

TRANSMISI GELOMBANG PADA PEMECAH GELOMBANG TENGSELAM BLOK BETON BERKAIT

WAVE TRANSMISION ON INTERLOCKING CONCRETE BLOCK SUBMERGED BREAKWATER

I Ketut Dharma Setiawan

Balai Litbang Pantai, Pusat Litbang Sumber Daya Air
Jl. Gilimanuk - Singaraja KM.122, Musi, Gerokgak, Musi, Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Bali
E-mail: ketut.darma@yahoo.com

ABSTRAK

Oleh karena keterbatasan armor dari batu alam yang mempunyai berat yang sangat besar sebagai lapis lindung breakwater, dewasa ini banyak dilakukan penelitian breakwater dari material beton. Salah satu alternatifnya adalah struktur pemecah gelombang ambang rendah blok beton berkait untuk menghindari berat blok beton yang sangat tinggi, maka dilakukan penguncian antara sesama blok beton sehingga didapat berat unit blok beton yang lebih ringan dan kuncian blok beton yang dapat menyebabkan blok beton tersebut stabil dalam menerima gempuran gelombang. Lokasi penelitian model fisik breakwater tenggelam blok beton berkait dilakukan pada saluran 2 Dimensi Laboratorium Balai Pantai, Pusat Litbang Sumber Daya Air. Instrumen yang dipakai dalam penelitian ini adalah Saluran Flume 2 Dimensi, mesin pembangkit gelombang reguler, wave dumper, wave probe, komputer kendali dan model blok beton berkait. Hasil penelitian menunjukkan peredaman energi gelombang dipengaruhi oleh dimensi breakwater blok beton berkait yang dicirikan oleh kedalaman air di atas puncak bangunan dan lebar puncak bangunan. Unjuk kerja Breakwater blok beton berkait cukup berdaya guna sebagai bangunan pelindung pantai bawah air ditinjau dari transmisi dengan koefisien transmisi tertinggi adalah 0,97 dan koefisien transmisi terendah adalah 0,43.

Kata Kunci: Model fisik, Pemecah Gelombang Tenggelam, koefisien Transmisi

ABSTRACT

When a large dimension of rock needed for an armored layer of breakwater, the scarcity of it became a major adversity, because of that many research subject of using concrete as a substitute for rock performed. One of the research are the usage of concrete block for submerged breakwater as a method for avoiding a very large concrete block, but still able to withstood wave forces. The key is in the interlocking of each concrete block so it could achieve the desired result with a lesser dimension concrete block. The research was performed in Laboratory of Coastal Experimental Station, Water Resource Research Center, using a 2D channel. The facility used were flume channel, regular wave generator machine, wave dumper, wave probe, and computer for processing data. The experiment indicate that the wave energy attenuation depends on the dimension of interlocking concrete block type submerged breakwater. The dimension represented in the form of relation of the distance of water level to structure's crest and the crest's width. The performance of the structure evaluated by observing its transmission coefficient. The largest transmission coefficient obtained is 0,97 and the smallest is 0,43.

Keywords: Physical Model, Submerged breakwater, Transmission coefficient.

PENDAHULUAN

Erosi pantai bisa terjadi secara alami oleh serangan gelombang atau karena adanya kegiatan manusia seperti penebangan hutan bakau, pengambilan karang pantai, pembangunan pelabuhan atau bangunan pantai lainnya, perluasan areal tambak ke arah laut tanpa memperhatikan wilayah sempadan pantai dan sebagainya. Dampak dari erosi pantai ini dapat merusak kawasan pemukiman dan prasarana kota yang berupa mundurnya garis pantai (Triatmodjo, 1999). Secara alami, pantai berfungsi sebagai pertahanan alami terhadap gempuran gelombang. Akumulasi sedimen di pantai menyerap dan memantulkan energi yang terutama berasal dari gelombang. Apabila seluruh energi gelombang terserap maka pantai dalam kondisi seimbang. Sebaliknya, pantai dalam kondisi tidak seimbang, apabila muncul proses erosi dan akresi pantai yang selanjutnya menyebabkan kerusakan garis pantai.

