghitung sembilan unsur utama pembangkit pasang surut (M2, S2, K2, N2, K1, O1, P1, M4 dan MS4).

f). Skema VII

Untuk menyusun skema VII yaitu merupakan penjumlahan dari skema V dan skema VI dan dibantu dengan konstanta pengali yang telah ditetapkan, serta nilai hasil perhitungan  $f$ ,  $V$ ,  $u$  dan  $r$ .

g). Skema VIII

Untuk menyusun skema VIII merupakan perhitungan dari nilai  $V$  dan nilai  $u$  pada skema VII dibantu dengan konstanta pengali yang telah ditetapkan dan hasil perhitungan  $f$ ,  $V$ ,  $u$  dan  $r$ .

h). Hasil akhir

Pada skema ini berisikan hasil akhir dari perhitungan metode *Simplimalty* yaitu berupa nilai konstanta harmonik utama pasang surut.

## 2. Penentuan Jenis Pasang Surut

Bilangan *Formzahl* yakni pembagian antara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama. Hasil perhitungan bilangan *Formzahl* ini akan diketahui tipe pasang surut pada suatu perairan. Perhitungan tipe pasang surut menggunakan persamaan *Formzahl* sebagai berikut:

$$F = \frac{A(K1)+A(O1)}{A(M2)+A(S2)} \dots \dots \dots (42)$$

Dengan:

$F$  = Bilangan *Formzahl*

O1 = Amplitudo komponen pasut tunggal

K1 = Amplitudo komponen pasut tunggal utama yang disebabkan gaya tarik surya

M2 = Amplitudo komponen pasut ganda utama yang disebabkan gaya tarik bulan

S2 = Amplitudo komponen pasut ganda utama yang disebabkan gaya tarik surya

Dengan demikian klasifikasi pasang surut sebagai berikut:

Pasang surut harian tunggal jika  $F > 3$

Pasang surut harian ganda jika  $F < 0,25$

Pasang surut campuran (ganda dominan) jika  $0,25 < F < 1,5$

Pasang surut campuran (tunggal dominan) jika  $1,5 < F < 3$

### 3. Elevasi Muka Air Laut Rencana

Elevasi muka air rencana diperlukan untuk pengembangan dan pengelolaan daerah pantai. Mengingat elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut. beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Mean Sea Level* (MSL) adalah muka air laut rata-rata pada suatu periode pengamatan yang panjang.
2. *Mean Tide Level* (MTL) adalah rata-rata antara air tinggi dan air rendah pada suatu periode waktu.
3. *Mean High Water* (MHW) adalah tinggi air rata-rata pada semua pasang naik tinggi.

4. *Mean Low Water (MLW)* adalah tinggi air rata-rata pada semua pasang-turun rendah.
5. *Mean Higher High Water (MHHW)* adalah tinggi rata-rata pasang naik tertinggi dari dua air tinggi harian pada suatu periode waktu yang panjang. Jika hanya satu air tinggi terjadi pada satu hari, maka air tinggi tersebut diambil sebagai air tinggi tertinggi.
6. *Mean Lower High Water (MLHW)* adalah tinggi rata-rata air terendah dari dua air tinggi harian pada suatu periode waktu yang panjang.
7. *Mean Higher Low Water (MHLW)* adalah tinggi rata-rata air tertinggi dari dua air rendah harian pada suatu periode waktu yang panjang.
8. *Mean Lower Low Water (MLLW)* adalah tinggi rata-rata air terendah dari dua air rendah harian pada suatu periode waktu yang panjang. Jika hanya satu air rendah terjadi pada satu hari, maka air rendah tersebut diambil sebagai air rendah terendah.
9. *Mean High Water Springs (MHW<sub>S</sub>)* adalah tinggi rata-rata dari dua air tinggi berturut-turut selama periode pasang purnama, yaitu jika tunggang (*range*) pasang laut itu tertinggi.
10. *Mean Low Water Springs (MLW<sub>S</sub>)* adalah tinggi rata-rata yang diperoleh dari dua air rendah berturut-turut selama periode pasang purnama.
11. *Mean High Water Neaps (MHW<sub>N</sub>)* adalah tinggi rata-rata dari dua air tinggi berturut-turut selama periode pasang surut perbani (*neap tides*) yaitu jika tunggang (*range*) pasang laut paling kecil.



12. *Mean Low Water Neaps* (MLWN) adalah tinggi rata-rata yang dihitung dari dua air berturut-turut selama periode pasang laut perbani.

13. *Highest Astronomical Tide* (HAT) atau *Lowest Astronomical Tide* (LAT) adalah permukaan laut tertinggi/terendah yang dapat diramalkan terjadi di bawah pengaruh keadaan meteorologis rata-rata dan kombinasi keadaan astronomi.

Elevasi muka air rencana dapat ditentukan menggunakan komponen-komponen pasang-surut yang didapat dari perhitungan analisa pasang surut dengan metode admiralty di atas, berikut penentuan elevasi muka air rencana:

$$\text{MSL} = S_0 \quad (43)$$

$$\text{ATT} = S_0 + (AM_2 + AS_2 + AK_1 + AO_1) \quad (44)$$

$$\text{LAT} = \text{MSL} - (AK_1 + AO_1 + AS_2 + AM_2) \quad (45)$$

$$\text{HAT} = \text{LAT} + 2(AK_1 + AO_1 + AS_2 + AM_2) \quad (46)$$

$$\text{MHHWS} = \text{LAT} + 2(AK_1) + AO_1 + AS_2 + AM_2 \quad (47)$$

$$\text{MHHWN} = \text{LAT} + 2(AK_1) + AS_2 + AM_2 \quad (48)$$

$$\text{MLLWN} = \text{LAT} + 2(AO_1) + AS_2 + AM_2 \quad (49)$$

$$\text{MLLWS} = \text{LAT} + AS_2 + AM_2 \quad (50)$$

$$Z_0 = S_0 - (AM_2 + AS_2 + AK_1 + AO_1) \quad (51)$$

$$\text{CD} = \text{MSL} - Z_0 \quad (52)$$

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

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan *fluktuasi* muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar gelombang pecah. Kemudian dari titik dimana gelombang pecah permukaan air

rerata miring ke atas ke arah pantai, turunnya muka air disebut *wave set-down*, sedangkan naiknya muka air disebut *wave set-up*.

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan *fluktuasi* muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar gelombang pecah. Kemudian dari titik dimana gelombang pecah permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai, turunnya muka air disebut *wave set-down*, sedangkan naiknya muka air disebut *wave set-up*.

$H_o$  : Tinggi gelombang laut dalam elevasi (m)

$d_b$  : Kedalaman gelombang pecah (m)

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

*Wave set-up* di pantai diberikan oleh bentuk persamaan berikut (Bambang Triatmodjo, 1999):

$$S_w = \Delta S - S_d \quad (53)$$

Longuet-Higgins dan Stewart melakukan analisis data hasil percobaan yang dilakukan oleh Savilla (1961, dalam SPM, 1984) dan hasilnya adalah  $\Delta S = 0,15 d_b$ .

Dengan menganggap bahwa  $d_b = 1,28 H_b$  maka :

$$\Delta S = 0,15 d_b \quad (54)$$

Substitusi persamaan (2.34) dan (2.35) ke dalam persamaan (2.36) didapat :

$$S_w = 0,19 \left[ 1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b \quad (55)$$

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

Angin dengan kecepatan besar (badai) yang terjadi di atas permukaan laut bias membangkitkan *fluktuasi* muka air laut yang besar di sepanjang pantai jika

badai tersebut cukup kuat dan daerah pantai dangkal dan luas. Penentuan elevasi muka air rencana selama terjadinya badai adalah sangat kompleks yang melibatkan interaksi antara angin dan air, perbedaan tekanan atmosfer selalu berkaitan dengan perubahan arah dan kecepatan angin dan angin tersebut yang menyebabkan *fluktuasi* muka air laut. Kenaikan elevasi muka air karena badai dapat dihitung dengan persamaan berikut (Bambang Triatmodjo, 1999):

$$\Delta h = \frac{F l}{2} \quad (56)$$

$$\Delta h = F c \frac{v^2}{2 g d} \quad (57)$$

Dengan:

$\Delta h$  : Kenaikan elevasi muka air karena angin (m)

$F$  : Panjang fetch (m)

$l$  : Kemiringan muka air

$c$  : Konstanta =  $3,5 \times 10^{-4}$

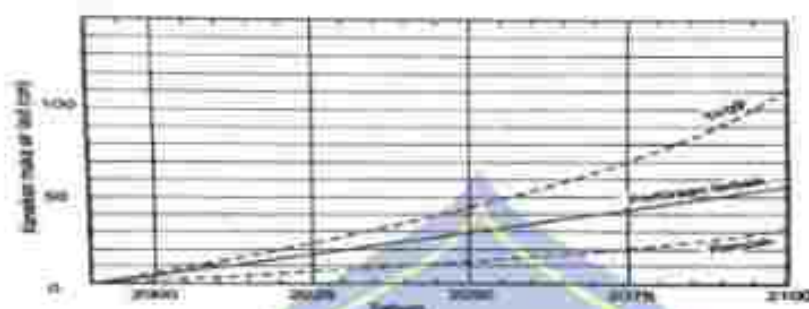
$v$  : Kecepatan angin (m/d)

$d$  : Kedalaman air (m)

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

#### d. Pemanasan Global

Menurut Bambang Triatmodjo, 1999 mengemukakan bahwa efek rumah kaca menyebabkan bumi panas sehingga dapat dihuni kehidupan. Disebut efek rumah kaca karena kemiripannya dengan apa yang terjadi dalam sebuah rumah kaca ketika matahari bersinar. Sinar matahari yang masuk melalui atap dan dinding kaca menghangatkan ruangan didalamnya sehingga suhu menjadi lebih tinggi daripada diluar.



Gambar 11. Prakiraan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global (Sumber: Bambang Triatmodjo, 1999)

### G. Elevasi Muka Air Laut Rencana

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter sangat penting di dalam perencanaan bangunan pantai (Bambang Triatmodjo, 1999). Elevasi tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter yang telah dijelaskan di depan yaitu pasang surut, *run-up*, *wave setup*, *wind setup*, dan kenaikan muka air karena pemanasan global.

$$DWL = \text{Pasang surut} + S_w + \Delta h + \text{Pemanasan global} \dots (58)$$

Dengan :

DWL : Elevasi muka air laut rencana

$S_w$  : Kenaikan muka air akibat gelombang

$\Delta h$  : Kenaikan muka air akibat angin



Gambar 12. Elevasi muka air laut rencana (Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

## H. Bangunan Pantai Sisi Miring

Struktur bangunan sisi miring dari tumpukan batu banyak digunakan sebagai bangunan pantai seperti pemecah gelombang, *Groin, Jetty, sea wall*. Dasar perencanaan bangunan tipe ini adalah sebagai berikut (Bambung Triatmodjo, 1999):

1. Menentukan tinggi gelombang yang terjadi di lokasi bangunan
2. Menentukan dimensi bangunan
3. Menentukan berat unit lapis lindung (*armor unit*)
4. Menentukan berat unit pelindung tumit (*toe protection*)

Bangunan 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. Kerusakan yang terjadi mudah diperbaiki dengan menambah batu pelindung pada bagian yang longsor.

### 1. Bahan Lapis Pengaman Pantai

Bahan lapis lindung harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Bahan lapis lindung harus tahan terhadap keadaan lingkungan
2. Bahan lapis lindung (batu alam/buatan) harus mempunyai berat jenis yang cukup besar
3. Bahan lapis lindung haruslah cukup kasar sehingga mampu menahan gaya-gaya yang disebabkan oleh gelombang
4. Bahan lapis lindung haruslah yang relatif murah

## 2. Stabilitas Batu Lapis Lindung

Di dalam perencanaan struktur pelindung pantai sisi miring, ditentukan berat butir batu pelindung, yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus Hudson dibawah ini :

$$S_r = \frac{y_r}{y_a} \quad (59)$$

$$W = \frac{y_r \cdot H^3}{K_D (S_r - 1)^2 \cot^2 \theta} \quad (60)$$

$$D = \left( \frac{W}{y_r} \right)^{1/3} \quad (61)$$

Dengan:

$W$  : Berat butir butir pelindung

$y_r$  : Berat jenis batu

$y_a$  : Berat jenis air laut (1,025 - 1,23 ton/m<sup>3</sup>)

$H$  : Tinggi gelombang rencana

$\theta$  : Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

$K_D$  : Koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung (batu alam atau buatan), kekasaran permukaan batu, ketajaman sisi-sisinya, ikatan antara butir, dan kondisi gelombang. Nilai  $K_D$  untuk berbagai bentuk batu pelindung diberikan dalam tabel 2.3

$D$  : diameter batu

**Tabel 3. Koefisien stabilitas  $K_D$  untuk berbagai jenis butir**

Lapis Lindung	n	Penempatan	Lengan Bangunan $K_D$		Ujung Kepala $K_D$		Kemiringan  Cot $\theta$
			Gelombang Pecah	Gelombang Tidak Pecah	Gelombang Pecah	Gelombang Tidak Pecah	
Batu Pecah	2	Acak	1,2	2,4	1,1	1,9	1,5 - 3,0

Bulat Halus	>3	Acak	1,6	3,2	1,4	2,3	2
Bersudut Kasar	1	Acak	1	2,9	1	2,3	2
Bersudut Kasar	2	Acak	2	4	1,9	3,2	1,5
Bersudut Kasar	>3	Acak	2,2	4,5	1,6	2,8	2
Bersudut Kasar	2	Acak	2	4	1,3	2,3	2
Bersudut Kasar	2	Khusus	3,4	7	2,1	4,2	3
Paralelepipedium	2	Khusus	7,0	8,5	-	-	-
Tetrapod dan Quadripod	2	Acak	20,0	24,0	1	6,0	1,5
Tribar	2	Acak	9	10	4,5	5,5	2,0
Geotextile Geobag	2	Acak	5,0	4,5	3,5	4,0	3,0
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,3	9,0	1,5
Kubus dimodifikasi	2	Acak	6,5	7,5	7,8	8,5	2,0
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	6,0	6,5	3,0
Tribar	1	Seragam	12,0	15	4,3	5,0	1,5
Batu pecah (K <sub>20</sub> )	-	Acak	2,2	2,5	3,8	5,2	2,0
					2,7	4,6	3,0
					8,0	16,0	2,0
					7,0	14,0	3,0
					-	5	2,0
					5,0	7	2,0
					7,5	9,5	2,0
					-	-	-

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

**Tabel 4. Koefisien lapis K<sub>Δ</sub> untuk berbagai jenis butir**

Batu Pelindung	N	Penempatan	Koef. Lapis (K <sub>Δ</sub> )	Porositas P (%)
Batu alam (halus)	2	Random (acak)	1,02	38
Batu alam (kasar)	2	Random (acak)	1,15	37
Batu alam (kasar)	>3	Random (acak)	1,10	40
Kubus	2	Random (acak)	1,10	47
Tetrapod	2	Random (acak)	1,04	50
Quadripod	2	Random (acak)	0,95	49
Hexapod	2	Random (acak)	1,15	47
Tribar	2	Random (acak)	1,02	54
Dolos	2	Random (acak)	1,00	63
Tribar	1	Seragam	1,13	47
Batu alam		Random (acak)		37

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

### 3. Tebal dan Jumlah Batu Lapis Pengaman

Menurut Bambang Triatmodjo, 1999, tebal lapis pengaman dan jumlah butir batu tiap satuan luasan digunakan rumus sebagai berikut :

$$T = n K \Delta \left( \frac{w}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (62)$$

$$N = A n K \Delta \left( 1 - \frac{p}{100} \right) \left( \frac{w}{\gamma_r} \right)^{\frac{4}{3}} \dots \dots \dots (63)$$

Dengan :

T : Tebal lapis pelindung

n : Jumlah lapis butir dalam lapis pelindung (n=2)

$K_s$  : Koefisien lapis

W : Berat butir batu pelindung

$\gamma_r$  : Berat jenis batu ( $\gamma_r/n/m^3$ )

N : Jumlah butir batu untuk satu satuan luas permukaan A

P : Porositas rerata dari lapis pelindung (%) yang dapat dilihat pada Tabel 2.4

A : Luas permukaan

### 4. Tinggi Bangunan Sea wall

Elevasi puncak bangunan pengaman pantai dihitung dengan persamaan:

$$E_{\text{sea wall}} = \text{DWL} + R_u + \text{Tinggi Jagaan} \dots \dots \dots (64)$$

Dengan :

DWL : Tinggi muka air rencana (m)

$R_u$  : *Run-up* gelombang (m)

Tinggi jagaan : 0,5 m - 1,5 m



## 5. Lebar Puncak Bangunan Pengaman

Lebar puncak tergantung limpasan yang diijinkan. Pada kondisi limpasan yang diijinkan, lebar puncak minimum adalah sama dengan lebar 3 butir batu yang disusun berdampingan ( $n = 3$ ). Untuk bangunan tanpa terjadi limpasan, lebar puncak bisa lebih kecil. Lebar puncak dapat dihitung dengan rumus : (Bambang Triatmodjo, 1999) :

$$B = n K \Delta \left( \frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (65)$$

Dengan :

B : Lebar puncak bangunan (m)

n : Jumlah butir bat

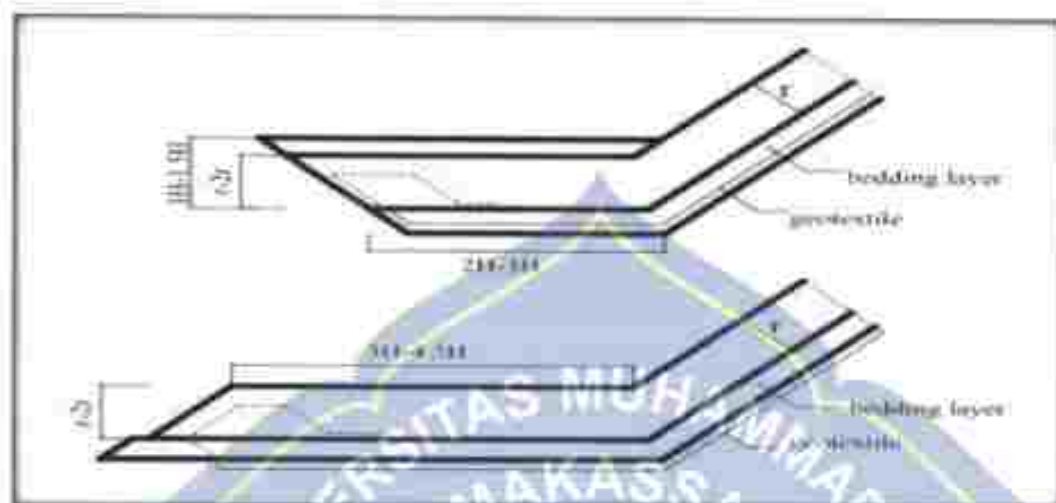
$K\Delta$  : Koefisien lapis

W : Berat butir batu pelindung (ton)

$\gamma_r$  : Berat jenis batu (ton/m<sup>3</sup>)

### I. Kontrol Stabilitas Pengaman Kaki (Toe Protection)

Gelombang dan arus yang menyerang bangunan pengaman pantai dapat menyebabkan terjadinya erosi pada tanah fondasi di depan kaki bangunan. Untuk itu perlu diberikan perlindungan pada bagian tersebut. Untuk menghitung tebal pengaman kaki (*toe protection*) dapat menggunakan rumus  $r - 2r$  dan untuk menghitung lebar pengaman kaki (*toe protection*) dapat dihitung dengan rumus  $2H - 3H$ .



Gambar 13. Pelindung kaki bangunan (Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999)

Angka stabilitas ( $Ns^3$ ) untuk pondasi dan pelindung kaki (*toe protection*) akan mempengaruhi hasil dari berat butir batu untuk pondasi dan pelindung kaki (*toe protection*) nantinya. Semakin besar nilai  $\frac{d_1}{d_s}$  maka akan memberi nilai angka stabilitas ( $Ns^3$ ) semakin besar. Berat butir batu untuk pondasi dan pelindung kaki (*toe protection*) dihitung dengan rumus berikut : (Bambang Triatmodjo, 1999)

$$d_1 = d_s - t_{\text{toe}} \quad (66)$$

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{Ns^3 (Sr - 1)^3} \quad (67)$$

Dengan :

$d_1$  : Jarak pelindung kaki dengan muka air

$d_s$  : Kedalaman air di kaki bangunan

$W$  : Berat rerata butir batu (ton)

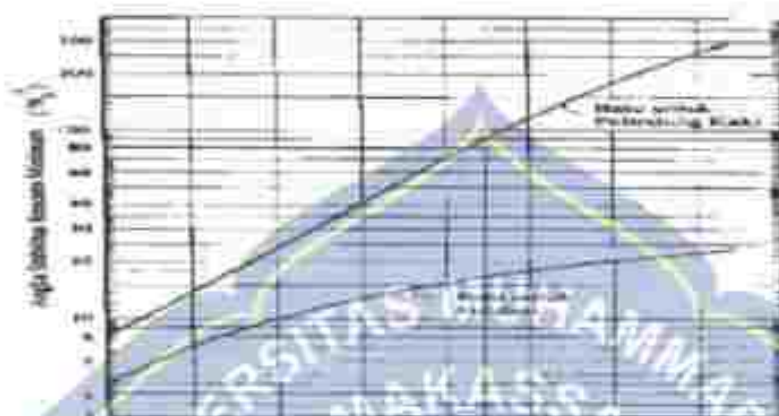
$\gamma_r$  : Berat jenis batu ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )

$\gamma_a$  : Berat jenis air laut ( $1.025 - 1.23 \text{ ton}/\text{m}^3$ )

$Sr$  : Perbandingan antara berat jenis batu dan berat jenis air

$Ns^3$  : Angka stabilitas rencana minimum

$r_p : 4,0 - 9,25 \text{ m}$



Gambar 14. Grafik angka stabilitas titik fondasi dan pelindung kaki (Sumber: Barubang Triatmodjo, 1999)

#### J. Bangunan Pelindung Pantai

Erosi pantai merupakan salah satu permasalahan di kawasan tepi pantai yang harus cukup menonjol untuk diperhatikan, baik dari pemerintah pusat, pemerintah daerah, maupun individu yang tinggal di daerah tepi pantai dan sekitarnya. Sebab, erosi dapat menimbulkan bencana yang luar biasa seperti merusak lokasi-lokasi lokal dan fasilitas yang ada di kawasan depan pantai.

Untuk menangani erosi pantai, langkah awal yang harus dilakukan adalah menelusuri unsur-unsur penyebab erosi. Dengan mengetahui unsur-unsur penyebab, maka pada saat itu kita dapat memutuskan bagaimana cara mengatasinya, penanganan yang biasa dilakukan adalah dengan membuat struktur bangunan pelindung tepi laut atau berpotensi memperluas stok residu dan melakukan administrasi tepi pantai yang terkoordinasi.

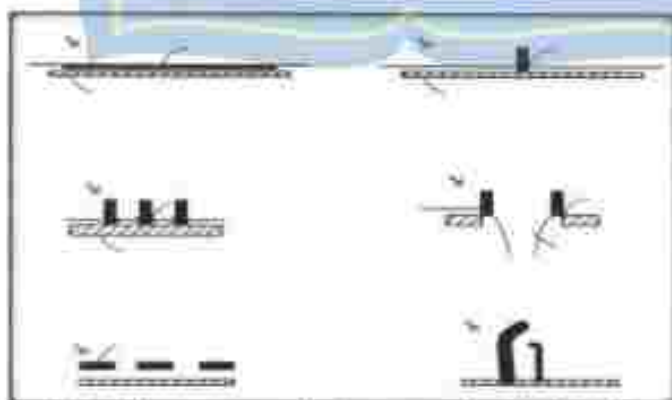
Menurut (Putra & Dkk, 2017) Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai, yaitu: Struktur pantai yang dibuat dapat digunakan untuk melindungi sisi laut dari dampak kerusakan gelombang dan arus serta untuk

berbagai tujuan, misalnya, fasilitas untuk menarik wisatawan, terutama untuk daerah tepi laut wisata. Ada beberapa cara yang mungkin dilakukan untuk menjaga sisi laut, khususnya:

- Memperkuat/merjaga permukaan air sisi laut agar mampu menahan serangan ombak.
- Mengubah kecepatan transportasi sedimen pantai.
- Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai.
- Beach nourishment dengan memperbanyak stok sedimen ke pantai.
- Melakukan penglijauan (reboisasi) kawasan pantai.

Dilihat dari kapasitasnya, struktur tepi laut umumnya dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

- Pembangunan berbasis pantai dan sejajar dengan garis pantai.
- Pembangunan yang dibangun kira-kira tegak lurus dan berhubungan dengan pantai.
- pembangunan yang dikerjakan di lepas pantai dan sejajar dengan garis pantai.



**Gambar 15.** Klasifikasi bangunan pelindung pantai (Sumber : Putra & Dkk, 2017)

Berikut adalah jenis-jenis bangunan pelindung pantai:

1. Bangunan *revetment*.

Bangunan *revetment* (perkuatan lereng) merupakan merupakan bangunan yang ditempatkan pada suatu lereng yang berada dilepas pantai dan berfungsi untuk melindungi tebing yang berada pada pantai atau permukaan lereng dan secara keseluruhan berperan untuk meningkatkan stabilitas alur pantai atau tubuh tanggul yang dilindungi. Secara khusus, dinding pantai atau *revetment* juga dapat diartikan sebagai bangunan pemisah antara daratan dan perairan pantai, yang berfungsi untuk melindungi pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat.



