

Analisis Stabilitas *Breakwater* Tenggelam Tipe Batu Pecah

Farhan Rachmanda¹⁾

Subuh Tugiono²⁾

Ahmad Zakaria³⁾

Ahmad Herison⁴⁾

Abstract

To prevent damage or abrasion caused by waves in coastal areas, one of the efforts that can be done is to build a building that is able to reduce wave energy before it reaches the coast, namely by building a breakwater. The sinking breakwater was chosen because the sinking breakwater is more efficient in terms of aesthetics because it does not eliminate the natural impression on the beach and tends to imitate the concept of coral reefs. In this study, a physical breakwater modeling test was conducted with the aim of knowing the efficiency of the rubble stone type submerged breakwater with the dimensions of the model peak width 9,20 cm, height 8,12 cm, a slope of 1:1,5 the weight of the armor unit is 14,18 grams and the water level to the bottom (d) is 14,12 cm, and the water level to the top of the breakwater (d_{bw}) is 6 cm with the maximum limit of H_i is 7.25 cm, wavelength (L) 53 cm, and wave speed (C) 94.64 cm/s and designed to knowing the characteristics of the waves that occur in the breakwater type as well as evaluating the stability of the protected layer unit on the rubble stone type submerged breakwater. From the results of observations of waves in the breakwater model, the average wave height (H_i) is 4.53 cm, the average wavelength (L) is 65,08 cm, the average wave speed (C) is 82,51 cm/s, And from the results of the research conducted, it can be concluded that the breakwater used is said to be feasible because it has a percentage of damage of 0% and has a maximum K_D value of 1,58 where the value is close to the safe value.

Keywords: Wave, Breakwater, Submerged Breakwater

Abstrak

Untuk mencegah kerusakan atau abrasi yang disebabkan oleh gelombang pada daerah pantai salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan membuat suatu bangunan yang mampu meredam energi gelombang sebelum sampai ke daerah pantai yaitu dengan membangun *breakwater*. Dipilihnya *breakwater* tenggelam dikarenakan *breakwater* tenggelam lebih efisien dari segi estetika karena tidak menghilangkan kesan alamiah pada pantai dan cenderung meniru konsep terumbu karang. Pada penelitian ini dilakukan uji pemodelan fisik *breakwater* tipe batu pecah dengan dimensi model lebar puncak 9,20 cm, tinggi 8,12 cm, kemiringan 1:1,5 dan berat unit armor 14,18 gram serta kedalaman dasar terhadap muka air tenang (d) 14,12 cm dan kedalaman puncak *breakwater* terhadap muka air tenang (d_{bw}) 6 cm. dengan batas maksimal H_i adalah 7,25 cm, Panjang gelombang (L) 53 cm, dan kecepatan gelombang (C) 94,64 cm/s. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas unit lapisindung *breakwater* tenggelam tipe batu pecah serta mengetahui karakteristik gelombang yang terjadi pada *breakwater* tipe batu pecah. Dari hasil pengamatan gelombang pada model *breakwater* didapatkan tinggi gelombang datang (H_i) rata-rata sebesar 4,53 cm nilai panjang gelombang (L) rata-rata sebesar 65,08 cm, kecepatan (C) rata-rata gelombang sebesar 82,51 cm/s, dan dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa *breakwater* yang digunakan dikatakan layak karena memiliki persentase kerusakan sebesar 0% dan memiliki nilai K_D maksimum sebesar 1,58 dimana nilai tersebut mendekati nilai angka aman.

Kata Kunci : Gelombang, Pemecah Gelombang, Pemecah Gelombang Tenggelam

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: frachmanda16@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Untuk mengembangkan serta mengoptimalkan potensi pada wilayah pesisir pantai Indonesia dibutuhkan pembangunan infrastruktur yang memadai salah satunya adalah membangun dermaga dan pelabuhan. Kawasan pesisir pantai sendiri merupakan salah satu kawasan yang sering mengalami kerusakan akibat pengelolaan air yang kurang optimal dan sangat dipengaruhi oleh arus gelombang yang berasal dari laut (Kristiyanti, 2016).

