

Model Fisik Pengaruh *Armour Cylinder Concrete* pada *Vertical Breakwater* Terhadap Koefisien Refleksi Gelombang

Aziz Alfani*, Denny Nugroho Sugianto, Elis Indrayanti, Dwi Haryo Ismunarti dan Rikha Widiaratih

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Kota Semarang, Kode Pos 50275 Telp/fax (024) 7474698

*Email: azizalfan97@gmail.com

Abstrak

Vertical Breakwater merupakan salah satu bangunan pantai yang dapat digunakan untuk melindungi pantai dari erosi maupun abrasi. *Vertical breakwater* sering kali mengalami kerusakan dan kegagalan struktur yang disebabkan oleh hantaman gelombang yang mengenai bangunan sehingga perlu ditambahkan lapisan *armour*, salah satunya *cylinder concrete*. Lapisan *armour cylinder concrete* merupakan salah satu inovasi lapisan pelindung yang mempunyai beberapa kelebihan yaitu proses pembuatan dan perencanaan mudah dan cepat dan dapat mengurangi koefisien refleksi di depan *breakwater* sehingga dapat menjaga struktur *breakwater*. Uji model fisik dilakukan untuk mengetahui pengaruh *armour cylinder concrete* terhadap koefisien refleksi gelombang (K_r). Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh diberikannya *armour* terhadap koefisien refleksi gelombang, Metode yang digunakan yaitu menggunakan metode eksperimental dimana penelitian dilakukan dalam skala laboratorium yaitu menggunakan skala 1:30 dengan gelombang yang dibangkitkan jenis gelombang regular. Pengambilan data dilakukan pada *wave flume* dengan menggunakan variasi kedalaman air (d) dan periode gelombang (T). Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu panjang gelombang (L), tinggi gelombang datang (H_i), kecuraman gelombang (H_i/L). Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil berupa perbandingan pengaruh diberikannya lapisan *armour cylinder concrete* terhadap koefisien refleksi gelombang. Penambahan lapisan *armour cylinder concrete* mengakibatkan perubahan kondisi gelombang di depan *breakwater* yaitu gelombang mengalami perubahan kecepatan, panjang dan kecuraman gelombang sehingga mengakibatkan penurunan tinggi gelombang refleksi dan berakibat pada penurunan koefisien refleksi yang dihasilkan. Lapisan *armour* mampu meredam koefisien refleksi terbaik yaitu sebesar 33% dan redaman terendah sebesar 18%. Efektivitas redaman koefisien refleksi oleh *armour cylinder concrete* akan semakin menurun dengan berkurangnya periode gelombang (T) dan meningkatnya kedalaman perairan (d). Lapisan *armour cylinder concrete* dapat digunakan untuk melindungi struktur dari *vertical breakwater* dengan meredam koefisien refleksi gelombang akan tetapi kestabilan lapisan *armour* perlu dilakukan penelitian selanjutnya.

Kata kunci: Vertical Breakwater, koefisien refleksi, model fisik

Abstract

One of the coastal structures that can be employed to protect the coast from erosion and abrasion is a vertical breakwater. Vertical breakwaters are commonly exposed to structural damage and failures as a result of waves hitting the structure, requiring the installation of additional armor, one of which is cylinder concrete. The armor cylinder concrete layer is an innovative protective layer with several advantages, including easy fabrication and planning, as well as the ability to reduce the reflection coefficient in front of the breakwater, enabling the breakwater structure to be protected. The effects of armor cylinder concrete on the wave reflection coefficient (K_r) was researched using a physical model. The objective of this research was to see how armor impacted the wave reflection coefficient. The research was carried out on a laboratory scale using a 1:30 scale with waves generated by regular wave types using an experimental method. On the wave flume, data is obtained using variations in water depth (d) and wave period (T). The wavelength (L), incident wave height (H_i), and wave steepness (H_i/L) parameters were utilised in this study. The results were obtained in the form of a comparison of the effect of applying an armor cylinder concrete layer to the wave reflection coefficient based on the research authors. The installation of a layer of armor cylinder concrete impacted the wave conditions in front of the breakwater, causing a change in the wave's speed, length, and steepness, resulting in a decrease in the reflection wave height and, as a result, a reduction in the wave reflection coefficient. The armor layer is able to reduce the best reflection coefficient of 33% and the lowest attenuation of 18%. The effectiveness of the damping reflection coefficient by armor cylinder concrete will decrease with decreasing wave period (T) and increasing water depth (d). The armor cylinder concrete layer can be used to protect the structure from vertical breakwater by reducing the wave reflection coefficient, but the stability of the armor layer needs further research.

Keywords: Vertical breakwater, wave dissipation, reflection, physical model

PENDAHULUAN

Pantai merupakan wilayah di tepi perairan yang masih dipengaruhi oleh air pasang tertinggi maupun surut terendah (Triatmodjo, 1999). Wilayah pantai tidak lepas dari berbagai permasalahan seperti erosi maupun abrasi. Erosi merupakan suatu fenomena alam dimana disebabkan oleh ketidakseimbangan antara masukan dan hilangnya material pada lokasi pantai. Salah satu penyebab erosi pantai yaitu disebabkan oleh gelombang laut.

Gelombang laut merupakan salah satu fenomena kompleks yang terjadi lautan yang mana merupakan peristiwa naik turunnya permukaan laut secara tegak yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal (Wakkary *et al.*,2017). Gelombang menjalar dari laut lepas menuju arah pantai dengan membawa energi gelombang. Semakin besar gelombang maka akan semakin besar dampak bagi wilayah pantai sehingga gelombang perlu diredam. Salah satu langkah yang dapat dilakukan yaitu dengan membangun bangunan proteksi yaitu pemecah gelombang. Pemecah gelombang merupakan bangunan pantai yang digunakan untuk menahan dan mematahkan tinggi gelombang yang datang menuju pantai, sehingga daerah di belakang pemecah gelombang tidak mendapat banyak pengaruh dari gelombang (Praktito *et al.*,2014). Salah satu jenis pemecah gelombang yang dapat digunakan yaitu pemecah gelombang sisi tegak.

