

Analisis Penanganan Abrasi Pasca Pembangunan Dermaga di Pelabuhan Bajoe Kabupaten Bone

M Yusran S¹ | Andi Makbul Syamsuri^{*2} | Hamzah Al Imran²

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

myusrans29001@gmail.com

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

amakbulsyamsuri@unismuh.ac.id

hamzah@unismuh.ac.id

Korespondensi

*Andi Makbul Syamsuri

amakbulsyamsuri@unismuh.ac.id

ABSTRAK:

Pembangunan dermaga di kawasan pesisir berpotensi mengubah keseimbangan dinamika pantai dan memicu terjadinya abrasi di wilayah sekitarnya. Pelabuhan Bajoe di Kabupaten Bone merupakan salah satu kawasan yang mengalami abrasi pasca pembangunan dermaga, sehingga diperlukan penanganan yang tepat dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi abrasi yang terjadi serta mengevaluasi upaya penanganan abrasi di kawasan Pelabuhan Bajoe. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder, observasi lapangan, serta analisis kondisi gelombang, arus, dan perubahan garis pantai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan dermaga memengaruhi pola arus dan distribusi energi gelombang, yang berdampak pada meningkatnya laju abrasi di beberapa segmen pantai. Penanganan abrasi yang direkomendasikan meliputi penerapan struktur pelindung pantai, seperti bangunan pengaman pantai, serta pengelolaan kawasan pesisir secara terpadu. Kesimpulannya, penanganan abrasi pasca pembangunan dermaga memerlukan perencanaan yang mempertimbangkan aspek teknis, lingkungan, dan keberlanjutan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengelolaan kawasan pelabuhan pesisir.

KATA KUNCI

Abrasi pantai, dermaga, fetch, Pelabuhan Bajoe.

ABSTRACT:

The construction of a jetty in coastal areas has the potential to alter coastal dynamics and trigger abrasion in surrounding regions. Bajoe Port in Bone Regency is one of the coastal areas that has experienced abrasion following jetty construction, requiring appropriate and sustainable mitigation measures. This study aims to analyze abrasion conditions and evaluate post-construction abrasion handling efforts in the Bajoe Port area. The research employed a descriptive quantitative approach using secondary data, field observations, and analyses of wave conditions, currents, and shoreline changes. The results indicate that the presence of the jetty affects current patterns and wave energy distribution, leading to increased abrasion rates in several coastal segments. Recommended mitigation measures include the application of coastal protection structures, such as shore protection works, and integrated coastal zone management. In conclusion, post-jetty-construction abrasion mitigation requires planning that considers technical, environmental, and sustainability aspects. The findings of this study are expected to serve as important references for planning and managing coastal port areas.

Keywords:

Coastal abrasion, jetty, fetch, Bajoe Port

1 | PENDAHULUAN

Abrasi merupakan proses pengikisan garis pantai yang disebabkan oleh hantaman energi gelombang laut, arus, dan pasang surut yang terjadi secara terus-menerus. Walaupun abrasi adalah fenomena alami, aktivitas manusia seperti reklamasi, pembangunan pelabuhan, dan dermaga dapat mempercepat serta memperparah proses ini (Setiyono, 1996). Penerapan struktur keras seperti tanggul dan dermaga berpotensi mengubah pola arus laut serta memengaruhi pergerakan sedimen. Jika keseimbangan alami terganggu, maka akan terjadi pengendapan di satu sisi pantai dan erosi di sisi lainnya (Triatmodjo, 1999).

Pelabuhan Bajoe, terletak di pesisir timur Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan, merupakan pelabuhan penyeberangan yang sangat penting menghubungkan wilayah Kabupaten Bone dengan Kolaka di Sulawesi Tenggara. Rute penyeberangan Bajoe–Kolaka menjadi jalur penting untuk mobilitas penumpang dan kendaraan antar dua provinsi. Dalam beberapa tahun terakhir, telah dilakukan pembangunan dermaga dan kegiatan reklamasi untuk memperluas serta memperkuat fungsi pelabuhan ini. Meskipun upaya tersebut membawa manfaat ekonomi dan meningkatkan mobilitas masyarakat, dampak ekologis yang signifikan pun muncul, terutama berupa abrasi pantai di sekitar kawasan pelabuhan.