Gelombang yang tinggi tidak hanya dapat menyebabkan terjadinya tsunami, namun juga dapat menimbulkan dampak buruk atau kerusakan pada daerah sekitarnya (Kristiyanti, 2016). Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan penguatan di daerah pantai dengan membangun *revetment* yang artinya energi gelombang dihancurkan saat sampai di pantai. Adapun solusi lain untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan cara meredam atau mengurangi energi gelombang sebelum mencapai pantai yaitu dengan cara membangun *breakwater*.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pemodelan fisik *breakwater* dengan tujuan untuk mengetahui efisiensi *breakwater* tenggelam tipe batu pecah serta mengetahui karakteristik gelombang yang terjadi pada tipe *breakwater* sekaligus mengevaluasi stabilitas unit lapis lindung pada *breakwater* tenggelam tipe batu pecah berdasarkan standar CERC (1984).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Pantai

Pantai merupakan daerah pertemuan antara laut dan daratan yang diukur pada saat pasang tertinggi dan surut terendah. Daerah pantai adalah suatu daratan beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih saling dipengaruhi baik oleh aktivitas darat maupun laut.

Pada daerah pantai diperlukan pengamanan pantai sebagai upaya untuk melindungi dan mengamankan daerah pantai dan muara sungai dari kerusakan akibat erosi, abrasi, dan akresi (Permen PU No.07/PRT/M/2015 Pasal 1).

2.2 Gelombang

Gelombang adalah salah satu bentuk energi yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus laut, dan menyeret sedimen pada air dalam arah tegak lurus sepanjang pantai. Gelombang laut dibangkitkan oleh gaya yang bekerja di sekitar perairan di antaranya disebabkan oleh gaya angin dan gaya tarik yang disebabkan oleh benda-benda di luar angkasa terutama yang di akibatkan oleh bulan dan matahari (Triatmodjo, 2014).

1) Karakteristik Gelombang

Gelombang yang ada di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitannya. Gelombang tersebut merupakan gelombang angin, gelombang pasang surut, gelombang tsunami dan gelombang yang dihasilkan dari kapal yang bergerak

(Triatmodjo, 1999). Gerak gelombang di permukaan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a) Gerak osilasi
- b) Gerak translasi
- c) Gerak *swash* dan *back swash*

Menurut Triatmodjo (1999), gelombang dapat dijelaskan secara geometris berdasarkan:

- a) Tinggi gelombang (H)
- b) Panjang gelombang (L)
- c) Amplitudo gelombang (A)
- d) Periode gelombang (T)
- e) Frekuensi (f)

2) Gelombang Pecah

Gelombang pecah adalah sistem yang sangat kompleks. Bahkan dari kejauhan sebelum gelombang pecah, bentuknya tidak lagi sinusoidal. Jika gelombang pecah, energi yang diterima dari angin berkurang. Sebagian energi dikembalikan ke laut, sebagian energi bergantung pada kemiringan pantai, semakin kecil sudut kemiringan pantai, semakin sedikit energi yang dikembalikan.

Gelombang merupakan faktor utama dalam penentuan tata letak (*lay out*) pelabuhan, alur pelayaran dan perencanaan bangunan pantai (Triatmodjo, 1999). Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menyebabkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus (*onshore – offshore transport*) dan sepanjang pantai (*longshore transport*), serta menimbulkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur pantai.

2.3 Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang atau *breakwater* menurut Triatmodjo (2010) merupakan salah satu bangunan pantai yang pekerjaannya dibangun di lepas pantai dan sejajar pantai. *Breakwater* atau pemecah gelombang itu sendiri adalah pemecah gelombang yang dibangun untuk melindungi wilayah perairan dari gangguan gelombang. Pemecah gelombang dibagi menjadi dua bagian, yaitu pemecah gelombang darat dan pemecah gelombang lepas pantai.

Bentuk dan karakteristik pemecah gelombang dibagi menjadi beberapa jenis sesuai kemampuan untuk meredam gelombang yang dihasilkan. Menurut bentuknya, pemecah gelombang dibedakan menjadi bangunan sisi miring, sisi tegak dan campuran yaitu tipe tenggelam dan tidak tenggelam. Pemecah gelombang tenggelam dapat dibedakan dalam 3 kategori yaitu, *dynamically stable reef breakwater*, *statically stable lowcrested breakwater* dan *statically stable submerged breakwater* (Briganti *et al.* 2004).

