

Pengaruh Pasang Surut Terhadap Difraksi Gelombang di Pulau Gusung, Kota Makassar

Putri Arianti Amaliah¹ | Hamzah Al Imran² | Kasmawati*²

¹ Mahasiswa Program Studi Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia. putriariantiamaliah01@gmail.com

² Program Studi Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.
hamzah@unismuh.ac.id
kasma08@unismuh.ac.id

Korespondensi

*Kasmawati
kasma08@unismuh.ac.id

ABSTRAK: Pulau Gusung merupakan pulau pasir di pesisir Kota Makassar yang dipengaruhi oleh dinamika oseanografi, khususnya pasang surut dan gelombang laut. Interaksi gelombang dengan pulau menyebabkan terjadinya difraksi gelombang yang memengaruhi distribusi energi gelombang dan kondisi perairan di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tipe pasang surut serta pengaruh pasang surut terhadap difraksi gelombang di Pulau Gusung. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder pasang surut, angin, dan gelombang dari BMKG periode 2019–2023. Analisis pasang surut dilakukan menggunakan metode Admiralty untuk menentukan konstanta harmonik dan tipe pasang surut, sedangkan karakteristik gelombang dianalisis melalui peramalan gelombang dan perhitungan koefisien difraksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pulau Gusung memiliki tipe pasang surut campuran condong ke harian tunggal. Perbedaan elevasi muka air laut saat pasang dan surut memengaruhi nilai koefisien difraksi dan tinggi gelombang di belakang pulau. Kesimpulannya, pasang surut berperan signifikan terhadap difraksi gelombang dan berimplikasi penting bagi pengelolaan pulau kecil dan perencanaan wilayah pesisir.

KATA KUNCI

Pasang Surut, Difraksi Gelombang, Metode Admiralty, Pulau Gusung

ABSTRACT: Gusung Island is a sandy island located in the coastal area of Makassar City and is influenced by oceanographic dynamics, particularly tides and ocean waves. The interaction between waves and the island causes wave diffraction, which affects the distribution of wave energy and the surrounding water conditions. This study aims to analyze the tidal type and the influence of tides on wave diffraction around Gusung Island. A quantitative approach was applied using secondary data on tides, wind, and waves obtained from the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BMKG) for the period 2019–2023. Tidal analysis was conducted using the Admiralty method to determine harmonic constants and tidal types, while wave characteristics were analyzed through wave forecasting and diffraction coefficient calculations. The results indicate that Gusung Island experiences a mixed tide with a predominance of diurnal characteristics. Variations in sea level elevation during high and low tide conditions affect the diffraction coefficient and wave height behind the island. In conclusion, tides play a significant role in wave diffraction and have important implications for small island management and coastal area planning.

Keywords:

Tides, Wave Diffraction, Admiralty Method, Gusung Island

1 | PENDAHULUAN

Pasang surut memiliki pengaruh besar terhadap berbagai kondisi dan fenomena di laut. Keanekaragaman hayati pesisir tidak hanya bernilai ekologis, tetapi juga menjadi sumber utama kehidupan masyarakat sekitar (Missa et al., 2018). Keadaan ini tentu berdampak langsung pada aktivitas manusia di wilayah perairan, seperti kegiatan perikanan dan pelayaran. Dengan mengetahui jenis dan pola pasang surut di suatu daerah, kita bisa memahami seberapa sering air laut mengalami pasang atau surut, sehingga hal tersebut dapat dijadikan acuan dalam merencanakan berbagai aktivitas di laut (Setyowati & Zahrina W., 2024). Pasang terjadi saat permukaan laut naik, sedangkan surut saat permukaan laut turun. Jenis pasang surut memengaruhi durasi pasang dan surut, serta menyebabkan kedalaman perairan pantai terus berubah (Ch. Joseph, 2022).