**Gambar 16.** Contoh bangunan *revetment* pada pantai (Sumber: Subriano, 2010)

## 2. Tembok laut (Seawall)

Seawall merupakan tembok besar yang dibangun disepanjang pesisir pantai dengan tujuan untuk menahan gelombang dalam skala besar yang tidak dapat direndam oleh *breakwater*. Seawall berfungsi untuk menahan laju gelombang datang menuju pantai yang dapat menimbulkan suatu kerusakan baik itu berupa abrasi maupun kerusakan yang lain. Jika gelombang datang dalam frekuensi yang cukup besar maka kerusakan yang ditimbulkan besar pula (seperti gelombang tsunami), kerusakan inilah yang akan dikurangi gelombang.



Gambar 17. Contoh tembok laut (*carved seawall*) pada pantai (Sumber : Bastian, 2021)

### 3. Tanggul Laut (*Sea dike*)

Tanggul laut atau sebutan lainnya *levee* atau *sea dike* embankment, merupakan semacam pembatas miring baik buatan maupun alami, yang digunakan untuk mengatur muka air. Seperti yang dinyatakan oleh menteri pekerjaan umum No. 07/SE/M/2010 tentang pelaksanaan peraturan pembangunan bangunan pengaman pantai bahwa *sea dike* adalah desain peralihan tepi laut yang dipasang sejajar dengan garis pantai yang bertujuan untuk melindungi daerah pantai yang rendah dari genangan yang diakibatkan oleh air pasang, gelombang, dan badai.



Gambar 18. Contoh tanggul laut (*sea dike*) pada pantai (Sumber : BPSDM, 2018)

### 4. Dinding penahan tanah (*Bulkheads*)

*Bulkheads* merupakan bangunan pelindung pantai yang berupa sebuah tembok vertikal dan berfungsi sebagai pencegah limpasan, banjir, atau erosi tanah. *Bulkheads* biasanya dapat dibangun pada daerah pantai yang rentan terkikis. *Bulkheads* biasanya terbuat dari kayu, baja, atau lembaran vinil.



Gambar 19. Contoh *Breakwater* pada pantai (Sumber : Agni, 2016)

### 5. *Groin*

Bangunan ini mengontrol laju pengangkutan sedimen di sepanjang garis pantai, sehingga dapat mengurangi/menghentikan *drift* integrasi yang terjadi dan selanjutnya membatasi laju pengangkutan residu di sepanjang pantai ke selubuhan atau muara jalur air. Seperti yang ditunjukkan oleh materi pekerjaan umum No. 7/SE/M/2010 tentang Pelaksanaan Aturan Pembangunan Bangunan Pelindung Pantai menjelaskan bahwa Selangkangan adalah bangunan keamanan tepi laut yang menjorok ke arah laut dan berlawanan dengan garis pantai. Tujuan bangunan *Groin* (*krib*) adalah:

- a. mengarahkan arus laut sehingga ketika terjadi banjir, air dapat mengalir dengan cepat dan aman,
- b. Mengatur kecepatan arus laut yang memungkinkan terjadinya pengendapan sedimen yang terjadi di sepanjang bibir pantai,
- c. Mengarahkan arus ke tengah alur laut agar tebing-tebing di sekitar pantai tidak mengalami pengikisan,
- d. mengkoordinasikan arus laut sehingga dapat memudahkan pelayaran.



**Gambar 20.** Contoh *Groin* pada pantai (Sumber : BPSDM, 2018)

#### 6. *Jetty*

*Jetty* adalah bangunan yang dibuat tetap lurus pada daerah pantai yang biasanya diletakkan pada kedua sisi muara sungai dan berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur sedimen yang terjadi pada daerah pantai. Menurut Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No 07/SEM/2010 tentang pemberlakuan pedoman pelaksanaan konstruksi bangunan pelindung pantai dijelaskan bahwa *Jetty* adalah sebuah bangunan yang menjorok ke arah laut yang berfungsi untuk mengendalikan penutupan muara sungai atau saluran oleh sedimen.



**Gambar 21.** Contoh *Jetty* pada pantai (Sumber : BPSDM, 2018)

#### 7. Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

Pemecah gelombang atau *breakwater* adalah bangunan struktur pantai yang digunakan untuk mengantisipasi dan mengendalikan abrasi (Andi Makbul Syamsuri 2018).

Adapun fungsi dari bangunan pemecah gelombang sebagai berikut:



- a. Berfungsi sebagai pelindung pada perairan yang berada di pelabuhan yang berada tepat di belakangnya sehingga terbebas dari hantaman gelombang
- b. Gelombang yang merambat jika mengenai suatu bangunan peredam gelombang maka sebagian energinya akan dipantulkan dipantulkan kembali (refleksi).
- c. Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan, kemudian dihancurkan dan akan diteruskan tergantung pada karakteristik gelombang datang (periode, tinggi, kedalamannya).
- d. Berkurangnya energi gelombang pada daerah terlindung dan dapat mengurangi pengiraman sedimen di daerah tersebut.



**Gambar 22.** Contoh *breakwater* pada pantai (Sira,ber : BPSDM, 2018)

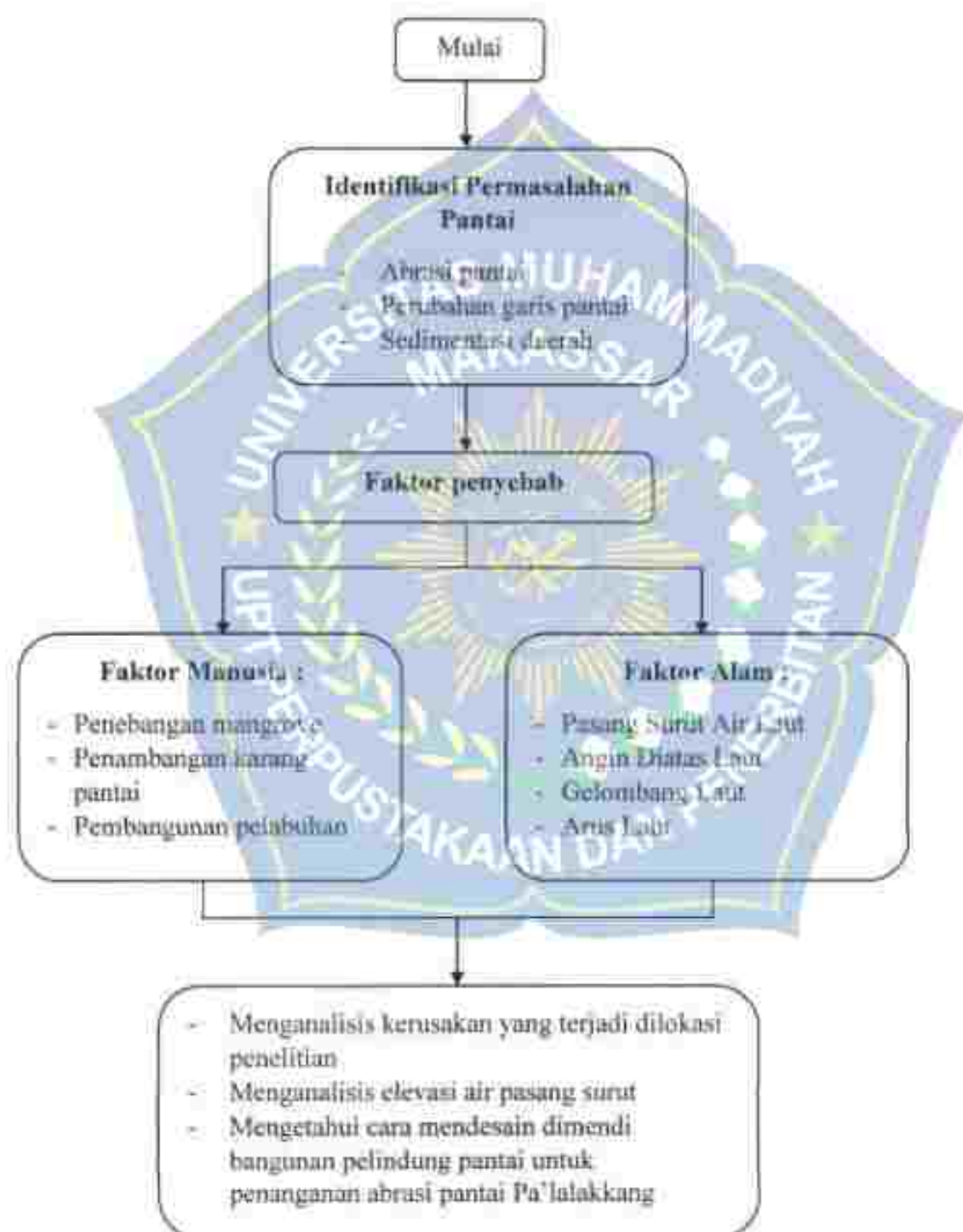
### K. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian serupa dengan penelitian kami yaitu penelitian oleh Muzani, Haque, Pranoto, & Nugroho, 2016 dengan judul penelitian pengamanan pantai widuri kab. Pematang, penelitian ini menggunakan metode yang bersifat teoritis dan lapangan. Hasil penelitian ini diperoleh bahwa alternatif yang dipilih untuk perlindungan pantai widuri adalah kombinasi struktur *breakwater* dan *revetment*.

Penelitian selanjutnya oleh Putra & Dkk, 2017 dengan judul perencanaan bangunan pengaman pantai (*revetment*) dengan bahan geobag dipantai maceti kab.gianyar dengan menggunakan metode penelitian kajian bersifat teoritis dan lapangan. Hasil dari penelitian ini di dapatkan tinggi bangunan *revetment* adalah 3,13 m dengan lebar puncak 1,12 m dan tebal lapis dinding pengaman *revetment* adalah 1,12 m.

Penelitian selanjutnya oleh (Tommy Jansen & Danda, 2017) dengan judul perencanaan bangunan pengaman pantai pada daerah pantai kima bajo kabupaten minahasa utara, penelitian ini menggunakan metode yang bersifat teoritis dan lapangan. Hasil dari penelitian ini di dapatkan perencanaan bangunan pengaman pantai berupa *Groin* dipantai kima bajo.

## L. Kerangka Pikir



Gambar 23. Bagan Kerangka Pikir

### BAB III METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Pengambilan data

Pengambilan data pada penelitian ini akan dilaksanakan pada daerah Pantai Pa'lalakkang Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar yang terletak diantara  $5^{\circ}18'14,18''$ LS dan  $119^{\circ}22'5,63''$ BT, berjarak sekitar 24 km dari pusat kota Makassar Sulawesi Selatan.



Gambar 24 Lokasi yang diteliti Sumber: (Google Earth)

#### B. Jenis Penelitian Dan Sumber Data

##### 1. Jenis Penelitian

Pada penelitian ini jenis penelitian yang digunakan adalah analisis kuantitatif karena menggunakan data primer dan 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 untuk menganalisis keterkaitan mengenai apa yang diketahui. Di samping itu data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari instansi terkait.

## 2. Sumber Data

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

a. Data Primer yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian seperti :

- Data pasang surut

b. Data sekunder diperoleh melalui pihak yang telah mengumpulkan data tersebut sebelumnya, data tersebut meliputi:

- Data Angin

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

- Data *Bathimetri*

Data *bathimetri* diperoleh dari Batris dan Badan Informasi Geospasial

## C. Variabel Penelitian

Variabel adalah suatu sifat objek, individu atau kegiatan yang mempunyai banyak variasi tertentu dan lainnya yang telah ditentukan oleh penelitian untuk dipelajari dan mencari informasi serta ditarik kesimpulannya.

Variabel adalah suatu kualitas dimana penelitian seorang peneliti mempelajari dan menarik sebuah kesimpulan dari proses penelitian yang dilakukan. (Kidder 1981) variabel penelitian dapat berupa apapun juga yang variasinya perlu kita perhatikan agar dapat mengambil kesimpulan mengenai fenomena yang terjadi.

### 1. Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data angin, data pasang surut, dan data karakteristik gelombang.

## 2. Definisi Operasional Variabel

Berdasarkan variabel di atas maka gambarnya mengenai definisi operasional variabel dalam penelitian ini yaitu:

- Data teknis merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan bangunan pantai yang meliputi data-data perencanaan bangunan Pantai Palalakkang.

## D. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rambu ukur : digunakan untuk mengukur tinggi rendahnya pasang surut.
2. Alat tulis : digunakan untuk pencatatan data mentah dilapangan.
3. Total Station (TS) : digunakan untuk mengukur elevasi pada garis pantai.
4. GPS : digunakan untuk menentukan titik koordinat di titik referensi (*benchmark*).
5. Prisma : digunakan untuk pengukuran sebagai reflektor dari alat ukur total satation.

## 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 arah angin terbanyak (°)
  - c. Data arah angin saat kecepatan maksimum (°)
2. Untuk Data pasang surut yang digunakan pada penelitian ini digunakan sumber data primer / data lapangan. Adapun langkah-langkah pengambilan data pasang surut sebagai berikut:
- Menentukan titik BM (Benchmark) untuk melakukan pengukuran. Benchmark (BM) berfungsi sebagai titik utama dalam mereferensikan posisi objek yang akan diteliti, sebagai titik acuan yang penting dalam penelitian.
  - Melakukan pemasangan rambu ukur pada dermaga dengan cara mengikat rambu ukur pada salah satu tiang dermaga.
  - Melakukan pengukuran menggunakan alat total station (TS) untuk mengetahui elevasi dari titik referensi ke garis pantai dengan menggunakan alat prisma sebagai titik bantu.
  - Melakukan pengukuran untuk mengetahui elevasi pasang surut dari titik bantu ke rambu ukur.
  - Pembacaan rambu ukur dilakukan pada pukul 10.00 wita dengan durasi 24 jam dalam interval 1 jam pengamatan.
3. Data peta *Bathimetri* diperoleh dari *bathimetri* nasional dan Badan Informasi Geospasial.

## F. Teknik Analisa Data

Tahap ini membahas analisa terhadap data-data yang digunakan dalam penelitian. Adapun tahapannya yaitu:

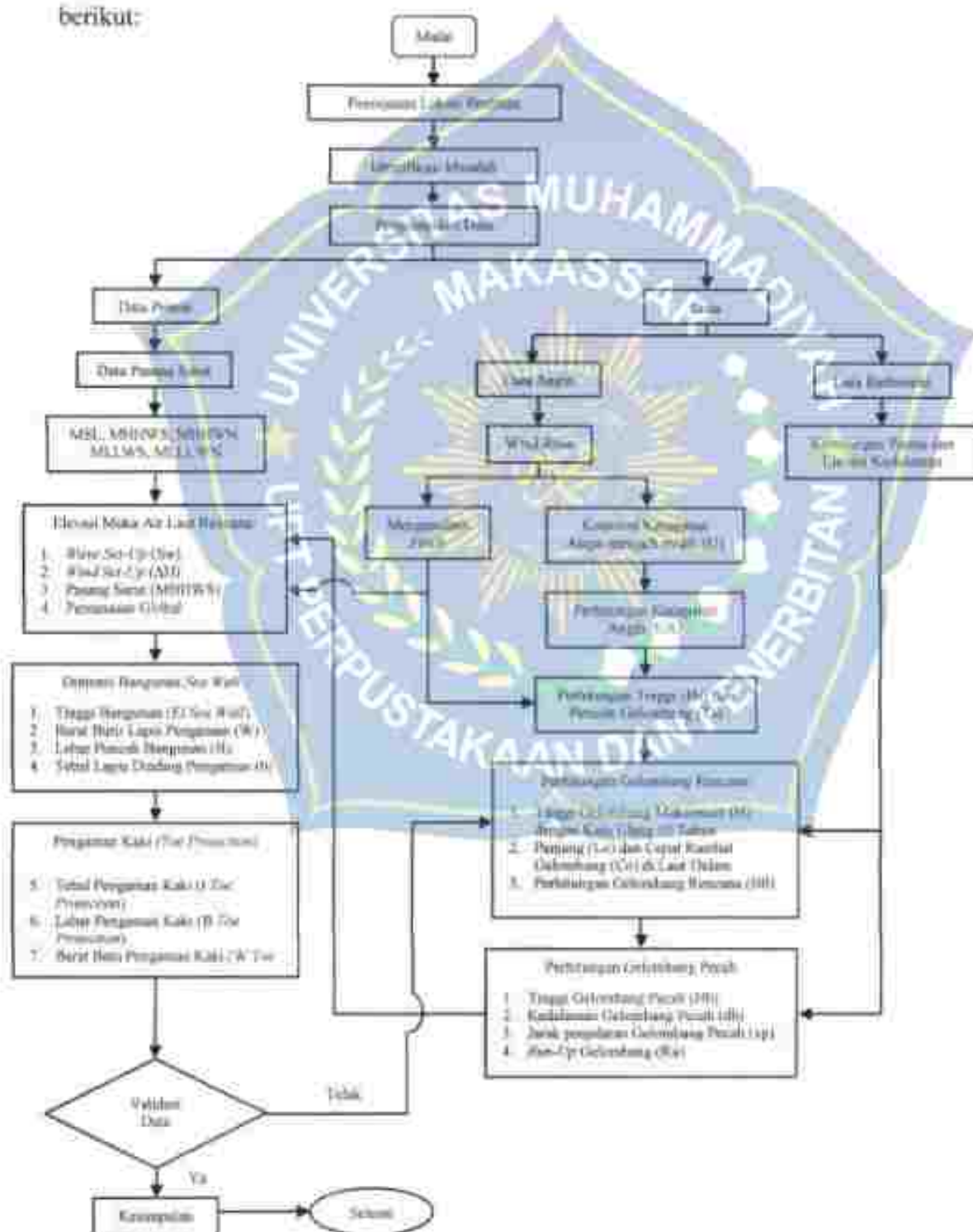
1. Pembuatan mawar angin (wind rose)
2. Penentuan *fetch* efektif
3. Pembangkitan gelombang oleh angin
4. Analisis gelombang
  - a. Perhitungan tinggi dan periode gelombang laut signifikan
  - b. Peramalan dan penentuan tinggi gelombang maksimum
  - c. Perhitungan cepat rambat gelombang di laut dalam
  - d. penentuan tinggi gelombang rencana dan gelombang pecah
5. *Fluktuasi* muka air laut
  - a. Perhitungan pasang surut
  - b. Perhitungan kenaikan muka air akibat gelombang
  - c. Perhitungan muka air akibat angin
  - d. Efek dari pemanasan global
6. Perhitungan elevasi bangunan pelindung pantai
  - a. Perhitungan berat batu lapis lindung
  - b. Perhitungan lebar puncak dan tebal lapisan pelindung
  - c. Perhitungan elevasi puncak



## G. Bagan Alur Penelitian

Fase-fase penelitian yang dilakukan adalah sesuai dengan bagan alur gambar

berikut:



Gambar 25. 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 dari permukaan tanah adalah  $5$  m. Data yang diperoleh adalah data angin lima tahun terakhir yaitu tahun 2012 sampai 2021. Dari data hasil pengukuran selanjutnya dilakukan analisis jumlah angin yang datang dilokasi penelitian serta interval dari setiap arah mata angin.

**Tabel 5.** Interval kejadian angin berdasarkan arah datangnya di lokasi studi

Arah Angin Saat Kecepatan Maksimum	Barat Daya	Barat Laut	Selatan	Timur	Tenggara	Timur Laut	Utara	Total
0-4	626	283	335	26	33	28	57	1468
5-9	440	272	390	92	59	32	119	1467
10-14	52	16	40	31	6	16	7	153
15-19	3	1	11	3			1	15
20-25		1	3					6
>25			1					1
Total	1140	555	780	132	98	76	183	3131

Sementara itu, persentasi kejadian menurut interval kecepatan di sajikan pada tabel 4.2.

**Tabel 6.** Persentasi kejadian angin rata-rata berdasarkan interval kecepatan

Arah Angin Saat Kecepatan Maksimum	Barat Daya	Barat Laut	Selatan	Timur	Tenggara	Timur Laut	Utara	Total	
0-4	20,09%	9,04%	10,70%	0,83%	1,05%	0,89%	1,82%	2,49%	46,92%
5-9	14,05%	7,41%	12,46%	2,94%	1,88%	1,02%	3,80%	3,29%	46,85%
10-14	1,66%	0,51%	1,28%	0,35%	0,19%	0,51%	0,22%	0,16%	4,89%
15-19	0,54%	0,10%	0,35%	0,10%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	1,12%
20-25	0,06%	0,03%	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,19%
>25	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%
Total	36,41%	17,09%	24,91%	4,22%	3,13%	2,43%	5,88%	5,94%	100,00%

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 pada gambar dibawah :



Gambar 26. Mawar angin dari tahun 2012 – 2021

Berdasarkan hasil analisis data diperoleh gambar *windrose* seperti gambar 26 diatas, yang terlihat angin dominan berasal dari arah barat dengan kecepatan dominan berada diantara 5 – 10 knots.

## B. Fetch

Berdasarkan kondisi geografis lokasi penelitian, maka *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang memiliki laut. Di daerah pembentukan gelombang, tidak hanya dibangkitkan pada arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin, sehingga 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 keempat arah tersebut yang diperhitungkan. Pada panjang *fetch* di titik pengamatan yang langsung berhadapan ke laut lepas (tidak ada rintangan terhadap angin) ditetapkan sampai sejauh 200 km. Adapun penentuan *fetch* pada lokasi studi disajikan pada gambar berikut.



**Gambar 27.** Angin yang berpotensi menimbulkan gelombang

Gambar dan Tabel perhitungan *fetch* untuk masing-masing arah peramalan gelombang laut yaitu arah Utara, Barat Laut, barat dan Barat daya adalah sebagai berikut:



Gambar 28. Panjang *Jeich* dari arah barat Daya, Barat dan Barat Laut

KEMENTERIAN PERTANIAN DAN PERUMAHAN RAKYAT UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL, PERENCANAAN	Jl. UPT, DAYARA
FACHR ERDIE (08120413120)	
KETERANGAN	

Tabel 7. Perhitungan *fetch* efektif arah utara

	$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	$\cos \alpha$	$X_i$ (km)	$X_i \cos \alpha$
UTARA	0	1,000	25,170	25,170
	-5	0,996	26,000	25,901
	-10	0,985	75,890	74,737
	-15	0,966	200,000	193,185
	-20	0,940	200,000	187,939
	Total	4,887		506,932

Menghitung *fetch* rerata diberikan persamaan 8 seperti berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{506,932}{4,887} = 103,739 \text{ km}$$

$$= 103,739 \text{ m}$$

Untuk arah utara *fetch* efektif yang didapatkan adalah 103,739 km ~ 10379 m

Tabel 8. Perhitungan *fetch* efektif arah barat daya

	$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	$\cos \alpha$	$X_i$ (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT DAYA	20	0,940	1,460	1,372
	15	0,966	1,450	1,401
	10	0,985	1,440	1,418
	5	0,996	1,480	1,474
	0	1,000	1,920	1,920
	-5	0,996	1,910	1,903
	-10	0,985	1,940	1,911
	-15	0,966	1,990	1,922
	-20	0,940	15,880	14,922
	Total	8,773		28,243

Menghitung *fetch* rerata diberikan persamaan 8 seperti berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{28,243}{8,773} = 3,219 \text{ km}$$

$$= 3219 \text{ m}$$

Untuk arah barat daya *fetch* efektif yang didapatkan adalah 3,219 km ~ 3219 m

**Tabel 9.** Perhitungan *fetch* efektif arah Barat

	$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	$\cos \alpha$	$X_i$ (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT	20	0,940	200,000	187,939
	15	0,966	200,000	193,185
	10	0,985	145,660	143,447
	5	0,996	147,480	146,919
	0	1,000	200,000	200,000
	-5	0,996	200,000	199,239
	-10	0,985	200,000	196,962
	-15	0,966	74,690	72,145
	-20	0,940	200,000	187,939
	Total	8,773		1527,774

Menghitung *fetch* rerata diberikan persamaan 8 seperti berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{1527,774}{8,773} = 174,140 \text{ km}$$

$$= 174140 \text{ m}$$

Untuk arah barat *fetch* efektif yang didapatkan adalah 174,140 km ~ 174140 m

**Tabel 10.** Perhitungan *fetch* efektif arah Barat Laut

	$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	$\cos \alpha$	$X_i$ (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT LAUT	20	0,940	200,000	187,939
	15	0,966	17,970	17,358
	10	0,985	200,000	196,962
	5	0,996	200,000	199,239
	0	1,000	200,000	200,000
	-5	0,996	200,000	199,239
	-10	0,985	200,000	196,962
	-15	0,966	200,000	193,185
	-20	0,940	200,000	187,939
	Total	8,773		1578,821

Menghitung *fetch* rerata diberikan persamaan 8 seperti berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{1578,821}{8,773} = 179,959 \text{ km}$$

$$= 179959 \text{ m}$$

Untuk arah barat *fetch* efektif yang didapatkan adalah 179,959 km ~ 179959 m

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

**Tabel 11.** Data *fetch* di lokasi studi

ARAH		FEf (Km)	FEf (m)
U	0	103,739	103739
BL	315	179,959	179959
B	270	174,140	174140
BD	225	3,219	3219

Berdasarkan dari data rekapitulasi di atas dapat dirangkumkan bahwa panjang *fetch* efektif yang terresor pada lokasi penelitian berada dari arah Barat Laut (179,959 km), kemudian disusul masing - masing arah Barat (174,140 km), Utara (103,739 km) dan arah Barat Daya (3,219 km).

### C. Pembangkitan Gelombang Oleh Angin

Data - data kecepatan angin yang digunakan untuk pembangkitan gelombang adalah data yang dicatat di darat yang diukur pada ketinggian tertentu di atas permukaan laut. Hal ini mengakibatkan data tersebut harus melewati tahap koreksi.

