

SKRIPSI

**PENGARUH TINGGI GELOMBANG TERHADAP DIFRAKSI
DI PULAU GUSUNG**



Oleh :

ALIFAH NINDYA SARI

105 81 111025 21

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PENGARUH TINGGI GELOMBANG TERHADAP DIFRAKSI DI PULAU GUSUNG**

Nama : 1. ALIFAH NINDYA SARI

Stambuk : 1. 105 81 11025 21

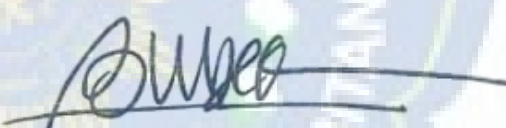
Makassar, Sabtu 16 Agustus 2025

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

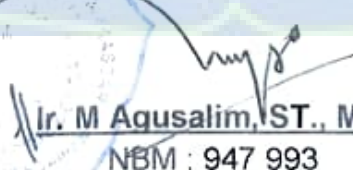
Pembimbing I

Pembimbing II


Kasmawati, ST., MT


Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T., IPM

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Pengairan


Ir. M Aguslim, ST., MT.

NBM : 947 993



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
PENGESAHAN

Skripsi atas nama Alifah Nindya Sari dengan nomor induk Mahasiswa 105811102521 dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0010/SK-Y/22202/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu 16 Agustus 2025.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar,

22 Safar 1447 H.

16 Agustus 2025 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN., Eng

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Muh. Yunus Ali, ST., MT., IPM

b. Sekretaris : Dr. Marupah, SP., MP

3. Anggota

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

2. Mahmuddin, ST., MT., IPM

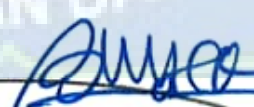
3. Dr. Ir. Nenny, ST., MT., IPM

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II


Kasmawati, ST., MT


Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T., IPM

Dekan



Ir. Muhammad Syafa'at S Kuba, ST., MT.

NBM : 975 288



KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nyalah sehingga kami dapat menyusun skripsi tugas akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Skripsi tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan Akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah **“Pengaruh Tinggi Gelombang Terhadap Difraksi Di Pulau Gusung”**.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan skripsi 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 perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

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

1. Bapak Dr. Ir. Hj. Abd. Rakhim Nanda, S.T., M.T., IPU. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
2. Bapak Ir. Muhammad Syafaat S.Kuba., S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Bapak Ir. M. Agusalm, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Ibu Kasmawati, S.T., M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Ibu Kasmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan arahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen serta para staf administrasi pada Prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Kedua orang tua saya Ibu Suprihatin dan Bapak Legimin, yang telah memberi segalanya dan tak pernah harap kembali bagi kehidupan penulis.
7. Saudara/saudari serta rekan-rekan sekelas Civil Engineering A21 atas kebersamaan, dukungan dan semangat belajar yang kita jalani bersama.
8. Saudara/saudari serta rekan-rekan Mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus angkatan 2021.

Semoga seluruh pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda disisi Allah SWT dan proposal skripsi ini dapat memberi manfaat bagi bidang Pendidikan dan penerapan di lapangan serta bisa dikembangkan lebih lanjut.

Makassar, 2 Agustus 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Gelombang Laut	6
1. Pergerakan Gelombang Laut	7
2. Manfaat Gelombang Laut	8
3. Faktor Pembentukan Gelombang Laut	8
4. Macam-Macam Jenis Gelombang Laut	9
B. Karakteristik Gelombang.....	10
C. Tinggi Gelombang Siginifikan	12
D. Transformasi Gelombang	14
1. Refraksi Gelombang	14

2. Refleksi Gelombang	15
3. <i>Shoaling</i> (Pendangkalan Gelombang)	15
4. Gelombang Pecah	16
5. Difraksi gelombang	17
E. Angin	20
1. Kecepatan Angin	21
F. Fetch.....	23
G. Arus.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	26
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	26
C. Tahap Pelaksanaan Penelitian.....	27
D. Bagan Alur Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Data Angin.....	32
B. Perhitungan Fetch Efektif	33
C. Peramalan Tinggi Dan Periode Gelombang	38
D. Perhitungan Koefisien Difraksi Gelombang.....	64
BAB V KESIMPULAN	80
A. Kesimpulan	82
B. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Definisi Gelombang, Sumber : Triatmodjo (1999)	11
Gambar 2. Pencatatan Gelombang Di Suatu Tempat,.....	13
Gambar 3. Refraksi Gelombang di Daerah Pantai	15
Gambar 4. Proses Difraksi Gelombang di Derah Bayangan.....	18
Gambar 5. Proses Difraksi Gelombang, Sumber : Triatmodjo (1999)	19
Gambar 6. Mawar Angin (Wind rose)	21
Gambar 7. Hubungan kecepatan anantara angin di laut dan di darat.....	22
Gambar 8. Fetch, Sumber : Triatmodjo 1999	24
Gambar 9. Lokasi penelitian, Sumber : Google Earth	26
Gambar 10. Bagan alur penelitian.....	31
Gambar 11. Mawar angin tahun 2019-2023	33
Gambar 12. Panjang fetch dari utara, barat laut, barat dan barat daya	33
Gambar 13. Grafik Hubungan Koreksi Angin, Sumber : CERC 1984.....	39
Gambar 14. Grafik hubungan antara tinggi gelombang.....	51
Gambar 15. Grafik tinggi gelombang 2019	53
Gambar 16. Grafik panjang gelombang 2019.....	54
Gambar 17. Grafik tinggi gelombang 2020	55
Gambar 18. Grafik panjang gelombang 2020	55
Gambar 19. Grafik tinggi gelombang tahun 2021	56
Gambar 20. Grafik panjang gelombang tahun 2021	57
Gambar 21. Grafik tinggi gelombang tahun 2022	58

Gambar 22. Grafik panjang gelombang tahun 2022	59
Gambar 23. Grafik tinggi gelombang tahun 2023	60
Gambar 24. Grafik panjang gelombang tahun 2023	61
Gambar 25. Rekapitulasi grafik tinggi gelombang tahun 2019-2023	62
Gambar 26. Rekapitulasi grafik panjang gelombang tahun 2019-2023.....	63
Gambar 27. Peta sketsa penentuan arah terjadinya difraksi.....	64
Gambar 28. Pengaruh tinggi gelombang difraksi untuk $R_1 = 70$ m Titik 1	67
Gambar 29. Pengaruh tinggi gelombang difraksi untuk $R_2 = 140$ m Titik 1	69
Gambar 30. Pengaruh tinggi gelombang difraksi untuk $R_3 = 210$ m Titik 1	71
Gambar 31. Pengaruh tinggi gelombang difraksi untuk $R_1 = 70$ m Titik 2	73
Gambar 32. Pengaruh tinggi gelombang difraksi untuk $R_2 = 140$ m Titik 2	74
Gambar 33. Pengaruh tinggi gelombang difraksi untuk $R_3 = 210$ m Titik 2	76
Gambar 34. Pengaruh tinggi gelombang difraksi untuk $R_1 = 70$ m Titik 3	77
Gambar 35. Pengaruh tinggi gelombang difraksi untuk $R_2 = 140$ m Titik 3	79
Gambar 36. Pengaruh tinggi gelombang difraksi untuk $R_3 = 210$ m Titik 3	80

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klafikasi gelombang berdasarkan periode.....	12
Tabel 4. Parameter kejadian arah datangnya angin.....	32
Tabel 5. Perhitungan fetch efektif arah utara	34
Tabel 6. Perhitungan fetch efektif arah barat daya	35
Tabel 7. Perhitungan fetch efektif arah barat	36
Tabel 8. Perhitungan fetch efektif arah barat laut	37
Tabel 9. Hasil Perhitungan Data Fetch di Lokasi Penelitian	38
Tabel 10. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2019.....	41
Tabel 11. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2020	43
Tabel 12. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2021	45
Tabel 13. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2022	47
Tabel 14. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2023	49
Tabel 15. Rekap tinggi gelombang dan periode gelombang 2019-2023	51
Tabel 16. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang tahun 2019	52
Tabel 17. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang 2020.....	54
Tabel 18. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang tahun 2021	56
Tabel 19. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang tahun 2022	57
Tabel 20. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang tahun 2023	59
Tabel 21. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_1 = 70$ m.....	66
Tabel 22. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_2 = 140$ m.....	68
Tabel 23. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_3 = 210$ m.....	70
Tabel 24. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_1 = 70$ m.....	72

Tabel 25. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_2 = 140$ m	74
Tabel 26. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_3 = 210$ m.....	75
Tabel 27. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_1 = 70$ m.....	77
Tabel 28. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_2 = 140$ m.....	78
Tabel 29. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_3 = 210$ m.....	80



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

d = Jarak muka air rerata (SWL) dan dasar laut

$\eta(x,t)$ = Fluktuasi muka air terhadap muka air diam

α = Amplitudo gelombang

H = Tinggi gelombang

T = Periode gelombang

L = Panjang gelombang

C = Kecepatan rambat gelombang

K = Angka gelombang

σ = Frekuensi gelombang

H_s = tinggi gelombang signifikan (m)

n = jumlah data

$\bar{H}$ = rata-rata data gelombang

H_A = Gelombang dibelakang rintangan

K' = Koefisien difraksi

H_P = Gelombang diujung rintangan

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Laut dan perairan pesisir merupakan lingkungan dinamis yang dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan laut, salah satunya adalah gelombang laut. Gelombang laut adalah pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva sinusoidal. Gelombang laut yang menuju pantai akan mengalami proses transformasi gelombang yang dapat merusak garis pantai dan mengancam infrastruktur. Selain itu, juga berdampak pada lalu lintas kapal-kapal karena perubahan kedalaman (Ningsih et al., 2013).

Pulau Gusung (juga dikenal sebagai Gusung Caddi atau Le-Lae Kecil) terletak di wilayah Kelurahan Lae-Lae, Kecamatan Ujung Pandang, Kota Makassar yang berperan penting sebagai kawasan wisata sekaligus pelindung alami wilayah pesisir. Sebagai pulau yang berlokasi di sekitar jalur pelayaran, Pulau Gusung sangat rentan terhadap perubahan dinamika laut seperti pasang surut, arus, serta gelombang. Dalam upaya perlindungan terhadap abrasi dan meredam energi gelombang, telah dibangun bangunan pelindung pantai berupa *breakwater* di pulau ini. Bangunan tersebut memiliki peran penting dalam mengurangi tinggi gelombang di bagian belakang struktur melalui proses difraksi gelombang.

Difraksi adalah proses pembelokan gelombang ketika melewati ujung atau celah suatu rintangan seperti *breakwater*. Pemahaman terhadap difraksi gelombang dapat membantu dalam menilai seberapa besar gelombang yang masih menjangkau wilayah belakang rintangan, yang berimplikasi langsung pada keselamatan fasilitas wisata, abrasi pantai, serta kenyamanan aktivitas masyarakat. Beragam penelitian

lokal telah mengungkap berbagai karakteristik gelombang di perairan Selat Makassar khususnya pada Pulau Gusung. Misalnya, Studi oleh Haiyqal et al. (2023) menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan di wilayah ini sangat dipengaruhi oleh fenomena ENSO (El Niño dan La Niña), dengan variasi musiman yang jelas antara monsun Asia (Desember–Februari) dan monsun Australia (Juni–Agustus). Oleh karena itu, penting untuk memahami karakteristik gelombang di Pulau Gusung agar dapat dianalisis pengaruhnya terhadap difraksi di belakang *breakwater*.

Hasil dari kajian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi ilmiah, terutama dalam konteks perencanaan kawasan pesisir dan perlindungan pantai dari potensi abrasi atau gangguan gelombang besar serta memberikan manfaat praktis pengembangan wisata bahari yang lebih aman dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana tinggi gelombang memengaruhi penyebaran energi gelombang setelah mengalami difraksi.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis ingin melakukan penelitian yang selanjutnya penulis tuangkan dalam sebuah karya tulis ilmiah sebagai tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Tinggi Gelombang Terhadap Difraksi Di Pulau Gusung”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tinggi dan panjang gelombang laut di Pulau Gusung, Kota Makassar?

2. Bagaimana pengaruh tinggi gelombang terhadap difraksi gelombang di belakang *breakwater* Pulau Gusung?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan hasil rumusan masalah, maka tujuan penelitian yaitu, sebagai berikut:

1. Menganalisis tinggi gelombang dan panjang gelombang di Pulau Gusung, Kota Makassar.
2. Menganalisis pengaruh tinggi gelombang terhadap difraksi gelombang di belakang *breakwater* Pulau Gusung.

D. Manfaat Penelitian

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

1. Memberikan informasi yang berguna bagi pihak terkait, seperti pemerintah daerah, pengelola pantai, dan masyarakat setempat mengenai besarnya gelombang yang terjadi di Pulau Gusung.
2. Menambah referensi ilmiah dalam bidang teknik pantai, khususnya terkait studi transformasi gelombang akibat interaksi dengan rintangan alami atau buatan.
3. Memberikan contoh atau pembelajaran bagi para pembaca yang ingin melakukan penelitian dengan topik atau subjek yang hampir sama.
4. Menyediakan informasi yang dapat digunakan dalam perancangan dan pengelolaan struktur pantai, seperti pemecah gelombang dan perlindungan pesisir, untuk mengurangi dampak erosi dan perubahan garis pantai.

E. Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini dilakukan di Pulau Gusung Kecamatan Ujung Pandang Kota Makassar dan tidak mencakup wilayah pesisir lain di Kota Makassar.
2. Gelombang yang dihitung adalah gelombang yang diakibatkan oleh angin.
3. Analisis data gelombang dilakukan menggunakan data dari tahun 2019 sampai 2023.
4. Perhitungan difraksi hanya difokuskan pada tahun 2023 karena data tahun tersebut dianggap paling lengkap dan mewakili kondisi terkini.
5. Perhitungan difraksi gelombang dibatasi pada tiga titik jarak pengamatan, yaitu $r = 70$ m, 140 m dan 210 m dari struktur *breakwater*.
6. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tinggi gelombang datang (H_p) dan sudut datang gelombang (θ) yang memengaruhi proses difraksi di sekitar Pulau Gusung. Variabel terikat adalah koefisien difraksi gelombang (K') dan tinggi gelombang setelah mengalami difraksi (H_A).
7. Struktur *breakwater* yang dianalisis dalam penelitian ini merupakan tipe *emerged* (muncul di atas permukaan air), sehingga pendekatan perhitungan difraksi dilakukan dengan asumsi bahwa tidak terjadi transmisi gelombang melalui bagian atas struktur.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan proposal tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- BAB I** : bagian pendahuluan yang memuat uraian terkait materi pembahasan meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan permasalahan serta sistematika penulisan.
- BAB II** : merupakan tinjauan pustaka yang memuat pembahasan berbagai literatur yang berhubungan dengan permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini.
- BAB III** : merupakan metodologi yang memaparkan mengenai pendekatan penelitian yang digunakan untuk menguji pengaruh tinggi gelombang terhadap difraksi pada Pulau Gusung beserta teknik pengumpulan data yang digunakan dalam mendukung dalam penelitian ini.
- BAB IV** : hasil dan pembahasan, yang menguraikan mengenai pengumpulan data-data kemudian menganalisa data tersebut serta memberikan pembahasan berdasarkan hasil analisa data.
- BAB V** : kesimpulan dan saran, berisi tentang kesimpulan dan saran sehubungan dengan penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Gelombang Laut

Definisi gelombang laut menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2019) adalah sebuah pergerakan pada permukaan air yang terlihat mirip seperti ladang padi yang diterpa angin. Gelombang laut juga dapat diartikan sebagai pergerakan naik turunnya air laut tanpa adanya pergeseran massa air. Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya gelombang laut, tetapi yang paling umum adalah karena tiupan angin. Gelombang laut ini memiliki beberapa parameter, seperti periode gelombang (T), panjang gelombang, tinggi gelombang, dan kecepatan rambat gelombang. Fenomena ini menunjukkan kenaikan dan penurunan air yang berlangsung secara berkala dan dapat dijumpai hampir di semua lokasi di dunia.

Gelombang di lautan dapat digolongkan ke dalam berbagai tipe yang bergantung pada sumber energinya. Jenis-jenis gelombang tersebut termasuk gelombang angin, yang dihasilkan oleh diarahkan angin di permukaan air, gelombang pasang surut yang muncul akibat gaya gravitasi objek langit, terutama dari matahari dan bulan terhadap planet kita, gelombang tsunami yang disebabkan oleh aktivitas vulkanik atau gempa bawah laut, gelombang yang timbul akibat pergerakan kapal, dan lain-lain. (Triatmodjo, 1999)

Gelombang laut dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu gelombang permukaan dan gelombang internal. Gelombang permukaan merupakan jenis gelombang yang muncul di perbatasan antara air dan udara disebabkan oleh perbedaan kerapatan massa antara air dan udara. Gelombang ini muncul karena adanya getaran dan hembusan angin ringan di atas permukaan air. Gelombang

permukaan bisa mengakibatkan perubahan kondisi pesisir melalui erosi pantai dan pengendapan, sedangkan gelombang internal merupakan gelombang yang terjadi di bawah permukaan laut yang tidak bisa diamati secara langsung. Gelombang internal muncul akibat perbedaan kerapatan massa di setiap lapisan air laut. Perbedaan rapat massa disebabkan oleh variasi kadar garam dan suhu. Ketidaksamaan rapat massa di berbagai lapisan ini menyebabkan terbentuknya aliran partikel di setiap lapisan air laut. Arah arus dari aliran partikel disebut gelombang internal (Febriano et al., 2014).

1. Pergerakan Gelombang Laut

Ketika dilakukan pengamatan yang mendetail terhadap pergerakan gelombang laut, ditemukan bahwa air dari gelombang tersebut tidak bergerak ke arah depan, tetapi bergerak secara melingkar. Akibatnya, air hanya mengalami gerakan naik dan turun saat gelombang melintas. Gelombang ini bisa menjangkau jarak yang cukup jauh, meskipun medium yang digunakan (cair, padat, atau gas) memiliki gerakan yang terbatas. Dalam upaya untuk memahami pergerakan gelombang laut, banyak teori telah diusulkan, tetapi ada dua teori yang dianggap paling akurat dan saling melengkapi, yaitu sebagai berikut:

1) Teori oleh Phillips

Turbulensi dalam angin mengakibatkan fluktuasi acak permukaan laut sehingga menghasilkan gelombang-gelombang kecil dengan panjang gelombang beberapa sentimeter (*cm*). Gelombang-gelombang kecil tersebut kemudian tumbuh semakin besar dengan melalui proses resonansi dengan fluktuasi tekanan turbulensi.

2) Teori oleh Miles

Teori ini dikenal dengan teori ketidakstabilan yang juga disebut sebagai teori mekanisme arus balik (*feed-back mechanisme*). Teori ini memaparkan bahwa saat gelombang kecil yang sedang berkembang mulai mengintervensi aliran udara di atasnya, angin yang berhembus akan memberikan tekanan yang semakin intensif seiring dengan pertumbuhan ukuran gelombang. Hal ini menyebabkan gelombang gelombang semakin besar. Proses perpindahan energi ini terjadi secara tidak stabil, seiring dengan bertambahnya ukuran gelombang, ketidakstabilan ini akan memicu pertumbuhan gelombang secara eksponensial.

2. Manfaat Gelombang Laut

Beberapa manfaat dari Gelombang Laut, diantaranya sebagai berikut :

- 1) Meningkatkan keanekaragaman hayati.
- 2) Menjaga kestabilan suhu dari iklim dunia.
- 3) Sebagai pembangkit listrik.
- 4) Membantu dalam pembentukan pantai.
- 5) Meningkatkan kemampuan adaptasi makhluk hidup.
- 6) Membantu hubungan simbiosis mutualisme.

3. Faktor Pembentukan Gelombang Laut

Pembentukan gelombang laut disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya sebagai berikut :

- 1) Angin (Kecepatan angin, Panjang/jarak hembusan angin, Waktu (lamanya) hembusan angin),

- 2) Geometri laut (topografi atau profil laut dan bentuk pantai), dan
- 3) Gempa (apabila terjadi tsunami) – sangat kecil/minor.

4. Macam-Macam Jenis Gelombang Laut

- 1) Berdasarkan karakteristiknya, terdapat dua jenis gelombang laut, yaitu:

Gelombang Laut Pembangun atau Pembentuk Pantai (*Constructive Wave*), yang ditandai dengan tinggi yang rendah dan kecepatan yang lambat, serta ketika gelombang ini tumbang di pantai, akan membawa sedimen dari area pantai. Sementara itu, Gelombang Laut Perusak Pantai (*Destructive wave*) adalah gelombang yang memiliki tinggi dan kecepatan yang cukup besar, dan saat gelombang tersebut menerpa pantai, akan terjadi akumulasi air yang banyak, serta menggerakkan material pantai ke arah laut.

- 2) Berdasarkan ukuran dan penyebabnya, gelombang kapiler (*capillary wave*) adalah gelombang yang sering kita sebut riak. Gelombang kapiler ini memiliki panjang gelombang kurang lebih 1,7 meter, dengan periode di bawah 0,2 detik dan dihasilkan oleh tegangan permukaan serta angin yang bertiup dengan kelemahan tertentu. Gelombang angin (*seas/wind wave*), merupakan gelombang dengan panjang gelombang mencapai 130 meter, periode 0,2-0,9 detik, dan disebabkan oleh angin kencang.

- 3) Gelombang Alun (*swell wave*) adalah jenis gelombang yang dapat memiliki panjang gelombang hingga ratusan meter, dengan periode berkisar antara 0,9 hingga 15 detik, dan terjadi akibat angin yang bertiup dalam waktu lama.
- 4) Gelombang Pasang Surut (*tidal wave*) dikenal sebagai gelombang yang memiliki panjang mencapai beberapa kilometer, dengan periode berkisar

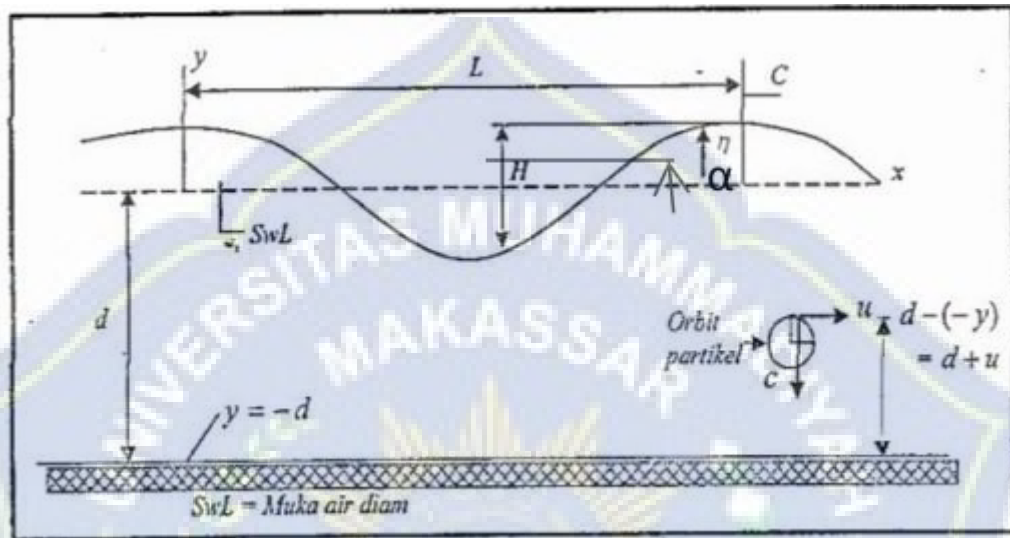
antara 5 hingga 25 jam, yang timbul akibat variasi gaya tarik gravitasi dari bulan dan matahari.

B. Karakteristik Gelombang

Parameter utama untuk gelombang air laut adalah panjang, tinggi, dan kedalaman air laut. Teori Airy, juga dikenal sebagai teori gelombang linier atau teori amplitude kecil, memberikan model persamaan penting untuk menentukan properti gelombang permukaan. Parameter gelombang laut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau titik gelombang tertinggi.
2. Tinggi gelombang (H), yaitu jarak antara puncak dan lembah gelombang dalam satu periode gelombang
3. Periode gelombang (T) adalah jumlah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak gelombang atau lembah gelombang yang berurutan untuk melewati suatu titik.
4. Panjang gelombang (L/T) dan kecepatan rambat gelombang (C) adalah perbandingan ketika gelombang air bergerak dengan kecepatan yang sama, tetapi partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang.
5. Kecuraman gelombang (*wave steepness*), didefinisikan sebagai perbedaan antara tinggi gelombang dan panjang gelombang (H/L). Tinggi gelombang adalah perbedaan vertikal antara dua puncak gelombang yang berdekatan, dan panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak gelombang yang berdekatan.
6. Ketinggian relative (*relative height*), merupakan perbandingan tinggi gelombang dengan kedalaman (H/d).

7. Kedalaman relative (*relative depth*), merupakan perbagian antara kedalaman dengan panjang gelombang (d/L)
8. Amplitudo (a) adalah jarak vertikal antara titik atas/ tertinggi dari gelombang atau lembah/titik terendah gelombang dengan permukaan air tenang ($H/2$).



Gambar 1. Definisi Gelombang, Sumber : Triatmodjo (1999)

Triatmodjo 1999, mendefinisikan gelombang dengan notasi sebagai berikut:

d = Jarak muka air rerata (SWL) dan dasar laut

$\eta(x,t)$ = Fluktuasi muka air terhadap muka air diam

a = Amplitudo gelombang

H = Tinggi gelombang

T = Periode gelombang

L = Panjang gelombang

C = Kecepatan rambat gelombang = L/T

K = Angka gelombang = $2\pi/L$

σ = Frekuensi gelombang = 2π

Tidak ada hubungan yang jelas antara panjang dan tinggi gelombang, tetapi gelombang yang lebih tinggi dimungkinkan oleh jarak dari puncak gelombang. (Nontji, 2002). Salah satu klasifikasi gelombang laut yang paling umum adalah berdasarkan periode atau panjang gelombangnya. Berikut klasifikasi tipe gelombang berdasarkan periodenya.