Gelombang laut adalah fenomena alam yang ditandai oleh naik turunnya permukaan air secara bertahap (Loupatty, 2013). Gelombang laut merupakan fenomena alam yang menyebabkan naik-turunnya massa air secara terus-menerus, baik di permukaan maupun di bawah permukaan laut. Bentuk gelombang yang terbentuk pun cenderung berubah-ubah dan sangat bergantung pada sejumlah karakteristik gelombang, seperti periode dan tinggi gelombangnya (Triatmodjo, 1999). Gelombang pecah merupakan jenis perubahan bentuk gelombang yang intens, dimana energi gelombang secara bersamaan terlepas (Imbar, 2020). Gelombang laut mengalami proses hidrodinamika yang kompleks, salah satunya adalah fenomena difraksi gelombang (Darmiati, 2013).

Difraksi gelombang adalah perubahan tinggi dan arah gelombang yang terjadi ketika gelombang tersebut menemui suatu rintangan. Ketika gelombang mengenai bangunan peredam gelombang, sebagian energi akan dipantulkan (refleksi) dan sebagian lainnya mengalami difraksi akibat gelombang pecah (Haz, 2022). Di belakang rintangan, gelombang yang diteruskan akan memiliki tinggi yang lebih kecil. Masalah difraksi gelombang berkaitan dengan bagaimana keberadaan suatu benda keras mempengaruhi gelombang di sekitarnya (Nastain et al., 2021). Fenomena ini dikenal dengan difraksi gelombang di mana difraksi gelombang ini terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju di daerah terlindung (Kapitan, 2014).

Metode admiralty adalah salah satu dari beberapa metode analisis pasang surut yang banyak digunakan, dikarenakan kelebihan yang dimiliki metode ini yaitu dapat menganalisis data pendek pasang surut selama 15 hari dan 29 hari serta dapat memberikan konstanta pasang surut yang digunakan pada penentuan tipe pasang surut dan elevasi muka air laut (SANDI et al., 2024).

Klasifikasi tipe jenis pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl adalah (Muliati, 2020) :

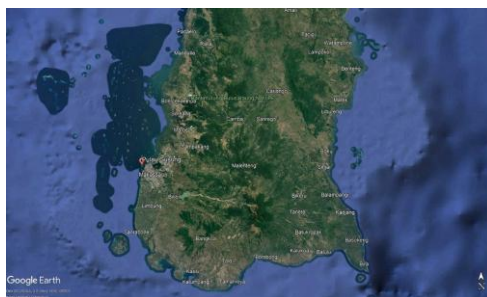
- $0,00 < F \leq 0,25$: Pasang surut harian ganda merupakan tipe pasang surut yang sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama.
- $0,25 < F \leq 1,50$: Pasang surut campuran condong ke harian ganda merupakan tipe pasang surut yang sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
- $1,50 < F \leq 3,00$: Pasang surut campuran condong ke harian tunggal merupakan tipe pasang surut yang sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda.
- $F > 3,00$: Pasang surut harian tunggal merupakan tipe pasang surut yang sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tipe jenis pasang surut yang terjadi pada Pulau Gusung dan untuk menganalisis bagaimana pasang surut memengaruhi difraksi gelombang di sekitar Pulau Gusung.

2 | METODE

2.1 | Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah perairan sekitar Pulau Gusung, tepatnya pada koordinat $5^{\circ}7'22,87''$ LS dan $119^{\circ}23'42,88''$ BT. Pulau Gusung terletak di Kelurahan Lae-Lae, Kecamatan Ujung Pandang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Pulau yang dikenal sebagai salah satu objek wisata bahari ini berjarak sekitar 1,6 kilometer dari daratan utama Kota Makassar.



