ANALISIS TINGGI GELOMBANG DI PERAIRAN PULAU KARIMUN BESAR, KEPULAUAN RIAU

SKRIPSI

Program Studi Teknik Kelautan

Jurusan Teknik Kelautan

Oleh:

KERRY SANJAYA

NIM D1111221004

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2026

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H Hadari Nawawi Pontianak 78124 Email : ft@untan.ac.id
Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Kerry Sanjaya

NIM : D1111221004

Menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul "Analisis Tinggi Gelombang Di Perairan Pulau Karimun Besar, Kepulauan Riau" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 29 Juli 2026

Kerry Sanjaya

D1111221004

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS TINGGI GELOMBANG DI PERAIRAN PULAU KARIMUN BESAR, KEPULAUAN RIAU

Jurusan Teknik Kelautan
Program Studi Sarjana Teknik Kelautan

Oleh:

Kerry Sanjaya
NIM D1111221004

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 29 Juni 2026
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama	: Ir. Arfena Deah Lestari, S.T., M.Eng. NIP. 199005082015042003
Dosen Pembimbing Kedua	: Dr. Eng. Ir. M. Meddy Danial., S.T., M.T., IPM NIP. 197105012000121001
Dosen Penguji Utama	: Ir. Jasisca Meirany, S.T., M.Si. NIPPPK. 198205142025212022
Dosen Penguji Kedua	: Ir. Liany Ayu Catherine, S.T., M.T. NIP. 199501022024062002

Pontianak, 29 Juni 2026

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama

Ir. Arfena Deah Lestari, S.T., M.Eng.
NIP. 199005082015042003

HALAMAN PERSEMBAHAN

” Marilah kepada-Ku, semua yang letih lesu dan berbeban berat, Aku akan memberi kelegaan kepadamu.”

Matius 11:28

”Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan."

Yeremia 29:11

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan, rezeki, serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Dengan penuh rasa syukur, karya ini penulis persembahkan kepada:

1. Diri Penulis Sendiri Terima kasih kepada diri sendiri yang telah berjuang keras, yang tentu saja atas segala bantuan, kemudahan, dan kelancaran yang bersumber langsung dari Tuhan. Skripsi ini dipersembahkan sebagai bukti kerja keras dengan harapan besar agar segera mendapatkan pekerjaan yang layak setelah kelulusan ini.
2. Keluarga Tercinta (Papa Hersan Bong, Mama Asmy Janto, Koko dr. Willy Sanjaya, S.Ked., S.E., dan Harry Sanjaya) Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Papa atas aliran "uang jajan" yang tiada henti sebagai bahan bakar utama penulis selama kuliah, serta Koko atas "suntikan dana" tambahan yang selalu menyelamatkan dompet penulis di akhir bulan.
3. Penulis juga mempersembahkan karya ini untuk kawan kawan terdekat yang sudah menjadi suprot sistem saya demi menjaga tali silaturahmi keluarga agar tidak terputus,
4. Terima kasih atas segala doa, cinta, dan dukungan materiil maupun moril yang luar biasa bagi penulis. Terimakasih Sahabat dan Lingkungan Support System Terima kasih yang tak terhingga kepada MKJ Clan (Main Kurang

Jauh), Cafatifa 22, Kawan-Kawan Tekla 22 (Teknik Kelautan), Rekan rekan blki, Kawan-Kawan Kultura, dan ini utk kalian ya sepesial ku tuliskan nama namanya serta semua orang tanpa terkecuali yang telah mengenal dan mengisi hari-hari penulis selama masa perkuliahan.

5. Sponsor Pendukung Produktivitas (Tempat Begadang & *Vibe Generator*) Terima kasih yang mendalam kepada CW Coffee, Nordu Coffee, Oleng, Djyanurali, Visikopi, serta rasa *era-black menthol* yang setia menemani di kala kantuk melanda saat mengejar *deadline* lembar demi lembar skripsi ini.
6. Terima kasih kepada Laptop dan Sepeda Motor penulis yang telah bekerja keras melampaui batas, bertahan bersama, dan tidak mendadak rusak di masa-masa kritis revisi.Terima kasih kepada Maxim Taxi Driver yang secara tidak langsung turut berkontribusi membantu perputaran jajan penulis.
7. #lakilakitidakberceritatapiberkaraoke dan #ndakmautauharussukses
8. Ibu dan Bapak Dosen Jurusan Teknik Terima kasih atas dedikasi tinggi yang telah membagikan ilmunya selama masa perkuliahan serta bimbingannya hingga penulis bisa mencapai titik ini.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat-Nya untuk dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul ”Analisis Tinggi Gelombang Di Perairan Pulau Karimun Besar, Kepulauan Riau”, Adapun tujuan penulisan ini untuk menyelesaikan tugas akhir dan syarat dalam mendapatkan gelar sarjana Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Kota Pontianak. Banyak pihak yang telah membantu penulis berproses dalam penulisan skripsi ini, baik meluangkan waktu, pikiran, maupun tenaga. Oleh karena itu dengan segala ketulusan penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