2.4 Kerusakan Lapis Lindung

Kerusakan lapis lindung terjadi karena material tergeser dari posisi semula akibat gelombang yang menerjang. Bahan lapisan pelindung berubah karena gaya gelombang yang berlebihan, terutama selama penurunan dan lonjakan (Jensen, 1984). Kerusakan lapis lindung dapat pula disebabkan karena terserang gelombang pecah (*plunging wave*), gelombang berantai (*wave trains*) yang terkonsentrasi, durasi gelombang yang cukup panjang, erosi pada bagian kaki pemecah gelombang, serta ketidaksesuaian material yang digunakan.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan uji pemodelan fisik *breakwater* tenggelam tipe batu pecah yang dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Universitas Lampung.

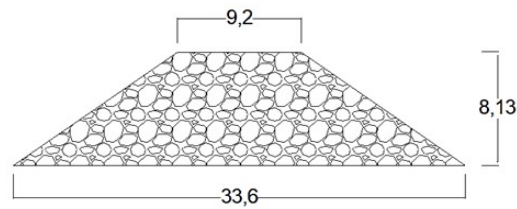
3.2 Model Fisik *Breakwater*

Pada penelitian ini digunakan model *breakwater* tenggelam tipe batu pecah berbentuk trapesium. Dimensi *breakwater*, kedalaman muka air dan berat lapis dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Data model *breakwater*

Item		Model
Dimensi <i>Breakwater</i>	Lebar Puncak	9,2 cm
	Tinggi <i>Breakwater</i>	8,12 cm
	Lebar Dasar	33,6 cm
Kedalaman Muka Air 1		0 cm
Kedalaman Muka Air 2		2 cm
Kedalaman Muka Air 3		4 cm
Kedalaman Muka Air 4		6 cm
Berat Lapis Luar		14,18 gram
Berat Lapis Dalam		1,418 gram

Model *breakwater* dibuat sebanyak 1 buah yang berbentuk trapesium, digunakan skala 1:30 dan perbandingan kemiringan 1:1,5 terbuat dari tumpukan batu. Dimensi *breakwater* berdasarkan hasil perhitungan skala yaitu berukuran tinggi 15 cm, lebar dasar 31,5 cm, serta lebar puncak *breakwater* 11,5 cm.



Gambar 1. Dimensi model fisik *fishway*.

3.3 Analisis Hasil

Dari pengujian didapat data refleksi gelombang yang terjadi, persentase kerusakan *breakwater* pada posisi tinggi air 17 cm, 19 cm, 21 cm dan nilai keruntuhan *breakwater* pada tinggi muka air tertentu berdasarkan variasi kecepatan alat, kemudian mendapatkan model fisik *breakwater* tipe batu pecah yang mempunyai presentase keruntuhan kecil dan memenuhi standar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Refleksi Gelombang

a) Gelombang Datang (H_i)

Dalam (Surendro et al., 2014) gelombang datang dirumuskan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H_i = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad (1)$$

b) Gelombang Refleksi (H_r)

Tinggi gelombang refleksi (H_r) dalam (Surendro et al., 2014) dapat diselesaikan dengan persamaan berikut:

$$H_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{2} \quad (2)$$

c) Koefisien Refleksi (K_r)

Besarnya koefisien refleksi (K_r) dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \quad (3)$$

Tabel 2. Data hasil penelitian

Variasi	Periode Gelombang (detik)	Tinggi Muka Air (cm)	H_{max} (cm)	H_{min} (cm)	H_i (cm)	H_r (cm)	K_r
1	0,83	8,12	2,4	1,9	2,15	0,25	0,1163
		10,12	2,3	1,8	2,05	0,25	0,1220
		12,12	4,2	3,5	3,85	0,35	0,0909
		14,12	5,6	4,8	5,2	0,4	0,0769
2	0,56	8,12	4,3	3,5	3,9	0,4	0,1026
		10,12	3,6	2,9	3,25	0,35	0,1077
		12,12	7,2	6,5	6,85	0,35	0,0511
		14,12	8	6,5	7,25	0,75	0,1034
3	0,5	8,12	3,1	2,2	2,65	0,45	0,1698
		10,12	4,5	3,7	4,1	0,4	0,0976
		12,12	6,5	5,7	6,1	0,4	0,0656
		14,12	7,5	6,5	7	0,5	0,0714