Besarnya gelombang yang dapat merusak daerah pantai adalah bersumber dari gelombang perairan laut dalam dan tergantung pada tinggi gelombang. Rambat gelombang yang menuju pantai dari laut dalam akan mengalami perubahan bentuk struktur gelombang, akibatnya akan terbentuk tinggi gelombang yang besar dan akhirnya menjadi pecah. Apabila gelombang pecah tersebut dekat dengan pantai maka pantai yang tidak mempunyai perlindungan alami / buatan akan dengan mudah rusak (Triatmodjo, 1999).

Sebelum memulai memilih konstruksi bangunan pantai, adalah penting untuk mengidentifikasi dan memahami penyebab kerusakan daerah pantai baik akibat jangka pendek maupun jangka panjang. Salah satu metode penanggulangan erosi pantai akibat gelombang adalah penggunaan struktur pelindung pantai dimana struktur tersebut berfungsi sebagai peredam energi gelombang dan mengurangi energi gelombang di sisi darat struktur (Ranasinghe dan Turner 2006).

Pengurangan energi gelombang yang menghantam pantai dapat dilakukan dengan membuat bangunan pemecah gelombang sejajar pantai (*offshore breakwater*). Dengan adanya bangunan pemecah gelombang, gelombang yang datang menghantam pantai sudah pecah pada suatu tempat yang agak jauh dari pantai sehingga energi gelombang yang sampai di pantai cukup kecil.

Beberapa tahun ini penelitian untuk tipe *breakwater* tenggelam lebih banyak dilakukan karena adanya kecenderungan peredaman

gelombang oleh sekelompok batu karang yang hidup di perairan dangkal. Sila Dharma (1994) melakukan penelitian unjuk kerja terumbu buatan (*artificial reef*) sebagai peredam energi gelombang dengan menggunakan material batu pecah dan Armono (2004) meneliti terumbu buatan bentuk kubah berlubang "HSAR" (*Hemispherical submerged artificial reef*) dan menyatakan bahwa dalam jumlah yang besar HSAR dapat efektif mereduksi energi gelombang. Keberhasilan penerapan teknologi terumbu buatan ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya kesesuaian parameter lingkungan, jenis dan bentuk material, serta kekuatan struktur. Terumbu buatan bentuk kubah berlubang mempunyai kemampuan dapat menghasilkan pusaran-pusaran dan turbulensi yang menguntungkan dan menyediakan tempat perlindungan bagi ikan.

Oleh karena keterbatasan armor dari batu alam yang mempunyai berat yang sangat besar sebagai lapis lindung *breakwater*, dewasa ini banyak dilakukan penelitian *breakwater* dari material beton. Salah satu alternatifnya adalah struktur pemecah gelombang tenggelam tipe blok beton berkait untuk menghindari berat blok beton yang sangat tinggi, maka dilakukan penguncian (*interlocking*) antara sesama blok beton sehingga didapat berat unit blok beton yang lebih ringan dan kuncian blok beton yang dapat menyebabkan blok beton tersebut stabil dalam menerima gempuran gelombang. Penggunaan material beton sangat ramah lingkungan karena dengan permukaan beton yang kasar maka biota laut seperti terumbu karang akan cepat hidup sehingga perlindungan pemecah gelombang kedepannya akan menjadi obyek wisata tambahan.

Modifikasi dalam hal bentuk material blok beton berkait dilakukan dalam penelitian ini untuk kemudahan dalam hal pelaksanaan sehingga bisa mendapatkan struktur pemecah gelombang tenggelam yang handal, lebih cepat dan mudah dari segi pelaksanaan konstruksi akan tetapi dengan perubahan bentuk belum diketahui parameter yang berpengaruh dan nilai koefisien transmisi dari model yang dimodifikasi ini.

KAJIAN PUSTAKA

Bangunan Pemecah Gelombang

Menurut Shore Protection Manual (1984), pemecah gelombang dapat diklasifikasikan dari berbagai aspek antara lain :

- 1 Dari aspek posisinya terhadap garis pantai, *breakwater* dibedakan menjadi *shore connected breakwater* yang salah satunya

terhubung dengan garis pantai dan *offshore breakwater* yang tidak terhubung dengan garis pantai.