Contoh koreksi kecepatan angin dipilih data angin maksimum pada bulan Januari 2012, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 U_z &= 19 \text{ Knot (di konversi knot ke m/dt} \Rightarrow 1 \text{ knot} = 0,514 \text{ m/dt)} \\
 &= 19 \times 0,514 \\
 &= 9,77 \text{ m/dt} \\
 \text{Elevasi} &= 5 \text{ m} \\
 \text{Arah angin} &= \text{Barat}
 \end{aligned}$$



Adapun langkah-langkah melakukan koreksi terhadap data angin sebagai berikut:

➤ Koreksi elevasi Angin

Pada perencanaan ini data angin yang diperoleh di ukur pada elevasi 5 meter, sehingga harus dilakukan konversi pada elevasi 10 meter dengan menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$U_{10} = U_z \left( \frac{10}{z} \right)^{1,7}$$

$$U_{10} = 9,77 \left( \frac{10}{5} \right)^{1,7}$$

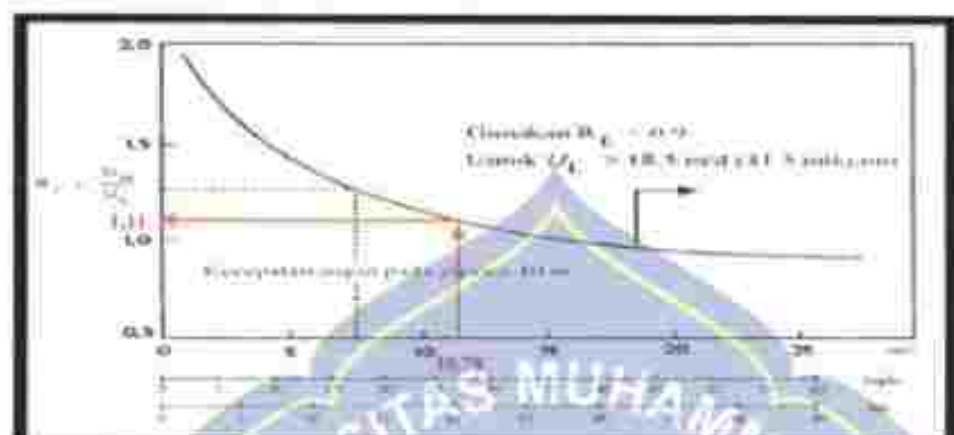
$$U_{10} = 10,78 \text{ m/dt}$$

➤ Koreksi stabilitas dan lokasi pengamatan

Koreksi stabilitas berkaitan dengan perbedaan temperatur udara tempat bertiupnya angin dan tempat terbentuknya gelombang. Besarnya koreksi dilambangkan dengan  $R_t$  , jika data temperatur udara dan air tidak dimiliki maka dianjurkan memakai nilai  $R_t = 1,10$

➤ Koreksi lokasi pengamatan.

Koreksi lokasi pengamatan harus dilakukan karena biasanya pengukuran data angin dilakukan di daratan, padahal di dalam rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data yang di atas permukaan laut/ faktor koreksi dilambangkan dengan  $R_l$  yang nilainya disajikan pada gambar berikut :



**Gambar 29.** Grafik hubungan antara kecepatan angin di feet dan di darat

kecepatan angin pada suatu perairan memerlukan penyesuaian atau koreksi

terhadap elevasi permukaan, maka digunakan persamaan 2 seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 U_t &= U_{10} \times R_z \times R_g \\
 &= 10,78 \times 1,10 \times 1,11 \\
 &= 13,16 \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

➤ Koreksi darasi

Waktu yang diperlukan untuk melintasi jarak 1 mil dengan menggunakan

persamaan 4 sebagai berikut :

$$t = \frac{1609}{U}$$

$$t = \frac{1609}{13,16}$$

$$t = 122,23 \text{ detik}$$

Kemudian mencari nilai  $U_t/U_{3600}$ . Karena  $1 \text{ detik} < t < 3600 \text{ detik}$  maka

menggunakan persamaan 5 sebagai berikut:

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \tanh \left( 0,91 \log_{10} \frac{45}{t} \right)$$

$$= 1,277 + 0,296 \tanh \left( 0,91 \log_{10} \frac{45}{123,23} \right)$$

$$= 1,37 \text{ m/dt}$$

Kemudian mencari kecepatan rata-rata dalam satuan jam dengan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$U_{t=2600}(U_{\text{koreksi}}) = \frac{U_t}{\left( \frac{U_t}{U_{2600}} \right)}$$

$$= \frac{13,16}{1,37}$$

$$= 9,60 \text{ m/dt}$$

➤ Faktor tegangan angin dengan menggunakan persamaan 3:

$$U_A = 0,71 \times U^{1,21}$$

$$= 0,71 \times 9,60^{1,21}$$

$$= 11,46 \text{ m/dt}$$

Perhitungan koreksi tegangan angin tahun 2012–2021 Pantai Palalakkang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 12.** Perhitungan Koreksi Tegangan Angin Tahun 2012 Pantai Palalakkang

Bulan	Arif	Dimensi	L	V <sub>r</sub>	Z	U <sub>10</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	U <sub>10</sub> (m/d)	U <sub>10</sub> (m/d)	U <sub>10</sub> (m/d)	U <sub>10</sub> (m/d)	U <sub>10</sub> (m/d)	U <sub>10</sub> (m/d)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Januari	B	270	14	0,77	5	10,78	1,10	1,11	13,16	122,23	1,37	9,60	11,46	174140	
Februari	B	270	22	11,31	5	12,49	1,10	1,07	14,68	109,99	1,38	10,63	12,99	174140	
Maret	B	270	25	11,31	5	12,49	1,10	1,07	14,68	109,99	1,38	10,63	12,99	174140	
April	S	180	11	5,63	5	6,24	1,10	1,23	8,16	275,72	1,34	8,81	7,32		
Mei	S	180	16	8,22	5	8,18	1,10	1,10	11,60	138,76	1,36	8,52	6,91		
Juni	S	180	14	7,20	5	7,95	1,10	1,25	10,94	147,07	1,36	8,07	6,26		
Juli	S	180	13	6,68	5	7,78	1,10	1,28	10,35	155,43	1,35	7,65	6,68		
Agustus	S	180	10	5,14	5	5,68	1,10	1,56	8,90	189,33	1,34	6,54	6,89		
September	S	180	13	6,68	5	7,18	1,10	1,28	10,25	195,43	1,35	7,55	6,68		
Oktober	B	270	14	7,25	5	7,95	1,10	1,25	10,94	147,07	1,36	8,07	6,26	174140	
November	B	270	13	6,68	5	7,78	1,10	1,28	10,35	155,43	1,35	7,65	6,68	174140	
Desember	B	270	14	7,25	5	7,95	1,10	1,25	10,94	147,07	1,36	8,07	6,26	174140	

## D. Analisis Gelombang

### 1. Analisa Gelombang Signifikan

Gelombang signifikan didapat dengan menggunakan angin terkoreksi ( $U_A$ ) dan *fetch* rerata efektif. Perhitungan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) menggunakan persamaan 9 dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) menggunakan persamaan 10.

Berikut contoh perhitungan gelombang signifikan di Pantai Patalakkang pada bulan Januari tahun 2012 :

Arah angin = Barat

$U_A = 11,46$  m/dt

*Fetch* = 1741,40 m

$g = 9,81$  m/dt

#### 1. Perhitungan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ )

$$H_s = \frac{0,0016 \times \sqrt{\frac{g \times f_{eff}}{U_A^2}} \times U_A^2}{g}$$

$$H_s = \frac{0,0016 \left( \sqrt{\frac{9,81 \times 174140}{11,46^2}} \right) \times 11,46^2}{9,81}$$

$$H_s = 2,44 \text{ m}$$

#### 2. Perhitungan periode gelombang signifikan ( $T_s$ )

$$T_s = \frac{0,2857 \times \left( \frac{g \times f_{eff}}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}} \times U_A}{g}$$

$$T_s = \frac{0,2857 \times \left( \frac{9,81 \times 174140}{11,46^2} \right)^{\frac{1}{3}} \times 11,46}{9,81}$$

$$T_s = 7,85 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan gelombang signifikan, Maka dapat disimpulkan gelombang signifikan pantai Pa'lalakkang pada bulan Januari tahun 2012 yaitu  $H_s = 2,44$  m dan  $T_s = 7,85$  detik.

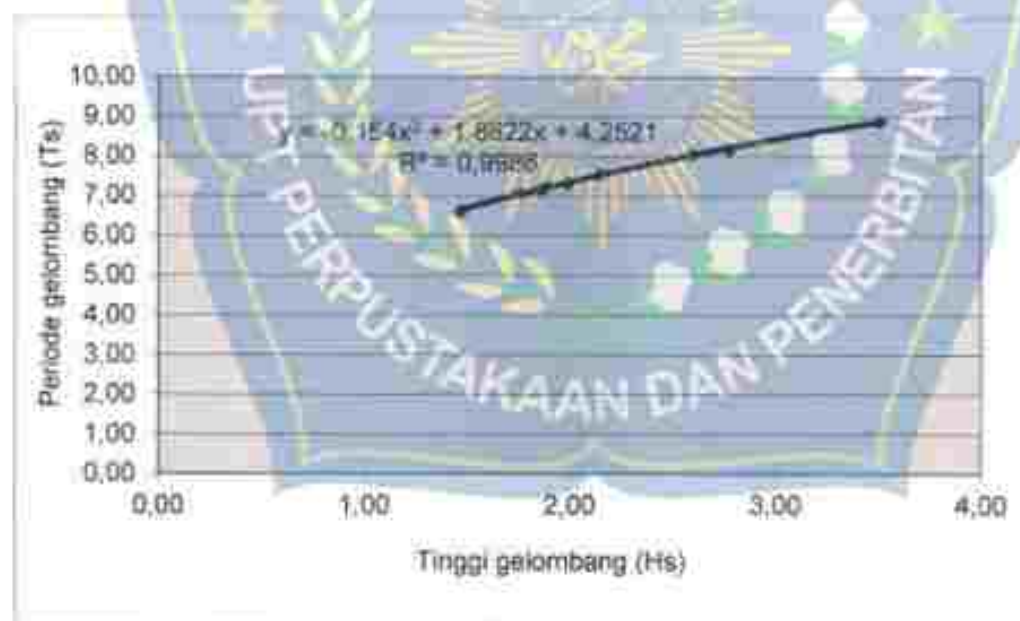
**Tabel 13.** Perhitungan Gelombang Signifikan Tahun 2012 Pantai Pa'lalakkang.

Bulan	Arah	U <sub>w</sub>	Fetch <sub>07</sub>	Tinggi Gelombang Signifikan (H <sub>s</sub> )	Periode Gelombang Signifikan (T <sub>s</sub> )
				(m)	(rt.)
Januari	B	11,46	174140	2,44	7,85
Februari	B	12,99	174140	2,77	8,18
Maret	B	12,99	174140	2,77	8,18
April	S	7,52			
Mei	S	9,90			
Juni	S	9,36			
Juli	S	8,68			
Agustus	S	6,89			
September	S	8,68			
Oktober	B	9,26	174140	1,97	7,31
November	B	8,68	174140	1,85	7,15
Desember	BL	9,90	179959	2,15	7,56

Setelah dilakukan perhitungan tinggi dan periode gelombang signifikan, maka dapat ditentukan tinggi dan periode gelombang maksimum tiap tahunnya. Untuk tinggi dan periode gelombang maksimum dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 14.** Tinggi dan periode gelombang signifikan maksimum tahunan

Tahun	Arah	UA	Fetch $e$	Tinggi Periode Gelombang	Periode Gelombang
				Signifikan ( $H_s$ )	Signifikan ( $T_s$ )
				(m)	(dk)
2012	B	12,99	174140	2,77	8,18
2013	BL	16,16	179959	3,50	8,90
2014	BL	11,97	179959	2,59	8,05
2015	BL	9,90	179959	2,15	7,56
2016	B	9,33	174140	1,91	7,33
2017	BL	8,68	179959	1,88	7,23
2018	BL	8,11	179959	1,76	7,07
2019	B	8,08	174140	1,85	7,15
2020	B	6,39	174140	1,47	6,62
2021	BL	8,68	179959	1,88	7,23

**Gambar 30.** Grafik hubungan antara tinggi gelombang Dengan Periode Gelombang

Dari grafik diatas, untuk tinggi dan periode gelombang signifikan yang terendah berada pada tahun 2020 dengan tinggi gelombang ( $H_s$ ) = 1,47 m dan periode gelombang ( $T_s$ ) = 6,62 detik, sedangkan untuk tinggi dan periode gelombang maksimum berada pada tahun 2013 dengan tinggi gelombang ( $H_s$ ) =

3,50 dan periode gelombang ( $T_s$ ) = 8,90, jadi dapat disimpulkan jika semakin rendah tinggi gelombangnya maka semakin rendah pula periode gelombangnya begitupun sebaliknya.

Setelah dilakukan pembangkitan gelombang dan periode gelombang dari tahun 2012 sampai tahun 2021, maka dapat di klasifikasikan dalam beberapa kelas berdasarkan arah anginnya dalam bentuk persentase tinggi gelombang signifikan.

**Tabel 15.** Persentasi kejadian tinggi gelombang dan periode gelombang berdasarkan arah datangnya di lokasi studi

Arah	Tinggi Gelombang Signifikan (%)						Total	Persentase
	( $\leq 1,0$ ) m	(1 - 2) m	(2 - 3) m	(3 - 4) m	(4 - 5) m	( $> 5$ ) m		
Utara	1	2	0	0	0	0	3	3,53%
Barat Daya	13	0	0	0	0	0	13	15,29%
Barat	10	15	3	0	0	0	28	44,71%
Barat Laut	0	24	6	1	0	0	31	36,47%
Total	24	41	9	1	0	0	85	100%

Dari hasil analisis tinggi gelombang dan periode gelombang, bahwa persentasi kejadian tinggi dan periode gelombang yang paling sering terjadi adalah dari arah Barat (44,71 %), disusul masing-masing Barat Laut (36,47 %), lalu arah Barat Daya (15,29 %) dan arah Utara (3,53 %). Serta ketinggian gelombang maksimum terjadi dari arah Barat Laut dengan ketinggian gelombang 3,50 m dengan periode 8,90 detik terjadi pada bulan Januari tahun 2013.



**Gambar 31.** Mawar gelombang di pematang Pa'lalakkang dari tahun 2010 - 2021

Berdasarkan hasil analisis data diperoleh mawar gelombang seperti gambar 31 diatas, yang terlihat gelombang dominan berasal dari arah barat dengan tinggi gelombang dominan berada diantara 1-2 m

#### 4.4.1. Peramalan dan Penentuan Tinggi Gelombang Maksimum

Analisa distribusi kala ulang rencana digunakan sebagai prediksi tinggi gelombang maksimum dengan jangka waktu yang diinginkan. Perhitungan tinggi gelombang maksimum menggunakan metode *Fisher-tippett type 1* dengan menggunakan data tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dengan kala ulang 10 tahun dengan menggunakan persamaan 11 dan persamaan 12, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini :

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

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{1 - 0,44}{10 + 0,12}$$

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 0,94$$



$$y_m = -\ln[-\ln p(H_s \leq H_{sm})]$$

$$y_m = -\ln[-\ln 0,94]$$

$$y_m = 2,87$$

**Tabel 16.** Perhitungan Tinggi Gelombang Maksimum Tahuman Dengan Metode Fisher-tippett type I

No	$H_{sm}$	P	$Y_m$	$H_{sm} \times Y_m$	$Y_m^2$	$\overline{H_{sm}}$	$(H_{sm} - \overline{H_{sm}})^2$
1	3,50	0,94	2,87	10,04	8,21	2,18	1,74
2	2,77	0,85	1,79	4,95	3,19	2,18	0,34
3	2,59	0,75	1,23	3,20	1,52	2,18	0,17
4	2,15	0,65	0,84	1,79	0,70	2,18	0,00
5	1,99	0,55	0,51	1,02	0,26	2,18	0,04
6	1,88	0,45	0,23	0,43	0,05	2,18	0,09
7	1,88	0,35	-0,04	-0,08	0,00	2,18	0,09
8	1,85	0,25	-0,32	-0,59	0,10	2,18	0,11
9	1,76	0,15	-0,63	-1,10	0,39	2,18	0,18
10	1,47	0,06	-1,06	-1,56	1,13	2,18	0,51
Jumlah	21,84	5,00	5,41	18,09	15,56		
Rata2	2,18		0,54				

Dari tabel di atas, dapat kita mengetahui beberapa parameter berikut ini:

$$N = 10$$

$$K = -15$$

$$N_T = 10$$

$$\overline{H_{sm}} = 2,18 \text{ m}$$

$$V = N/N_T = 1$$

$$Y_m = 0,54$$

$$\lambda = 1$$

Dari beberapa parameter di atas selanjutnya dihitung parameter  $\hat{A}$  dan  $\hat{B}$  berdasarkan data  $H_{sm}$  dan  $y_m$ , dengan menggunakan persamaan 14, persamaan 15 dan persamaan 16 untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut:

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

Dengan :

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{ym} \cdot y_m - \sum H_{ym} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2}$$

$$\hat{A} = \frac{(10 \times 18,05) - (21,84 \times 5,41)}{(10 \times 15,56 - (5,41)^2)}$$

$$\hat{A} = 0,50$$

$$\hat{B} = H_{ym \text{ rata-rata}} - A \cdot y_m \text{ rata-rata}$$

$$\hat{B} = 2,18 - (0,50 \times 0,54)$$

$$\hat{B} = 1,92$$

Persamaan regresi yang diperoleh:

$$H_w = 0,50 y_r + 1,92$$

- Menghitung  $y_r$  dengan menggunakan persamaan 13 sebagai berikut:

$$\text{Dimana } L = N_r / K = 10 / 6 = 1$$

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

$$y_r = -\ln \left\{ -\ln \left( 1 - \frac{1}{1 \times 5} \right) \right\}$$

$$y_r = 1,50$$

- Menghitung deviasi standar yang dinormalkan ( $\sigma_{nr}$ )

Untuk menetapkan interval keyakinan maka digunakan persamaan dibawah ini dengan menggunakan persamaan 17 dan dibantu dengan tabel 2 untuk koefisien a1,

a2, c, e, k :

$$a1 = 0,64$$

$$a2 = 9,0$$

$$k = 0,93$$

$$c = 0$$

$$e = 1,33$$

$$\alpha = \alpha_1 e^{a2 N^{-c} + k \sqrt{-\ln r}}$$

$$\hat{\alpha} = 0,64 \times e^{9,0 \times 10^{-13} + 0,93 \sqrt{-\ln 1}}$$

$$\alpha = 1,005$$

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

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{10}} (1 + 1,005(1,50 - 0 + 1,33 \ln 1)^2)^{1/2}$$

$$\sigma_{nr} = 0,57$$

- Menghitung  $\sigma_r$ ,  $\sigma_{nr}$  dan  $\sigma_{Hs}$

Berdasarkan absolut dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan persamaan 18 dan persamaan 19 sebagai berikut :

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

$$\sigma_{Hs} = \left[ \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_{Hs} = \left[ \frac{1}{10-1} \sum_{i=1}^N 3,28 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_{Hs} = 0,60$$

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

$$\sigma_r = 0,57 \times 0,60$$

$$\sigma_r = 0,34$$

- Menghitung Hsr

Berdasarkan rumus hasil regresi linier :

$$H_{sr} = 0,50 yr + 1,92$$

$$H_{sr} = (0,50 \times 1,50) + 1,92$$

$$H_{sr} = 2,66 \text{ m}$$

Tabel 17. Hasil Perhitungan Dengan Periode Ulang tertentu

Periode Ulang (Tr)	Yr	Hsr (m)	orr	oHs	or	Hsr - 1,28or (m)	Hsr + 1,28or (m)
5	1,50	2,66	0,57	0,60	0,34	2,22	3,10
10	2,25	3,03	0,78	0,60	0,47	2,43	3,64
15	2,67	3,24	0,90	0,60	0,55	2,54	3,94
25	3,20	3,50	1,06	0,60	0,64	2,68	4,32
50	3,90	3,85	1,28	0,60	0,77	2,87	4,84

Dari hasil perhitungan, gelombang maksimum yang terjadi di Pantai Pa'alakkang kala ulang 10 tahun dapat tinggi gelombang ( $H_{10}$ ) = 3,03 m. Setelah diperoleh tinggi gelombang maksimum kemudian hasil dari perhitungan ini digunakan untuk perhitungan gelombang rencana.

#### 4.4.2. Perhitungan Cepat Rambat Gelombang di Laut Dalam

Untuk mendapatkan periode gelombang yang maksimum berdasarkan pengaruh dari perubahan kedalaman, maka dari itu di buat hubungan antara grafik hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (10 Tahun) yang telah dihitung.

Berdasarkan grafik hubungan H dan T didapatkan persamaan:

$$y = -0,303x^2 + 2,6976x + 3,1287$$

untuk  $H_{10}$ :

$$H = 3,03 \text{ m}$$

$$T = -0,154 \cdot H_{10}^2 + 1,8622 \cdot H_{10} + 4,2521$$

$$T = (-0,154 \times 3,03^2) + (1,8622 \times 3,03) + 4,2521$$

$$T = 8,48 \text{ detik}$$

- Menghitung panjang gelombang di laut dalam ( $L_0$ ) digunakan persamaan 25 sebagai berikut:

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

$$L_o = \frac{9,81 \text{ m/dt}^2 \times (8,48)^2}{2 \times 3,14}$$

$$L_o = 112,42 \text{ m} \sim 112 \text{ m}$$

- Kecepatan rambat gelombang di laut dalam ( $C_o$ ) digunakan persamaan 24 sebagai berikut:

$$C_o = \frac{gT}{2\pi} = 1,56 \times T$$

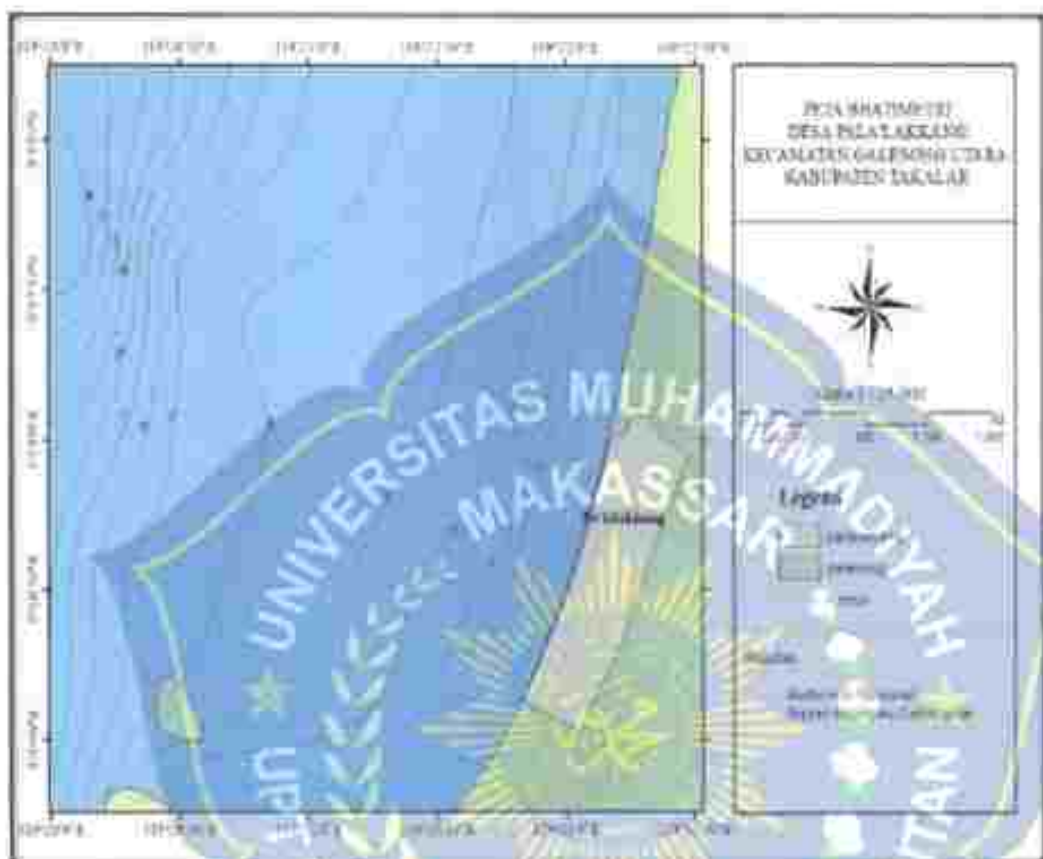
$$C_o = \frac{9,81 \text{ m/dt}^2 \times 8,48 \text{ dt}}{2 \times 3,14}$$

$$C_o = 13,25 \text{ m/dt}$$

Panjang gelombang di laut dalam ( $L_o$ ) dan cepat rambat gelombang di laut dalam ( $C_o$ ) digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana.