Pemecah gelombang dinding tegak dalam perkembangannya tidak luput dari permasalahan yang menyebabkan kegagalan dan kerusakan struktur. Kerusakan dan kegagalan struktur disebabkan oleh beberapa faktor seperti faktor struktur itu sendiri, faktor kondisi hidrolika, faktor morfologi dan pondasi di wilayah perairan yang akan dibangun pemecah gelombang dinding tegak. Kegagalan pada *breakwater* sisi tegak umumnya berkaitan dengan permasalahan dengan kondisi gelombang seperti gelombang pecah yang menghantam bangunan dan *overtopping*. Gelombang laut dapat berpengaruh pada kerusakan struktur yang dapat menyebabkan perubahan struktur seperti *sliding* dan *overtunning* pada bangunan pemecah gelombang sisi tegak (Oumeraci,1994). Berdasarkan uraian tersebut sehingga perlu dilakukan perlindungan yaitu salah satu nya dengan menambahkan lapisan *armour*. Pada penelitian ini digunakan alternatif lapisan *armour* menggunakan susunan *armour* berbentuk beton silinder (*cylinder concrete*). Bentuk silinder merupakan salah satu inovasi bentuk *armour* yang mempunyai beberapa kelebihan seperti proses pembuatan cepat dan mudah sehingga menarik dikaji dalam kaitanya meredam dan melindungi struktur pemecah gelombang sisi tegak terhadap gelombang yang datang. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh diberikannya lapisan *armour cylinder concrete* terhadap koefisien disipasi dan refleksi pada pemecah gelombang dinding tegak. Analisa koefisien refleksi dan disipasi gelombang yang dihasilkan dengan adanya lapisan pelindung penting untuk dilakukan dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang sisi tegak. Koefisien refleksi pada dinding tegak merupakan variabel utama pada perencanaan pemecah gelombang sisi tegak dimana melalui koefisien refleksi dapat diketahui kondisi gelombang didepan bangunan dan pengaruhnya terhadap gelombang superposisi (Muttay *et al.*,2006). Koefisien disipasi menggambarkan besaran gelombang terdisipasi (terurai) dengan penambahan lapisan pelindung (*armour*) sehingga dapat dijadikan salah satu alternatif untuk melindungi pemecah gelombang dinding tegak.

MATERI DAN METODE

Metode Penelitian

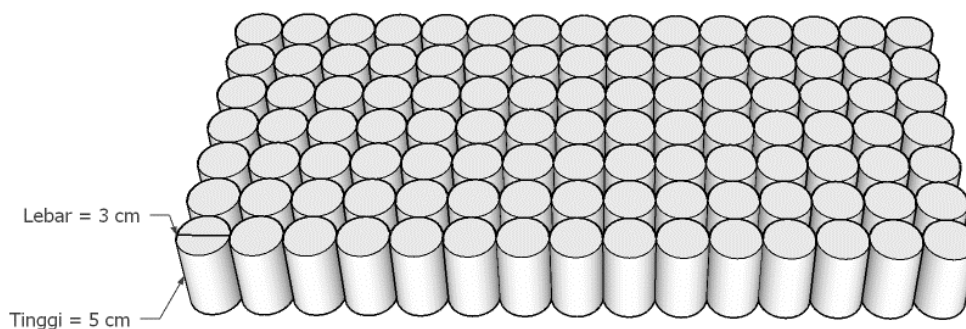
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yaitu penelitian dilakukan dalam skala laboratorium. Penelitian meliputi proses perancangan, pembuatan dan pengujian model. Metode eksperimental dengan uji laboratorium diharapkan mampu mewakili karakteristik di kondisi sesungguhnya sehingga dapat dilakukan pengembangan dan penelitian selanjutnya.

Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian yaitu terdiri dari dua data yaitu data utama dan data pendukung. Data utama meliputi data tinggi dan periode gelombang yang didapatkan dari wave flume dan data variasi kedalaman perairan sebagai variabel pembeda untuk mendapatkan pengaruh kedalaman terhadap koefisien refleksi dan disipasi gelombang yang dihasilkan. Data pendukung meliputi data maupun informasi yang didapatkan dari berbagai literasi yang berkaitan dengan koefisien refleksi dan disipasi gelombang.

Konfigurasi Rancangan Model Vertical Breakwater dan Armour Cylinder Concrete

Model terdiri dari 2 bagian yaitu *vertical breakwater* dan lapisan *armour cylinder concrete*. Lapisan *armour cylinder concrete* merupakan lapisan pelindung bentuk silinder yang telah dibuat dari beton kemudian disusun dengan beberapa tingkatan. Skala dalam penelitian ini menggunakan skala 1:30. Penentuan skala didasarkan pada skala percobaan atau eksperimental dengan memperhatikan kapasitas laboratorium, beberapa parameter gelombang yang di uji dan berdasarkan literatur yang mendukung. Hal ini sesuai dengan Briggs (2013) dalam penskalaan bangunan hidrolis tidak ada kriteria pasti mengenai rentang skala yang digunakan, akan tetapi kebanyakan percobaan laboratorium telah sukses dengan kisaran skala 1:10 hingga 1:150 tergantung parameter yang diuji dan kapasitas laboratorium. Pengujian 2D seperti *armour breakwater* biasanya menggunakan nilai skala yang lebih kecil untuk meminimalkan efek penskalaan. Berdasarkan hal tersebut sehingga skala dalam penelitian ini menggunakan skala 1:30 dimana 1 cm dalam laboratorium menginterpretasikan 30 cm dalam kondisi lapangan atau sebenarnya. Dimensi pemecah gelombang dinding tegak dan lapisan *armour* didasarkan pada uji eksperimental berdasarkan kapasitas laboratorium dikarenakan apabila disesuaikan dengan kondisi lapangan atau sebenarnya kapasitas *wave flume* tidak memadai. Berikut merupakan dimensi pemecah gelombang dinding tegak dan lapis *armour cylinder concrete*