GAMBAR 1 Lokasi Penelitian

2.2 | Pengumpulan Data dan Analisis Data

Menurut (Mundir, 2013) penelitian kuantitatif erat kaitannya dengan analisis statistik. Penelitian tentang pengaruh pasang surut terhadap difraksi gelombang di Pulau Gusung menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data sekunder berupa pasang surut, angin, dan gelombang dari BMKG Wilayah IV Makassar. Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung tujuan penelitian dengan mengolah data menggunakan metode Admiralty, meramalkan tinggi dan periode gelombang, serta menghitung koefisien difraksi (K'). Metode Admiralty menentukan elevasi muka air untuk analisis pasang surut, sedangkan peramalan gelombang memprediksi karakteristik gelombang yang memengaruhi difraksi di sekitar Pulau Gusung.

Secara umum, jenis atau tipe pasang surut dapat ditentukan melalui penggunaan rumus Formzahl yang dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut (Triatmodjo, 1999) :

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \dots\dots\dots(1)$$

Prosedur perhitungan menggunakan metode Admiralty ini diterapkan untuk menganalisis data pasang surut dengan periode pengamatan terbatas, yaitu selama 15 hingga 29 hari, dengan interval pencatatan setiap satu jam.

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 | Analisa Pengolahan Data Metode Admiralty

Pengolahan data pasang surut menggunakan metode admiralty. Metode Admiralty digunakan untuk menghitung konstanta pasang surut harmonik dengan cara mengamati tinggi permukaan air laut selama periode pengamatan, yaitu selama 15 hingga 29 hari. Metode ini bermanfaat untuk mengetahui pola pasang surut serta variasi elevasi muka air laut di suatu wilayah perairan. Perhitungan metode Admiralty dilakukan dengan menggunakan bantuan tabel. Untuk waktu-waktu pengamatan yang tidak tercantum dalam tabel, diperlukan pendekatan melalui interpolasi dengan bantuan tabel yang tersedia. Analisis harmonik pada metode Admiralty ini dihitung menggunakan rumus-rumus tertentu yang diolah dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel. etahui pola pasang surut dan variasi elevasi. Perhitungan menggunakan tabel, dengan interpolasi untuk waktu yang tidak tercantum, serta rumus yang diolah melalui Microsoft Excel.

Dalam penerapannya, metode Admiralty menghasilkan dua nilai konstanta harmonik utama, yaitu amplitudo (A) dan beda fase (g°), yang digunakan untuk menganalisis jenis pasang surut dan tinggi muka air laut. Penentuan tipe pasang surut menggunakan metode ini dilakukan dengan menghitung beberapa parameter dan konstanta melalui bantuan 8 skema penyusunan perhitungan (Pasaribu et al., 2022).

Penentuan tipe pasang surut dengan metode Admiralty dilakukan melalui perhitungan parameter dan konstanta pada delapan skema. Hasil akhirnya berupa nilai konstanta harmonik utama pasang surut.

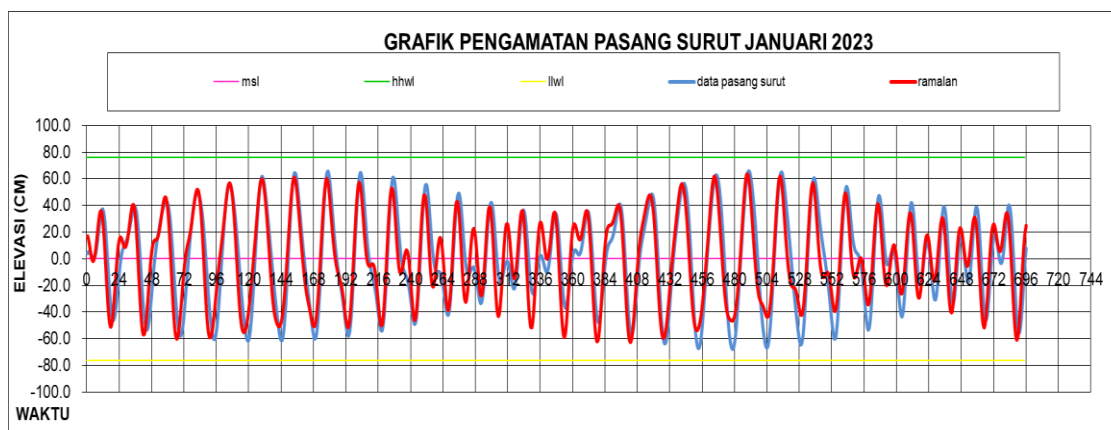
TABEL 1 Rekap Hasil Perhitungan Konstanta harmonik Pasang Surut

