

ANALISIS GELOMBANG PADA UJUNG BANGUNAN *BREAKWATER* DI PULAU GUSUNG

Lisda Lisa¹, Andi Makbul Syamsuri², Kasmawati^{*3}

^{1,2,3} Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar,
Sulawesi Selatan

*Email: kasma08@unismuh.ac.id

Abstrak

Wilayah pesisir merupakan kawasan dinamis yang dipengaruhi oleh interaksi gelombang laut, angin, dan morfologi pantai. Salah satu struktur pelindung pantai yang umum digunakan adalah breakwater yang berfungsi meredam energi gelombang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tinggi gelombang dan panjang gelombang serta menentukan koefisien difraksi gelombang pada ujung bangunan *breakwater* di Pulau Gusung. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif dengan menggunakan data sekunder berupa data angin dan gelombang dari BMKG Maritim Paotere periode 2021–2025. Analisis dilakukan melalui perhitungan *fetch* efektif, tinggi gelombang, panjang gelombang, serta koefisien difraksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi dan panjang gelombang berpengaruh signifikan terhadap pola difraksi di ujung *breakwater*, dimana semakin besar tinggi gelombang maka energi gelombang yang terdifraksi juga semakin besar. Nilai koefisien difraksi menunjukkan adanya reduksi energi gelombang pada daerah terlindung, namun tetap memberikan pengaruh terhadap kondisi perairan di belakang bangunan.

Kata kunci: *Breakwater*, Difraksi, Gelombang, Koefisien difraksi

Abstract

Coastal areas are dynamic areas that are influenced by the interaction of sea waves, wind, and coastal morphology. One of the commonly used beach protection structures is breakwater which functions to reduce wave energy. This study aims to analyze the influence of wave height and wavelength and determine the wave diffraction coefficient at the end of breakwater buildings on Gusung Island. The method used is a quantitative descriptive approach using secondary data in the form of wind and wave data from BMKG Maritim Paotere for the 2021–2025 period. The analysis was carried out through the calculation of effective fetch, wavelength, wavelength, and diffraction coefficient. The results of the study show that the height and wavelength have a significant effect on the diffraction pattern at the end of the breakwater, where the greater the wave height, the greater the diffraction wave energy. The value of the diffraction coefficient indicates a reduction in wave energy in the protected area, but still affects the condition of the water behind the building.

Keywords: *Breakwater, Diffraction, Wave, Diffraction Coefficient*

1. PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan kawasan yang dinamis yang dipengaruhi oleh interaksi antara gelombang laut, angin, dan morfologi pantai. Gelombang laut merupakan salah satu faktor dominan yang berperan dalam perubahan garis pantai serta mempengaruhi kestabilan bangunan di wilayah pesisir. Parameter gelombang seperti tinggi gelombang dan panjang gelombang menjadi indikator utama dalam menentukan besarnya energi gelombang yang bekerja di perairan, sehingga analisis terhadap parameter tersebut sangat penting dalam kajian teknik pantai (Haz dan Zakaria, 2021).

Pulau Gusung merupakan salah satu wilayah pesisir yang terletak di perairan terbuka dan menerima pengaruh langsung dari gelombang laut. Pada kawasan ini telah dibangun struktur pemecah gelombang (*breakwater*) yang berfungsi sebagai pelindung pantai sekaligus mendukung aktivitas di sekitarnya (Atiah *dkk.*, 2019).

Namun, pada bagian ujung bangunan *breakwater* merupakan titik yang paling rentan terhadap pengaruh gelombang, karena menjadi lokasi terjadinya fenomena difraksi gelombang. Difraksi gelombang merupakan proses pembelokan gelombang ketika melewati ujung atau celah suatu rintangan, sehingga energi gelombang

tetap menyebar ke daerah terlindung di belakang bangunan (Hariati, Muhammad dan Taqwa, 2020). Menurut (Syamsuri, Nanda dan Kuba, 2025), proses difraksi menyebabkan energi gelombang tetap masuk ke area terlindung meskipun telah mengalami reduksi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji karakteristik gelombang dan pengaruhnya terhadap bangunan pantai. Penelitian oleh (Besperi, 2014) menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan dipengaruhi oleh panjang *fetch* dan kecepatan angin. (Wahidin, Imran dan Antaria, 2023) menyatakan bahwa tinggi gelombang dan panjang gelombang berpengaruh terhadap kinerja *breakwater* dalam mereduksi energi gelombang. Selain itu, (Khalidun, 2024) menemukan bahwa karakteristik gelombang dapat mempengaruhi tingkat kerusakan bangunan *breakwater*.

Berdasarkan kajian tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian, yaitu terbatasnya studi yang secara khusus menganalisis fenomena difraksi gelombang pada ujung bangunan *breakwater*, terutama yang dikaitkan dengan pengaruh tinggi gelombang dan panjang gelombang terhadap nilai koefisien difraksi. Selain itu, penelitian yang berlokasi di Pulau Gusung masih sangat terbatas, padahal kondisi perairannya yang terbuka memungkinkan terjadinya proses difraksi gelombang yang signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih spesifik mengenai perilaku gelombang di sekitar ujung *breakwater*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh tinggi gelombang dan panjang gelombang terhadap kondisi gelombang di ujung bangunan *breakwater* serta menentukan besarnya nilai koefisien difraksi gelombang yang terjadi di Pulau Gusung. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam evaluasi kinerja bangunan pelindung pantai serta menjadi referensi dalam perencanaan struktur *breakwater* di wilayah pesisir.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di 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 tersebut berjarak kurang lebih 1,5 kilometer dari garis pantai dan merupakan pulau kecil yang terbentuk akibat proses sedimentasi di atas bangunan pemecah gelombang buatan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian (sumber: *google earth*)