#### 4.4.3. Bathimetri

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



**Gambar 32.** Peta *Bathimetri* (sumber: *Bathimetri Nasional* dan Badan Informasi Geospasial)

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



Gambar 33. Profil melintang *bathimetri* daerah pantai Pa'lalakkang

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

**Tabel 18.** Hasil analisis kemiringan

Stasiun	Patok	Kedalaman (m)	Jarak (m)	kemiringan	Persentase (%)
A	P0	0	0	0	0
	P1	2	174	0,011	1,1
	P2	4	39	0,051	5,1
	P3	6	86	0,023	2,3
	P4	8	225	0,009	0,9
	P5	10	446	0,004	0,4
	P6	12	264	0,008	0,8
	P7	14	79	0,025	2,5
	P8	16	66	0,030	3,0
	P9	18	75	0,027	2,7
	P10	20	92	0,022	2,2
B	P0	0	0	0	0
	P1	2	163	0,012	1,2
	P2	4	43	0,046	4,6
	P3	6	110	0,018	1,8
	P4	8	269	0,007	0,7
	P5	10	390	0,005	0,5
	P6	12	248	0,008	0,8
	P7	14	112	0,018	1,8
	P8	16	84	0,024	2,4
	P9	18	72	0,028	2,8
C	P0	0	0	0	0
	P1	2	182	0,011	1,1
	P2	4	42	0,047	4,7
	P3	6	199	0,010	1,0
	P4	8	191	0,010	1,0
	P5	10	369	0,005	0,5
	P6	12	278	0,007	0,7
	P7	14	95	0,021	2,1
	P8	16	61	0,033	3,3
	P9	18	54	0,037	3,7
D	P0	0	0	0	0
	P1	2	209	0,010	1,0
	P2	4	60	0,033	3,3



	P3	6	144	0,014	1,4
	P4	8	212	0,009	0,9
	P5	10	347	0,006	0,6
	P6	12	226	0,009	0,9
	P7	14	89	0,022	2,2
	P8	16	65	0,031	3,1
E	P0	0	0	0	0
	P1	2	210	0,010	1,0
	P2	4	53	0,037	3,7
	P3	6	143	0,014	1,4
	P4	8	335	0,006	0,6
	P5	10	269	0,007	0,7
	P6	12	139	0,014	1,4
	P7	14	72	0,028	2,8
	P8	16	61	0,033	3,3
	Rata-Rata			0,017	1,7

Dari hasil hitungan diatas maka didapatkan kemiringan pantai  $m = 0,017$  dan persentase kemiringan  $1,7\%$  termasuk kategori datar  $< 8\%$ .

**Tabel19.** 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 : Yumai, Y., Tilaar, S., & Makarau, V. H. (2019).

#### 4.4.4. Perhitungan Tinggi Gelombang Rencana

Untuk menentukan bangunan pengaman pantai dalam studi ini digunakan gelombang dominan yang datang di lokasi studi. Dari distribusi arah gelombang

pada persentasi gelombang tahunan, diketahui bahwa gelombang dominan berasal dari arah barat (44,71%), akan tetapi gelombang tertinggi terbesar berasal dari arah barat laut (36,47%) sehingga dalam studi ini diambil sudut datangnya gelombang dari arah barat laut dengan sudut  $22^\circ$  seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 34.** Penentuan sudut datangnya gelombang di pantai Pakkajang

Berdasarkan peta topografi dan bathimetri pantai Pakkajang, dipilih kedalaman ( $d$ ) pada kedalaman  $20$  m untuk perhitungan kedalaman di laut, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini:

$$\frac{d}{L_0} = \frac{20}{112,42}$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,178$$

Untuk nilai  $d/L_0 = 0,178$  maka didapat nilai  $d/L$  dan  $\tanh \frac{2\pi d}{2\pi}$  dengan menggunakan tabel A-1 pada lampiran:

$$\frac{d}{L} = 0,20666$$

$$\tanh \frac{2\pi d}{2\pi} = 0,8613$$

Karena nilai  $d/L_0 = 0,178$  masuk kedalam kategori  $1/20 < d/L < 1/2$  sehingga termasuk gelombang laut transisi. Panjang gelombang di laut transisi ( $L$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan 23 berikut:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{2\pi}$$

$$L = \frac{9,81 \times 8,48^2}{2 \times 3,14} \times 0,8613$$

$$L = 96,83 \text{ m}$$

Keccepatan gelombang di laut dangkal ( $C$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 22 berikut:

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{2\pi}$$

$$C = \frac{9,81 \times 8,48}{2 \times 3,14} \times 0,8613$$

$$C = 11,41 \text{ m}$$

Arah datangnya gelombang pada kedalaman 20 m dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 28 berikut:

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

$$\sin \alpha = \left( \frac{11,41}{13,25} \right) \sin 22^\circ$$

$$\sin \alpha = 0,323$$

$$\alpha_1 = 19^\circ$$

koefisien *refraksi* dihitung dengan menggunakan persamaan 2.26 berikut:

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

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos 22^\circ}{\cos 19^\circ}}$$

$$Kr = 0,990$$

Untuk menghitung koefisien pendangkalan ( $K_s$ ) dicari dengan menggunakan tabel A-1 pada lampiran, berdasarkan nilai  $d' / \sigma$  di atas, sehingga di dapat nilai  $K_s$  adalah:

$$K_s = 0,914$$

Jadi tinggi gelombang rencana dihitung dengan menggunakan persamaan 29 sebagai berikut:

$$H_o = K_s \times Kr \times H_p$$

$$H_o = 0,914 \times 0,990 \times 3,03$$

$$H_o = 2,74 \text{ m}$$

Maka tinggi gelombang yang sudah mengalami proses refraksi (Tinggi gelombang rencana) adalah  $H_o = 2,74 \text{ m}$  yang selanjutnya di pakai untuk analisa gelombang pecah

#### 4.4.5. Gelombang Pecah

Untuk perhitungan gelombang pecah digunakan persamaan yang Munk. Analisa gelombang pecah dilakukan terhadap tinggi gelombang rencana pada kala ulang tertentu.

Berdasarkan studi *bathimetri*, nilai kemiringan rata-rata (m) dari pantai Palalakkang adalah 0,017. Adapun perhitungan gelombang pecahnya untuk  $H_s$  dengan kala ulang 10 tahun adalah sebagai berikut.

$$H_0 = 2,74 \text{ m}$$

$$L_{025} = 112,42 \text{ m}$$

$$T_{025} = 8,48 \text{ detik}$$

### 1. Tinggi gelombang pecah ( $H_b$ )

Tinggi gelombang ekuivalen pada kedalaman 20 meter dihitung dengan menggunakan persamaan 30, persamaan 31 dan persamaan 32 sebagai berikut:

$$H'_0 = K_r \times H_0$$

$$H'_0 = 0,990 \times 2,74$$

$$H'_0 = 2,72 \text{ m}$$

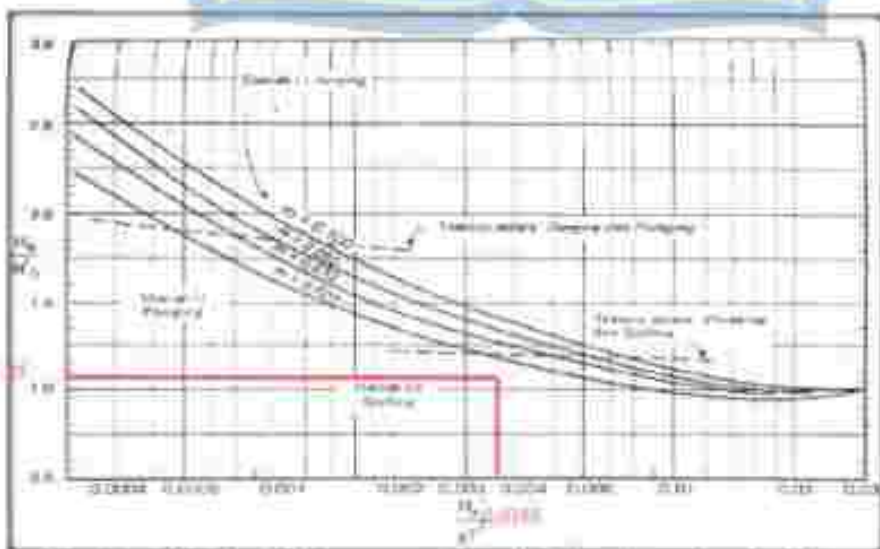
$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{2,72 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2 \times 8,48^2 \text{ s}^2}$$

$$\frac{H_b}{H'_0} = 0,00285$$

Dari grafik penentuan tinggi gelombang pecah hubungan antara  $\frac{H_b}{H'_0}$  dan  $\frac{H'_0}{gT^2}$

dengan berdasarkan kemiringan Pantai Palakkang ( $m = 0,0171$ ) maka didapat

nilai  $\frac{H_b}{H'_0}$  adalah :



Gambar 35. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah ( $H_b$ )

$$\frac{H_b}{H'_{o}} = \frac{1}{3,3 \times (H'_{o}/L_o)^{1/3}}$$

$$\frac{H_b}{H'_{o}} = \frac{1}{3,3 \times (2,72/112,42)^{1/3}}$$

$$\frac{H_b}{H'_{o}} = 1,05$$

$$H_b = H'_{o} \times 1,05$$

$$H_b = 2,72 \times 1,05$$

$$H_b = 2,85 \text{ m}$$

## 2. Penentuan kedalaman gelombang pecah

Pada kedalaman gelombang pecah menggunakan persamaan 33, persamaan 34, persamaan 35 dan persamaan 36 untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut:

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{2,85}{9,81 \times 8,48^2}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = 0,00403$$

Dari grafik penentuan kedalaman gelombang pecah hubungan antara  $\frac{H_b}{gT^2}$

dan  $\frac{ab}{H_b}$  dengan berdasarkan kemiringan Pantai Pa'lalakkang ( $m = 0,0171$ ), maka

dapat dinilai  $\frac{ab}{H_b}$  adalah:



Gambar 36. Grafik Penentuan kedalaman Gelombang Penuh ( $H_b$ )

$$a = 43,75 \times (1 - e^{-19,5x})$$

$$= 43,75 \times (1 - e^{-19,5 \times 0,017})$$

$$= 12,19$$

$$b = \frac{1,56}{1 + e^{-19,5 \times 0,017}}$$

$$b = \frac{1,56}{1 + e^{-19,5 \times 0,017}}$$

$$b = 0,909$$

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT^2)}$$

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{0,909 - (12,19 \times 2,85 / (9,81 \times 8,48)^2)}$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,162$$

$$d_b = 1,162 \times H_b$$

$$d_b = 1,162 \times 2,85$$

$$db = 3,31 \text{ m}$$

Jadi gelombang akan terjadi pecah pada kedalaman  $db = 3,31 \text{ m}$ , sehingga jarak perjalanan setelah pecah dihitung dengan persamaan 37 berikut:

$$x_p = r_p \times H_b \longrightarrow r_p = 4,0 \text{ m} - 9,25 \text{ m}$$

$$x_p = 4 \times 2,85$$

$$x_p = 11,39 \text{ m}$$

## E. Fluktuasi Muka Air Laut

### 1. Pasang Surut

Pengambilan data pasang surut diambil dari hasil pengukuran langsung di Pantai Pala'akkang Kec. Galesong Utara Kab. Takalar 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.

Berikut perhitungan pasang surut metode Admiralty tahun 2022.

#### 1. Skema 1

Data yang akan diolah dikonsversikan dahulu semuanya dari meter (m) ke centimeter (cm), dimana untuk tabel kearah kanan menunjukkan waktu pengamatan (jam) yaitu dari pukul 17.00 Wita sampai 16.00 Wita dan tabel ke arah bawah menunjukkan tanggal dilakukannya pengamatan yaitu 26 Mei – 09 Juni 2022. Adapun data yang telah diperoleh pada tabel berikut :



**Tabel 20.** Data pasang surut 15 hari interval 1 hari

Tanggal	Pasang Surut Data Hari																							jumlah bulan	tscari m <sup>2</sup> /hari	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			23
26-Mei-22	110	100	100	90	85	80	80	70	80	80	80	80	95	90	80	80	100	110	120	130	130	130	120	110	2310	96
27-Mei-22	100	100	90	80	80	70	70	70	70	70	70	70	80	80	80	90	90	90	100	100	110	110	110	110	2110	169
28-Mei-22	100	100	90	80	70	70	70	60	60	60	60	60	70	70	80	90	100	110	120	120	120	110	110	110	2110	169
29-Mei-22	100	100	90	80	70	70	60	60	70	70	70	70	80	80	80	100	110	120	130	130	130	120	110	110	2130	170
30-Mei-22	110	100	90	80	80	70	70	60	60	60	60	60	70	70	80	90	110	120	140	140	140	140	130	120	2120	170
31-Mei-22	120	110	100	90	80	80	70	60	60	60	60	60	70	70	80	100	120	140	150	150	150	140	130	120	2140	171
01-Jun-22	130	110	100	90	80	80	70	60	60	60	60	60	70	70	80	100	110	140	150	160	160	150	140	130	2170	174
02-Jun-22	130	120	110	100	90	90	80	80	70	60	60	60	70	70	80	100	100	130	150	160	160	160	150	140	2300	176
03-Jun-22	140	130	110	100	90	90	80	80	70	60	60	60	70	70	80	100	110	140	150	160	160	150	140	130	2190	175
04-Jun-22	140	130	120	110	100	100	100	90	80	80	80	80	90	90	100	120	130	160	170	180	180	170	160	150	2190	175
05-Jun-22	140	130	120	110	100	100	100	90	80	70	60	60	70	70	80	100	110	140	150	160	160	150	140	130	2220	178
06-Jun-22	130	120	110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	120	130	160	170	180	180	170	160	150	2190	175
07-Jun-22	120	110	110	100	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100	120	130	160	170	180	180	170	160	150	2170	174
08-Jun-22	120	110	100	90	80	80	90	90	90	90	90	90	90	90	100	110	120	150	160	160	160	150	140	130	2170	174
09-Jun-22	110	100	90	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	100	110	140	150	160	160	150	140	130	2150	172



## 2. Skema II

Penyusunan hasil perhitungan harga  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_3$ ,  $Y_3$ ,  $X_4$  dan  $Y_4$  pengisian data dilakukan dengan bantuan tabel 4.35 yang mengalikan nilai pengamatan dengan harga pengali pada daftar 1 untuk setiap hari pengamatan. Karena pengali dalam daftar hanya berisi bilangan 1 dan -1 kecuali untuk  $X_4$  ada bilangan 0 (nol) yang tidak dimasukkan dalam pedalitan, maka lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 pada kolom bertanda (+) dibawah kolom  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_3$ ,  $Y_3$ ,  $X_3$  dan  $Y_3$  Hal yang sama untuk pengali -1 pada kolom dibawah bertanda (-)

**Tabel 21.** Penyusunan Hasil Perhitungan Dari Skema 2

Tanggal	$X_1$		$Y_1$		$X_2$		$Y_2$		$X_3$		$Y_3$	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
26-Mei-22	1210	1190	240	1520	1080	220	1130	1080	100	90	1150	1160
27-Mei-22	1120	980	120	1400	1080	900	1030	1080	710	700	1060	1050
28-Mei-22	1120	980	120	1270	1030	1080	1070	1080	770	700	1050	1060
29-Mei-22	1140	980	70	1360	1110	1120	1120	1010	710	770	1080	1050
30-Mei-22	1170	910	220	1300	1070	1150	1110	1010	880	700	1060	1090
31-Mei-22	1280	860	100	1220	930	1090	1120	1020	700	720	1070	1070
01-Jun-22	1360	810	70	1400	970	1280	1180	1070	740	730	1080	1080
02-Jun-22	1430	770	70	1420	920	1370	1080	1110	780	740	1100	1100
03-Jun-22	1460	730	80	1310	930	1370	1030	1160	720	780	1090	1100
04-Jun-22	1430	710	90	1280	930	1240	1070	1170	720	780	1080	1110
05-Jun-22	1460	760	100	1330	980	1220	1080	1200	750	790	1090	1130
06-Jun-22	1390	800	1060	1130	990	1200	980	1270	740	730	1080	1110
07-Jun-22	1290	880	1060	1110	1020	1150	960	1210	740	720	1090	1080
08-Jun-22	1240	930	1050	1120	1080	1120	960	1210	730	720	1080	1090
09-Jun-22	1160	990	940	1160	1050	1100	980	1170	720	730	1060	1090

## 3. Skema III Tahun 2022

Penyusunan hasil perhitungan harga  $X$  dan  $Y$  (Tabel 4.42). Proses ini merupakan untuk mengisi kolom-kolom pada skema-III, setiap kolom pada kolom-kolom skema-III merupakan penjumlahan dari perhitungan pada kolom-kolom skema II.

- a. Untuk  $X_0$  (+) merupakan penjumlahan antara  $X_1$  (-) dengan  $X_2$  (-) tanpa melihat tanda (+) dan (-)
- b. Untuk  $X_1$ ,  $Y_2$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_3$ ,  $Y_3$ ,  $X_4$  dan  $Y_4$  merupakan penjumlahan tanda (+) dan (-), untuk mengisi hasilnya tidak ada negatif maka di tambahkan bilangan tertentu.

**Tabel 22.** Penyusunan hasil perhitungan dari skema 3

TGL	$X_0$	$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$	$X_3$	$Y_3$
		-800	+800	+800	+800	-800	+800
26-Mei-22	2310	910	470	670	750	820	790
27-Mei-22	2110	930	530	810	750	810	810
28-Mei-22	2110	930	370	750	850	810	790
29-Mei-22	2130	950	210	690	910	800	830
30-Mei-22	2120	1060	120	620	900	780	800
31-Mei-22	2140	1220	60	560	900	780	800
01-Jun-22	2170	1350	90	470	830	770	810
02-Jun-22	2200	1460	160	460	780	800	800
03-Jun-22	2190	1530	290	470	670	790	790
04-Jun-22	2180	1570	470	510	650	780	770
05-Jun-22	2220	1500	620	560	580	820	760
06-Jun-22	2190	1390	730	500	530	810	770
07-Jun-22	2170	1210	750	670	550	820	810
08-Jun-22	2170	1110	730	730	550	810	790
09-Jun-22	2150	970	630	750	610	790	770

#### 4. Skema IV Tahun 2012

Mengisi seluruh kolom-kolom pada skema-IV, diisi dengan data setelah penyelesaian skema-III dibantu dengan indeks kedua tabel 4.44. Arti indeks pada skema-IV :

- a. Indeks 00 untuk X berarti  $X_{00}$ ,  $X_0$  pada skema-III dan indeks 0 pada daftar kedua

- b. Indeks 00 untuk Y berarti  $Y_{00}$ ,  $Y_0$  pada skema-III dan indeks 0 pada daftar kedua.

Nilai yang disajikan ini merupakan penjumlahan baris-baris dalam tiap kolom sesuai dengan kontribusi (+) dan (-) dan dinyatakan dalam tabel indeks kedua. Selanjutnya kolom X dan Y yang berada di paling kanan tabel disajikan dengan menjumlahkan masing-masing komponen pada tiap nilai harga  $X_{10}$ ,  $X_{20}$  dan  $Y_{10}$  dst.

**Tabel 23** Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y

SKEMA IV					
INDEKS	TANDA	X	Y	X	Y
		TAMBAHAN		JUMLAH	
00	+	32570		32570	
01		18990	6270	6090	-5770
		12000	12000		
12	+	9690	1810		
	-	8400	4420	-970	-3470
(29)	(-) (-)	800	800		
11	+	8440	1580		
		8710	3590	-1870	-2210
13		7130	1070		
		10960	5160	-4830	-4290
(29)	(-) (-)	800	800		
1e	+	2870	2590		
	-	3760	3480	-890	-890
20	+	9310	1970		
	-	12000	12000	-2690	-1210
22		3650	830		
	-	5660	5430	-2810	-970
(29)	(-) (-)	800	800		
2b	+	3900	5120		
	-	3530	3530	370	1590
23	+	2470	3830		
	-	6840	6960	-5170	-3930
(29)	(-) (-)	800	800		
2c	+	4490	5250		
	-	4360	4760	130	490
42	+	5520	5530		
	-	6470	6360	-1750	-1630
(29)	(-) (-)	800	800		
4b	+	4750	4840		
	-	4830	4690	-80	150
44	+	5590	5560		
	-	6400	6330	-1610	-1570
(29)	(-) (-)	800	800		
4d	+	4770	4780		
	-	4810	4750	-40	30
1v					

## 5. Skema V dan VI

Untuk mengisi kolom dan baris pada skema V yaitu pengurangan dari nilai X (jumlah) dan Y (jumlah) pada skema IV dan dibantu dengan konstanta pengali pada tabel 4.46 yang telah ditetapkan. Begitu pula untuk mengisi kolom dan baris pada skema VI yaitu penjumlahan dari nilai X (jumlah) dan Y (jumlah) pada skema IV dan dibantu dengan konstanta pengali pada tabel 4.46 yang telah ditetapkan. Di bawah ini konstanta pengali pada tabel 4.46 tersebut.

**Tabel 24.** Penyusunan hasil perhitungan besaran X dan Y dari konstanta-konstanta panti untuk 15 tanaman yang diperoleh dari Skema 5 dan 6.

		S1	M2	S2	N2	K1	O1	M4	M5
SKEMA V	$X_{01}$	12570	12150						
	$X_{02}$	6990				6090	-420		
	$X_{11} - Y_{11}$	2700	243			54	2700		54
	$X_{12} - Y_{12}$	4946							
	$X_{21}$	-390	454	-2095	-780				
	$X_{22} - Y_{22}$	1430	-440	616	-2681	81	122		132
	$X_{31} - Y_{31}$	-4561	1679		5661				
	$X_{32} - Y_{32}$	-1903	-79						1900
	$X_{41} - Y_{41}$	-1647						1656	32
	$X_{42}$	5730				5828	40		
SKEMA VI	$Y_{11} + X_{11}$	5280	-264			654	2554		-53
	$Y_{12} + X_{12}$	5780							
	$Y_{21}$	-1210	198	-1310	360				
	$Y_{22} + X_{22}$	400	-624	90	184		80		12
	$Y_{31} + X_{31}$	-3800	2600		-2914				
	$Y_{32} + X_{32}$	-1710	-34					-188	-1710
	$Y_{41} + X_{41}$	-1610						-1610	97

## 6. Skema VII Tahun 2022

Untuk mengisi kolom dan baris pada skema VII yaitu merupakan penjumlahan dari skema V dan skema VI dan dibantu dengan konstanta pengali pada tabel 4.46 yang telah ditetapkan, serta data hasil perhitungan f, V, u dan r. Di bawah ini konstanta pengali pada tabel 4.46 dan tabel 4, serta cara perkalian untuk menyusun skema VII dan menghitung f, V, u dan r:

Tabel 25. Hasil Skema VII

		$S_1$	$M_1$	$S_2$	$N_2$	$K_2$	$G_2$	$M_2$	$M_3$
SKEMA VII	V : PR. $cos \tau$	12523,40	(23,80)	-3508,90	-4111,40	5170,30	4612,30	-1692,90	-1573,40
	VI : PR. $sin \tau$	0	2095,30	-2183,80	-4114,30	-6467,20	-1631,00	-1650,30	-1470,20
	PR.	12523,40	2098,93	4132,85	5816,45	8285,72	4892,38	2364,19	2154,85
	Daftar 3a : P	369,60	175,00	214,00	106,00	212,00	177,90	273,00	280,00
	Daftar 5 : f		0,98	0,00	0,08	1,08	1,13	0,95	0,98
	VIII : I = W		1,00	1,65	1,15	1,32	1,80	1,00	0,89
	: V.		99,81	0,00	107,23	108,99	291,02	194,22	99,61
	Daftar 9 : u		-1,66	0,00	-1,66	-6,26	1,17	-3,23	-1,66
	VIII : w		0,00	12,02	-5,22	7,61	0,80	0,00	12,02
	Daftar 3a : p		221,02	243,10	177,26	171,05	110,90	302,00	318,00
	Daftar 4 : r		46,12	31,89	43,02	36,17	146,32	84,25	43,02
	Jumlah : g		317,56	387,52	337,23	651,68	748,77	547,24	820,99
	n = 600		38710	226,00	36,50	30,00	320,00	360,00	360,00
	PR. $(\frac{1}{2}PK \cos \tau + W) = A$		90,34	12,22	28,08	21,08	28,71	24,50	9,01
$\Sigma$		0,00	1,75,56	28,92	172,25	291,68	78,72	182,18	110,90

## 7. Skema VIII

Untuk mengisi kolom dan baris pada skema VIII yaitu merupakan perhitungan dari nilai V dan nilai u pada skema VII dibantu dengan Konstanta pengali pada tabel 4.46 dan data hasil perhitungan L, V, u dan r.

Tabel 26. Skema VIII

$w$ dan $(1+W)$ utk $K_2$ dan $N_2$		
VII	$K_2 = 2V$	162,8
VII	$K_2 = u$	-6,3
Jumlah	$2V + u$	162,8
Daftar 10	$S_2 = wF$	10,0
Daftar 10	$S_2 = Wf$	-0,3
Daftar 5	$K_2 = f$	1,2
	w	12,0
	W	-0,3
	$1 + W$	0,7
$w$ dan $(1+W)$ utk $K_1$		
VII	$K_1 = 2V$	337,2
VII	$K_1 = u$	-6,3
Jumlah	$2V + u$	330,9
Daftar 10	$K_1 = wF$	7,1
Daftar 10	$K_1 = Wf$	0,3
Daftar 5	$K_1 = f$	1,1
	w	7,6
	W	0,3
	$1 + W$	1,3
$w$ dan $(1+W)$ utk $N_2$		
VII	$N_2 = 2V$	208,8
VII	$N_2 = 2V$	334,5
Jumlah	$(N_2 = N_2)$	324,4
Daftar 10	$N_2 = w$	-5,3
Daftar 10	$N_2 = 1+W$	1,2
VIII		

**Tabel 27.** Tabel hasil analisis konstanta harmonik pasang surut

	S1	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A Cm	90,34	12,28	28,08	31,08	26,74	24,50	9,07	11,46	7,58	8,82
$\Sigma^2$	0,00	157,56	28,92	172,25	291,66	78,72	187,16	110,99	28,92	291,66

**Penentuan Jenis Pasang Surut**

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

Klasifikasi jenis pasang surut berdasarkan bilangan formazahl adalah :

- 0,00 – 0,25 : Pasang surut harian ganda
- 0,26 – 1,50 : Pasang surut campuran condong ke harian ganda
- 1,51 – 3,00 : Pasang surut campuran condong ke harian tunggal
- > 3,00 : Pasang surut harian tunggal

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

$$F = \frac{26,74 + 24,50}{12,28 + 28,08}$$

$$F = 1,27 \text{ (Nilai } F \text{ antara } 0,26 - 1,50)$$

Berdasarkan nilai formazahl, maka kriteria pasang surut adalah Pasang surut campuran condong ke harian ganda.

