



APLIKASI COMPOSITE HANGING *BREAKWATER* SEBAGAI PELINDUNG KOLAM PELABUHAN BANTAENG

Chairul Paotonan¹, Hasdinar Umar¹, Sabaruddin Raham¹, Achmad Yasir Baeda¹, Muhammad Arsyad Thaha², Wasir Samad³, dan Muhammad Aksar⁴

¹Departemen Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin

²Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

³Departemen Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin

⁴Kementerian Perhubungan Republik Indonesia

*paotonan_ch@yahoo.com

Abstrak

Pelabuhan Bantaeng telah memiliki dermaga untuk proses bongkar muat barang dan penumpang. Masalahnya, pelabuhan tersebut belum bisa dioperasikan secara maksimal oleh karena besarnya tinggi gelombang di dermaga sehingga proses bongkar muat tidak maksimal. Dokumen Rencana Induk Pelabuhan Bantaeng merekomendasikan pembangunan *breakwater*. Salah satu tipe *breakwater* yang dapat diaplikasikan adalah *hanging breakwater*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dimensi *hanging breakwater* berdasarkan data lingkungan. Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data gelombang laut dalam dan dokumen terkait. Gelombang laut dalam dianalisis untuk mendapatkan parameter gelombang di lokasi bangunan. Struktur ini akan diletakkan pada kedalaman 20 m. Setelah parameter gelombang di lokasi struktur diketahui, selanjutnya menghitung koefisien transmisi dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh peneliti terdahulu [2]. Koefisien transmisi selanjutnya digunakan untuk menghitung gelombang di belakang bangunan. Gelombang di belakang bangunan harus lebih kecil atau sama dengan tinggi gelombang dipersyaratkan [3]. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi gelombang di depan bangunan adalah $H_i = 1.79$ m, tinggi gelombang di belakang model adalah yang dipersyaratkan adalah $H_t = 0.7$ m dan koefisien transmisi adalah $K_t = 0.8$. Lebar bangunan pada arah perambatan gelombang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $L = 46.757e^{(-0.08D)}$.

Kata Kunci: Aplikasi, *Hanging*, *breakwater*, koefisien transmisi

Abstract

Bantaeng Port already has a dock for the loading and unloading goods and passengers. The problem is, the port cannot be operated optimally because of the large wave height at the dock so that the loading and unloading process is not optimal. The Bantaeng Port Master Plan document recommends the construction of a *breakwater*. One type of *breakwater* that can be applied is *hanging breakwater*. This study analyzes the dimensions of *hanging breakwater* based on environmental data. The study began by collecting data on deep-sea waves and related documents. Deep sea waves are analyzed to obtain wave parameters at the building site. This structure will be placed at a depth of 20 m. After the wave parameters at the location of the structure are known, then calculate the transmission coefficient using the equation developed by previous researchers [2]. The transmission coefficient is further used to calculate the wave behind the structure. The wave behind the structure must be smaller or equal to the required wave height [3]. The results obtained shows that the higher the wave in front of the building is $H_i = 1.79$ m, the wave height behind the structure is required is $H_t = 0.7$ m and the transmission coefficient is $K_t = 0.8$. The width of the building in the direction of wave propagation can be calculated using the equation $L = 46.757e^{(-0.08D)}$.

Keywords: Application, *Hanging*, *breakwater*, transmission coefficient



1. PENDAHULUAN

Pelabuhan Bantaeng pada awalnya bernama pelabuhan Mattoanging dibangun pada tahun 2012. Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor : KP. 432 Tahun 2017. Hirarki Pelabuhan Bantaeng tahun 2011-2019 adalah pelabuhan Pengumpulan Regional dan diencanakan berubah menjadi dengan hirarki Pelabuhan Pengumpul pada tahun 2027. Berdasarkan RTRW Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2008 sampai 2028, pelabuhan Bantaeng ditetapkan sebagai salah satu pelabuhan regional yang akan dikembangkan untuk mendukung angkutan barang dan penumpang melalui laut di Kabupaten Bantaeng. Pelabuhan Bantaeng diproyeksikan menjadi sebagai pelabuhan angkutan barang sesuai dengan Tatanan Transportasi Wilayah Sulawesi Selatan. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bantaeng 2011-2031 menetapkan Kecamatan Bissapu dimana pelabuhan Bantaeng berada sebagai kawasan pelabuhan. Tatanan Transportasi Lokal Kabupaten Bantaeng menetapkan pelabuhan Bantaeng sebagai pelabuhan pengumpul sekunder untuk menghubungkan pelabuhan Bantaeng dengan pelabuhan pengumpul lainnya di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan. Pemerintah Kabupaten Bantaeng juga telah menyusun Rencana Detail Tata Ruang Kecamatan Bissapu dan menetapkan kawasan pelabuhan di desa Bonto Jai seluas 68 hektar.