2.2. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi gelombang laut berdasarkan data numerik yang telah dikumpulkan. Metode pemilihan ini didasarkan pada penggunaan data sekunder yang bersifat kuantitatif, sehingga hasil analisis disajikan dalam bentuk angka, tabel, dan grafik guna menjelaskan karakteristik angin dan gelombang secara terstruktur dan sistematis. Adapun data yang digunakan adalah data sekunder, data yang diperoleh dari Stasiun Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Maritim Paotere, yang mencakup data sebagai berikut:

- Data kecepatan angin Pulau gusung tahun 2021-2025.
- Data arah angin Pulau gusung tahun 2021-2025.
- Data gelombang laut Pulau gusung tahun 2021 – 2025.

2.3. Analisa Data

- Data angin dan kecepatan angin yang 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 atau m/s serta mengetahui persentase angin pada masing masing arah menggunakan *windrose*. 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.
- Analisis gelombang laut tahun 2021 -2025 didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Dari data yang sudah diperoleh kemudian akan di olah untuk mengetahui panjang gelombang dan periode gelombang
- Analisis difraksi (K') berdasarkan, Posisi titik yang ditinjau terhadap ujung rintangan, menentukan sudut difraksi antara arah gelombang datang dan arah titik yang diamati, selanjutnya menentukan panjang gelombang relatif terhadap ukuran rintangan dan menggunakan tabel difraksi (seperti yang ada di buku Dean dan Dalrymple atau Triatmodjo) untuk menentukan koefisien (K') berdasarkan sudut difraksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Angin

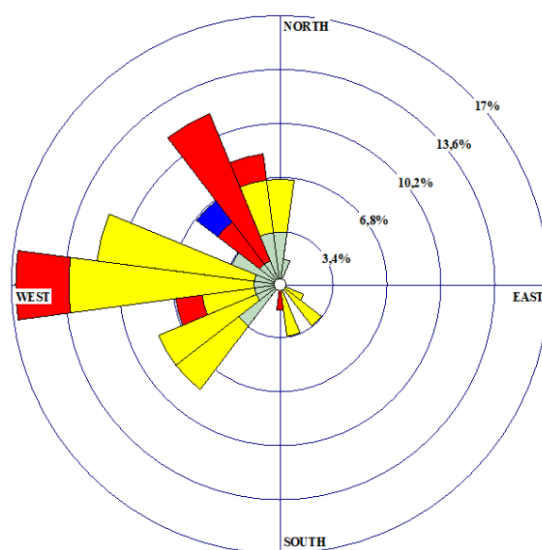
Data arah angin digunakan dalam studi ini diperoleh dari stasiun Meteorologi Paotere Kota Makassar dari tahun 2021-2025,

Tabel 1. Rekapitan parameter kejadian arah datangnya angin

Notasi	Arah	Derajat	Jumlah Data	Persentase Kejadian
Utara (N)		360	10	17%
Timur Laut (NE)		45	0	0%
Timur (E)		90	0	0%
Tenggara (SE)		135	2	3%
Selatan (S)		180	2	3%
Barat Daya (SW)		225	11	18%
Barat (W)		270	22	37%
Barat Laut (NW)		315	13	22%
	Total		60	100%

Pada tabel 1 memperlihatkan bahwa presentase kejadian angin yang paling besar atau sering terjadi adalah angin yang berhembus dari arah Barat (W) sebesar 22% dan Barat Laut (NW) sebesar 13% ,serta disusul Barat Daya (SW) sebesar 11% , dari arah Tenggara (SE) dan Selatan (S) sebesar 2%.

Gambar 2.mawar angin tahun 2021 – 2025. (hasil analisis)

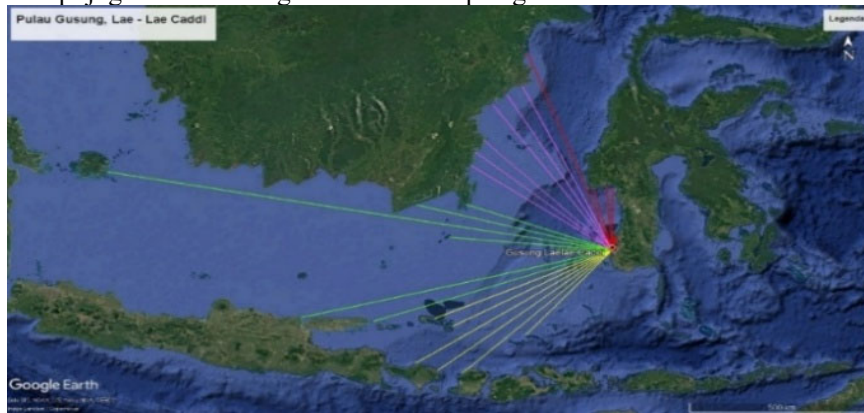


Gambar 2. Mawar angin tahun 2021-2025 (hasil analisis)

Berdasarkan gambar diagram mawar angin diatas memperlihatkan bahwa presentase kejadian angin yang paling besar atau sering terjadi adalah angin yang berhembus dari arah Barat (W) sebesar 22% dan Barat Laut (NW) sebesar 13% serta disusul Barat Daya (SW) sebesar 11%, dari arah Tenggara (SE) dan Selatan (S) sebesar 2%.

