

Pengaruh Tinggi Gelombang Terhadap Refraksi Gelombang di Pulau Gusung, Kota Makassar

Sariana¹ | Kasmawati*² | Hamzah Al Imran² |

¹ Mahasiswa Program Studi Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

sarianabahtiar15@gmail.com

² Program Studi Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

kasma08@unismuh.ac.id

hamzah@unismuh.ac.id

Korespondensi

*Kasmawati

kasma08@unismuh.ac.id

ABSTRAK:

Pulau Gusung di Kota Makassar merupakan pulau kecil yang langsung berhadapan dengan laut terbuka sehingga sangat dipengaruhi oleh dinamika gelombang. Salah satu proses transformasi gelombang yang berperan penting di wilayah ini adalah refraksi gelombang, yang dipengaruhi oleh perubahan kedalaman dan tinggi gelombang datang. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh tinggi gelombang terhadap refraksi gelombang di sekitar Pulau Gusung. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder berupa data tinggi gelombang, angin, dan parameter gelombang dari BMKG periode 2019–2023. Analisis dilakukan melalui perhitungan karakteristik gelombang dan koefisien refraksi berdasarkan teori transformasi gelombang di perairan dangkal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tinggi gelombang di laut lepas berpengaruh terhadap perubahan nilai koefisien refraksi, yang selanjutnya memengaruhi distribusi energi gelombang di sekitar pulau. Kondisi ini berimplikasi pada potensi abrasi dan pengendapan di zona pesisir tertentu. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan dalam pengelolaan wilayah pesisir Pulau Gusung.

KATA KUNCI:

Tinggi Gelombang, Refraksi Gelombang, Pulau Gusung, transformasi gelombang

ABSTRACT:

Gusung Island, located in Makassar City, is a small island directly exposed to open-sea conditions and therefore strongly influenced by wave dynamics. One of the important wave transformation processes in this area is wave refraction, which is affected by seabed topography and incoming wave height. This study aims to analyze the effect of wave height on wave refraction around Gusung Island. A quantitative approach was applied using secondary data consisting of wave height, wind, and wave parameters obtained from BMKG for the period 2019–2023. The analysis was conducted by calculating wave characteristics and refraction coefficients based on wave transformation theory in shallow waters. The results indicate that increasing offshore wave height influences changes in the refraction coefficient, which in turn affects the distribution of wave energy around the island. These conditions have implications for abrasion and sedimentation potential in certain coastal zones. The findings are expected to serve as a reference for coastal management and planning in the Gusung Island area.

Keywords:

Wave Height, Wave Refraction, Gusung Island, Wave Transformation

1 | PENDAHULUAN

Gelombang laut secara umum terbentuk dari perpindahan energi dari gerakan angin ke permukaan laut yang melepaskan energi ke garis pantai. Penyebab gelombang laut terdiri dari berbagai faktor, diantaranya yaitu oleh gaya tarik gravitasi, gempa bumi atau letusan gunung berapi. Gelombang laut juga memiliki pergerakan yang acak dan kompleks, sehingga sulit diukur dan dirumuskan secara akurat. Gelombang laut adalah peristiwa gerak naik turunnya massa air secara tegak lurus membentuk kurva/grafik sinusoidal (Cindy et al., 2017). Gelombang di laut terbentuk akibat berbagai gaya pembangkit, antara lain angin, gaya gravitasi, aktivitas tektonik, dan letusan gunung api bawah laut. Dari berbagai jenis gelombang, gelombang akibat angin adalah yang paling umum dijumpai dan berperan penting dalam membentuk morfologi pantai (Loupatty, 2013). Karakteristik gelombang dipengaruhi oleh kecepatan angin, durasi hembusan, panjang fetch, dan kedalaman perairan (Kumar et al., 2017). Saat gelombang merambat dari laut dalam menuju perairan dangkal, terjadi perubahan sifat gelombang yang dikenal sebagai transformasi gelombang.

Pulau Gusung, yang terletak di sebelah barat Kota Makassar, merupakan salah satu wilayah pesisir yang rentan terhadap pengaruh gelombang laut. Pulau kecil ini berada di area yang langsung berhadapan dengan laut lepas, sehingga sering menerima gelombang dari arah barat dan barat daya. Kondisi tersebut menjadikan Pulau Gusung sebagai lokasi yang menarik untuk mengkaji bagaimana variasi tinggi gelombang dapat memengaruhi perubahan arah gelombang akibat refraksi, serta dampaknya terhadap dinamika garis pantai di sekitarnya.