Menurut Bird (2008), pantai adalah zona yang terbentang dari batas pasang tertinggi hingga titik terjauh di mana gelombang dapat mencapai daratan. Zona ini sangat dinamis karena mengalami perubahan bentuk dan struktur akibat kekuatan laut yang terus-menerus mengikis, memindahkan, dan mendepositkan material. Sunarto (2015) mengemukakan bahwa definisi pantai tidak terbatas pada area berpasir di tepi laut saja, melainkan juga mencakup seluruh zona yang masih terpengaruh oleh berbagai proses kelautan, seperti abrasi, sedimentasi, dan intrusi air laut. Dalam hal ini, pantai memiliki nilai ekologis dan ekonomis yang signifikan, sehingga sangat rentan terhadap kerusakan akibat tekanan dari lingkungan maupun pembangunan yang tidak berkelanjutan.

Dalam bidang oseanografi, abrasi merupakan salah satu bentuk erosi pantai yang disebabkan oleh gaya hidrodinamis laut. Fenomena ini sangat dipengaruhi oleh kondisi gelombang serta topografi dasar laut. Gelombang laut yang besar dan memiliki energi tinggi, terutama selama musim angin barat atau timur, dapat dengan signifikan mengikis area pantai yang landai dan tidak terlindungi (CERC, 1984).

Menurut Triatmodjo (2012), dermaga merupakan bagian penting dari pelabuhan yang berfungsi sebagai tempat bersandarnya kapal, lengkap dengan fasilitas yang mendukung aktivitas logistik dan layanan kapal. Secara praktik, dermaga menjadi elemen utama pelabuhan yang menghubungkan fasilitas darat dan laut, serta berperan sebagai titik awal interaksi antara moda transportasi laut dan darat. Dengan kata lain, dermaga merupakan komponen krusial dalam sistem logistik nasional. Oleh karena itu, dalam desain dan pembangunannya, perlu diberikan perhatian khusus pada kondisi lingkungan perairan serta kepadatan lalu lintas kapal. Purwanto et al. (2012) juga menjelaskan bahwa fungsi utama dermaga sangat berhubungan dengan kelancaran aktivitas operasional pelabuhan secara keseluruhan.

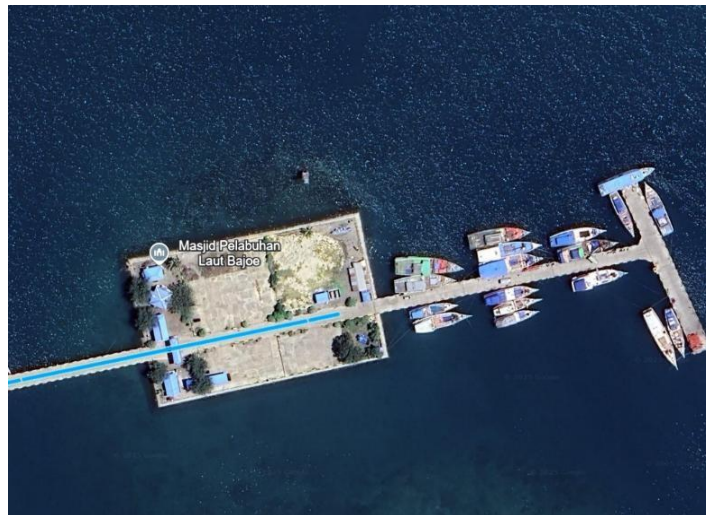
Santoso dan Lestari (2018) menjelaskan bahwa dalam perencanaan struktur dermaga, penting untuk mempertimbangkan potensi bencana alam, seperti gelombang tinggi dan gempa bumi, khususnya di wilayah pesisir yang rawan. Di sisi lain, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut (2020) mengkategorikan dermaga ke dalam beberapa jenis, seperti dermaga tetap, dermaga terapung, dan jetty, berdasarkan bentuk serta fungsinya. Pemilihan jenis dermaga ini sangat bergantung pada kondisi dasar laut serta kebutuhan operasional pelabuhan setempat.