3.2. Fetch

Fetch adalah daerah pembentukan gelombang yang di asumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relative konstan. Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang dilaut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di wilayah pembentukan lautan, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap angin.



Gambar 3. Panjang *fetch* dari utara, barat laut, barat, dan barat daya (hasil analisis)

Tabel 2. Perhitungan *fetch* efektif dari arah utara.

	A	cos α	Xi (Km)	Xi cos α
UTARA	-20	0,940	602,230	565,911
	-15	0,966	180,900	174,736
	-10	0,985	18,650	18,367
	-5	0,996	183,880	183,180
	0	1,000	179,700	179,700
	5	0,996	23,470	23,381
	10	0,985	46,610	45,902
	15	0,966	40,600	39,217
	20	0,940	33,820	31,780
	Total		8,773	

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

$$fetch = \frac{\sum Xi \cos}{\sum \cos} = \frac{1262.174}{8.773} = 143.866 \text{ Km} = 143866 \text{ m}$$

Tabel 3. Rekap hasil perhitungan data *fetch* di lokasi penelitian

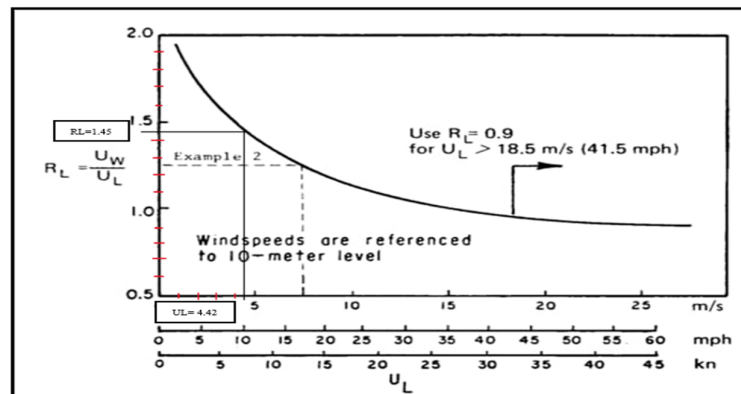
ARAH	FETCH EFEKTIF (Km)	FETCH EFEKTIF (m)
UTARA (N)	143,866	143866
BARAT DAYA (SW)	320,010	320010
BARAT (W)	456,551	456551
BARAT LAUT (NW)	321,497	321497

3.3. Perhitungan 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:

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

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



Gambar 4. Grafik hubungan Koreksi Angin (hasil analisis)

$$\begin{aligned} T1 &= 1609 / U_{10} \\ &= 1609 / 4.42 \\ &= 364.42 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{3600} &= U_{10} / R_L \\ &= 4.42 / 1.45 \\ &= 3.04 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_S &= U_{3600} \times R_T \\ &= 3.04 \times 1.13 \\ &= 3.44 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

Hitung U_w dengan rumus :

$$\begin{aligned} U_w &= U_s \times R_L \\ &= 3.44 \times 1.45 \\ &= 4.99 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

Hitung U_a dengan rumus :

$$\begin{aligned} U_a &= 0.71 \times U_w^{1,23} \\ &= 0.71 \times 4.99^{1,23} \\ &= 5.13 \text{ m/dtk} \\ &= 5.13 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

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* / faktor tegangan angin
- $T1$: Durasi angin Minimum
- U_w : kecepatan angin dilaut
- U_{10} : kecepatan angin pada elevasi 10 m

Tabel berikut menampilkan hasil rekap perhitungan parameter gelombang pada tahun 2021 - 2025

Tabel 4. Rekap hasil perhitungan gelombang tahun 2021

Tahun	derajat	Arah	Wind Speed (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)	t (dkt)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)
2021	322	NW	4,42	4,42	364,42	1,45	3,04	1,13	3,44	4,99	5,13	319719	3600	fully	87150	-	319719	0,13	4,25
2021	320	NW	3,68	3,68	436,75	1,52	2,42	1,13	2,74	4,16	4,10	319719	7200	fully	93865	-	319719	0,10	3,40
2021	356	N	2,30	2,30	700,99	1,64	1,40	1,13	1,58	2,59	2,29	143569	3600	fully	66826	-	143569	0,06	1,90
2021	265	SE	1,67	1,67	966,02	1,75	0,95	1,13	1,08	1,88	1,55	306	3600	Nonfully	1264	Fetch Ltd	306	0,01	0,49
2021	236	SW	2,77	2,77	581,30	1,63	1,70	1,13	1,92	3,13	2,89	163901	3600	fully	67601	-	163901	0,07	2,39
2021	226	SW	1,91	1,91	842,65	1,71	1,12	1,13	1,26	2,16	1,83	163901	7200	fully	78717	-	163901	0,05	1,52
2021	233	SW	3,29	3,29	488,41	1,57	2,10	1,13	2,37	3,72	3,58	163901	10800	fully	62943	-	163901	0,09	2,97
2021	230	SW	2,86	2,86	563,07	1,61	1,77	1,13	2,01	3,23	3,00	163901	14400	fully	66724	-	163901	0,07	2,49
2021	236	SW	2,38	2,38	675,14	1,65	1,44	1,13	1,63	2,69	2,40	163901	18000	fully	71879	-	163901	0,06	1,99
2021	268	W	4,76	4,76	337,99	1,42	3,35	1,13	3,79	5,38	5,62	459829	3600	fully	107666	-	459829	0,14	4,66
2021	359	N	1,34	1,34	1201,57	1,81	0,74	1,13	0,84	1,51	1,18	143569	3600	fully	83349	-	143569	0,03	0,98
2021	324	NW	4,12	4,12	390,82	1,48	2,78	1,13	3,14	4,65	4,70	319719	3600	fully	89685	-	319719	0,14	3,90