Menurut Sorensen (2006:137), refraksi adalah proses di mana gelombang menengah atau dangkal berubah arah karena kontur bawah tidak sejajar dengan puncak gelombang. Dengan kata lain, refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Konsekuensinya, terjadi perbedaan distribusi energi gelombang di sepanjang garis pantai. Daerah dengan konsentrasi energi tinggi cenderung mengalami abrasi, sedangkan daerah dengan energi rendah berpotensi menjadi lokasi sedimentasi. Pemahaman hubungan antara tinggi gelombang dan refraksi penting untuk memprediksi area rawan kerusakan pantai serta menentukan lokasi yang sesuai untuk perlindungan pesisir.

Data angin yang digunakan dalam peramalan gelombang berupa kecepatan dan arah angin. Klasifikasi kecepatan angin dilakukan untuk mengetahui frekuensi kejadian kecepatan angin maksimum. Arah angin diklasifikasikan menjadi 8 penjuruan mata angin, yaitu barat, barat laut, barat daya, utara, tenggara, selatan, timur, dan timur laut. Berdasarkan hasil klasifikasi kecepatan angin maksimum dan arah angin, maka didapatkan distribusi frekuensi dari setiap kecepatan dan arah angin. Distribusi frekuensi tersebut digambarkan dalam bentuk diagram mawar angin (windrose). Salah satu metode peramalan gelombang adalah Shore Protection Manual (SPM). Metode ini dikembangkan oleh Coastal Engineering Research Center (CERC) US Army. Metode ini juga dijelaskan sebagai metode sederhana untuk memprediksi gelombang. Metode SPM merupakan pengembangan dari metode Sverdrup Munk Bretschneider (SMB) (Fatoni, 2019).

Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar. Dan apabila angin berhembus terus pada akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk (Triadmodjo, 1999).

Fetch adalah panjang keseluruhan suatu daerah pembangkitan gelombang dimana angin berhembus dengan arah dan kecepatan yang konstan. Panjang fetch dapat ditentukan dari peta atlas dan peta Dinas Hidro Oceanografi Angkatan Laut (Departemen Pekerjaan Umum, 2009). Arah angin masih dianggap konstan apabila perubahannya tidak sampai 150. Sedangkan kecepatan angin masih dianggap konstan apabila perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2,5 m/dt) (Triadmodjo, 1999).

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas keterkaitan tinggi gelombang dengan pola refraksi. Misalnya, Triadmodjo (1999) menjelaskan bahwa tinggi gelombang di laut lepas berperan dalam menentukan besar energi yang terbawa ke pantai. Sementara itu, Sorensen (2006) menegaskan bahwa gelombang dengan energi besar akan mengalami pembelokan lebih signifikan ketika memasuki perairan dangkal, sehingga memengaruhi pola arus dan sedimentasi di kawasan pesisir. Penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa pemahaman mengenai hubungan antara tinggi gelombang dan refraksi sangat penting dalam perencanaan pengelolaan wilayah pantai.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tinggi gelombang terhadap nilai koefisien refraksi di perairan Pulau Gusung. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai distribusi energi gelombang di kawasan tersebut, sekaligus menjadi masukan bagi upaya mitigasi abrasi dan perencanaan perlindungan pantai di wilayah pesisir kecil yang memiliki karakteristik serupa.

2 | METODE

2.1 | Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah perairan sekitar Pulau Gusung, yang terletak di Kelurahan Lae-Lae, Kecamatan Ujung Pandang, Kota Makassar pada titik koordinat 5°7'22.87" LS, 119°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.



GAMBAR 1. Lokasi Penelitian Pulau Gusung (sumber : google earth)

2.2 | Pengumpulan Data dan Analisis Data

Penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian kuantitatif deskriptif. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan fenomena gelombang laut secara numerik dan menganalisis keterkaitan antara tinggi gelombang dengan nilai koefisien refraksi 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). dengan data sekunder berupa tinggi gelombang, angin, dan gelombang dari BMKG Wilayah IV Makassar. Analisa data di lakukan dengan cara Menghitung nilai periode gelombang (T), Menentukan Nilai kedalaman dan d/L , menghitung Panjang Gelombang di Kedalaman Tertentu (L), Menghitung Sudut Datangnya Gelombang (α_1 dan α_2) dan menghitung Koefisien Refraksi (K_r).

