

Analisis Kinerja Redaman Gelombang pada *Breakwater* Tenggelam Tipe Berlubang Dengan Pemodelan Fisik 2D

Ivana Aprili Andika¹⁾

Subuh Tugiono²⁾

Ahmad Zakaria³⁾

Endro P. Wahono⁴⁾

Abstract

Loss of land due to coastal erosion that occurs naturally by wave abrasion. Therefore, to protect the coast from erosion or other matters, a breakwater is needed which destroys the energy of the waves before reaching the shore. This is the background of the author in taking the title of the thesis about the Performance Analysis of Wave Attenuation in the Hollow Type Breakwater Submerged Type 2-D Physical Modeling. The variables used in this study were incident wave height (H_o), calm water level (ds), and breakwater type. The results of this study indicate that the damping coefficient (Cr) was obtained using a sinking breakwater without a hole with a calm water level (ds) of 2 cm of 0.479 which is the most effective damping produced in an experiment using a breakwater that is free from calm water surface (ds). 2 cm. The wave attenuation obtained from the wave defraction test using 2 types of breakwaters resulted that the breakwater without the damping hole was greater than using a perforated breakwater.

Keywords: Broken Beach, Breakwater, Attenuation, Breakwater

Abstrak

Hilangnya daratan akibat erosi pantai yang terjadi secara alami oleh abrasi gelombang. Maka dari itu untuk melindungi pantai dari erosi atau hal lainnya diperlukan bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) yang menghancurkan energi gelombang sebelum mencapai pantai. Hal tersebut melatarbelakangi penulis dalam mengambil judul skripsi tentang Analisis Kinerja Redaman Gelombang pada *Breakwater* tenggelam Tipe Berlubang Pemodelan Fisik 2-D. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah Tinggi gelombang datang (H_o), Ketinggian muka air tenang (ds), dan Tipe *breakwater*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa didapatkan Hasil Koefisien redaman (Cr) menggunakan *breakwater* tenggelam tanpa lubang dengan ketinggian bebas muka air tenang (ds) 2 cm sebesar 0.479 yang merupakan peredaman paling efektif dihasilkan pada percobaan yang menggunakan *breakwater* berjarak bebas muka air tenang (ds) 2 cm. Peredaman gelombang yang didapatkan dari pengujian defraksi gelombang dengan menggunakan 2 tipe *breakwater* menghasilkan bahwa *breakwater* tanpa lubang peredamannya lebih besar dibandingkan dengan menggunakan *breakwater* berlubang.

Kata Kunci : Pantai Rusak, Pemecah Gelombang, Redaman, *Breakwater*

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: ivanaandika01@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

Pantai yang ada di Indonesia banyak adanya, karena pantai merupakan salah satu wadah bagi berbagai macam kegiatan, seperti tempat wisata, tempat pemukiman mata pencaharian masyarakat sekitar pantai dan lainnya. Berbagai kegiatan tersebut dapat menimbulkan berbagai macam masalah baru seperti sampah yang dibawa oleh air menuju laut, merusak biota laut, dan pencemaran sekitar laut. Bukan hanya itu, kerusakan daerah pantai juga bisa terjadi secara alami, seperti abrasi atau erosi gelombang. Gelombang yang tidak teredam dengan baik.

Gelombang tinggi yang tidak teredam dengan baik tidak hanya menyebabkan terjadinya tsunami, tetapi dapat berdampak buruk juga pada sesuatu yang dilaluinya. Berbagai macam kegiatan yang berkembang di daerah pantai seperti industri, pemukiman, pelabuhan, perikanan/tambak dan sebagainya ini dapat menimbulkan kerusakan di mana-mana yang mengakibatkan kerugian dan ketidaknyamanan untuk aktivitas masyarakat sekitar pantai. (Fauzan, 2013).