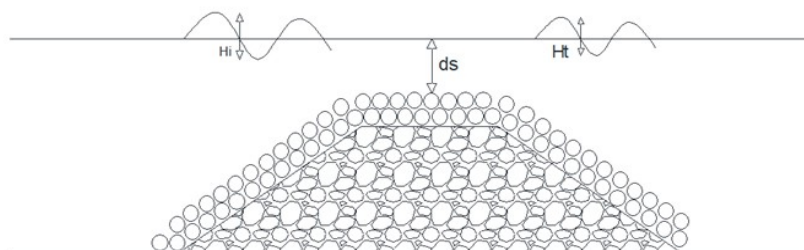
4.2 Transmisi Gelombang

Tinggi gelombang transmisi (H_t) dalam (Surendro et al., 2014) dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$H_t = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad (4)$$

Besarnya koefisien transmisi (K_t) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (5)$$



Gambar 2. Sketsa pengujian gelombang dengan *breakwater*.

Tabel 3. Data hasil penelitian

Variasi	Periode Gelombang (detik)	Tinggi Muka Air (cm)	H _{max} (cm)	H _{min} (cm)	H _i (cm)	H _t (cm)	Kt
1	0,83	8,12	1	0,5	2,15	0,75	0,3488
		10,12	1	0,6	2,05	0,8	0,3902
		12,12	4	3,1	3,85	3,55	0,9221
		14,12	5,4	4,3	5,2	4,85	0,9327
2	0,56	8,12	1	0,6	3,9	0,8	0,2052
		10,12	2,4	1,9	3,25	2,15	0,6614
		12,12	5,5	4,6	6,85	5,05	0,7652
		14,12	7	6,1	7,25	6,55	0,9034
3	0,5	8,12	0,9	0,4	2,65	0,65	0,2453
		10,12	2,2	2,7	4,1	2,45	0,5976
		12,12	5,1	4,4	6,1	4,75	0,7787
		14,12	6,2	5	7	5,6	0,8000

4.3 Perhitungan Koefisien Batu Pecah

Dengan menggunakan rumus Hudson nilai koefisien stabilitas dapat dicari dengan rumus berikut:

$$W = \frac{\rho_a H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot(\theta)} \quad (6)$$

$$K_D = \frac{\rho_a H^3}{W (S_r - 1)^3 \cot(\theta)} \quad (7)$$

Tabel 4. Nilai koefisien stabilitas batu pecah

Variasi	Tinggi Muka Air (cm)	Nilai K _D
1	8,12	0,4678
	10,12	0,4461
	12,12	0,8377
	14,12	0,8704
2	8,12	0,8486
	10,12	0,7072
	12,12	1,4905
	14,12	1,5776
3	8,12	0,5766
	10,12	0,8921
	12,12	1,3273
	14,12	1,5232

Berat batu pecah yang digunakan adalah 1,4184 gram (lapis dalam) dan 14,1843 gram (lapis luar) dengan berat jenis 2,6 dan berat jenis air 1 dengan $\cot \alpha$ adalah 1,5. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai koefisien stabilitas (K_D) maksimal untuk lapis lindung menggunakan batu pecah bersudut kasar dengan tipe gelombang pecah adalah 1,5776 sehingga *breakwater* ini sudah dinyatakan aman, karena hasil nilai koefisien stabilitas berada dibawah angka aman batu pecah pada literatur, yaitu sebesar 2 (Triatmodjo, 1999).

4.4 Penskalaan Model dan Perbandingan Hasil Penelitian

Adapun penskalaan model yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan metode penskalaan waktu, berat dan dimensi lapangan dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 6. Dimensi lapangan

Item	Model	Skala	Lapangan
Lebar Puncak	9,2 cm	1 : 37,5	3,45 m
Tinggi Breakwater	8,13 cm	1 : 37,5	3,05 m
Lebar Dasar	33,6 cm	1 : 37,5	12,6 m

Tabel 7. Ukuran prototipe menggunakan penskalaan

Item	Model	Skala	Lapangan
Kedalaman Air	11,13 cm	1 : 37,5	4,17 m
Gelombang Rencana	4,53 cm	1 : 37,5	1,70 m
Panjang Gelombang	65,08 cm	1 : 37,5	24,41 m
Berat Lapis Luar	14,18 gr	1 : 52734,37	748 kg
Berat Lapis Dalam	1,418 gr	1 : 52734,37	74,8 kg
Periode Gelombang	0,63 detik	1 : 6,12	3,86 detik
Kecepatan Gelombang	82,51 cm/s	1 : 6,12	5,05 m/s