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 | Data Angin

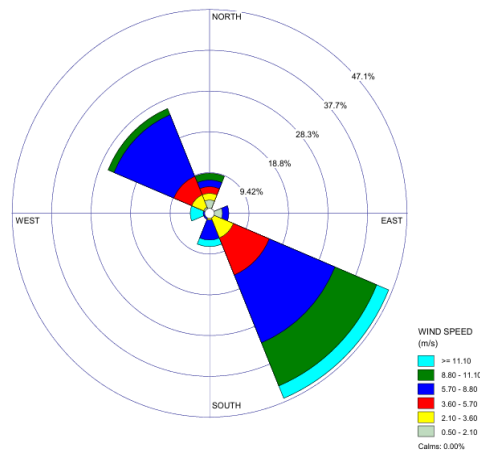
Angin yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Stasiun Meteorologi Maritim Paotere, dengan rentang waktu pengamatan mulai tahun 2019 hingga 2023. Data tersebut dianalisis untuk memperoleh sejumlah parameter penting, seperti kecepatan rata-rata angin (knot), arah dominan angin (0), serta kecepatan 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 1. Parameter kejadian arah datangnya angin

Arah	Presentase	Jumlah Data	Jumlah Data
Notasi	Derajat	Derajat	Kejadian (%)
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	60	100

Berdasarkan tabel 1, arah angin dominan di lokasi penelitian adalah Tenggara (TG) dengan persentase kejadian tertinggi sebesar 50%, diikuti oleh Barat Laut (BL) sebesar 25% dan Utara (U) sebesar 10%. Arah lain memiliki persentase lebih kecil, bahkan ada yang tidak terjadi

sama sekali seperti Timur Laut (TL) dan Barat Daya (BD). Hal ini menunjukkan bahwa angin dari arah Tenggara menjadi faktor utama pembangkitan gelombang di wilayah penelitian.

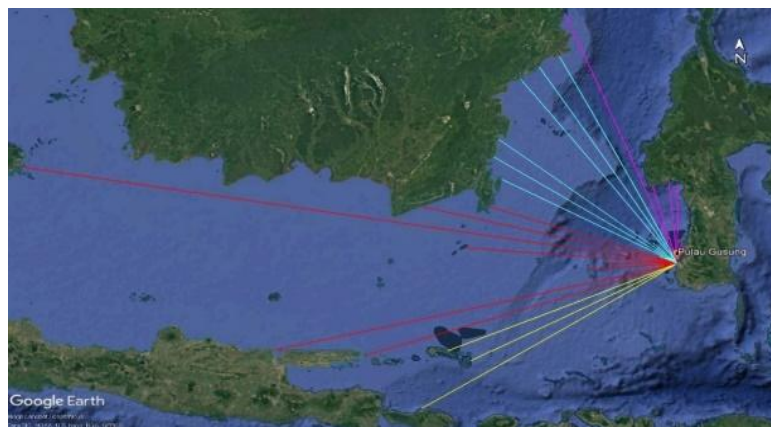


GAMBAR 2. Mawar angin tahun 2019-2023

Gambar 2 adalah diagram mawar angin yang digunakan untuk menunjukkan arah dan kecepatan angin di suatu wilayah selama waktu pengamatan tertentu. Arah mata angin di sekeliling gambar menunjukkan dari mana angin paling sering bertiup, sedangkan panjang bidang ke arah tertentu menandakan seberapa sering angin datang dari arah tersebut. Perbedaan warna pada setiap bidang menunjukkan tingkat kecepatan angin, mulai dari angin lemah hingga angin yang lebih kencang, sementara bagian tengah menggambarkan kondisi angin tenang

3.2 | 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 3. Panjang fetch dari utara, barat daya, barat dan barat laut

3.3 | Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

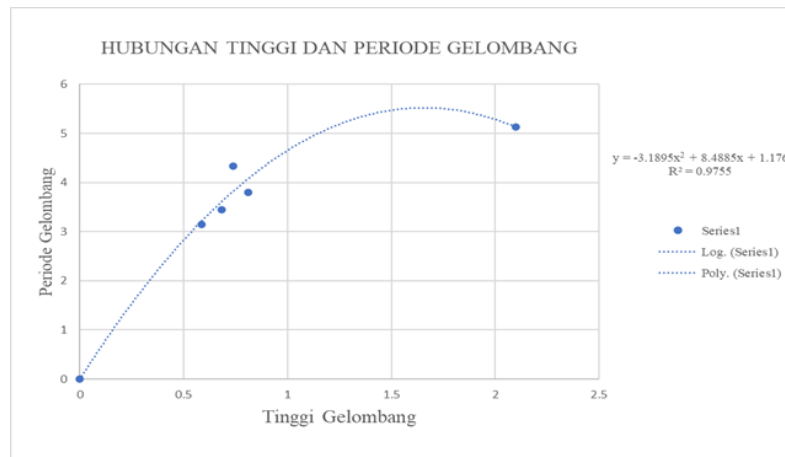
Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian tersebut maka kecepatan angin perlu dikoreksi terhadap ketinggian dengan formulasi sebagai berikut (Pratikto. dkk, 2000):