Tabel 1. Klafikasi gelombang berdasarkan periode

Periode	Panjang Gelombang	Jenis Gelombang
0 – 0,2 detik	Beberapa centimeter	Riak (ripples)
0,2 – 0,9 detik	Mencapai 130 meter	Gelombang Angin (<i>seas/wind waves</i>)
0,9 – 15 detik	Sampai ratusan meter	Gelombang Besar (<i>Swell</i>)
15 – 30 detik	Sampai ribuan meter	<i>Long Swell</i>
0,5 menit – 1 jam	Sampai ribuan kilometer	Gelombang Dengan Periode yang Panjang(Termasuk tsunami)

(Sumber : Pond and Pickard, 1983)

C. Tinggi Gelombang Signifikan

Tinggi Gelombang Signifikan atau H_s merupakan parameter yang paling umum digunakan untuk mendeskripsikan kondisi lautan. Berdasarkan data waktu dari pengukuran tinggi gelombang, H_s didefinisikan sebagai rata-rata tinggi gelombang (dari puncak hingga lembah) dari sepertiga gelombang laut tertinggi. Rata-rata dari sepertiga gelombang terbesar ini ($H_{1/3}$) dikenal sebagai tinggi gelombang signifikan (H) dan digunakan untuk merinci keadaan laut tertentu (Muliati, 2020).

H_s juga bisa ditentukan melalui spektrum dari gelombang. Dalam konteks ini, biasanya spektrum dinyatakan dengan momen-momen spektral, di mana momen dengan urutan nol m_0 menunjukkan variasi dari bidang gelombang. Dengan demikian, H_{m0} digunakan untuk mendefinisikan parameter tinggi gelombang signifikan yang berasal dari spektrum, agar dapat dibedakan dari $H_{1/3}$ yang diambil dari pencatatan gelombang (Muliati, 2020).



Gambar 2. Pencatatan Gelombang Di Suatu Tempat,
Sumber : Widi Agoes Praktikto (2014)

Dalam prediksi gelombang tingginya gelombang (H) yang digunakan untuk mengetahui tinggi suatu gelombang selama satu tahun dengan memakai $H_{1/3}$ atau $\bar{H}$. $H_{1/3}$ merupakan rata – rata dari 1/3 atau 33 % dari tinggi gelombang yang paling tinggi dan $\bar{H}$ adalah rata-rata dari seluruh data gelombang yang ada. Pengukuran ketinggian gelombang dilakukan dengan mengamati puncak tertinggi dan lembah terdalam gelombang di permukaan air laut. Untuk memperoleh ukuran tinggi gelombang yang penting, data mengenai ketinggian gelombang tersebut diolah lebih lanjut. Berikut adalah rumus yang digunakan (Triatmodjo, 1999).

$$H_s = \bar{H} 33\% = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} \dots\dots\dots (1)$$

$$N = 33,3 \% \times \text{jumlah data}$$

Dimana :

H_s = tinggi gelombang signifikan (m)

n = jumlah data

$\bar{H}$ = rata-rata data gelombang

D. Transformasi Gelombang

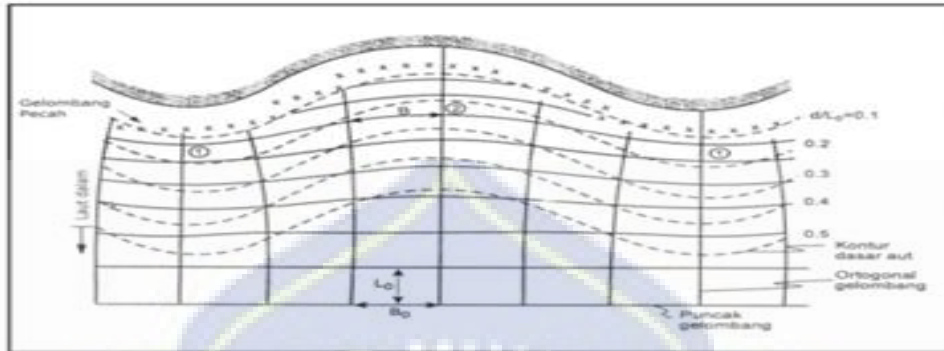
Perubahan bentuk, tinggi, dan arah gelombang saat mengalir menuju pantai dan dipengaruhi oleh perubahan kedalaman laut dan kontur dasar laut disebut transformasi gelombang. Ketika deretan gelombang bergerak dari laut dalam ke arah pantai, gelombang tersebut akan mengalami transformasi.

Transformasi gelombang bisa disebabkan karena perbedaan kedalaman perairan dangkal atau karena terdapatnya penghalang atau rintangan seperti bangunan pantai perairan. Perubahan atau biasa disebut transformasi gelombang tersebut meliputi refraksi, refleksi, *shoaling*, gelombang pecah, dan difraksi.

1. Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang mengacu pada perubahan bentuk gelombang yang disebabkan oleh variasi dalam kedalaman laut. Di perairan yang lebih dalam, gelombang bergerak tanpa terpengaruh oleh dasar laut, namun di area transisi dan perairan dangkal, faktor dasar laut berperan dalam membentuk gelombang (Triatmodjo, 1999). Proses refraksi gelombang menjadi lebih kompleks karena mengalami perubahan tinggi dan arah gelombang secara bersamaan yang diakibatkan oleh perubahan serta variasi kedalaman dasar laut. Perubahan dasar laut mengakibatkan perubahan kecepatan gelombang yang berdampak pada perubahan

tinggi gelombang dan arah penyebarannya. Akibatnya, puncak gelombang akan membelok dan berupaya untuk sejajar dengan garis kedalaman laut.



Gambar 3. Refraksi Gelombang di Daerah Pantai, Sumber : Triatmodjo (1999)

2. Refleksi Gelombang

Refleksi gelombang adalah pemantulan suatu gelombang yang terjadi apabila gelombang yang datang membentur atau menghantam suatu tembok atau penghalang seperti lereng bawah air. Kolam pelabuhan memiliki fenomena refleksi. Koefisien pantulan yang bervariasi bagi berbagai jenis dan kategori struktur dapat digunakan untuk mengukur pemantulan gelombang. Ketidaktepatan dalam pantulan gelombang atau pantulan yang sebagian menciptakan gelombang tegak yang sebagian yang disebut gelombang tegak parsial (*Partially Standing Wave*). (Krisnaldi 2012)

3. Shoaling (Pendangkalan Gelombang)

Shoaling adalah peningkatan gelombang amplitudo yang terjadi ketika gelombang air berpindah dari perairan dalam ke perairan dangkal terutama pesisir pantai. *Shoaling* terjadi karena gelombang dari dasar laut yang semakin dangkal. Hal ini memperlambat gelombang sehingga semakin dangkal air, semakin lambat gelombangnya.

Ketika sebuah gelombang tiba di tepi pantai, gelombang itu akan mengalami transformasi bentuk yang disebabkan oleh fenomena refraksi, pendangkalan kedalaman gelombang, difraksi, dan refleksi. (Triatmodjo, 1999)

4. Gelombang Pecah

Gelombang yang bergerak dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk sebab akibat 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 menjadi lebih tajam dan lembah gelombang menjadi lebih datar. Selain itu, tinggi gelombang meningkat sementara panjang dan kecepatan gelombang berkurang. Kemiringan gelombang, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang, mempengaruhi pecah gelombang.

Pecahnya gelombang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati pantai, ketika puncak gelombang menjadi tajam dan kedalamannya mencapai seperempat dari tingginya dan akhirnya terjadi gelombang pecah. Pengaruh perubahan kedalaman laut akan menyebabkan tinggi gelombang meningkat besar ketika gelombang tersebut memasuki perairan dangkal. Tinggi gelombang akan mencapai suatu ketinggian tertentu dan ia akan menjadi tidak stabil dan kemudian pecah dan mengakibatkan timbulnya energi.

Perambatan gelombang menuju perairan dangkal semakin mengurangi kecepatan tetapi ketinggian gelombang meningkat seiring dengan meningkatnya energi. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang.

Gelombang pecah dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu, *spilling*, *plunging*, dan *surgings* (Triatmodjo, 1999).

1) *Spilling*

Gelombang dengan kemiringan kecil menuju pantai yang datar biasanya menyebabkan *spilling*. Gelombang mulai pecah secara bertahap dari jarak yang cukup jauh dari pantai. Selama gelombang pecah, buih menempel pada puncak dan meninggalkan lapisan tipis buih pada jarak yang terbentang cukup jauh.

2) *Plunging*

Apabila kemiringan gelombang dan kemiringan dasar meningkat, gelombang akan mengalami pecah dan puncak gelombang akan berputar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan. Energi gelombang pecah hancur dalam kondisi turbulensi, sebagian kecil memantul dari pantai kembali ke laut, dan tidak banyak gelombang baru yang terbentuk di perairan yang lebih dangkal.

3) *Surgings*

Surgings terjadi di pantai dengan kemiringan yang sangat besar, mirip dengan pantai berkarang. Tempat gelombang pecah sangat kecil, dan sebagian besar energi dipantulkan kembali ke laut dalam. Gelombang pecah jenis *surgings* ini mirip dengan *plunging*, tetapi dasar gelombang sudah pecah sebelum mencapai puncaknya.

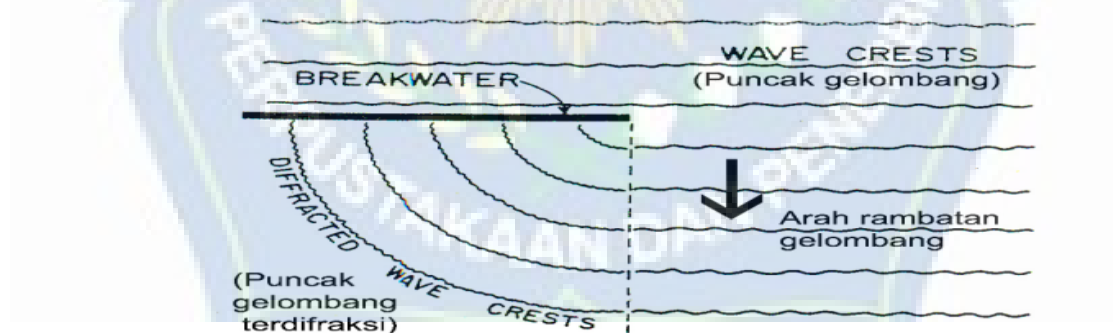
5. Difraksi gelombang

Difraksi gelombang akan muncul ketika gelombang yang datang terhalang oleh suatu hambatan yang dapat berupa bangunan pemecah gelombang atau pulau-pulau

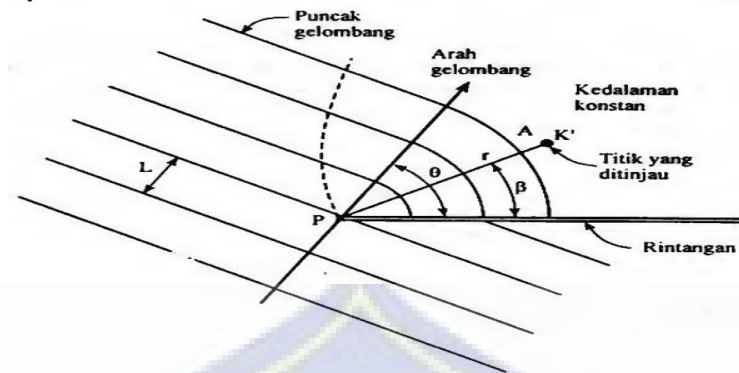
kecil di sekitarnya. Sebagai hasil dari hambatan tersebut, gelombang yang datang akan membelok melewati ujung rintangan dan memasuki area terlindung yang berada di belakangnya. Fenomena ini dikenal dengan difraksi gelombang. Difraksi muncul akibat cara gelombang merambat.

Selama difraksi gelombang ini, energi ditransfer ke daerah terlindung melalui arah tegak lurus penjalaran gelombang. Tanpa adanya difraksi, wilayah di belakang penghalang akan tetap tenang, tetapi dengan difraksi daerah tersebut akan terpengaruh oleh gelombang yang datang. Perpindahan energi ke zona terlindung ini akan menghasilkan gelombang baru walaupun amplitudo gelombang tersebut tidak sekuat gelombang diluar daerah terlindung.

Oleh karena itu, difraksi melibatkan perubahan arah gelombang. Semakin panjang arah gelombang, semakin signifikan terjadi difraksi. Ketika panjang gelombang lebih pendek dari ukuran penghalang disepanjang arah perambatan gelombang, maka tidak terjadi difraksi.



Gambar 4. Proses Difraksi Gelombang di Daerah Bayangan Suatu Penghalang Gelombang, Sumber : Komar (1976)



Gambar 5. Proses Difraksi Gelombang, Sumber : Triatmodjo (1999)

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

Dalam perhitungan difraksi terdapat langkah-langkah penyelesaian menurut Triatmodjo dalam bukunya Teknik pantai (1999) sebagai berikut :

- 1) Panjang Gelombang (L), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_0}\right) \dots\dots\dots (2)$$

- 2) Menghitung panjang gelombang (L_0), dimana :

$$L_0 = 1,56 \times T^2 \dots\dots\dots (3)$$

- 3) Menentukan kedalaman di lereng bawah air yang ditinjau (d) sehingga diperoleh nilai d/L_0 dan dari tabel Fungsi d/L Untuk Pertambahan Nilai d/L_0 , dapat diketahui nilai d/L .

4) Menghitung jarak dari ujung rintangan ke titik pengamatan dibagi panjang gelombang r/L

5) Dengan menggunakan tabel fungsi untuk nilai r/L didapatkan koefisien difraksi K' . Dimana : $K' = f(\theta, \beta, \frac{r}{L})$

6) Menentukan tinggi gelombang difraksi dengan rumus

$$H_A = K' H_P \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

H_A = Gelombang dibelakang rintangan

K' = Koefisien difraksi

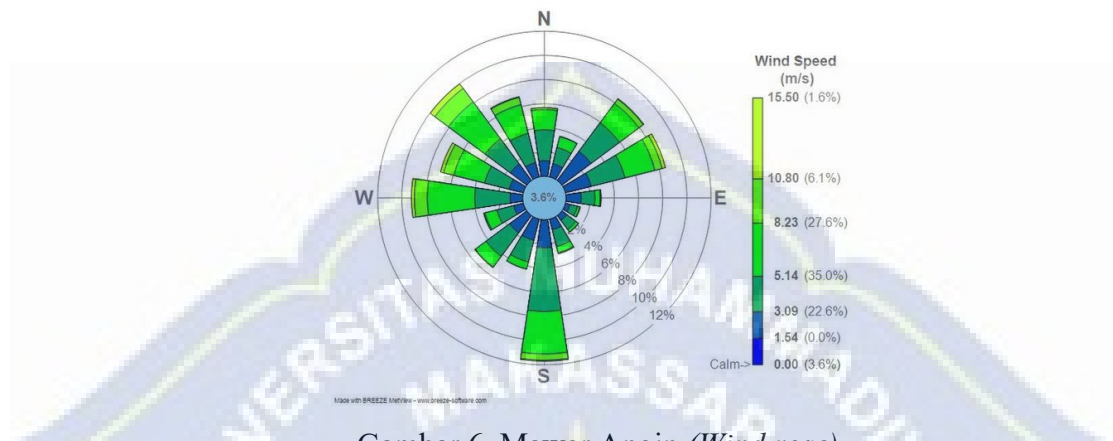
H_P = Gelombang diujung rintangan

E. Angin

Angin merupakan sekumpulan udara yang bergerak sebagai akibat dari perbedaan tekanan udara di atmosfer. Pergerakan ini terjadi karena adanya pemanasan yang tidak merata oleh matahari di permukaan bumi. Udara yang lebih hangat akan naik, menciptakan area bertekanan rendah, sementara udara yang lebih dingin dari sekitarnya bergerak untuk mengisi kekosongan tersebut. Proses ini menghasilkan aliran udara yang kita kenal sebagai angin (Budiastra et al., 2019 dalam Anggraeni et al., 2022).

Tinggi dan periode gelombang laut sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin, arah hembusan angin, serta panjang lintasan angin di atas permukaan laut (fetch). Saat angin bertiup di atas permukaan air, sebagian energinya ditransfer ke air dan menimbulkan tegangan pada permukaan laut. Proses ini memicu terbentuknya riak-riak kecil di permukaan yang awalnya tenang. Untuk memahami pola angin dalam

jangka waktu tertentu, data yang terkumpul selama beberapa tahun biasanya diolah dan disajikan dalam bentuk grafik arah dan intensitas angin yang dikenal sebagai mawar angin (*wind rose*). Berikut contoh gambar mawar angin.



Gambar 6. Mawar Angin (*Wind rose*)

1. Kecepatan Angin

Kecepatan angin dapat diukur menggunakan alat bernama anemometer, dan umumnya dinyatakan dalam satuan knot. Satu knot setara dengan jarak satu menit lintang di sepanjang garis khatulistiwa yang ditempuh dalam waktu satu jam, atau secara konversi sama dengan 1,852 km/jam atau 0,514 meter per detik. Dalam praktik oseanografi dan peramalan gelombang laut, kecepatan angin biasanya dihitung pada ketinggian 10 meter di atas permukaan laut. Apabila pengukuran dilakukan pada ketinggian selain itu, maka kecepatan angin tersebut perlu dikoreksi terlebih dahulu menggunakan rumus penyesuaian ketinggian standar. (Triatmodjo, 1999):

$$U_{(10)} = U_{(y)} (10/y)^{1/7} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

U_{10} = Kecepatan angin pada ketinggian 10 meter

Y = Elevasi terhadap permukaan air

Jika data angin yang tersedia berasal dari pengukuran di wilayah darat, maka diperlukan penyesuaian agar nilai kecepatan angin tersebut dapat mewakili kondisi di laut. Proses koreksi ini mempertimbangkan faktor R_L , yang nilainya dapat dilihat pada Gambar 7. Selain itu, jika diperlukan penyesuaian lebih lanjut terhadap pengaruh elevasi, kondisi stabilitas atmosfer, maupun karakteristik lokasi, maka koreksi kecepatan angin dapat dilakukan menggunakan rumus yang telah tersedia.

$$U = R_T \times R_L \times U_{10} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

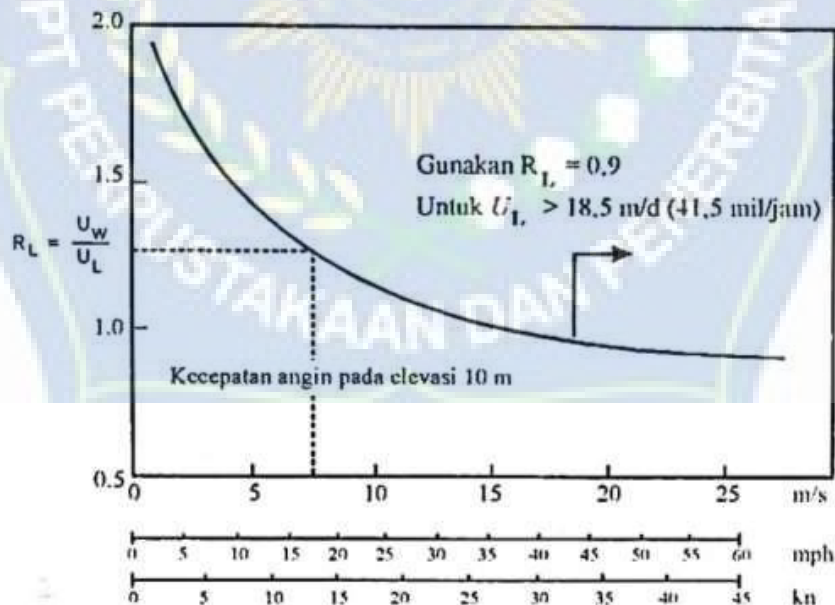
R_T : Koefisien stabilitas perbedaan temperatur antara udara dan airlaut.

R_L : Koefisien koreksi antara kecepatan angin di laut dan darat ($R_L = \frac{u_w}{u_l}$).

U_{10} : Kecepatan angin pada ketinggian 10 meter

U_L = Kecepatan Angin Di Darat

U_W = Kecepatan Angin Di Laut



Gambar 7. Hubungan kecepatan anantara angin di laut dan di darat

Sumber : Triatmodjo 1999

Dalam perhitungan karakteristik gelombang, digunakan rumus dan grafik yang melibatkan variabel U_A , yaitu faktor tegangan angin (*wind stress factor*) yang nilainya ditentukan berdasarkan kecepatan angin. Setelah kecepatan angin disesuaikan melalui tahapan konversi sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung faktor tegangan angin menggunakan persamaan tertentu.

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

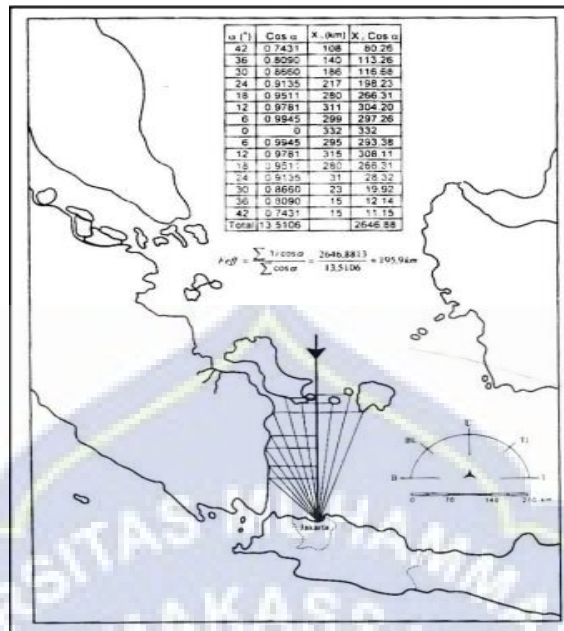
U_A = Koreksi tegangan angin

U = Kecepatan angin dalam (m/dt)

F. Fetch

Fetch adalah wilayah di permukaan laut tempat angin bertiup dengan arah dan kecepatan yang relatif tetap. Selama arah angin berubah tidak lebih dari 15 derajat, maka kondisi tersebut masih dianggap stabil. Begitu pula dengan kecepatan angin, masih dikategorikan konstan apabila variasinya tidak melebihi 5 knot atau sekitar 2,5 meter per detik dari nilai kecepatan rata-ratanya. (Triatmodjo)

Fetch merupakan panjang area di permukaan laut yang sejajar dengan arah angin, di mana gelombang terbentuk akibat tiupan angin. Panjang fetch menentukan lamanya proses pembangkitan gelombang, karena memengaruhi durasi perpindahan energi dari angin ke permukaan air (Wattimena et al., 2018). Selain itu, fetch juga berperan penting dalam menentukan tinggi dan periode gelombang yang dihasilkan.



Gambar 8. Fetch, Sumber : Triatmodjo 1999

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

Dimana:

F_{eff} = Fetch efektif

X_i = panjang fetch pada arah yang ditinjau

α = sudut antara jalur fetch yang ditinjau dengan arah mata angin

G. Arus

Arus merupakan gerakan air secara mendatar yang disebabkan oleh perbedaan tinggi permukaan laut. Arus utama di lautan dunia merupakan aliran besar massa air yang berdampak signifikan, dan arus ini menentukan arah pergerakan air laut. Adanya arus laut ini disebabkan oleh rotasi bumi, angin, serta suhu udara.

Ketika angin bertiup, energi yang bergerak dari angin ke permukaan laut digunakan untuk membentuk gelombang gravitasi permukaan, yang memberikan gerakan air dari arah ekspansi gelombang sehingga listrik terbentuk di laut.

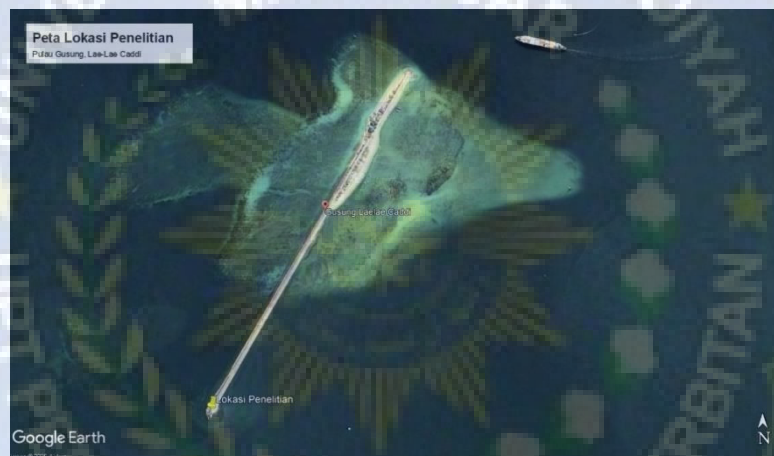
Semakin cepat kecepatan angin, semakin besar kekuatan gesekan yang bekerja di permukaan laut dan arus permukaan meningkat. Gesekan antara angin dan permukaan laut dapat menghasilkan gerakan air. Dengan kata lain, pergerakan laminar dan air turbulen. (Supangat, 2003)

Menurut Bernawis (2000), arus dibedakan berdasarkan kedalamannya menjadi arus atas dan arus bawah. Arus atas adalah arus yang mengalir di atas permukaan laut secara horizontal dan dipengaruhi oleh pola angin. Energi angin memengaruhi arus permukaan sekitar 2% dari kecepatan angin yang bersangkutan. Kecepatan aliran akan menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman air hingga akhirnya angin tidak berpengaruh di kedalaman 200 meter. Sedangkan, arus bawah merujuk pada aliran air yang bergerak di bawah permukaan lautan dengan arah pergerakan yang horizontal. Aliran ini tidak terpengaruh oleh pola angin dan mengangkut air dari area kutub menuju ke wilayah ekuator.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah perairan sekitar Pulau Gusung, yang terletak di Kelurahan Lae-Lae, Kecamatan Ujung Pandang, Kota Makassar pada titik koordinat $5^{\circ}7'22.87''$ LS, $119^{\circ}23'42.88''$ BT. Pulau ini terletak sekitar 1,5 kilometer dari daratan dan dikenal sebagai pulau kecil hasil sedimentasi di atas struktur pemecah gelombang buatan. Waktu penelitian mencakup proses pengumpulan data tahun 2019–2023 dan analisis dilakukan pada tahun berjalan.