Dengan demikian, dari sudut pandang regulasi keberadaan, pengembangan dan pembangunan pelabuhan Bantaeng relatif lengkap memiliki kekuatan hukum. Hinterland Pelabuhan Bantaeng adalah Kabupaten Bantaeng dengan produk utama adalah hasil pertanian seperti rumput laut, beras, jagung, kentang, wortel, bawang merah, mangga, pisang, rambutan, kakao, ubi kayu, ubi jalar. Potensi lainnya adalah status Kabupaten Bantaeng sebagai Kawasan Industri tepatnya di Kecamatan pa'jukukang. Dengan demikian, regulasi dan potensi hinterland telah mendukung. Akan tetapi hingga saat ini pemanfaatan pelabuhan Bantaeng belum maksimal. Salah satu penyebab belum maksimalnya pemanfaatan pelabuhan Bantaeng adalah gelombang di dermaga masih tinggi sehingga kapal tidak dapat sandar untuk melakukan proses bongkar muat.

Guna optimalisasi pelabuhan Bantaeng, maka Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan melalui Dinas Perhubungan Provinsi melakukan Studi Kelayakan Peningkatan Kapasitas pelabuhan Bantaeng pada tahun 2018 dan penyusunan Dokumen Rencana Induk Pelabuhan Bantaeng pada tahun 2019. Salah satu fasilitas pendukung yang dibutuhkan agar pelabuhan Bantaeng dapat beroperasi secara maksimal adalah pemecah gelombang (breakwater) sebagai pelindung pelabuhan dari gelombang. Pembangunan pemecah gelombang membutuhkan biaya investasi yang cukup besar. Salah satu tipe pemecah gelombang yang dapat digunakan adalah pemecah gelombang mengantung atau hanging breakwater. Pemecah gelombang jenis ini dapat mereduksi volume bangunan yang relatif signifikan sehingga biaya konstruksi dapat direduksi. Penggunaan pemecah gelombang menggantung dari pilecup dapat menghemat biaya investasi mencapai 72% lebih dibandingkan pemecah gelombang tipe konvensional [1]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji gelombang yang terjadi di pelabuhan Bantaeng dan menghitung dimensi hanging breakwater yang dapat digunakan untuk melindungi pelabuhan Bantaeng tersebut.

2. METODE

Melakukan pengumpulan data sekunder berupa data gelombang laut signifikan dalam dan kontur batimetri. Data gelombang bersumber dari <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/> yang berlokasi di laut bagian selatan Kabupaten Bantaeng. Data gelombang signifikan yang dikumpulkan adalah tinggi, periode dan arah datang gelombang selama 10 tahun. Berdasarkan data gelombang laut dalam, selanjutnya dilakukan perhitungan deformasi gelombang yang meliputi shoaling dan refraksi untuk mendapatkan tinggi dan panjang gelombang di lokasi hanging breakwater. Setelah koefisien shoaling dan refraksi diperoleh, selanjutnya tinggi gelombang di lokasi rencana bangunan dihitung. Dengan menetapkan dimensi struktur yang meliputi sarat dan lebar bangunan (hanging breakwater), maka koefisien transmisi dapat dihitung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gelombang

Penelitian ini berlokasi di pelabuhan Bantaeng, Kabupaten Bantaeng. Oleh sebab itu dikumpulkan data gelombang selama 10 tahun mulai tahun 2012 sampai 2022 yang diperoleh pada lokasi seperti yang ditunjukkan (pada Gambar 1).



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Berdasarkan data gelombang yang diperoleh di lokasi studi dan bersumber dari <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/>, diperoleh kejadian gelombang berdasarkan arah datang gelombang seperti (pada Tabel 1).

Tabel 1 memperlihatkan bahwa kejadian gelombang yang dominan adalah dari arah Timur (35.86%), disusul dari arah Barat (31.20%), arah Tenggara (23.84%), arah Selatan (4.03%), arah Barat Daya (3.86%), Barat Laut (1.07%), arah Utara (0.08%), dan Timur Laut (0.07%). Adapun kejadian gelombang dalam bentuk mawar gelombang diperlihatkan pada Gambar 2. Sementara itu, kejadian gelombang berdasarkan interval tinggi gelombang disajikan (pada Tabel 2).