TABEL 2. Rekap hasil perhitungan parameter gelombang tahun 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

Tabel 2 menampilkan rekap hasil perhitungan parameter gelombang laut tahun 2023 yang disusun berdasarkan kondisi angin bulanan dan arah datang gelombang. Parameter yang disajikan meliputi arah dan kecepatan angin, kecepatan angin efektif, durasi pembangkitan, fetch, serta parameter gelombang yang dihasilkan. Hasilnya menunjukkan variasi karakteristik gelombang antarbulan yang dipengaruhi oleh perubahan arah dan kecepatan angin dominan, sehingga mencerminkan dinamika gelombang yang berbeda sepanjang tahun pada lokasi penelitian.

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 4. Grafik hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang

Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang yang menunjukkan tren meningkat, di mana semakin besar tinggi gelombang maka periode gelombang cenderung semakin panjang. Hubungan ini membentuk kurva polinomial dengan nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,9755$), yang menunjukkan keterkaitan yang sangat kuat antara kedua parameter tersebut.

Berdasarkan tabel 2, hasil grafik hubungan tinggi dan periode gelombang pada tahun 2019-2023 diperoleh hasil persamaan nilai $y = -3.1895x^2 + 8.4885x + 1.176$

3.4 | Perhitungan Panjang Gelombang

Untuk menentukan panjang gelombang pada bulan Januari menggunakan rumus:

$$L0 = 1,56 * T0^2$$

Dimana diketahui tinggi gelombang pada bulan Januari 2023 adalah 2.25 m dan untuk menentukan periode gelombang digunakan dengan rumus:

$$T0 = -3.1895 * Ho^2 + 8.4885 * Ho + 1.176$$

$$T0 = -3.1895 * 2.25^2 + 8.4885 * 2.25 + 1.176 = 4.13 \text{ det}$$

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

$$L0 = 1,56 * T0^2$$

$$L0 = 1,56 * 4.13^2 = 26.59 \text{ m}$$

TABEL 3. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang 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

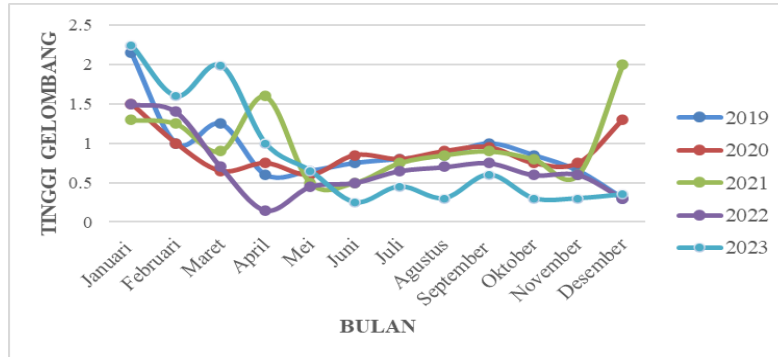
Berdasarkan tabel 3 data gelombang tahun 2023, tinggi gelombang signifikan (H_o) tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 2.25 m, sedangkan terendah pada bulan Juni sebesar 0.25 m. Periode gelombang (T_o) terpanjang terjadi pada Februari (6.59 detik) dan terpendek pada Juni (3.10 detik). Panjang gelombang (L_o) terpanjang juga terdapat pada Februari (67.81 m) dan terpendek pada Juni (14.98 m). Secara umum, awal tahun (Januari–Maret) didominasi gelombang lebih besar dan panjang, sedangkan pertengahan hingga akhir tahun cenderung lebih kecil.

TABEL 4. Rekap tinggi gelombang

Bulan	2019	2020	2021	2022	2023
Januari	2,15	1,50	1,30	1,50	2,25
Februari	1,00	1,00	1,25	1,4	1,6
Maret	1,25	0,65	0,9	0,7	1,99
April	0,6	0,75	1,6	0,15	1,00
Mei	0,65	0,6	0,5	0,45	0,65
Juni	0,75	0,85	0,5	0,5	0,25
Juli	0,8	0,8	0,75	0,65	0,45
Agustus	0,85	0,9	0,85	0,7	0,3
September	1,00	0,95	0,9	0,75	0,6
Oktober	0,85	0,75	0,8	0,6	0,3