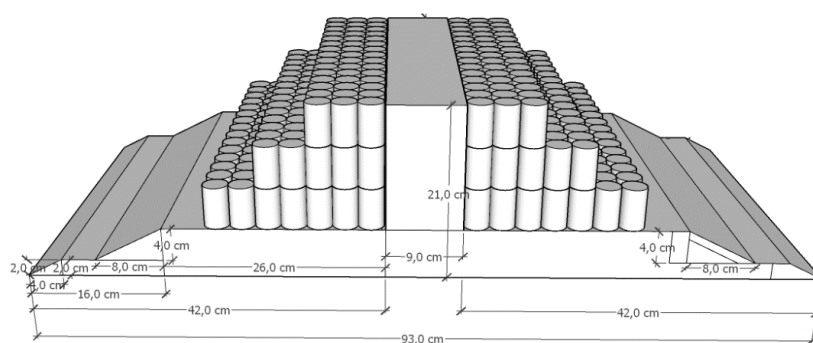


Gambar 1. Dimensi ukuran *armour cylinder concrete* kondisi laboratorium

Tabel 1. Konfigurasi dimensi lapisan pelindung *cylinder concrete*

Skala 1: 30			
Laboratorium		Lapangan	
Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)
3	5	90	150

Dimensi *Vertical Breakwater* didasarkan pada uji eksperimental dengan berdasarkan kapasitas *waveflume*, kemampuan *wave generator* dan dari studi literatur. Perancangan dimensi pemecah gelombang sisi tegak harus menggunakan skala sehingga mampu mewakili kondisi sebenarnya (*real*). Skala yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan skala 1:30. *Vertical Breakwater* terdiri dari dinding dan dasar atau fondasi bangunan. Kemiringan menggunakan perbandingan 1:2 berdasarkan kemiringan optimal pemecah gelombang dinding tegak (Triatmodjo, 1999). Struktur dibuat menggunakan material campuran semen dan pasir sehingga model dapat dilakukan pengujian secara efektif dan maksimal. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan berikut merupakan konfigurasi dimensi *vertical breakwater*



Gambar 2. Dimensi lengkap pemecah gelombang sisi tegak dengan lapis pelindung cylinder concrete

Tabel 2. Konfigurasi Dimensi Pemecah Gelombang Dinding Tegak

Skala 1 : 30

Laboratorium			Lapangan		
Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Panjang (cm)
45	21	83	1350	630	2490

Metode Pengambilan Data

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidrodinamika, Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Pengambilan data dilakukan dengan menempatkan model pada *wave flume* dengan dimensi total 7 x 0,5 x 1,5 meter. Pengukuran tinggi gelombang didapatkan dari rekaman sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditempatkan 3 titik didalam *wave flume*. Sensor 1 merupakan sensor yang merekam tinggi gelombang datang ditempatkan pada jarak 173 cm dari sensor 2. Sensor 2 merupakan sensor yang ditempatkan persis didepan bangunan pemecah gelombang dan sensor yang berfungsi untuk merekam tinggi gelombang didepan bangunan yang kaitanya dengan tinggi gelombang refleksi dan tinggi gelombang disipasi. Sensor 3 merupakan sensor yang digunakan untuk merekam tinggi gelombang dibelakang bangunan pemecah gelombang dengan penempatan 133 cm dari sensor 2. Pengambilan data dilakukan selama 30 detik pada masing-masing skenario percobaan. Skenario pengambilan data meliputi pengambilan data pada kondisi awal sebelum *breakwater*, kondisi dengan *breakwater* tanpa lapisan *armour* dan kondisi *breakwater* dengan lapisan *armour*. Pada masing masing skenario terdiri dari 3 kedalaman berbeda yaitu 15, 17 dan 19 cm. Pada setiap kedalaman dilakukan variasi periode yaitu 0,8 0,9 dan 1 detik. Inputan periode didasarkan pada kecepatan *wave generator* sebagai daya pembangkit gelombang pada *wave flume*. Jenis gelombang yang dibangkitkan yaitu jenis gelombang regular.



Gambar 3. Pengambilan data pada *wave flume*

Metode Pengolahan Data

Data tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) selanjutnya diolah sehingga mendapatkan parameter selanjutnya seperti tinggi gelombang maksimal (Hmax), tinggi gelombang minimum (Hmin), tinggi gelombang rata-rata (Hrata-rata), panjang gelombang (L) dan kecuraman gelombang (Hi/L). Parameter tersebut selanjutnya dianalisa berdasarkan hubungan variabel seperti koefisien refleksi (Kr), tinggi gelombang signifikan (Hs), tinggi gelombang refleksi (Hr) dan koefisien disipasi gelombang (Kd) berdasarkan variasi kedalaman perairan (d) dan pengaruh adanya lapis pelindung pemecah gelombang dengan menggunakan *cylinder concrete*.