Gambar 9. Lokasi penelitian, Sumber : Google Earth

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian kuantitatif deskriptif. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan fenomena gelombang laut secara numerik dan menganalisis pengaruh antara tinggi gelombang dengan nilai koefisien difraksi yang terjadi di sekitar Pulau Gusung. Penelitian deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran yang sistematis, faktual, dan akurat

mengenai hubungan antar fenomena yang diteliti (Sugiyono, 2017). Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data Primer, yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian dengan melakukan observasi dan dokumentasi terhadap kondisi pantai.
2. Data Sekunder adalah data yang diperoleh dari stasiun Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Paotere. Data yang akan digunakan seperti data kecepatan angin, data gelombang yang berada di Pulau Gusung.

C. Tahap Pelaksanaan Penelitian

Untuk memperoleh hasil penelitian yang sistematis dan terarah, pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

1. Tahap Identifikasi

Pada tahap awal, dilakukan identifikasi permasalahan dan lokasi penelitian. Masalah utama yang diangkat adalah bagaimana pengaruh tinggi gelombang terhadap difraksi gelombang laut di Pulau Gusung. Peninjauan dilakukan di wilayah pesisir Kota Makassar, khususnya di Pulau Gusung yang memiliki struktur pemecah gelombang (*breakwater*). Berdasarkan hasil dokumentasi visual dan observasi, *breakwater* tersebut merupakan tipe *emerged*, yaitu struktur yang bagian puncaknya selalu berada di atas permukaan laut, bahkan saat kondisi pasang. Hal ini menjadi dasar dalam penentuan pendekatan analisis difraksi, karena gelombang tidak melintasi bagian atas struktur melainkan hanya mengalami pembelokan di sekitar ujung *breakwater*. Pada tahap ini pula ditentukan variabel yang akan diteliti, yaitu tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang hasil difraksi di belakang struktur.

2. Tahap Pengambilan Data

Data dikumpulkan melalui dua jalur utama:

a. Data Angin

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

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

6) *Wind rose* sudah terbentuk, lalu mengatur *wind classes* (dalam knots) menyesuaikan dengan kecepatan angin minimum dan maksimum diikuti dengan pengaturan warna *direction* yang diinginkan.

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

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

b. Data *fetch*

Dalam penelitian ini, *fetch* dihitung berdasarkan arah angin dominan yang diperoleh dari data mawar angin (*wind rose*) hasil analisis data angin 5 tahun terakhir (2019–2023). Perhitungan *fetch* dilakukan dengan mengukur jarak bebas hambatan dari arah datang angin di atas peta laut menggunakan Google. Arah yang dianggap valid adalah arah angin dengan perubahan kurang dari 15° dan kecepatan yang konstan atau mendekati rata-rata. Hasil pengukuran *fetch* efektif kemudian digunakan sebagai input dalam rumus perhitungan tinggi gelombang teoritis.

3. Tahap Pengolahan Data

Setelah data terkumpul, dilakukan pengolahan data dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1) Menghitung tinggi gelombang di ujung rintangan H_P berdasarkan kecepatan angin dan *fetch*.

2) Menghitung koefisien difraksi (K') berdasarkan:

- Posisi titik yang ditinjau terhadap ujung rintangan
- Sudut difraksi (θ) antara arah gelombang datang dan arah titik yang diamati
- Panjang gelombang relatif terhadap ukuran rintangan
- Menggunakan tabel difraksi (seperti yang ada di buku Dean & Dalrymple atau Triatmodjo) untuk menemukan K' berdasarkan sudut difraksi.

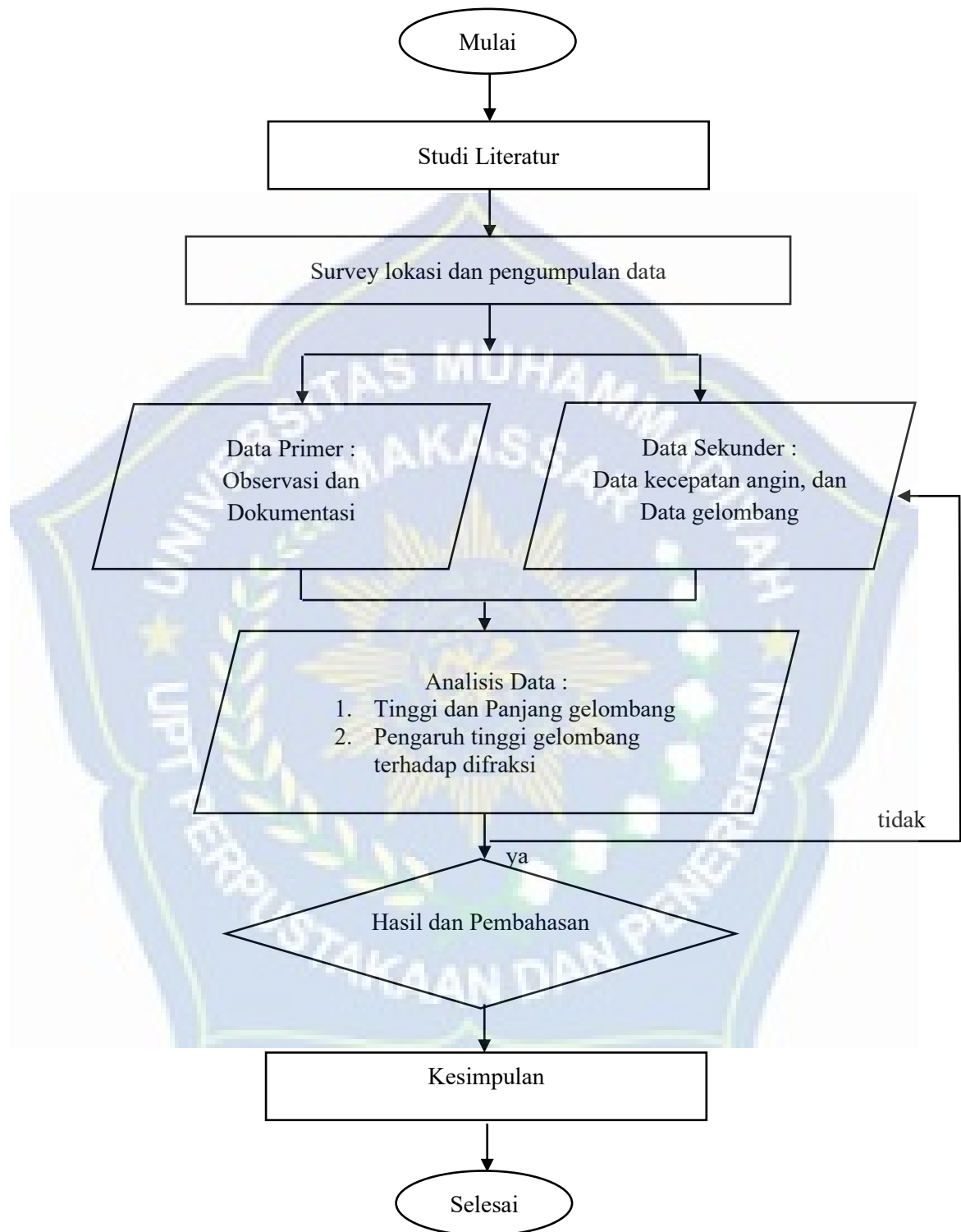
3) Menghitung tinggi gelombang di belakang rintangan (H_A) dengan rumus :

$$H_A = K' H_P$$

4. Tahap Analisis Data

Setelah data diolah, langkah berikutnya adalah melakukan analisis hasil dan pembahasan. Tahapan ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah hasil yang diperoleh sejalan dengan tujuan penelitian. Fokus utama dari analisis ini adalah untuk mengkaji hasil perhitungan terkait difraksi gelombang, serta menilai sejauh mana tinggi gelombang setelah difraksi memberikan pengaruh terhadap kondisi perairan di sekitar Pulau Gusung.

D. Bagan Alur Penelitian



Gambar 10. Bagan alur penelitian

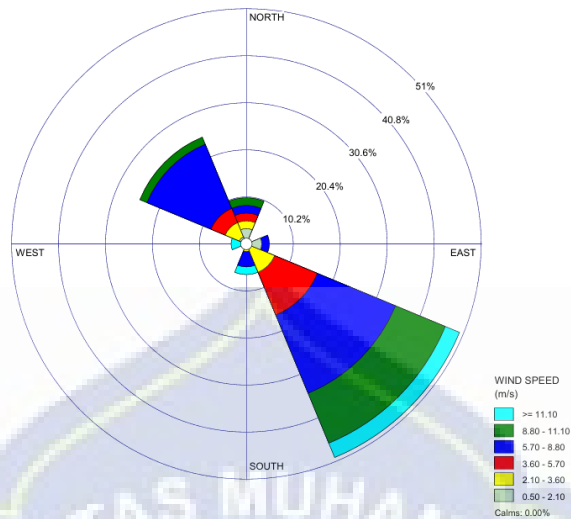
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Angin

Data angin yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Stasiun Meteorologi Maritim Paotere, dengan rentang waktu pengamatan mulai tahun 2019 hingga 2023. Data tersebut dianalisis untuk memperoleh sejumlah parameter penting, seperti kecepatan rata-rata angin (knot), arah dominan angin ($^{\circ}$), serta kecepatan maksimum angin dan arah datangnya. Hasil analisis kemudian disusun dalam bentuk tabel, dengan pengelompokan berdasarkan masing-masing tahun, dan disajikan secara lengkap pada bagian lampiran.

Tabel 2. Parameter kejadian arah datangnya angin

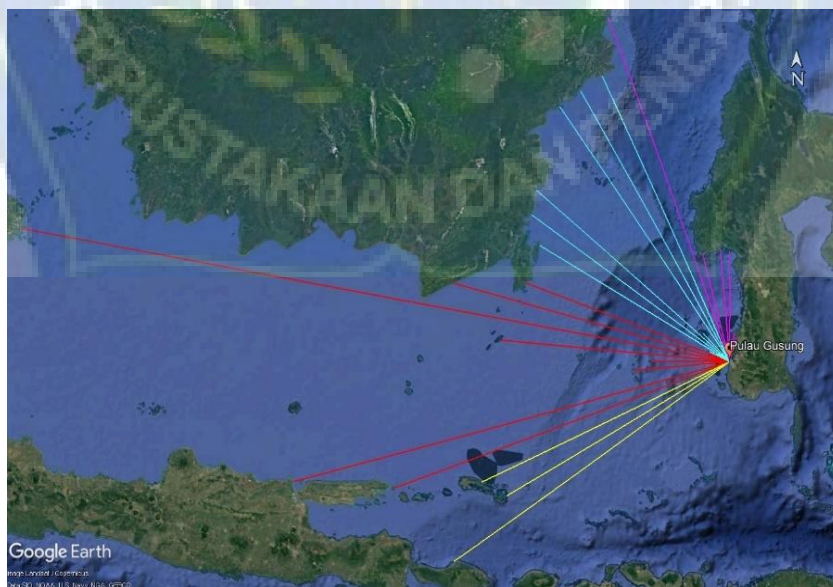
Arah		Jumlah Data	Persentase Kejadian (%)
Notasi	Derajat		
Utara (U)	0	6	10
Timur Laut (TL)	45	0	0.0
Timur (T)	90	3	5
Tenggara (TG)	135	30	50
Selatan (S)	180	4	6.7
Barat Daya (BD)	225	0	0.0
Barat (B)	270	2	3.3
Barat Laut (BL)	315	15	25
Total		60	100



Gambar 11. Mawar angin tahun 2019-2023

B. Perhitungan *Fetch* Efektif

Dalam konteks lokasi penelitian, diperlukan perhitungan *fetch* efektif untuk mengidentifikasi arah angin dominan yang berperan dalam pembangkitan gelombang di wilayah tersebut. *Fetch* merupakan wilayah tempat terbentuknya gelombang laut, yang diasumsikan memiliki arah dan kecepatan angin yang relatif tetap.



Gambar 12. Panjang *fetch* dari utara, barat laut, barat dan barat daya

Tabel perhitungan fetch untuk masing-masing arah peramalan gelombang laut yaitu utara, barat laut, barat dan barat daya adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Perhitungan fetch efektif arah utara

	A	COS α	Xi (Km)	Xi cos α
UTARA	-20	0.93969	605.16	568.66
	-15	0.96593	180.98	174.81
	-10	0.98481	31.36	30.88
	-5	0.99619	184.45	183.75
	0	1	180.02	180.02
	5	0.99619	33.95	33.82
	10	0.98481	48.97	48.23
	15	0.96593	40.62	39.24
	20	0.93969	0.16	0.15
	Total	8.77324		1259.56

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

$$\text{Fetch} = \frac{\sum Xi \cos}{\sum \cos} = \frac{1259.56}{8.77324} = 143.5686 \text{ Km} \Rightarrow 143568.6 \text{ m}$$

Keterangan :

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

α = Deviasi kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan sudut pertambahan 6° sampai dengan 42° pada kedua sisi dari arah angin

Tabel 4. Perhitungan fetch efektif arah barat daya

	A	COS α	X_i (Km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT DAYA	-20	0.93969	0.63	0.59
	-15	0.96593	0.58	0.56
	-10	0.98481	0.54	0.53
	-5	0.99619	0.50	0.50
	0	1	0.47	0.47
	5	0.99619	0.45	0.45
	10	0.98481	575.58	566.84
	15	0.96593	442.14	427.07
	20	0.93969	469.23	440.93
	Total	8.77324		1437.94

Berdasarkan tabel 6 untuk perhitungan fetch efektif arah barat daya dengan rumus berikut ini:

$$\text{Fetch} = \frac{\sum Xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{1437.94}{8.77324} = 163.9009 \text{ Km} \Rightarrow 163900.9 \text{ m}$$

Keterangan :

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

α = Deviasi kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan sudut pertambahan 6° sampai dengan 42° pada kedua sisi dari arah angin

Tabel 5. Perhitungan fetch efektif arah barat

BARAT	A	COS α	Xi (Km)	Xi cos α
	-20	0.93969	611.83	574.93
	-15	0.96593	774.29	747.91
	-10	0.98481	14.34	14.12
	-5	0.99619	166.19	165.56
	0	1	136.58	136.58
	5	0.99619	396.52	395.01
	10	0.98481	1260.79	1241.64
	15	0.96593	419.25	404.96
	20	0.93969	376.17	353.48
	Total	8.77324		4034.19

Berdasarkan tabel 7 untuk perhitungan fetch efektif arah barat dengan rumus berikut ini:

$$\text{Fetch} = \frac{\sum Xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{4034.19}{8.77324} = 459.8293 \text{ Km} \Rightarrow 459829.3 \text{ m}$$

Keterangan :

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

α = Deviasi kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan sudut pertambahan 6° sampai dengan 42° pada kedua sisi dari arah angin

Tabel 6. Perhitungan fetch efektif arah barat laut

BARAT LAUT	A	COS α	Xi (Km)	Xi cos α
	-20	0.93969	38.76	36.42
	-15	0.96593	378.63	365.73
	-10	0.98481	416.69	410.36
	-5	0.99619	434.94	433.28
	0	1	66.44	66.44
	5	0.99619	11.04	11.00
	10	0.98481	508.68	500.95
	15	0.96593	512.72	495.25
	20	0.93969	516.70	485.54
	Total	8.77324		2804.97

Berdasarkan tabel 8 untuk perhitungan fetch efektif arah barat laut dengan rumus berikut ini:

$$\text{Fetch} = \frac{\sum X_i \cos}{\sum \cos} = \frac{1281.33137}{8.77324} = 319.7192 \text{ Km} \Rightarrow 319719.2 \text{ m}$$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Data Fetch di Lokasi Penelitian

ARAH	Fetch Efektif (Km)	Fetch Efektif (m)
UTARA (N)	143.5686	143568.6
BARAT DAYA (SW)	1639.009	163900.9
BARAT (W)	459.8293	459829.3
BARAT LAUT (NW)	319.7192	319719.2

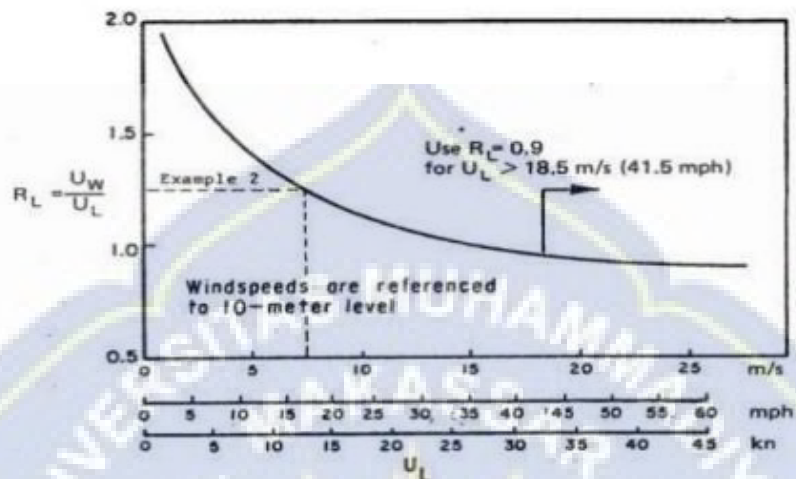
Tabel berikut merupakan hasil identifikasi dari seluruh arah angin dominan yang berperan dalam pembangkitan gelombang di wilayah lokasi penelitian.

C. Peramalan Tinggi Dan Periode Gelombang

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

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

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



(after Resio & Vincent, 1977b)

Gambar 13. Grafik Hubungan Koreksi Angin, Sumber : CERC 1984

$$\begin{aligned}
 T1 &= 1609 / U_{10} \\
 &= 1609 / 7,20 \\
 &= 223,47 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{3600} &= U_{10} / R_L \\
 &= 7,20 / 0,9 \\
 &= 8,00 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_s &= U_{3600} \times R_T \\
 &= 8,00 \times 1,3715 \\
 &= 10,97 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

- Hitung U_w dengan rumus :

$$\begin{aligned} U_w &= U_s \times R_L \\ &= 10,97 \times 0,9 \\ &= 9,87 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

- Hitung U_a dengan Rumus :

$$\begin{aligned} U_a &= 0,71 \times U_w^{1,23} \\ &= 0,71 \times 9,87^{1,23} \\ &= 11,87 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

Keterangan :

U_{3600} = kecepatan rata-rata durasi 3600 detik

U_s = koreksi stabilitas

R_L = faktor reduksi

R_T = koefisien stabilitas

U_A = wind stress factor

U_L = Kecepatan angin didarat

R_L = Faktor Edukasi

R_T = Koefisien Stabilitas

U_W = Koereksi Lokasi

U_A = Wind stress factor (Factor tegangan angin)

Tabel berikut menyajikan hasil rekap perhitungan parameter gelombang di lokasi penelitian pada tahun 2019 hingga 2023:

Tabel 8. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2019

Bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch
				(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)	(m/dtk)
1	2019	320	NW	7.20	7.20	223.47	0.9	8.00	1.37	10.97	9.87	11.87	319719
2	2019	330	NW	2.7	2.70	595.93	0.9	3.00	1.37	4.11	3.70	3.55	319719
3	2019	335	NW	5.1	5.10	315.49	0.9	5.67	1.37	7.77	6.99	7.77	319719
4	2019	110	SE	0.9	0.90	1787.78	0.9	1.00	1.37	1.37	1.23	0.92	306
5	2019	150	SE	6.9	6.90	233.19	0.9	7.67	1.37	10.51	9.46	11.27	306
6	2019	140	SE	9.1	9.10	176.81	0.9	10.11	1.37	13.87	12.48	15.84	306
7	2019	130	SE	8.1	8.10	198.64	0.9	9.00	1.37	12.34	11.11	13.72	306
8	2019	140	SE	9.4	9.40	171.17	0.9	10.44	1.37	14.32	12.89	16.48	306
9	2019	140	SE	9.2	9.20	174.89	0.9	10.22	1.37	14.02	12.62	16.05	306
10	2019	150	SE	9.4	9.40	171.17	0.9	10.44	1.37	14.32	12.89	16.48	306
11	2019	160	S	8	8.00	201.13	0.9	8.89	1.37	12.19	10.97	13.51	448
12	2019	300	NW	1.6	1.60	1005.63	0.9	1.78	1.37	2.44	2.19	1.87	319719

Lanjutan Tabel 8. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2019

t	Cek	t min	Limited	Fetch Min	H	T
(dkt)				(m)	(m)	(dtk)
3600	Nonfully	65872	Durasi Ltd	4085	0.59	2.27
7200	fully	98480	-	319719	0.09	2.95
10800	fully	75876	-	319719	0.19	6.44
3600	Nonfully	1502	Fetch Ltd	306	0.01	0.41
7200	Nonfully	652	Fetch Ltd	306	0.10	0.94
10800	Nonfully	582	Fetch Ltd	306	0.14	1.06
14400	Nonfully	610	Fetch Ltd	306	0.12	1.01
18000	Nonfully	574	Fetch Ltd	306	0.15	1.07
21600	Nonfully	579	Fetch Ltd	306	0.14	1.06
25200	Nonfully	574	Fetch Ltd	306	0.15	1.07
3600	Nonfully	790	Fetch Ltd	448	0.15	1.14
3600	fully	122045	-	319719	0.05	1.55

Tabel 9. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2020

Bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch
				(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)	(m/dtk)
1	2020	310	NW	6.4	6.40	251.41	0.9	7.11	1.37	9.75	8.78	10.27	319719
2	2020	320	NW	6.1	6.10	263.77	0.9	6.78	1.37	9.30	8.37	9.68	319719
3	2020	330	NW	2.6	2.60	618.85	0.9	2.89	1.37	3.96	3.57	3.39	319719
4	2020	110	E	1.8	1.80	893.89	0.9	2.00	1.37	2.74	2.47	2.16	408
5	2020	130	SE	4.8	4.80	0.00	0.9	5.33	1.37	7.31	6.58	7.21	306
6	2020	135	SE	8.2	8.20	0.00	0.9	9.11	1.37	12.50	11.25	13.93	306
7	2020	135	SE	9.3	9.30	173.01	0.9	10.33	1.37	14.17	12.75	16.26	306
8	2020	134	SE	7.8	7.80	206.28	0.9	8.67	1.37	11.89	10.70	13.10	306
9	2020	140	SE	8.9	8.90	180.79	0.9	9.89	1.37	13.56	12.21	15.41	306
10	2020	150	SE	6.8	6.80	236.62	0.9	7.56	1.37	10.36	9.33	11.07	306
11	2020	150	SE	2.3	2.30	699.57	0.9	2.56	1.37	3.50	3.15	2.92	306
12	2020	310	NW	5.8	5.80	277.41	0.9	6.44	1.37	8.84	7.95	9.10	319719

Lanjutan Tabel 9. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2020

t	Cek	t min	Limited	Fetch Min	H	T
(dkt)				(m)	(m)	(dtk)
7200	Nonfully	69131	Durasi Ltd	10746	0.54	2.99
10800	Nonfully	70505	Durasi Ltd	19168	0.68	3.56
14400	fully	100016	-	319719	0.08	2.81
3600	Nonfully	1369	Fetch Ltd	408	0.02	0.60
3600	Nonfully	756	Fetch Ltd	306	0.06	0.81
7200	Nonfully	607	Fetch Ltd	306	0.12	1.01
10800	Nonfully	577	Fetch Ltd	306	0.15	1.06
14400	Nonfully	620	Fetch Ltd	306	0.12	0.99
18000	Nonfully	587	Fetch Ltd	306	0.14	1.05
21600	Nonfully	656	Fetch Ltd	306	0.10	0.94
25200	Nonfully	1022	Fetch Ltd	306	0.03	0.60
3600	fully	71978	-	319719	0.23	3.46

Tabel 10. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2021

Bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch
				(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)	(m/dtk)
1	2021	310	NW	7	7.00	229.86	0.9	7.78	1.37	10.67	9.60	11.47	319719
2	2021	310	NW	6.4	6.40	251.41	0.9	7.11	1.37	9.75	8.78	10.27	319719
3	2021	330	NW	3.7	3.70	434.86	0.9	4.11	1.37	5.64	5.07	5.23	319719
4	2021	180	S	2.8	2.80	574.64	0.9	3.11	1.37	4.27	3.84	3.72	448
5	2021	140	SE	5.1	5.10	315.49	0.9	5.67	1.37	7.77	6.99	7.77	306
6	2021	130	SE	3.8	3.80	423.42	0.9	4.22	1.37	5.79	5.21	5.41	306
7	2021	140	SE	6.4	6.40	251.41	0.9	7.11	1.37	9.75	8.78	10.27	306
8	2021	140	SE	6.2	6.20	259.52	0.9	6.89	1.37	9.45	8.50	9.88	306
9	2021	140	SE	5.6	5.60	287.32	0.9	6.22	1.37	8.53	7.68	8.72	306
10	2021	160	S	7.8	7.80	206.28	0.9	8.67	1.37	11.89	10.70	13.10	448
11	2021	340	N	1.8	1.80	893.89	0.9	2.00	1.37	2.74	2.47	2.16	143569
12	2021	310	NW	6.3	6.30	255.40	0.9	7.00	1.37	9.60	8.64	10.07	319719