Bapak Dr.-Ing.Ir. Slamet Widodo,M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Ibu Ir. Arfena Deah Lestari, ST, M. Eng selaku ketua Prodi Jurusan Teknik Kelautan Universitas Tanjungpura dan selaku dosen pembimbing I, atas waktu yang telah diberikan serta bimbingan, arahan dan dorongan yang diberikan kepada penulis sehingga Skripsi ini selesai dengan baik.

Bapak Dr. Eng. M. Meddy Danial, ST, MT, IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan Universitas Tanjungpura dan selaku dosen pembimbing II, atas kesedian dan setiap waktu yang telah bapak berikan kepada penulis untuk bimbingan, arahan, dan dorongan yang diberikan kepada penulis sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Ibu Ir.Jasisca Meirany, S.T., M.Si. Selaku dosen penguji I yang telah memberikan masukan dan arahan yang bermanfaat bagi penulis dalam proses penyusunan skripsi.

Ibu Liany Ayu Catherine, S.T., M.T selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan dan arahan yang bermanfaat bagi penulis dalam penyusunan skripsi.

Pontianak, 3 Februari 2026

Kerry Sanjaya

ABSTRAK

Perairan Pulau Karimun Besar memiliki karakteristik hidrodinamika kompleks akibat pengaruh angin monsun dan efek corong (*funneling*), sehingga berisiko menimbulkan gelombang ekstrem yang mengancam keselamatan pelayaran serta infrastruktur pesisir. Penelitian ini bertujuan menentukan tinggi dan periode gelombang representatif, menganalisis karakteristik gelombang tahunan, serta membandingkan parameter gelombang di sisi barat dan timur Pulau Karimun Besar untuk menghindari kesalahan desain infrastruktur pantai. Data angin sekunder selama 10 tahun (2015–2024) dari BMKG digunakan untuk peramalan gelombang (*hindcasting*) metode *Shore Protection Manual* (SPM), meliputi parameter $\boldsymbol{H_{maks}}$, $\boldsymbol{H_{sig}}$, $\boldsymbol{H_{rata-rata}}$, $\boldsymbol{H_{min}}$ beserta periode yang bersesuaian ($\boldsymbol{T_{maks}}$, $\boldsymbol{T_{sig}}$, $\boldsymbol{T_{rata-rata}}$, $\boldsymbol{T_{min}}$).Hasil penelitian menunjukkan perairan sisi timur memiliki karakteristik gelombang yang lebih tinggi dibandingkan sisi barat; nilai $\boldsymbol{H_{maks}}$ mencapai 2,603 meter ($\boldsymbol{T_{maks}}$ = 6,229 detik) di sisi timur, sedangkan sisi barat sebesar 2,295 meter ($\boldsymbol{T_{maks}}$ = 5,727 detik). Analisis mawar angin (*windrose*) menunjukkan angin dominan berasal dari arah timur laut (29,02%), timur (13,52%), dan utara (12,02%). Sisi timur yang menghadap langsung Selat Singapura dengan *fetch* panjang tanpa rintangan menerima paparan energi angin lebih besar, sementara sisi barat mendapat efek peredaman daratan Pulau Sumatera. Transformasi gelombang menunjukkan tipe gelombang pecah pada kedua sisi tergolong *spilling*, dengan kedalaman gelombang pecah berkisar 1,58–1,61 meter di sisi barat dan sekitar 1,88 meter di sisi timur. Hasil peramalan tervalidasi terhadap data BMKG Maritim dan catatan kejadian aktual. Temuan ini dapat menjadi acuan teknis perencanaan bangunan pantai dan mitigasi bencana, khususnya penerapan faktor keamanan yang lebih tinggi di sisi timur.