Perhitungan panjang gelombang didasarkan pada persamaan Panjang Gelombang untuk teori gelombang airy, menggunakan metode iterasi (Triatmodjo, 1999):

- a. Mencari nilai L0

$$L0 = 1,56 T^2$$

- b. Kemudian dicari nilai d/L0

- c. Interpolasi nilai d/L0 sehingga mendapatkan nilai d/L, sehingga panjang gelombang

- d. Panjang gelombang

$$L = \frac{d}{d/L}$$

Keterangan:

L0 = Panjang gelombang laut dalam

T = Periode Gelombang

d = Kedalaman perairan

L = Panjang Gelombang

Perhitungan koefisien refleksi didapatkan dari rasio antara tinggi gelombang refleksi (Hi) dan tinggi gelombang berdiri (Achiari *et al.*, 2020), sehingga nilai koefisien refleksi dapat dicari menggunakan persamaan:

$$Kr = \frac{Hr}{Hi}$$

$$Hr = \frac{(Hmax - Hmin)}{2}$$

$$Hi = \frac{(Hmax + Hmin)}{2}$$

Keterangan:

Kr = Koefisien Refleksi

Hr = Tinggi gelombang refleksi

Hi = Tinggi gelombang datang

Menurut Horikawa (1978) dalam Huddiankuwera *et al.*, (2019) perhitungan koefisien disipasi dicari dengan mengurangi besarnya gelombang datang dikurangi energi gelombang yang melewati struktur (ditransmisikan) dan gelombang yang dipantulkan (direfleksikan) sehingga persamaan untuk mencari koefisien disipasi dapat ditulis sebagai berikut:

$$Kd = 1 - Kr - Kt$$

Keterangan:

Kr = Koefisien refleksi gelombang

Kd = Koefisien disipasi gelombang

Kt = Koefisien transmisi gelombang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan didapatkan hasil berupa data koefisien refleksi dan disipasi pada *vertical breakwater* pada variasi diberikan lapisan *armour cylinder concrete* dan tanpa lapisan *armour cylinder concrete*. Tabel 2. dan Tabel 3. merupakan hasil koefisien refleksi dengan variasi dengan lapisan *armour* dan tanpa lapisan *armour*. Tabel 4. merupakan hasil koefisien disipasi dengan variasi lapisan *armour*. Koefisien disipasi (Kd) terbentuk karena adanya penambahan lapisan *armour cylinder concrete* sehingga hanya dihasilkan data dengan variasi lapisan *armour*.

Tabel 2. Hasil pengolahan data koefisien refleksi pada *vertical breakwater* dengan lapisan *armour*
Skala 1 : 30

d (m)		T(s)		Hi (m)		Hr (m)		Kr (m)
Lab	Lapangan	Lab	Lapangan	Lab	Lapangan	Lab	Lapangan	
0,15	4,5	1	30	0,04	1,05	0,02	0,45	0,43
0,15	4,5	0,9	27	0,05	1,35	0,02	0,6	0,44
0,15	4,5	0,8	24	0,06	1,65	0,03	0,9	0,55
0,17	5,1	1	30	0,06	1,80	0,04	1,05	0,58
0,17	5,1	0,9	27	0,06	1,80	0,04	1,05	0,58
0,17	5,1	0,8	24	0,07	1,95	0,04	1,2	0,62
0,19	5,7	1	30	0,07	1,95	0,05	1,35	0,69
0,19	5,7	0,9	27	0,07	2,1	0,05	1,5	0,71
0,19	5,7	0,8	24	0,07	2,1	0,05	1,5	0,71

Tabel 3. Hasil pengolahan data koefisien refleksi pada *vertical breakwater* tanpa lapisan *armour*
Skala 1 : 30

d (m)		T(s)		Hi (m)		Hr (m)		Kr (m)
Lab	Lapangan	Lab	Lapangan	Lab	Lapangan	Lab	Lapangan	
0,15	4,5	1	30	0,04	1,20	0,03	0,75	0,63
0,15	4,5	0,9	27	0,05	1,35	0,03	0,9	0,67
0,15	4,5	0,8	24	0,05	1,5	0,04	1,05	0,7
0,17	5,1	1	30	0,06	1,8	0,05	1,35	0,75
0,17	5,1	0,9	27	0,07	1,95	0,05	1,5	0,77
0,17	5,1	0,8	24	0,07	2,1	0,06	1,65	0,79
0,19	5,7	1	30	0,07	1,95	0,06	1,65	0,85
0,19	5,7	0,9	27	0,07	2,1	0,06	1,8	0,86
0,19	5,7	0,8	24	0,08	2,25	0,07	1,95	0,87

Tabel 4. Hasil pengolahan data koefisien disipasi pada *vertical breakwater* dengan lapisan *armour*

Skala 1 : 30								
d (m)		T(s)		Hi (m)		Hd (m)		Kd
Lab	Lapangan	Lab	Lapangan	Lab	Lapangan	Lab	Lapangan	
0,15	4,5	1	30	0,04	1,05	0,02	0,45	0,43
0,15	4,5	0,9	27	0,05	1,35	0,02	0,60	0,44
0,15	4,5	0,8	24	0,06	1,65	0,02	0,45	0,27
0,17	5,1	1	30	0,06	1,8	0,02	0,45	0,25
0,17	5,1	0,9	27	0,06	1,8	0,02	0,45	0,25
0,17	5,1	0,8	24	0,07	1,95	0,02	0,45	0,23
0,19	5,7	1	30	0,07	1,95	0,01	0,15	0,08
0,19	5,7	0,9	27	0,07	2,1	0,01	0,15	0,07
0,19	5,7	0,8	24	0,07	2,1	0,01	0,15	0,07

Tabel 5. Nilai efektivitas peredaman koefisien refleksi pada pemecah gelombang dinding tegak dengan *armour* dan tanpa *armour*