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh bahwa gelombang yang dominan adalah gelombang dengan interval 0.30-0.70 m (55.45%), disusul gelombang dengan interval 0.70-1.50 m (19.86%), kemudian interval 0.0-0.30 m (14.93%), dan terakhir interval 1.50->1.50 m (9.76%). Pelabuhan Bantaeng diproyeksikan untuk digunakan untuk melayani kapal dengan ukuran 500 GT atau lebih. Berdasarkan Overseas Coastal Area Development Institut of Japan, 2002 diberikan persyaratan tinggi gelombang minimal di dermaga berdasarkan ukuran kapal seperti (pada Tabel 3).

Tabel 2 dan 3 memperlihatkan bahwa untuk kapal GT 500 ton sampai GT 50.000 ton, sekitar 29.62% (dibulatkan 30%) kejadian gelombang yang tidak mensyaratkan kapal untuk beraktivitas di dermaga. Dengan demikian, sekitar 110 hari atau 3 bulan lebih dermaga tidak dapat digunakan untuk proses bongkar muat. Kondisi ini akan merugikan operator pelabuhan dari sudut pandang finansial. Agar dermaga dapat dimanfaatkan secara optimal, maka dibutuhkan breakwater sebagai pelindung pelabuhan.

3.2. Kala Ulang Gelombang

Berdasarkan tinggi, periode dan arah datang gelombang di laut dalam selanjutnya dilakukan analisis kala ulang gelombang. Metode yang digunakan dalam analisis kala ulang gelombang adalah metode Gumble. Adapun hasil analisis kala ulang gelombang diajikan (pada Tabel 4).

3.3. Deformasi Gelombang

Gelombang yang datang dari laut dalam menuju pantai akan mengalami deformasi akibat adanya proses shoaling, refraksi dan difraksi jika ada rintangan serta gelombang pecah. Secara khusus untuk pelabuhan Bantaeng, proses yang mungkin terjadi adalah shoaling dan refraksi sehingga tinggi gelombang pada suatu daerah dengan kedalaman tertentu dirumuskan dengan Persamaan 1.

Koefisien shoaling dirumuskan dengan Persamaan 2.

Koefisien kecepatan grup gelombang pada laut dalam $n_0 = 0.5$. Sedangkan nilai n , λ_0 dan λ masing-masing dihitung dengan Persamaan 3, 4 dan 5.

Sementara itu, koefisien refraksi dapat dihitung jika sudut gelombang datang di laut dalam α_0 dan sudut datang gelombang pada kedalaman tertentu α diketahui. Sudut datang gelombang pada laut dalam dapat diketahui dari data. Sedangkan sudut datang gelombang pada kedalaman tertentu dihitung dengan Persamaan 6.

Dengan diketahuinya nilai α_0 dan α , maka koefisien refraksi dihitung dengan Persamaan 7.

Dengan menggunakan data parameter gelombang laut dalam (tinggi, periode dan arah) dan mevariasikan kedalaman air, maka koefisien shoaling dan refraksi pada setiap kedalaman dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 sampai 7 dan hasilnya disajikan (pada tabel 5).

Pada saat gelombang merambat mendekati daerah yang dangkal, tinggi gelombang akan terganggu oleh dasar perairan akibat adanya peningkatan tinggi gelombang akibat proses shoaling sehingga menyebabkan gelombang pecah. Sebagai pendekatan, gelombang akan pecah ketika rasio tinggi gelombang dengan kedalaman air $H/h = 0.78$. Dengan menggunakan tinggi gelombang laut dalam dan koefisien shoaling serta koefisien refraksi, maka tinggi gelombang di kedalaman tertentu dapat dihitung dan hasilnya disajikan (pada Tabel 6).

3.4. Kinerja *Hanging Breakwater*

Hanging breakwater adalah tipe pemecah gelombang komposit yang merupakan gabungan dari material batu alam dan beton. *Hanging breakwater* memiliki 2 komponen utama, yaitu bangunan atas dan bangunan pondasi. Bangunan atas terdiri dari balok memanjang dan melintang serta peredam energi. Sedangkan pondasi terdiri dari tiang yang terbuat dari beton atau baja [2]. Adapun gambaran *hanging breakwater* dapat dilihat (pada Gambar 4).