Tabel 5. Rekap hasil perhitungan gelombang tahun 2022

Tahun	derajat	Arah	WindSpeed (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)	t (dkt)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)
2022	323	NW	5,15	5,15	312,39	1,39	3,71	1,1	4,19	5,82	6,20	319719	7200	fully	81815	-	319719	0,15	5,14
2022	324	NW	4,30	4,30	374,44	1,46	2,94	1,1	3,33	4,86	4,96	319719	10800	fully	88125	-	319719	0,12	4,11
2022	0	N	2,21	2,21	728,59	1,68	1,31	1,1	1,49	2,50	2,19	143569	3600	fully	67892	-	143569	0,05	1,81
2022	239	SE	1,39	1,39	1158,40	1,79	0,78	1,1	0,88	1,57	1,24	306	3600	fully	89688	-	306	0,03	1,02
2022	222	SW	1,76	1,76	913,43	1,67	1,05	1,1	1,19	1,99	1,66	163901	7200	fully	81363	-	163901	0,04	1,37
2022	224	SW	2,49	2,49	645,26	1,63	1,53	1,1	1,73	2,82	2,54	163901	10800	fully	70557	-	163901	0,06	2,11
2022	226	SW	3,55	3,55	453,57	1,52	2,33	1,1	2,64	4,01	3,92	163901	14400	fully	61062	-	163901	0,10	3,25
2022	247	SW	2,73	2,73	589,59	1,62	1,68	1,1	1,90	3,08	2,84	163901	18000	fully	67995	-	163901	0,07	2,35
2022	253	W	3,53	3,53	455,55	1,53	2,31	1,1	2,61	3,99	3,90	459829	3600	fully	121682	-	459829	0,10	3,23
2022	248	W	1,30	1,30	1234,66	1,80	0,72	1,1	0,82	1,47	1,14	459829	7200	fully	183131	-	459829	0,03	0,95
2022	360	N	1,36	1,36	1180,73	1,79	0,76	1,1	0,86	1,54	1,21	143569	3600	fully	82753	-	143569	0,03	1,00
2022	291	W	3,08	3,08	522,15	1,59	1,94	1,1	2,19	3,48	3,29	459829	3600	fully	128684	-	459829	0,08	2,73

Tabel 6. Rekap hasil perhitungan gelombang tahun 2023

Tahun	derajat	Arah	WindSpeed (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)	t (dkt)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)
2023	323	NW	4,90	4,90	328,07	1,42	3,45	1,1	3,90	5,54	5,83	319719	3600	fully	83474	-	319719	0,14	4,84
2023	320	NW	5,67	5,67	283,97	1,32	4,29	1,1	4,85	6,40	6,97	319719	7200	fully	78678	-	319719	0,17	5,78
2023	349	N	1,65	1,65	975,30	1,78	0,93	1,1	1,05	1,86	1,53	143569	3600	fully	76515	-	143569	0,04	1,27
2023	351	SE	1,31	1,31	1227,95	1,81	0,72	1,1	0,82	1,48	1,15	306	7200	fully	84094	-	306	0,03	0,95
2023	267	W	3,45	3,45	466,35	1,53	2,26	1,1	2,55	3,90	3,79	459829	3600	fully	122857	-	459829	0,09	3,14
2023	253	W	2,98	2,98	539,80	1,60	1,86	1,1	2,11	3,37	3,16	459829	7200	fully	130449	-	459829	0,08	2,62
2023	260	W	3,97	3,97	405,21	1,50	2,65	1,1	2,99	4,49	4,50	459829	10800	fully	115978	-	459829	0,11	3,73
2023	120	SE	2,42	2,42	665,12	1,65	1,47	1,1	1,66	2,73	2,45	306	3600	Nonfully	1084	Fetch Ltd	306	0,02	0,57
2023	135	SE	3,44	3,44	467,34	1,55	2,22	1,1	2,51	3,89	3,78	306	7200	Nonfully	938	Fetch Ltd	306	0,03	0,65
2023	161	S	2,86	2,86	562,01	1,61	1,78	1,1	2,01	3,24	3,01	448	3600	Nonfully	1304	Fetch Ltd	448	0,03	0,69
2023	166	S	2,64	2,64	609,27	1,63	1,62	1,1	1,83	2,98	2,72	448	7200	Nonfully	1348	Fetch Ltd	448	0,03	0,67
2023	319	NW	1,02	1,02	1574,24	1,89	0,54	1,1	0,61	1,15	0,85	319719	3600	fully	158784	-	319719	0,02	0,70