Kata kunci: gelombang representatif, metode SPM, *fetch* efektif, Pulau Karimun Besar, angin monsun

ABSTRACT

The waters of Karimun Besar Island exhibit complex hydrodynamic characteristics driven by monsoon winds and a funneling effect, posing risks of extreme waves that threaten maritime safety and coastal infrastructure. This study aims to determine representative wave heights and periods, analyze annual wave characteristics, and compare wave parameters between the western and eastern sides of Karimun Besar Island to prevent infrastructure design errors. Secondary wind data spanning 10 years (2015–2024) from BMKG were utilized for wave hindcasting using the Shore Protection Manual (SPM) method, analyzing parameters including H_{max}, H_{sig}, H_{avg}, and H_{min} along with their corresponding periods (T_{max}, T_{sig}, T_{avg}, T_{min}). The results indicate that the eastern waters exhibit higher wave characteristics than the western side; H_{max} reaches 2.603 meters (T_{max} = 6.229 seconds) in the east, compared to 2.295 meters (T_{max} = 5.727 seconds) in the west. Windrose analysis reveals dominant winds from the northeast (29.02%), east (13.52%), and north (12.02%). The eastern side, facing the Singapore Strait directly with a long unobstructed fetch, receives greater wind energy exposure, while the western side benefits from the sheltering effect of Sumatra Island. Wave transformation results show that the breaking wave type on both sides is classified as spilling, with breaking depths ranging from 1.58–1.61 meters on the western side and approximately 1.88 meters on the eastern side. The hindcast results are validated against Maritime BMKG data and field observations. These findings serve as a technical reference for coastal structure planning and disaster mitigation, emphasizing higher safety factors for the eastern side.

Keywords: representative waves, SPM method, effective fetch, Karimun Besar Island, monsoon winds

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ..... **I**

HALAMAN PENGESAHAN ..... **II**

HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **III**

KATA PENGANTAR ..... **V**

ABSTRAK ..... **VI**

ABSTRACT ..... **VII**

DAFTAR ISI ..... **VIII**

DAFTAR GAMBAR ..... **X**

DAFTAR TABEL ..... **XI**

GLOSARIUM ..... **XII**

BAB 1 PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Manfaat Penelitian 4

1.5 Batasan Masalah 4

1.6 Sistematika Penulisan 5

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **6**

2.1 Gelombang Laut 6

2.2 Deformasi Gelombang 7

2.2.1 Refraksi dan Pendangkalan Gelombang 8

2.3 Gelombang Pecah (Wave Breaking) 8

2.4 Penentuan Periode dan Tinggi Gelombang 12

2.5 Gelombang Representatif 13

2.6 Peramalan Gelombang Menggunakan Data Angin 16

2.7 Fetch 18

2.8 Peramalan Gelombang Metode Shore Protection Manual (SPM) 20

2.9 Penelitian Terdahulu 25

BAB 3 METODELOGI PENELITIAN 33
3.1 Lokasi Penelitian 33
3.2 Jenis Penelitian 33
3.3 Jenis dan Sumber Data 34
3.4 Penentuan karakteristik Gelombang Laut 38
3.5 Perhitungan Deformasi Gelombang dan Gelombang Pecah 39
3.6 Diagram Alir Penelitian 40
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Karakteristik Gelombang Di Perairan Pulau Karimun 41
4.2 Analisis Kecepatan Angin Tahun 2015-2024 41
4.3 Analisis Fetch Efektif 42
4.3.1 Perhitungan Fetch Efektif Arah Barat 43
4.3.2 Perhitungan Fetch Efektif arah Timur 45
4.4 Peramalan Gelombang Metode Shore Protection manual (SPM) 47
4.5 Perhitungan Gelombang Representatif 53
4.6 Perbandingan Gelombang representatif pada arah barat dan timur ... 57
4.7 Deformasi Gelombang 60
4.8 Analisis Perhitungan Kedalaman Deformasi Gelombang 63
4.9 Gelombang Pecah 67
4.10 Validasi Hasil Analisis Gelombang Berdasarkan Data Empiris dan Catatan Kejadian Aktual (2015–2024) 74
BAB 5 PENUTUP 79
5.1 Kesimpulan 79
5.2 Saran 80
LAMPIRAN 83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Fenomena Gelombang Ekstrim Pada Pulau Karimun Besar..... 2
Gambar 2.1 Gelombang Progresif Sinusoidal) 7
Gambar 2.2 Hukum Snell untuk Refraksi Gelombang 10
Gambar 2.3 Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah 11
Gambar 2.4 Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah 12
Gambar 2.5 Distribusi Vertical Kecepatan Angin 18
Gambar 2.6 Hubungan Antara Kecepatan Angin di Laut dan di Darat..... 21
Gambar 2.7 Bagan Alir Metode SPM 23
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian..... 33
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian..... 40
Gambar 4.1 Diagram Mawar Angin (*Windrose*) 2015-2024..... 42
Gambar 4.2 *Fetch* Efektif Pada Arah Barat 43
Gambar 4.3 *Fetch* Efektif Pada Arah Timur 45
Gambar 4.4 Grafik Tinggi Gelombang Barat Vs Timur (2015-2024) 57
Gambar 4.5 Grafik Periode Gelombang Barat Vs Timur (2015-2024)..... 59
Gambar 4.6 Bathimetri pada perairan barat..... 61
Gambar 4.7 Bathimetri pada perairan timur 61
Gambar 4.8 Data Parameter Input..... 62
Gambar 4.9 Tinggi gelombang deformasi pada perairan barat..... 72
Gambar 4.10 Tinggi gelombang deformasi pada perairan timur 72
Gambar 4.11 Peringatan dini BMKG Maritim di Pulau Karimun Besar..... 75
Gambar 4.12 Peringatan dini BMKG untuk perairan barat pulau karimun besar dari selat malaka..... 76
Gambar 4.13 Klasifikasi ambang batas resiko keselamtan pelayaran BMKG 78