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Hanging breakwater diperuntukan untuk meredam gelombang permukaan. Alasan ini didasarkan pada konsep distribusi gaya dan energi gelombang maksimum pada daerah sekitar permukaan air tenang dan berangsur akan berkurang seiring jarak dari permukaan ke dasar. Dengan demikian jika menggunakan hanging breakwater, maka energi gelombang dominan dapat diredam. Kinerja hanging breakwater dalam meredam gelombang direpresentasikan oleh nilai koefisien transmisi. Nilai ini adalah rasio antara tinggi gelombang di belakang bangunan dengan tinggi gelombang datang. Koefisien transmisi, K_t , dapat dihitung dengan persamaan 8 [2].

Dengan menggunakan Persamaan 1, dimensi bangunan ditentukan dengan cara memvariasikan nilai D dan K_t .

3.5. Aplikasi Hanging Breakwater di Pelabuhan Bantaeng

Berdasarkan Dokumen Rencana Induk Pelabuhan Banteng, diperoleh bahwa agar pelabuhan tersebut dapat memberikan keuntungan secara finansial, maka harus dilindungi dengan *breakwater*. Dengan memperhatikan zonasi pemanfaatan ruang perairan pada dokumen Rencana Induk tersebut, ditetapkan lokasi penempatan breakwater pada kedalaman $h = 20$ m. Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 3, diperoleh bahwa tinggi gelombang sebagai fungsi kedalaman yang paling besar adalah gelombang yang datang dari arah timur. Oleh sebab itu, dalam perhitungan berikutnya menggunakan data gelombang yang datang dari arah timur. Adapun resume parameter gelombang yang datang dari arah timur disajikan (pada Tabel 7).

Dengan menggunakan Persamaan 8, koefisien transmisi dan besarnya tinggi gelombang di belakang hanging breakwater dapat dihitung. Persamaan 8 dapat digunakan jika nilai D , β , h dan C diketahui. Nilai β adalah 1.0 sedangkan nilai C adalah 2.0. Dengan memvariasikan nilai D/h serta menetapkan lebar bangunan pada arah perambatan gelombang L adalah 12 m, maka dengan menggunakan Persamaan 8, koefisien transmisi K_t dapat dihitung dan hasilnya disajikan (pada Tabel 8).

Dengan memvariasikan nilai lebar bangunan pada arah perambatan gelombang, maka akan diperoleh nilai koefisien transmisi sebagai fungsi dari sarat relatif D/h dan panjang relatif L/λ , seperti yang diperlihatkan (pada Gambar 5).

Gambar 6 memperlihatkan bahwa semakin besar nilai D/h dan L/λ , koefisien transmisi K_t semakin kecil dan sebaliknya. Berdasarkan persyaratan, tinggi gelombang di dermaga yang diijinkan di pelabuhan Bantaeng yakni maksimum 0.7 m. Tinggi gelombang datang pada kedalaman 20 m (lokasi rencana breakwater) adalah 1.79 m. Dengan demikian, koefisien transmisi gelombang yang diperbolehkan yaitu tinggi gelombang yang diperbolehkan terjadi dibagi dengan tinggi gelombang datang atau $K_t = 0.70/1.79 = 0.4$. Berdasarkan nilai K_t ini, maka ukuran hanging breakwater yang terdiri dari sarat, D dan lebar pada arah perambatan gelombang dapat dihitung dan hasilnya disajikan (pada Tabel 9).

Tabel 9 memperlihatkan bahwa besar nilai sarat struktur, D semakin kecil nilai lebar struktur pada arah perambatan gelombang. Secara grafis, hubungan antara sarat dan lebar struktur dapat dilihat pada Gambar 7). Dengan menggunakan metode regresi, hubungan antara sarat struktur, D dengan lebar puncak bangunan pada arah perambatan gelombang dapat dirumuskan dengan persamaan 9.

3.6. Tabel

Tabel 1. Persentasi kejadian gelombang berdasarkan arah

Arah	Data	Persentasi (%)
Utara	12	0.08
Timur Laut	11	0.07
Timur	5.764	35.86
Tenggara	3.831	23.84
Selatan	647	4.03
Barat Daya	620	3.86
Barat	5.015	31.20
Barat Laut	172	1.07
Jumlah	1.6072	100.00

Tabel 2. Persentasi Kejadian Ggelombang Berdasarkan interval tinggi gelombang.

Interval (m)	Data	Persentasi (%)
$0.0 \leq H \leq 0.30$	2.399	14.93



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Interval (m)	Data	Persentasi (%)
0.30 < H <= 0.70	8.912	55.45
0.70 < H <= 1.50	3.192	19.86
H > 1.50	1.569	9.76
Jumlah	16.072	100.00

Tabel 3. Tinggi Gelombang Maksimum yang Dipersyaratkan.