Lanjutan Tabel 10. Hasil perhitungan parameter gelombang 2021

t	Cek	t min	Limited	Fetch Min	H	T
(dtk)				(m)	(m)	(dtk)
7200	Nonfully	66637	Durasi Ltd	11355	0.62	3.16
10800	Nonfully	69131	Durasi Ltd	19742	0.74	3.66
14400	fully	86546	-	319719	0.13	4.34
3600	Nonfully	1215	Fetch Ltd	448	0.04	0.74
3600	Nonfully	738	Fetch Ltd	306	0.07	0.83
7200	Nonfully	832	Fetch Ltd	306	0.05	0.74
10800	Nonfully	672	Fetch Ltd	306	0.09	0.91
14400	Nonfully	681	Fetch Ltd	306	0.09	0.90
18000	Nonfully	710	Fetch Ltd	306	0.08	0.87
3600	Nonfully	799	Fetch Ltd	448	0.14	1.12
3600	fully	68193	-	143569	0.05	1.79
3600	Nonfully	69579	Durasi Ltd	3763	0.32	2.09

Tabel 11. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2022

Bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch
				(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)	(m/dtk)
1	2022	309	NW	8.2	8.20	196.22	0.9	9.11	1.37	12.50	11.25	13.93	319719
2	2022	313	NW	6.8	6.80	236.62	0.9	7.56	1.37	10.36	9.33	11.07	319719
3	2022	340	N	3.1	3.10	519.03	0.9	3.44	1.37	4.72	4.25	4.21	143569
4	2022	141	SE	2.1	2.10	766.19	0.9	2.33	1.37	3.20	2.88	2.61	306
5	2022	126	SE	2.4	2.40	670.42	0.9	2.67	1.37	3.66	3.29	3.07	306
6	2022	126	SE	4.3	4.30	374.19	0.9	4.78	1.37	6.55	5.90	6.30	306
7	2022	131	SE	6.9	6.90	233.19	0.9	7.67	1.37	10.51	9.46	11.27	306
8	2022	138	SE	6.1	6.10	263.77	0.9	6.78	1.37	9.30	8.37	9.68	306
9	2022	148	SE	8.2	8.20	196.22	0.9	9.11	1.37	12.50	11.25	13.93	306
10	2022	144	SE	2.8	2.80	574.64	0.9	3.11	1.37	4.27	3.84	3.72	306
11	2022	343	N	1.6	1.60	1005.63	0.9	1.78	1.37	2.44	2.19	1.87	143569
12	2022	350	N	4.6	4.60	349.78	0.9	5.11	1.37	7.01	6.31	6.84	143569

Lanjutan Tabel 11. Hasil perhitungan parameter gelombang 2022

t	Cek	t min	Limited	Fetch Min	H	T
(dkt)				(m)	(m)	(dtk)
7200	Nonfully	62452	Durasi Ltd	12516	0.80	3.48
10800	Nonfully	67434	Durasi Ltd	20492	0.81	3.80
3600	fully	54569	-	143569	0.10	3.49
3600	Nonfully	1061	Fetch Ltd	306	0.02	0.58
7200	Nonfully	1005	Fetch Ltd	306	0.03	0.61
10800	Nonfully	791	Fetch Ltd	306	0.06	0.78
14400	Nonfully	652	Fetch Ltd	306	0.10	0.94
18000	Nonfully	685	Fetch Ltd	306	0.09	0.90
21600	Nonfully	607	Fetch Ltd	306	0.12	1.01
25200	Nonfully	943	Fetch Ltd	306	0.03	0.65
3600	fully	71567	-	143569	0.05	1.55
7200	Nonfully	46416	Durasi Ltd	8771	0.33	2.44

Tabel 12. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang 2023

Bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch
				(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)	(m/dtk)
1	2023	290	W	17.3	17.30	93.01	0.9	19.22	1.37	26.36	23.73	34.90	459829
2	2023	290	W	15.4	15.40	104.48	0.9	17.11	1.37	23.47	21.12	30.25	459829
3	2023	20	N	10.2	10.20	157.75	0.9	11.33	1.37	15.54	13.99	18.22	143569
4	2023	310	NW	9.7	9.70	165.88	0.9	10.78	1.37	14.78	13.30	17.13	319719
5	2023	172	S	11.5	11.50	139.91	0.9	12.78	1.37	17.52	15.77	21.12	448
6	2023	102	E	6.2	6.20	259.52	0.9	6.89	1.37	9.45	8.50	9.88	408
7	2023	130	SE	11.5	11.50	139.91	0.9	12.78	1.37	17.52	15.77	21.12	306
8	2023	130	SE	9.8	9.80	164.18	0.9	10.89	1.37	14.93	13.44	17.35	306
9	2023	140	SE	14.5	14.50	110.97	0.9	16.11	1.37	22.10	19.89	28.09	306
10	2023	115	SE	7.6	7.60	211.71	0.9	8.44	1.37	11.58	10.42	12.69	306
11	2023	135	SE	5.5	5.50	292.55	0.9	6.11	1.37	8.38	7.54	8.52	306
12	2023	340	N	5.8	5.80	277.41	0.9	6.44	1.37	8.84	7.95	9.10	143569

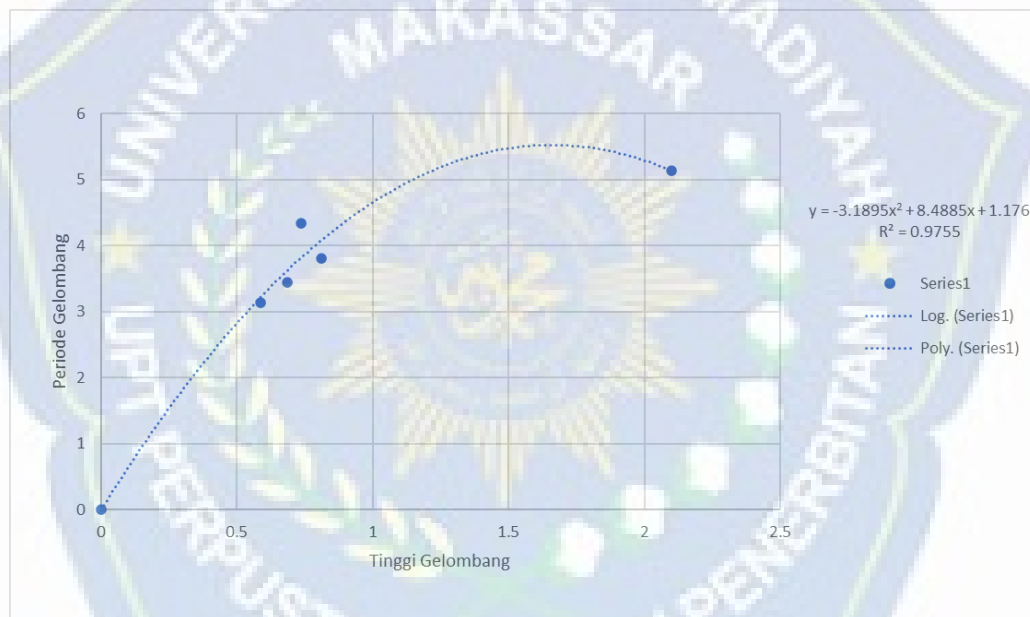
Lanjutan Tabel 12. Hasil perhitungan parameter gelombang 2022

t	Cek	t min	Limited	Fetch Min	H	T
(dkt)				(m)	(m)	(dtk)
3600	Nonfully	58591	Durasi Ltd	7003	1.49	3.90
7200	Nonfully	61453	Durasi Ltd	18441	2.10	5.13
3600	Nonfully	33487	Durasi Ltd	5061	0.66	2.82
3600	Nonfully	58295	Durasi Ltd	4907	0.61	2.73
3600	Nonfully	681	Fetch Ltd	448	0.23	1.32
3600	Nonfully	824	Fetch Ltd	408	0.10	0.99
3600	Nonfully	529	Fetch Ltd	306	0.19	1.16
7200	Nonfully	564	Fetch Ltd	306	0.16	1.09
10800	Nonfully	481	Fetch Ltd	306	0.25	1.28
14400	Nonfully	626	Fetch Ltd	306	0.11	0.98
18000	Nonfully	715	Fetch Ltd	306	0.08	0.86
3600	Nonfully	42208	Durasi Ltd	3576	0.28	1.99

Tabel 13. Rekap tinggi gelombang dan periode gelombang 2019-2023

REKAP		
Tahun	Hs	Ts
2019	0.588	3.141
2020	0.685	3.445
2021	0.737	4.340
2022	0.809	3.802
2023	2.098	5.132

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



Gambar 14. Grafik hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang

Berdasarkan hasil grafik hubungan tinggi dan periode gelombang pada tahun 2019-2023 diperoleh hasil persamaan nilai $y = -3.1895x^2 + 8.4885x + 1.1763$

1. Panjang Gelombang

Untuk menentukan panjang gelombang pada bulan Januari menggunakan rumus:

$$L_0 = 1.56 * T_0^2$$

Dengan :

L_0 = Panjang gelombang

T_0 = Periode gelombang

Dimana diketahui tinggi gelombang pada bulan Januari 2023 adalah 2.25 m

dan untuk menentukan periode gelombang dengan rumus:

$$T_0 = -3.1895 * H_0^2 + 8.4885 * H_0 + 1.1763$$

$$T_0 = -3.1895 * 2.25^2 + 8.4885 * 2.25 + 1.1763$$

$$T_0 = 4.13 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan Januari 2023 yaitu 4.13 detik, panjang gelombangnya adalah

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

$$L_0 = 1,56 * 4.13^2$$

$$L_0 = 26.59 \text{ m}$$

Tabel berikut menampilkan hasil perhitungan dengan cara yang sama untuk memperoleh periode gelombang dan panjang gelombang. Perhitungan ini menjadi dasar untuk analisis grafik hubungan antara tinggi gelombang, panjang gelombang disetiap bulan yang ditunjukkan pada gambar selanjutnya.

Tabel 14. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang tahun 2019

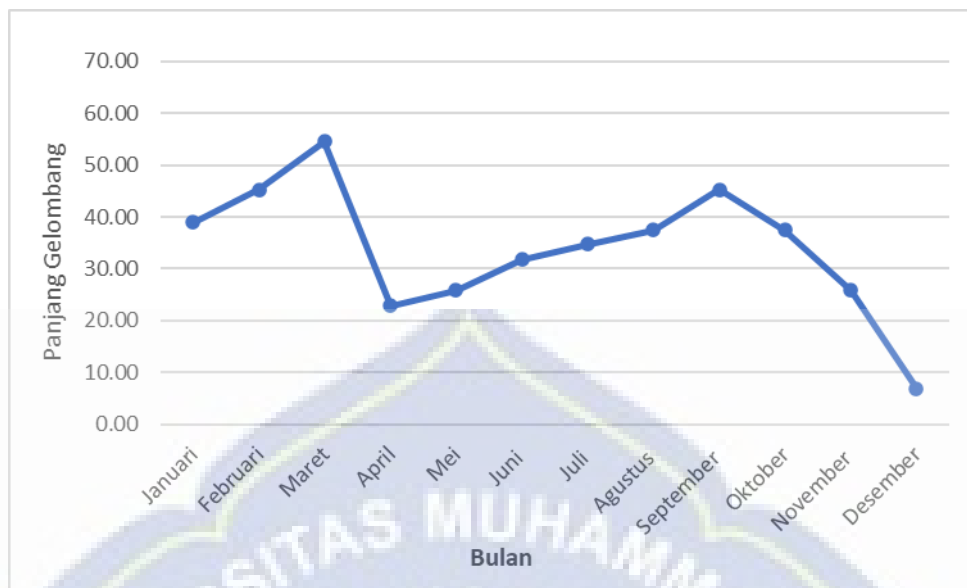
Tahun	Bulan	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (m/s)	Panjang Gelombang (m)
2019	Januari	2.15	4.68	38.93
	Februari	1.00	6.48	45.22
	Maret	1.25	6.80	54.54
	April	0.60	5.12	22.87
	Mei	0.65	5.35	25.86
	Juni	0.75	5.75	31.79

Tahun	Bulan	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (m/s)	Panjang Gelombang (m)
	Juli	0.80	5.93	34.69
	Agustus	0.85	6.09	37.50
	September	1.00	6.48	45.22
	Oktober	0.85	6.09	37.50
	November	0.65	5.35	25.86
	Desember	0.30	3.44	6.82



Gambar 15. Grafik tinggi gelombang 2019

Tinggi gelombang tertinggi terjadi pada Januari 2.25 m, lalu menurun dan stabil di bawah 1 meter dari April hingga Desember, dengan sedikit kenaikan di September 1.00 m.



Gambar 16. Grafik panjang gelombang 2019

Panjang gelombang tertinggi terjadi pada Maret sebesar 54.54 m, lalu turun drastis di April sebesar 22.87 m, dan kembali meningkat hingga Oktober sebelum menurun tajam di Desember.

Tabel 15. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang 2020

Tahun	Bulan	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (m/s)	Panjang Gelombang (m)
2020	Januari	1.50	6.73	70.71
	Februari	1.00	6.48	65.41
	Maret	0.65	5.35	44.59
	April	0.75	5.75	51.55
	Mei	0.60	5.12	40.91
	Juni	0.85	6.09	57.80
	Juli	0.80	5.93	54.78
	Agustus	0.90	6.23	60.60
	September	0.95	6.36	63.14
	Oktober	0.75	5.75	51.55
	November	0.75	5.75	51.55
	Desember	1.30	6.82	72.58



Gambar 17. Grafik tinggi gelombang 2020

Tinggi gelombang tahun 2020 tertinggi terjadi pada bulan Januari sekitar 1.50 meter, kemudian menurun hingga Mei. Setelah itu, gelombang relatif stabil di kisaran 0,7 hingga 1 meter, dan kembali meningkat pada bulan Desember hingga sekitar 1,3 meter.

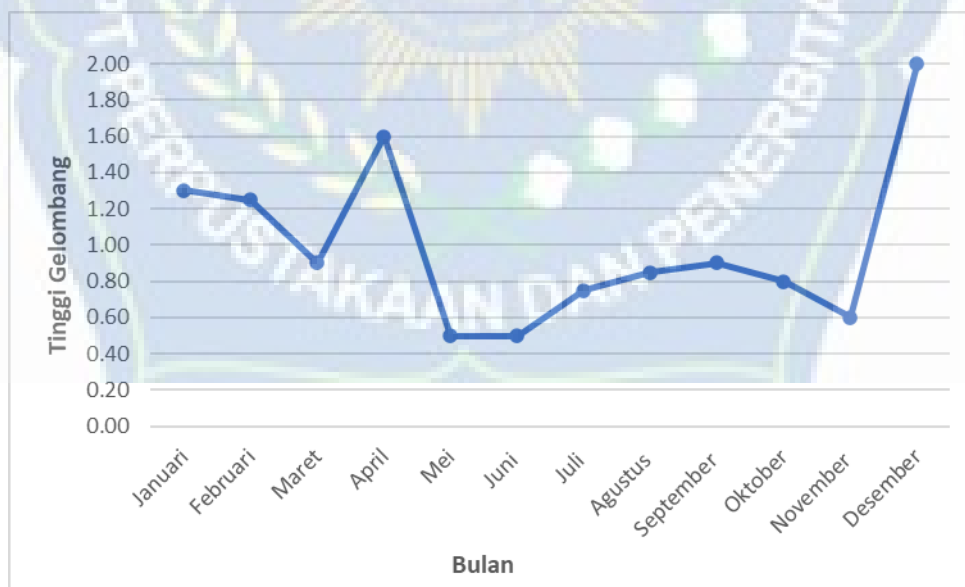


Gambar 18. Grafik panjang gelombang 2020

Panjang gelombang tahun 2020 tertinggi terjadi pada bulan Desember sekitar 70.71 meter. Setelah mengalami penurunan dari Januari hingga Mei, panjang gelombang cenderung stabil dan kembali meningkat menjelang akhir tahun.

Tabel 16. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang tahun 2021

Tahun	Bulan	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (m/s)	Panjang Gelombang (m)
2021	Januari	1.30	6.82	72.58
	Februari	1.25	6.80	72.21
	Maret	0.90	6.23	60.60
	April	1.60	6.59	67.81
	Mei	0.50	4.62	33.34
	Juni	0.50	4.62	33.34
	Juli	0.75	5.75	51.55
	Agustus	0.85	6.09	57.80
	September	0.90	6.23	60.60
	Oktober	0.80	5.93	54.78
	November	0.60	5.12	40.91
	Desember	2.00	5.40	45.41



Gambar 19. Grafik tinggi gelombang tahun 2021

Tinggi gelombang tahun 2021 tertinggi terjadi pada bulan Desember sekitar 2.00 meter. Setelah fluktuasi awal tahun dan penurunan di Mei–Juni, gelombang stabil di kisaran 0,6–0,9 meter sebelum meningkat tajam di akhir tahun.



Gambar 20. Grafik panjang gelombang tahun 2021

Panjang gelombang tahun 2021 tertinggi terjadi pada Januari–Februari (72.58), turun tajam pada Mei–Juni, lalu kembali meningkat hingga September sebelum menurun lagi di akhir tahun.

Tabel 17. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang tahun 2022

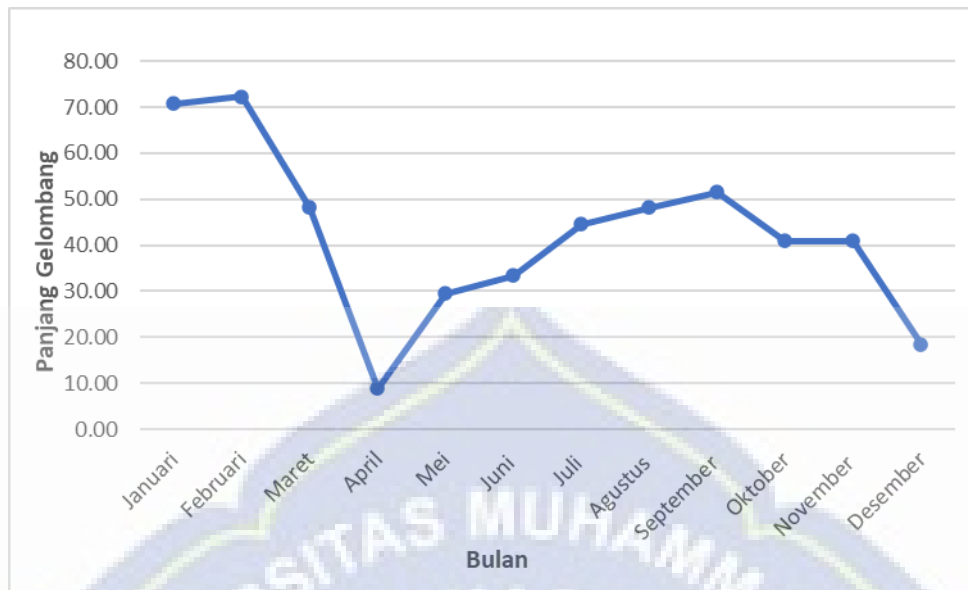
Tahun	Bulan	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (det)	Panjang Gelombang (m)
2022	Januari	1.50	6.73	70.71
	Februari	1.40	6.81	72.32
	Maret	0.70	5.56	48.15
	April	0.15	2.38	8.82
	Mei	0.45	4.35	29.52
	Juni	0.50	4.62	33.34
	Juli	0.65	5.35	44.59
	Agustus	0.70	5.56	48.15

Tahun	Bulan	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (det)	Panjang Gelombang (m)
	September	0.75	5.75	51.55
	Oktober	0.60	5.12	40.91
	November	0.60	5.12	40.91
	Desember	0.30	3.44	18.42



Gambar 21. Grafik tinggi gelombang tahun 2022

Tinggi gelombang tertinggi terjadi pada Januari (1.50 m), lalu menurun drastis hingga April (0,15 m). Setelah itu gelombang perlahan meningkat dan relatif stabil di kisaran 0,6–0,75 meter hingga Oktober, lalu kembali menurun di akhir tahun.



Gambar 22. Grafik panjang gelombang tahun 2022

Panjang gelombang tertinggi terjadi pada Februari (72.35 m), lalu menurun tajam hingga April (8.82 m). Setelah itu terjadi peningkatan bertahap hingga September–Oktober, sebelum menurun kembali di akhir tahun.

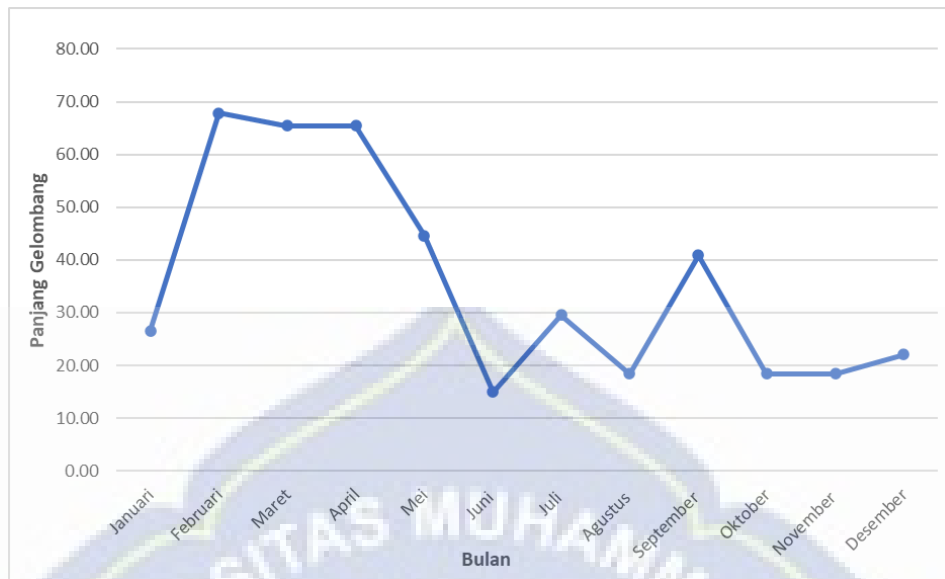
Tabel 18. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang tahun 2023

Tahun	Bulan	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (det)	Panjang Gelombang (m)
2023	Januari	2.25	4.13	26.59
	Februari	1.60	6.59	67.81
	Maret	1.00	6.48	65.41
	April	1.00	6.48	65.41
	Mei	0.65	5.35	44.59
	Juni	0.25	3.10	14.98
	Juli	0.45	4.35	29.52
	Agustus	0.30	3.44	18.42
	September	0.60	5.12	40.91
	Oktober	0.30	3.44	18.42
	November	0.30	3.44	18.42
	Desember	0.35	3.76	22.01



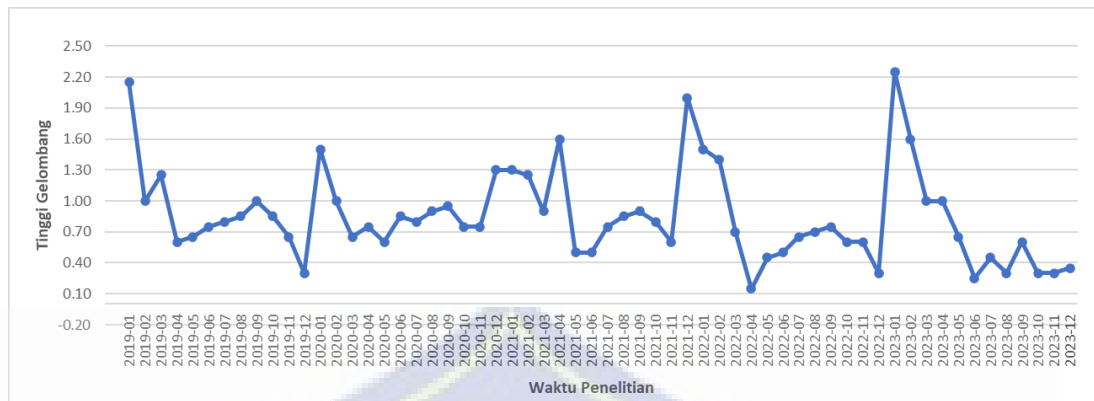
Gambar 23. Grafik tinggi gelombang tahun 2023

Tinggi gelombang menunjukkan tren penurunan sepanjang tahun 2023. Gelombang tertinggi terjadi pada bulan Januari (2.25 meter), kemudian terus menurun hingga mencapai titik terendah pada bulan Juni (sekitar 0,25 meter). Setelah itu, tinggi gelombang cenderung stabil dengan fluktuasi kecil antara Juli hingga Desember, tanpa peningkatan signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa awal tahun memiliki kondisi gelombang laut yang lebih tinggi dibandingkan pertengahan hingga akhir tahun.



Gambar 24. Grafik panjang gelombang tahun 2023

Panjang gelombang tertinggi terjadi pada bulan Februari hingga April, dengan nilai mencapai sekitar 65.41-67.81 meter. Setelah itu, terjadi penurunan tajam hingga titik terendah pada bulan Juni (14.98 meter). Sepanjang Juli hingga Desember, panjang gelombang mengalami fluktuasi, namun tetap berada pada kisaran yang lebih rendah dibandingkan awal tahun.



Gambar 25. Rekapitulasi grafik tinggi gelombang tahun 2019-2023

Tinggi gelombang menunjukkan pola fluktuatif setiap tahun, dengan kecenderungan puncak gelombang terjadi pada awal hingga akhir tahun, khususnya sekitar Januari, April, dan Desember. Tahun 2022 dan 2023 mencatatkan gelombang tertinggi, mencapai sekitar 2 meter, sementara periode pertengahan tahun umumnya memiliki tinggi gelombang lebih rendah. Secara umum, pola musiman terlihat konsisten, dengan gelombang tinggi pada musim tertentu dan lebih tenang di pertengahan tahun.