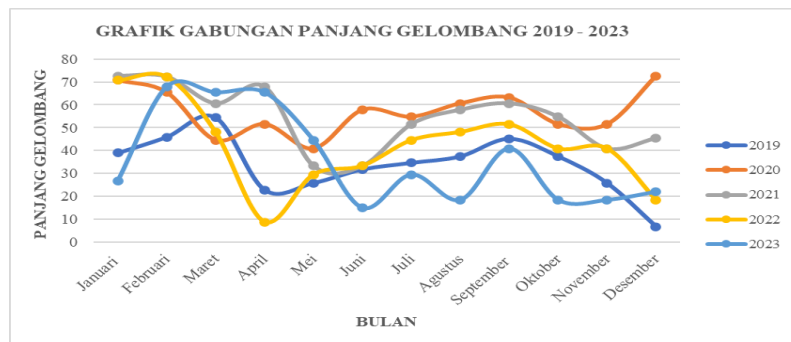
November	0,65	0,75	0,6	0,6	0,3
Desember	0,3	1,3	2,00	0,3	0,35

Dari Tabel 4 di dapatkan data 2019–2023, ombak tertinggi biasanya terjadi di bulan Januari, dengan puncak terbesar pada Januari 2019 (2.15 m) dan 2023 (2.25 m). Ombak terendah umumnya terjadi di bulan Desember atau Juni, seperti Juni 2022 (0.25 m) dan Desember 2019 (0.30 m). Secara umum, awal tahun cenderung punya ombak lebih besar, sementara pertengahan sampai akhir tahun ombaknya lebih kecil.



GAMBAR 5 Grafik hubungan Tinggi gelombang 2019-2023

Dari gambar 5 grafik terlihat bahwa tinggi gelombang cenderung paling tinggi terjadi pada bulan Januari, terutama tahun 2023. Sementara itu, gelombang paling rendah sering terjadi antara bulan Mei hingga Juli hampir di semua tahun. Artinya, awal tahun biasanya ombak lebih besar, sedangkan pertengahan tahun ombak cenderung kecil di sekitar Pulau Gusung.



GAMBAR 6 Grafik hubungan Panjang gelombang 2019-2023

Berdasarkan grafik 6, panjang gelombang di Pulau Gusung berubah-ubah setiap bulannya. Panjang gelombang paling pendek biasanya terjadi di bulan Mei sampai Juli, terutama pada tahun 2019 dan 2023. Sedangkan gelombang terpanjang sering terjadi di bulan November dan Desember. Ini berarti, pertengahan tahun biasanya laut lebih tenang, sedangkan di akhir tahun ombaknya cenderung lebih besar.

3.5 | Perhitungan Koefisien Refraksi (Kr)



GAMBAR 7. Lokasi Penelitian

Untuk mencari nilai koefisien refraksi (K_r) pada gelombang perlunya untuk penentuan derajat gelombang dengan menggunakan metode perhitungan analisis sebagai berikut:

- Menentukan sudut datang gelombang (α). Sudut datang gelombang (α) = 45°
- Menentukan kedalaman (d), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan. Kedalaman diambil pada 4 m
- Menentukan tinggi, periode gelombang dan panjang gelombang pada perhitungan sebelumnya.
- Untuk nilai panjang gelombang (L_o) yang digunakan yakni panjang gelombang pada bulan Januari 2023 – Desember 2023

Maka perhitungannya yaitu:

Januari 2023

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

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

TABEL 5. Pembacaan nilai d/L dan n

d/L_o	d/L	$2\pi d$	$\tanh$	$\sinh$	$\cosh$	K_s	K	$4\pi d$	$\sinh$	$\cosh$	n
		L	$2\pi d/L$	$2\pi d/L$	$2\pi d/L$			L	$4\pi d/L$	$4\pi d/L$	
0.1500	0.18330	1.1517	0.8183	1.4238	1.7399	0.913	0.5748	2.3035	4.9544	5.054	0.733
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	0.73
0.1530	0.18581	1.1675	0.8235	1.4513	1.7625	0.913	0.5674	2.3349	5.1158	5.213	0.728
0.1540	0.18664	1.1727	0.8251	1.4606	1.7701	0.913	0.5649	2.3454	5.1707	5.267	0.727

Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan parameter gelombang berdasarkan perbandingan kedalaman perairan dan panjang gelombang. Tabel ini berisi nilai-nilai yang digunakan untuk melihat bagaimana gelombang berubah ketika merambat di perairan dengan kedalaman tertentu, seperti perubahan kecepatan dan energi gelombang. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk menganalisis proses transformasi gelombang pada lokasi penelitian.