Jenis Kapal	GT (ton)	Tinggi Gelombang
Kapal Kecil	GT < 500	0-0.3 m
Kapal Menengah & Besar	500 <= GT <= 50.000	0.3-0.7 m
Kapal Sangat Besar	GT > 50.000	0.7-1.5 m

Tabel 4. Kala Ulang Gelombang

Kala Ulang	Barat		Timur		Tenggara		Selatan		Barat Daya	
	H (m)	T (detik)	H	T (detik)	H	T (detik)	H (m)	T (detik)	H	T (detik)
2	1.78	9.16	1.25	7.70	0.88	6.47	0.49	4.78	0.45	4.63
5	2.28	10.46	1.42	8.22	0.98	6.82	0.66	5.62	0.53	5.03
10	2.59	11.27	1.53	8.54	1.03	7.04	0.76	6.15	0.58	5.29
25	2.98	12.30	1.66	8.95	1.11	7.32	0.90	6.81	0.65	5.61
50	3.27	13.07	1.77	9.26	1.17	7.52	1.00	7.31	0.70	5.84
100	3.56	13.83	1.87	9.56	1.22	7.73	1.10	7.80	0.74	6.08

Tabel 5. Hasil Perhitungan Koefisien Shoaling K_s , dan Koefisien Refraksi K_r .

h	Timur		Tenggara		Selatan		Barat Daya			Barat	
	K_r	K_s	K_r	K_s	K_r	K_s	K_r	K_s	K_d	K_r	K_s
0.05	0.89	4.54	1.00	4.09	0.79	4.03	0.79	3.61	0.31	0.78	5.39
0.10	0.89	3.82	1.00	3.44	0.79	3.39	0.79	3.03	0.31	0.78	4.54
0.50	0.89	2.55	1.00	2.30	0.79	2.26	0.79	2.02	0.31	0.79	3.03
1.00	0.89	2.14	1.00	1.93	0.79	1.90	0.80	1.69	0.31	0.79	2.55
1.50	0.89	1.93	1.00	1.74	0.80	1.71	0.81	1.53	0.31	0.79	2.30
3.00	0.90	1.62	1.00	1.46	0.81	1.43	0.83	1.29	0.31	0.79	1.93
5.00	0.91	1.42	1.00	1.28	0.83	1.27	0.86	1.15	0.31	0.80	1.69
10.00	0.92	1.20	1.00	1.11	0.88	1.10	0.92	1.04	0.31	0.81	1.42
20.00	0.96	1.06	1.00	1.02	0.95	1.02	0.99	1.01	0.31	0.84	1.20
30.00	0.98	1.02	1.00	1.01	0.99	1.01	1.00	1.00	0.31	0.87	1.11



Tabel 6. Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang Sebagai Fungsi Kedalaman

h	H_b	Timur		Tenggara		Selatan		Barat Daya		Barat	
		H_o	H_i	H_o	H_i	H_o	H_i	H_o	H_i	H_o	H_i
0.05	0.04	1.77	7.12	1.17	4.75	1.00	3.16	0.70	0.61	3.27	4.29
0.10	0.08	1.77	5.98	1.17	3.99	1.00	2.65	0.70	0.51	3.27	3.61
0.50	0.39	1.77	4.00	1.17	2.67	1.00	1.78	0.70	0.35	3.27	2.42
1.00	0.78	1.77	3.37	1.17	2.24	1.00	1.50	0.70	0.29	3.27	2.03
1.50	1.17	1.77	3.05	1.17	2.02	1.00	1.36	0.70	0.27	3.27	1.84
3.00	2.34	1.77	2.57	1.17	1.69	1.00	1.16	0.70	0.23	3.27	1.55
5.00	3.90	1.77	2.28	1.17	1.49	1.00	1.05	0.70	0.21	3.27	1.37
10.00	7.80	1.77	1.96	1.17	1.29	1.00	0.96	0.70	0.21	3.27	1.17
20.00	15.60	1.77	1.79	1.17	1.19	1.00	0.97	0.70	0.21	3.27	1.03
30.00	23.40	1.77	1.77	1.17	1.17	1.00	0.99	0.70	0.22	3.27	0.98

Tabel 7. Resume Parameter Gelombang Dari Arah Timur

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
Tinggi gelombang laut dalam	H_o	m	1.77
Tinggi gelombang laut dalampada kedalaman 20 m	H_i	m	1.79
Kedalaman air	h	M	20
Panjang gelombang	λ	M	109.40
Bilangan gelombang	k	-	0.06