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Presentase Kecepatan Angin Pada Tahun 2015 - 2024 41
Tabel 4.2 Perhitungan *Fetch* Efektif Arah Barat 44
Tabel 4.3 Perhitungan *Fetch* Efektif Arah Timur 46
Tabel 4.4 Gelombang reprenstatif (2015-2024) Barat 53
Tabel 4.5 Gelombang Reprenstatif (2015-2024) Timur 54
Tabel 4.6 Rekapitulasi Karakteristik Gelombang Reprenstatif Perairan Barat 55
Tabel 4.7 Rekapitulasi Karakteristik Gelombang Reprenstatif Perairan Timur ... 56
Tabel 4.8 Tabel Analisis Kedalaman Pada Barat dan Timur 62
Tabel 4.9 Rekapitulasi Analisis Tinggi Deformasi Gelombang Arah Barat 65
Tabel 4.10 Rekapitulasi Analisis Tinggi Deformasi Gelombang Arah Timur 65
Tabel 4.11 Tabel Kemirigan Dasar Laut 67
Tabel 4.12 Rekapitulasi hasil analisis gelombang pecah barat 69
Tabel 4.13 Rekapitulasi hasil analisis gelombang pecah Timur 69
Tabel 4.14 Tabel Validasi Hasil penelitian dengan sumber BMKG 76

GLOSARIUM

Amplitudo Gelombang	=	Jarak vertikal antara muka air rata-rata dengan puncak atau lembah gelombang.
Angin Monsun	=	Sistem angin musiman yang berubah arah setiap enam bulan akibat perbedaan tekanan udara antara Benua Asia dan Australia.
Angka Gelombang (k)	=	Besaran yang menyatakan jumlah panjang gelombang dalam satu satuan jarak, dirumuskan sebagai $2\pi/L$.
BMKG	=	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, lembaga penyedia data meteorologi dan oseanografi di Indonesia.
Celerity (C)	=	Kecepatan rambat gelombang yang dihitung dari perbandingan panjang gelombang terhadap periodenya.
Data Sekunder	=	Data yang diperoleh dari instansi atau sumber yang telah melakukan pengukuran sebelumnya, bukan hasil pengukuran langsung peneliti.
Deformasi Gelombang	=	Perubahan karakteristik gelombang akibat pengaruh kedalaman, topografi dasar laut, atau bentuk garis pantai.
Duration Limited	=	Kondisi pembentukan gelombang yang dibatasi oleh lamanya angin bertiup.
Fetch	=	Panjang daerah perairan terbuka tempat angin bertiup tanpa hambatan