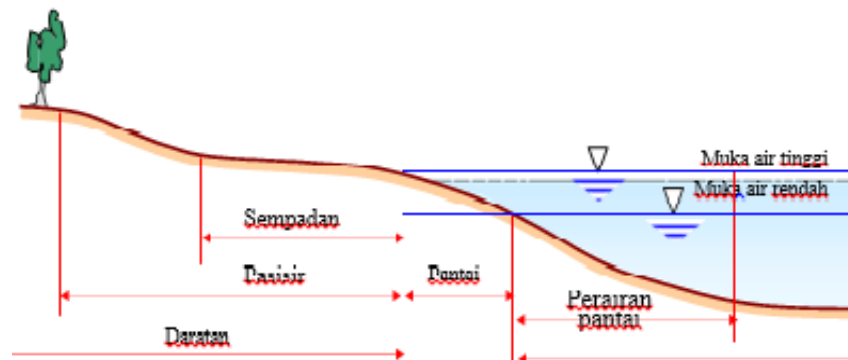
Ada beberapa macam gaya pembangkit gelombang yang terjadi di lautan, seperti gelombang pasang surut air laut yang disebabkan oleh benda-benda ruang angkasa yang dapat memengaruhi bumi terutama bulan dan matahari, serta gelombang yang disebabkan oleh tiupan angin yang ada di permukaan laut yang biasa disebut dengan gelombang angin. Gelombang sangat berperan penting dalam pembentukan pantai, dan mampu menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. (Santi, 2009). Dengan tingginya aktivitas di pantai yang cukup ramai dan tingginya gelombang air laut di tepi pantai serta kurangnya keamanan untuk mencegah atau meredam kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh gelombang air tersebut, sehingga sering terjadi kerusakan, serta menghambat aktivitas masyarakat di sekitar pantai.

Oleh sebab itu penulis ingin mengambil judul skripsi tentang Analisis Kinerja Redaman Gelombang pada *Breakwater* tenggelayam Tipe Berlubang Pemodelan Fisik 2-D.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Pantai

Istilah pantai sering rancu dalam pemakaiannya yaitu antara *coast* (pesisir) dan *shore* (pantai). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut atau disekitar pantai yang dipengaruhi oleh pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan pantai adalah daerah ditepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. (Pokaton, Tawas, & Mamoto, 2013).



Gambar 1. Definisi Pantai dan Batasan Pantai
Sumber :Triatmodjo (1999)

2.2 Gelombang

Gelombang merupakan faktor penting untuk menentukan tata letak (*lay out*) pelabuhan, perencanaan bangunan pantai, alur pelayaran dan sebagainya. gelombang memiliki ukuran yang bervariasi mulai dari riak dengan ketinggian beberapa sentimeter hingga gelombang badai yang berukuran 30 m. Gelombang dapat menimbulkan energi yang dapat mempengaruhi profil pantai dan transport sedimen searah tegak lurus dan sepanjang pantai, yang dapat menyebabkan gaya-gaya bekerja pada bangunan pantai. (Pokaton, Tawas, & Mamoto, 2013).

Sebuah gelombang terdiri dari beberapa bagian antara lain :

- 2.2.1. Puncak gelombang, merupakan titik tertinggi dari sebuah gelombang.
- 2.2.2. Lembah gelombang, merupakan titik terendah gelombang, diantara dua puncak gelombang.
- 2.2.3. Panjang gelombang, merupakan jarak mendatar antara dua puncak gelombang atau antara dua lembah gelombang.
- 2.2.4. Tinggi gelombang, merupakan jarak tegak antara puncak dan lembah gelombang.
- 2.2.5. Periode gelombang, merupakan waktu yang diperlukan oleh dua puncak gelombang yang berurutan untuk melalui satu titik.

Tabel 1. Klasifikasi gelombang berdasarkan periode menurut (Pond and Pickard, 1983).

Periode	Panjang Gelombang	Jenis Gelombang
0 – 0,2 Detik	Beberapa centimeter	Riak (Ripples)
0,2 – 9 Detik	Mencapai 130 meter	Gelombang angin
9 – 15 Detik	Beberapa ratus meter	Gelombang besar (Swell)
15 – 30 Detik	Ribuan meter	Long swell
0,5 Menit – 1 Jam	Ribuan meter	Gelombang dengan periode panjang (termasuk tsunami)
5, 12, 25 Jam	Beberapa kilometer	Pasang surut

Sumber : Kalay & Marasabessy (2015)

Gelombang permukaan merupakan salah satu bentuk penyaluran energi yang dapat diakibatkan oleh angin yang berhembus diatas permukaan laut. Bentuk gelombang yang dihasilkan tidak menentu dan bergantung dari beberapa sifat periode gelombang dan tinggi gelombang yang dibentuk. Gelombang angin memiliki panjang gelombang 130 m, dengan periode 0,2 - 9 detik. (Mulyadi, Jumarang, & Apriansyah, 2015).