Tabel 8. Perhitungan Koefisien Transmisi Menggunakan Persamaan 8

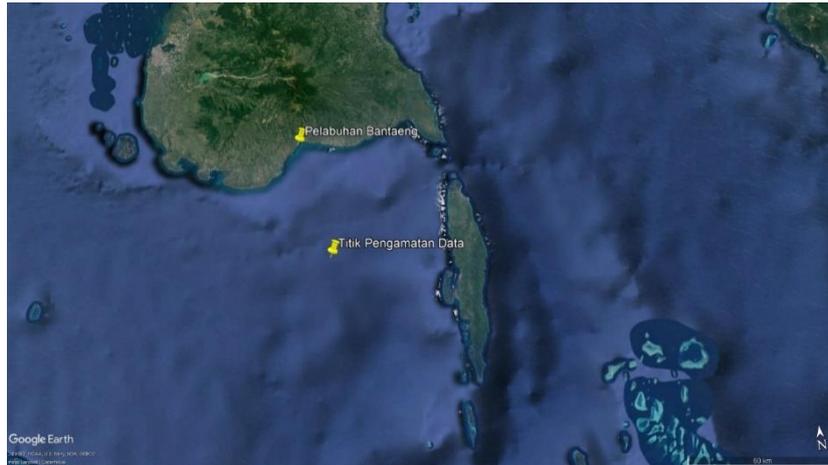
h	λ	H_i	k	β	C	D/h	D	L	L/λ	K_t
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2	0.0	0.0	12.0	0.11	1.00
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2.00	0.1	2.0	12.0	0.11	0.90
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2.00	0.2	4.0	12.0	0.11	0.81
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2.00	0.3	6.0	12.0	0.11	0.72
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2.00	0.4	8.0	12.0	0.11	0.65
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2.00	0.5	10.0	12.0	0.11	0.57
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2.00	0.6	12.0	12.0	0.11	0.51
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2.00	0.7	14.0	12.0	0.11	0.44
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2.00	0.8	16.0	12.0	0.11	0.38
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2.00	0.9	18.0	12.0	0.11	0.31
20.0	109.4	1.79	0.06	1.0	2.00	1.0	20.0	12.0	0.11	0.25

Tabel 9. Dimensi Hanging Breakwater

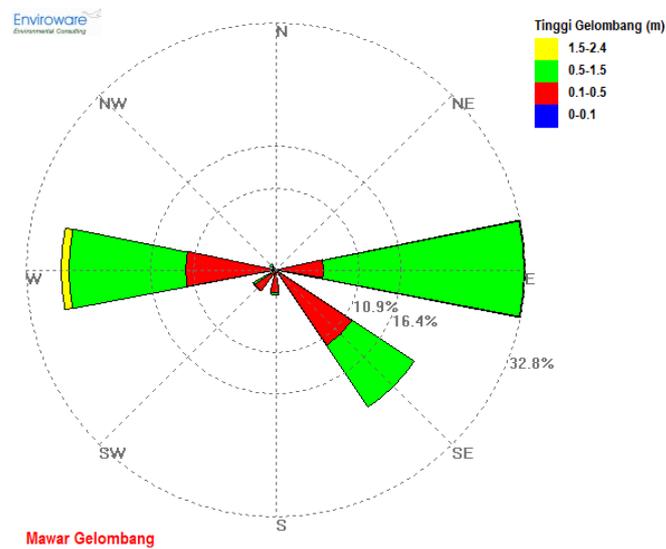
L/λ	D/h	h	D	λ	L
0.18	0.5	20.0	10.0	109.4	19.7
0.16	0.6	20.0	11.2	109.4	17.5
0.14	0.7	20.0	13.2	109.4	15.3
0.11	0.8	20.0	15.6	109.4	12.0
0.09	0.9	20.0	18.0	109.4	9.8