Menurut Armono (2009), dermaga memiliki peranan vital dalam sistem pelabuhan, bertindak sebagai penghubung antara transportasi laut dan darat. Menurut Dahuri et al. (2001), intervensi manusia terhadap ekosistem pesisir tanpa mempertimbangkan keseimbangan alami dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, seperti abrasi, intrusi air laut, serta hilangnya vegetasi pantai, termasuk mangrove yang memiliki peran penting dalam menahan erosi.

2 | METODE

2.1 | Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Pelabuhan Laut Bajoe, yang berada di Kelurahan Bajoe, Kecamatan Tanete Riattang Timur, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Pelabuhan ini memiliki titik koordinat 4°32'41"S dan 120°24'46"E, dan terletak di sisi timur Pulau Sulawesi, berfungsi sebagai pelabuhan nelayan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak abrasi yang terjadi setelah pembangunan dermaga di Pelabuhan Bajoe, Kabupaten Bone.



GAMBAR 1. Lokasi penelitian

2.2 | Pengumpulan Data dan Analisis Data

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Metode ini mengandalkan data yang berupa angka-angka yang terstruktur secara sistematis, serta menggunakan analisis statistik untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Data primer adalah yang di peroleh dengan pengukuran langsung di lapangan yang meliputi pengukuran panjang tanggul. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari hasil pengukuran di lapangan pada lokasi penelitian, yaitu di sekitar Pelabuhan Bajoe, Kabupaten Bone. Data sekunder adalah data yang di peroleh dari badan meteorologi klimatologi dan geofisika (BMKG) sebagai data pendukung dan pelengkap dari data primer, data sekunder yang dibutuhkan ialah data angin, data pasang surut, dan tinggi gelombang.

Penelitian penanganan abrasi dilakukan di Pelabuhan Bajoe, Kabupaten Bone. Tahap awal penelitian meliputi penentuan lokasi dan titik pengamatan untuk pengukuran lapangan, dengan jarak survei sejauh 15 meter pada area yang diteliti. Data yang digunakan terdiri atas data primer hasil observasi lapangan serta data sekunder sebagai data pendukung.

Data sekunder diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) berupa data kecepatan dan arah angin, gelombang laut, serta pasang surut. Data angin dikumpulkan melalui observasi langsung menggunakan Automatic Weather Station (AWS) tipe Davis selama 15 hari dan data tidak langsung dari BMKG Stasiun Meteorologi Paotere Makassar periode 2015–2020. Peramalan gelombang dilakukan dengan metode hindcasting untuk memperoleh parameter tinggi dan periode gelombang. Sementara itu, analisis pasang surut dilakukan menggunakan metode Admiralty untuk menentukan konstanta harmonik pasang surut.

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

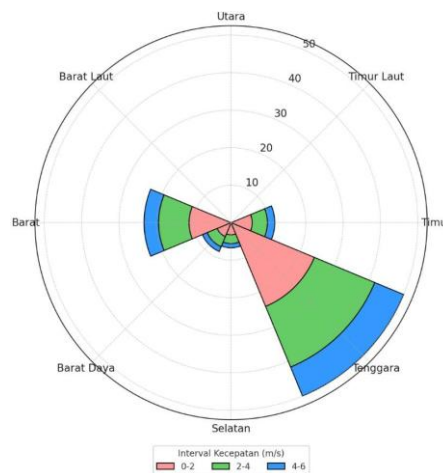
3.1 | Data Angin

Data angin dalam penelitian ini diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Paotere Makassar yang berada pada koordinat Lintang $-4,5458$ dan Bujur $120,4143$. Data yang digunakan berupa data historis selama lima tahun, yaitu periode 2016–2020, yang mencakup parameter kecepatan dan arah angin dengan pencatatan setiap jam. Lokasi stasiun yang berada di kawasan pesisir menjadikannya representatif untuk menggambarkan karakteristik angin di wilayah pesisir Sulawesi Selatan. Penggunaan data jangka panjang ini bertujuan untuk memperoleh pola angin musiman dan arah angin dominan yang memengaruhi dinamika gelombang laut, sehingga dapat memberikan dasar yang kuat dalam analisis hubungan antara karakteristik angin dan gelombang di sekitar Pelabuhan Bajoe.