	HASIL TERAKHIR									
	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A cm	-0.1	12.63	13.21	3.21	3.04	29.98	20.31	9.89	0.41	0.35
g		162.54	294.46	98.22	294.46	159.35	140.56	159.35	175.62	164.21

Berdasarkan tabel 1, hasil analisis konstanta harmonik pasang surut, komponen K1 dan O1 memiliki amplitudo terbesar yang menunjukkan dominasi pasang surut harian tunggal, sedangkan komponen M2 dan S2 menunjukkan kontribusi pasang surut harian ganda yang lebih kecil. Komponen lainnya memiliki amplitudo relatif kecil dan tidak signifikan. Oleh karena itu, tipe pasang surut di lokasi penelitian termasuk pasang surut campuran condong ke harian tunggal.

Setelah nilai konstanta harmonik utama dari pasang surut didapatkan. Berdasarkan nilai tersebut, jenis pasang surut ditentukan menggunakan rumus bilangan Formzahl dan beberapa jenis elevasi pasang surut, sehingga hasil akhir perhitungan dapat dianalisis lebih lanjut (Triatmodjo, 1999).

Setelah diperoleh hasil akhir dari perhitungan maka berdasarkan hasil analisis tersebut, didapatkan nilai Formzahl sebesar 1.947 dengan jenis pasang surut di Pulau Gusung tergolong sebagai tipe campuran, dengan kecenderungan campuran condong ke harian tunggal. Menurut (Muliati, 2020) pada tipe ini, dalam satu hari umumnya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.



GAMBAR 2 Grafik Pasang Surut Januari 2023

Berdasarkan Gambar 2. Grafik pasang surut bulan Januari 2023 menunjukkan bahwa tipe jenis pasang surut pada pulau gusung yaitu pasang surut campuran condong ke harian tunggal. Untuk perhitungan jenis pasang surut bulan selanjutnya di tampilkan dalam rekap hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

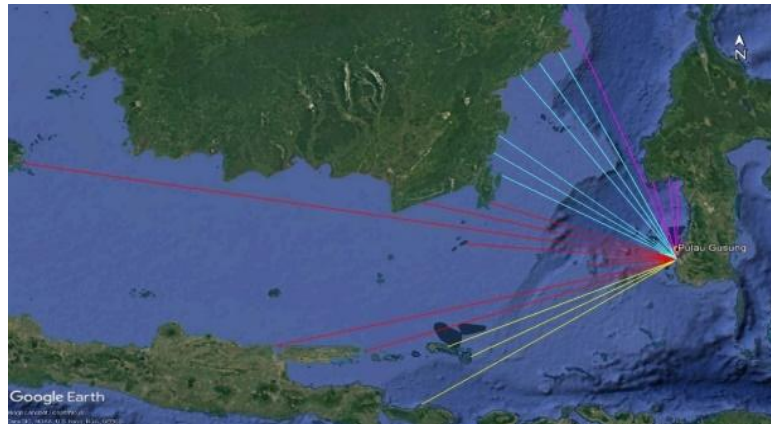
TABEL 2 Rekap hasil perhitungan jenis pasang surut januari sampai desember 2023