2.3 Teori Gelombang Airy (Amplitudo Kecil)

Karakteristik gelombang laut merupakan faktor yang menentukan peristiwa yang terjadi dipantai. Peristiwa ini meliputi karakteristik gelombang, proses abrasi dan dinamika arus pantai. Karakteristik gelombang pada umumnya digunakan dalam berbagai macam perencanaan pembangunan pantai dan pelabuhan guna mengembangkan pembangunan pada daerah pesisir.

Teory gelombang airy merupakan salah satu teori yang menggambarkan kondisi gelombang dialam. Teori ini merupakan teori yang paling sederhana yang digunakan untuk menerangkan perambatan gelombang, gravitasi. Teori ini disebut juga dengan teori amplitudo kecil dan dapat digunakan untuk menganalisa gerakan gelombang, gelombang-gelombang menjalar tanpa terjadinya deformasi, baik untuk profil permukaan dan kecepatan partikel air membentuk sinusoidal. Sehingga amplitudo yang terjadi disini jauh lebih kecil dibandingkan dengan panjang gelombang.

2.4. Pemecah Gelombang L epas Pantai

Pengurangan tenaga gelombang yang menghantam pantai dapat dilakukan dengan cara membangun *breakwater* sejajar pantai. Gelombang yang datang akan menghantam bangunan *breakwater* sehingga gelombang akan pecah cukup jauh dari pantai dan energi yang sampai dipantai cukup kecil. (Hidayat, 2006).

2.5. BRAKWATER

Menurut klasifikasi bangunan pantai yang dijelaskan oleh Triadmodjo (2010). *Breakwater* merupakan salah satu bangunan pantai yang konstruksinya dibangun lepas pantai dan sejajar dengan garis pantai *Breakwater* sendiri ialah pemecah gelombang yang dibangun untuk melindungi daerah perairan dari gangguan gelombang. *Breakwater* dibedakan menjadi 2 bagian yaitu *breakwater* sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama yaitu sambung pantai digunakan untuk melindungi perairan pelabuhan, sedangkan untuk tipe kedua yaitu lepas pantai untuk melindungi pantai terhadap erosi (Triatmodjo, 2008).

Untuk material dalam pembuatan *breakwater* ada beberapa jenis, yang digunakan sebagai lapisan-lapisan, diantaranya (Refi, 2013) :

2.5.1. Batu Alam

Bahan ini merupakan bahan yang paling sering digunakan karna tidak memerlukan pencetakan seperti pada batu lapis pelindung buatan.

2.5.2. Pelindung Buatan

Untuk pelindung buatan bahan yang digunakan adalah dari beton dengan bentuk tertentu yang berupa tetrapod, tribar, hexapod, dolos, a-jack, dan sebagainya. Pelindung buatan relative lebih banyak digunakan karna batu alami yang kadang susah didapat dengan masa yang berat dengan jumlah yang sangat banyak.

Bentuk dan karakteristik *breakwater* berbeda-beda begitu juga kemampuan untuk meredam gelombang yang dihasilkan. Menurut bentuknya bangunan *breakwater* dibedakan menjadi bangunan sisi miring, sisi tegak dan campuran dengan tipe tenggelam dan tidak tenggelam.

Tabel 2. Klasifikasi Bentuk Bangunan *Breakwater*

Tipe	Keuntungan	Kerugian
<i>Breakwater</i> Sisi Miring	1. Elevasi puncak bangunan rendah	1. Dibutuhkan jumlah material yang besar
	2. Gelombang refleksi kecil/meredam energi gelombang	2. Pelaksana pekerjaan lama
	3. Kerusakan berangsur-angsur	3. Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan besar
	4. perbaikan mudah	4. Lebar dasar besar
	5. Murah	

Tabel 2. Klasifikasi Bentuk Bangunan *Breakwater* (Lanjutan)