		sehingga dapat membangkitkan gelombang.
Fetch Efektif	=	Nilai fetch yang telah memperhitungkan pengaruh berbagai arah angin di sekitar arah dominan.
Fetch Limited	=	Kondisi pembentukan gelombang yang dibatasi oleh panjang fetch yang tersedia.
Frekuensi Gelombang	=	Jumlah gelombang yang melewati suatu titik dalam satu satuan waktu.
Fully Developed Sea (FDS)	=	Kondisi ketika gelombang telah mencapai perkembangan maksimum sesuai kecepatan angin yang membangkitkannya.
Gelombang Acak	=	Gelombang laut alami yang memiliki tinggi, panjang, dan periode yang berbeda-beda.
Gelombang Airy	=	Teori gelombang amplitudo kecil yang digunakan untuk menjelaskan perambatan gelombang pada kondisi linier.
Gelombang Laut	=	Gerakan naik turun permukaan air laut akibat transfer energi dari berbagai gaya pembangkit.
Gelombang Pecah (Breaking Wave)	=	Kondisi ketika gelombang kehilangan kestabilan dan pecah akibat pengaruh kedalaman perairan yang semakin dangkal.
Gelombang Representatif	=	Gelombang tunggal yang digunakan untuk mewakili sekumpulan gelombang acak dalam analisis teknik pantai.

Gelombang Signifikan (Hs)	=	Rata-rata sepertiga tinggi gelombang tertinggi dari seluruh data gelombang yang diamati.
Hindcasting	=	Metode peramalan kondisi gelombang masa lalu menggunakan data meteorologi, terutama data angin.
Hmaks	=	Tinggi gelombang maksimum yang tercatat dalam suatu periode pengamatan.
Hmin	=	Tinggi gelombang minimum yang tercatat dalam suatu periode pengamatan.
Hrata-rata (H100)	=	Nilai rata-rata seluruh data tinggi gelombang yang diamati.
Hsig	=	Tinggi gelombang signifikan yang diperoleh dari rata-rata 33% gelombang tertinggi.
Kedalaman Relatif	=	Perbandingan antara kedalaman perairan dan panjang gelombang yang digunakan untuk mengklasifikasikan tipe gelombang.
Koefisien Refraksi (Kr)	=	Faktor koreksi yang menggambarkan perubahan tinggi gelombang akibat refraksi.
Koefisien Shoaling (Ks)	=	Faktor koreksi yang menggambarkan perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan.
Laut Dalam	=	Kondisi perairan dengan kedalaman lebih besar dari setengah panjang gelombang ($d > L/2$).

Laut Dangkal	=	Kondisi perairan dengan kedalaman relatif kecil dibanding panjang gelombang.
Monsun Barat	=	Periode angin dominan dari Asia menuju Australia yang umumnya terjadi pada bulan Desember–Februari.
Monsun Timur	=	Periode angin dominan dari Australia menuju Asia yang umumnya terjadi pada bulan Juni–Agustus.
Non Fully Developed Sea (NFDS)	=	Kondisi gelombang yang belum mencapai perkembangan maksimum akibat keterbatasan fetch atau durasi angin.
Overtopping	=	Limpasan air gelombang yang melewati puncak bangunan pantai atau tanggul.
Pantai	=	Daerah peralihan antara daratan dan lautan yang dipengaruhi oleh proses oseanografi dan atmosfer.
Parameter Gelombang	=	Besaran yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik gelombang, seperti tinggi, periode, dan panjang gelombang.
Panjang Gelombang (L)	=	Jarak horizontal antara dua puncak gelombang atau dua lembah gelombang yang berurutan.
Peramalan Gelombang	=	Proses memperkirakan karakteristik gelombang berdasarkan data pembangkitnya.

Periode Gelombang (T)	=	Waktu yang diperlukan satu gelombang untuk melewati suatu titik tertentu.
Refraksi Gelombang	=	Pembelokan arah rambat gelombang akibat perubahan kedalaman perairan.
Rekayasa Pantai	=	Cabang ilmu teknik yang mempelajari perencanaan dan perlindungan wilayah pesisir dari pengaruh gelombang dan arus.
Selat Malaka	=	Perairan sempit antara Pulau Sumatra dan Semenanjung Malaysia yang menjadi lokasi penelitian.
Shoaling	=	Proses peningkatan tinggi gelombang akibat berkurangnya kedalaman perairan.
Shore Protection Manual (SPM)	=	Metode empiris yang digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang berdasarkan data angin dan fetch.
Spektrum Gelombang	=	Distribusi energi gelombang berdasarkan frekuensi atau periode tertentu.
Swell	=	Gelombang yang merambat jauh dari daerah pembangkitnya dan umumnya memiliki periode panjang.
Tegangan Angin (Wind Stress)	=	Gaya geser yang diberikan angin pada permukaan laut sehingga membangkitkan gelombang.
Tsig	=	Periode gelombang signifikan yang berkaitan dengan nilai Hsig.