**Elevasi Muka Air**

Pada tahap ini akan ditentukan kedudukan BM pasang surut terhadap muka air pada lokasi studi kasus berdasarkan hasil perhitungan konstanta harmonik metode *Admiralty*. Penentuan kedudukan BM tersebut didasarkan pada hasil perhitungan komponen-komponen dibawah ini :

1. MSL (*mean sea level*) atau DT (*duduk tengah*)

$$\text{MSL} = \text{AS0} = 90,34$$

2. Z0 (*muka surutan*)

$$Z_0 = S_0 - (AM_2 + AS_2 + AK_1 + AO_1)$$

$$Z_0 = 90,34 - (12,28 + 28,08 + 26,74 + 24,50)$$

$$= -1,26$$

3. Chart datum (Ketinggian muka air surutun dari nol palem)/CD

$$CD = MSL - Z_0$$

$$CD = 90,34 - (-1,26) = 91,60$$

4. AIT (Air tinggi tertinggi)

$$AIT = S_0 + (AM_2 + AS_2 + AK_1 + AO_1)$$

$$AIT = 90,34 + (12,28 + 28,08 + 26,74 + 24,50)$$

$$= 181,94$$

5. LAT (Rendah pasang surut)

$$LAT = MSL - AK_1 - AO_1 - AS_2 - AM_2$$

$$LAT = 90,34 - 26,74 - 24,50 - 28,08 - 12,28$$

$$= -1,26$$

6. HAT (Tinggi pasang surut)

$$HAT = LAT + 2(AK_1 + AO_1 + AS_2 + AM_2)$$

$$HAT = -1,26 + 2(26,74 + 24,50 + 28,08 + 12,28)$$

$$= 181,94$$

7. MHHWS (Mean high highest water spring)

$$MHHWS = LAT + 2(AK_1) + AO_1 + AS_2 + AM_2$$

$$MHHWS = -1,26 + 2(26,74) + 24,50 + 28,08 + 12,28$$

$$= 117,08$$

8. MHHWN (Mean high highest water neap)



$$\text{MHHWN} = \text{LAT} + 2(\text{AK}_1) + \text{AS}_2 + \text{AM}_2$$

$$\text{MHHWN} = -1,26 + 2(26,74) + 28,08 + 12,28$$

$$= 92,59$$

9. MLLWN (*Mean low lower water neap*)

$$\text{MLLWN} = \text{LAT} + 2(\text{AO}_1) + \text{AS}_2 + \text{AM}_2$$

$$\text{MLLWN} = -1,26 + 2(24,50) + 28,08 + 12,28$$

$$= 88,10$$

10. MLLWS (*Mean low lower water spring*)

$$\text{MLLWS} = \text{LAT} + \text{AS}_2 + \text{AM}_2$$

$$\text{MLLWS} = -1,26 + 28,08 + 12,28$$

$$= 39,10$$

11. HAT - MSL = 181,24 - 90,34

$$= 90,90$$

12. MHHWS - MSL = 117,94 - 90,34

$$= 26,74$$

13. MHHWN - MSL = 92,59 - 90,34

$$= 2,25$$

14. MLLWN - MSL = 88,10 - 90,34

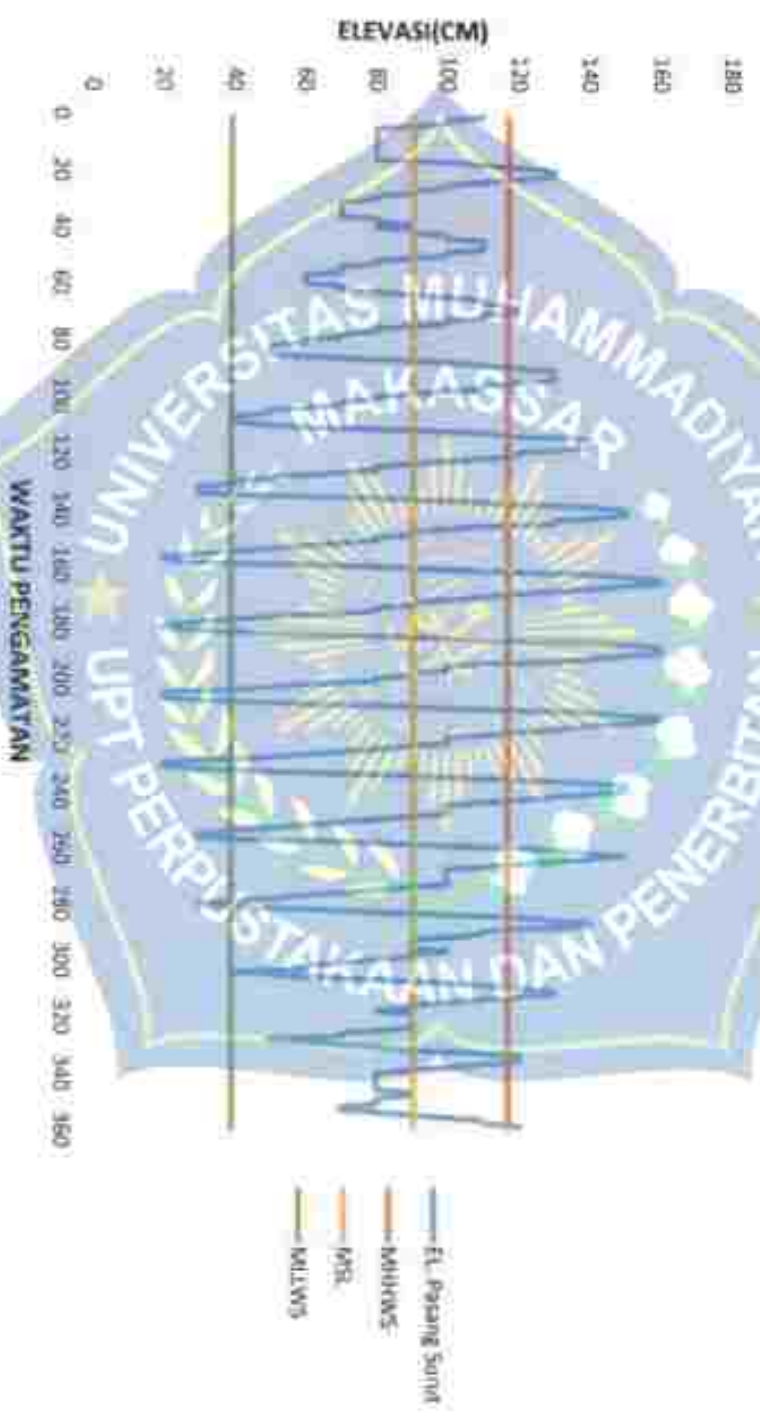
$$= -2,25$$

15. MLLWS - MSL = 39,10 - 90,34

$$= -51,24$$

16. LAT - MSL = -1,26 - 90,34

$$= -91,60$$



Gambar 37. Grafik elevasi muka air di lokasi penelitian

Tabel 28. Tabel pasang surut lokasi pantai Pa'alakkang

	Existing (cm)	pada lokasi penelitian (cm)	Selisih pengamatan lapangan (cm)
MSL	89,69	90,34	-0,65
MHHWS	115,87	117,08	-1,21
MHHWN	108,20	92,59	15,62
MLLWN	71,18	88,10	-16,91
MLLWS	55,84	39,10	16,74

Sumber : kementerian perhubungan direktorat jenderal perhubungan laut galesong (Existing tahun 2020)

Berdasarkan pada tabel di atas dapat diketahui perbandingan antara data pengamatan lapangan dengan data yang ada, perbedaan kenaikan muka air tersebut dapat diakibatkan oleh angin dan pemanasan global, sehingga data yang digunakan pada penelitian ini adalah pengamatan lapangan.

## 2. Kenaikan Muka Air Akibat Gelombang (*Wave Set Up*)

*Wave Set Up* ( $S_w$ ) dihitung dengan menggunakan persamaan 55 sebagai berikut:

$$S_w = 0,19 \left[ 1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b$$

$$S_w = 0,19 \left[ 1 - 2,82 \sqrt{\frac{2,85}{9,81 \times 8,48^2}} \right] 2,85$$

$$S_w = 0,44 \text{ m} - 0,40 \text{ m}$$

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

*wind Set Up* ( $\Delta h$ ) dihitung dengan menggunakan persamaan 57 berikut, dari perhitungan *fetch* maka dapat diketahui nilai *fetch* untuk arah barat laut ( $f_{er}$ ) = 179959 m dan diketahui :

$$V \text{ (kecepatan angin dominan)} = 10 \text{ knot} = 5,14 \text{ m/dt}$$

$$C \text{ (konstanta)} = 3,5 \times 10^{-6}$$

$$g \text{ (gravitasi)} = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

maka nilai *Wind Set Up* ( $\Delta h$ ) adalah:

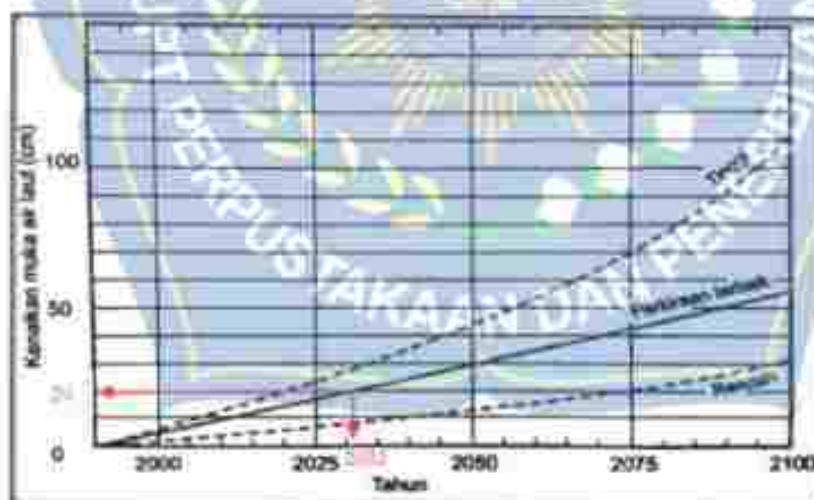
$$\Delta h = F \cdot c \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot d}$$

$$\Delta h = 179959 \times (3,5 \times 10^{-4}) \times \frac{5,14^2}{2 \times 9,81 \times 2}$$

$$\Delta h = 0,424 \text{ m} \approx 0,40 \text{ m}$$

#### 4. Pemanasan Global

Umur rencana bangunan penganan pantai adalah 10 tahun dari tahun 2022 sampai tahun 2032 sehingga dengan menggunakan grafik pada gambar dibawah ini di dapat kenaikan air laut akibat pemanasan global adalah 20 cm atau 0,20 m



Gambar 38. Prakirnan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global

#### F. Penentuan Tipe Bangunan Pelindung Pantai

Apabila perlindungan pantai yang ada dilokasi seperti bukit pasir, pohon mangrove, terumbu karang dan lainnya sudah tidak ada atau tidak aktif lagi karena mengalami kerusakan, maka harus adanya perlindungan buatan.

Tabel 29. Tipe dan Fungsi Struktur Pengaman Pantai

Tipe Struktur	Tujuan	Fungsi Prinsip
Tanggul Laut ( <i>Sea dike</i> )	Mencegah gelombang atau melindungi daerah daratan rendah oleh banjir gelombang.	Memisahkan garis pantai dari <i>hinterland</i> melalui bangunan <i>impermeable</i> yang tinggi.
Tembok Laut ( <i>Sea wall</i> )	Melindungi daratan dan infrastruktur dari banjir, gelombang dan <i>overlapping</i> .	Sebagai perkuatan pada bagian profil pantai.
<i>Revetment</i>	Melindungi garis pantai melawan erosi.	Sebagai perkuatan pada bagian profil pantai.
Pemecah gelombang ( <i>Break Water</i> )	Untuk mengurangi energi (gaya-gaya) gelombang dibelakang struktur, disamping untuk melindungi kolam pelabuhan terhadap gangguan gelombang. Elemen lain juga dapat bertujuan untuk mencegah erosi pantai.	Bertungsi sebagai pelindung kolam pelabuhan yang terletak dibelakangnya dari serangan gelombang.
Krib ( <i>Groin</i> )	Mengatur kecepatan aliran laut yang memungkinkan adanya pengendapan dan pengangkutan sedimen dengan baik.	Mengurangi kecepatan aliran yang menyerang leher laut, mempercepat sedimentasi, menjamin keamanan tanggul atau tebing terhadap gerusan.
<i>Jetty</i>	Untuk mencegah pendangkalan di muara dalam kaitannya dengan pengendalian banjir.	Untuk menahan sedimen/pasir yang bergerak sepanjang pantai masuk dan mengendap di muara sungai.
Pengisian Pasir ( <i>Sand Nourishment</i> )	Mencegah erosi pantai dan melindungi pantai dari penggerusan serta memperpanjang garis pantai.	Pengganti suplai sedimen pantai dan material dase secara alami yang tererosi oleh gelombang dan arus.

Berdasarkan kondisi fisik di daerah pantai Palalakkang dimana daerah tersebut yang langsung berhadapan dengan laut bebas yang tidak adanya pulau-pulau di sekitarnya serta pelindung alami pantai seperti pohon mangrove dan bukit pasir yang tidak ada sehingga gelombang laut yang datang menuju daratan tidak

ada yang meredamnya pada saat terjadi gelombang tinggi, sehingga menjadi salah satu faktor yang mengakibatkan abrasi di pantai dan wilayah pemukiman yang terdapat disekitaran pantai Pa'lalakkang.

Berdasarkan pada analisis peramalan gelombang menggunakan metode *Fisher-tippet type 1* untuk tinggi gelombang maksimum (H) : 3,03 m dengan periode gelombang 8,48 detik untuk peramalan 10 tahun, Tinggi gelombang rencana 2,74 m dan untuk tinggi gelombang pecah Hb : 2,85 m terjadi pada kedalaman db : 3,31 m, sesuai dengan permasalahan dilokasi penelitian yaitu gelombang tinggi dan rusaknya daratan yang diakibatkan oleh gelombang maka untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkanlah tipe bangunan yang dapat meredam gelombang yang datang dari untuk melindungi daratan maka dapat direncanakan tipe bangunan pelindung pantai *Sea wall*, yaitu sesuai dengan tujuannya untuk Melindungi daratan dan infrastruktur dari banjir, gelombang dan overtopping dan memiliki fungsi sebagai perataan pada bagian profil pantai.

## G. Perhitungan Dimensi Bangunan *Sea wall*

### 1. Elevasi Muka Air Rencana (DWL)

Tinggi muka air rencana (DWL) berdasarkan MHHWS = +0,78 m - 0,80 m dihitung dengan persamaan 58 berikut:

$$DWL = MHHWS + SW + \Delta H + SLR$$

$$DWL = 0,80 + 0,40 + 0,40 + 0,20$$

$$DWL = 1,80 \text{ m}$$

## 2. Penentuan *Run up* gelombang

Untuk bangunan pengaman pantai dengan menggunakan konstruksi batu pecah dalam perencanaan ini kemiringan bangunan yang digunakan adalah 1:3 sehingga tinggi *Run up* dihitung menggunakan persamaan 38 berikut:

$$I_r = \frac{t_{pH}}{\left(\frac{H_s}{2\pi}\right)^{0,5}}$$

$$I_r = \frac{2/3}{\left(\frac{2,60}{2\pi}\right)^{0,5}}$$

$$I_r = 2,13$$



Gambar 39. Grafik *Run-up* Gelombang

Dengan menggunakan grafik *run-up* gelombang, dihitung nilai *run up* untuk bangunan pengaman pantai (*sea wall*) dari bahan batu pecah dengan menggunakan persamaan 39 sebagai berikut :

$$\frac{R_u}{H_s} = 0,85$$

$$R_u = 0,85 \times 2,74 \text{ m}$$

$$R_u = 2,33 \text{ m} - 2,30 \text{ m}$$

### 3. Perhitungan Tinggi Bangunan *Sea wall*

Elevasi puncak *Sea wall* dipengaruhi oleh tinggi kebebasan, untuk perhitungan ini dengan ketentuan 0,5 m - 1,5 m ditetapkan tinggi kebebasan yaitu 0,5 m sehingga elevasi puncak dihitung dengan persamaan 64 berikut :

$$E_{\text{sea wall}} = \text{DWL} + R_u + \text{Tinggi Kebebasan}$$

$$E_{\text{sea wall}} = 1,80 \text{ m} + 2,30 \text{ m} + 1,0 \text{ m}$$

$$E_{\text{sea wall}} = 5,10 \text{ m}$$

### 4. Perhitungan Berat Batu Lapis Lindung

Dalam perencanaan ini bahan yang digunakan adalah Batu bersudut kasar, dimana berat satu buah batu pecah diasumsikan sama dengan berat satu butir batu lapis lindung sehingga dengan menggunakan tabel Koefisien stabilitas  $K_1$  di dapat koefisien stabilitas ( $KD = 4$ ) dan  $\cot \theta = 2$  untuk batu lapis lindung dari batu pecah. Langkah pertama kita menghitung  $Sr$  dengan persamaan 59, barulah kita menghitung berat batu lapis lindung dengan persamaan 60, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

$$Sr = \frac{y_r}{y_a}$$

$$Sr = \frac{2,65 \text{ ton/m}^3}{1,03 \text{ ton/m}^3}$$

$$Sr = 2,573 \text{ ton/m}^3$$

- Lapis lindung pertama

$$W1 = \frac{y_r \cdot H^3}{KD(Sr - 1)^2 \cot \theta}$$

$$W1 = \frac{2,65 \times 2,74^3}{4(2,573 - 1)^2 \times 2}$$



$$W1 = 1,76 \text{ ton} \sim 1758 \text{ kg}$$

Diameter batu dengan persamaan 61 sebagai berikut:

$$D1 = \left(\frac{W}{\gamma r}\right)^{2/3} = \left(\frac{1,76}{2,65}\right)^{2/3} = 0,87 \text{ m} \sim 0,90 \text{ m}$$

- Lapis lindung kedua

$$W2 = \frac{W1}{10} = \left(\frac{1,76}{10}\right) = 0,18 \text{ ton} \sim 176 \text{ kg}$$

Diameter batu dengan persamaan 61 sebagai berikut:

$$D2 = \left(\frac{W}{\gamma r}\right)^{2/3} = \left(\frac{0,18}{2,65}\right)^{2/3} = 0,40 \text{ m}$$

### 5. Perhitungan Lebar Puncak Bangunan

Dengan menggunakan tabel koefisien lapis  $K\Delta$  pada tabel 2.4 maka di dapat jumlah butir batu minimum,  $(n) = 2$  dan nilai koefisien lapis  $K\Delta = 1,15$  sehingga lebar puncak bangunan dihitung dengan menggunakan persamaan 65 berikut :

$$B = n \cdot k\Delta \left(\frac{W}{\gamma r}\right)^{2/3}$$

$$B = 2 \times 1,15 \left(\frac{1,76}{2,65}\right)^{2/3}$$

$$B = 2,01 \text{ m} \sim 2,00 \text{ m}$$

### 6. Perhitungan Tebal Lapisan Dinding Pengaman

Dengan menggunakan tabel koefisien lapis  $K\Delta$  pada tabel 2.4 maka di dapat jumlah butir batu minimum,  $(n) = 2$  dan nilai koefisien lapis  $K\Delta = 1,15$  sehingga tebal lapisan dinding pengaman dihitung dengan menggunakan persamaan 62 berikut :

- Tebal lapis lindung pertama

$$t_1 = n \cdot k \Delta \left( \frac{W}{yr} \right)^{1/3}$$

$$t_1 = 2 \times 1,15 \left( \frac{1,76}{2,65} \right)^{1/3}$$

$$t_1 = 2,01 \text{ m} \sim 2,00 \text{ m}$$

- Tebal lapis lindung kedua

$$t_2 = n \cdot k \Delta \left( \frac{W}{yr} \right)^{1/3}$$

$$t_2 = 2 \times 1,15 \left( \frac{0,13}{2,65} \right)^{1/3}$$

$$t_2 = 0,93 \text{ m} \sim 0,90 \text{ m}$$

## 7. Perhitungan Jumlah Lapis Dinding Pengaman

Dengan menggunakan tabel koefisien lapis  $K\Delta$  pada tabel 2.4 maka di dapat jumlah butir batu minimum ( $n$ ) = 2, koefisien lapis  $K\Delta$  = 1,15 dan nilai porositas ( $P$ ) = 37 sehingga jumlah batu lapis dinding pengaman untuk satu satuan luas (10 m<sup>2</sup>) dihitung dengan menggunakan persamaan 63 berikut:

$$N = A \cdot n \cdot K \Delta \left( 1 - \frac{P}{100} \right) \left( \frac{yr}{W} \right)^{2/3}$$

$$N = 10 \text{ m}^2 \times 2 \times 1,15 \left( 1 - \frac{37}{100} \right) \left( \frac{2,65}{1,76} \right)^{2/3}$$

$$N = 19,05 \sim 19 \text{ buah}$$

## 8. Perhitungan Pengaman Kaki Bangunan (*Toe Protection*)

Elevasi dasar *sea wall* direncanakan berada pada kedalaman -1,50 meter yang dihitung dari MSL (+0,80). Ketinggian muka air pada bangunan *sea wall* yang

menghadap ke laut direncanakan sebesar MLLWS = + 0,00 m dari elevasi dasar *sea wall*, sehingga didapatkan  $d_s = 0,80 \text{ m} + 1,50 \text{ m} = 2,30 \text{ m}$

### 1. Tebal pelindung kaki bangunan (*Toe Protection*)

Dalam perencanaan ini, pelindung kaki (*toe protection*) menggunakan batu pecah dengan ketentuan tebal pelindung kaki :  $r - 2r$  seperti pada Gambar 20. Dimana dalam perencanaan ini ditetapkan tebal pelindung kaki =  $r$ , sehingga untuk tebal pelindung kaki didapat:

$$\text{lebar proteksi} = \text{tebal lapis kerikil}$$

$$\text{lebar proteksi} = 1,5 \text{ m}$$

### 2. Lebar pelindung kaki bangunan (*Toe Protection*)

Perhitungan lebar pelindung kaki bangunan (*toe protection*) menggunakan persamaan  $B = 2H - 3H$ . Dimana dalam perencanaan ini ditetapkan lebar pelindung kaki =  $2H$  sehingga untuk lebar pelindung kaki (*toe protection*) didapat:

$$B = 2H$$

$$B = 2 \times 2,74 \text{ m}$$

$$B = 5,46 \text{ m} \approx 5,50 \text{ m}$$

### 3. Kontrol stabilitas pelindung kaki bangunan (*Toe Protection*)

Kontrol stabilitas kaki bangunan (*toe protection*) menggunakan grafik stability number ( $N_s$ ) untuk pondasi dan pelindung kaki (*toe protection*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di bawah ini:

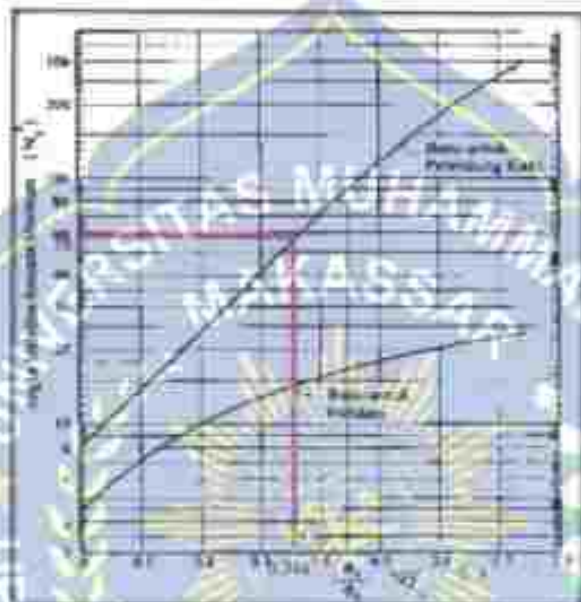
$$d_s = 2,30 \text{ m}$$

$$d_l = 2,30 \text{ m} - 1,5 \text{ m}$$

$$d_l = 0,80 \text{ m}$$

$$\frac{d1}{ds} = \frac{0,80 \text{ m}}{2,30 \text{ m}}$$

$$\frac{d1}{ds} = 0,348$$



Gambar 40. Grafik Run-up Gelombang

Dari grafik stabilitas number ( $N_s$ ) untuk pelindung kaki (*toe protection*) dengan memplotkan nilai  $\frac{d1}{ds}$  ke garis batu untuk pelindung kaki maka diperoleh nilai  $N_s^3 = 58$  dengan syarat  $N_s^3 \leq 300$ , sehingga untuk nilai  $58 \leq 300$  bangunan dinding pengaman pantai dikatakan aman.