Tipe	Keuntungan	Kerugian
<i>Breakwater</i> Sisi Tegak	1. Pelaksanaan pekerjaan cepat	1. Mahal
	2. Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil	2. Elevasi puncak bangunan tinggi
	3. Luas perairan pelabuhan lebih besar	3. Tekanan gelombang besar
	4. Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga atau tempat tambatan	4. Diperlukan tempat pembuatan kaisan yang luas
	5. Biaya perawatan kecil	5. Kalau rusak sulit diperbaiki
<i>Breakwater</i> Campuran	1. Pelaksanaan pekerjaan cepat	6. Diperlukan peralatan berat
	2. Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil	7. Erosi kaki fondasi
	3. Luas perairan pelabuhan besar	1. Mahal
	4. Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga atau tempat tambatan	2. Diperlukan peralatan berat
	5. Biaya perawatan kecil	3. Diperlukan tempat pembuatan kaisan yang luas

Sumber : Perencanaan Pelabuhan (Triatmodjo, 2010)

2.6. Pemecah Gelombang Ambang Rendah (Pegar)

Berbagai tipe breakwater pada umum nya memiliki struktur yang dibangun dengan puncak diatas permukaan air laut agar mendapatkan peredaman yang maksimal. Namun struktur ini juga dapat dibangun dengan puncak tetap berada dibawah permukaan air laut agar terlihat baik saat muka air pasang surut. Struktur pemecah gelombang yang permukaannya berada dibawah permukaan air laut biasa disebut pemecah gelombang ambang rendah atau pegar. (Sulaiman, 2012). Pegar tidak mampu meredam energi gelombang dengan sempurna atau 100%, pegar hanya mampu meredam pada tingkat tertentu. Dengan mentransmisikan sejumlah energi gelombang melalui limpasan diatas struktur (Pilarczyk, 2003). Pegar juga sering disebut pemecah gelombang karang laut (*reef breakwater*), karna memiliki kemiripan dengan terumbu karang (*coral reef*) yang terdapat diperaian pantai. Karna

pegar memiliki tinggi struktur yang masih di bawah muka air laut sehingga tidak tampak dari permukaan dan tidak merusak pemandangan tempat wisata.

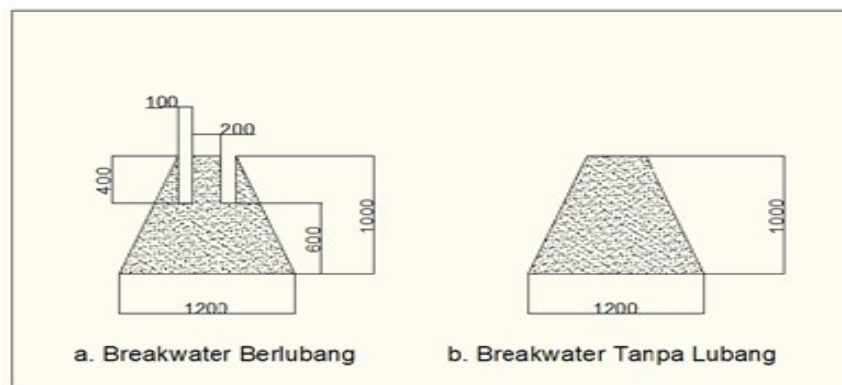
Koefisien transmisi gelombang (C_r) adalah perbandingan antara tinggi gelombang di belakang struktur (H_o) dengan tinggi gelombang di depan struktur (H_t).

Secara umum hasil penelitian menunjukkan bahwa transmisi gelombang yang dihasilkan tergantung kepada:

1. karakteristik gelombang (tinggi dan periode)
2. lebar puncak struktur
3. kedalaman puncak dari permukaan air
4. porositas struktur.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Langsung yang dilaksanakan di Laboratorium Hidro Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan membuat model *Breakwater* tenggelam tipe berlubang dan tidak berlubang yang terbuat dari semen dengan bentuk trapesium dan perbandingan kemiringan 1:1 dengan skala laboratorium.