Untuk $d/L_o = 0,1504$ (Tabel 5 di lihat diatas, lalu di interpolasi)

di dapatkan nilai: $d/L = 0,18338$

$$\begin{aligned} \text{Maka } L &= \frac{d}{(d/L)} \\ &= \frac{4}{0.18338} \\ &= 21.81 \text{ m} \end{aligned}$$

Cepat rambat gelombang :

$$\begin{aligned} Co &= \frac{L_o}{T} = \frac{26.59}{4.13} \\ Co &= 6.43 \text{ m} \end{aligned}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{21.81}{4.13}$$

$$C = 5.28 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{c}{c_o} \sin \alpha^0, \text{ untuk } \alpha = 45^\circ$$

$$= \frac{5.28}{6.43} \sin 45^\circ$$

$$= 0.58$$

$$\alpha = 35.45^\circ$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

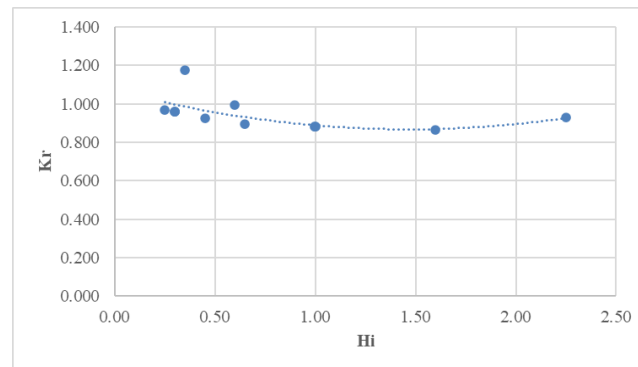
$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 45^\circ}{\cos 35.45^\circ}}$$

$$Kr = 0.931$$

TABEL 6. Hasil Perhitungan Koefisien Refraksi

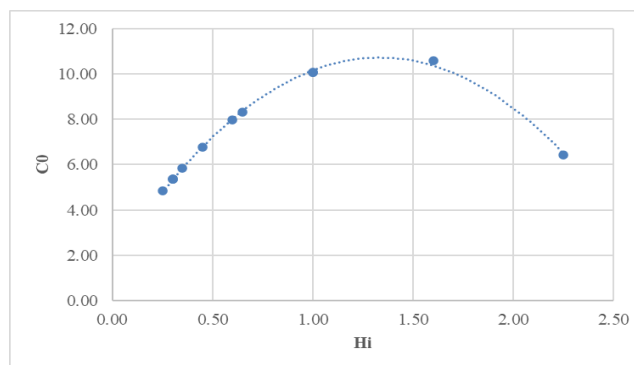
Bulan	α_0	d	Hi	To	Lo	d/Lo	d/L	L	Co	C	$\frac{\sin \alpha}{\alpha}$	Kr	α
Januari	45	4	2.25	4.13	26.59	0.1504	0.18338	21.81	6.43	5.28	0.58	0.931	35.45
Februari	45	4	1.60	6.59	67.81	0.0589	0.12329	32.44	10.58	4.92	0.33	0.865	19.26
Maret	45	4	1.00	6.48	65.41	0.0611	0.10538	37.98	10.09	5.86	0.41	0.880	24.20
April	45	4	1.00	6.48	65.41	0.0611	0.10538	37.98	10.09	5.86	0.41	0.880	24.20
Mei	45	4	0.65	5.35	44.59	0.0897	0.13139	30.44	8.33	5.68	0.48	0.897	28.68
Juni	45	4	0.25	3.10	14.98	0.2670	0.28274	14.14	4.83	4.56	0.66	0.970	41.29
Juli	45	4	0.45	4.35	29.52	0.1355	0.17085	23.41	6.78	5.38	0.56	0.923	34.05
Agustus	45	4	0.30	3.44	18.42	0.2171	0.23959	16.69	5.35	4.85	0.64	0.959	39.79
September	45	4	0.60	5.12	40.91	0.0977	0.13845	28.89	7.99	5.64	0.70	0.995	44.47
Oktober	45	4	0.30	3.44	18.42	0.2171	0.23959	16.69	5.35	4.85	0.64	0.959	39.79
November	45	4	0.30	3.44	18.42	0.2171	0.23959	16.69	5.35	4.85	0.64	0.959	39.79
Desember	45	4	0.35	3.76	22.01	0.1817	0.20925	19.11	5.85	5.08	0.86	1.177	59.31