#### 4. Berat batu pelindung kaki bangunan (*Toe Protection*)

Berat butir batu untuk pelindung kaki (*toe protection*) dihitung dengan menggunakan persamaan 67 berikut :

$$W = \frac{\gamma T H^3}{N_s^2 (S_r - 1)^2}$$

$$W = \frac{2,65 \text{ ton/m}^3 \times (2,74 \text{ m})^3}{58 \times (2,573 - 1)^2}$$

$$W = 0,243 \text{ ton}$$

Berat batu pelindung kaki (*toe protection*) dapat berupa perpanjangan dari tebal lapis dinding pengaman, sehingga beratnya adalah setengah dari berat tebal lapis dinding pengaman yaitu  $\frac{W}{2}$

$$W = \frac{W}{2}$$

$$W = \frac{0,243 \text{ ton}}{2}$$

$$W = 0,121 \text{ ton}$$

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa abrasi yang terjadi di pantai palakangk disebabkan karena gelombang. maka tipe bangunan pelindung pantai yang digunakan adalah *Sea wall*.

**Tabel 30.** Detail desain *Sea wall*

Detail desain	koefisien stabilitas (KD = 4) dan cot $\theta = 2$	
	Batu pecah	Tetrapod
Berat batu (ton)		
Layer 1	1,76	0,243
Layer 2	0,18	0,121
Lebar puncak (m)	2,00	5,50
Tebal lapis lindung (m)		
Layer 1	2,00	1,5
Layer 2	0,90	0,90
Elevasi puncak (m)	5,10	



Gambar 41. Bangunan Pelindung Pantai

## BAB V PENUTUP

### A. Kesimpulan

1. Sesuai dengan permasalahan dilokasi penelitian maka digunakan bangunan pelindung pantai *Sea wall* dengan elevasi puncak *sea wall* (H) = 5,10 m, kemiringan bangunan direncanakan 1:3, dengan menggunakan batu pecah untuk lapis lindung 1 diameter (D1) = 0,90 m, untuk lapis lindung 2 diameter (D2) = 0,40 m dan lebar puncak bangunan (B) = 2,00 m.
2. Untuk menganalisis tipe bangunan pelindung pantai untuk penanggulangan abrasi pantai di Jalakang adalah tipe bangunan yang kami dapatkan yaitu bangunan *Sea wall* untuk tujuan *sea wall* itu sendiri ialah melindungi daratan dan infrastruktur dan tanjur, gelombang, dan overtopping. Dan fungsi dari *sea wall* ialah sebagai perkuatan pada bagian profil pantai.

### B. Saran

1. Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut demi kesempurnaan penelitian agar dapat bermanfaat disarankan melanjutkan sebuah penelitian mengenai bangunan pelindung pantai.
2. Untuk perencanaan *Sea wall* yang mendekati kenyataan dilapangan sebaiknya dilakukan pengukuran pada lokasi perencanaan terlebih dahulu sehingga data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data yang paling baru dan sesuai dengan kondisi lapangan.
3. Untuk data *Bathimetri* sebaiknya dilakukan pengukuran dilapangan agar data yang digunakan dalam perencanaan lebih akurat.
4. Pemilihan material *sea wall* sebaiknya diperhitungkan pada estimasi biaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agni. (2016, Agustus 29). Bangunan Pantai Dan Lepas Pantai. Retrieved From Materi Teknik Kelautan Itb
- Alamratri, A., & Sarwono, B. (2017). Perencanaan Pengaman Pantai Di Desa Tanjung Aru, Kecamatan Sebatik Timur, Nunukan, Kalimantan Utara. *Jurnal Teknik Its*, 6(2), D297-D302.
- Andi Makbul Syamsuri (2018). Pengaruh Kedalaman Pemecah Gelombang Tempung Pipa Anyaman Ecorag Gendok Terhadap Tinggi Gelombang Refleksi dan Transmisi. *Jurnal Teknik Hidro* 11(1), 65-71.
- Andi Makbul Syamsuri (2019). Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2019 Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Pengaruh Periode Dan Kedalaman Air Terhadap Kecelakaan Gelombang Pada Flume Persiapan Percobaan Peredaman Gelombang. 195-272.
- Bastian, D. (2021, Juli 7). Pengertian *Sea wall* (Dinding Perumahan) Pada Dermaga. *Sarjana Sipil, My. Id*. Retrieved From *Sarjanasipil, My. Id*
- Boonastria, C. M. F. (2014). Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Untuk Mengatasi Kemunduran Garis Pantai Teluk Penyus, Cilacap, Jawa Tengah (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Siantaya).
- BPSDM. (2018, 07). Modul 05 Perencanaan Bangunan Pantai. Retrieved From BPSDM
- Herawati, H. (2020). Pemilihan Tipe Bangunan Pelindung Pantai Di Desa Sikeli Berbasis Bahan Lokal (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Illona, D. J., Jaya, Y. V., Kosnawan, C. J., & Suhana, M. P. (2018). Global Warming Dan Pengaruhnya Terhadap Karakteristik Gelombang Laut Di Pantai Timur Pulau Bintan Yang Ditinjau Dari Perspektif Klimatologi. *Dinamika Maritim*, 7(1), 20-26.
- Manuel, A., Jasin, M. L., & Mamoto, J. D. (2017). Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Pada Daerah Pantai Bulo Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 5(6).
- Muzani, M. I., Haque, N., Pranoto, S., & Nugroho, P. (2016). Pengamanan Pantai Widuri Kab. Pemalang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 70-78.
- Purnawanti, Y. N., Ayunda, L. D., & Santoso, A. R. (2020). Studi Perencanaan *Revetment* Dan *Groin* Sebagai Upaya Penanganan Erosi Pantai Camplong Di Kabupaten Sampang Madura. *Jurnal Teknik Transportasi*, 1(1), 70-85.



- Putra, I. K. S. W., Yujana, C. A., & Surayasa, N. (2017). Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai (*Revetment*) Dengan Bahan Geobag Di Pantai Masceti, Kabupaten Gianyar, Paduraksa. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 6(2), 178-189.
- Santoso, K., Putra, I. D. N. N., & Dharna, I. G. B. S. (2019). Studi Hindcasting Dalam Menentukan Karakteristik Gelombang Dan Klasifikasi Zona Surf Di Pantai Uluwatu, Bali. *Journal Of Marine And Aquatic Sciences*, 5(1), 119-130.
- Sasongko, D. P. (2014). Menentukan Tipe Pasang Surut Dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspara Journal: Marine Science Research*, 6(1), 1-12.
- Suntoyo, & Dkk. (2014). Struktur Pelindung Pantai. Surabaya: Pt. Medisa.
- Sutrisno, F. (2010, Juli 20). *Revetment*. Retrieved From Fadlysutrisno.Wordpress.Com
- Tommy Jansen, I., & Dendit, A. (2017). Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Pada Daerah Pantai Kita Bajo Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 335-343.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta.
- Triatmodjo, B. (2011). *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2016). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta.
- Yannovita, W., Besperi, B., & Gurmyan, G. (2017). Desain *breakwater* Sisi Miring Sebagai Upaya Mengantisipasi Limpasan Air Laut Pada Bangunan *Revetment* Di Pantai Malubero Kota Bengkulu. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 1-10.
- Yumai, Y., Tilaar, S., & Makarau, V. H. (2019). Kajian Pemanfaatan Lahan Permukiman Di Kawasan Perbukitan Kota Manado. *SPASIAL*, 6(3), 862-871.



**LAMPIRAN**

STASIUN METEOROLOGI MARITIM PAOETERE

TAHUN 2012

Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc	Km Mm Rinc
1	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	52	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	56	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	58	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	64	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	68	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Keterangan : Kecepatan angin dalam knots

Elevasi = 5 m



TABUN 2013

Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Maj		Jun		Jul		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km
1	18	0	31																					
2	12	4	23																					
3	11	3	46																					
4	11	4	41																					
5	19	8	13																					
6	12	5	36																					
7	13	3	13																					
8	18	8	17																					
9	5	20	17																					
10	18	6	17																					
11	17	4	26																					
12	6	7	19																					
13	6	7	14																					
14	21	4	15																					
15	14	7	15																					
16	1	3	11																					
17	7	3	15																					
18	16	3	15																					
19	12	3	10																					
20	10	3	40																					
21	13	3	30																					
22	1	3	25																					
23	9	4	15																					
24	21	3	30																					
25	4	4	15																					
26	7	7	17																					
27	1	3	30																					
28	4	4	30																					
29	3	7	40																					
30	14	4	15																					



Keterangan : Kecepatan angin dalam knots

1 Elevasi = 5 m

TAHUN 2014

Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Mey		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm
1	8	1	8	1	8	1	8	1	8	1	8	1	8	1	8	1	8	1	8	1	8	1	8	1
2	9	2	9	2	9	2	9	2	9	2	9	2	9	2	9	2	9	2	9	2	9	2	9	2
3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3
4	11	4	11	4	11	4	11	4	11	4	11	4	11	4	11	4	11	4	11	4	11	4	11	4
5	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5
6	13	6	13	6	13	6	13	6	13	6	13	6	13	6	13	6	13	6	13	6	13	6	13	6
7	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7
8	15	8	15	8	15	8	15	8	15	8	15	8	15	8	15	8	15	8	15	8	15	8	15	8
9	16	9	16	9	16	9	16	9	16	9	16	9	16	9	16	9	16	9	16	9	16	9	16	9
10	17	10	17	10	17	10	17	10	17	10	17	10	17	10	17	10	17	10	17	10	17	10	17	10
11	18	11	18	11	18	11	18	11	18	11	18	11	18	11	18	11	18	11	18	11	18	11	18	11
12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	12
13	20	13	20	13	20	13	20	13	20	13	20	13	20	13	20	13	20	13	20	13	20	13	20	13
14	21	14	21	14	21	14	21	14	21	14	21	14	21	14	21	14	21	14	21	14	21	14	21	14
15	22	15	22	15	22	15	22	15	22	15	22	15	22	15	22	15	22	15	22	15	22	15	22	15
16	23	16	23	16	23	16	23	16	23	16	23	16	23	16	23	16	23	16	23	16	23	16	23	16
17	24	17	24	17	24	17	24	17	24	17	24	17	24	17	24	17	24	17	24	17	24	17	24	17
18	25	18	25	18	25	18	25	18	25	18	25	18	25	18	25	18	25	18	25	18	25	18	25	18
19	26	19	26	19	26	19	26	19	26	19	26	19	26	19	26	19	26	19	26	19	26	19	26	19
20	27	20	27	20	27	20	27	20	27	20	27	20	27	20	27	20	27	20	27	20	27	20	27	20
21	28	21	28	21	28	21	28	21	28	21	28	21	28	21	28	21	28	21	28	21	28	21	28	21
22	29	22	29	22	29	22	29	22	29	22	29	22	29	22	29	22	29	22	29	22	29	22	29	22
23	30	23	30	23	30	23	30	23	30	23	30	23	30	23	30	23	30	23	30	23	30	23	30	23
24	31	24	31	24	31	24	31	24	31	24	31	24	31	24	31	24	31	24	31	24	31	24	31	24
25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25

Keterangan : Kecepatan angin dalam knots

Flevalasi = 5 m

TAHUN 2015

Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Mאי		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan	Km/ Hari	Km/ Bulan
1	4	113	3	78	8	218	3	78	2	115	4	118	3	115	5	138	3	115	1	118	1	118	1	118
2	6	114	4	119	5	135	5	135	3	118	4	118	4	118	6	152	4	118	1	118	1	118	1	118
3	14	120	11	119	7	131	7	131	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
4	8	114	7	118	4	115	4	115	2	115	3	118	3	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
5	16	121	8	115	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
6	7	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
7	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
8	7	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
9	15	115	11	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
10	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
11	13	121	8	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
12	7	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
13	7	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
14	7	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
15	7	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
16	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
17	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
18	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
19	6	115	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
20	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
21	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
22	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
23	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
24	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
25	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
26	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
27	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
28	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
29	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
30	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118
31	8	118	7	118	3	115	3	115	4	118	4	118	4	118	4	118	4	118	1	118	1	118	1	118

Keterangan : Kecepatan angin dalam knots  
Elevasi = 5 m

TAHUN 2016

Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Maj		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min	Km Max	Km Min
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan : Kecepatan angin dalam knots

Elevasi = 5 m



Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Maji		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								

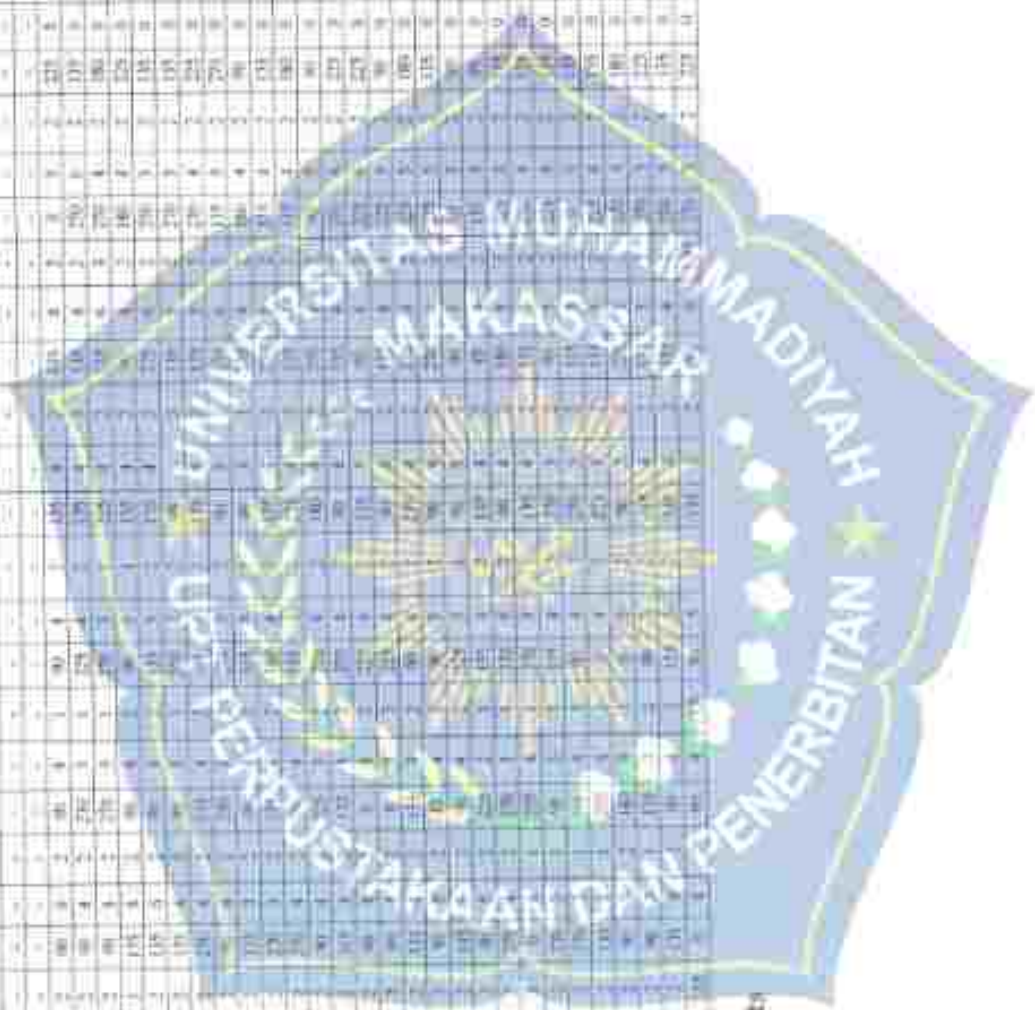
Keterangan : Kecepatan angin dalam knots

Elevasi = 5 m



TAHUN 2018

Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								



Keterangan : Kecepatan angin dalam knots

Elevasi = 5 m

TAHUN 2019

Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Mאי		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm	Km	Mm
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan : Kecepatan angin dalam knots

Elevasi = 5 m



TAHUN 2020

Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm	Km Mm
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								

Keterangan : Kecepatan angin dalam knots

Elevasi = 5 m



TAHUN 2021

Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Min	Max	Kes. (km/h)	Kes. (km/h)	Min	Max	Kes. (km/h)	Kes. (km/h)	Min	Max	Kes. (km/h)	Kes. (km/h)	Min	Max	Kes. (km/h)	Kes. (km/h)	Min	Max	Kes. (km/h)	Kes. (km/h)	Min	Max	Kes. (km/h)	Kes. (km/h)
1	4	2	270	3	2	217	43	1	85	4	2	186	4	3	228	1	2	124	4	2	93	4	1	
2	1	1	188	3	3	177	1	1	171	1	1	157	1	2	133	4	2	125	1	2	69	1	1	
3	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	151	1	2	
4	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	125	1	2	113	1	2	
5	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
6	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
7	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
8	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
9	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
10	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
11	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
12	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
13	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
14	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
15	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
16	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
17	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
18	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
19	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
20	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
21	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
22	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
23	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
24	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
25	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
26	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
27	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
28	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
29	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
30	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	
31	1	1	188	1	1	175	1	1	171	1	1	157	1	2	138	4	2	180	1	2	123	1	2	

Keterangan : Kecepatan angin dalam knots

Elevasi = 5 m



JUDUL GAMBAR

FETCH EFEKTIF  
DI LOKASI STUDI



KETERANGAN

UTARA

BARAT LAUT

BARAT

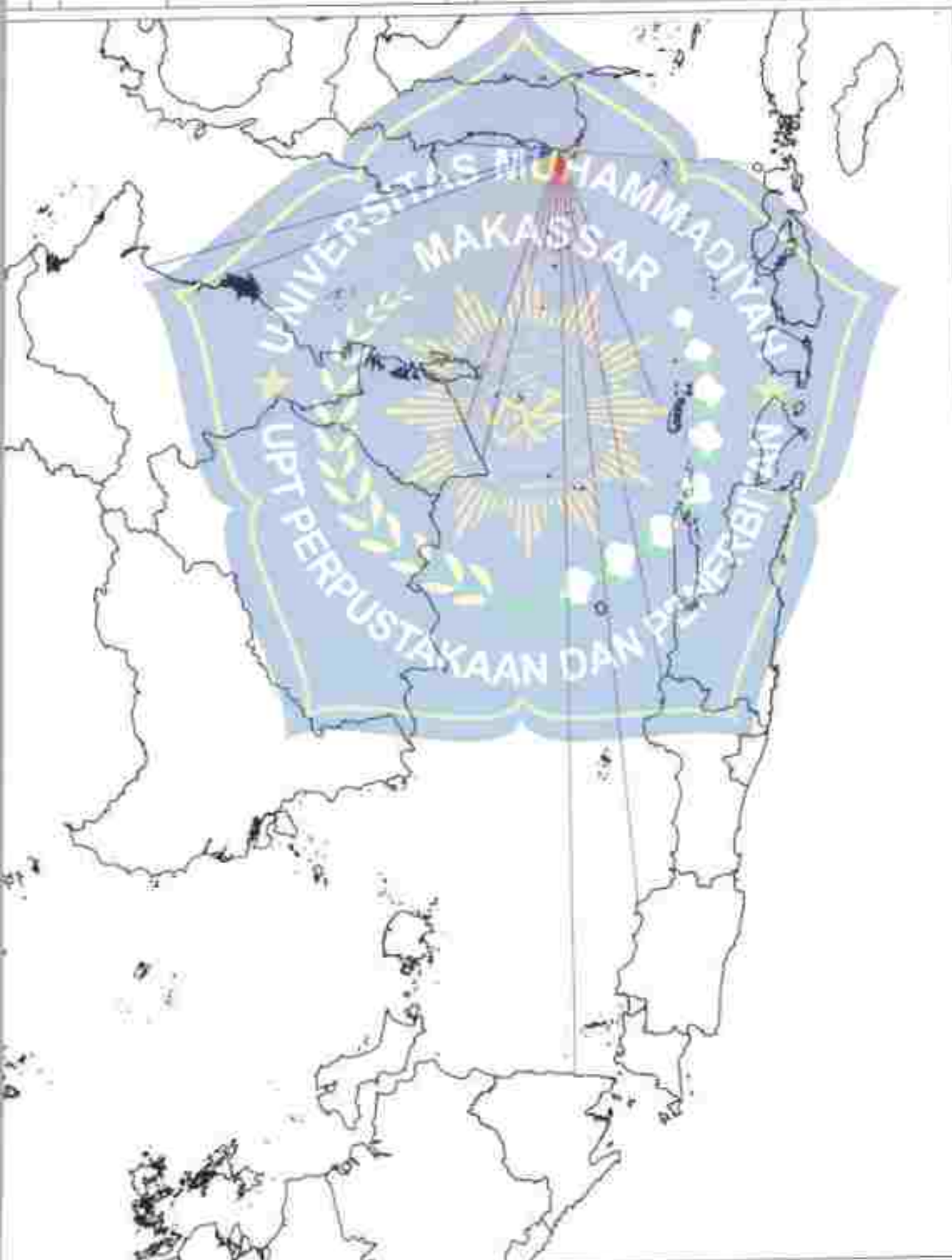
BARAT DAYA

SELATAN

TENGGARA

TIMUR

TIMUR LAUT



⇒ Koreksi Tegangan Angin Tahun 2012

Bulan	Angin	Diameter	U		Z	U <sub>10</sub>		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	U <sub>10 (m/s)</sub>	t	k <sub>1</sub> (m/s)	k <sub>2</sub> (m/s)	U <sub>10</sub>	Form of
			(m/s)	(m/s)		(m/s)	(m/s)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Januari	R	270	19	8,77	5	0,78	1,10	1,11	11,25	22,27	1,27	5,50	11,40	17445	
Februari	R	270	20	10,51	5	11,40	1,10	1,07	16,68	106,29	1,30	10,61	12,50	17445	
Maret	R	270	21	11,71	5	12,29	1,10	1,07	18,08	108,50	1,28	10,61	12,50	17445	
April	R	180	11	5,65	5	5,24	1,05	1,13	4,74	171,71	1,34	6,81	7,32		
Mai	R	180	12	6,22	5	5,08	1,10	1,11	11,80	104,76	1,30	8,57	9,07		
Juni	R	180	14	7,25	5	7,10	1,13	1,20	20,04	107,07	1,30	9,07	9,57		
Juli	R	180	15	8,14	5	7,54	1,10	1,20	19,11	115,81	1,31	7,61	8,09		
Agustus	R	180	17	9,74	5	8,88	1,10	1,20	26,00	100,27	1,34	8,54	8,95		
September	R	180	17	9,74	5	8,88	1,10	1,20	26,00	100,27	1,34	8,54	8,95		
Oktober	R	270	14	7,25	5	7,10	1,13	1,20	20,04	107,07	1,30	9,07	9,57	17445	
November	R	270	13	6,48	5	7,28	1,13	1,20	19,11	115,81	1,31	7,61	8,09	17445	
Desember	R	315	16	8,14	5	8,08	1,10	1,20	11,80	118,76	1,30	8,57	9,07	17445	

⇒ Koreksi Tegangan Angin Tahun 2013

Bulan	Angin	Diameter	U		Z	U <sub>10</sub>		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	U <sub>10 (m/s)</sub>	t	k <sub>1</sub> (m/s)	k <sub>2</sub> (m/s)	U <sub>10</sub>	Form of
			(m/s)	(m/s)		(m/s)	(m/s)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Januari	R	315	16	8,14	5	8,08	1,10	1,20	11,80	118,76	1,30	8,57	9,07	17445	
Februari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Maret	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
April	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mai	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Juni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Juli	R	180	15	8,14	5	7,54	1,10	1,20	19,11	115,81	1,31	7,61	8,09	17445	
Agustus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
September	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Oktober	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
November	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Desember	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

⇒ Koreksi Tegangan Angin Tahun 2014

Bulan	Angin	Diameter	U		Z	U <sub>10</sub>		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	U <sub>10 (m/s)</sub>	t	k <sub>1</sub> (m/s)	k <sub>2</sub> (m/s)	U <sub>10</sub>	Form of
			(m/s)	(m/s)		(m/s)	(m/s)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Januari	R	330	17	9,17	5	8,22	1,10	1,19	13,00	126,90	1,30	8,82	9,31	17445	
Februari	R	330	18	10,10	5	10,41	1,10	1,20	15,07	111,29	1,30	9,55	10,05	17445	
Maret	R	330	18	10,10	5	10,41	1,10	1,20	15,07	111,29	1,30	9,55	10,05	17445	
April	R	240	11	6,13	5	5,28	1,05	1,13	4,74	171,71	1,34	6,81	7,32		
Mai	R	240	12	6,70	5	6,21	1,10	1,19	11,80	120,20	1,30	7,32	7,83		
Juni	R	240	14	7,73	5	7,17	1,13	1,20	20,04	122,51	1,30	8,07	8,57		
Juli	R	240	15	8,76	5	8,20	1,10	1,20	20,04	130,26	1,31	7,61	8,11		
Agustus	R	240	17	9,79	5	9,23	1,10	1,20	26,00	122,51	1,34	8,54	8,95		
September	R	330	17	9,17	5	8,22	1,10	1,19	13,00	126,90	1,30	8,82	9,31	17445	
Oktober	R	330	18	10,10	5	10,41	1,10	1,20	15,07	111,29	1,30	9,55	10,05	17445	
November	R	330	18	10,10	5	10,41	1,10	1,20	15,07	111,29	1,30	9,55	10,05	17445	
Desember	R	315	16	8,14	5	8,08	1,10	1,20	11,80	118,76	1,30	8,57	9,07	17445	