TABEL 1. Persentase Kejadian Angin Berdasarkan Arah Mata Angin (2016-2020)

Arah		Jumlah data	Presentase Kejadian %
Notasi	derajat		
Utara	0	0	0
Timur Laut	45	0	0
Timur	90	7	11,9
Tenggara	135	29	49
Selatan	180	4	6,8
Barat Daya	225	5	8,5
Barat	270	14	23,8

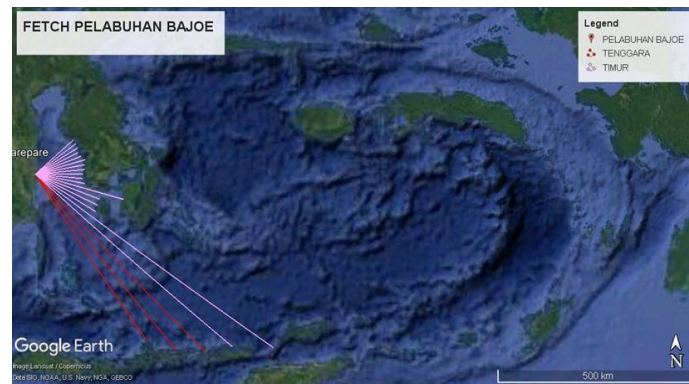
Berdasarkan tabel 1, Arah angin dominan di lokasi penelitian berasal dari Tenggara (135°) dengan persentase kejadian sebesar 49%, diikuti oleh angin dari Barat (270°) sebesar 23,8%. Arah angin lainnya berasal dari Timur (11,9%), Barat Daya (8,5%), dan Selatan (6,8%). Tidak terdapat kejadian angin dari arah Utara dan Timur Laut selama periode pengamatan. Hasil ini menunjukkan bahwa angin didominasi oleh sektor Tenggara hingga Barat, yang berpengaruh terhadap kondisi gelombang di lokasi penelitian.

**GAMBAR 2.** Mawar Angin

Berdasarkan Gambar 2. Berdasarkan arah fetch gelombang pada tahun 2016-2020 arah mata angin yang berpotensi membangkitkan gelombang ada 5 yaitu Tenggara, barat, barat daya dan Timur serta selatan.

3.2 | Fetch

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 Berdasarkan kondisi geografis lokasi penelitian, arah angin yang berpotensi membangkitkan gelombang di lokasi penelitian adalah angin yang bertiup dari arah Barat, Barat daya, Selatan, Tenggara dan Timur. Sedangkan arah barat, barat daya dan selatan tidak diperhitungkan arah fetch efektifnya karena angin yang berhembus melewati daratan. Oleh sebab itu dalam penentuan fetch efektif hanya



GAMBAR 3. Fetch di Lokasi Studi

TABEL 2. Tabel Perhitungan Fetch Arah Timur

	°	a	cos a	xi (km)	xi cos a	Fetch efektif (km)	Fetch efektif m
Timur	50	-40	0,76604444	124,36	95,26529		
	55	-35	0,81915204	124,75	102,1892		
	60	-30	0,8660254	123,62	107,0581		
	65	-25	0,90630779	119,57	108,3672		
	70	-20	0,93969262	124,04	116,5595		
	75	-15	0,96592583	131,01	126,5459		
	80	-10	0,98480775	127,38	125,4448	197,3725063	197372,5063
	85	-5	0,9961947	125,59	125,1121		
	90	0	1	121,03	121,03		
	95	5	0,9961947	120,31	119,8522		
	100	10	0,98480775	126,61	124,6865		
	105	15	0,96592583	229,53	221,709		
	110	20	0,93969262	173,47	163,0085		
	115	25	0,90630779	173,86	157,5707		
	120	30	0,8660254	176,19	152,585		
	125	35	0,81915204	701,18	574,373		
	130	40	0,76604444	264,65	202,7337		
	total		13,9031047		2744,091		

Berdasarkan Tabel 2, perhitungan fetch untuk fetch arah timur arah peramalan gelombang laut yaitu, sebagai berikut:

$$Fetch = \sum xi \cos / \sum \cos$$

$$= 2744,091 / 13,9031047$$

$$= 197,3725063 \text{ km} \Rightarrow 197372,5063 \text{ m}$$

TABEL 3. Tabel Perhitungan Fetch Arah Tenggara

	°	a	cos a	xi (km)	xi cos a	fetch efektif (km)	fetch efektif (m)
Tenggara	135	0	1	588,34	70558	63593,58084	63593580,84
	140	5	0,9961947	553,7	57174,6		
	145	10	0,98480775	477,02	61840,02		
Total			2,98100245		189572,6		