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2021) menjadi salah satu referensi pada penelitian ini dengan dimensi model *breakwater* yang sama namun berbeda pada ketinggian muka air dan jenis *breakwater* yaitu *breakwater* tenggelam dan tidak tenggelam dimana pada penelitian Kurniawan (2021) memakai model *breakwater* tidak tenggelam dan penelitian ini menggunakan *breakwater* tenggelam. Adapun perbandingan dari hasil penelitian dengan menggunakan gelombang rencana sebesar 7, 8 dan 9 pada alat pembangkit gelombang di laboratorium Universitas Lampung adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Perbandingan data hasil penelitian

Variabel	<i>Breakwater Tidak Tenggelam</i>			<i>Breakwater Tenggelam</i>		
	7	8	9	7	8	9
Kecepatan Alat						
Hi (cm)	3,45	3,8	4	2,05	3,25	4,1
Hr (cm)	0,15	0,1	0,2	0,25	0,35	0,4
Kr	0,0434	0,0263	0,05	0,1163	0,1026	0,1698
Kd	1,3919	1,6371	1,9094	0,4461	0,7072	0,8921

Sumber : Kurniawan (2021)

Presentase kerusakan dari kedua model *breakwater* diatas adalah sama-sama 0% yaitu dibawah standar kelayakan (CERC, 1984) yaitu 5% dan koefisien stabilitas keduanya berada dibawah angka aman yaitu 2 sehingga dapat dikatakan kedua model *breakwater* tersebut aman.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Pada penelitian ini digunakan model *breakwater* dengan dimensi lebar puncak 9,2 cm, tinggi 8,12 cm, kemiringan 1 : 1,5 dan berat unit armor (W) 14,18 gram, dengan kedalaman dasar terhadap muka air tenang (d) 14,12 cm, dan kedalaman puncak *breakwater* terhadap muka air tenang (dbw) 6 cm, serta batas maksimal nilai Hi adalah 7,25 cm, Panjang gelombang (L) adalah 53cm dan periode gelombang (T) adalah 0,56 detik, dengan presentase pergeseran atau perpindahan lapis lindung sebesar 0%. Hal ini menunjukkan bahwa *breakwater* dikatakan layak karena presentase kerusakan berada dibawah 5% (CERC, 1984).
- 2) Dengan menggunakan metode Hudson didapat KD maksimum sebesar 1,58 dan dinyatakan aman. Dimana nilai tersebut berada dibawah nilai angka aman koefisien stabilitas KD batu pecah bersudut kasar yaitu 2.
- 3) Berdasarkan hasil pengamatan gelombang pada model *breakwater* didapatkan tinggi gelombang datang (Hi) rata-rata sebesar 4,53 cm, nilai panjang gelombang (L) rata-rata sebesar 65,08 cm, periode gelombang (T) rata-rata sebesar 0,63 detik, kecepatan (C) rata-rata gelombang sebesar 82,51 cm/s, koefisien refleksi (Kr) rata-rata sebesar 0,10 dan koefisien transmisi (Kt) rata-rata sebesar 0,63.

DAFTAR PUSTAKA

- Briganti, R., van der Meer, J., Buccino, M., and Calabrese, M., 2004. Wave Transmission Behind Low-Crested Structures. *In: Coastal Structures 2003*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 580–592.
- CERC, 1984. Shore Protection Manual US Army. *Coastal Engineering*, 1 (4th ed., 2 Vol), 652.
- Jensen, O.J., 1984. *A monograph on rubble mound breakwaters*. Denmark: Danish Hydraulic Institute (DHI).
- Kristiyanti, M., 2016. Pemberdayaan masyarakat pesisir pantai melalui pendekatan ICZM (Integrated Coastal Zone Management). *Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu*, (180), 752–760.
- Kurniawan, R., 2021. Evaluasi Stabilitas Breakwater pada Kecamatan Panjang, 1, 86.
- Surendro, B., Yuwono, N., and Darsono, S., 2014. Transmisi dan Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda Tumpukan Batu (Jurnal, 20, 179-187), 20, 187.
- Triatmodjo, B., 1999. *Teknik Pantai*. 2nd ed. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B., 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B., 2014. *Hidrologi Terapan*. 2nd ed. Yogyakarta: Beta Offset.