Bulan	Nilai F	MSL/DT	LLWL	HHWL
Jan-23	1.947	-0.1	-76.21	76.05
Feb-23	1.886	-0.04	-74.34	74.26
Mar-23	1.907	0.03	-76.57	76.64
Apr-23	1.876	0.06	-75.36	75.48
May-23	1.819	0.08	-76.31	76.47
Jun-23	1.721	0.08	-77.75	77.91
Jul-23	1.724	0.05	-78.17	78.27
Aug-23	1.812	-0.03	-76.84	76.79
Sep-23	1.872	-0.03	-75.15	75.08
Oct-23	1.857	-0.03	-74.15	74.09
Nov-23	1.871	-0.04	-74.30	74.21
Dec-23	1.940	-0.07	-74.03	73.90

Berdasarkan Tabel 2, bahwa nilai Formzahl pada bulan Januari sampai Desember 2023 berada diantara $1,5 < F < 3,0$ yang berarti tipe jenis pasang surut pada Pulau Gusung yaitu pasang surut campuran condong ke harian tunggal.

3.2 | Perhitungan Fetch Efektif

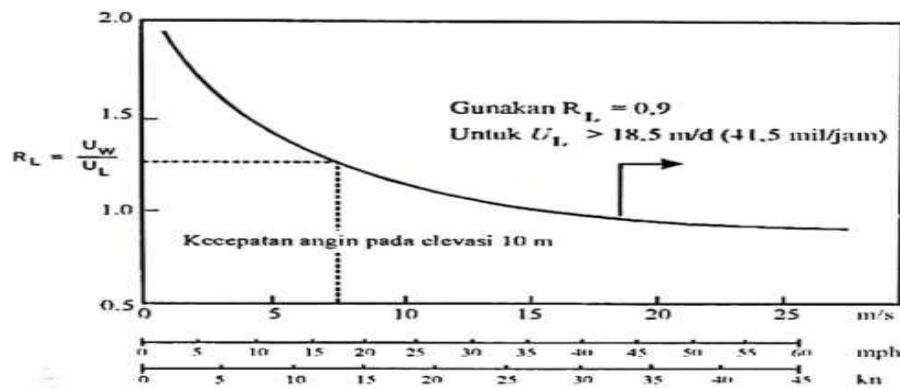
Dalam konteks penelitian ini, perhitungan fetch efektif diperlukan untuk menentukan arah angin dominan yang memengaruhi pembangkitan gelombang di Lokasi penelitian. Fetch sendiri merupakan wilayah perairan tempat terbentuknya gelombang laut akibat tiupan angin, yang diasumsikan memiliki arah dan kecepatan angin yang relatif konstan.



GAMBAR 3 Panjang fetch dari utara, barat laut, barat dan barat daya

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):

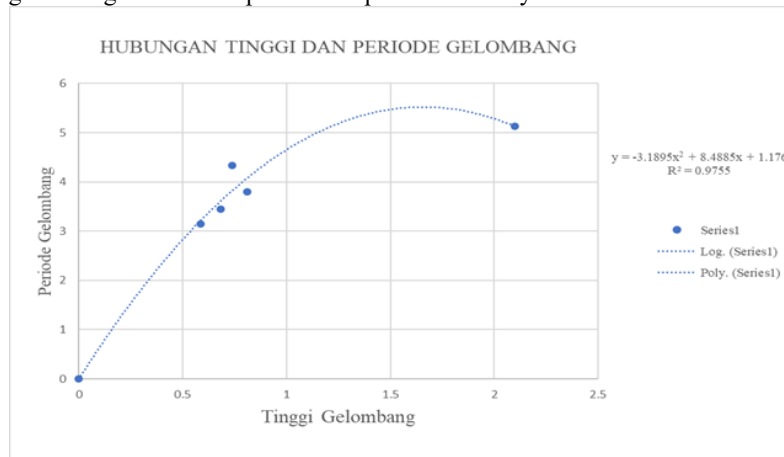


GAMBAR 4 Grafik hubungan koreksi angin, sumber (CERC 1984)