Berdasarkan Tabel 3, perhitungan fetch untuk fetch arah tenggara arah peramalan gelombang laut yaitu, sebagai berikut:

$$Fetch = \sum x_i \cos / \sum c \cos$$

$$= 189572,6 / 2,98100245$$

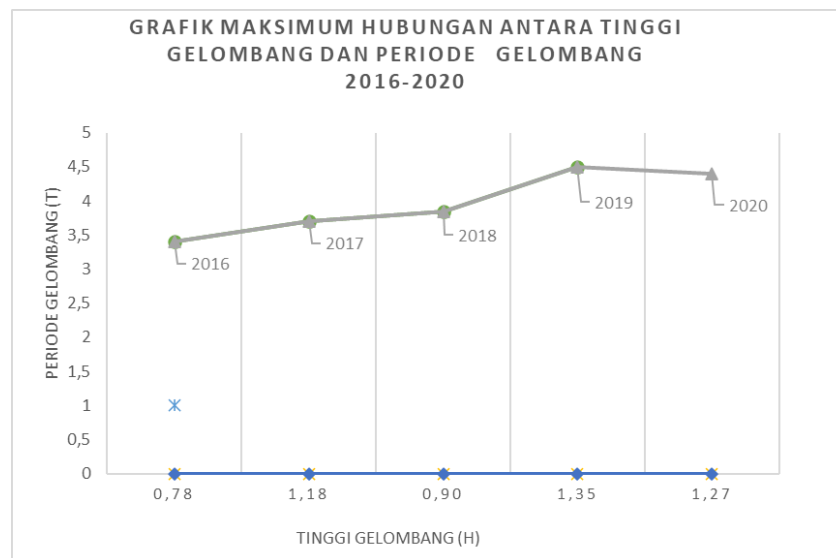
$$= 63593,58084 \text{ km} \Rightarrow 63593580,84 \text{ m}$$

TABEL 4. Rekapitulasi Fetch Arah Timur dan Tenggara

Arah	FEf(Km)	FEf(M)
Timur	197,3725063	197372,5063
Tenggara	63593,58084	63593580,84

Berdasarkan tabel 4, fetch, arah Tenggara memiliki panjang fetch terbesar, yaitu sekitar 63,59 km atau 63593,81 m, yang menunjukkan potensi pembangkitan gelombang paling dominan dari arah tersebut. Sementara itu, arah Timur memiliki panjang fetch yang lebih kecil, yaitu sekitar 19,74 km atau 19.732,51 m. Perbedaan panjang fetch ini menunjukkan bahwa gelombang yang datang dari arah Tenggara memiliki peluang membawa energi yang lebih besar dibandingkan gelombang dari arah Timur, sehingga berpengaruh signifikan terhadap dinamika gelombang dan abrasi di sekitar Pelabuhan Bajoe.

3.3 | Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang



GAMBAR 4. Grafik Hubungan Antara Tinggi dan Periode Gelombang (2016-2020)