⇒ Koreksi Tegangan Angin Tahun 2015

Bulan	Angin	Diameter	U		Z	U <sub>10</sub>		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	U <sub>10 (m/s)</sub>	t	k <sub>1</sub> (m/s)	k <sub>2</sub> (m/s)	U <sub>10</sub>	Form of
			(m/s)	(m/s)		(m/s)	(m/s)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Januari	R	330	18	9,17	5	9,08	1,10	1,20	13,00	138,76	1,30	9,22	9,71	17445	
Februari	R	330	19	10,10	5	10,28	1,10	1,20	15,15	119,47	1,30	9,85	10,35	17445	
Maret	R	345	19	10,10	5	10,28	1,10	1,20	15,15	119,47	1,30	9,85	10,35	17445	
April	R	240	11	6,13	5	5,28	1,05	1,13	4,74	171,71	1,34	6,81	7,32		
Mai	R	240	12	6,70	5	6,41	1,10	1,19	11,80	141,01	1,30	8,07	8,57		
Juni	R	240	14	7,73	5	7,47	1,13	1,20	20,04	143,31	1,30	8,57	9,07		
Juli	R	240	15	8,76	5	8,27	1,10	1,20	20,04	151,06	1,31	8,11	8,61		
Agustus	R	240	17	9,79	5	9,37	1,10	1,20	26,00	143,31	1,34	9,07	9,57		
September	R	330	18	9,17	5	9,23	1,10	1,18	13,00	160,00	1,30	9,12	9,61	17445	
Oktober	R	345	19	10,10	5	10,27	1,10	1,20	15,15	144,70	1,30	9,38	9,88	17445	
November	R	345	19	10,10	5	10,27	1,10	1,20	15,15	144,70	1,30	9,38	9,88	17445	
Desember	R	315	16	8,14	5	8,08	1,10	1,20	11,80	138,76	1,30	8,57	9,07	17445	

⇒ Koreksi Tegangan Angin Tahun 2016

Bulan	Angin	Desentral	U			W			Gaya (kN)	x	100mm	15mm	10	14	Tinggi (m)
			1	2	3	1	2	3							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Januari	B	180	13	428	3	0,22	1,01	1,12	12,94	171,80	1,31	1,24	8,34	171,80	
Februari	B	203	23	7,71	3	0,31	1,03	1,18	11,01	180,09	1,26	0,22	0,31	171,80	
Maret	BB	130	9	4,12	3	0,34	1,01	1,40	7,71	176,29	1,19	1,23	1,26	171,80	
April	BB	170	6	2,98	3	0,41	1,18	1,62	6,98	169,47	1,32	1,19	0,62	171,80	
Mai	B	240	1	1,62	3	0,52	1,01	1,87	6,81	164,86	1,33	1,18	0,34	171,80	
Juni	BB	120	2	1,80	3	0,57	1,12	1,37	6,80	174,90	1,33	1,21	0,34	171,80	
Juli	BB	90	3	4,31	3	0,59	1,12	1,42	7,11	170,29	1,32	1,21	0,34	171,80	
Agustus	BB	70	4	4,14	3	0,11	1,23	1,38	7,10	201,36	1,33	1,20	0,24	171,80	
September	BB	110	10	1,14	3	1,68	1,12	1,40	6,70	191,11	1,34	0,24	0,49	171,80	
Oktober	B	230	10	1,14	3	1,68	1,12	1,40	6,70	189,70	1,34	0,24	0,49	171,80	
November	B	240	9	4,92	3	0,11	1,23	1,38	7,10	201,36	1,33	1,20	0,24	171,80	
Desember	BB	130	12	4,17	3	0,81	1,08	1,40	6,70	184,42	1,33	0,24	0,31	171,80	

⇒ Koreksi Tegangan Angin Tahun 2017

Bulan	Angin	Desentral	U			W			Gaya (kN)	x	100mm	15mm	10	14	Tinggi (m)
			1	2	3	1	2	3							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Januari	BB	144	10	3,56	3	0,30	1,02	1,13	11,30	171,80	1,31	1,24	8,34	171,80	
Februari	B	204	11	0,32	3	0,38	1,03	1,18	11,01	180,09	1,26	0,22	0,31	171,80	
Maret	BB	125	6	4,20	3	0,34	1,01	1,40	7,71	176,29	1,19	1,23	1,26	171,80	
April	BB	165	7	1,68	3	0,41	1,18	1,62	6,98	169,47	1,32	1,19	0,62	171,80	
Mai	B	240	1	1,62	3	0,52	1,01	1,87	6,81	164,86	1,33	1,18	0,34	171,80	
Juni	BB	120	2	1,80	3	0,57	1,12	1,37	6,80	174,90	1,33	1,21	0,34	171,80	
Juli	BB	90	3	4,31	3	0,59	1,12	1,42	7,11	170,29	1,32	1,21	0,34	171,80	
Agustus	BB	70	4	4,14	3	0,11	1,23	1,38	7,10	201,36	1,33	1,20	0,24	171,80	
September	BB	110	10	1,14	3	1,68	1,12	1,40	6,70	191,11	1,34	0,24	0,49	171,80	
Oktober	B	230	10	1,14	3	1,68	1,12	1,40	6,70	189,70	1,34	0,24	0,49	171,80	
November	B	240	9	4,92	3	0,11	1,23	1,38	7,10	201,36	1,33	1,20	0,24	171,80	
Desember	BB	130	12	4,17	3	0,81	1,08	1,40	6,70	184,42	1,33	0,24	0,31	171,80	

⇒ Koreksi Tegangan Angin Tahun 2018

Bulan	Angin	Desentral	U			W			Gaya (kN)	x	100mm	15mm	10	14	Tinggi (m)
			1	2	3	1	2	3							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Januari	B	200	11	4,11	3	0,30	1,02	1,13	11,30	171,80	1,31	1,24	8,34	171,80	
Februari	BB	140	12	0,32	3	0,38	1,03	1,18	11,01	180,09	1,26	0,22	0,31	171,80	
Maret	B	200	6	4,14	3	0,34	1,01	1,40	7,71	176,29	1,19	1,23	1,26	171,80	
April	BB	150	7	1,68	3	0,41	1,18	1,62	6,98	169,47	1,32	1,19	0,62	171,80	
Mai	B	240	1	1,62	3	0,52	1,01	1,87	6,81	164,86	1,33	1,18	0,34	171,80	
Juni	BB	120	2	1,80	3	0,57	1,12	1,37	6,80	174,90	1,33	1,21	0,34	171,80	
Juli	B	240	3	4,31	3	0,59	1,12	1,42	7,11	170,29	1,32	1,21	0,34	171,80	
Agustus	B	200	4	4,14	3	0,11	1,23	1,38	7,10	201,36	1,33	1,20	0,24	171,80	
September	BB	140	10	1,14	3	1,68	1,12	1,40	6,70	191,11	1,34	0,24	0,49	171,80	
Oktober	BB	150	11	1,14	3	1,68	1,12	1,40	6,70	189,70	1,34	0,24	0,49	171,80	
November	B	240	11	4,92	3	0,11	1,23	1,38	7,10	201,36	1,33	1,20	0,24	171,80	
Desember	BB	130	13	4,17	3	0,81	1,08	1,40	6,70	184,42	1,33	0,24	0,31	171,80	

⇒ Koreksi Tegangan Angin Tahun 2019

Bulan	Angin	Desentral	U			W			Gaya (kN)	x	100mm	15mm	10	14	Tinggi (m)
			1	2	3	1	2	3							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Januari	B	170	12	0,37	3	0,30	1,02	1,13	11,30	171,80	1,31	1,24	8,34	171,80	
Februari	BB	140	13	0,32	3	0,38	1,03	1,18	11,01	180,09	1,26	0,22	0,31	171,80	
Maret	B	200	11	0,34	3	0,34	1,01	1,40	7,71	176,29	1,19	1,23	1,26	171,80	
April	BB	150	7	1,68	3	0,41	1,18	1,62	6,98	169,47	1,32	1,19	0,62	171,80	
Mai	B	240	1	1,62	3	0,52	1,01	1,87	6,81	164,86	1,33	1,18	0,34	171,80	
Juni	BB	120	2	1,80	3	0,57	1,12	1,37	6,80	174,90	1,33	1,21	0,34	171,80	
Juli	B	240	3	4,31	3	0,59	1,12	1,42	7,11	170,29	1,32	1,21	0,34	171,80	
Agustus	B	200	4	4,14	3	0,11	1,23	1,38	7,10	201,36	1,33	1,20	0,24	171,80	
September	BB	140	10	1,14	3	1,68	1,12	1,40	6,70	191,11	1,34	0,24	0,49	171,80	
Oktober	BB	150	12	0,37	3	0,38	1,03	1,18	11,01	180,09	1,26	0,22	0,31	171,80	
November	BB	110	7	1,68	3	0,41	1,18	1,62	6,98	169,47	1,32	1,19	0,62	171,80	
Desember	B	200	13	0,37	3	0,34	1,01	1,40	7,71	176,29	1,19	1,23	1,26	171,80	

⇒ Koreksi Tegangan Angin Tahun 2020

Bulan	Arif	Distensi	U	Tv	Z	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>	U <sub>5</sub>	U <sub>6</sub>	U <sub>7</sub>	U <sub>8</sub>	U <sub>9</sub>	U <sub>10</sub>	U <sub>11</sub>	U <sub>12</sub>	U <sub>13</sub>	U <sub>14</sub>	U <sub>15</sub>	U <sub>16</sub>	U <sub>17</sub>	U <sub>18</sub>	U <sub>19</sub>	U <sub>20</sub>
Januari	B	20	9	4,0	2	2,13	1,18	1,37	2,81	20,76	1,37	5,85	6,24	17009											
Februari	BL	10	11	5,0	3	0,24	1,08	1,11	9,38	17,52	1,24	8,81	2,77												
Maret	B	20	7	3,4	2	2,64	1,18	1,37	9,38	18,77	1,34	6,24	6,89	17440											
April	S	10	17	8,3	3	5,82	1,18	1,44	14,12	12,90	1,36	8,89	10,92												
Mei	BL	10	1	1,0	1	1,57	1,22	1,37	6,82	24,90	1,32	7,16	5,34	17009											
Juni	BL	8	8	4,0	2	4,04	1,17	1,40	1,11	18,79	1,23	3,23	3,23												
Juli	B	20	5	2,5	2	2,88	1,15	1,48	3,20	17,59	1,27	7,18	1,48	17440											
Agustus	T	5	5	2,5	2	9,54	1,12	1,42	1,11	26,24	1,12	3,23	3,23												
September	BL	10	20	10,0	2	1,68	1,13	1,36	8,50	18,62	1,24	6,18	5,35												
Oktober	BL	20	8	4,0	2	6,54	1,18	1,40	3,11	20,79	1,22	5,13	1,36	17009											
November	B	20	5	2,5	2	1,01	1,13	1,42	8,50	24,47	1,32	8,22	6,67	17009											
Desember	B	20	10	5,0	2	3,18	1,08	1,36	8,50	18,13	1,24	6,14	6,67	17440											

⇒ Koreksi Tegangan Angin Tahun 2021

Bulan	Arif	Distensi	U	Tv	Z	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>	U <sub>5</sub>	U <sub>6</sub>	U <sub>7</sub>	U <sub>8</sub>	U <sub>9</sub>	U <sub>10</sub>	U <sub>11</sub>	U <sub>12</sub>	U <sub>13</sub>	U <sub>14</sub>	U <sub>15</sub>	U <sub>16</sub>	U <sub>17</sub>	U <sub>18</sub>	U <sub>19</sub>	U <sub>20</sub>
Januari	BL	10	9	4,5	2	6,5	1,17	1,42	1,11	26,24	1,12	3,23	3,23	17009											
Februari	BL	10	12	6,0	2	2,2	1,18	1,48	1,11	23,52	1,18	3,23	3,23	17009											
Maret	BL	10	8	4,0	2	6,34	1,18	1,48	1,11	22,52	1,18	3,23	3,23	17009											
April	BL	10	17	8,5	2	7,11	1,18	1,48	1,11	22,52	1,18	3,23	3,23	17009											
Mei	B	10	1	1,0	1	1,24	1,18	1,48	1,11	22,52	1,18	3,23	3,23	17009											
Juni	B	10	1	1,0	1	2,4	1,18	1,48	1,11	22,52	1,18	3,23	3,23	17009											
Juli	B	10	1	1,0	1	1,3	1,18	1,48	1,11	22,52	1,18	3,23	3,23	17009											
Agustus	B	10	1	1,0	1	1,61	1,18	1,48	1,11	22,52	1,18	3,23	3,23	17009											
September	B	20	1	1,0	1	1,11	1,18	1,48	1,11	22,52	1,18	3,23	3,23	17009											
Oktober	BL	10	1	1,0	1	1,11	1,18	1,48	1,11	22,52	1,18	3,23	3,23	17009											
November	B	20	1	1,0	1	1,11	1,18	1,48	1,11	22,52	1,18	3,23	3,23	17009											
Desember	BL	10	11	5,5	2	5,29	1,18	1,48	1,11	22,52	1,18	3,23	3,23	17009											

• Lampiran 2

→ Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Tahun 2012

Bulan	Arif	Ts	Periode	Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) (m)	Periode Gelombang Signifikan (Ts) (s)
Januari	B	11,46	174140	2,44	7,85
Februari	B	12,90	174140	2,77	8,18
Maret	B	12,90	174140	2,77	8,18
April	S	7,52			
Mei	S	9,90			
Juni	S	9,26			
Juli	S	8,68			
Agustus	S	6,89			
September	S	8,68			
Oktober	B	9,26	174140	1,97	7,31
November	B	8,68	174140	1,85	7,15
Desember	BL	9,90	179959	2,15	7,56



→ Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Tahun 2013

Bulan	Arah	U <sub>s</sub>	Fetch or	Tinggi Gelombang Signifikan (H <sub>s</sub> )	Periode Gelombang Signifikan (T <sub>s</sub> )
				(m)	(d)
Januari	BL	16,16	179959	2,50	8,90
Februari	-	-	-	-	-
Maret	-	-	-	-	-
April	-	-	-	-	-
Mei	-	-	-	-	-
Juni	-	-	-	-	-
Juli	BL	7,52	179959	1,63	6,50
Agustus	-	-	-	-	-
September	-	-	-	-	-
Oktober	-	-	-	-	-
November	-	-	-	-	-
Desember	-	-	-	-	-

→ Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Tahun 2014

Bulan	Arah	U <sub>s</sub>	Fetch or	Tinggi Gelombang Signifikan (H <sub>s</sub> )	Periode Gelombang Signifikan (T <sub>s</sub> )
				(m)	(d)
Januari	BL	8,33	179959	2,02	7,11
Februari	BL	11,97	179958,7	2,49	8,05
Maret	BL	6,24	179958,7	1,65	6,48
April	BL	7,32	179958,7	1,65	6,66
Mei	BL	6,33	174140,1	1,96	7,13
Juni	B	4,62	174140	0,99	5,10
Juli	B	5,34	174140	1,19	6,18
Agustus	B	5,39	174140,1	1,19	6,26
September	B	7,52	174140	1,28	7,43
Oktober	B	5,34	174140	1,14	6,09
November	B	5,39	174140	1,23	6,41
Desember	BL	9,26	179959	2,01	7,19

→ Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Tahun 2015

Bulan	Arah	U <sub>s</sub>	Fetch or	Tinggi Gelombang Signifikan (H <sub>s</sub> )	Periode Gelombang Signifikan (T <sub>s</sub> )
				(m)	(d)
Januari	BL	9,90	179959	2,15	7,56
Februari	BL	8,68	179959	1,88	7,23
Maret	B	7,52	174140,1	1,60	6,82
April	BL	9,26	3219,198	0,27	1,93
Mei	B	4,62	174140,1	0,99	5,80
Juni	B	4,62	174140,1	0,99	5,80
Juli	B	5,34	174140,1	1,14	6,09
Agustus	B	5,34	174140	1,14	6,09
September	B	9,23	174140,1	1,99	7,13
Oktober	BD	5,34	3219	0,15	1,61
November	BD	5,59	3219,198	0,16	1,63
Desember	BL	9,90	179958,7	2,15	7,56

→ Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Tahun 2016

Bulan	Arah	Us	Fetch (m)	Tinggi Gelombang Signifikan (Hs)	Periode Gelombang Signifikan (Ts)
				(m)	(dt)
Januari	S	10,94			
Februari	B	9,23	174140,1	1,99	7,33
Maret	TG	5,59			
April	BL	4,62	179958,7	1,00	5,86
Mei	B	5,34	174140,1	1,14	6,09
Juni	BL	5,34	179958,7	1,16	6,15
Juli	TL	5,59			
Agustus	L	6,24	179958,7	1,03	5,39
September	BL	6,89	179958,7	1,40	6,70
Oktober	B	6,89	174140,1	1,12	6,67
November	B	6,24	174140,1	1,33	6,41
Desember	BL	6,11	179958,7	1,16	5,90

→ Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Tahun 2017

Bulan	Arah	Us	Fetch (m)	Tinggi Gelombang Signifikan (Hs)	Periode Gelombang Signifikan (Ts)
				(m)	(dt)
Januari	BD	7,52	3219	0,22	1,90
Februari	B	7,52	174140	1,48	6,62
Maret	BL	5,59	179959	1,21	6,24
April	TL	5,34	179958,7	1,16	6,15
Mei	T	5,74	179958,7	0,88	5,12
Juni	BD	5,88	3219	0,11	1,45
Juli	BL	6,28	179958,7	1,88	7,23
Agustus	HD	4,62	2219	0,13	1,82
September	TL	7,34			
Oktober	T	6,66			
November	S	6,79			
Desember	BL	6,24	179958,7	1,35	6,48

→ Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Tahun 2018

Bulan	Arah	Us	Fetch (m)	Tinggi Gelombang Signifikan (Hs)	Periode Gelombang Signifikan (Ts)
				(m)	(dt)
Januari	B	6,89	174140	1,47	6,62
Februari	BL	8,11	179958,7	1,76	7,07
Maret	B	6,24	174140	1,33	6,41
April	BL	4,62	179959	1,00	5,86
Mei	T	6,24			
Juni	BD	3,11	3219,198	0,09	1,34
Juli	T	3,88			
Agustus	S	3,88			
September	TG	4,62			
Oktober	TG	4,62			
November	TL	7,52			
Desember	BL	7,52	179958,7	1,63	6,90

→ Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Tahun 2019

Bulan	Arah	Us	Fetch or	Tinggi Gelombang Signifikan (Hs)	Periode Gelombang Signifikan (Ts)
				(m)	(s)
Januari	B	8,11	174140	1,73	7,00
Februari	BL	6,24	179958,7	1,35	6,48
Maret	B	8,68	174140	1,85	7,15
April	BL	5,34	179958,7	1,16	6,15
Mei	TL	4,62			
Juni	BD	3,88	3219,198	0,11	1,45
Juli	S	4,62			
Agustus	TL	6,24	179958,7	1,35	6,48
September	BD	3,88	3219,198	0,11	1,45
Oktober	BL	5,34	3219,198	0,21	1,85
November	BD	3,88	3219,198	0,15	1,61
Desember	B	6,24	174140,1	1,33	6,41

→ Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Tahun 2020

Bulan	Arah	Us	Fetch or	Tinggi Gelombang Signifikan (Hs)	Periode Gelombang Signifikan (Ts)
				(m)	(s)
Januari	BL	6,24	179958,7	1,33	6,48
Februari	TL	5,42			
Maret	B	6,60	174140	1,47	6,62
April	S	10,02			
Mei	BL	5,34	179958,7	1,16	6,15
Juni	TL	5,30			
Juli	B	3,88	174140	0,83	5,47
Agustus	TL	5,30			
September	TL	6,24			
Oktober	BL	5,30	179958,7	1,21	6,25
November	B	4,62	174140,1	1,09	5,80
Desember	B	6,89	174140,1	1,47	6,62

→ Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Tahun 2021

Bulan	Arah	Us	Fetch or	Tinggi Gelombang Signifikan (Hs)	Periode Gelombang Signifikan (Ts)
				(m)	(s)
Januari	BL	5,59	179958,7	1,21	6,25
Februari	BL	8,68	179958,7	1,88	7,23
Maret	BL	5,59	179958,7	1,21	6,25
April	BD	9,36	3219,198	0,27	1,93
Mei	B	3,88	174140,1	0,83	5,47
Juni	B	3,88	174140	0,83	5,47
Juli	B	4,62	174140	0,99	5,80
Agustus	B	4,62	174140,1	0,99	5,80
September	B	4,62	174140,1	0,99	5,80
Oktober	BD	4,62	3219,198	0,13	1,53
November	B	6,24	174140,1	1,33	6,41
Desember	BL	7,52	179958,7	1,63	6,90

- Persamaan regresi

No	Xn	Yn	Xn <sup>2</sup>	Xn <sup>3</sup>	Xn <sup>4</sup>	Xn.Yn	Xn <sup>2</sup> .Yn
1	2,77	8,18	7,67	21,25	58,84	22,67	62,78
2	3,50	8,90	12,27	42,98	150,57	31,18	109,21
3	2,59	8,05	6,73	17,44	45,23	20,88	54,15
4	2,15	7,56	4,60	9,88	21,19	16,22	34,80
5	1,99	7,33	3,95	7,86	15,63	14,57	28,97
6	1,88	7,23	3,54	6,65	12,51	13,60	25,59
7	1,76	7,07	3,09	5,44	9,56	12,44	21,87
8	1,85	7,15	3,42	6,33	11,72	13,24	24,49
9	1,47	6,62	2,16	3,17	4,65	9,73	14,29
10	1,88	7,23	3,54	6,65	12,51	13,60	25,59
Jumlah	21,84	75,34	50,97	127,66	342,43	168,13	401,73

$$n = 10$$

$$\bar{X} = 2,18$$

$$\sum X_n \cdot Y_n = 168,13$$

$$\bar{Y} = 7,53$$

$$\sum X_n^2 \cdot Y_n = 401,73$$

$$\sum X_n^2 = 50,97$$

$$\sum X_n = 21,84$$

$$\sum X_n^3 = 127,66$$

$$\sum Y_n = 75,34$$

$$\sum X_n^4 = 342,43$$

Eliminasi Gauss

$$\begin{bmatrix} n & \sum X & \sum X^2 \\ \sum X & \sum X^2 & \sum X^3 \\ \sum X^2 & \sum X^3 & \sum X^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum X^0 \cdot Y \\ \sum X^1 \cdot Y \\ \sum X^2 \cdot Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 & 21,84 & 50,97 \\ 21,84 & 50,97 & 127,66 \\ 50,97 & 127,66 & 342,43 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 75,34 \\ 168,13 \\ 401,73 \end{bmatrix}$$

- Langkah 1

$$b1 \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 2,184 & 5,097 \\ 21,84 & 50,97 & 127,66 \\ 50,97 & 127,66 & 342,43 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,53 \\ 168,13 \\ 401,73 \end{bmatrix}$$

- Langkah 2

$$\begin{matrix} b2 - (b1 \times 21,84) \\ b3 - (b1 \times 50,97) \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 2,184 & 5,097 \\ 0 & 3,28 & 16,34 \\ 0 & 16,34 & 182,62 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,53 \\ 3,59 \\ 17,71 \end{bmatrix}$$

- Langkah 3

$$b2 - \left(\frac{1}{3,28}\right) \begin{bmatrix} 1 & 2,184 & 5,097 \\ 0 & 1 & 4,985 \\ 0 & 16,34 & 182,62 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,534 \\ 1,095 \\ 17,71 \end{bmatrix}$$

- Langkah 4

$$b3 - (b2 \cdot 16,34) \begin{bmatrix} 1 & 2,184 & 5,097 \\ 0 & 1 & 4,985 \\ 0 & 0 & 1,177 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,534 \\ 1,095 \\ -0,181 \end{bmatrix}$$

Di substitusi :

$$1,177a2 = -0,181$$

$$a2 = -0,181 / 1,177 = -0,154$$

$$a1 + 4,985 a2 = 1,095$$

$$a1 = 1,095 - 0,767 = 1,862$$

$$a0 + 2,184 a1 + 5,097 a2 = 7,534$$

$$a0 = 7,534 - 3,282 = 4,252$$

Jadi persamaan regresinya adalah :

$$-0,154 x^2 + 1,8622 x + 4,2521$$



## PANTAI PA'LALAKKANG

26 MEI - 09 JUNI 2022

Tanggal	Bacaan Skala Pada Item																				jumlah bacaan	jumlah rata-rata/jari							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			20	21	22	23			
26-Mei-22	110	100	100	90	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	100	110	120	130	130	130	130	130	130	130	130	130	2310	96
27-Mei-22	100	100	90	90	80	70	70	70	70	70	70	80	80	80	90	90	90	100	100	110	110	110	110	110	110	110	2110	169	
28-Mei-22	100	100	90	80	80	70	70	60	60	60	60	70	70	70	80	80	100	110	110	120	120	120	110	110	110	2110	169		
29-Mei-22	100	100	90	80	80	70	70	60	60	50	50	50	50	60	60	60	60	70	70	80	80	80	80	80	80	80	2130	170	
30-Mei-22	110	100	90	80	80	70	70	60	50	40	40	40	40	50	50	50	60	60	70	70	80	80	80	80	80	80	2120	170	
31-Mei-22	120	110	100	90	80	80	70	60	50	40	30	30	30	30	30	30	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	2140	171	
01-Jun-22	130	110	100	90	80	80	70	60	50	40	30	30	30	30	30	30	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	2170	174	
02-Jun-22	130	120	110	100	90	80	80	70	60	50	40	30	30	30	30	30	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	2200	176	
03-Jun-22	140	130	110	100	100	90	80	80	70	60	50	40	30	30	30	30	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	2190	175	
04-Jun-22	140	130	120	110	100	100	100	90	80	70	60	50	40	30	30	30	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	2190	175	
05-Jun-22	140	130	120	110	100	100	100	90	80	70	60	50	40	30	30	30	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	2220	178	
06-Jun-22	130	120	110	100	100	100	100	90	80	70	60	50	40	30	30	30	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	2190	175	
07-Jun-22	120	110	110	100	90	90	90	80	80	70	60	50	40	30	30	30	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	2170	174	
08-Jun-22	120	110	100	90	90	80	90	80	80	70	60	50	40	30	30	30	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	2170	174	
09-Jun-22	110	100	90	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	90	100	100	110	110	110	110	110	110	2150	172	