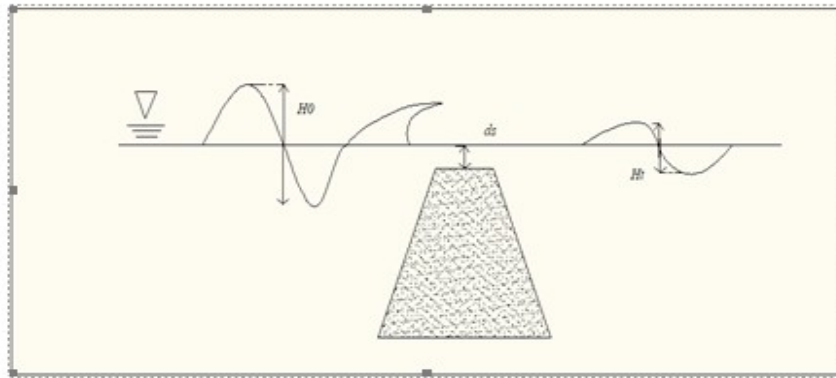


Gambar 2. Tipe Breakwater Penelitian

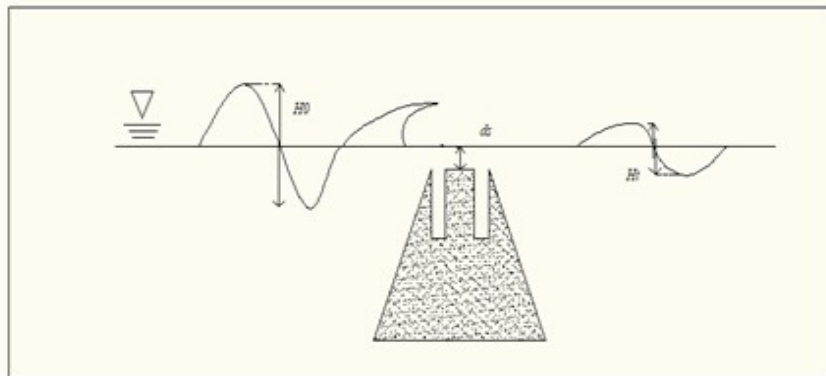
3.1 Model *Breakwater*

Model *breakwater* dibuat sebanyak 2 buah yang berbentuk Trapesium dengan tipe yang berbeda, Dimensi yang digunakan yaitu tinggi 10 cm, lebar dasar 20 cm, dan lebar puncak 4 cm digunakan pada pengujian peredaman energi gelombang dengan ketinggian jarak bebas muka air tenang (d_s) sebesar 2 cm, 4 cm, dan 6 cm.

3.2 Pengujian Difraksi Gelombang



Gambar 3. Sketsa Penelitian *Breakwater* Tipe Tak Berlubang



Gambar 4. Sketsa Penelitian *Breakwater* Tipe Berlubang

Data penelitian yang diambil adalah dengan mengambil beberapa sampel gelombang dengan jarak bebas muka air tenang dari permukaan *breakwater* (ds) yang bervariasi dengan ketinggian : 2 cm, 4 cm, 6 cm.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Difraksi Gelombang

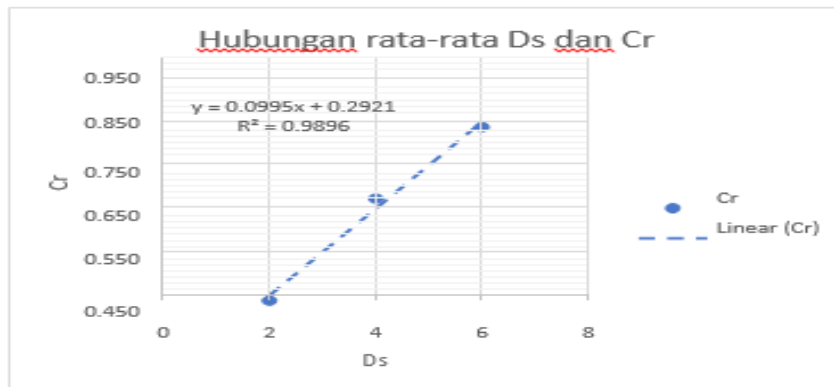
Pengujian difraksi gelombang dilaboratorium dilakukan untuk mengetahui peredaman gelombang yang terjadi, seperti mengetahui tinggi gelombang sebelum (H_0) dan setelah melewati (H_t) *breakwater*. Data yang yang didapatkan digunakan untuk menghitung redaman yang terjadi dalam bentuk perbandingan koefisien peredaman gelombang dengan kondisi jarak bebas muka air tenang (ds) yang telah ditetapkan dalam penelitian. Hasil pengujian yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang merupakan hasil perbandingan antara jarak bebas muka air tenang (ds) dan koefisien peredaman (Cr)