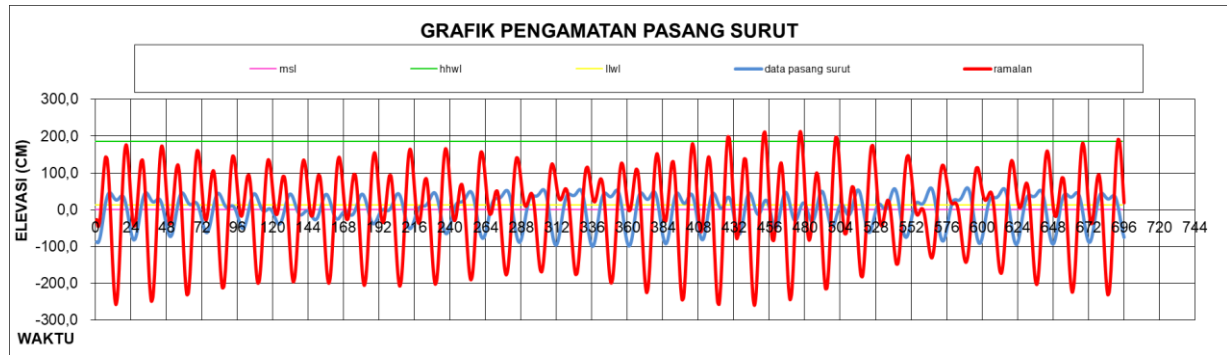
Berdasarkan gambar 4, hasil analisis gelombang tahunan periode 2016–2020, tinggi dan periode gelombang menunjukkan variasi yang cukup signifikan. Pada tahun 2016 tercatat tinggi gelombang sebesar 0,78 m dengan periode 3,55 detik. Tahun 2017 menunjukkan kondisi gelombang yang relatif rendah, sedangkan tahun 2018 mencatat gelombang sedang dengan tinggi 0,90 m dan periode 3,85 detik. Kondisi gelombang tertinggi terjadi pada tahun 2019 dengan tinggi 1,35 m dan periode 4,5 detik, yang mengindikasikan adanya energi gelombang yang cukup besar. Pada tahun 2020, tinggi gelombang menurun menjadi 1,27 m dengan periode 4,4 detik.

Secara umum, kondisi gelombang di wilayah penelitian tergolong rendah hingga sedang, kecuali pada tahun 2019 yang menunjukkan potensi gelombang lebih besar. Variasi karakteristik gelombang tersebut dipengaruhi oleh perubahan kecepatan dan arah angin, kondisi cuaca, serta panjang fetch laut terbuka yang berubah secara musiman dan tahunan.

3.4 | Pasang Surut

Pasang surut merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi secara periodik, ditandai dengan perubahan naik dan turunnya muka air

laut. Peristiwa ini disebabkan oleh kombinasi gaya tarik gravitasi dan gaya inersia yang dihasilkan oleh interaksi antara Bumi, Bulan, dan Matahari, serta dipengaruhi oleh tegangan permukaan laut. Bulan memiliki pengaruh paling dominan terhadap pasang surut karena jaraknya yang relatif dekat dengan Bumi, sedangkan Matahari memberikan pengaruh tambahan yang memodifikasi pola pasang surut. Analisis pasang surut menunjukkan tipe campuran dominan ganda, dengan dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari. Kondisi pasang surut ini memperkuat dinamika gelombang dan berkontribusi terhadap abrasi pada sisi tertentu dermaga.



GAMBAR 5. Grafik Pengamatan Pasang Surut

Berdasarkan gambar 5, dapat dilihat pengamatan pasang surut yang menunjukkan variasi elevasi muka air laut terhadap waktu pada lokasi penelitian. Grafik ini menyajikan data dalam bentuk visual untuk memudahkan analisis dinamika pasang surut harian dan bulanan di kawasan Pelabuhan Bajoe, Kabupaten Bone. Terdapat fluktuasi elevasi muka air dari sekitar +300 cm pada saat pasang maksimum hingga -300 cm saat surut maksimum. Kondisi ini menunjukkan adanya rentang pasang surut (tidal range) yang relatif besar. Menurut Pond dan Pickard (1983), pasang surut merupakan faktor utama yang mengontrol variasi muka air laut, dan ketika rentangnya besar maka akan sangat memengaruhi dinamika perairan pantai.

Selain itu, pola arus laut juga terpengaruh. Dronkers (1964) menyebutkan bahwa arus pasang surut (tidal current) terbentuk akibat perbedaan elevasi muka air dan akan semakin kuat apabila tidal range semakin besar. Arus ini sangat dominan di wilayah estuari dan pelabuhan sehingga memengaruhi distribusi sedimen. Sorensen (2006) menegaskan bahwa dalam perencanaan struktur pelindung pantai seperti dermaga dan breakwater, elevasi pasang surut harus diperhitungkan agar struktur dapat berfungsi optimal baik pada saat pasang maupun surut. Hal senada disampaikan oleh Triatmodjo (2012), bahwa parameter pasut menjadi acuan penting dalam menentukan elevasi platform dermaga serta dimensi fender pelabuhan.