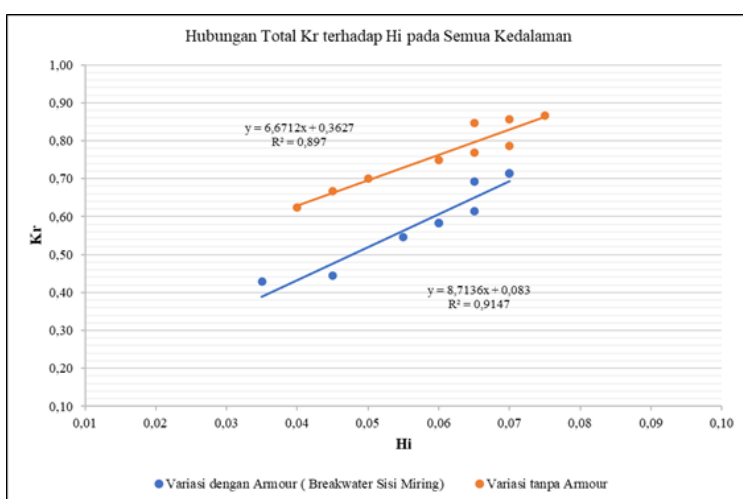
d (m)	T (s)	Koefisien Refleksi (Kr)		Efektivitas (%)
		Dengan <i>Armour</i>	Tanpa <i>Armour</i>	
0,15	1	0,43	0,63	31%
0,15	0,9	0,44	0,67	33%
0,15	0,8	0,55	0,70	22%
0,17	1	0,58	0,75	22%
0,17	0,9	0,58	0,77	24%
0,17	0,8	0,62	0,79	22%
0,19	1	0,69	0,85	18%
0,19	0,9	0,71	0,86	17%
0,19	0,8	0,71	0,87	18%

Tabel 6. Nilai efektivitas peredaman gelombang (koefisien disipasi) pada pemecah gelombang dinding tegak dengan *armour*

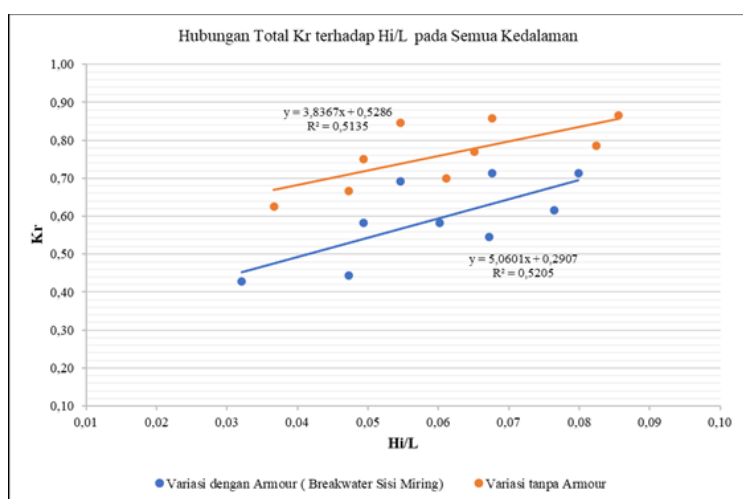
D (m)	T (s)	Koefisien Disipasi (Kd)	Efektivitas (%)
0,15	1	0,43	43%
0,15	0,9	0,44	44%
0,15	0,8	0,27	27%
0,17	1	0,25	25%
0,17	0,9	0,25	25%
0,17	0,8	0,23	23%
0,19	1	0,08	8%
0,19	0,9	0,07	7%
0,19	0,8	0,07	7%

Berdasarkan tabel hasil koefisien refleksi dan koefisien disipasi selanjutnya dihubungkan dengan beberapa parameter seperti periode gelombang (T), tinggi gelombang datang (Hi) dan kecuraman gelombang (Hi/L). Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui hubungan parameter terhadap karakteristik koefisien refleksi (Kr) dan koefisien disipasi (Kd) yang dihasilkan. Tabel 5 dan Tabel 6 dapat merupakan tabel nilai efektivitasan peredaman koefisien refleksi dan disipasi gelombang.

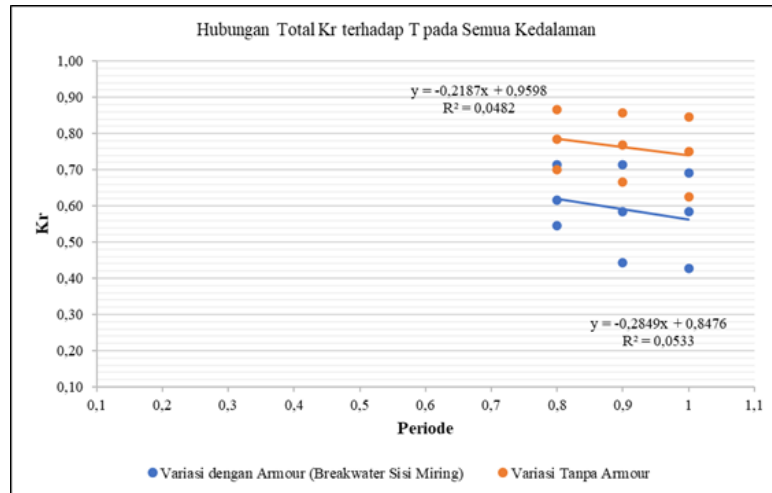
Hubungan antara parameter seperti periode gelombang (T), tinggi gelombang datang (Hi) dan kecuraman gelombang (Hi/L) terhadap koefisien refleksi (Kr) ditunjukkan pada Gambar 4. hingga Gambar 6. Pada Gambar 4. dapat diketahui bahwa dengan semakin meningkatnya gelombang datang (Hi) maka akan berakibat pada meningkatnya koefisien refleksi (Kr) yang dihasilkan. Pada Gambar 5. dapat dikehui bahwa dengan meningkatnya kecuraman gelombang (Hi/L) maka keofisien refleksi (Kr) juga akan meningkat, berbanding terbalik dengan hubungan koefisien refleksi (Kr) dengan periode gelombang (T) terlihat pada Gambar 6. dimana semakin meningkatnya periode gelombang (T) maka koefisien refleksi akan semakin berkurang.