$$Cr = \frac{H_t}{H_0} \quad (1)$$

4.1.1. Pengujian difraksi gelombang menggunakan *breakwater* tanpa lubang

Tabel 3. Nilai Peredaman, D_s , H_o dan Cr Rata-rata

H_o (cm)	D_s (cm)	Peredaman	Cr
4,830	2	2,515	0,479
2,810	4	0,805	0,714
2,240	6	0,275	0,877

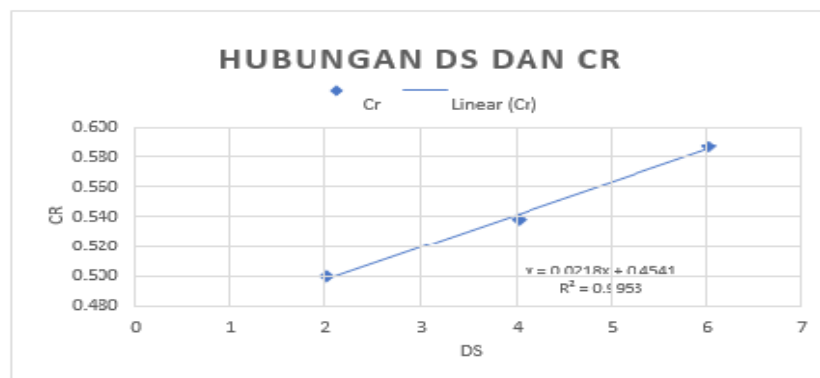


Grafik 1. Hubungan D_s Dan Cr rata-Rata Menggunakan *Breakwater* Tanpa Lubang

4.1.2. Pengujian difraksi gelombang menggunakan *breakwater* berlubang

Tabel 4. Nilai Peredaman, D_s , H_o dan Cr Rata-rata

H_o (cm)	D_s (cm)	Peredaman	Cr
5,105	2	2,555	0,500
3,030	4	1,400	0,538
4,865	6	2,010	0,587



Grafik 2. Hubungan D_s Dan Cr rata-Rata Menggunakan *Breakwater* Berlubang

Tabel 5. Nilai Peredaman, D_s , H_0 Dan Cr Rata-Rata

Tipe <i>Breakwater</i>	H_0 (cm)	D_s (cm)	Peredaman	Cr
<i>Breakwater</i> tanpa lubang	4,830	2	2,515	0,479
	2,810	4	0,805	0,714
	2,240	6	0,275	0,877
<i>Breakwater</i> berlubang	5,105	2	2,555	0,500
	3,030	4	1,400	0,538
	4,865	6	2,010	0,587

Dari hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa nilai rata-rata peredaman gelombang yang diperoleh pada pengujian defraksi gelombang dengan menggunakan *breakwater* tidak berlubang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan *breakwater* berlubang. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa semakin besar jarak bebas muka air tenang (d_s) maka makin kecil pula peredaman gelombang yang dihasilkan, sebaliknya semakin kecil jarak bebas muka air tenang maka semakin besar peredaman yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh permukaan *breakwater* yang kasar, bersisi miring serta berpori, sehingga berpengaruh terhadap gelombang datang yang mengakibatkan peredaman gelombang cukup besar. Berdasarkan koefisien peredaman rata-rata yang dihasilkan, nilai koefisien peredaman terkecil terjadi pada saat menggunakan *breakwater* tanpa lubang dengan kondisi jarak bebas muka air tenang sebesar 2 cm, koefisien peredaman yang kecil menunjukkan bahwa peredaman yang terjadi semakin baik.

4.2. Membandingkan dengan hasil penelitian terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Santi (2009) yang menggunakan *breakwater* tunggal dan *breakwater* berseri dengan jarak muka air tenang (d_s) yang bervariasi.