TABEL 5. Konstanta Pasang Surut Dermaga Laut Pelabuhan Bajoe

HASIL TERAKHIR										
A _{cm}	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₂	K ₁	O ₁	P ₁	M ₄	M _{S4}
g	-0,1	57,8	12,1	11,6	2,8	37,0	14,1	12,2	0,2	1,2
		283,4	161,9	183,8	161,9	147,9	12,5	147,9	92,1	306,7

Berdasarkan tabel 5, dengan menggunakan data konstanta pasang surut, maka tipe pasang surut yang berbeda dilokasi penelitian dapat diprediksi dengan menggunakan formzhal (fs) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F &= K_1 + O_1/M_2 + S_2 \\
 &= 37,0 + 14,1/57,8 + 12,1 \\
 &= 0,73 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai Formzhal, maka kriteria pasang surut adalah pasut campuran condong ke harian ganda (Mixed Tide Prevalling Semidiurnal) yaitu dalam satu hari terjadi dua kali air surut, tetapi tinggi dan periode nya sangat berbeda.

3.5 | Penanganan Abrasi

Pembangunan dermaga di Pelabuhan Bajoe meningkatkan konektivitas dan aktivitas transportasi laut, namun juga memicu perubahan pola arus dan gelombang yang menyebabkan abrasi di beberapa segmen pantai. Kondisi ini terjadi akibat terhambatnya aliran sedimen alami serta

perubahan penjalaran gelombang yang menimbulkan defisit material pantai. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan dan kajian hidrodinamika yang komprehensif, termasuk pemodelan arus dan gelombang, agar strategi mitigasi abrasi dapat diterapkan secara efektif tanpa mengganggu fungsi dermaga dan tetap menjaga keberlanjutan lingkungan pesisir.

Dalam penelitian ini, tinggi gelombang maksimum yang tercatat selama periode pengamatan dari tahun 2016 hingga 2020 adalah sebesar 1,35 meter, yang terjadi pada tahun 2019. Nilai ini menjadi acuan utama dalam menganalisis potensi abrasi maksimum di kawasan Pelabuhan Bajoe, Kabupaten Bone.

Energi gelombang laut dapat dihitung menggunakan rumus:

$$E = 1/8 \rho g H^2$$

$$E = 1/8 \times 1025 \times 9,81 (1,35)^2$$

$$= 2291 \text{ J/m}^2$$

E = Energi gelombang Persatuan Luas (J/m^2)

ρ = Massa Jenis Air Laut (1025 kg/m^3)

g = Percepatan Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

H = Tinggi Gelombang (m)

TABEL 6. Estimasi Tingkat Kebesaran Gaya Gelombang Berdasarkan Tinggi Gelombang

Kategori Gelombang	Tinggi Gelombang (H)	Energi Gelombang (E)	Gaya Gelombang
Gelombang Kecil	0,1 – 0,3 m	10-100 J/m^2	100-300 N/m
Gelombang Sedang	0,3 – 1,0 m	100-800 J/m^2	300-1.000 N/m
Gelombang Besar	>1,0 m	>1.000 J/m^2	>1000 N/m

Sumber: Dean & Dalrymple (1991), USACE (2002), Triatmodjo (1999)

Hasil analisis koefisien refraksi menunjukkan bahwa nilai $K_r = 1,056 (> 1)$, yang berarti terjadi pemusatan energi gelombang (wave focusing) pada sisi tertentu dermaga. Kondisi ini berimplikasi pada meningkatnya intensitas gelombang yang menghantam garis pantai, sehingga mempercepat terjadinya abrasi lokal. Menurut Triatmodjo (1999), nilai $K_r > 1$ menandakan adanya konsentrasi energi gelombang yang berpotensi merusak Dermaga, sehingga diperlukan perlindungan tambahan berupa struktur keras seperti revetment atau seawall pada titik-titik rawan.

Dua pendekatan disarankan yaitu Struktural: pembangunan revetment atau seawall pada area rawan abrasi untuk mereduksi energi gelombang. Dan Non-Struktural: rehabilitasi mangrove dan pengaturan tata ruang pesisir untuk meningkatkan perlindungan alami. Dengan demikian, area Pelabuhan Bajoe yang menunjukkan nilai $K_r > 1$ sangat membutuhkan strategi perlindungan pantai terpadu, baik melalui pembangunan struktur keras (revetment, groin, breakwater) maupun melalui pendekatan vegetatif untuk menjaga keberlanjutan lingkungan pesisir.