Gambar 4. Grafik Perbandingan total Hi terhadap Kr

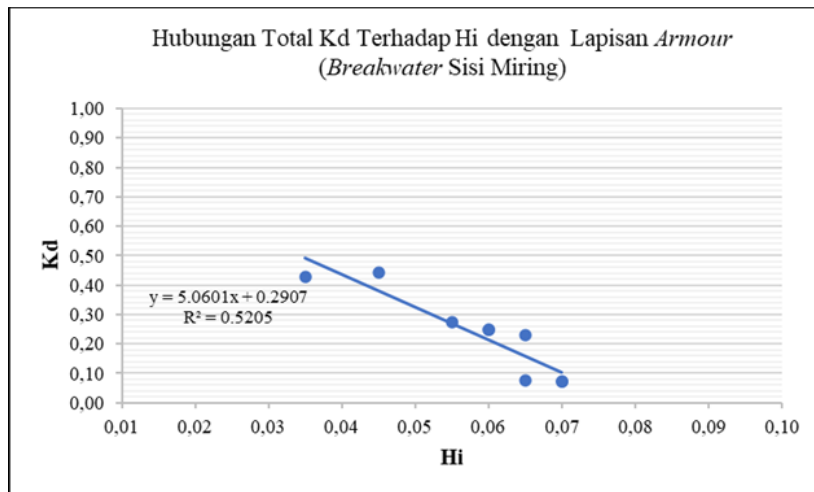


Gambar 5. Perbandingan total Hi/L terhadap Kr

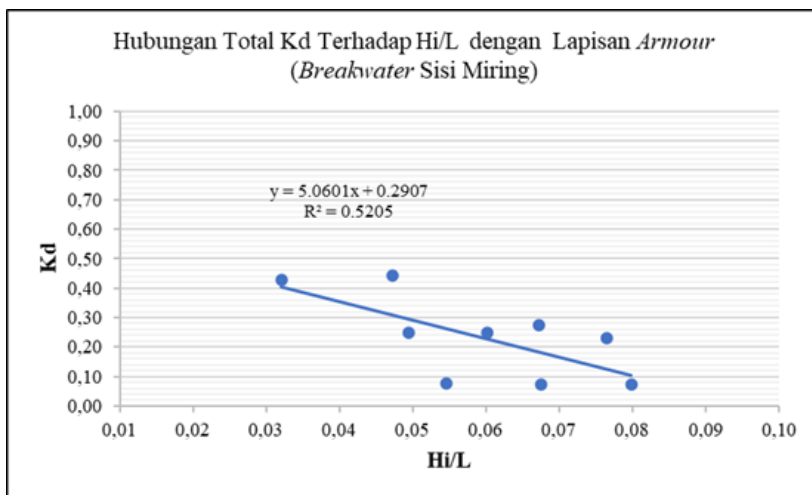


Gambar 6. Perbandingan total T terhadap Kr

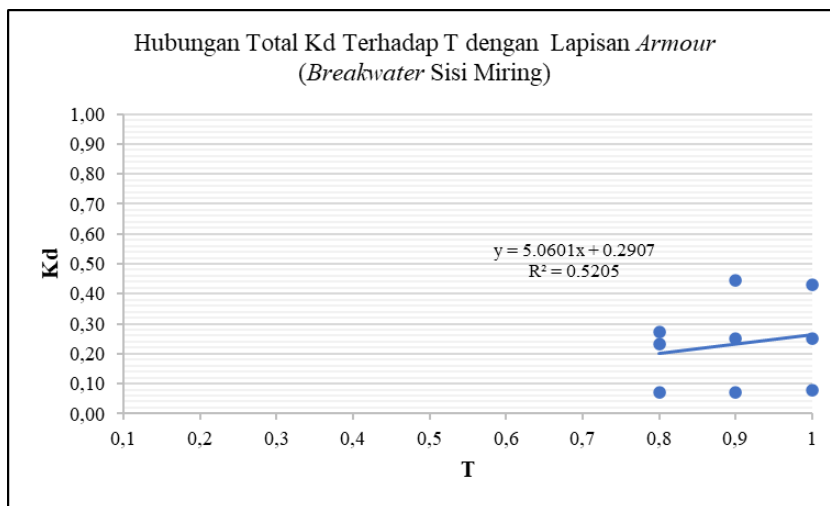
Penambahan lapisan *armour cylinder concrete* pada *vertical breakwater* menghasilkan peredaman gelombang sehingga dihasilkan nilai koefisien disipasi (K_d). Hubungan antara parameter seperti periode gelombang (T), tinggi gelombang datang (H_i) dan kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap koefisien disipasi (K_d) ditunjukkan pada Gambar 7. hingga Gambar 9. Berbeda dengan koefisien refleksi (K_r) pada koefisien disipasi hubungan antara tinggi gelombang datang (H_i) dan kecuraman gelombang mempunyai hubungan berbanding terbalik terlihat pada Gambar 7 dan Gambar 8. Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa dengan peningkatan periode gelombang maka koefisien disipasi yang dihasilkan semakin meningkat, meskipun tidak terlihat signifikan.