TABEL 3 Rekap hasil perhitungan jenis pasang surut januari sampai desember 2023

REKAP		
Tahun	Hs	Ts
2019	0.59	3.12
2020	0.68	3.56
2021	0.74	4.34
2022	0.81	3.80
2023	2.10	5.13

Berdasarkan tabel 3, 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 5 Grafik hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang

Berdasarkan tabel 3, 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 4 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

3.5 | Perhitungan Koefisien Difraksi (K')



GAMBAR 6 Peta penentuan koefisien difraksi (K')

Pada Gambar 6, penentuan koefisien difraksi (K') diawali dengan menentukan sudut (θ) dari arah penjalaran gelombang menuju titik ujung rintangan penghalang terluar. Sudut θ sebesar 90° diperoleh dari dominasi angin arah barat laut, sedangkan sudut antara rintangan dan garis penghubung titik tersebut (β) adalah 45° , sesuai tetapan pada tabel koefisien difraksi gelombang Wiegel dalam Sorensen (1978).

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

- 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 triatmodjo (1999) untuk pertambahan nilai d/L_0 dilakukan interpolasi sehingga mendapatkan nilai $d/L = 0.183384$

$$\begin{aligned} \text{Maka } L &= \frac{d}{(d/L)} \\ &= \frac{4}{0.183384} = 21.81 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak titik ke ujung rintangan

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

Dengan menggunakan tabel dari buku (Dean & Dalrymple, 1984) atau (Triatmodjo, 1999)

untuk nilai $r/L = 10$; $\theta = 90^\circ$ dan $\beta = 45^\circ$ didapat koefisien $K' = 0.09$.

Tinggi gelombang setelah difraksi :

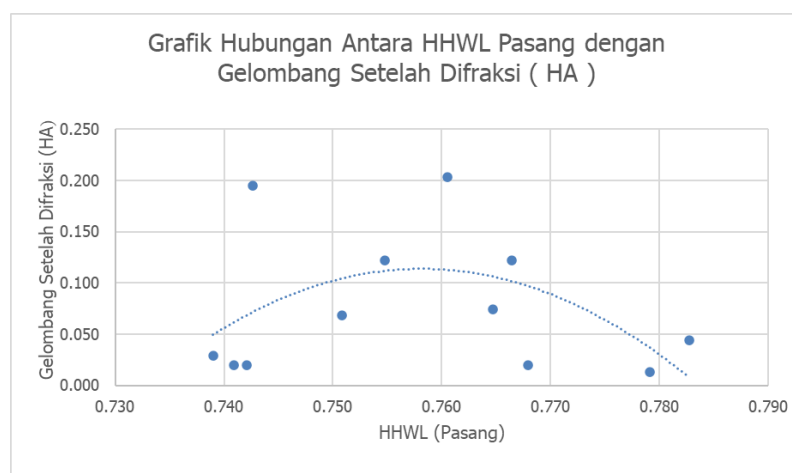
$$H_A = K' H_p = 0.09 \times 2.25$$

$$H_A = 0.203 \text{ m}$$

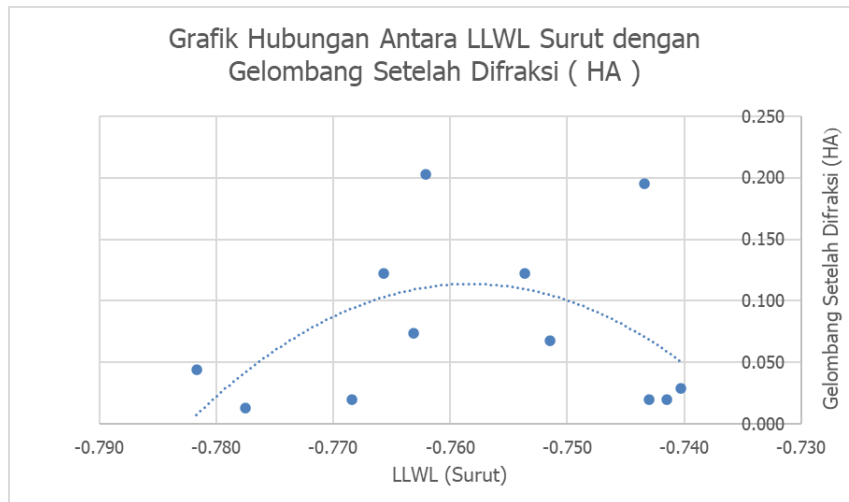
TABEL 5 Rekap hasil analisis HA, HHWL dan LLWL