Gambar 26. Rekapitulasi grafik panjang gelombang tahun 2019-2023

Panjang gelombang menunjukkan fluktuasi yang signifikan setiap tahunnya, dengan puncak-puncak tertinggi terjadi umumnya pada awal dan akhir tahun. Nilai panjang gelombang tertinggi mendekati 60 meter, terutama terlihat pada periode awal tahun 2020, 2021, 2022, dan 2023. Sementara itu, nilai terendah muncul di pertengahan tahun, khususnya sekitar Mei hingga Juli.

D. Perhitungan Difraksi Gelombang



Gambar 27. Peta sketsa penentuan arah terjadinya difraksi

Pada gambar ditunjukkan bahwa dalam sketsa penentuan difraksi (K') sebelumnya harus menentukan sudut yaitu sudut (θ) yang didapat dari arah penjalaran gelombang menuju titik ujung dari rintangan penghalang terluar yang didapat pergerakan dominan angin pada arah barat laut. Sudut antara rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan disebut (β) dimana disesuaikan dengan tetapan pada tabel koefisien difraksi gelombang wiegel dalam sorensen, 1978.

Untuk mencari difraksi gelombang (H_A) pada gelombang perlunya untuk penentuan derajat gelombang dengan menggunakan metode perhitungan analisis sebagai berikut:

- Menentukan sudut datang gelombang (θ) = 90°
- Menentukan sudut difraksi (β) yaitu:
 - Titik 1 (β) = 75°

- Titik 2 (β) = 45°
 - Titik 3 (β) = 15°
- c. Menentukan jarak titik terhadap ujung rintangan r. Dimana masing-masing titik menggunakan jarak $r_1 = 70$ m; $r_2 = 100$ m; $r_3 = 210$ m.
- d. Menentukan kedalaman (d), untuk mengetahui kedalaman air di belakang gelombang. Kedalaman diambil pada 4 m.
- e. Menentukan tinggi, periode gelombang dan panjang gelombang pada perhitungan sebelumnya.
- f. Untuk nilai panjang gelombang (L_0) yang digunakan yakni panjang gelombang pada bulan Januari 2023 – Desember 2023.

Maka perhitungannya yaitu:

1. Titik 1 (θ) = 90° dengan (β) = 75°

Januari 2023

$$\frac{d}{L_0} = \frac{4}{26.59} = 0.1504 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai $d/L_0 = 0.1504$

Diketahui nilai pada lampiran tabel L-1. Fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L_0 sebagai berikut:

$$d/L_0 = 0.1500 \rightarrow d/L = 0.18330$$

$$d/L_0 = 0.1510 \rightarrow d/L = 0.18414$$

Dengan interpolasi di dapatkan nilai: $d/L = 0.183384$

$$\text{Maka } L = \frac{d}{(d/l)}$$

$$= \frac{4}{0.183384} = 21.81 \text{ m}$$

- Untuk jarak titik ke ujung rintangan $r_1 = 70$ m

$$r_1 = 70 \text{ m} \quad \frac{r_1}{L} = \frac{70}{21.81} = 3.21 \approx 3$$

Diketahui dari tabel lampiran koefisien difraksi K'

$$r/L = 2 \quad K' = \rightarrow 0.35$$

$$r/L = 5 \quad K' = \rightarrow 0.027$$

Untuk nilai $r/L = 3$; $\theta = 90^\circ$ dan $\beta = 75^\circ$ didapat koefisien $K' = 0.323$

Tinggi gelombang setelah difraksi:

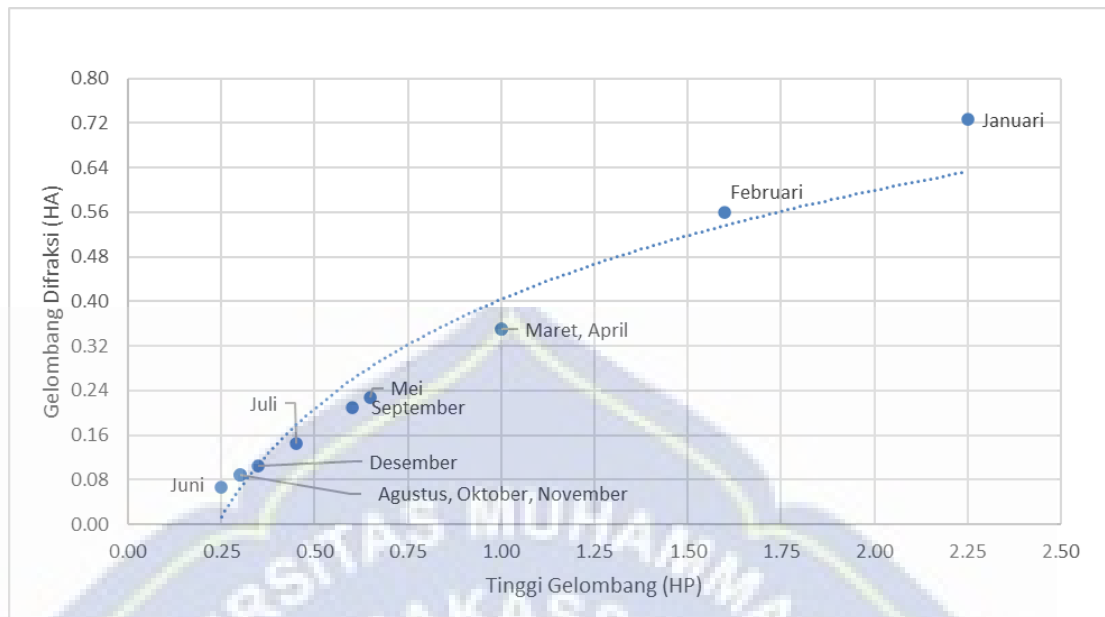
$$H_A = K' \times H_P = 0.323 \times 2.25$$

$$H_A = 0.727 \text{ m}$$

Untuk hasil analisis perhitungan difraksi gelombang $r_1 = 70$ m pada titik 1 (θ) = 90° dengan (β) = 75° bulan Januari hingga Desember menggunakan rumus perhitungan yang serupa dan dapat dilihat pada tabel 25 berikut:

Tabel 19. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_1 = 70$ m

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	21.81	2.25	70	3	90	75	0.323	0.727
Februari	4	32.44	1.60	70	2	90	75	0.350	0.560
Maret	4	37.95	1.00	70	2	90	75	0.350	0.350
April	4	37.95	1.00	70	2	90	75	0.350	0.350
Mei	4	30.44	0.65	70	2	90	75	0.350	0.228
Juni	4	14.15	0.25	70	5	90	75	0.270	0.068
Juli	4	23.41	0.45	70	3	90	75	0.323	0.145
Agustus	4	16.69	0.30	70	4	90	75	0.297	0.089
September	4	28.78	0.60	70	2	90	75	0.350	0.210
Oktober	4	16.69	0.30	70	4	90	75	0.297	0.089
November	4	16.69	0.30	70	4	90	75	0.297	0.089
Desember	4	19.07	0.35	70	4	90	75	0.297	0.10



Gambar 28. Pengaruh tinggi gelombang terhadap gelombang difraksi untuk

$R_1 = 70$ m Titik 1

Berdasarkan grafik dan data perhitungan untuk jarak $r_1 = 70$ meter pada titik 1 ($\theta = 90^\circ$ dengan $(\beta) = 75^\circ$, terlihat bahwa tinggi gelombang hasil difraksi (H_A) cenderung meningkat seiring bertambahnya tinggi gelombang awal (H_P). Nilai H_A tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 0.727 meter, bertepatan dengan H_P tertinggi yaitu 2.25 meter. Sebaliknya, nilai H_A terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0.068 meter, ketika H_P hanya 0.25 meter.

- Untuk jarak titik ke ujung rintangan $r_2 = 140$ m

$$r_2 = 140 \text{ m} \rightarrow \frac{r_2}{L} = \frac{140}{21.81} = 6.42 \approx 6$$

Diketahui dari tabel lampiran koefisien difraksi K'

$$r/L = 5 \rightarrow K' = 0.27$$

$$r/L = 10 \rightarrow K' = 0.20$$

Untuk nilai $r/L = 6$; $\theta = 90^\circ$ dan $\beta = 75^\circ$ dengan interpolasi di dapatkan nilai koefisien $K' = 0.256$

Tinggi gelombang setelah difraksi :

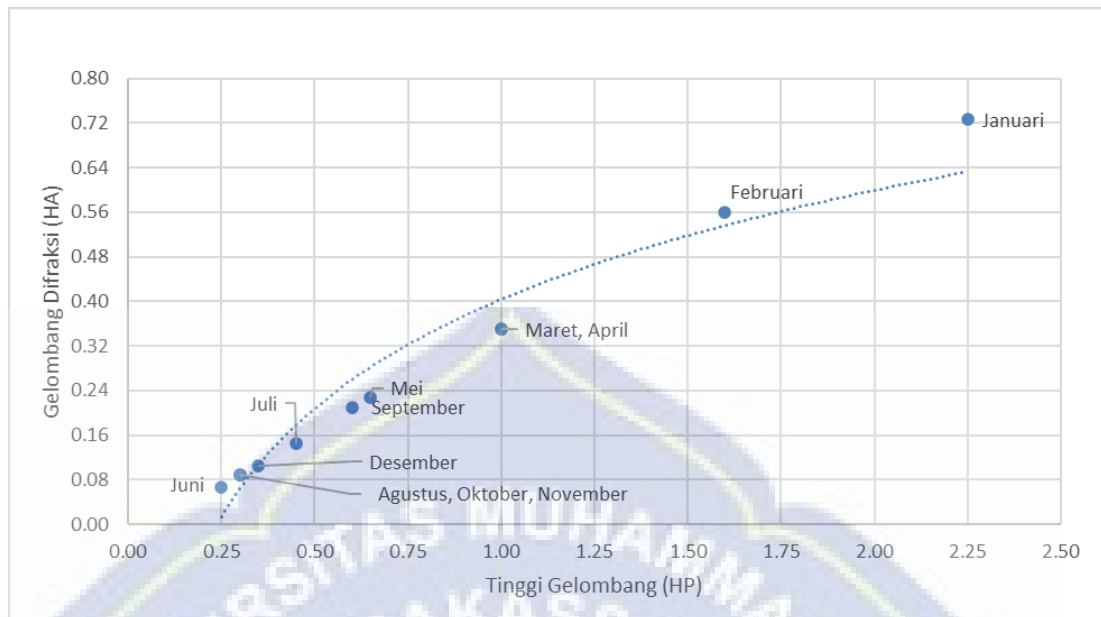
$$H_A = K' \times H_p = 0.256 \times 2.25$$

$$H_A = 0.576 \text{ m}$$

Untuk hasil analisis perhitungan difraksi gelombang $r_2 = 140 \text{ m}$ pada titik 1 (θ) = 90° dengan (β) = 75° bulan Januari hingga Desember menggunakan rumus perhitungan yang serupa dan dapat dilihat pada tabel 22 berikut:

Tabel 20. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_2 = 140 \text{ m}$

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	21.81	2.25	140	6	90	75	0.256	0.576
Februari	4	32.44	1.60	140	4	90	75	0.297	0.475
Maret	4	37.95	1.00	140	4	90	75	0.297	0.297
April	4	37.95	1.00	140	4	90	75	0.297	0.297
Mei	4	30.44	0.65	140	5	90	75	0.270	0.176
Juni	4	14.15	0.25	140	10	90	75	0.200	0.050
Juli	4	23.41	0.45	140	6	90	75	0.256	0.115
Agustus	4	16.69	0.30	140	8	90	75	0.228	0.068
September	4	28.78	0.60	140	5	90	75	0.270	0.162
Oktober	4	16.69	0.30	140	8	90	75	0.228	0.068
November	4	16.69	0.30	140	8	90	75	0.228	0.068
Desember	4	19.07	0.35	140	7	90	75	0.242	0.085



Gambar 29. Pengaruh tinggi gelombang terhadap gelombang difraksi untuk $R_2 = 140$ m Titik 1

Berdasarkan grafik dan data perhitungan untuk jarak $r_2 = 140$ meter pada titik 1 (θ) = 90° dengan (β) = 75° , terlihat bahwa tinggi gelombang hasil difraksi (H_A) cenderung meningkat seiring bertambahnya tinggi gelombang awal (H_P). Nilai H_A tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 0.576 meter, bertepatan dengan H_P tertinggi yaitu 2.25 meter. Sebaliknya, nilai H_A terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0.050 meter, ketika H_P hanya 0.25 meter.

- Untuk jarak titik ke ujung rintangan $r_3 = 210$ m

$$r_3 = 210 \text{ m} \rightarrow \frac{r_3}{L} = \frac{210}{21.81} = 9.6 \approx 10$$

Diketahui dari tabel lampiran koefisien difraksi K'

$$r/L = 10 \rightarrow K' = 0.200$$

Untuk nilai $r/L = 10$; $\theta = 90^\circ$ dan $\beta = 75^\circ$ didapatkan nilai koefisien $K' = 0.200$

Tinggi gelombang setelah difraksi :

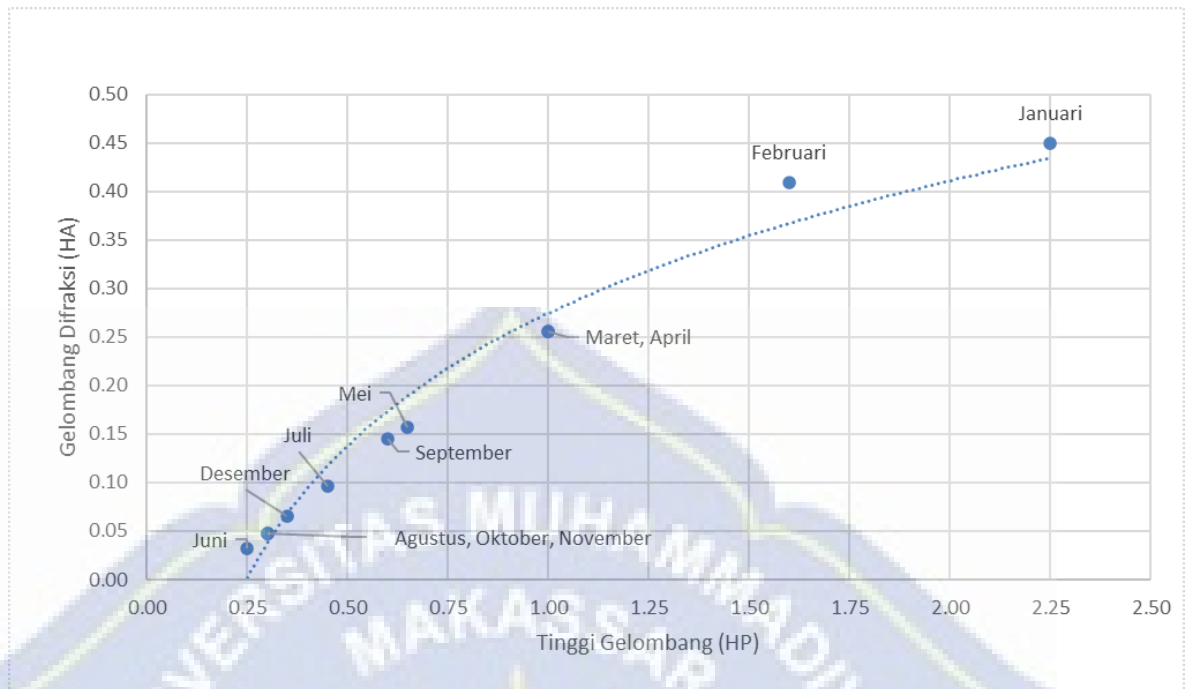
$$H_A = K' \times H_p = 0.200 \times 2.25$$

$$H_A = 0.450 \text{ m}$$

Untuk hasil analisis perhitungan difraksi gelombang $r_3 = 210 \text{ m}$ pada titik 1 (θ)
 $= 90^\circ$ dengan (β) $= 75^\circ$ bulan Januari hingga Desember menggunakan rumus
 perhitungan yang serupa dan dapat dilihat pada tabel 23 berikut:

Tabel 21. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_3 = 210 \text{ m}$

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	21.81	2.25	210	10	90	75	0.200	0.450
Februari	4	32.44	1.60	210	6	90	75	0.256	0.410
Maret	4	37.95	1.00	210	6	90	75	0.256	0.256
April	4	37.95	1.00	210	6	90	75	0.256	0.256
Mei	4	30.44	0.65	210	7	90	75	0.242	0.157
Juni	4	14.15	0.25	210	15	90	75	0.130	0.033
Juli	4	23.41	0.45	210	9	90	75	0.214	0.096
Agustus	4	16.69	0.30	210	13	90	75	0.158	0.047
September	4	28.78	0.60	210	7	90	75	0.242	0.145
Oktober	4	16.69	0.30	210	13	90	75	0.158	0.047
November	4	16.69	0.30	210	13	90	75	0.158	0.047
Desember	4	19.07	0.35	210	11	90	75	0.186	0.065



Gambar 30. Pengaruh tinggi gelombang terhadap gelombang difraksi untuk

$R_3 = 210$ m Titik 1

Berdasarkan grafik dan data perhitungan untuk jarak $r_3 = 210$ meter pada titik 1 ($\theta = 90^\circ$ dengan $\beta = 75^\circ$), terlihat bahwa tinggi gelombang hasil difraksi (H_A) cenderung meningkat seiring bertambahnya tinggi gelombang awal (H_P). Nilai H_A tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 0.450 meter, bertepatan dengan H_P tertinggi yaitu 2.25 meter. Sebaliknya, nilai H_A terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0.130 meter, ketika H_P hanya 0.25 meter.

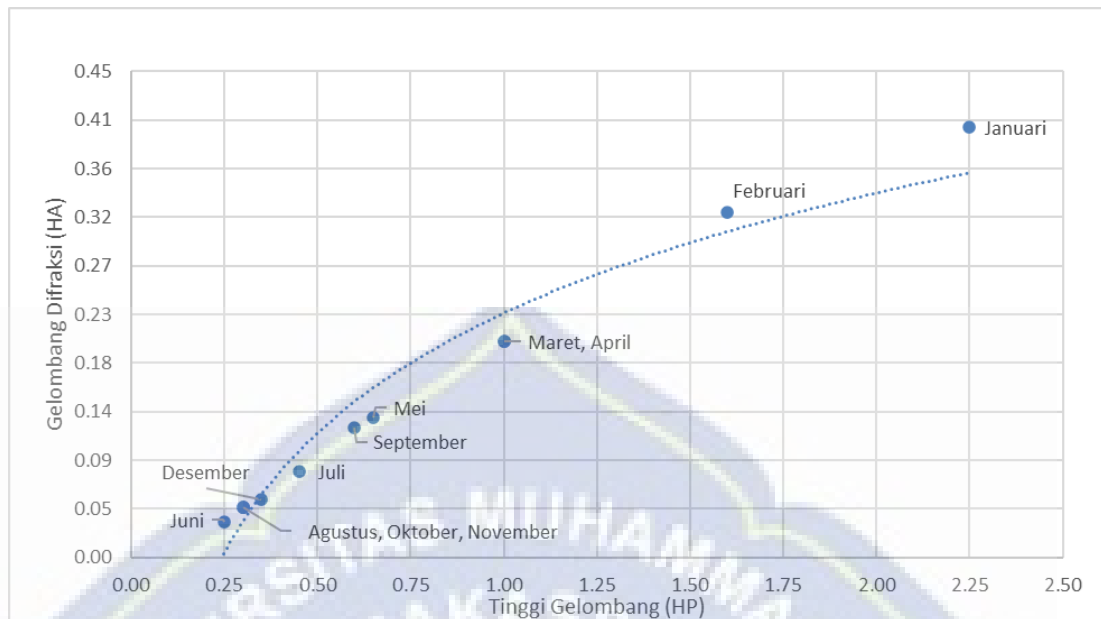
Metode perhitungan yang digunakan pada titik 2 ($\theta = 90^\circ$ dan $\beta = 45^\circ$) dan titik 3 ($\theta = 90^\circ$ dan $\beta = 15^\circ$) bagian ini sama dengan prosedur yang telah dijelaskan pada paragraf diatas, sehingga pada bagian berikut hanya disajikan hasil dalam bentuk tabel dan grafik.

2. Titik 2 (θ) = 90° dengan (β) = 45°

Untuk hasil analisis perhitungan difraksi gelombang $r_1 = 70$ m pada titik 2 (θ) = 90° dengan (β) = 45° bulan Januari hingga Desember menggunakan rumus perhitungan yang serupa dan dapat dilihat pada tabel 24 berikut:

Tabel 22. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_1 = 70$ m

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ (°)	β (°)	K'
Januari	4	21.81	2.25	70	3	90	45	0.177
Februari	4	32.44	1.60	70	2	90	45	0.200
Maret	4	37.95	1.00	70	2	90	45	0.200
April	4	37.95	1.00	70	2	90	45	0.200
Mei	4	30.44	0.65	70	2	90	45	0.200
Juni	4	14.15	0.25	70	5	90	45	0.130
Juli	4	23.41	0.45	70	3	90	45	0.177
Agustus	4	16.69	0.30	70	4	90	45	0.153
September	4	28.78	0.60	70	2	90	45	0.200
Oktober	4	16.69	0.30	70	4	90	45	0.153
November	4	16.69	0.30	70	4	90	45	0.153
Desember	4	19.07	0.35	70	4	90	45	0.153



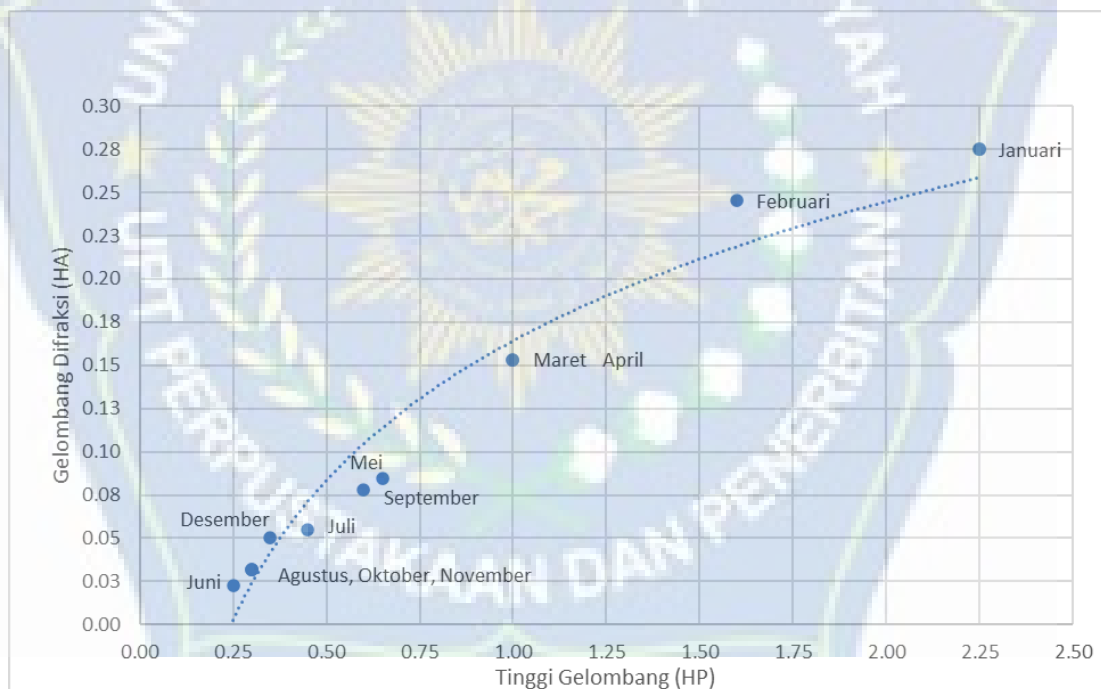
Gambar 31. Pengaruh tinggi gelombang terhadap gelombang difraksi untuk $R_1 = 70$ m Titik 2

Berdasarkan grafik dan data perhitungan untuk jarak $r_1 = 70$ meter pada titik 2 (θ) = 90° dengan (β) = 45° , terlihat bahwa tinggi gelombang hasil difraksi (H_A) cenderung meningkat seiring bertambahnya tinggi gelombang awal (H_P). Nilai H_A tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 0.398 meter, bertepatan dengan H_P tertinggi yaitu 2.25 meter. Sebaliknya, nilai H_A terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0.033 meter, ketika H_P hanya 0.25 meter.