Tabel 7. Rekap hasil perhitungan gelombang tahun 2024

Tahun	derajat	Arah	WindSpeed (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)	t (dkt)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)
2024	330	NW	5,53	5,53	291,07	1,35	4,09	1,1	4,63	6,25	6,76	319719	7200	fully	79479	-	319719	0,16	5,60
2024	331	NW	3,99	3,99	402,88	1,50	2,66	1,1	3,01	4,51	4,53	319719	10800	fully	90810	-	319719	0,11	3,76
2024	341	N	2,71	2,71	594,44	1,61	1,68	1,1	1,90	3,06	2,81	143569	3600	fully	62458	-	143569	0,07	2,33
2024	19	SE	0,99	0,99	1631,27	1,90	0,52	1,1	0,59	1,11	0,81	306	7200	fully	94480	-	306	0,02	0,67
2024	292	W	2,37	2,37	678,75	1,67	1,42	1,1	1,60	2,68	2,39	459829	3600	fully	143294	-	459829	0,06	1,98
2024	292	W	2,10	2,10	765,27	1,68	1,25	1,1	1,41	2,38	2,06	459829	7200	fully	150519	-	459829	0,05	1,71
2024	292	W	3,12	3,12	515,44	1,54	2,03	1,1	2,29	3,53	3,35	459829	10800	fully	128003	-	459829	0,08	2,78
2024	284	W	2,73	2,73	588,72	1,62	1,69	1,1	1,91	3,09	2,84	459829	14400	fully	135173	-	459829	0,07	2,36
2024	284	W	3,04	3,04	528,75	1,51	2,02	1,1	2,28	3,44	3,24	459829	18000	fully	129348	-	459829	0,08	2,69
2024	186	S	3,72	3,72	432,05	1,54	2,42	1,1	2,73	4,21	4,16	448	3600	Nonfully	1171	Fetch Ltd	448	0,04	0,77
2024	295	NW	0,58	0,58	2789,74	2,00	0,29	1,1	0,33	0,65	0,42	319719	3600	fully	200766	-	319719	0,01	0,35
2024	270	W	4,50	4,50	357,92	1,45	3,10	1,1	3,50	5,08	5,24	459829	3600	fully	110225	-	459829	0,13	4,35

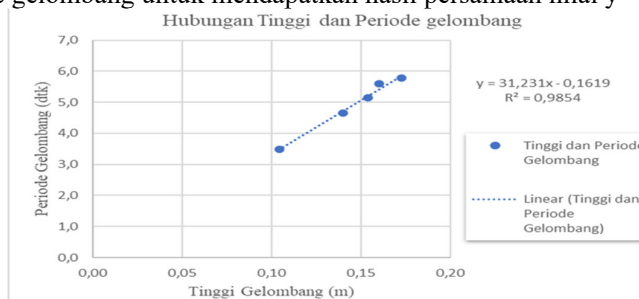
Tabel 8. Rekap hasil perhitungan gelombang tahun 2025

Tahun	derajat	Arah	WindSpeed (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)	t (dkt)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)
2025	270	W	3,35	3,35	480,28	1,52	2,20	1,1	2,49	3,79	3,65	459829	7200	fully	124348	-	459829	0,09	3,03
2025	270	W	3,27	3,27	492,25	1,54	2,12	1,1	2,40	3,69	3,54	459829	10800	fully	125610	-	459829	0,09	2,94
2025	341	N	2,14	2,14	752,42	1,67	1,28	1,1	1,45	2,42	2,10	143569	3600	fully	68794	-	143569	0,05	1,74
2025	285	SE	0,66	0,66	2422,20	2,00	0,33	1,1	0,38	0,75	0,50	306	3600	fully	241409	-	306	0,01	0,41
2025	293	NW	1,50	1,50	1074,10	1,78	0,84	1,1	0,95	1,69	1,36	319719	3600	fully	135749	-	319719	0,03	1,12
2025	270	W	2,12	2,12	760,18	1,63	1,30	1,1	1,47	2,39	2,08	459829	3600	fully	150107	-	459829	0,05	1,72
2025	138	SE	3,54	3,54	455,03	1,53	2,31	1,1	2,61	4,00	3,90	306	3600	Nonfully	928	Fetch Ltd	306	0,03	0,66
2025	270	W	3,52	3,52	457,29	1,52	2,31	1,1	2,62	3,98	3,88	459829	3600	fully	121873	-	459829	0,10	3,22
2025	270	W	2,37	2,37	677,76	1,67	1,42	1,1	1,61	2,68	2,39	459829	7200	fully	143209	-	459829	0,06	1,98
2025	270	W	2,08	2,08	772,93	1,66	1,25	1,1	1,42	2,35	2,03	459829	10800	fully	151135	-	459829	0,05	1,69
2025	328	NW	2,02	2,02	797,41	1,70	1,19	1,1	1,34	2,28	1,96	319719	3600	fully	120143	-	319719	0,05	1,62
2025	339	N	3,76	3,76	428,46	1,51	2,49	1,1	2,81	4,24	4,20	143569	3600	fully	54612	-	143569	0,10	

Tabel 9. Rekap tinggi dan panjang gelombang tahun 2021-2025

REKAP		
TAHUN	Hs	Ts
2021	0,14	4,66
2022	0,15	5,14
2023	0,17	5,78
2024	0,16	5,60
2025	0,10	3,48

Setelah mendapatkan hasil analisis parameter gelombang pada tahun 2021-2025 kemudian dibuatkan grafik hubungan tinggi dan periode gelombang untuk mendapatkan hasil persamaan nilai y



Gambar 5. Grafik hubungan antara tinggi dan periode gelombang (hasil analisis)

Berdasarkan hasil grafik hubungan tinggi dan periode gelombang pada tahun 2021-2025 maka dapat diketahui semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula gelombang yang dihasilkan dan diperoleh hasil persamaan nilai $y = 31.231x + 0.1619$

Panjang Gelombang

Untuk menentukan panjang gelombang pada bulan Januari menggunakan rumus:

$$L = 1.56 \times T_0^2$$

Keterangan:

L = panjang gelombang

T₀ = periode gelombang

Dimana diketahui tinggi gelombang pada bulan Januari 2023 adalah 0.19 m dan untuk menentukan periode gelombang dengan rumus:

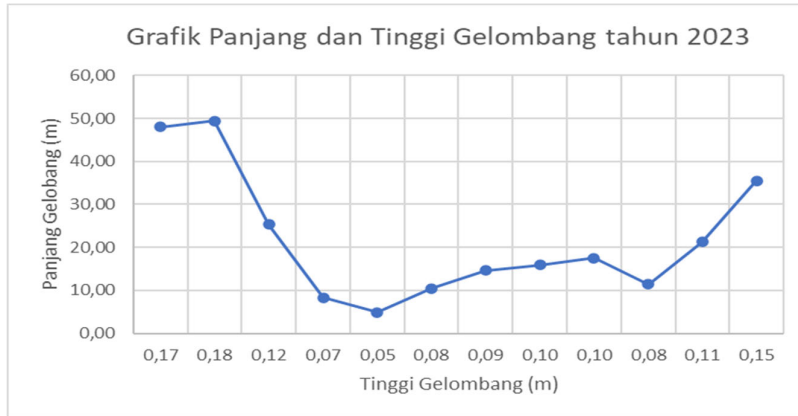
$$\begin{aligned} T &= 31.231 \cdot H + 0.1619 \\ &= 31.231 \cdot 0.19 + 0.1619 \\ &= 6.08 \text{ detik} \end{aligned}$$

Untuk periode gelombang pada bulan Januari 2023 adalah 6.08 detik, maka panjang gelombangnya:

$$\begin{aligned} L &= 1.56 \times T_0^2 \\ &= 1.56 \times 6.08^2 \\ &= 57.61 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 10. Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang tahun 2023 (hasil analisis)

Tahun	Bulan	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (det)	Panjang Gelombang (m)
2023	Januari	0,19	6,08	57,61
	Februari	0,25	7,99	99,64
	Maret	0,10	3,19	15,89
	April	0,10	3,41	18,17
	Mei	0,07	2,34	8,55
	Juni	0,07	2,31	8,35
	Juli	0,10	3,28	16,79
	Agustus	0,09	3,08	14,81
	September	0,12	3,76	22,05
	Oktober	0,11	3,55	19,68
	November	0,07	2,45	9,38
	Desember	0,07	2,49	9,66



Gambar 6. Grafik panjang dan tinggi gelombang tahun 2023 (hasil analisis)

3.4. Perhitungan difraksi



Gambar 7. Peta sketsa penentuan arah terjadinya difraksi (hasil analisis)

Titik (θ) = 105° dengan (β) = 75°

Januari 2023

$$\frac{d}{L_0} = \frac{4}{57.61} = 0.0694 \text{ m/s}$$

Cari nilai d/L untuk nilai $d/L_0 = 0.0694$

Tabel 11. Pembacaan nilai d/L

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.0680	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

Sumber: Triatmodjo, 1999 Teknik Pantai

Untuk $d/L = 0.0694$ (lihat pada tabel yang diberikan kotak merah lalu di interpolasi), didapatkan nilai $d/L = 0.11372$

$$\text{Maka } L = \frac{d}{d/L} = \frac{4}{0.11372} = 35.17 \text{ m}$$

Untuk jarak titik ke ujung rintangan $r_1 = 30 \text{ m}$

$$r_1 = 30 \text{ m}$$

$$\frac{r_1}{L} = \frac{30}{35.17} = 0.9 \approx 1$$

Diketahui dari tabel lampiran koefisien difraksi K' untuk nilai $r/L = 1$, $(\theta) = 105^\circ$ dan $(\beta) = 75^\circ$ didapat koefisien difraksi $K' = 0.330$

Tinggi gelombang setelah difraksi:

$$\begin{aligned} HA &= K' \times H_p \\ &= 0.330 \times 0.19 \\ &= 0.063 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk hasil analisis perhitungan difraksi gelombang $r_1 = 30 \text{ m}$, $r_2 = 65 \text{ m}$, dan $r_3 = 95 \text{ m}$ pada titik $(\theta) = 105^\circ$ dengan $(\beta) = 75^\circ, 45^\circ, 15^\circ$ bulan januari hingga desember menggunakan rumus perhitungan yang serupa dan dapat dilihat rekam hasil perhitungan pada tabel berikut:

Tabel 12. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_1 = 30 \text{ m}$ dengan $(\beta)=75^\circ$ (hasil analisis)

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	35,17	0,19	30	1	105	75	0,330	0,063
Februari	4	47,92	0,25	30	1	105	75	0,330	0,083
Maret	4	14,76	0,10	30	2	105	75	0,250	0,024
April	4	16,52	0,10	30	2	105	75	0,250	0,026
Mei	4	8,48	0,07	30	4	105	75	0,090	0,006
Juni	4	8,26	0,07	30	4	105	75	0,090	0,006
Juli	4	11,59	0,10	30	3	105	75	0,210	0,021
Agustus	4	18,60	0,09	30	2	105	75	0,250	0,023
September	4	19,07	0,12	30	2	105	75	0,250	0,029
Oktober	4	17,54	0,11	30	2	105	75	0,250	0,027
November	4	9,28	0,07	30	3	105	75	0,210	0,015
Desember	4	9,31	0,07	30	3	105	75	0,210	0,016

Tabel 13. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_2 = 65 \text{ m}$ dengan $(\beta)=75^\circ$ (hasil analisis)