Tmax	=	Periode gelombang maksimum yang berasosiasi dengan Hmaks.	
Tmin	=	Periode gelombang minimum yang berasosiasi dengan Hmin.	
Wind Rose	=	Diagram yang menunjukkan distribusi arah dan kecepatan angin pada suatu lokasi.	
Wind Stress Factor (UA)	=	Faktor koreksi kecepatan angin yang digunakan dalam metode SPM untuk perhitungan pembangkitan gelombang.	
a	=	Amplitudo gelombang	m
C	=	Kecepatan rambat gelombang	m/s
C_0	=	Kecepatan rambat gelombang laut dalam	m/s
Cg	=	Kecepatan kelompok gelombang	m/s
Cg_0	=	Kecepatan kelompok laut dalam	m/s
d	=	Kedalaman perairan	m
F	=	Fetch	km atau m
Feff	=	Fetch efektif	km atau m
g	=	Percepatan gravitasi (9,81)	m/s^2
H	=	Tinggi gelombang	m
H_0	=	Tinggi gelombang laut dalam	m
Hb	=	Tinggi gelombang pecah	m
Hmax	=	Tinggi gelombang maksimum	m
Hmin	=	Tinggi gelombang minimum	m
Hs atau Hsig	=	Tinggi gelombang signifikan	m
H10	=	Tinggi rata-rata 10% gelombang tertinggi	m
H100	=	Tinggi gelombang rata-rata	m

k	=	Angka gelombang ($2\pi/L$)	rad/m
kh	=	Hasil kali angka gelombang dengan kedalaman	-
Kr	=	Koefisien refraksi	-
Ks	=	Koefisien shoaling	-
L	=	Panjang gelombang lokal	m
L_o	=	Panjang gelombang laut dalam	m
n	=	Faktor kecepatan kelompok	-
N	=	Jumlah data gelombang	-
RL	=	Rasio kecepatan angin darat dan laut	-
t	=	Durasi angin	jam
tc	=	Durasi kritis	jam
T	=	Periode gelombang	detik
T_o	=	Periode gelombang laut dalam	detik
Tmax	=	Periode gelombang maksimum	detik
Tmin	=	Periode gelombang minimum	detik
Ts	=	Periode gelombang signifikan	detik
T100	=	Periode gelombang rata-rata	detik
U	=	Kecepatan angin terkoreksi	m/s
UA	=	Wind Stress Factor	m/s
UL	=	Kecepatan angin di darat	m/s
Uw	=	Kecepatan angin di laut	m/s
Us	=	Kecepatan angin hasil pengukuran kapal	knot
x	=	Koordinat horizontal	m
y	=	Variabel bantu metode Hunt	-
z	=	Elevasi vertikal	m
α	=	Sudut deviasi fetch	derajat
β	=	Sudut datang gelombang terhadap kontur pantai	derajat
η(x,t)	=	Elevasi muka air terhadap muka air tenang	m

λ	=	Panjang gelombang	m
ρ	=	Massa jenis air laut	kg/m^3
σ	=	Frekuensi sudut gelombang	rad/s
π	=	Konstanta pi (3,14159)	-

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia, secara keseluruhan sebagian besar wilayahnya adalah lautan [1]. Wilayah pesisir Indonesia, yang memiliki salah satu garis pantai terpanjang dan terkompleks di dunia, secara alami menghadapi tantangan hidrodinamika laut yang sangat dinamis seperti gelombang ekstrim. Berdasarkan hasil analisis kecenderungan musiman tinggi gelombang signifikan di Laut Indonesia selama 1980–2020 diketahui bahwa variasi tinggi gelombang di seluruh perairan Indonesia sangat dipengaruhi oleh pola angin munson yang berubah setiap musim. Kondisi ini memperkuat bahwa lingkungan pesisir Indonesia bersifat sangat aktif dan mengalami perubahan yang dapat meningkatkan risiko terhadap aktivitas kelautan dan keselamatan di kawasan pesisir [2].

Gelombang laut adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus di permukaan air laut yang membentuk kurva sinusoidal. Gelombang laut dapat dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gaya tarik-mernarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, letusan gunung berapi atau gempa di laut, kapal yang bergerak, dan sebagainya. Dari faktor-faktor tersebut faktor angin yang berhembus diatas permukaan laut merupakan faktor pembangkit gelombang yang utama [3].