Bulan	d	L	r	r/L	θ	β	K'	HP	HA	HHWL	LLWL
Januari	4	21.81	210	10	90	45	0.09	2.25	0.203	0.761	-0.762
Februari	4	32.44	210	6	90	45	0.122	1.60	0.195	0.743	-0.743
Maret	4	37.95	210	6	90	45	0.122	1.00	0.122	0.766	-0.766
April	4	37.95	210	6	90	45	0.122	1.00	0.122	0.755	-0.754
Mei	4	30.44	210	7	90	45	0.114	0.65	0.074	0.765	-0.763
Juni	4	14.15	210	15	90	45	0.05	0.25	0.013	0.779	-0.778
Juli	4	23.41	210	9	90	45	0.098	0.45	0.044	0.783	-0.782
Agustus	4	16.69	210	13	90	45	0.066	0.30	0.020	0.768	-0.768
September	4	28.78	210	7	90	45	0.114	0.60	0.068	0.751	-0.752
Oktober	4	16.69	210	13	90	45	0.066	0.30	0.020	0.741	-0.742
November	4	16.69	210	13	90	45	0.066	0.30	0.020	0.742	-0.743
Desember	4	19.07	210	11	90	45	0.082	0.35	0.029	0.739	-0.740

Berdasarkan Tabel 5. Rekap hasil HHWL, LLWL dan HA didapatkan HHWL tertinggi di bulan juli sebesar 0,783 m dan terendah di bulan desember sebesar 0,739 m. LLWL tertinggi di bulan desember sebesar -0,740 m dan terendah di bulan juli sebesar -0,782 m. sedangkan untuk HA tertinggi di bulan januari sebesar 0.203 m dan terendah di bulan juni 0.013 m.

**GAMBAR 7** Grafik hubungan antara HHWL pasang dengan gelombang setelah difraksi (HA)

Gambar 7, menunjukkan hubungan antara HHWL (pasang tertinggi) dan tinggi gelombang setelah difraksi (HA) tahun 2023, dengan HHWL berkisar 0,739 hingga 0,783 m dan HA 0,013–0,203 m. Data menunjukkan pada Januari 2023 dengan HHWL 0,761 m menghasilkan HA tertinggi 0,203 m, sedangkan Juni 2023 dengan HHWL 0,779m justru mencatat HA hanya 0,013 m, salah satu yang terendah.



GAMBAR 8 Grafik hubungan antara surut dan gelombang setelah difraksi (HA)

Gambar 8, menunjukkan hubungan antara LLWL (surut terendah) dan tinggi gelombang setelah difraksi (HA) tahun 2023, dengan LLWL berkisar -0,740 hingga -0,782 m dan HA 0,013–0,203 m. Terlihat pada Januari 2023 LLWL -0,762 m menghasilkan HA tertinggi 0,203 m, sedangkan pada Juni 2023 dengan LLWL berada pada titik terendah -0,778 m dan HA justru hanya 0,013 m merupakan nilai terendah sepanjang tahun.