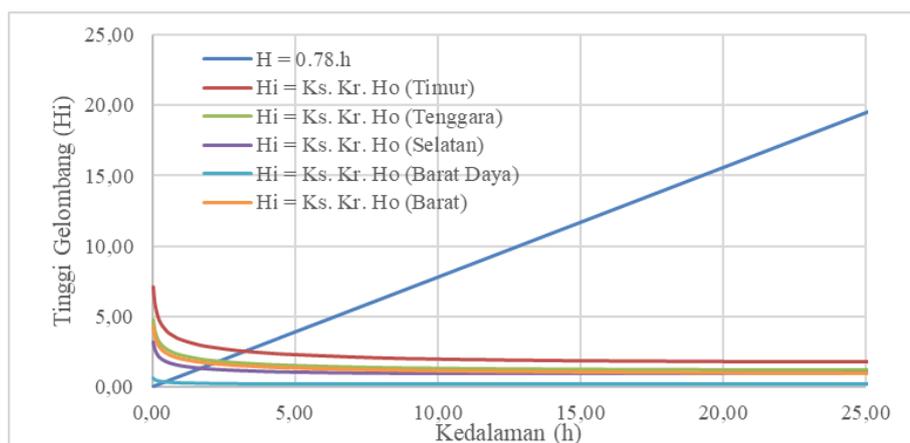
3.7. Gambar dan Grafik



Gambar 1. Lokasi pengambilan data gelombang



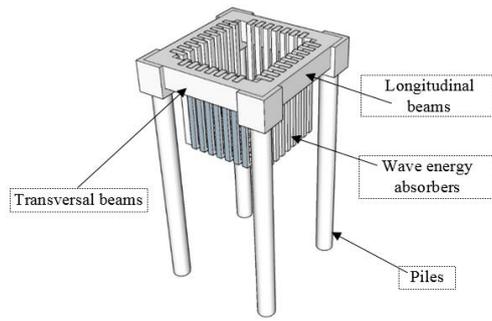
Gambar 2. Mawar gelombang



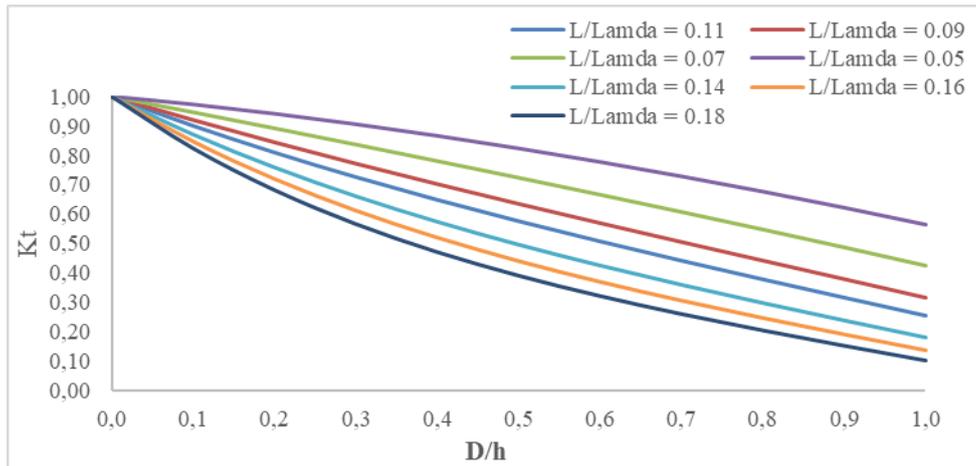
Gambar 3. Tinggi gelombang fungsi kedalaman air



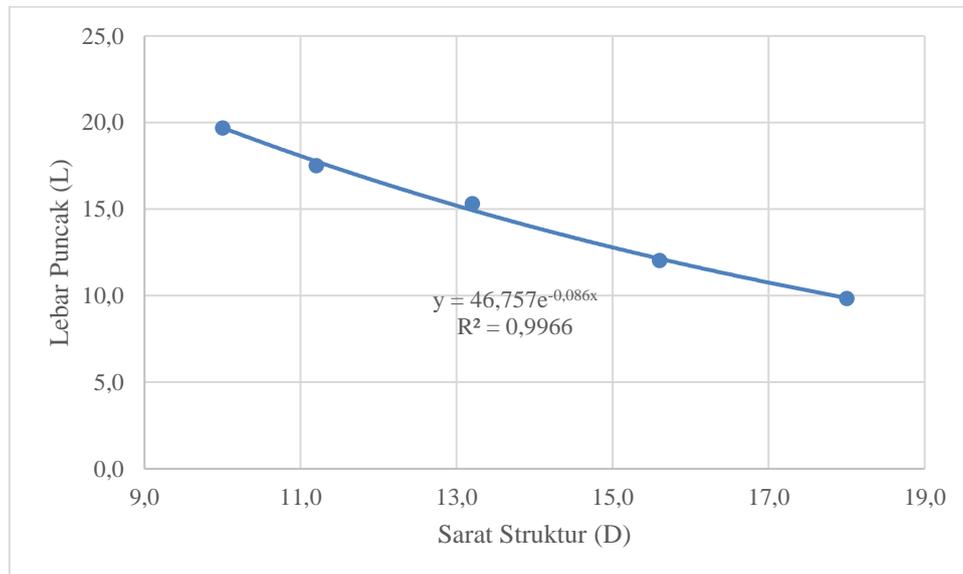
copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Gambar 4. Hanging breakwater