Gambar 7. Grafik perbandingan total H_i terhadap K_d



Gambar 8. Grafik perbandingan total Hi/L terhadap Kd



Gambar 9. Grafik perbandingan total T terhadap Kd

Pembahasan

Hubungan antara periode gelombang (T) terhadap koefisien refleksi (Kr) dan disipasi gelombang (Kd) pada *vertical breakwater* mempunyai hubungan yang sedikit berbeda. Periode gelombang yang semakin meningkat mengakibatkan penurunan nilai koefisien refleksi yang dihasilkan. Periode gelombang mempunyai hubungan dengan kecepatan rambat gelombang dan panjang gelombang dimana semakin tinggi periode periode gelombang maka berakibat pada penurunan kecepatan rambat gelombang. Berdasarkan uraian tersebut sehingga hubungan antara periode gelombang terhadap koefisien refleksi yaitu semakin singkat periode gelombang yang dihasilkan gelombang akan semakin cepat merambat dan membentur dinding tegak sehingga, dihasilkan nilai koefisien refleksi (pantulan) yang semakin tinggi. Pada hubungan antara periode gelombang terhadap koefisien disipasi gelombang mempunyai hubungan berbanding lurus yaitu dengan peningkatan periode gelombang koefisien disipasi gelombang akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya periode gelombang mengakibatkan penurunan kecepatan rambat gelombang dan peningkatan panjang gelombang, sehingga gelombang yang datang mengenai *armour* akan mengalami gesekan dan perubahan partikel air sehingga menyebabkan penyerapan tinggi gelombang oleh lapisan *armour cylinder concrete* semakin meningkat

Tinggi gelombang datang (Hi) mempunyai hubungan yang berbeda dengan koefisien refleksi (Kr) dan koefisien disipasi gelombang (Kd). Pada hubungan antara tinggi gelombang datang (Hi) dengan koefisien

refleksi (K_r) mempunyai hubungan berbanding lurus yaitu semakin tinggi gelombang datang maka semakin tinggi koefisien refleksi yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya gelombang datang, gelombang akan membentur pemecah gelombang dinding tegak akan semakin kuat dan besar, sehingga berpengaruh terhadap koefisien refleksi yang dihasilkan. Hal ini diperkuat dengan penelitian Karamma *et al* (2019) menyebutkan bahwa nilai koefisien refleksi (K_r) akan semakin besar dengan semakin meningkatnya tinggi gelombang datang (H_i), dimana dengan meningkatnya gelombang datang membawa kecepatan rambat gelombang dan panjang gelombang yang lebih besar sehingga pada saat menabrak struktur akan mengalami refleksi yang semakin besar sehingga berakibat pada kenaikan koefisien refleksi gelombang. Pada hubungan tinggi gelombang datang (H_i) dengan koefisien disipasi gelombang (K_d) mempunyai hubungan berbanding terbalik yaitu seiring dengan penambahan tinggi gelombang datang kemampuan *armour cylinder concrete* dalam meredam gelombang akan semakin menurun. Tinggi gelombang datang akan semakin meningkat seiring bertambahnya kedalaman. Peningkatan tinggi gelombang datang diikuti juga dengan peningkatan panjang gelombang dan kecepatan rambat gelombang. Peningkatan tinggi gelombang datang menyebabkan penurunan kemampuan penyerapan gelombang oleh lapisan *armour* sehingga selain gelombang datang akan mengalami gesekan dengan lapisan *armour* gelombang juga akan mengalami refleksi gelombang dikarenakan gelombang datang lebih tinggi dari lapisan *armour* sehingga mengakibatkan pengurangan nilai koefisien disipasi gelombang.

Hubungan antara kecuraman gelombang (H_i/L) dengan koefisien disipasi dan koefisien gelombang juga mengalami perbedaan karakteristik. Kecuraman gelombang merupakan variabel tidak berdimensi yang didapatkan dari hasil pembagian tinggi gelombang datang dan panjang gelombang. Pada hubungan antara kecuraman gelombang (H_i/L) dengan koefisien refleksi (K_r) mempunyai hubungan berbanding lurus yaitu semakin bertambahnya kecuraman gelombang nilai koefisien refleksi semakin bertambah. Bertambahnya kecuraman gelombang menyebabkan kondisi tinggi gelombang lebih tinggi dari panjang gelombang dan memiliki kecepatan rambat gelombang lebih tinggi sehingga gelombang yang membentur dinding tegak akan mengalami peningkatan refleksi (pantulan) gelombang sehingga koefisien gelombang mengalami peningkatan. Hal ini diperkuat dengan Setiawan dan Ginting (2018) menyebutkan bahwa nilai koefisien refleksi akan semakin meningkat dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang. Pada hubungan antara kecuraman gelombang (H_i/L) dan disipasi gelombang (K_d) mempunyai hubungan berbanding terbalik yaitu semakin tinggi kecuraman gelombang mengakibatkan penurunan koefisien disipasi. Semakin tinggi nilai kecuraman gelombang mengakibatkan kemampuan lapisan pelindung *cylinder concrete* semakin menurun sehingga menyebabkan penurunan koefisien disipasi gelombang.

Pengaruh diberikannya lapisan *armour cylinder concrete* terbukti berpengaruh terhadap koefisien refleksi (K_r) dan pada *vertical breakwater*. Perbandingan diberikannya lapisan *armour* dan tanpa lapisan *armour* pada pemecah gelombang dinding tegak berpengaruh terhadap penurunan koefisien refleksi yang dihasilkan. Percobaan pada kedalaman 0,15 m pada periode 0,8-1 detik dihasilkan efektivitas penurunan koefisien refleksi berkisar antara 22- 33 %, pada kedalaman 0,17 m efektivitas penurunan koefisien refleksi berkisar antara 22-24 % sedangkan pada kedalaman 0,19 m efektivitas penurunan koefisien berkisar antara 17- 18 %. Penambahan lapisan *armour* menyebabkan gelombang yang semula mengalami refleksi secara sempurna selanjutnya gelombang akan mengalami gesekan dengan lapisan *armour*. Gesekan ini membuat gelombang mengalami perubahan kecepatan, panjang dan kecuraman gelombang sehingga membuat gelombang sebagian akan pecah dan energi gelombang sebagian akan terkonversi atau terjadi pengurangan energi gelombang sehingga mengakibatkan penurunan tinggi gelombang refleksi dan berakibat pada penurunan koefisien refleksi yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan Ginting *et al* (2019) menyebutkan bahwa dengan penambahan struktur menyebabkan perubahan partikel air dan kecepatan gelombang sehingga mengakibatkan pengurangan energi karena turbulensi.