- 2 Dari aspek posisinya terhadap permukaan air laut (SWL) dibedakan dalam *breakwater* tidak tenggelam (*subaerial breakwater*) yaitu *breakwater* yang puncaknya berada diatas permukaan air dan *breakwater* tenggelam (*submerged breakwater*) yang permukaannya berada di bawah permukaan air.
- 3 Jika ditinjau dari konstruksinya maka dikenal berbagai tipe *breakwater* antara lain *rubble-mound breakwater*, *artificial armor breakwater*, *stone asphalt breakwater*, *cellular-steel sheet-pile breakwater*, *concrete-caisson breakwater* dan lain-lain.
- 4 Dari aspek porositas tubuh *breakwater*, *breakwater* dibedakan menjadi *breakwater* pejal (*impermeable breakwater*) dan *breakwater* porous (*permeable breakwater*).

Breakwater jika ditinjau dari aspek struktur maka dapat dibedakan menjadi dua macam pemecah gelombang yaitu :

- 1 Pemecah gelombang type *rubble mound*. Pemecah gelombang *rubble mound* adalah suatu bangunan bertujuan untuk mematahkan energi gelombang yang terbuat dari tumpukan batu, dalam hal ini dapat berupa batu alam ataupun batu buatan. Bangunan ini biasanya dibuat untuk melindungi suatu daerah tertentu misalnya pelabuhan atau daerah wisata bahari (*beach resort*), disamping itu, bangunan ini juga dapat berfungsi untuk menstabilkan muara sungai (*jetty*). Terdapat dua tipe pemecah gelombang tumpukan batu yaitu : *Overtopping breakwater* dan *Non overtopping breakwater*.
- 2 Pemecah gelombang *monolit* Pemecah gelombang monolit (*monolithic breakwater*) adalah pemecah gelombang yang terdiri dari satu kesatuan struktur, dalam hal ini struktur tersebut dapat terdiri dari satu kesatuan bahan yang masif (seperti konstruksi beton yang dicor di tempat) atau terdiri dari beberapa elemen yang dihubungkan sehingga membentuk satu kesatuan.

Seperti pada pemecah gelombang tumpukan batu (*rubble structure*), pemecah gelombang monolit juga mempunyai keuntungan dan kekurangan. Keuntungan utama dari pemecah gelombang ini adalah dapat menghemat material dan pembangunannya dapat dilakukan dengan cepat. Sedangkan kekurangannya adalah apabila beban rencana dilampaui dapat terjadi

kerusakan fatal. Disamping itu karena biasanya pemecah gelombang monolit ber dinding tegak, sehingga energi gelombang yang datang tidak dapat terserap/terpatahkan dan dipantulkan kembali, dan hal ini dapat membahayakan tempat lain. (Nur Yuwono, 2004)

Transmisi Gelombang

Transmisi gelombang adalah penerusan gelombang melalui sebuah bangunan. Parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan (*Ht*) dengan tinggi gelombang datang (*Hi*) atau akar dari energi gelombang (*Et*) dengan energi gelombang datang (*Ei*).

$$Kt = \sqrt{\frac{Et}{Ei}} = \frac{Ht}{Hi} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- Kt* : Koefisien Transmisi
- Et* : Energi gelombang transmisi
- Ei* : Energi gelombang datang
- Ht* : Gelombang transmisi
- Hi* : Gelombang datang

Pada bangunan kedap air (*impermeable*), transmisi gelombang yang diakibatkan oleh hampasan volume air yang melimpas diatas bangunan sedangkan pada bangunan permeable transmisi gelombang merupakan gabungan dari konstruksi *overtopping* dan perembesan gelombang air melalui bangunan. Gelombang panjang akan menghasilkan gelombang transmisi yang lebih besar dibandingkan gelombang pendek. Selain itu transmisi gelombang juga dipengaruhi oleh kecuraman gelombang.