Untuk hasil analisis perhitungan difraksi gelombang $r_2 = 140$ m pada titik 2 (θ) = 90° dengan (β) = 45° bulan Januari hingga Desember menggunakan rumus perhitungan yang serupa dan dapat dilihat pada tabel 25 berikut:

Tabel 23. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_2 = 140$ m

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ (°)	β (°)	K'	HA (m)
Januari	4	21.81	2.25	140	6	90	45	0.122	0.275
Februari	4	32.44	1.60	140	4	90	45	0.153	0.245
Maret	4	37.95	1.00	140	4	90	45	0.153	0.153
April	4	37.95	1.00	140	4	90	45	0.153	0.153
Mei	4	30.44	0.65	140	5	90	45	0.130	0.085
Juni	4	14.15	0.25	140	10	90	45	0.090	0.023
Juli	4	23.41	0.45	140	6	90	45	0.122	0.055
Agustus	4	16.69	0.30	140	8	90	45	0.106	0.032
September	4	28.78	0.60	140	5	90	45	0.130	0.078
Oktober	4	16.69	0.30	140	8	90	45	0.106	0.032
November	4	16.69	0.30	140	8	90	45	0.106	0.032
Desember	4	19.07	0.35	140	7	90	45	0.144	0.050



Gambar 32. Pengaruh tinggi gelombang terhadap gelombang difraksi untuk

$R_2 = 140$ m Titik 2

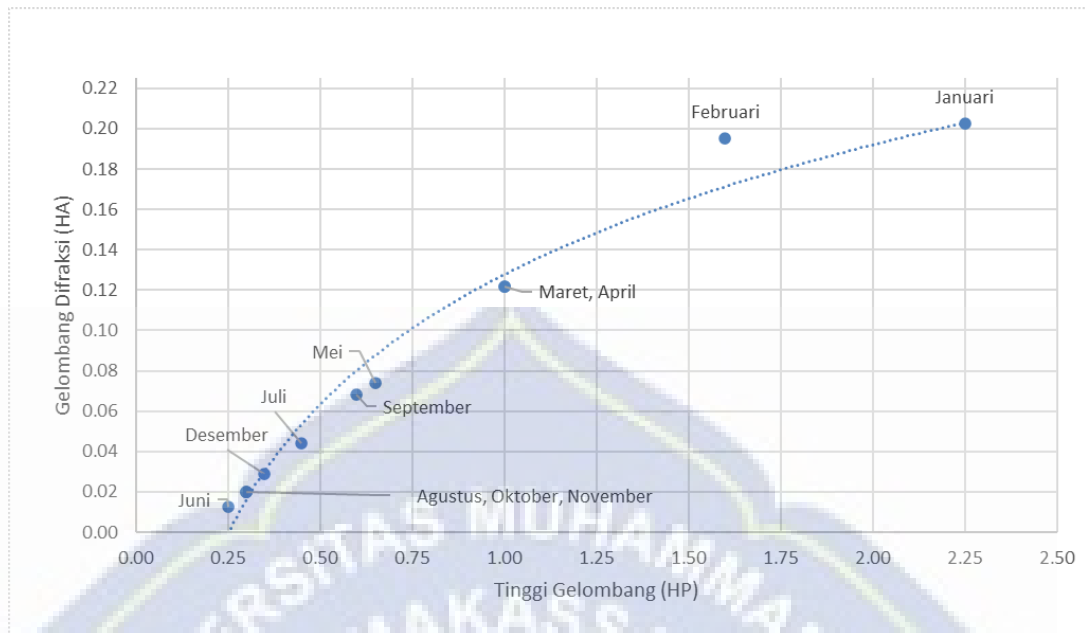
Berdasarkan grafik dan data perhitungan untuk jarak $r_2 = 140$ meter pada titik 2 (θ) = 90° dengan (β) = 45° , terlihat bahwa tinggi gelombang hasil difraksi (H_A)

cenderung meningkat seiring bertambahnya tinggi gelombang awal (H_p). Nilai H_A tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 0.275 meter, bertepatan dengan H_p tertinggi yaitu 2.25 meter. Sebaliknya, nilai H_A terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0.023 meter, ketika H_p hanya 0.25 meter.

Untuk hasil analisis perhitungan difraksi gelombang $r_3 = 210$ m pada titik 2 (θ) = 90° dengan (β) = 45° bulan Januari hingga Desember menggunakan rumus perhitungan yang serupa dan dapat dilihat pada tabel 26 berikut:

Tabel 24. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_3 = 210$ m

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	21.81	2.25	210	10	90	45	0.090	0.203
Februari	4	32.44	1.60	210	6	90	45	0.122	0.195
Maret	4	37.95	1.00	210	6	90	45	0.122	0.122
April	4	37.95	1.00	210	6	90	45	0.122	0.122
Mei	4	30.44	0.65	210	7	90	45	0.114	0.074
Juni	4	14.15	0.25	210	15	90	45	0.050	0.013
Juli	4	23.41	0.45	210	9	90	45	0.098	0.044
Agustus	4	16.69	0.30	210	13	90	45	0.066	0.020
September	4	28.78	0.60	210	7	90	45	0.114	0.068
Oktober	4	16.69	0.30	210	13	90	45	0.066	0.020
November	4	16.69	0.30	210	13	90	45	0.066	0.020
Desember	4	19.07	0.35	210	11	90	45	0.082	0.029



Gambar 33. Pengaruh tinggi gelombang terhadap gelombang difraksi untuk $R_3 = 210$ m Titik 2

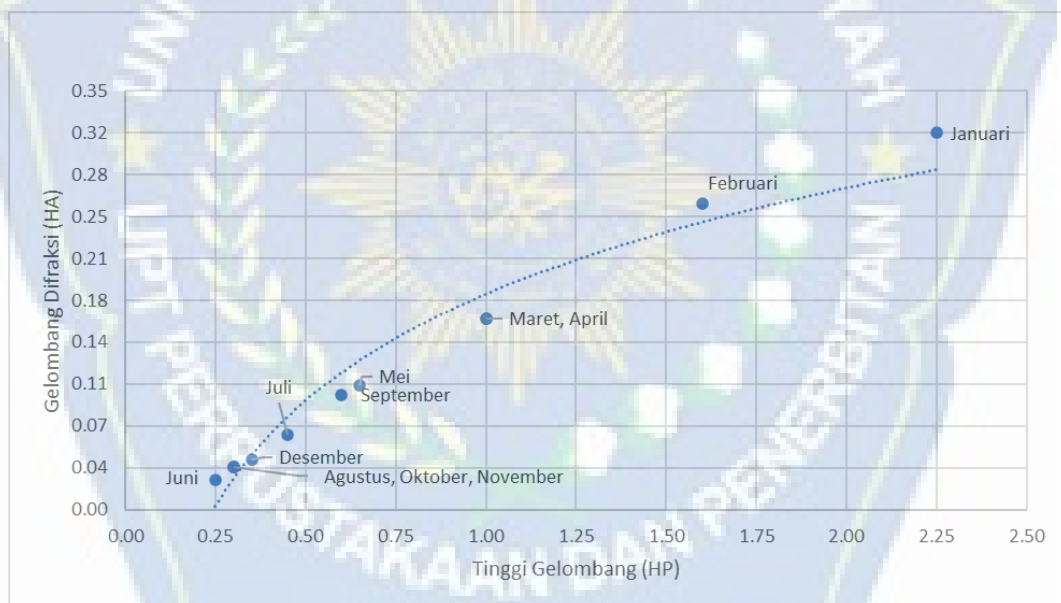
Berdasarkan grafik dan data perhitungan untuk jarak $r_3 = 210$ meter pada titik 2 ($\theta = 90^\circ$ dengan $(\beta) = 45^\circ$, terlihat bahwa tinggi gelombang hasil difraksi (H_A) cenderung meningkat seiring bertambahnya tinggi gelombang awal (H_P). Nilai H_A tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 0.203 meter, bertepatan dengan H_P tertinggi yaitu 2.25 meter. Sebaliknya, nilai H_A terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0.013 meter, ketika H_P hanya 0.25 meter.

3. Titik 3 ($\theta = 90^\circ$ dan $\beta = 15^\circ$)

Untuk hasil analisis perhitungan difraksi gelombang $r_1 = 70$ m pada titik 2 ($\theta = 90^\circ$ dengan $(\beta) = 15^\circ$ bulan Januari hingga Desember menggunakan rumus perhitungan yang serupa dan dapat dilihat pada tabel 27 berikut:

Tabel 25. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_1 = 70$ m

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ (°)	β (°)	K'	HA (m)
Januari	4	21.81	2.25	70	3	90	15	0.140	0.315
Februari	4	32.44	1.60	70	2	90	15	0.160	0.256
Maret	4	37.95	1.00	70	2	90	15	0.160	0.160
April	4	37.95	1.00	70	2	90	15	0.160	0.160
Mei	4	30.44	0.65	70	2	90	15	0.160	0.104
Juni	4	14.15	0.25	70	5	90	15	0.100	0.025
Juli	4	23.41	0.45	70	3	90	15	0.140	0.063
Agustus	4	16.69	0.30	70	4	90	15	0.120	0.036
September	4	28.78	0.60	70	2	90	15	0.160	0.096
Oktober	4	16.69	0.30	70	4	90	15	0.120	0.036
November	4	16.69	0.30	70	4	90	15	0.120	0.036
Desember	4	19.07	0.35	70	4	90	15	0.120	0.042



Gambar 34. Pengaruh tinggi gelombang terhadap gelombang difraksi untuk $R_1 = 70$ m Titik 3

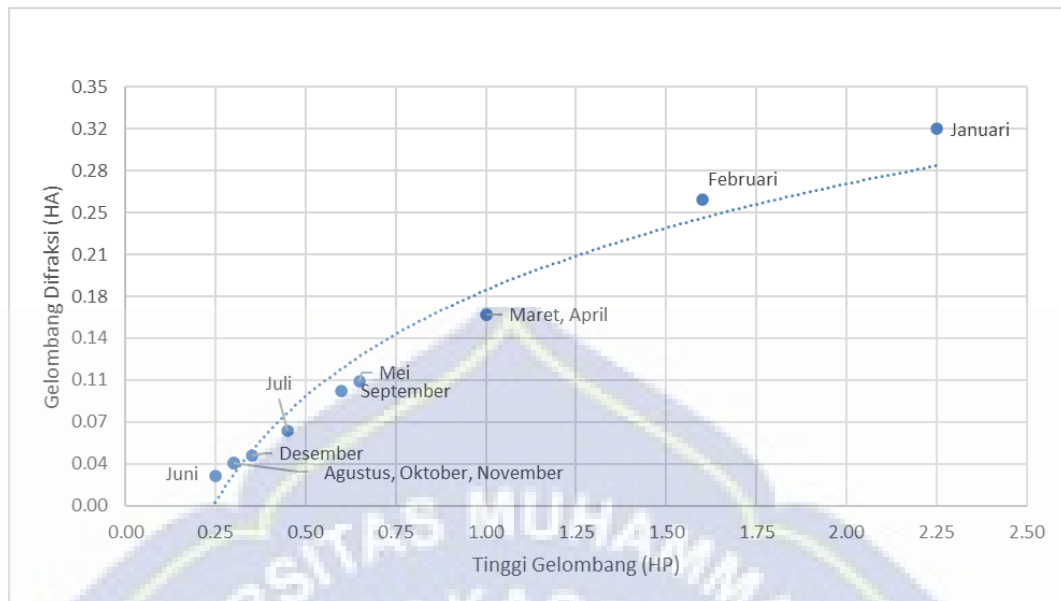
Berdasarkan grafik dan data perhitungan untuk jarak $r_1 = 70$ meter pada titik 3 (θ) = 90° dengan (β) = 15°, terlihat bahwa tinggi gelombang hasil difraksi (H_A) cenderung meningkat seiring bertambahnya tinggi gelombang awal (H_P). Nilai H_A

tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 0.315 meter, bertepatan dengan H_P tertinggi yaitu 2.25 meter. Sebaliknya, nilai H_A terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0.025 meter, ketika H_P hanya 0.25 meter.

Untuk hasil analisis perhitungan difraksi gelombang $r_2 = 140$ m pada titik 2 (θ) = 90° dengan (β) = 15° bulan Januari hingga Desember menggunakan rumus perhitungan yang serupa dan dapat dilihat pada tabel 28 berikut:

Tabel 26. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_2 = 140$ m

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	21.81	2.25	140	6	90	15	0.094	0.212
Februari	4	32.44	1.60	140	4	90	15	0.120	0.192
Maret	4	37.95	1.00	140	4	90	15	0.120	0.120
April	4	37.95	1.00	140	4	90	15	0.120	0.120
Mei	4	30.44	0.65	140	5	90	15	0.100	0.065
Juni	4	14.15	0.25	140	10	90	15	0.070	0.018
Juli	4	23.41	0.45	140	6	90	15	0.094	0.042
Agustus	4	16.69	0.30	140	8	90	15	0.082	0.025
September	4	28.78	0.60	140	5	90	15	0.100	0.060
Oktober	4	16.69	0.30	140	8	90	15	0.082	0.025
November	4	16.69	0.30	140	8	90	15	0.082	0.025
Desember	4	19.07	0.35	140	7	90	15	0.088	0.031



Gambar 35. Pengaruh tinggi gelombang terhadap gelombang difraksi untuk

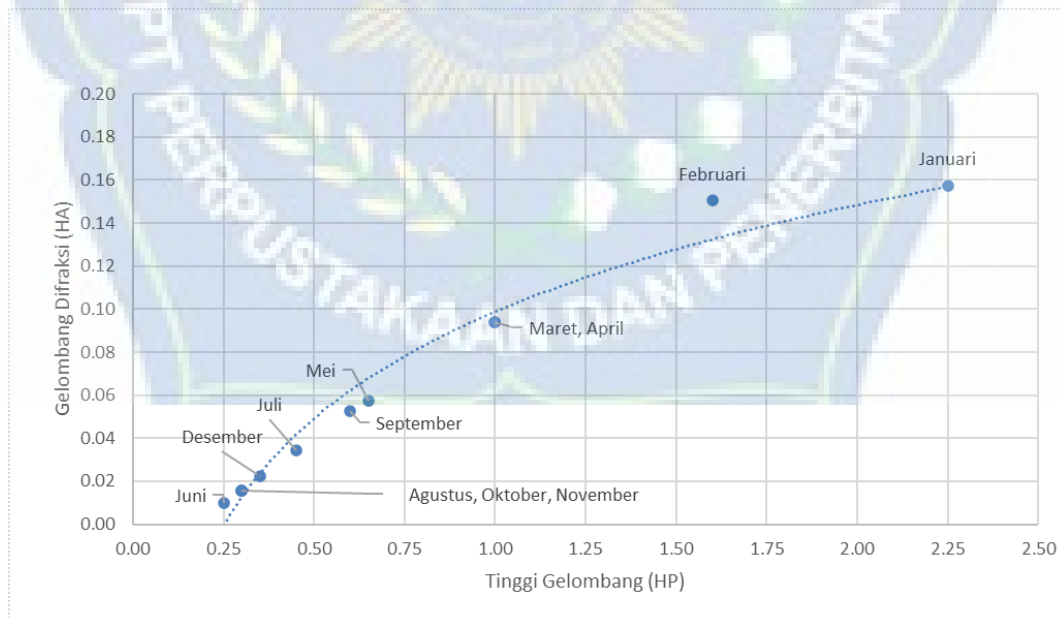
$R_2 = 140$ m Titik 3

Berdasarkan grafik dan data perhitungan untuk jarak $r_2 = 140$ meter pada titik 3 (θ) = 60° dengan (β) = 15° , terlihat bahwa tinggi gelombang hasil difraksi (H_A) cenderung meningkat seiring bertambahnya tinggi gelombang awal (H_P). Nilai H_A tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 0.320 meter, bertepatan dengan H_P tertinggi yaitu 2.25 meter. Sebaliknya, nilai H_A terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0.028 meter, ketika H_P hanya 0.25 meter.

Untuk hasil analisis perhitungan difraksi gelombang $r_3 = 210$ m pada titik 2 (θ) = 90° dengan (β) = 15° bulan Januari hingga Desember menggunakan rumus perhitungan yang serupa dan dapat dilihat pada tabel 29 berikut:

Tabel 27. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_3 = 210$ m

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	21.81	2.25	210	10	90	15	0.070	0.158
Februari	4	32.44	1.60	210	6	90	15	0.094	0.150
Maret	4	37.95	1.00	210	6	90	15	0.094	0.094
April	4	37.95	1.00	210	6	90	15	0.094	0.094
Mei	4	30.44	0.65	210	7	90	15	0.088	0.057
Juni	4	14.15	0.25	210	15	90	15	0.040	0.010
Juli	4	23.41	0.45	210	9	90	15	0.076	0.034
Agustus	4	16.69	0.30	210	13	90	15	0.052	0.016
September	4	28.78	0.60	210	7	90	15	0.088	0.053
Oktober	4	16.69	0.30	210	13	90	15	0.052	0.016
November	4	16.69	0.30	210	13	90	15	0.052	0.016
Desember	4	19.07	0.35	210	11	90	15	0.064	0.022



Gambar 36. Pengaruh tinggi gelombang terhadap gelombang difraksi untuk

$R_3 = 210$ m Titik 3

Berdasarkan grafik dan data perhitungan untuk jarak $r_3 = 210$ meter pada titik 3 (θ) = 90° dengan (β) = 15° , terlihat bahwa tinggi gelombang hasil difraksi (H_A) cenderung meningkat seiring bertambahnya tinggi gelombang awal (H_P). Nilai H_A tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 0.158 meter, bertepatan dengan H_P tertinggi yaitu 2.25 meter. Sebaliknya, nilai H_A terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0.010 meter, ketika H_P hanya 0.25 meter.



BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dalam penelitian mengenai pengaruh tinggi gelombang terhadap difraksi di Pulau Gusung, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis gelombang di Pulau Gusung selama 2019–2023 menunjukkan adanya variasi musiman yang jelas. Tinggi gelombang tertinggi terjadi pada Januari 2023 (2.25 m) dan terendah pada April 2020 (0.15 m). Panjang gelombang terpanjang tercatat pada Desember 2020 dan Januari 2021 (72.58 m), sedangkan terpendek pada Desember 2019 (6.82 m). Kondisi ekstrem gelombang umumnya muncul pada musim barat, sedangkan gelombang terendah terjadi pada musim timur atau peralihan, yang menunjukkan pengaruh kuat angin musiman terhadap dinamika gelombang di wilayah ini.
2. Hasil analisis difraksi menunjukkan bahwa tinggi gelombang datang (H_P) sebesar 2.25 m berpengaruh langsung terhadap tinggi gelombang setelah mengalami difraksi (H_A) di belakang breakwater. Nilai H_A menurun seiring bertambahnya jarak dan perubahan sudut difraksi. Pada sudut $\beta = 75^\circ$, tinggi gelombang difraksi sebesar 0.727 m pada $r = 70$ m, menurun menjadi 0.576 m pada $r = 140$ m dan 0.450 m pada $r = 210$ m. Pada sudut $\beta = 45^\circ$, nilai H_A tercatat 0.398 m; 0.275 m; dan 0.203 m pada jarak yang sama, sedangkan pada sudut $\beta = 15^\circ$ nilainya lebih kecil lagi, yaitu 0.315 m; 0.212 m; dan 0.158 m. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak pengamatan (r) dan semakin

kecil sudut difraksi (β), semakin besar redaman energi yang terjadi. Dengan demikian, difraksi terbukti efektif dalam mengurangi tinggi gelombang dan memberikan perlindungan di area belakang breakwater.

B. Saran

1. Pemerintah atau pengelola wilayah pesisir di Kota Makassar diharapkan mempertimbangkan hasil penelitian ini dalam perencanaan zona wisata bahari dan perlindungan pantai, khususnya dalam menata jalur aman terhadap potensi gelombang tinggi akibat difraksi.
2. Perlu dilakukan studi lanjutan untuk memantau perubahan garis pantai, serta distribusi sedimen di sekitar Pulau Gusung. Hal ini penting untuk mengevaluasi stabilitas pulau yang terbentuk dan potensi dampak jangka panjang dari proses sedimentasi terhadap efektivitas difraksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiah, Nur Aisyah, Muh Fakhruddin Darwis, Hamzah Al Imran, and Andi Makbul Syamsuri. 2024. "Analisis Perubahan Garis Pantai Takkalasi Kecamatan Balusu Kabupaten Barru." *Arus Jurnal Sains Dan Teknologi* 2 (1): 64–71. <https://doi.org/10.57250/ajst.v2i1.338>.
- Anggraeni, Sisilia Nur Hikmah, Sudarti Sudarti, and Yushardi Yushardi. 2022. "Pemanfaatan Fenomena Angin Darat Dan Angin Laut Oleh Nelayan Untuk Mencari Ikan Di Pantai Puger Kabupaten Jember." *Jurnal Sains Riset* 12 (3): 604–11. <https://doi.org/10.47647/jsr.v12i3.832>.
- Ch, Joseph; Latupeirissa, Etmon Octavian. 2022. "Analisa Perubahan Garis Pantai Dan Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Di Negeri Amdua Kecamatan Amahai Kabupaten Maluku Tengah" 9:356–63.
- Christian, Jonathan A, M Ihsan Jasin, and Arthur H Thambas. 2024. "Analisis Perbandingan Pengaruh Kedalaman Terhadap" 22 (89).
- Dauhan, Stefani Kristie, H. Tawas, H. Tangkudung, and J. D. Mamoto. 2013. "Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap." *Jurnal Sipil Statik* 1 (12): 784–96.
- Fabiola, Nathania, Rompas Muhammad, I Jasin, and Hansje J Tawas. 2022. "Analisis Pasang Surut Di Pantai Mahembang Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara." *Jurnal Sipil Statik* 10 (1): 63–68.
- Haqiqi, Jihad Faruq. 2018. *Analisa Pola Arus Laut Dalam Mendukung Pengembangan Energi Listrik Tenaga Arus Di Selat Toyopakeh, Nusa Penida, Bali. Insitut Teknologi Sepuluh November*.
- Harianja, Bryan Holy, Armono D Haryo, and Musta'in Mahmud. 2018. "Studi Eksperimen Refleksi Gelombang Pada Artificial Hexareef Akibat Pengaruh Konfigurasi Horizontal," 1–45.
- Imbar, Sesty E.J. 2020. "Analisis Deformasi Gelombang Pada Pantai Minahasa Barat." *Jurnal Sipil Statik* 8 (1): 65–70.
- Kapitan, Rama. 2014. "Studi Difraksi Gelombang Menggunakan Persamaan Hiperbola." *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Lampung* 18 (2): 90–102.
- Karamma, Riswal, Muhammad Saleh Pallu, Muhammad Arsyad Thaha, and Mukhsan Putra Hatta. 2020. "Penjalaran Pasang Surut Dan Difraksi Gelombang Pada Muara Sungai Jeneberang." *Jurnal Sipilsains* 10 2 (September): 151–56. <http://ithh.journal.ipb.ac.id/index.php/p2wd/article/view/22930>.
- Kusnida, Dida, Mira Yosi, Sonny Mawardi, Joni Widodo, and Lukman Arifin.

2020. "Analisis Proses Sedimentasi Di Tapak Pelabuhan Palabuhanratu-Kabupaten Sukabumi." *Jurnal Geologi Kelautan* 18 (2). <https://doi.org/10.32693/jgk.18.2.2020.673>.
- M. F. Telussa, Ch. Joseph, CF. Dahoklory. 2022. "Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Revetment Pada Pantai Wisata Kuako Kecamatan Amahai Kabupaten Maluku Tengah" 9:356–63.
- Muliati, Yati. 2020. *Rekayasa Pantai*. Penerbit Itenas. Bandung. Vol. 1. <https://ebook.itenas.ac.id/repository/221721c86830dddbba6c5cca30c70138.pdf>.
- Mumtaz, Muhammad Yasryril, Mukhtasor, and Shade Rahmawati. 2020. "Studi Potensi Energi Gelombang Laut Di Pantai Selatan Banyuwangi Menggunakan Sumber Data ERA5 (ECMWF) Dan Pengukuran Lapangan" 5.
- Ningsih, Indri Sulistia, Denny Nugroho S, and Fauzi Budi Prasetyo. 2013. "Analisis Penjalaran Dan Transformasi Gelombang Di Pulau Subi Kecil Kabupaten Natuna Provinsi Kepulauan Riau." *Jurnal Oseanografi* 2 (may 2012): 179–88.
- Pratama, Dias Titis Budi. 2017. "Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Menanggulangi Masalah Erosi Di Pantai Lontar, Kota Tangerang." *Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS*, 140. <http://repository.its.ac.id/45276/>.
- Pratikto, Widi, Suntoyo, Solikhin, and Kriyo Sambodho. 2014. "Struktur Pelindung Pantai." *Dictionary Geotechnical Engineering/Wörterbuch GeoTechnik*, 245–245. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6_32893.
- Rika Widianita, Dkk. 2023. "Pemodelan Gelombang Di Teluk Lampung." *AT-TAWASSUTH: Jurnal Ekonomi Islam* VIII (I): 1–19.
- Sugiyono. 2024. *Metode Penelitian Kualitatif: Teori Dan Penerapannya. Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. Vol. 2.
- Taryono, Taryono, Ibnu Sofian, A. Rita Tisiana D. Kuswardani, and Tasdik Mustika Alam. 2022. "Analisis Panjang Dan Tinggi Gelombang Untuk Operasi KRI TNI-AL Di Perairan Indonesia." *Jurnal Chart Datum* 2 (1): 72–87. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v2i1.77>.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. "Buku Teknik Pantai." *Beta Offset*.
- Wattimena, Jessica D., and Mansye Ronal Ayah. 2019. "Analisis Perubahan Garis Pantai Desa Rutong Kota Ambon." *Jurnal Teknik Sipil* 14 (2): 115–36. <https://doi.org/10.28932/jts.v14i2.1796>.





BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PAOTERE MAKASSAR

Jln. Sabutung 1 No. 30 Makassar 90163
 Telp : (0411) 3619242 Fax : (0411) 3628235
 Email : stamar.paotere@bmkg.go.id, meteo_marptr@yahoo.co.id

Tahun	Bulan	Kecepatan Angin (knot)	Arah Angin (°)	Tinggi Gelombang (m)
2019	Jan	7.2	320	2.15
2019	Feb	2.7	330	1.00
2019	Mar	5.1	335	1.25
2019	Apr	0.9	110	0.60
2019	Mei	6.9	150	0.65
2019	Jun	9.1	140	0.75
2019	Jul	8.1	130	0.80
2019	Agu	9.4	140	0.85
2019	Sep	9.2	140	1.00
2019	Okt	9.4	150	0.85
2019	Nov	8.0	160	0.65
2019	Des	1.6	300	0.30
2020	Jan	6.4	310	1.50
2020	Feb	6.1	320	1.00
2020	Mar	2.6	330	0.65
2020	Apr	1.8	110	0.75
2020	Mei	4.8	130	0.60
2020	Jun	8.2	135	0.85
2020	Jul	9.3	135	0.80
2020	Agu	7.8	134	0.90
2020	Sep	8.9	140	0.95
2020	Okt	6.8	150	0.75
2020	Nov	2.3	150	0.75
2020	Des	5.8	310	1.30

Tahun	Bulan	Kecepatan Angin (knot)	Arah Angin (°)	Tinggi Gelombang (m)
2021	Jan	7.0	310	1.30
2021	Feb	6.4	310	1.25
2021	Mar	3.7	330	0.90
2021	Apr	2.8	180	1.60
2021	Mei	5.1	140	0.50
2021	Jun	3.8	130	0.50
2021	Jul	6.4	140	0.75
2021	Agu	6.2	140	0.85
2021	Sep	5.6	140	0.90
2021	Okt	7.8	160	0.80
2021	Nov	1.8	340	0.60
2021	Des	6.3	310	2.00
2022	Jan	8.2	309	1.50
2022	Feb	6.8	313	1.40
2022	Mar	3.1	340	0.70
2022	Apr	2.1	141	0.15
2022	Mei	2.4	126	0.45
2022	Jun	4.3	126	0.50
2022	Jul	6.9	131	0.65
2022	Agu	6.1	138	0.70
2022	Sep	8.2	148	0.75
2022	Okt	2.8	144	0.60
2022	Nov	1.6	343	0.60
2022	Des	4.6	350	0.30
2023	Jan	17.3	290	2.25
2023	Feb	15.4	290	1.60
2023	Mar	10.2	20	1.00
2023	Apr	9.7	310	1.00
2023	Mei	11.5	172	0.65
2023	Jun	6.2	102	0.25
2023	Jul	11.5	130	0.45
2023	Agu	9.8	130	0.30
2023	Sep	14.5	140	0.60
2023	Okt	7.6	115	0.30
2023	Nov	5.5	135	0.30
2023	Des	5.8	340	0.35

Tabel Koefisien difraksi gelombang K' , dari gelombang datang dengan sudut θ , sebagai fungsi r/L dan β (Wiegel, dalam Sorensen, 1978)

(Sumber, Triatmodjo 1999)

r/L	β (derajat)													
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
$\theta = 15^\circ$														
1/2	0.49	0.79	0.83	0.90	0.97	1.01	1.03	1.02	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00	
1	0.38	0.73	0.83	0.95	1.04	1.04	0.99	0.98	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	
2	0.21	0.68	0.86	1.05	1.03	0.97	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
5	0.13	0.63	0.99	1.04	1.03	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	
10	0.35	0.58	1.10	1.05	0.98	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
$\theta = 30^\circ$														
1/2	0.61	0.63	0.68	0.76	0.87	0.97	1.03	1.05	1.03	1.01	0.99	0.95	1.00	
1	0.50	0.53	0.63	0.78	0.95	1.06	1.05	0.98	0.98	1.01	1.01	0.97	1.00	
2	0.40	0.44	0.59	0.84	1.07	1.03	0.96	1.02	0.98	1.01	0.99	0.95	1.00	
5	0.27	0.32	0.55	1.00	1.04	1.04	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	0.97	1.00	
10	0.20	0.24	0.54	1.12	1.06	0.97	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	
$\theta = 45^\circ$														
1/2	0.49	0.50	0.55	0.63	0.73	0.85	0.96	1.04	1.06	1.04	1.00	0.99	1.00	
1	0.38	0.40	0.47	0.59	0.76	0.95	1.07	1.06	0.98	0.97	1.01	1.01	1.00	
2	0.29	0.31	0.39	0.56	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00	1.00	
5	0.18	0.20	0.29	0.54	1.01	1.04	1.05	1.03	1.00	0.99	1.01	1.00	1.00	
10	0.13	0.15	0.22	0.53	1.13	1.07	0.96	0.98	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00	
$\theta = 60^\circ$														
1/2	0.40	0.41	0.45	0.52	0.60	0.72	0.85	1.13	1.04	1.06	1.03	1.01	1.00	
1	0.31	0.32	0.36	0.44	0.57	0.75	0.96	1.08	1.06	0.98	0.98	1.01	1.00	
2	0.22	0.23	0.28	0.37	0.55	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00	
5	0.14	0.15	0.18	0.28	0.53	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00	1.00	
10	0.10	0.11	0.13	0.21	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00	1.00	
$\theta = 75^\circ$														
1/2	0.34	0.35	0.38	0.42	0.50	0.59	0.71	0.85	0.97	1.04	1.05	1.02	1.00	
1	0.25	0.26	0.29	0.34	0.43	0.56	0.75	0.95	1.02	1.06	0.98	0.98	1.00	
2	0.18	0.19	0.22	0.26	0.36	0.54	0.83	1.09	1.04	0.96	1.03	0.99	1.00	
5	0.12	0.12	0.13	0.17	0.27	0.52	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00	
10	0.08	0.08	0.10	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00	
$\theta = 90^\circ$														
1/2	0.31	0.31	0.33	0.36	0.41	0.49	0.59	0.71	0.85	0.96	1.03	1.03	1.00	
1	0.22	0.22	0.24	0.28	0.33	0.42	0.56	0.75	0.96	1.07	1.05	0.99	1.00	
2	0.16	0.16	0.18	0.20	0.26	0.35	0.54	0.69	1.08	1.04	0.96	1.02	1.00	
5	0.10	0.10	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.05	1.02	0.99	1.00	
10	0.07	0.07	0.08	0.09	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.99	1.01	1.00	

Lanjutan Tabel Koefisien difraksi gelombang K' , dari gelombang datang dengan sudut θ , sebagai fungsi r/L dan β (Wiegel, dalam Sorensen, 1978)

(Sumber, Triatmodjo 1999)

r/L	β (derajat)												
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
$\theta = 105^\circ$													
1/2	0.28	0.28	0.29	0.32	0.35	0.41	0.49	0.59	0.72	0.85	0.97	1.01	1.00
1	0.20	0.20	0.24	0.23	0.27	0.33	0.42	0.56	0.75	0.95	1.06	1.04	1.00
2	0.14	0.14	0.13	0.17	0.20	0.25	0.35	0.54	0.83	1.08	1.03	0.97	1.00
5	0.09	0.09	0.10	0.11	0.13	0.17	0.27	0.52	1.02	1.04	1.04	1.02	1.00
10	0.07	0.06	0.08	0.08	0.09	0.12	0.20	0.52	1.14	1.07	0.97	0.99	1.00
$\theta = 120^\circ$													
1/2	0.25	0.26	0.27	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.60	0.73	0.87	0.97	1.00
1	0.18	0.19	0.19	0.21	0.23	0.27	0.33	0.43	0.57	0.76	0.95	1.04	1.00
2	0.13	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.16	0.55	0.83	1.07	1.03	1.00
5	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.03	1.00
10	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.13	0.20	0.52	1.13	1.06	0.98	1.00
$\theta = 135^\circ$													
1/2	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.28	0.32	0.36	0.42	0.52	0.63	0.76	1.00
1	0.18	0.17	0.18	0.18	0.19	0.21	0.23	0.28	0.34	0.44	0.59	0.78	1.00
2	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.37	0.56	0.84	1.00
5	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.17	0.28	0.54	1.00	1.00
10	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.13	0.21	0.53	1.12	1.00
$\theta = 150^\circ$													
1/2	0.23	0.23	0.24	0.25	0.27	0.29	0.33	0.38	0.45	0.55	0.68	0.83	1.00
1	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.22	0.24	0.29	0.36	0.47	0.63	0.83	1.00
2	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15	0.18	0.22	0.28	0.39	0.59	0.86	1.00
5	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.18	0.29	0.55	0.99	1.00
10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.22	0.54	1.10	1.00
$\theta = 165^\circ$													
1/2	0.23	0.23	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.63	0.79	1.00
1	0.16	0.16	0.17	0.17	0.19	0.20	0.23	0.26	0.32	0.40	0.53	0.73	1.00
2	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.16	0.19	0.23	0.31	0.44	0.68	1.00
5	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.20	0.32	0.63	1.00
10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.11	0.11	0.21	0.58	1.00
$\theta = 180^\circ$													
1/2	0.20	0.25	0.23	0.24	0.25	0.28	0.31	0.34	0.40	0.49	0.61	0.78	1.00
1	0.10	0.17	0.16	0.18	0.18	0.23	0.22	0.25	0.31	0.38	0.50	0.70	1.00
2	0.02	0.09	0.12	0.12	0.13	0.18	0.16	0.18	0.22	0.29	0.40	0.60	1.00
5	0.02	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18	0.27	0.46	1.00
10	0.01	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.13	0.20	0.36	1.00

Tabel L-1. Fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L₀ (Januari)

LAMPIRAN 1

381

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.1500	0.18330	1.1517	0.8183	1.4238	1.7399	0.913	0.5748	2.3035	4.9544	5.054	0.7325
0.1510	0.18414	1.1570	0.8201	1.4329	1.7474	0.913	0.5723	2.3139	5.0077	5.107	0.7310
0.1520	0.18497	1.1622	0.8218	1.4421	1.7549	0.913	0.5698	2.3244	5.0615	5.159	0.7296
0.1530	0.18581	1.1675	0.8235	1.4513	1.7625	0.913	0.5674	2.3349	5.1158	5.213	0.7282
0.1540	0.18664	1.1727	0.8251	1.4606	1.7701	0.913	0.5649	2.3454	5.1707	5.267	0.7268
0.1550	0.18747	1.1779	0.8268	1.4699	1.7778	0.913	0.5625	2.3559	5.2262	5.321	0.7254
0.1560	0.18831	1.1832	0.8284	1.4792	1.7855	0.913	0.5601	2.3663	5.2822	5.376	0.7240
0.1570	0.18914	1.1884	0.8301	1.4886	1.7933	0.913	0.5576	2.3768	5.3388	5.432	0.7226
0.1580	0.18997	1.1936	0.8317	1.4980	1.8011	0.913	0.5552	2.3873	5.3960	5.488	0.7212
0.1590	0.19081	1.1989	0.8333	1.5074	1.8090	0.913	0.5528	2.3978	5.4538	5.545	0.7198
0.1600	0.19164	1.2041	0.8349	1.5169	1.8169	0.913	0.5504	2.4082	5.5122	5.602	0.7184
0.1610	0.19248	1.2094	0.8365	1.5265	1.8249	0.913	0.5480	2.4187	5.5712	5.660	0.7171
0.1620	0.19331	1.2146	0.8381	1.5360	1.8329	0.913	0.5456	2.4292	5.6308	5.719	0.7157
0.1630	0.19414	1.2198	0.8396	1.5457	1.8410	0.913	0.5432	2.4397	5.6910	5.778	0.7143
0.1640	0.19498	1.2251	0.8411	1.5553	1.8491	0.913	0.5408	2.4501	5.7519	5.838	0.7130
0.1650	0.19581	1.2303	0.8427	1.5650	1.8572	0.913	0.5384	2.4606	5.8133	5.899	0.7116
0.1660	0.19664	1.2355	0.8442	1.5748	1.8655	0.913	0.5361	2.4711	5.8755	5.960	0.7103
0.1670	0.19748	1.2408	0.8457	1.5846	1.8737	0.913	0.5337	2.4816	5.9383	6.022	0.7089
0.1680	0.19831	1.2460	0.8472	1.5944	1.8821	0.913	0.5313	2.4921	6.0017	6.084	0.7076
0.1690	0.19915	1.2513	0.8486	1.6043	1.8905	0.913	0.5290	2.5025	6.0658	6.148	0.7063
0.1700	0.19998	1.2565	0.8501	1.6143	1.8989	0.913	0.5266	2.5130	6.1306	6.212	0.7050
0.1710	0.20081	1.2618	0.8515	1.6242	1.9074	0.913	0.5243	2.5235	6.1961	6.276	0.7036
0.1720	0.20165	1.2670	0.8530	1.6343	1.9159	0.914	0.5219	2.5340	6.2622	6.342	0.7023
0.1730	0.20248	1.2722	0.8544	1.6443	1.9245	0.914	0.5196	2.5445	6.3291	6.408	0.7010
0.1740	0.20332	1.2775	0.8558	1.6544	1.9332	0.914	0.5173	2.5550	6.3967	6.474	0.6997
0.1750	0.20415	1.2827	0.8572	1.6646	1.9419	0.914	0.5150	2.5655	6.4650	6.542	0.6984
0.1760	0.20499	1.2880	0.8586	1.6748	1.9507	0.914	0.5126	2.5760	6.5340	6.610	0.6971
0.1770	0.20582	1.2932	0.8600	1.6851	1.9595	0.914	0.5103	2.5865	6.6038	6.679	0.6958
0.1780	0.20666	1.2985	0.8613	1.6954	1.9683	0.914	0.5080	2.5970	6.6743	6.749	0.6946
0.1790	0.20749	1.3037	0.8627	1.7057	1.9773	0.914	0.5058	2.6075	6.7454	6.819	0.6933

Lanjutan Fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L₀ (Februari)

LAMPIRAN 1

377

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_0	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.0300	0.07135	0.4483	0.4205	0.4635	1.1022	1.125	0.9073	0.8966	1.0217	1.430	0.9388
0.0310	0.07261	0.4562	0.4270	0.4722	1.1059	1.118	0.9043	0.9124	1.0444	1.446	0.9368
0.0320	0.07385	0.4640	0.4334	0.4808	1.1096	1.111	0.9012	0.9280	1.0671	1.462	0.9348
0.0330	0.07508	0.4717	0.4396	0.4894	1.1133	1.104	0.8982	0.9435	1.0898	1.479	0.9329
0.0340	0.07629	0.4793	0.4457	0.4979	1.1171	1.098	0.8952	0.9587	1.1124	1.496	0.9309
0.0350	0.07749	0.4869	0.4517	0.5063	1.1209	1.092	0.8922	0.9737	1.1351	1.513	0.9289
0.0360	0.07867	0.4943	0.4576	0.5147	1.1247	1.086	0.8891	0.9886	1.1577	1.530	0.9270
0.0370	0.07984	0.5017	0.4634	0.5230	1.1285	1.080	0.8861	1.0033	1.1803	1.547	0.9250
0.0380	0.08100	0.5090	0.4691	0.5312	1.1323	1.075	0.8831	1.0179	1.2030	1.564	0.9231
0.0390	0.08215	0.5162	0.4747	0.5394	1.1362	1.069	0.8801	1.0323	1.2257	1.582	0.9211
0.0400	0.08329	0.5233	0.4803	0.5475	1.1401	1.064	0.8771	1.0466	1.2485	1.600	0.9192
0.0410	0.08442	0.5304	0.4857	0.5556	1.1440	1.059	0.8741	1.0608	1.2713	1.617	0.9172
0.0420	0.08553	0.5374	0.4910	0.5637	1.1479	1.055	0.8711	1.0749	1.2941	1.635	0.9153
0.0430	0.08664	0.5444	0.4963	0.5717	1.1519	1.050	0.8682	1.0888	1.3170	1.654	0.9134
0.0440	0.08774	0.5513	0.5015	0.5796	1.1558	1.046	0.8652	1.1026	1.3400	1.672	0.9114
0.0450	0.08883	0.5581	0.5066	0.5876	1.1598	1.042	0.8622	1.1163	1.3630	1.690	0.9095
0.0460	0.08991	0.5649	0.5116	0.5955	1.1639	1.038	0.8592	1.1299	1.3861	1.709	0.9076
0.0470	0.09098	0.5717	0.5166	0.6033	1.1679	1.034	0.8562	1.1433	1.4092	1.728	0.9057
0.0480	0.09205	0.5784	0.5215	0.6111	1.1720	1.030	0.8533	1.1567	1.4325	1.747	0.9037
0.0490	0.09311	0.5850	0.5263	0.6189	1.1760	1.026	0.8503	1.1700	1.4558	1.766	0.9018
0.0500	0.09416	0.5916	0.5310	0.6267	1.1802	1.023	0.8473	1.1832	1.4792	1.786	0.8999
0.0510	0.09520	0.5981	0.5357	0.6345	1.1843	1.019	0.8444	1.1963	1.5028	1.805	0.8980
0.0520	0.09623	0.6047	0.5404	0.6422	1.1884	1.016	0.8414	1.2093	1.5264	1.825	0.8961
0.0530	0.09726	0.6111	0.5449	0.6499	1.1926	1.013	0.8385	1.2223	1.5501	1.845	0.8942
0.0540	0.09829	0.6176	0.5494	0.6576	1.1968	1.010	0.8355	1.2351	1.5740	1.865	0.8924
0.0550	0.09930	0.6239	0.5539	0.6652	1.2010	1.007	0.8326	1.2479	1.5979	1.885	0.8905
0.0560	0.10031	0.6303	0.5583	0.6729	1.2053	1.004	0.8297	1.2606	1.6220	1.905	0.8886
0.0570	0.10132	0.6366	0.5626	0.6805	1.2096	1.001	0.8267	1.2732	1.6462	1.926	0.8867
0.0580	0.10232	0.6429	0.5669	0.6881	1.2139	0.998	0.8238	1.2858	1.6705	1.947	0.8848
0.0590	0.10331	0.6491	0.5711	0.6957	1.2182	0.996	0.8209	1.2983	1.6950	1.968	0.8830

Lanjutan Fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L₀ (Maret dan April)

378

TEKNIK PANTAI

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.0600	0.10430	0.6554	0.5753	0.7033	1.2225	0.993	0.8180	1.3107	1.7196	1.989	0.8811
0.0610	0.10529	0.6615	0.5794	0.7109	1.2269	0.991	0.8151	1.3231	1.7443	2.011	0.8793
0.0620	0.10627	0.6677	0.5835	0.7184	1.2313	0.988	0.8121	1.3354	1.7692	2.032	0.8774
0.0630	0.10724	0.6738	0.5875	0.7260	1.2357	0.986	0.8092	1.3476	1.7942	2.054	0.8755
0.0640	0.10821	0.6799	0.5915	0.7335	1.2402	0.984	0.8063	1.3598	1.8194	2.076	0.8737
0.0650	0.10918	0.6860	0.5954	0.7410	1.2446	0.981	0.8034	1.3719	1.8447	2.098	0.8719
0.0660	0.11014	0.6920	0.5993	0.7486	1.2491	0.979	0.8005	1.3840	1.8702	2.121	0.8700
0.0670	0.11109	0.6980	0.6031	0.7561	1.2537	0.977	0.7977	1.3960	1.8958	2.143	0.8682
0.0680	0.11205	0.7040	0.6069	0.7636	1.2582	0.975	0.7948	1.4080	1.9216	2.166	0.8664
0.0690	0.11300	0.7100	0.6107	0.7711	1.2628	0.973	0.7919	1.4199	1.9476	2.189	0.8645
0.0700	0.11394	0.7159	0.6144	0.7787	1.2674	0.971	0.7890	1.4318	1.9737	2.213	0.8627
0.0710	0.11488	0.7218	0.6180	0.7862	1.2720	0.969	0.7861	1.4437	2.0000	2.236	0.8609
0.0720	0.11582	0.7277	0.6217	0.7937	1.2767	0.968	0.7833	1.4554	2.0265	2.260	0.8591
0.0730	0.11675	0.7336	0.6253	0.8012	1.2814	0.966	0.7804	1.4672	2.0532	2.284	0.8573
0.0740	0.11769	0.7394	0.6288	0.8087	1.2861	0.964	0.7776	1.4789	2.0801	2.308	0.8555
0.0750	0.11861	0.7453	0.6323	0.8162	1.2908	0.962	0.7747	1.4905	2.1071	2.332	0.8537
0.0760	0.11954	0.7511	0.6358	0.8237	1.2956	0.961	0.7719	1.5022	2.1344	2.357	0.8519
0.0770	0.12046	0.7569	0.6392	0.8312	1.3004	0.959	0.7690	1.5138	2.1618	2.382	0.8501
0.0780	0.12138	0.7626	0.6426	0.8388	1.3052	0.958	0.7662	1.5253	2.1895	2.407	0.8483
0.0790	0.12229	0.7684	0.6460	0.8463	1.3100	0.956	0.7633	1.5368	2.2173	2.432	0.8465
0.0800	0.12321	0.7741	0.6493	0.8538	1.3149	0.955	0.7605	1.5483	2.2454	2.458	0.8448
0.0810	0.12412	0.7799	0.6526	0.8613	1.3198	0.953	0.7577	1.5597	2.2736	2.484	0.8430
0.0820	0.12503	0.7856	0.6559	0.8689	1.3247	0.952	0.7549	1.5711	2.3021	2.510	0.8412
0.0830	0.12593	0.7912	0.6591	0.8764	1.3297	0.951	0.7520	1.5825	2.3308	2.536	0.8395
0.0840	0.12683	0.7969	0.6623	0.8840	1.3347	0.949	0.7492	1.5938	2.3597	2.563	0.8377
0.0850	0.12773	0.8026	0.6655	0.8915	1.3397	0.948	0.7464	1.6051	2.3889	2.590	0.8360
0.0860	0.12863	0.8082	0.6686	0.8991	1.3448	0.947	0.7436	1.6164	2.4182	2.617	0.8342
0.0870	0.12953	0.8138	0.6717	0.9067	1.3499	0.946	0.7408	1.6277	2.4478	2.644	0.8325
0.0880	0.13042	0.8194	0.6748	0.9143	1.3550	0.944	0.7380	1.6389	2.4777	2.672	0.8307
0.0890	0.13131	0.8250	0.6778	0.9219	1.3601	0.943	0.7352	1.6501	2.5077	2.700	0.8290

Lanjutan Fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L₀ (Mei)

378

TEKNIK PANTAI

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.0600	0.10430	0.6554	0.5753	0.7033	1.2225	0.993	0.8180	1.3107	1.7196	1.989	0.8811
0.0610	0.10529	0.6615	0.5794	0.7109	1.2269	0.991	0.8151	1.3231	1.7443	2.011	0.8793
0.0620	0.10627	0.6677	0.5835	0.7184	1.2313	0.988	0.8121	1.3354	1.7692	2.032	0.8774
0.0630	0.10724	0.6738	0.5875	0.7260	1.2357	0.986	0.8092	1.3476	1.7942	2.054	0.8755
0.0640	0.10821	0.6799	0.5915	0.7335	1.2402	0.984	0.8063	1.3598	1.8194	2.076	0.8737
0.0650	0.10918	0.6860	0.5954	0.7410	1.2446	0.981	0.8034	1.3719	1.8447	2.098	0.8719
0.0660	0.11014	0.6920	0.5993	0.7486	1.2491	0.979	0.8005	1.3840	1.8702	2.121	0.8700
0.0670	0.11109	0.6980	0.6031	0.7561	1.2537	0.977	0.7977	1.3960	1.8958	2.143	0.8682
0.0680	0.11205	0.7040	0.6069	0.7636	1.2582	0.975	0.7948	1.4080	1.9216	2.166	0.8664
0.0690	0.11300	0.7100	0.6107	0.7711	1.2628	0.973	0.7919	1.4199	1.9476	2.189	0.8645
0.0700	0.11394	0.7159	0.6144	0.7787	1.2674	0.971	0.7890	1.4318	1.9737	2.213	0.8627
0.0710	0.11488	0.7218	0.6180	0.7862	1.2720	0.969	0.7861	1.4437	2.0000	2.236	0.8609
0.0720	0.11582	0.7277	0.6217	0.7937	1.2767	0.968	0.7833	1.4554	2.0265	2.260	0.8591
0.0730	0.11675	0.7336	0.6253	0.8012	1.2814	0.966	0.7804	1.4672	2.0532	2.284	0.8573
0.0740	0.11769	0.7394	0.6288	0.8087	1.2861	0.964	0.7776	1.4789	2.0801	2.308	0.8555
0.0750	0.11861	0.7453	0.6323	0.8162	1.2908	0.962	0.7747	1.4905	2.1071	2.332	0.8537
0.0760	0.11954	0.7511	0.6358	0.8237	1.2956	0.961	0.7719	1.5022	2.1344	2.357	0.8519
0.0770	0.12046	0.7569	0.6392	0.8312	1.3004	0.959	0.7690	1.5138	2.1618	2.382	0.8501
0.0780	0.12138	0.7626	0.6426	0.8388	1.3052	0.958	0.7662	1.5253	2.1895	2.407	0.8483
0.0790	0.12229	0.7684	0.6460	0.8463	1.3100	0.956	0.7633	1.5368	2.2173	2.432	0.8465
0.0800	0.12321	0.7741	0.6493	0.8538	1.3149	0.955	0.7605	1.5483	2.2454	2.458	0.8448
0.0810	0.12412	0.7799	0.6526	0.8613	1.3198	0.953	0.7577	1.5597	2.2736	2.484	0.8430
0.0820	0.12503	0.7856	0.6559	0.8689	1.3247	0.952	0.7549	1.5711	2.3021	2.510	0.8412
0.0830	0.12593	0.7912	0.6591	0.8764	1.3297	0.951	0.7520	1.5825	2.3308	2.536	0.8395
0.0840	0.12683	0.7969	0.6623	0.8840	1.3347	0.949	0.7492	1.5938	2.3597	2.563	0.8377
0.0850	0.12773	0.8026	0.6655	0.8915	1.3397	0.948	0.7464	1.6051	2.3889	2.590	0.8360
0.0860	0.12863	0.8082	0.6686	0.8991	1.3448	0.947	0.7436	1.6164	2.4182	2.617	0.8342
0.0870	0.12953	0.8138	0.6717	0.9067	1.3499	0.946	0.7408	1.6277	2.4478	2.644	0.8325
0.0880	0.13042	0.8194	0.6748	0.9143	1.3550	0.944	0.7380	1.6389	2.4777	2.672	0.8307
0.0890	0.13131	0.8250	0.6778	0.9219	1.3601	0.943	0.7352	1.6501	2.5077	2.700	0.8290

Lanjutan Fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L₀ (Juni)

384

TEKNIK PANTAI

Tabel L-1. Lanjutan

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

Lanjutan Fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L₀ (Juli)