Gambar 6. Koefisien transmisi fungsi D/h dan L/λ



Gambar 7. Hubungan antara nilai D dengan L

3.8. Persamaan Matematika

$$H_i = K_s K_r H_o \quad (1)$$

$$K_s = \frac{n_o \lambda_o}{n \lambda} \quad (2)$$

$$n = 0.5 \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \quad (3)$$



$$\lambda_o = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right) \quad (5)$$

$$\cos\alpha = \frac{C}{C_o} \sin\alpha_o \quad (6)$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos\alpha_o}{\cos\alpha}} \quad (7)$$

$$K_t = 1 - \left(\frac{D}{h} \beta \left(\frac{\cosh kh + \cosh k(h-D)}{\cosh kh + 1} \right) + \left(1 - \frac{D}{h} \left(\frac{\cosh k(h-D) + 1}{\cosh kh + 1} \right) \right) + e^{-ckL \frac{D}{h}} \right) \quad (8)$$

$$L = 46.757e^{-0.08D} \quad (9)$$

Dimana H_i , K_s , K_r dan H_o masing-masing adalah tinggi gelombang di lokasi bangunan, koefisien shoaling dan koefisien refraksi. Koefisien shoaling.

Dimana n_o , n , λ_o dan λ pada Persamaan 2 masing-masing adalah koefisien grup gelombang di laut dalam, koefisien grup gelombang pada kedalaman tertentu, panjang gelombang laut dalam dan panjang gelombang pada kedalaman tertentu.

Dimana D , h , k , L dan β masing-masing adalah sarat struktur (m), kedalaman air (m), bilangan gelombang, lebar struktur pada arah penjalaran gelombang dan porositas struktur. Bilangan gelombang $k=2\pi/\lambda$, dengan λ adalah panjang gelombang.

4. KESIMPULAN

Hangin *breakwater* berpotensi untuk digunakan sebagai pelindung pelabuhan Bantaeng. Gelombang dominan dan maksimum yang terjadi di lokasi studi adalah dari arah timur. Tinggi dan periode gelombang laut dalam masing-masing adalah 1.77 m dan 9.26 detik. Tinggi gelombang yang dipersyaratkan untuk terjadi di dermaga adalah $H_t = 0.70$ m. Lokasi hangin *breakwater* adalah pada kedalaman $h = 10$ m. Gelombang yang terjadi lokasi bangunan adalah 1.79 m. Koefisien transmisi yang dipersyaratkan adalah 0.4. Koefisien transmisi gelombang dapat dihitung dengan Persamaan 8. Hubungan antara lebar bangunan pada arah perambatan gelombang dengan sarat bangunan diperlihatkan pada Persamaan 9.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Hasanuddin melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) atas pemiayaan penelitian ini dengan menggunakan dana internal Universitas Hasanuddin dengan Skema Penelitian Fundamental Kolaboratif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Paotonan, C . (2015). Pendekatan analitis gelombang melalui pemecah gelombang tipe pilecap. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah*.



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- [2] C. Paotonan, H. Umar , S. Rahman, and T. Rachman. Analytical Approach of Wave Transmission Coefficient through on Composite Hanging Breakwater, *Proceeding of The 6th International Conference on Marine Technology* (SENTA 2021), Ocean Engineering Department Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya
- [3] Anonim, 2019, *Rencana Induk Pelabuhan Bantaeng*. Dinas Perhubungan Provinsi Sulawesi Selatan
- [4] C. Paotonan, H. Umar, A.Y. Baeda, T. Rachman and W. Hasan, (2019). The Effect of Hanging Sheet Pile Breakwater's Draft Relative on Wave Transmission Coefficient (Kt) in Irregular Wave, *Proceeding of The 5th ISMMEE, Engineering Faculty University of Hasanuddin*
- [5] C. Paotonan, S. Rahman, H. Umar, T. Rachman, A.Y. Baeda, A. Mellolo and A. Hidayat, (2019). Experimental study on the influence of draft relative due to wave transmission energy coefficient on hanging sheet pile breakwater, *Proceeding of The 5th ISMMEE, Engineering Faculty University of Hasanuddin*.