Untuk mendapatkan hubungan antar parameter yang berpengaruh pada proses peredaman energi gelombang blok beton berkait, dipergunakan analisa dimensi dengan metode *Buckingham*. Faktor-faktor yang diperkirakan berpengaruh terhadap transmisi gelombang antara lain :

- Ht* : transmisi gelombang
- h* : kedalaman air
- d* : tinggi puncak bangunan dari dasar
- B* : lebar puncak
- Hi* : tinggi gelombang datang
- g* : gravitasi
- T* : periode gelombang

Dari pengelompokan parameter diatas ada 7 parameter dengan 2 parameter dasar sehingga akan diperoleh (7-2) bilangan tak dimensi. Dipilih *Hi* dan *g* sebagai variabel berulang dengan pangkat yang tidak diketahui dan ditetapkan suku π sebagai berikut :

$$\pi_1 = Hi^{a1} g^{b1} Ht$$

$$\begin{aligned} \pi_2 &= H_i^{a_2} g^{b_2} d \\ \pi_3 &= H_i^{a_3} g^{b_3} h \\ \pi_4 &= H_i^{a_4} g^{b_4} T \\ \pi_5 &= H_i^{a_5} g^{b_5} B \end{aligned}$$

Pemodelan Fisik

Pemodelan fisik dapat dikatakan sebagai percobaan yang dilakukan dengan membuat bentuk model yang sama dengan prototipenya atau menggunakan model yang lebih kecil dengan kesebangunan atau similarits yang cukup memadai.. Pemodelan fisik dilakukan apabila fenomena dari permasalahan yang ada pada prototipe sulit untuk diperoleh karena berbagai keterbatasan. Studi lapangan dapat menyediakan data yang akurat, tetapi biasanya membutuhkan biaya yang tinggi dan memuat variable alam yang dapat menyebabkan kesulitan dalam interpretasi data. Efek-efek fisik antar elemen fluida merupakan hal yang sangat berpengaruh untuk suatu penelitian mengenai karakter fluida. Dengan model fisik, hal tersebut dapat divisualisasikan dan dapat dijamin keakuratannya. Hasil visualisasi tersebut mungkin merupakan hal yang tidak bisa dihasilkan secara teoritis atau dengan menggunakan perhitungan komputer (Hughes, 1993).

Beberapa kekurangan pemodelan fisik :

- 1 Adanya efek skala; hal ini terjadi karena model dibuat lebih kecil dari prototipenya. Semua variable yang relevan tidak mungkin dimodelkan dalam hubungan yang benar satu sama lain, dengan kata lain efek skala menyederhanakan masalah melalui asumsi pada pemodelan numeric.
- 2 Efek Laboratorium; hal ini dapat mempengaruhi proses simulasi secara keseluruhan bila tidak dilakukan pendekatan yang sesuai dengan prototipenya. Efek laboratorium biasanya muncul karena ketidakmampuan untuk menghasilkan kondisi pembebanan yang realistic karena adanya pengaruh keterbatasan yang dimiliki model terhadap proses yang disimulasikan.
- 3 Fungsi gaya dan kondisi batas yang bekerja di alam tidak disertakan dalam pemodelan, sebagai contoh adalah gaya geser angin pada permukaan.
- 4 Biaya pelaksanaan pemodelan fisik lebih mahal dibandingkan pemodelan numerik.

Konsep dasar pemodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototipe dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototipe.

Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada di model sama dengan bentuk prototipe tetapi ukuran bisa berbeda. Perbandingan antara semua ukuran panjang antara model dan prototipe adalah sama. Ada dua macam kesebangunan geometrik, yaitu sebangun geometrik sempurna (tanpa distorsi) dan sebangun geometrik dengan distorsi (*distorted*). Pada sebangun geometrik sempurna skala panjang arah horisontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada *distorted* model skala panjang dan skala tinggi tidak sama. Jika memungkinkan sebaiknya skala dibuat tanpa distorsi, namun jika terpaksa, maka skala dapat dibuat distorsi. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots(2)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