4 | KESIMPULAN

Karakteristik Gelombang di Pelabuhan Bajoe pada tahun 2016 didapatkan tinggi gelombang sebesar (H) = 1,12 m dan Periode Gelombang (T) = 3,55 detik. Pada tahun 2020 didapatkan Tinggi Gelombang (H) = 1,27 dan Periode Gelombang (T) = 4,4 detik. Berdasarkan nilai Formzahl, didapatkan nilai $F=0,73$ maka kriteria pasang surut adalah pasut campuran condong ke harian ganda (Mixed Tide Prevailing Semidiurnal $0,26 < F < 1,5$) yaitu dalam satu hari terjadi dua kali air surut, tetapi tinggi dan periode nya sangat berbeda.

Berdasarkan Analisis Upaya Penanganan Abrasi Pasca Pembangunan Dermaga menghasilkan energi gelombang sebesar 2291 J/m^2 pada tinggi gelombang $H = 1,35 \text{ m}$ menunjukkan kategori gelombang besar. Nilai koefisien refraksi $K_r = 1,056 (>1)$ menandakan adanya pemusatan energi gelombang di sisi dermaga, yang meningkatkan intensitas hantaman dan mempercepat abrasi lokal. Oleh karena itu, diperlukan perlindungan tambahan berupa revetment atau seawall pada titik rawan.

Daftar Pustaka

- Armono, H. D. (2009). Teknik Pantai dan Aplikasinya. Surabaya: ITS Press.
- Bird, E. (2008). Coastal Geomorphology: An Introduction (2nd ed.). Chichester: John Wiley & Sons.
- CERC (Coastal Engineering Research Center). (1984). Shore Protection Manual. Washington D.C.: U.S. Army Corps of Engineers.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S. P., & Sitepu, M. J. (2001). Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Dean, R. G., & Dalrymple, R. A. (1991). Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists. Singapore: World Scientific.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Laut. (2020). Pedoman Teknis Perencanaan Dermaga. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). Teknik Fondasi II. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lestari, A., Irfan, J., Al Imran, H., & Karim, N. T. (2024). Studi perencanaan penanganan abrasi pantai pasca reklamasi Pelabuhan Penyeberangan Pantai Bira Kabupaten Bulukumba. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(1), 27–34.
- OPA (Ocean Processes Analysis). (2001). Oceanographic Data Analysis Report. Paris: UNESCO-IOC.
- Pond, S., & Pickard, G. L. (1983). Introductory Dynamical Oceanography (2nd ed.). Oxford: Pergamon Press.
- Pugh, D. (1987). Tides, Surges and Mean Sea-Level. Chichester: John Wiley & Sons.
- Purwanto, A., Syafaat, M., & Raharjo, B. (2012). Perencanaan dan Pengembangan Dermaga Pelabuhan. Jakarta: Erlangga.
- Rabung, I., & Nurfan, H. (2012). Analisis perubahan garis pantai akibat pembangunan struktur pantai. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 16(2), 77–85.
- Samudra, I. M. (2018). Rekayasa Pantai dan Teknik Pengamanan Pesisir. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Santoso, B., & Lestari, D. (2018). Kajian perencanaan struktur dermaga dengan mempertimbangkan potensi bencana di wilayah pesisir. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, Universitas Hasanuddin.
- Setiyono, H. (1996). Dinamika Pesisir dan Pantai. Jakarta: PT Gramedia.
- Sørensen, R. M. (2006). Basic Coastal Engineering (3rd ed.). New York: Springer.
- Sunarto. (2015). Pengelolaan Wilayah Pesisir. Yogyakarta: Andi Offset.
- Triatmodjo, B. (1999). Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2012). Perencanaan Bangunan Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.
- USACE (U.S. Army Corps of Engineers). (2002). Coastal Engineering Manual (CEM). Washington D.C.: U.S. Army Corps of Engineers.
- Widodo, S. (2004). Oseanografi Pantai. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- pantai. Gadjah Mada University Press.