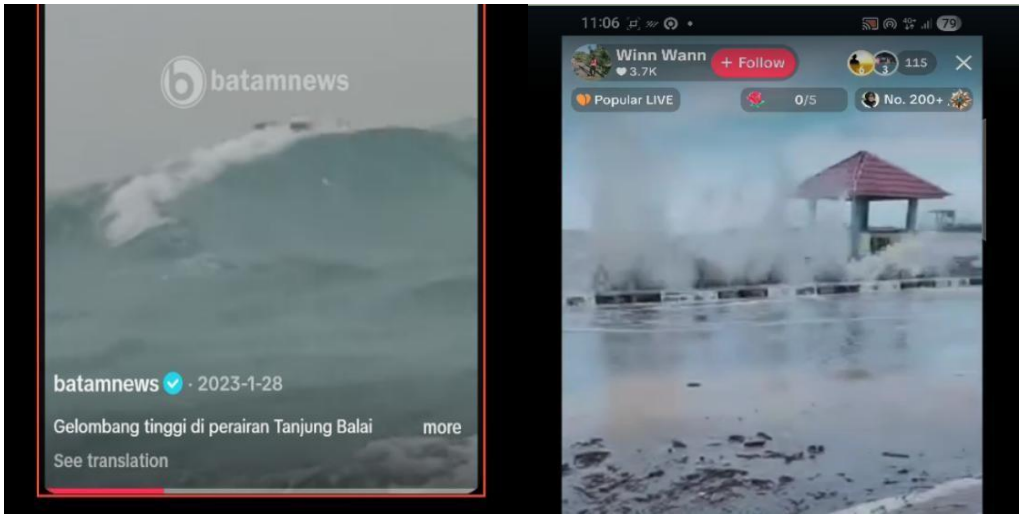
Indonesia memiliki sistem angin munson yang bersifat periodik akibat perbedaan tekanan udara antara Benua Asia dan Australia serta pergeseran semu matahari. Sistem ini menghasilkan dua musim utama yang secara signifikan memengaruhi kondisi gelombang di perairan Kepulauan Riau:

- Munson Barat terjadi pada bulan desember sampai februari, angin bertiup dari barat laut membawa massa udara lembap dari Laut Cina Selatan, umumnya memicu pembentukan gelombang dengan energi relatif besar.
- Munson Timur terjadi pada bulan juni sampai agustus, angin bertiup dari tenggara dengan karakter lebih kering dan stabil, mampu membangkitkan

gelombang alun (*swe*l) berperiode panjang meskipun curah hujan lebih rendah.

Perairan Pulau Karimun Besar yang terletak di selatan Selat Malaka memiliki karakteristik geografis berupa penyempitan antara Pulau Sumatera dan Semenanjung Malaya. Kondisi ini membuat kecepatan angin meningkat ketika massa udara bergerak dari laut lebar memasuki alur sempit. Peningkatan kecepatan angin berdampak langsung pada tegangan geser angin (*wind stress*) di permukaan laut, yang pada akhirnya meningkatkan energi gelombang.

Pada Munson Barat, angin yang terkonsentrasi di alur Selat Malaka menghantam sisi barat Pulau Karimun Besar. Kombinasi *fetch* panjang dan efek penyempitan menyebabkan pemusatan energi gelombang sehingga tinggi gelombang mengalami peningkatan. Sebaliknya, pada Munson Timur, sisi timur pulau lebih terbuka terhadap tiupan angin yang lebih stabil sehingga karakteristik gelombang lebih dipengaruhi oleh durasi hembusan dibanding efek morfologi.



Gambar 1.1 Fenomena Gelombang Ekstrim Pada Pulau Karimun Besar

Fenomena gelombang ekstrem yang terjadi di pesisir Meral pada 28 Januari 2023 menjadi bukti nyata bahwa energi gelombang dari arah tertentu dapat melampaui kapasitas perlindungan pantai yang ada. Peristiwa overtopping yang mengakibatkan genangan di pemukiman dan terganggunya aktivitas pelabuhan menunjukkan urgensi pemahaman karakteristik gelombang yang spesifik di setiap sisi pulau. Tanpa adanya analisis perbandingan parameter gelombang (tinggi dan periode) di kedua sisi Pulau Karimun Besar, perencanaan infrastruktur seperti pelabuhan, dermaga, dan pemecah gelombang berisiko tidak akurat. Desain yang

disamaratakan dapat menyebabkan kegagalan struktur di sisi yang terkena energi besar (*under-design*) atau pemborosan biaya di sisi yang lebih tenang (*over-design*).