4 | KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan data pasang surut, didapatkan nilai Formzahl pada bulan Januari sampai Desember 2023 berada diantara $1,5 < F < 3,0$ yang berarti tergolong tipe jenis pasang surut di Pulau Gusung yaitu pasang surut campuran condong ke harian tunggal. Berdasarkan hasil analisis, pada Januari HHWL 0,761 m menghasilkan HA tertinggi 0,203 m. Namun, pada Juni dengan HHWL lebih tinggi 0,779 m dan HA justru turun menjadi 0,013 m. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan muka air laut akibat pasang tidak selalu meningkatkan energi gelombang setelah difraksi. Sedangkan pada Januari 2023, LLWL -0,762 m menghasilkan HA tertinggi 0,203 m. Namun pada Juni dengan LLWL berada dititik terendah -0,778 m dan nilai HA juga turun drastis menjadi 0,013 m. Artinya, baik kondisi surut yang terlalu dalam maupun yang terlalu dangkal justru menurunkan energi gelombang setelah difraksi. Hal ini menunjukkan bahwa HHWL dan LLWL memang berpengaruh terhadap difraksi gelombang.

Daftar Pustaka

- Ch. Joseph, E. O. L. (2022). *Analisa Perubahan Garis Pantai Dan Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Di Negeri Amdua Kecamatan Amahai – Kabupaten Maluku Tengah*. 8, 356–363.
- Darmiati. (2013). *Hidrodinamika perairan pantai bau-bau dan transformasi gelombang di atas terumbu karang alami*.
- Dean, R. G., & Dalrymple, R. A. (1984). *Water wave mechanics for engineers and scientists*. <https://doi.org/10.1029/eo066i024p00490-06>
- Haz, A. A. (2022). *Studi Difraksi Gelombang Melalui Breakwater Tenggelam dengan Variasi Panjang Gelombang*. 9(4), 933–942. <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/66596>
- Imbar, S. E. J. (2020). Analisis Deformasi Gelombang Pada Pantai Minahasa Barat. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1), 65–70.
- Kapitan, R. (2014). Studi Difraksi Gelombang Menggunakan Persamaan Hiperbola. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Lampung*, 18(2), 90–102.
- Loupatty, G. (2013). Karakteristik Energi Gelombang Dan Arus Perairan Di Provinsi Maluku. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 7(1), 19–22. <https://doi.org/10.30598/barekengvol7iss1pp19-22>
- Missa, I. K., Laponi, L. A. S., & Wahid, A. (2018). Rancang Bangun Alat Pasang Surut Air Laut Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 3(2), 102–105. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i2.609>
- Muliati, Y. (2020). Rekayasa pantai. In *Penerbit Itenas. Bandung* (Vol. 1). <https://ebook.itenas.ac.id/repository/221721c86830dddbba6c5cca30c70138.pdf>
- Mundir. (2013). Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif. In *A psicanalise dos contos de fadas. Tradução Arlene Caetano*.
- Nastain, Suripin, Yuwono, N., & Sriyana, I. (2021). Difraksi Gelombang Melalui Breakwater Ambang Rendah Half Cylinder. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 20(2), 118–128. <https://doi.org/10.35760/dk.2021.v20i2.5053>
- Pasaribu, R. P., Sewiko, R., & Arifin, A. (2022). Penerapan Metode Admiralty Untuk Mengolah Data Pasang Surut Di Perairan Selat Nasik - Bangka Belitung. *Jurnal*

Ilmiah PLATAX, 10(1), 146. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i1.39719>

SANDI, SABIR, M., SYAMSURI, A. M., & AL IMRAN, H. (2024). Efektivitas Penanganan Abrasi Menggunakan Tanaman Mangrove Pada Pantai Tongke-Tongke, Kabupaten Sinjai. *Bandar: Journal of Civil Engineering*, 6(1), 32–42. <https://doi.org/10.31605/bjce.v6i1.2973>

Setyowati, R. W. W., & Zahrina W., N. (2024). Analisis Tipe Pasang Surut menggunakan Metode Admiralty (Studi Kasus: Perairan Sorong, Papua Barat). *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 6(1), 15–22. <https://doi.org/10.62703/jhi.v6i1.58>

Triatmodjo, B. (1999). Buku Teknik Pantai. In *Beta Offset* (pp. 1–405).