380

TEKNIK PANTAI

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.1200	0.15813	0.9936	0.7589	1.1653	1.5355	0.920	0.6512	1.9871	3.5787	3.716	0.7776
0.1210	0.15898	0.9989	0.7611	1.1735	1.5418	0.920	0.6486	1.9978	3.6185	3.754	0.7761
0.1220	0.15982	1.0042	0.7634	1.1817	1.5480	0.920	0.6460	2.0084	3.6586	3.793	0.7745
0.1230	0.16067	1.0095	0.7656	1.1899	1.5543	0.919	0.6434	2.0190	3.6991	3.832	0.7729
0.1240	0.16151	1.0148	0.7677	1.1982	1.5607	0.919	0.6408	2.0296	3.7400	3.871	0.7713
0.1250	0.16236	1.0201	0.7699	1.2065	1.5670	0.918	0.6381	2.0402	3.7812	3.911	0.7698
0.1260	0.16320	1.0254	0.7721	1.2148	1.5735	0.918	0.6355	2.0508	3.8229	3.952	0.7682
0.1270	0.16404	1.0307	0.7742	1.2232	1.5799	0.918	0.6329	2.0614	3.8650	3.992	0.7667
0.1280	0.16489	1.0360	0.7763	1.2315	1.5864	0.917	0.6304	2.0720	3.9074	4.033	0.7651
0.1290	0.16573	1.0413	0.7784	1.2399	1.5929	0.917	0.6278	2.0826	3.9503	4.075	0.7636
0.1300	0.16657	1.0466	0.7805	1.2484	1.5995	0.917	0.6252	2.0932	3.9936	4.117	0.7621
0.1310	0.16741	1.0519	0.7825	1.2568	1.6061	0.917	0.6226	2.1037	4.0373	4.159	0.7605
0.1320	0.16825	1.0571	0.7846	1.2653	1.6128	0.916	0.6200	2.1143	4.0814	4.202	0.7590
0.1330	0.16909	1.0624	0.7866	1.2739	1.6195	0.916	0.6175	2.1248	4.1260	4.245	0.7575
0.1340	0.16993	1.0677	0.7886	1.2824	1.6262	0.916	0.6149	2.1354	4.1710	4.289	0.7560
0.1350	0.17077	1.0729	0.7906	1.2910	1.6330	0.916	0.6124	2.1459	4.2164	4.333	0.7545
0.1360	0.17160	1.0782	0.7925	1.2996	1.6398	0.915	0.6098	2.1564	4.2623	4.378	0.7530
0.1370	0.17244	1.0835	0.7945	1.3083	1.6467	0.915	0.6073	2.1670	4.3086	4.423	0.7515
0.1380	0.17328	1.0887	0.7964	1.3169	1.6536	0.915	0.6047	2.1775	4.3554	4.469	0.7500
0.1390	0.17412	1.0940	0.7983	1.3257	1.6605	0.915	0.6022	2.1880	4.4026	4.515	0.7485
0.1400	0.17495	1.0993	0.8002	1.3344	1.6675	0.915	0.5997	2.1985	4.4503	4.561	0.7470
0.1410	0.17579	1.1045	0.8021	1.3432	1.6746	0.914	0.5972	2.2090	4.4985	4.608	0.7455
0.1420	0.17662	1.1098	0.8040	1.3520	1.6816	0.914	0.5947	2.2195	4.5472	4.656	0.7441
0.1430	0.17746	1.1150	0.8058	1.3609	1.6888	0.914	0.5922	2.2300	4.5963	4.704	0.7426
0.1440	0.17830	1.1203	0.8077	1.3697	1.6959	0.914	0.5896	2.2405	4.6459	4.752	0.7411
0.1450	0.17913	1.1255	0.8095	1.3787	1.7031	0.914	0.5872	2.2510	4.6961	4.801	0.7397
0.1460	0.17997	1.1308	0.8113	1.3876	1.7104	0.914	0.5847	2.2615	4.7467	4.851	0.7382
0.1470	0.18080	1.1360	0.8131	1.3966	1.7177	0.914	0.5822	2.2720	4.7979	4.901	0.7368
0.1480	0.18164	1.1412	0.8148	1.4056	1.7250	0.914	0.5797	2.2825	4.8495	4.952	0.7353
0.1490	0.18247	1.1465	0.8166	1.4147	1.7324	0.913	0.5772	2.2930	4.9017	5.003	0.7339

Lanjutan Fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L0 (September)

LAMPIRAN 1

379

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.0900	0.13220	0.8306	0.6808	0.9295	1.3653	0.942	0.7325	1.6613	2.5380	2.728	0.8273
0.0910	0.13309	0.8362	0.6838	0.9371	1.3705	0.941	0.7297	1.6724	2.5686	2.756	0.8255
0.0920	0.13397	0.8418	0.6867	0.9448	1.3757	0.940	0.7269	1.6835	2.5994	2.785	0.8238
0.0930	0.13485	0.8473	0.6897	0.9524	1.3810	0.939	0.7241	1.6946	2.6305	2.814	0.8221
0.0940	0.13573	0.8528	0.6926	0.9601	1.3863	0.938	0.7214	1.7057	2.6618	2.843	0.8204
0.0950	0.13661	0.8584	0.6954	0.9677	1.3916	0.937	0.7186	1.7167	2.6934	2.873	0.8187
0.0960	0.13749	0.8639	0.6983	0.9754	1.3969	0.936	0.7159	1.7278	2.7252	2.903	0.8170
0.0970	0.13837	0.8694	0.7011	0.9831	1.4023	0.935	0.7131	1.7388	2.7573	2.933	0.8153
0.0980	0.13924	0.8749	0.7038	0.9908	1.4077	0.934	0.7104	1.7498	2.7897	2.964	0.8136
0.0990	0.14011	0.8804	0.7066	0.9986	1.4132	0.934	0.7076	1.7607	2.8223	2.994	0.8119
0.1000	0.14098	0.8858	0.7093	1.0063	1.4187	0.933	0.7049	1.7717	2.8553	3.025	0.8102
0.1010	0.14185	0.8913	0.7120	1.0141	1.4242	0.932	0.7021	1.7826	2.8885	3.057	0.8086
0.1020	0.14272	0.8967	0.7147	1.0219	1.4298	0.931	0.6994	1.7935	2.9220	3.088	0.8069
0.1030	0.14358	0.9022	0.7174	1.0296	1.4353	0.930	0.6967	1.8043	2.9557	3.120	0.8052
0.1040	0.14445	0.9076	0.7200	1.0374	1.4409	0.930	0.6940	1.8152	2.9898	3.153	0.8036
0.1050	0.14531	0.9130	0.7226	1.0453	1.4466	0.929	0.6913	1.8261	3.0242	3.185	0.8019
0.1060	0.14618	0.9184	0.7252	1.0531	1.4523	0.928	0.6886	1.8369	3.0589	3.218	0.8003
0.1070	0.14704	0.9239	0.7277	1.0610	1.4580	0.928	0.6859	1.8477	3.0939	3.251	0.7986
0.1080	0.14790	0.9293	0.7302	1.0689	1.4637	0.927	0.6832	1.8585	3.1292	3.285	0.7970
0.1090	0.14875	0.9347	0.7328	1.0768	1.4695	0.926	0.6805	1.8693	3.1648	3.319	0.7953
0.1100	0.14961	0.9400	0.7352	1.0847	1.4753	0.926	0.6778	1.8801	3.2007	3.353	0.7937
0.1110	0.15047	0.9454	0.7377	1.0927	1.4812	0.925	0.6751	1.8908	3.2370	3.388	0.7921
0.1120	0.15132	0.9508	0.7401	1.1007	1.4871	0.924	0.6724	1.9016	3.2736	3.423	0.7904
0.1130	0.15218	0.9562	0.7426	1.1087	1.4930	0.924	0.6698	1.9123	3.3105	3.458	0.7888
0.1140	0.15303	0.9615	0.7450	1.1167	1.4990	0.923	0.6671	1.9230	3.3478	3.494	0.7872
0.1150	0.15388	0.9669	0.7473	1.1247	1.5050	0.923	0.6645	1.9338	3.3854	3.530	0.7856
0.1160	0.15473	0.9722	0.7497	1.1328	1.5110	0.922	0.6618	1.9444	3.4234	3.566	0.7840
0.1170	0.15558	0.9776	0.7520	1.1409	1.5171	0.922	0.6592	1.9551	3.4617	3.603	0.7824
0.1180	0.15643	0.9829	0.7543	1.1490	1.5232	0.921	0.6565	1.9658	3.5003	3.640	0.7808
0.1190	0.15728	0.9882	0.7566	1.1571	1.5294	0.921	0.6539	1.9765	3.5393	3.678	0.7792

Lanjutan Fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L0 (Agustus, Oktober dan November)

LAMPIRAN 1

383

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.2100	0.23357	1.4675	0.8991	2.0540	2.2845	0.920	0.4377	2.9351	9.3850	9.438	0.6564
0.2110	0.23441	1.4729	0.9001	2.0662	2.2955	0.921	0.4356	2.9457	9.4861	9.539	0.6553
0.2120	0.23526	1.4782	0.9011	2.0785	2.3065	0.921	0.4336	2.9564	9.5882	9.640	0.6542
0.2130	0.23611	1.4835	0.9021	2.0908	2.3177	0.921	0.4315	2.9671	9.6916	9.743	0.6531
0.2140	0.23696	1.4889	0.9031	2.1032	2.3288	0.921	0.4294	2.9777	9.7961	9.847	0.6520
0.2150	0.23781	1.4942	0.9041	2.1157	2.3401	0.922	0.4273	2.9884	9.9017	9.952	0.6509
0.2160	0.23866	1.4995	0.9051	2.1282	2.3514	0.922	0.4253	2.9991	10.009	10.06	0.6498
0.2170	0.23951	1.5049	0.9060	2.1408	2.3628	0.922	0.4232	3.0098	10.117	10.17	0.6488
0.2180	0.24036	1.5102	0.9070	2.1535	2.3743	0.923	0.4212	3.0205	10.226	10.28	0.6477
0.2190	0.24121	1.5156	0.9079	2.1662	2.3859	0.923	0.4191	3.0312	10.337	10.39	0.6466
0.2200	0.24206	1.5209	0.9089	2.1790	2.3975	0.923	0.4171	3.0419	10.448	10.50	0.6456
0.2210	0.24292	1.5263	0.9098	2.1919	2.4092	0.923	0.4151	3.0526	10.561	10.61	0.6445
0.2220	0.24377	1.5316	0.9107	2.2048	2.4210	0.924	0.4131	3.0633	10.676	10.72	0.6435
0.2230	0.24462	1.5370	0.9116	2.2178	2.4328	0.924	0.4110	3.0740	10.791	10.84	0.6424
0.2240	0.24548	1.5424	0.9125	2.2309	2.4448	0.924	0.4090	3.0847	10.908	10.95	0.6414
0.2250	0.24633	1.5477	0.9134	2.2441	2.4568	0.925	0.4070	3.0955	11.026	11.07	0.6404
0.2260	0.24719	1.5531	0.9143	2.2573	2.4689	0.925	0.4050	3.1062	11.146	11.19	0.6393
0.2270	0.24804	1.5585	0.9152	2.2706	2.4811	0.925	0.4031	3.1170	11.267	11.31	0.6383
0.2280	0.24890	1.5639	0.9160	2.2840	2.4933	0.925	0.4011	3.1277	11.389	11.43	0.6373
0.2290	0.24975	1.5693	0.9169	2.2974	2.5056	0.926	0.3991	3.1385	11.513	11.56	0.6363
0.2300	0.25061	1.5746	0.9178	2.3110	2.5180	0.926	0.3971	3.1493	11.638	11.68	0.6353
0.2310	0.25147	1.5800	0.9186	2.3246	2.5305	0.926	0.3952	3.1601	11.765	11.81	0.6343
0.2320	0.25233	1.5854	0.9194	2.3383	2.5431	0.927	0.3932	3.1709	11.893	11.94	0.6333
0.2330	0.25319	1.5908	0.9203	2.3520	2.5558	0.927	0.3913	3.1816	12.022	12.06	0.6323
0.2340	0.25405	1.5962	0.9211	2.3659	2.5685	0.927	0.3893	3.1924	12.153	12.20	0.6313
0.2350	0.25491	1.6016	0.9219	2.3798	2.5813	0.928	0.3874	3.2033	12.286	12.33	0.6304
0.2360	0.25577	1.6070	0.9227	2.3938	2.5942	0.928	0.3855	3.2141	12.420	12.46	0.6294
0.2370	0.25663	1.6124	0.9235	2.4078	2.6072	0.928	0.3835	3.2249	12.556	12.60	0.6284
0.2380	0.25749	1.6179	0.9243	2.4220	2.6203	0.928	0.3816	3.2357	12.693	12.73	0.6275
0.2390	0.25835	1.6233	0.9251	2.4362	2.6335	0.929	0.3797	3.2466	12.831	12.87	0.6265

Lanjutan Fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L0 (Desember)

382

TEKNIK PANTAI

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.1800	0.20833	1.3090	0.8640	1.7161	1.9862	0.914	0.5035	2.6180	6.8174	6.890	0.6920
0.1810	0.20917	1.3142	0.8653	1.7266	1.9953	0.915	0.5012	2.6285	6.8902	6.962	0.6907
0.1820	0.21000	1.3195	0.8667	1.7371	2.0044	0.915	0.4989	2.6390	6.9638	7.035	0.6895
0.1830	0.21084	1.3248	0.8680	1.7477	2.0136	0.915	0.4966	2.6495	7.0381	7.109	0.6882
0.1840	0.21168	1.3300	0.8693	1.7583	2.0228	0.915	0.4944	2.6600	7.1133	7.183	0.6870
0.1850	0.21252	1.3353	0.8705	1.7690	2.0321	0.915	0.4921	2.6705	7.1893	7.259	0.6857
0.1860	0.21335	1.3405	0.8718	1.7797	2.0414	0.915	0.4899	2.6811	7.2661	7.335	0.6845
0.1870	0.21419	1.3458	0.8731	1.7905	2.0508	0.916	0.4876	2.6916	7.3438	7.412	0.6833
0.1880	0.21503	1.3511	0.8743	1.8013	2.0603	0.916	0.4854	2.7021	7.4223	7.489	0.6820
0.1890	0.21587	1.3563	0.8755	1.8122	2.0698	0.916	0.4831	2.7127	7.5016	7.568	0.6808
0.1900	0.21671	1.3616	0.8768	1.8231	2.0794	0.916	0.4809	2.7232	7.5818	7.647	0.6796
0.1910	0.21755	1.3669	0.8780	1.8341	2.0890	0.916	0.4787	2.7338	7.6629	7.728	0.6784
0.1920	0.21839	1.3722	0.8792	1.8452	2.0987	0.916	0.4765	2.7443	7.7449	7.809	0.6772
0.1930	0.21923	1.3774	0.8804	1.8563	2.1085	0.917	0.4743	2.7549	7.8277	7.891	0.6760
0.1940	0.22007	1.3827	0.8816	1.8674	2.1183	0.917	0.4721	2.7654	7.9115	7.974	0.6748
0.1950	0.22091	1.3880	0.8827	1.8786	2.1282	0.917	0.4699	2.7760	7.9962	8.058	0.6736
0.1960	0.22175	1.3933	0.8839	1.8899	2.1382	0.917	0.4677	2.7866	8.0818	8.143	0.6724
0.1970	0.22259	1.3986	0.8850	1.9012	2.1482	0.917	0.4655	2.7971	8.1684	8.229	0.6712
0.1980	0.22343	1.4039	0.8862	1.9126	2.1583	0.918	0.4633	2.8077	8.2559	8.316	0.6700
0.1990	0.22427	1.4092	0.8873	1.9241	2.1684	0.918	0.4612	2.8183	8.3444	8.404	0.6689
0.2000	0.22512	1.4144	0.8884	1.9356	2.1786	0.918	0.4590	2.8289	8.4339	8.493	0.6677
0.2010	0.22596	1.4197	0.8895	1.9471	2.1889	0.918	0.4568	2.8395	8.5243	8.583	0.6666
0.2020	0.22680	1.4250	0.8906	1.9588	2.1993	0.919	0.4547	2.8501	8.6158	8.674	0.6654
0.2030	0.22765	1.4303	0.8917	1.9705	2.2097	0.919	0.4526	2.8607	8.7082	8.765	0.6643
0.2040	0.22849	1.4357	0.8928	1.9822	2.2202	0.919	0.4504	2.8713	8.8017	8.858	0.6631
0.2050	0.22934	1.4410	0.8939	1.9940	2.2307	0.919	0.4483	2.8819	8.8963	8.952	0.6620
0.2060	0.23018	1.4463	0.8950	2.0059	2.2414	0.919	0.4462	2.8925	8.9919	9.047	0.6608
0.2070	0.23103	1.4516	0.8960	2.0178	2.2520	0.920	0.4440	2.9032	9.0885	9.143	0.6597
0.2080	0.23187	1.4569	0.8970	2.0298	2.2628	0.920	0.4419	2.9138	9.1863	9.241	0.6586
0.2090	0.23272	1.4622	0.8981	2.0419	2.2736	0.920	0.4398	2.9244	9.2851	9.339	0.6575

The logo is a blue shield-shaped emblem with a yellow border. Inside the shield, the text "UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH" is written in a semi-circle at the top, and "MAKASSAR" is written below it. At the bottom, "UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN" is written in a semi-circle. In the center of the shield is a yellow sunburst or star-like symbol. The title "DOKUMENTASI KONDISI LOKASI PENELITIAN" is overlaid in the center of the logo in a bold, black, serif font.

DOKUMENTASI KONDISI LOKASI PENELITIAN



LOKASI TITIK PENGAMATAN ATAU ARAH DIFRAKSI



ARAH DATANG GELOMBANG DARI BARAT LAUT



KONDISI *BREAKWATER* RUSAK DI SISI TIMUR PULAU GUSUNG



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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

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

Nama : Alifah Nindya Sari

Nim : 105811102521

Program Studi : Teknik Sipil Pengairan

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	10%	10 %
2	Bab 2	24%	25 %
3	Bab 3	7%	10 %
4	Bab 4	9%	10 %
5	Bab 5	5%	5 %

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

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

Makassar, 16 Agustus 2025

Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,



BAB I Alifah Nindya Sari

105811102521

by Tahap Tutup

Submission date: 12-Aug-2025 11:44AM (UTC+0700)

Submission ID: 2728558640

File name: BAB_I_241.docx (22.15K)

Word count: 801

Character count: 5295

AB I Alifah Nindya Sari 105811102521

ORIGINALITY REPORT

10%
SIMILARITY INDEX

10% INTERNET SOURCES **2%** PUBLICATIONS

%
STUDENT PAPERS

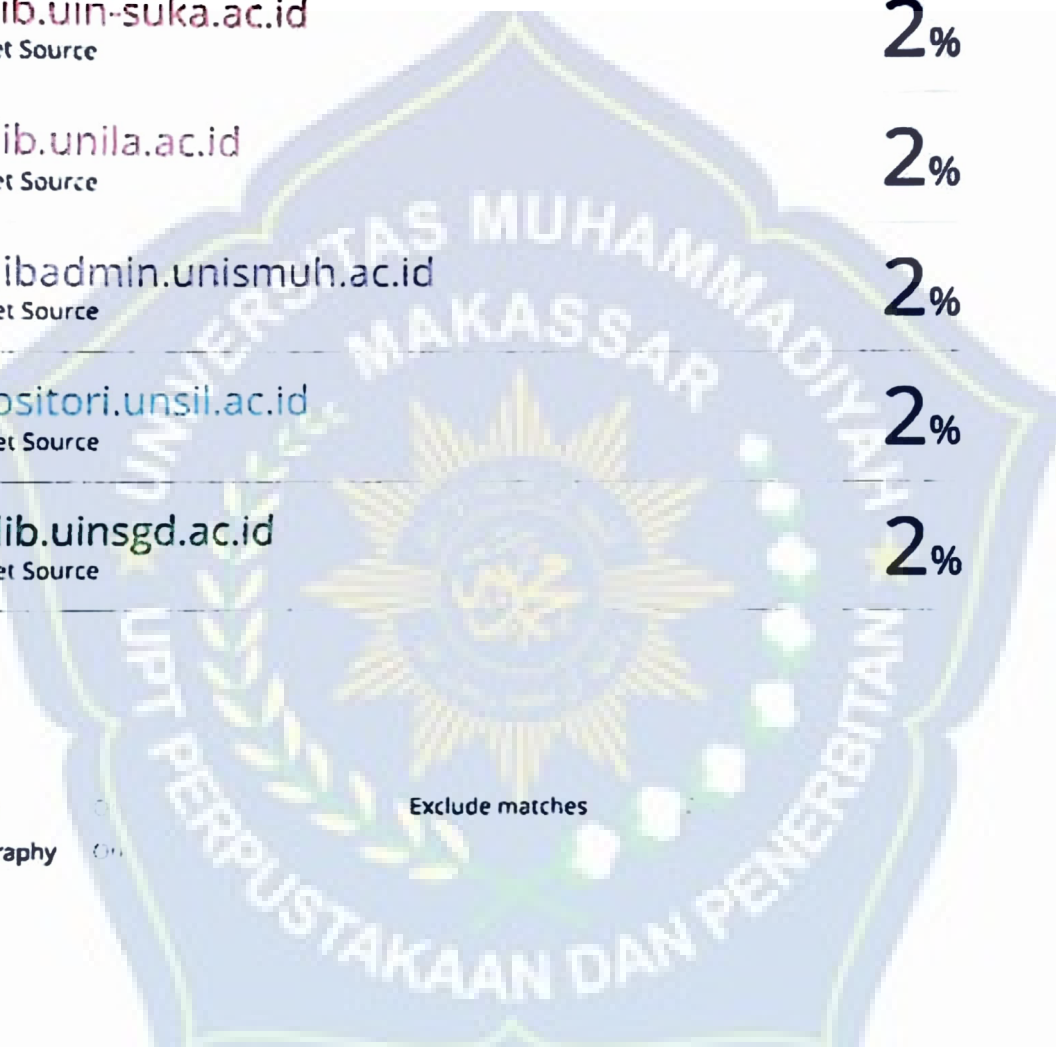
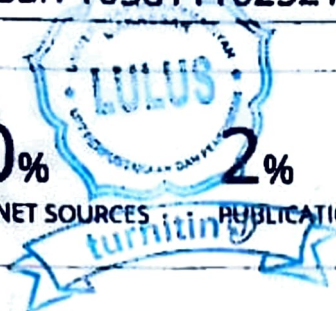
PRIMARY SOURCES

1	digilib.uin-suka.ac.id Internet Source	2%
2	digilib.unila.ac.id Internet Source	2%
3	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	2%
4	repositori.unsil.ac.id Internet Source	2%
5	digilib.uinsgd.ac.id Internet Source	2%

Exclude quotes

Exclude bibliography

Exclude matches



BAB II Alifah Nindya Sari

105811102521

by Tahap Tutup

Submission date: 12-Aug-2025 11:45AM (UTC+0700)

Submission ID: 2728559044

File name: BAB_II_252.docx (1.36M)

Word count: 3313

Character count: 20778

Il Alifah Nindya Sari 105811102521

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

24%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 repository.unej.ac.id
Internet Source

4%

2 docplayer.info
Internet Source

3%

3 repository.unimar-amni.ac.id
Internet Source

3%

4 repository.its.ac.id
Internet Source

3%

5 digilibadmin.unismuh.ac.id
Internet Source

3%

6 eprints.itenas.ac.id
Internet Source

3%

7 ejournal.unsrat.ac.id
Internet Source

3%

8 pendidikan.co.id
Internet Source

2%

Exclude quotes ☐

Exclude matches ☐

Exclude bibliography ☐

BAB III Alifah Nindya Sari

105811102521

by Tahap Tutup

Submission date: 12-Aug-2025 11:46AM (UTC+0700)

Submission ID: 2728559401

File name: BAB_III_268.docx (128.93K)

Word count: 821

Character count: 5167

BAB III Alifah Nindya Sari 105811102521

ORIGINALITY REPORT

7%

SIMILARITY INDEX

7%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

core.ac.uk

Internet Source

2%

2

repository-feb.unpak.ac.id

Internet Source

2%

3

repository.upi.edu

Internet Source

2%

4

adoc.pub

Internet Source

2%

Exclude quotes

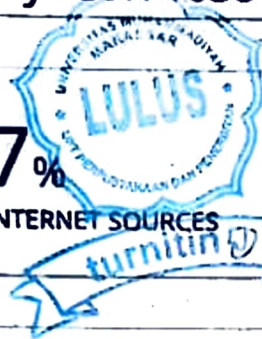
On

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

On



BAB IV Alifah Nindya Sari

105811102521

by Tahap Tutup

Submission date: 12-Aug-2025 11:47AM (UTC+0700)

Submission ID: 2728559797

File name: BAB_IV_230.docx (1.8M)

Word count: 5429

Character count: 25919



BAB IV Alifah Nindya Sari 105811102521

ORIGINALITY REPORT

9%
SIMILARITY INDEX

9%
INTERNET SOURCES

3%
PUBLICATIONS

%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 digilibadmin.unismuh.ac.id **7%**
Internet Source

2 pdfcoffee.com **1%**
Internet Source

3 ojs.uho.ac.id **1%**
Internet Source

4 journal.unismuh.ac.id **1%**
Internet Source

Exclude quotes

On

Exclude matches

Exclude bibliography

Off

BAB V Alifah Nindya Sari

105811102521

by Tahap Tutup

Submission date: 12-Aug-2025 12:12PM (UTC+0700)

Submission ID: 2728567395

File name: BAB_V_259.docx (18.88K)

Word count: 420

Character count: 2256

AB V Alifah Nindya Sari 105811102521

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.radenintan.ac.id

Internet Source

3%

2

id.scribd.com

Internet Source

2%

Exclude quotes

On

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

On