Faktor utama yang menjadi pembeda karakter gelombang di kedua wilayah tersebut adalah geometri lintasan angin atau *fetch*. Hubungan antara kecepatan angin, durasi hembusan, dan panjang *fetch* secara langsung menentukan besarnya tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) yang terbentuk. Ketidakpastian kondisi gelombang ekstrim yang sering terjadi tanpa tanda-tanda yang jelas dan bersifat tiba-tiba telah banyak mengakibatkan kecelakaan laut di perairan Karimun Besar.

Seiring dengan meningkatnya risiko akibat gelombang laut dan belum tersedianya informasi gelombang yang memadai di tingkat lokal, maka penelitian mengenai perbandingan tinggi dan periode gelombang di bagian timur dan barat pulau karimun besar untuk menjadi acuan dasar teknis dalam langkah melakukan mitigasi bencana pada sisi barat dan timur perairan pulau karimun besar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari penelitian ini, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tinggi dan periode gelombang representatif di perairan Pulau Karimun Besar, yang dihitung menggunakan metode SPM?
2. Bagaimana karakteristik gelombang representatif di perairan Pulau Karimun Besar?
3. Bagaimana perbandingan tinggi dan periode gelombang representatif di bagian barat dan timur pulau?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai tinggi dan periode gelombang yang di hitung menggunakan metode SPM data angin di perairan Pulau Karimun Besar

2. Menganalisis dan mengidentifikasi karakteristik gelombang laut tahunan di perairan Pulau Karimun Besar. Menganalisis pemanfaatan kedua sisi perairan tersebut
3. Menganalisis dan mengidentifikasi perbandingan tinggi dan periode gelombang representatif di bagian barat dan timur pulau

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan utama untuk menyediakan data teknis kritis berupa perbandingan tinggi dan periode gelombang yang spesifik di perairan Pulau Karimun Besar, baik dari arah Barat maupun Timur.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan sasarannya jelas, penulis membatasi permasalahan pada Lokasi Penelitian:

1. Wilayah studi dibatasi pada dua area tinjauan spesifik di Pulau Karimun Besar, yaitu pada perairan bagian barat dan timur pulau karimun besar
2. Periode Data yang digunakan pada Analisis karakteristik gelombang dilakukan berdasarkan data angin selama kurun waktu 10 tahun terakhir (misalnya tahun 2015 – 2024).
3. Metode Pengambilan dan pengumpulan data pada Penelitian ini tidak melakukan pengukuran gelombang secara langsung *(primary data)* di lapangan dalam jangka panjang.
4. Data gelombang diperoleh melalui metode peramalan *(Hindcasting*) menggunakan data angin sekunder dengan metode empiris SPM 1984 dan tidak membadingkan nilai peramalan tinggi gelombang menggunakan metode lain dan data peramalan gelombang dari analisa metode numerik seperti dari ECMWF, dll
5. Karateristik gelombang pada penelitian dibatasi hanya pada analisis tinggi dan periode gelombang (Hsig, Hmaks, Hmin dan Tsig, Tmaks, Tmin)
6. Batasan pemanfaatan daerah peairan pada kedua sisi pulau hanya sebatas rekomendasi kesesuaian lokasi berdasarkan tingkat tinggi gelombang. Penelitian ini tidak mencakup perhitungan detail untuk perencanaan pembangunan infrastruktur

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah melihat dan mengetahui pembahasan yang ada pada proposal ini secara menyeluruh, maka perlu dikemukakan sistematika yang merupakan kerangka dan penulisan proposal. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah, dan sistematika penulisan proposal.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas secara teori gelombang laut, menganalisis karakterisistik gelombang, menganalisis tinggi dan periode gelombang, metode yang digunakan untuk pengolahan data angin, dan landasan teori.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metode penelitian, pemilihan lokasi, jenis penelitian, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, metode analisis data, variabel penelitian, diagram alir penelitian, dan jadwal penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas secara lugas mengenai pembahasan dan hasil analisis yang telah diperoleh dalam penelitian yang terdiri dari analisis perbadingan tinggi dan periode gelombang di perairan Karimun Besar menggunakan metode SPM (Shore Protection Manual), dan analisis pada perairan yang mana yang memiliki nilai tinggi dan periode yang lebih tinggi

BAB 5 PENUTUP

Bab ini membahas tentang kesimpulan dari seluruh proses penelitian dan memuat saran pada perairan yang lebih baik dalam melakukan aktivitas kelautan di pulau karimun besar