- n_L = skala panjang
- n_h = skala tinggi
- L_p = ukuran panjang prototipe
- L_m = ukuran panjang model
- H_p = ukuran tinggi pada prototipe
- H_m = ukuran tinggi pada model

Sebangun kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototipe pada arah yang sama adalah sama besar. Pada model tanpa distorsi, perbandingan kecepatan dan percepatan pada semua arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horisontal. Oleh sebab itu pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan *distorted* model. Skala kecepatan diberi notasi n_u , skala percepatan n_a dan skala waktu n_T didefinisikan sebagai berikut:

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \dots\dots\dots(4)$$

Penelitian Sebelumnya

Sila Dharma (1994), melakukan penelitian karakteristik hidraulik terumbu buatan terutama transmisi dan refleksi gelombang yang mengenai bangunan untuk material batu pecah sebagai bahan penyusun. Faktor pengubah yang diamati adalah tinggi gelombang datang H_i , gelombang transmisi H_t , kedalaman air h , tinggi

terumbu karang buatan d , lebar puncak B dan periode gelombang. Jenis gelombang reguler dan formulasi koefisien transmisi dari hasil penelitian adalah :

$$Kt = \exp \left[-0.509 + 0.206 \cdot \ln \left(\frac{h-d}{H_i} \right) - 1.32 \left(\frac{B}{gT^2} \right) \right]$$

Dengan batasan nilai $(h-d)/H_i \leq 10$ dan berlaku untuk keadaan kedalaman transisi. Dari penelitian tersebut disimpulkan peredaman energi gelombang dipengaruhi oleh dimensi terumbu karang buatan yang dicirikan oleh tinggi struktur, lebar puncak dan kedalaman air diatas puncak bangunan. Terumbu buatan akan efektif sebagai peredam energi gelombang pada ketinggian air diatas puncak yang rendah.

Armono dan Hall (2004) melakukan penelitian tentang terumbu buatan *hemispherical* berbentuk *hollow* berlubang (HSAR) yang dapat digunakan sebagai *breakwater* terendam. Penelitian dilakukan di *Queens University Coastal Engineering Research Laboratory* (QUCERL) dengan jenis gelombang reguler dan *irreguler*. Parameter yang dicermati dalam penelitian transmisi gelombang ini adalah pengaruh kecuraman gelombang $\frac{H_i}{gT^2}$, proporsi karang $\frac{h}{B}$, kedalaman perendaman $\frac{h}{d}$ dan konfigurasi terumbu. Pengurangan tinggi gelombang rata-rata 60% dipengaruhi oleh kecuraman gelombang, kedalaman genangan, dan geometri karang. Formulasi koefisien transmisi yang diusulkan oleh Armono adalah :

$$Kt = 1,616 - 31,322 \cdot \frac{H_i}{gT^2} - 1,099 \frac{h}{d} + 0,265 \frac{h}{B}$$

Abrori, I.Z Dkk (2009) melakukan penelitian pengaruh *freeboard* terumbu karang buatan bentuk silinder berongga sebagai *breakwater* terbenam dalam mereduksi gelombang. Penelitian dengan uji model fisik di *wave flume* ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tinggi dan periode gelombang, kedalaman puncak (*freeboard*) dan lebar puncak (*crest width*) terhadap koefisien transmisi (Kt) pada terumbu buatan bentuk silinder berlubang penyusun *submerged breakwater*. Formulasi yang diusulkan adalah :

$$Kt = e^{-0,315 \left(\frac{H_i}{gT^2} \right)^{0,037} \left(\frac{B}{gT^2} \right)^{-0,139} \left(\frac{h}{d} \right)^{0,293} \left(\frac{f}{h} \right)^{0,288}}$$

Buccino dan Calabrese (2007) dalam papernya menyajikan model semi empirik dimana persamaan prediksi diperoleh dari 7 set data penelitian berbeda sebelumnya. Berdasarkan nilai F/H_i , buccino memberikan persamaan untuk koefisien transmisi sebagai berikut:

$$Kt = \frac{1}{1.18 \left(\frac{H_i}{F} \right)^{0.12} + 0.33 \left(\frac{H_i}{F} \right)^{1.5} \times \left(\frac{B}{\sqrt{H_i L}} \right)}$$