Penambahan lapisan *armour* dari *cylinder concrete* pada *vertical breakwater* menyebabkan adanya penyerapan gelombang atau disipasi gelombang. Kemampuan *armour* dalam menyerap gelombang akan semakin menurun dengan peningkatan kedalaman perairan sehingga lapisan *armour* mampu menyerap gelombang secara optimal pada kedalaman 0,15 m periode 1 detik dengan efektivitas 43%, sedangkan pada

kedalaman 0,19 m *armour* hanya mampu menyerap gelombang sebesar 7%. Pada kedalaman 0,15 m periode 1 detik *armour* mampu menyerap gelombang secara optimal dikarenakan pada kondisi 0,15 m sebagian *armour* terdapat dipermukaan air sehingga gelombang datang dan mengenai *armour* akan mengalami gesekan dan sebagian gelombang akan pecah sehingga berakibat pada penurunan tinggi gelombang. Selain itu pada kedalaman 0,15 m gelombang yang dihasilkan tidak terlalu tinggi sehingga *armour* mampu menyerap gelombang secara optimal. Pada kedalaman 0,19 m dengan peningkatan tinggi gelombang dan kecepatan gelombang membuat lapisan *armour* sebagian besar terendam air menyebabkan gelombang yang datang akan mengalami gesekan dan turbulensi yang menyebabkan ketidakstabilan lapisan *armour*, sehingga redaman gelombang akan semakin menurun. Gelombang yang tidak terserap selanjutnya akan mengalami *overtopping* dan menyebabkan perubahan tinggi gelombang dibelakang bangunan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Ginting *et al* (2019) menyebutkan berkurangnya periode menyebabkan semakin mengecilnya panjang gelombang sehingga energi gelombang akan semakin menurun akibat adanya struktur sehingga nilai koefisien disipasi gelombang juga akan menurun sehingga peredaman koefisien refleksi akan semakin berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa dalam penelitian ini penambahan lapisan *armour cylinder concrete* pada *vertical breakwater* optimal digunakan pada kedalaman 0,15 m dengan periode gelombang 1 detik atau penggunaan lapisan *armour cylinder concrete* akan efektif digunakan dalam keadaan tinggi *armour* lebih dari tinggi gelombang datang Pada penelitian ini masih terdapat beberapa kekurangan sehingga masih perlu dilakukan penyempurnaan. Salah satunya dapat dikaji kestabilan lapisan *armour* dari *cylinder concrete* dan perhitungan perencanaan dimensi pemecah gelombang dinding tegak yang lebih baik sehingga mampu menghasilkan hasil penelitian yang lebih baik

KESIMPULAN

1. Penambahan lapisan *armour* dari *cylinder concrete* pada *vertical breakwater* dapat mengurangi koefisien refleksi yang dihasilkan dan menghasilkan koefisien disipasi. Koefisien refleksi dapat teredam optimal sebesar 33 % pada kedalaman 0,15 meter sehingga optimal digunakan dalam kedalaman 0,15 meter.
2. Koefisien disipasi yang dihasilkan dari *armour cylinder concrete* mempunyai keefektifitasan peredamanmaksimal sebesar 43% pada kedalaman 0,15 meter. Kemampuan peredaman akan semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman air sehingga penggunaan lapisan *armour cylinder concrete* pada *vertical breakwater* optimal digunakan pada kedalaman 0,15 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- Achiari H, A. H. Ahmad dan D. M. Sualiman.2020. Analisis Refleksi Dan Transmisi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Tiang Pancang. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(3): 723-737.
- Almunawir A. A.2019. Analisa Refleksi dan Disipasi Gelombang pada Pemecah Gelombang Berpori. [SKRIPSI]. Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar. 94 hlm.
- CERC. 1984. Shore Protection Manual Vol I. 4th ed., U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Washington D.C.
- Karrama R, Ashury, N. Karim dan A. A. Almunawir. 2019. Studi Laboratorium Disipasi Dan Refleksi Gelombang Pada Susunan Pipa Sebagai Pemecah Gelombang.Seminar Sains dan Teknologi Kelautan, Universitas Hasanudin.1 Oktober 2019.
- Huddiankuwera A, T. Rahman, M. A. Thaha dan S. Dewa. 2019. Studi Model Pengaruh Kedalaman Air Terhadap Deformasi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Sisi Miring Berongga. Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil (Knpts) X 5 November.2019
- Mandi N. B. R. 2015. Perencanaan dan Perancangan Konstruksi Bangunan Laut dan Pantai.Anti Foundation. Denpasar, 396 hlm.

- Muttray M., H. Oumeraci dan E. T. Oever. 2006. Wave Reflection and Wave Run-Up At Rubble Mound Breakwaters.
- Oumeraci H. 1994. Review and Analysis of Vertical Breakwater Failures -Lessons Learned. *Elsevier Coastal Engineering*, 22: 3-29.
- Praktito Widi A, Suntoyo S dan Kriyo S. 2014. Struktur Pelindung Pantai. PT. Mediatama Saptakarsa, Jakarta, 261 hlm,
- Setiawan I Ketut S dan Juventus W.R G. 2018. Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Tenggelam Blok Beton Berkait. *Jurnal Teknik Hidraulik*. 9(1): 33-42.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta, 397 hlm.
- _____. 2010. Perencanaan Pelabuhan. Beta Offset, Yogyakarta, 455 hlm.
- Vicinanza D, E. Di Lauro, P. Contestabile, C. Gisonni, J. L. Lara dan I. J. Losada .2019. Review of Innovative Harbour Breakwater for Wave Energy Conversion. *J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng.* 145(4);1-19.
- Wakkary A. C, M. I Jasin dan A. K. T. Dundu. 2017. Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Desa Kalinaung Kab. Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*. 5(3) :167-174.