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan koefisien refraksi gelombang untuk setiap bulan dari Januari hingga Desember berdasarkan beberapa parameter gelombang laut. Pada tabel ini, sudut datang gelombang awal (α_0) dan kedalaman perairan (d) bernilai tetap, sedangkan tinggi gelombang (Hi), periode gelombang (To), dan panjang gelombang (Lo) mengalami perubahan tiap bulan. Perubahan parameter tersebut menyebabkan variasi pada rasio kedalaman terhadap panjang gelombang (d/Lo dan d/L), panjang gelombang di perairan dangkal (L), serta nilai koefisien shoaling (Co), koefisien refraksi (Kr), dan sudut datang gelombang setelah mengalami refraksi (α). Secara umum, tabel ini memperlihatkan bahwa kondisi gelombang dan proses refraksi berbeda sepanjang tahun, yang menunjukkan adanya pengaruh variasi karakteristik gelombang terhadap perubahan arah dan perilaku gelombang saat merambat menuju perairan dangkal.



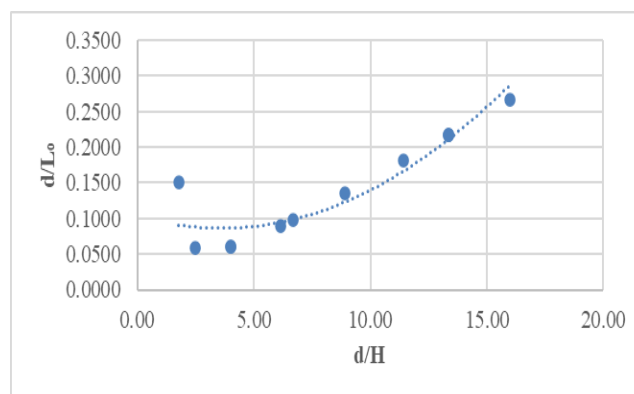
GAMBAR 8 Grafik hubungan tinggi gelombang dengan koefisien refraksi

Berdasarkan grafik 8 terlihat bahwa hubungan antara tinggi gelombang (H_i) dan koefisien refraksi (K_r) tidak membentuk garis lurus, melainkan membentuk kurva. Saat tinggi gelombang bertambah, nilai K_r awalnya menurun, tetapi kemudian naik lagi saat gelombangnya semakin tinggi. Ini menunjukkan bahwa perubahan tinggi gelombang tidak selalu sebanding dengan perubahan K_r . Artinya, refraksi gelombang tidak hanya dipengaruhi oleh tinggi gelombang saja, tapi juga bisa dipengaruhi oleh faktor lain seperti kedalaman laut atau bentuk dasar laut. Jadi, hubungan antara H_i dan K_r termasuk hubungan yang bersifat melengkung atau polinomial.



GAMBAR 9 Grafik hubungan tinggi gelombang dengan cepat rambat gelombang awal.

Berdasarkan grafik 9 hubungan antara tinggi gelombang (H_i) dan C_0 awal, Berdasarkan grafik hubungan antara tinggi gelombang (H_i) dan C_0 awal, terlihat bahwa nilai C_0 tidak meningkat secara terus-menerus seiring kenaikan H_i , melainkan membentuk pola melengkung. Nilai C_0 awalnya naik dan mencapai puncaknya sebesar 10.58 saat H_i bernilai 1.60, kemudian menurun kembali saat H_i bertambah hingga 2.25. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara H_i dan C_0 bukan bersifat linear, melainkan membentuk pola polinomial kuadratik (parabola terbalik), di mana C_0 mengalami kenaikan sampai titik tertentu sebelum akhirnya menurun.



GAMBAR 10 Grafik perbandingan d/L_0 dengan d/H

Berdasarkan grafik 10 perbandingan antara d/H dan d/L_0 , terlihat bahwa saat nilai d/H mencapai 16.00, nilai d/L_0 yang dihasilkan adalah 0.2670. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai d/H , maka d/L_0 juga cenderung ikut meningkat. Pola hubungan antar kedua variabel tidak membentuk garis lurus, melainkan membentuk kurva yang naik secara bertahap. Oleh karena itu, grafik ini termasuk grafik polinomial, bukan linear. Grafik ini dipilih karena mampu menggambarkan perubahan nilai yang tidak tetap antara d/H dan d/L_0 , sehingga mempermudah dalam memahami kecenderungan hubungan keduanya secara visual.