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	35,17	0,19	65	2	105	75	0,250	0,047
Februari	4	47,92	0,25	65	2	105	75	0,250	0,063
Maret	4	14,76	0,10	65	4	105	75	0,090	0,009
April	4	16,52	0,10	65	4	105	75	0,090	0,009
Mei	4	8,48	0,07	65	8	105	75	0,095	0,007
Juni	4	8,26	0,07	65	8	105	75	0,095	0,007
Juli	4	11,59	0,10	65	6	105	75	0,158	0,016
Agustus	4	18,60	0,09	65	3	105	75	0,210	0,020
September	4	19,07	0,12	65	3	105	75	0,210	0,024
Oktober	4	17,54	0,11	65	4	105	75	0,090	0,010
November	4	9,28	0,07	65	7	105	75	0,137	0,010
Desember	4	9,31	0,07	65	7	105	75	0,137	0,010

Tabel 14. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_3 = 95$ m dengan $(\beta)=75^\circ$ (hasil analisis)

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	35,17	0,19	95	3	105	75	0,210	0,040
Februari	4	47,92	0,25	95	3	105	75	0,210	0,053
Maret	4	14,76	0,10	95	6	105	75	0,158	0,015
April	4	16,52	0,10	95	6	105	75	0,158	0,016
Mei	4	8,48	0,07	95	10	105	75	0,120	0,008
Juni	4	8,26	0,07	95	10	105	75	0,120	0,008
Juli	4	11,59	0,10	95	8	105	75	0,095	0,009
Agustus	4	18,60	0,09	95	5	105	75	0,270	0,025
September	4	19,07	0,12	95	5	105	75	0,270	0,031
Oktober	4	17,54	0,11	95	5	105	75	0,270	0,029
November	4	9,28	0,07	95	10	105	75	0,120	0,009
Desember	4	9,31	0,07	95	10	105	75	0,120	0,009

Tabel 15. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_1 = 30$ m dengan $(\beta)=45^\circ$ (hasil analisis)

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	35,17	0,19	30	1	105	45	0,230	0,044
Februari	4	47,92	0,25	30	1	105	45	0,230	0,058
Maret	4	14,76	0,10	30	2	105	45	0,200	0,019
April	4	16,52	0,10	30	2	105	45	0,200	0,021
Mei	4	8,48	0,07	30	4	105	45	0,050	0,003
Juni	4	8,26	0,07	30	4	105	45	0,050	0,003
Juli	4	11,59	0,10	30	3	105	45	0,140	0,014
Agustus	4	18,60	0,09	30	2	105	45	0,170	0,016
September	4	19,07	0,12	30	2	105	45	0,170	0,020
Oktober	4	17,54	0,11	30	2	105	45	0,170	0,018
November	4	9,28	0,07	30	3	105	45	0,140	0,010
Desember	4	9,31	0,07	30	3	105	45	0,140	0,010

Tabel 16. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_2 = 65$ m dengan $(\beta)=45^\circ$ (hasil analisis)

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	35,17	0,19	65	2	105	45	0,170	0,032
Februari	4	47,92	0,25	65	2	105	45	0,170	0,043
Maret	4	14,76	0,10	65	4	105	45	0,140	0,014
April	4	16,52	0,10	65	4	105	45	0,140	0,015
Mei	4	8,48	0,07	65	8	105	45	0,103	0,007
Juni	4	8,26	0,07	65	8	105	45	0,103	0,007
Juli	4	11,59	0,10	65	6	105	45	0,050	0,005
Agustus	4	18,60	0,09	65	3	105	45	0,140	0,013
September	4	19,07	0,12	65	3	105	45	0,140	0,016
Oktober	4	17,54	0,11	65	4	105	45	0,165	0,018
November	4	9,28	0,07	65	7	105	45	0,110	0,008
Desember	4	9,31	0,07	65	7	105	45	0,110	0,008

Tabel 17. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_3 = 95$ m dengan $(\beta)=45^\circ$ (hasil analisis)

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	35,17	0,19	95	3	105	45	0,140	0,027
Februari	4	47,92	0,25	95	3	105	45	0,165	0,041
Maret	4	14,76	0,10	95	6	105	45	0,110	0,011
April	4	16,52	0,10	95	6	105	45	0,050	0,005
Mei	4	8,48	0,07	95	10	105	45	0,065	0,005
Juni	4	8,26	0,07	95	10	105	45	0,065	0,004
Juli	4	11,59	0,10	95	8	105	45	0,103	0,010
Agustus	4	18,60	0,09	95	5	105	45	0,050	0,005
September	4	19,07	0,12	95	5	105	45	0,050	0,006
Oktober	4	17,54	0,11	95	5	105	45	0,050	0,005
November	4	9,28	0,07	95	10	105	45	0,065	0,005
Desember	4	9,31	0,07	95	10	105	45	0,065	0,005

Tabel 18. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_1 = 30$ m dengan $(\beta)=15^\circ$ (hasil analisis)

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	K'	HA (m)
Januari	4	35,17	0,19	30	1	105	15	0,200	0,038
Februari	4	47,92	0,25	30	1	105	15	0,200	0,050
Maret	4	14,76	0,10	30	2	105	15	0,140	0,014
April	4	16,52	0,10	30	2	105	15	0,140	0,015
Mei	4	8,48	0,07	30	4	105	15	0,040	0,003
Juni	4	8,26	0,07	30	4	105	15	0,040	0,003
Juli	4	11,59	0,10	30	3	105	15	0,115	0,011
Agustus	4	18,60	0,09	30	2	105	15	0,140	0,013
September	4	19,07	0,12	30	2	105	15	0,140	0,016
Oktober	4	17,54	0,11	30	2	105	15	0,140	0,015
November	4	9,28	0,07	30	3	105	15	0,115	0,008
Desember	4	9,31	0,07	30	3	105	15	0,115	0,009