PENERBITAN MADIYAH

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN  
DIREKTORAT JENDERAL PERHUBUNGAN LAUT GALESONG

26 MEI – 09 JUNI 2020

Tanggal	Bacaan Shalat Pada Jumu'ah																				jumlah bacaan	bacaan rata-rata			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			20	21	22
26-Mei-22	90	80	80	80	80	90	90	90	80	80	70	60	60	60	60	70	90	100	120	130	130	130	120	100	90
27-Mei-22	80	80	70	70	80	90	90	90	80	70	70	70	70	70	70	80	90	90	120	120	130	120	110	100	173
28-Mei-22	80	70	60	60	70	80	90	90	90	90	90	90	90	90	80	90	90	110	120	120	120	120	110	100	172
29-Mei-22	80	70	60	60	60	70	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	100	100	110	120	120	120	110	100	174
30-Mei-22	80	70	60	50	50	60	70	80	90	90	100	100	100	100	100	110	110	120	120	130	130	120	110	100	176
31-Mei-22	90	70	60	50	50	50	60	70	80	80	90	100	100	110	110	120	130	140	140	140	130	110	100	175	
01-Jun-22	90	70	60	50	50	50	50	60	70	80	90	100	110	120	130	130	130	140	140	140	130	120	100	175	
02-Jun-22	90	80	60	50	50	50	50	50	60	60	70	80	90	110	120	130	140	140	140	140	140	130	110	174	
03-Jun-22	100	80	70	60	50	50	40	50	60	70	80	90	100	100	120	130	140	140	140	140	140	130	110	171	
04-Jun-22	100	90	80	70	60	60	50	40	40	50	60	80	90	100	120	130	140	140	140	140	130	120	110	170	
05-Jun-22	100	90	80	80	70	70	60	50	40	40	50	70	80	100	120	130	140	140	140	140	130	120	110	169	
06-Jun-22	100	90	90	80	80	70	60	60	50	40	40	50	60	90	110	120	130	140	140	140	130	120	110	171	
07-Jun-22	90	90	90	90	80	80	80	70	60	50	50	60	70	90	110	120	130	140	140	130	120	110	100	173	
08-Jun-22	80	80	80	80	90	90	90	80	70	60	60	70	80	100	120	130	140	140	140	130	120	110	100	170	
09-Jun-22	80	80	80	80	90	100	100	90	80	70	60	60	70	90	110	120	130	140	140	130	120	110	90	174	

DIYAH  
PERBITAN

→ Skema 2

Tanggal	X <sub>1</sub>		Y <sub>1</sub>		X <sub>2</sub>		Y <sub>2</sub>		X <sub>3</sub>		Y <sub>3</sub>	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
26-Mei-22	1168	1010	950	1220	920	1250	1080	1090	720	730	1060	1080
27-Mei-22	1098	1070	960	1200	930	1230	1030	1110	720	720	1080	1080
28-Mei-22	1030	1120	950	1200	930	1200	1020	1120	710	730	1070	1080
29-Mei-22	990	1180	930	1240	980	1180	1030	1100	720	720	1090	1080
30-Mei-22	960	1240	900	1300	1020	1180	1040	1160	740	730	1100	1100
31-Mei-22	940	1290	840	1350	1050	1140	1030	1140	730	730	1090	1100
01-Jun-22	930	1240	780	1400	950	1140	1020	1120	720	730	1100	1090
02-Jun-22	980	1190	720	1360	1040	1130	1090	1080	720	720	1080	1090
03-Jun-22	1000	1140	690	1300	1040	1100	1030	1050	710	710	1070	1070
04-Jun-22	1080	1090	690	1300	1020	1100	1110	1010	710	740	1050	1070
05-Jun-22	1100	1010	710	1300	1000	1110	1120	990	730	710	1050	1080
06-Jun-22	1130	990	740	1300	960	1100	1130	990	720	710	1050	1070
07-Jun-22	1160	1000	750	1310	950	1100	1120	980	730	710	1090	1070
08-Jun-22	1180	990	780	1290	910	1220	1120	980	710	720	1070	1080
09-Jun-22	1190	1020	800	1280	930	1230	1120	1010	740	720	1100	1080

→ Skema 3

**SKEMA III**

TGL	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>
	+	+800	+800	+800	+800	+800	+800
26-Mei-22	2170	950	530	470	790	790	810
27-Mei-22	2160	820	560	500	740	800	800
28-Mei-22	2150	710	550	550	710	780	790
29-Mei-22	2170	610	490	610	690	800	810
30-Mei-22	2200	520	400	640	680	810	800
31-Mei-22	2190	490	290	710	710	800	790
01-Jun-22	2190	510	170	710	770	790	810
02-Jun-22	2170	590	70	710	810	790	790
03-Jun-22	2140	660	40	740	840	800	800
04-Jun-22	2120	800	60	720	900	800	780
05-Jun-22	2110	890	110	690	930	790	790
06-Jun-22	2140	960	180	620	960	810	800
07-Jun-22	2160	960	340	600	980	820	820
08-Jun-22	2130	950	430	490	970	790	810
09-Jun-22	2180	920	540	480	920	820	820



→ Skema 4

SKEMA IV					
INDEX	TANDA	X	Y	X	Y
		TAMBAHAN		JUMLAH	
00	+	32380		32380	
10	+	11340	4760		
	-	12000	12000	-660	-7240
12	+	4460	1140		
	-	6830	3620	-3220	-3280
(29)	(-) (+)	800	800		
15	+	3450	2460		
	-	5220	1160	-1500	1300
13	+	3050	630		
	-	8290	4130	-6040	4300
(29)	(-) (+)	800	800		
1c	+	4960	2660		
	-	5790	2030	-830	630
20	+	4240	12400		
	-	12000	12000	-2760	800
22	+	4920	5640		
	-	4320	6760	-200	1920
(29)	(-) (+)	800	800		
2b	+	3720	4300		
	-	3860	5580	140	-1280
23	+	3590	4030		
	-	3650	8320	-2800	-5140
(29)	(-) (+)	800	800		
2c	+	4240	5720		
	-	4290	5870	-50	-150
42	+	5580	5560		
	-	6410	6460	-1630	-1700
(29)	(-) (+)	800	800		
4b	+	4780	4800		
	-	4810	4800	-30	0
44	+	5580	5640		
	-	6410	6380	-1630	-1540
(29)	(-) (+)	800	800		
4d	+	4820	4830		
	-	4770	4770	50	60
IV					

→ Skema 5 dan Skema 6

		S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
SKEMA V	$X_{00} =$	32380	32380						
	$X_{10} =$	-660				-660	46		
	$X_{12} - Y_{10} =$	-4520	-407			90	-4520		-90
	$X_{20} - Y_{20} =$	-6670							
	$X_{30} =$	-2760	413	-2760	-600				
	$X_{32} - Y_{30} =$	1080	1080	-151	-659	-15	-32		-32
	$X_{40} - Y_{40} =$	-2710	1762		7710				
	$X_{50} - Y_{50} =$	-1630	48						-1630
	$X_{60} - Y_{60} =$	-1000						-1701	85
	$X_{70} =$	-7240				-7242	479		
SKEMA VI	$Y_{12} - X_{10} =$	-4640	413			891	-4640		-48
	$Y_{20} - X_{20} =$	8140							
	$Y_{30} =$	-600	-64	400	120				
	$Y_{40} - X_{40} =$	-3660	-2142	-309	1116		796		41
	$Y_{50} - X_{50} =$	-5190	633		-5346				
	$Y_{60} - X_{60} =$	-1730	-23					-1700	-1730
	$Y_{70} - X_{70} =$	-1460						-1460	89

→ Skema 7

		S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
SKEMA VII	V - PR <sub>00</sub> =	3280,00	3272,00	-833,70	-5196,20	-2314,10	-370,90	1853,20	-1641,20
	VI - PR <sub>10</sub> =	0	7297,40	1148,70	-4255,50	-7852,40	-5421,40	3543,80	-1465,90
	PR	3280,00	3567,07	3816,34	8721,53	8711,00	4531,77	2432,21	2200,55
	Daftar 1a - P	380,00	473,00	297,00	196,70	74,700	177,00	273,00	280,00
	Daftar 5 - P		0,00	0,00	0,98	1,08	1,12	0,95	0,98
	VIII - (I - V)		1,99	0,69	1,15	1,22	1,20	1,00	0,69
	- V		99,61	0,00	167,23	168,50	291,02	199,22	99,61
	Daftar 9 - a		-1,66	0,00	-1,86	-6,26	7,17	-3,33	-1,66
	VIII - (I - W)		0,00	12,02	-5,33	7,64	0,00	0,90	12,02
	Daftar 3a - p		133,00	345,00	327,00	173,00	160,00	307,00	318,00
	Daftar 4 - r		21,33	17,51	38,47	78,48	68,12	39,79	41,77
	Jumlah = g		452,27	374,54	525,70	478,45	526,31	542,68	469,74
	n x 360°		160,00	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00
PR <sub>00</sub> Ps <sub>0</sub> (1-W) <sub>0</sub> = A		89,69	20,87	23,89	34,85	26,18	7,67	9,26	11,70
g°		0,00	92,27	14,54	165,70	58,45	186,31	182,68	108,74

→ Skema 8

w dan (1+W), S2, MS4		
VII	: K <sub>1</sub> : V	168,6
VII	: K <sub>1</sub> : u	-6,3
Jumlah	: V + u	162,3
Daftar 10	: S <sub>2</sub> : w/f	10,0
Daftar 10	: S <sub>2</sub> : W/f	0,3
Daftar	: K <sub>2</sub> : f	1,2
	w	12,0
	W	-4,3
	1 + W	0,7
w dan (1+W) utk K <sub>1</sub>		
VII	: K <sub>1</sub> : 2V	337,2
VII	: K <sub>1</sub> : u	-6,3
Jumlah	: 2V + u	330,9
Daftar 10	: K <sub>1</sub> : w/f	7,1
Daftar 10	: K <sub>1</sub> : W/f	0,3
Daftar	: S <sub>2</sub> : K <sub>1</sub> : f	1,1
	w	7,6
	W	0,3
	1 + W	1,3
w dan (1+W) utk N <sub>2</sub>		
VII	: M <sub>2</sub> : 2V	298,8
VII	: N <sub>2</sub> : 2V	334,5
Selisih (M <sub>2</sub> - N <sub>2</sub> )		324,4
Daftar 10	: N <sub>2</sub> : w	-5,3
Daftar 10	: N <sub>2</sub> : 1+W	1,2
VIII		

→ Hasil Akhir

	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	PI
A Cm	89,69	20,87	25,89	34,85	26,18	7,67	9,36	11,70	6,90	8,64
g <sup>b</sup>	0,00	92,27	14,54	165,70	58,45	166,31	182,68	109,74	14,54	38,45

→ Elevasi Muka Air

Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Galesong	
MSL	89,69
ZO	9,09
CD	80,61
ATT	170,30
LAT	9,09
HAT	170,30
MHHWS	115,87
MHHWN	168,20
MELWN	71,18
MELWS	55,44
HAT-MSL	80,61
MHHWN-MSL	18,51
MELWN-MSL	-18,51
AG-LWS-MSL	-33,85
MHHWS-MSL	26,18
LAT-MSL	-80,61



→ Konstanta pengali dalam menyusun skema 2

	Jam Pengamatan																							
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$X_1$	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_1$	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
$X_2$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_2$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$X_3$	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	1	0	1	1	0	-1	0	1	0	-1	0	-1	1	0	1
$Y_3$	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1

→ Konstanta pengali untuk menghitung harga  $X_1$ ,  $X_2$  dan  $Y_1$  Skema 4

Indeks kedis		0	2	b	1	c	4	13
Pengali untuk B (29 piasan)		-29	-1	0	-1	0	-1	0
Pengali untuk B (15 piasan)		-15	1	0	-1	0	1	0
Waktu menengah	Konstanta untuk 29 piasan	Konstanta untuk 15 piasan	1	1	0	-1	1	0
			1	1	-1	1	1	-1
			1	1	-1	1	1	-1
			1	1	-1	1	1	-1
			1	1	-1	1	1	-1
			1	1	-1	1	1	-1
			1	1	-1	1	1	-1
		1	1	0	-1	1	0	
		1	1	-1	1	-1	-1	
		1	1	-1	1	-1	-1	
		1	1	-1	1	-1	-1	
		1	1	-1	1	-1	-1	
		1	1	-1	1	-1	-1	
		1	1	-1	1	-1	-1	
1	1	-1	1	-1	-1			
1	1	0	-1	1	0			
1	1	-1	1	1	-1			
1	1	-1	1	1	-1			
1	1	-1	1	1	-1			
1	1	-1	1	1	-1			
1	1	-1	1	1	-1			
1	1	-1	1	1	-1			
1	1	0	-1	1	0			

→ Harga pengali untuk 15 piantan (15 hari)

		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$O_1$	$M_1$	$MS_1$
Urut Matriks 5 harga (R/Cov)	$X_{11}$	1							
	$X_{21}$	0,01	-0,01	0,01	0,05	-1	-0,1	0,01	
	$X_{31} - Y_{11}$	-0,02	0,09	-0,01	-0,09	-0,09	1	-0,02	0,02
	$X_{41} - Y_{11}$	0,04	-0,07	0,01	0,12	0,2	-0,0	0,03	
	$X_{51}$	-0,01	-0,15	1	0,29	0,01		0,02	
	$X_{21} - Y_{11}$	0,01	1	-0,14	-0,1	-0,02	0	0,03	0
	$X_{31} - Y_{11}$	-0,02	-0,05	0,29	1	0,01		-0,05	0
	$X_{41} - Y_{11}$	0,01	0,01	0,01	0,01			0,1	1
	$X_{51} - Y_{11}$	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02			-0,01	-0,1
Urut Matriks 6 harga (R/Sik)	$Y_{11}$			-0,01	0,01	0,01	0,1	-0,01	0,01
	$Y_{21} - X_{21}$		0,05	0,01	-0,05	-0,12	1,05	-0,01	0,01
	$Y_{31} - X_{31}$		-0,03	-0,02	0,05	0,2	-0,7	0,14	0,02
	$Y_{41}$			1	0,5	0,04	0,02	-0,5	0
	$Y_{51} - X_{51}$		0,4	-0,15	-0,04	0,02	-0,1	0,04	0
	$Y_{21} - X_{21}$		0,2	0,05	0,03	-0,03	0,09	-0,07	0
	$Y_{31} - X_{31}$		0,02		0,04			0,11	1
$Y_{41} - X_{41}$		-0,01	0,01	0,04			1	0,1	
Skema 7	$\rho$	0,02	1,75	21,4	246	-217	177	-13	290
Skema 7	Konstanta		1,3	345	327	1,7	-300	107	118

→ Tabel bantu untuk mencari nilai  $E$ , yaitu:

		Radians
s	18568,782	324,086
h	438,586	7,655
p	5316,407	92,789
N	-2108,955	-36,808

→ Menghitung nilai  $f$

Menghitung $f$	
$f_{M2}$	0,977
$f_{K2}$	1,204
$f_{O1}$	1,128
$f_{K1}$	1,080
$f_{S2}$	1,000
$f_{P1}$	1,000
$f_{N2}$	0,977
$f_{M4}$	0,954
$f_{MS4}$	0,977

→ Menghitung nilai v

Menghitung nilai V		
konstanta	nilai asli	deg
M2	-36260,392	99,608
K1	528,586	168,586
O1	-36428,978	291,022
K2	877,172	157,172
S2	0,000	0,000
P1	-168,586	191,414
M4	-72520,783	199,217
MS4	-36260,392	99,608
N2	-40512,771	167,229

→ Menghitung nilai u

Menghitung nilai u	
u M2	-1,664
u K2	-13,149
u K1	-6,257
u O1	7,174
u S2	0
u P1	0
u M4	-3,338
u MS4	-1,664
u N2	-1,664

# PENGUKURAN

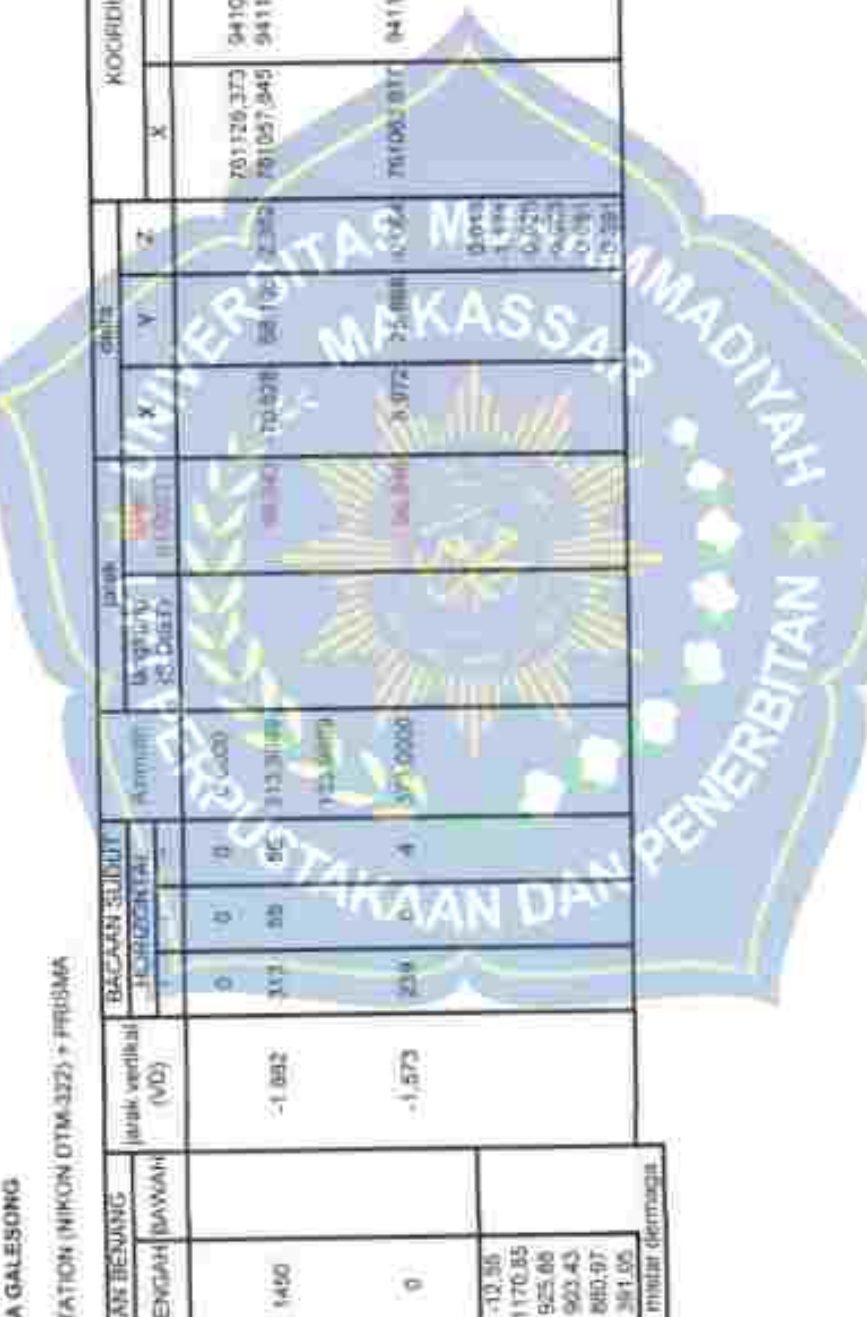
DIUKUR  
TANGGAL  
NAMA RIJAS  
CUACA  
ALAT

Ayo Louis  
24/07/2022  
DERMAGA GALESONG

TOTAL STATION (NIKON DTM-322) + PRISMA

5 (V)  
119.572  
\* (N)

NO STA	TINGGI ALAT	BALOKS BENJING		jarak vertikal (VD)	BACAAN SURUT		Ketinggian	jarak			KORDINAT			KETERANGAN	
		ATAS	TERGAMBAR (BAWAH)		Horisontal	vertikal		X	Y	Z	X	Y	Z		
24-Jul-22 BM 01 HUBILA 270	Utara PB		1450	-1.882	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Utara BM 01 HUBILA PB
PATOK BANTU 1509	MISTAR 1.1M		0	-1.573	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	MISTAR 1.1M
	ZO MHHWS MHHWN MSL MLLWN MLLWS														





• Lampiran 4

DATA KONTUR PERAIRAN PANTAI PA'LALAKKANG

No	M	Contour	Shape	Length	No	M	Contour	Shape	Length	No	M	Contour	Shape	Length
1	55	-2		16775,012	53	107	-24		21712,040	109	159	-32		31611,296
2	56	-4		18631,284	54	108	-26		1255,543	106	160	-34		66,085
3	57	-6		18262,847	55	109	-26		1124,748	107	161	-34		572,886
4	58	-8		1874,235	56	110	-26		1545,125	108	162	-34		789,277
5	59	-8		18045,930	57	111	-26		1626,485	109	163	-34		1014,315
6	60	-10		72,709	58	112	-26		2182,259	110	164	-34		1095,117
7	61	-10		2979,170	59	113	-26		3470,244	111	165	-34		1505,807
8	62	-10		17757,891	60	114	-26		3641,243	112	166	-34		1171,981
9	63	-12		2106,242	61	115	-28		3431,926	113	167	-34		1341,091
10	64	-12		3918,086	62	116	-26		5257,837	114	168	-34		2388,893
11	65	-12		17191,630	63	117	-26		3477,452	115	169	-34		3598,787
12	66	-14		3276,995	64	118	-28		5022,726	116	170	-34		3944,805
13	67	-14		2980,618	65	119	-28		7194,567	117	171	-34		4066,061
14	68	-14		4666,756	66	120	-28		8008,374	118	172	-34		6195,873
15	69	-14		17036,954	67	121	-26		17663,879	119	173	-34		49657,048
16	70	-16		4563,219	68	122	-26		27185,290	120	174	-34		73595,019
17	71	-16		5145,462	69	123	-24		896,383	121	175	-34		43197,483
18	72	-16		5255,362	70	124	-28		1489,764	122	176	-36		822,641
19	73	-16		15722,805	71	125	-34		2271,568	123	177	-36		4592,301
20	74	-18		2142,665	72	126	-28		4172,237	124	178	-36		5247,661
21	75	-18		5270,978	73	127	-28		8455,894	125	179	-36		11121,233
22	76	-18		5549,323	74	128	-28		6072,168	126	180	-36		13912,375
23	77	-18		6172,532	75	129	-28		7708,276	127	181	-36		16361,813
24	78	-18		16679,528	76	130	-28		1030,533	128	182	-36		19047,469
25	79	-20		637,716	77	131	-28		9675,255	129	183	-36		27666,982
26	80	-20		2419,304	78	132	-28		19425,491	130	184	-38		352,598
27	81	-20		5935,695	79	133	-24		29418,928	131	185	-38		824,293
28	82	-20		6131,919	80	134	-30		205,484	132	186	-38		806,782
29	83	-20		6455,273	81	135	-30		680,365	133	187	-38		1388,993
30	84	-20		24055,591	82	136	-30		1002,746	134	188	-38		2074,504
31	85	-22		126,830	83	137	-30		1503,469	135	189	-38		4827,133
32	86	-22		691,545	84	138	-30		911,283	136	190	-38		4969,376
33	87	-22		2795,485	85	139	-30		2140,608	137	191	-38		5995,487
34	88	-22		2813,182	86	140	-30		2203,326	138	192	-38		9271,449
35	89	-22		3697,029	87	141	-30		4789,508	139	193	-38		29042,242
36	90	-22		6356,820	88	142	-30		4558,039	140	194	-40		1143,810
37	91	-22		6929,055	89	143	-30		8219,067	141	195	-40		1824,410
38	92	-22		7217,636	90	144	-30		17829,661	142	196	-40		7154,811
39	93	-22		28655,891	91	145	-30		28974,636	143	197	-40		31994,899
40	94	-24		379,665	92	146	-30		32938,365	144	198	-42		2278,102
41	95	-24		493,477	93	147	-32		55,709	145	199	-42		6157,695
42	96	-24		745,392	94	148	-32		75,789	146	200	-42		28034,564
43	97	-24		966,177	95	149	-32		485,674	147	201	-44		1794,785
44	98	-24		1155,121	96	150	-32		1080,287	148	202	-44		7449,922
45	99	-24		1649,090	97	151	-32		3087,399	149	203	-44		9116,789
46	100	-24		1571,721	98	152	-32		2762,478	150	204	-46		5114,420
47	101	-24		3203,314	99	153	-32		3464,315	151	205	-46		5418,122
48	102	-24		4515,673	100	154	-32		4491,534	152	206	-48		857,869
49	103	-24		5144,072	101	155	-32		5148,472	153	207	-48		2950,628
50	104	-24		6745,171	102	156	-32		16413,858	154	208	-50		2806,365
51	105	-24		7645,247	103	157	-32		23146,812	155	209	-52		1657,112
52	106	-24		8595,543	104	158	-32		30232,117					

KABUPATEN TAKALAR



Skala 1 : 25.000



Legend

- palalakkang
- galesong
- Kontur

Sumber :

- Bathimetri Nasional
- Badan Informasi Geospasial