4 | KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data gelombang selama lima tahun (2019–2023), tinggi dan panjang gelombang di sekitar Pulau Gusung menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh musim angin. Gelombang tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan ketinggian mencapai 2,25 meter dan panjang gelombang sekitar 26,59 meter. Pola ini mengindikasikan bahwa wilayah Pulau Gusung sangat dipengaruhi oleh gelombang laut dari arah barat dan barat daya, terutama saat musim angin barat berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi gelombang dan panjang gelombang memiliki peran penting dalam membentuk karakteristik gelombang di sekitar Pulau Gusung.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tinggi gelombang berpengaruh terhadap nilai koefisien refraksi (K_r) di sekitar Pulau Gusung. Semakin tinggi gelombang, maka nilai koefisien refraksi juga cenderung menurun. Nilai K_r yang diperoleh selama periode penelitian berkisar antara 0,865 hingga 1,117 yang menunjukkan adanya perubahan arah penjalaran gelombang akibat variasi tinggi gelombang.

Dengan kata lain, tinggi gelombang secara langsung memengaruhi seberapa besar pembelokan arah gelombang terjadi saat memasuki perairan dangkal di sekitar Pulau Gusung.

Daftar Pustaka

- Asranda, A., I. Wahidin, N. T. Karim, H. Al Imran, and. 2023. "Analisis Gelombang Refraksi Terhadap Pemecah Gelombang (Breakwater) Pantai Tamarunang Kabupaten Jeneponto." *Teknik* ... 16:10.
- Collins, Sean P., Alan Storrow, Dandan Liu, Cathy A. Jenkins, Karen F. Miller, Christy Kampe, and Javed Butler. 2021. "Analisis Peramalan Tinggi Gelombang Laut Menggunakan Metode Shore Protection Manual (Spm) Dan Darbyshire Di Pantai Pangali-Ali, Kabupaten Majene Sulawesi Barat."
- Divanesia, Andi Muthia Ardelia. 2023. "Simulasi Hidrodinamika Arus Pasang Surut Di Teluk Palu Menggunakan Mike Zero."
- Gushaf, Yussufi Kurnia. 2015. *Prakiraan Laju Transpor Sedimen Pelabuhan Boom Banyuwangi Menggunakan Metode Gelombang Angin*.
- Habra, Ibnu Khaldun, M. Dika Ramadhana, Nenny T. Karim, Hamzah Al Imran, Sukmasari Antaria, Andi Rahmat, Pelabuhan Bonto, Jai Bantaeng Terletak Di Desa, Bonto Jai, Kecamatan Bissappu, Kabupaten Bantaeng, Provinsi Sulawesi, and Selatan Yang. 2024. "Analisis Gelombang Terhadap Struktur Bangunan Breakwater Pada Pelabuhan Bonto Jai Kabupaten Bantaeng." *Journal Teknik Hidro* 17(2):1–11.
- Harianja, Bryan Holy. 2018. "Studi Eksperimen Refleksi Gelombang Pada Artificial Hexareef Akibat Pengaruh Konfigurasi Horizontal." *Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember* 1–45.
- Industri, Kawasan, and Kendal Kik. 2024. "Redesign Shore Protection Kawasan Industri Kendal (Kik)." 1(April):25–33.
- Mo, Tugas Akhir, Analisa Redaman, Gelombang Pada, Struktur Floating, and Tito Biaperi. 2020. "Analisa Redaman Gelombang Pada Struktur Floating Breakwater Tipe Pontoon Menggunakan Software Flow 3d."
- Nu'man, Muhammad. 2023. "Pemodelan Gelombang Di Perairan Teluk Lampung." *Aleph* 87(1,2):149–200.
- Pratama, Fahrizal Adijoga Setya. 2018. "Pemodelan Numerik Arus Dan Gelombang Untuk Menentukan Lokasi Akuakultur Di Teluk Prigi, Trenggalek Dengan Baik." *Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh November* 81.
- Septian Bagaskara. 2016. "Analisis Peramalan Gelombang Dengan Periode Ulang Di Perairan Selatan Propinsi Jawa Tengah Menggunakan Metode Weibull."
- Siregar. 2022. "Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Revetment Pada Pantai Wisata Kuako Kecamatan Amahai - Kabupaten Maluku Tengah." *MANUMATA* 8(8.5.2017):2003–5.
- Syamsuri, Andi Makbul, Fardiyansyah Yahya, and Muhammad Wijdan Maulana. 2024. "Analisis Abrasi Di Pantai Tanjung Merdeka Akibat Refraksi Gelombang." 6(2):82–91.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. "Buku Teknik Pantai." Beta Offset 1–405.
- Wahyuni, Sri. 2021. "Karakteristik Gelombang Melalui Dinding Pemusat Energi Pada Catchwater Shore Protection-Dual Slope (CSP-DS) Model Zig-Zag." Kota Gowa.