Tabel19. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_2 = 65$ m dengan $(\beta)=15^\circ$ (hasil analisis)

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ (°)	β (°)	K'	HA (m)
Januari	4	35,17	0,19	65	2	105	15	0,140	0,027
Februari	4	47,92	0,25	65	2	105	15	0,140	0,035
Maret	4	14,76	0,10	65	4	105	15	0,040	0,004
April	4	16,52	0,10	65	4	105	15	0,040	0,004
Mei	4	8,48	0,07	65	8	105	15	0,045	0,003
Juni	4	8,26	0,07	65	8	105	15	0,045	0,003
Juli	4	11,59	0,10	65	6	105	15	0,083	0,008
Agustus	4	18,60	0,09	65	3	105	15	0,115	0,011
September	4	19,07	0,12	65	3	105	15	0,115	0,013
Oktober	4	17,54	0,11	65	4	105	15	0,040	0,004
November	4	9,28	0,07	65	7	105	15	0,070	0,005
Desember	4	9,31	0,07	65	7	105	15	0,070	0,005

Tabel 20. Hasil analisis perhitungan difraksi gelombang untuk $r_3 = 30$ m dengan $(\beta)=15^\circ$ (hasil analisis)

Bulan	d (m)	L (m)	HP (m)	r (m)	r/L	θ (°)	β (°)	K'	HA (m)
Januari	4	35,17	0,19	95	3	105	15	0,115	0,022
Februari	4	47,92	0,25	95	3	105	15	0,115	0,029
Maret	4	14,76	0,10	95	6	105	15	0,083	0,008
April	4	16,52	0,10	95	6	105	15	0,083	0,009
Mei	4	8,48	0,07	95	10	105	15	0,060	0,004
Juni	4	8,26	0,07	95	10	105	15	0,060	0,004
Juli	4	11,59	0,10	95	8	105	15	0,045	0,004
Agustus	4	18,60	0,09	95	5	105	15	0,090	0,008
September	4	19,07	0,12	95	5	105	15	0,090	0,010
Oktober	4	17,54	0,11	95	5	105	15	0,090	0,010
November	4	9,28	0,07	95	10	105	15	0,060	0,004
Desember	4	9,31	0,07	95	10	105	15	0,060	0,004

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian penyelesaian persoalan yang telah dirumuskan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa hasil analisis data gelombang selama lima tahun (2021–2025) menunjukkan gelombang tertinggi terjadi pada bulan Februari 2023 dengan ketinggian mencapai 0,25 meter dan panjang gelombang sekitar 99,64 meter. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa tinggi gelombang dan panjang gelombang berpengaruh terhadap proses penjalaran gelombang di sekitar ujung bangunan *breakwater*, di mana semakin besar tinggi gelombang maka semakin besar pula energi yang merambat, sedangkan panjang gelombang yang besar memungkinkan gelombang menjangkau area yang lebih luas, termasuk daerah di belakang bangunan melalui proses difraksi. Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa nilai koefisien difraksi maksimum pada ujung *breakwater* di Pulau Gusung pada sudut $(\beta) = 75^\circ$ adalah 0,330 pada $r_1 = 30$ m, 0,250 pada $r_2 = 65$ m, dan 0,210 pada $r_3 = 95$ m. Pada sudut $(\beta) = 45^\circ$ adalah 0,230 pada $r_1 = 30$ m, 0,170 pada $r_2 = 65$ m, dan 0,140 pada $r_3 = 95$ m. sudut $(\beta) = 15^\circ$ adalah 0,200 pada $r_1 = 30$ m, 0,140 pada $r_2 = 65$ m, dan 0,115 pada $r_3 = 95$ m. Nilai ini menunjukkan bahwa koefisien difraksi menurun seiring bertambahnya jarak dari ujung *breakwater*, yang berarti energi gelombang semakin melemah pada daerah yang lebih jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Atiah, S.N. *dkk.* (2019) “Penentuan Tinggi Gelombang Desain untuk Perencanaan Rubble Mound Breakwater Pelabuhan Belawan,” 18(01), hlm. 8–16.
- Besperi (2014) “BREAKWATER TEGAK PANTAI TAPAK PADERI BENGKULU,” hlm. 21–30.
- Hariati, F., Muhammad, F. dan Taqwa, L. (2020) “Kajian konseptual pemecah gelombang,” 5(1), hlm. 31–37.
- Haz, A.A. dan Zakaria, A. (2021) “Studi Difraksi Gelombang Melalui Breakwater Tenggelam dengan Variasi Panjang Gelombang,” 9(4), hlm. 933–942.
- Khaldun, I. habra (2024) “BREAKWATER PADA PELABUHAN BONTO JAI KABUPATEN,” 17(2), hlm. 1–11.

Syamsuri, A.M., Nanda, A.R. dan Kuba, M.S. (2025) “Mathematical Modelling of Engineering Problems Wave Diffraction Response to Incident Wave Height Variation : A Case Study of Gusung Island Breakwater , Makassar,” 12(11), hlm. 3989–3999.

Wahidin, I., Imran, H. Al dan Antaria, S. (2023) “Analisis Gelombang Refraksi Terhadap Pemecah Gelombang (Breakwater) Pantai Tamarunang Kabupaten Jeneponto,” 16.