Tabel 6. Hasil Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

No	Peneitian	<i>Breakwater</i>	H_0 (cm)	D_s (cm)	Peredaman	Cr
1	Terdahulu (Santi, 2009)	Tunggal	5,273	2	0,368	0,931
			4,709	4	0,314	0,933
			3,276	6	0,296	0,937
		<i>Breakwater</i> berseri	5,713	2	0,533	0,913
			4,286	4	0,323	0,915
			3,640	6	0,304	0,922

Tabel 6. Hasil Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Peneitian	Breakwater	Ho (cm)	Ds (cm)	Peredaman	Cr
2	Penelitian yang telah dilakukan	Tanpa lubang	4,830	2	2,515	0,479
			2,810	4	0,805	0,714
			2,240	6	0,275	0,877
			5,105	2	2,555	0,500
		Berlubang	3,030	4	1,400	0,538
			4,865	6	2,010	0,587

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa penelitian yang dilakukan saat ini yang menggunakan 2 buah tipe *breakwater* berlubang dan tidak berlubang lebih baik dalam meredam energi gelombang dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang menggunakan *breakwater* tunggal dan berseri. Koefisien difraksi yang dihasilkan dari *breakwater* tanpa lubang lebih kecil dibandingkan dengan *breakwater* berlubang, yaitu memiliki nilai pengujian difraksi angka rata-rata jarak *ds* 2 cm sebesar 0,479. pada ketinggian *ds* 2 cm ini menghasilkan nilai rata-rata peredaman lebih besar dibandingkan dengan tipe-tipe *breakwater* lainnya yaitu 2,515 cm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jarak muka air tenang (*ds*) maka semakin kecil peredaman yang dihasilkan, dan semakin kecil koefisien difraksi (*cr*) yang dihasilkan menunjukkan peredaman yang semakin baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil koefisien redaman dengan *breakwater* tanpa lubang ketinggian *ds* 2 cm sebesar 0,479, 4 cm sebesar 0,714, dan 6 cm sebesar 0,877. Kemudian untuk *Breakwater* berlubang dengan ketinggian 2 cm sebesar 0,500, 4 cm sebesar 0,538, dan untuk 6 cm sebesar 0,587.
2. Nilai periode diantara 0,2-9,0 detik yang menunjukkan jenis gelombang angin.
3. Hasil peredaman yang terbaik terjadi pada *breakwater* tanpa lubang berjarak *ds* 2 cm. Semakin kecil jarak *ds* maka semakin kecil Cr dan semakin kecil Cr maka peredaman yang terjadi semakin baik.
4. Penelitian yang dilakukan saat ini lebih baik dibandingkan dengan penelitian terdahulu dikarenakan Koefisien Peredaman (Cr) yang dihasilkan lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzan. 2013. Evaluasi desain bangunan penahan gelombang pengaman pantai di desa margasari.
- Santi, Devira. 2009. Kajian model fisik difraksi gelombang 2-D dengan menggunakan 2 breakwater tenggelam yang dipasang seri, Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Mamoto, J, D., Jasin, M, I., d a n Tawas, H, J. 2013. Perencanaan Jetty di Muara Sungai Ranoyapo Amorang, *Jurnal Sipil Statik*, 1(6).
- Triatmodjo, B. 1999. *Perencanaan Bangunan Pantai*, Beta offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 2003. *Perencanaan Bangunan Pantai*, Beta offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 2010. *Perencanaan Bangunan Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Hidayat, N. 2006. Konstruksi Bangunan Laut dan Pantai sebagai Alternatif Perlindungan Daerah Pantai, *Jurnal SMARTek*, 4(1).
- Sulaiman, D.M., Ernawan, M., Suprpto, dan Azhar, R.M., 2012. Rehabilitasi Pantai Dengan Pagar Geotube, Studi Kasus Pantai Tanjung Kait Tangerang Banten, *Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air*, Puslitbang SDA, Bandung.
- Pilarczyk, K.W., 2003, Design of Low Crested (Submerged) Structures – An Overview, *The 6th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries*, Colombo, Srilanka.
- Kalay, D. E., & Marasabessy, M., 2015. Dinamika Gelombang Perairan Maluku Pada Musim Timur, *Amanisal*, PSP FPIK Unpatti – Ambon, 4(1), 17-23.
- Mulyadi, Jumarang, M. I., & Apriansyah, 2015. Studi Variabilitas Tinggi dan Periode Gelombang Laut Signifikan. *POSITRON*, 5(1), 19 - 25.