Friebel (1999) dalam papernya menjelaskan pengembangan model empiris sebagai perbaikan untuk model transmisi gelombang yang ada. Model baru ini memberikan kriteria desain yang diperlukan untuk digunakan dalam menentukan atenuasi gelombang untuk pemecah gelombang terendam. Model yang dikembangkan dalam penelitian tersebut membandingkan untuk menjadi model 'paling cocok' dari semua lima set data yang digunakan yaitu Seelig (1980), Daemrich dan Kahle (1985), Van der Meer (1988), Daemen (1991), dan Seabrook (1997).

Hasil penelitian ini mengkonfirmasi bahwa koefisien transmisi sangat tergantung pada rasio berdimensi dari *freeboard* dengan tinggi gelombang datang. Signifikansi variabel berdimensi lainnya dalam model dalam rangka penurunan signifikan adalah rasio dari puncak lebar struktur kedalaman air, ketinggian struktur untuk kedalaman air, lebar puncak dengan panjang gelombang, dan *freeboard* dengan lebar puncak

Model yang dikembangkan dalam penelitian ini direkomendasikan untuk digunakan sebagai bantuan rekayasa untuk desain awal dari pemecah gelombang terendam dengan formulasi $Kt = -0.4969 \exp \left(\frac{F}{H_i} \right) - 0.0292 \left(\frac{B}{ds} \right) - 0.4257 \left(\frac{h}{ds} \right) - 0.0696 \log \left(\frac{B}{L} \right) + 0.1359 \left(\frac{F}{B} \right) + 1.01359$

METODOLOGI

Fasilitas dan Alat Laboratorium

Lokasi penelitian model fisik *breakwater* tenggelam blok beton berkait dilakukan pada saluran 2 Dimensi Laboratorium Balai Pantai, Pusat Litbang Sumber Daya Air yang berada di Jln. Singaraja - Gilimanuk Km 122 Desa Musi, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng - Bali. Instrumen yang dipakai dalam penelitian pemecah gelombang tenggelam blok beton berkait ini adalah :

- Saluran *Flume* 2 Dimensi
Saluran kaca memiliki panjang 40 m, lebar 0,6 m dan tinggi 1,2 m. Dengan variasi penempatan struktur pada saluran kaca, area uji model yang bisa dimanfaatkan sepanjang 34 m.
- Mesin Pembangkit Gelombang
Saluran kaca Balai Pantai dilengkapi dengan mesin pembangkit gelombang tipe piston yang digerakan oleh motor listrik yang mampu membangkitkan gelombang reguler

- sampai dengan ketinggian 25 cm, perioda 1 - 2.6 detik.
- c. *Wave Dumper* yang dipasang dibelakang saluran *Flume 2* Dimensi bertujuan untuk meminimalkan pantulan gelombang
- d. *wave probe* sebanyak 3 buah
- e. komputer kendali
- f. software HR Daq suite
- g. kamera
- h. Mistar
- i. *Stopwatch*

Rancangan Penelitian Pemecah gelombang Tenggelam Blok Beton Berkait

Kajian transformasi gelombang dilakukan untuk mengetahui karakter gelombang terhadap

pemecah gelombang tenggelam. Skematisasi skenario model dilakukan dengan merubah besaran tinggi *free board* terhadap pemecah gelombang dan lebar puncak bangunan pemecah gelombang. Masalah dalam kajian ini hanya meninjau transformasi gelombang terhadap tinggi gelombang signifikan, korelasi antara koefisien transmisi terhadap variasi *freeboard* dan lebar puncak pemecah gelombang. Pengubah yang akan dicermati adalah tinggi datang *H_i*, gelombang transmisi *H_t*, kedalaman air *h*, lebar puncak *B*, dan periode gelombang *T*. Skematisasi skenario model yang dilakukan dalam eksperimen model fisik 2-Dimensi di dalam *flume* dapat dilihat pada tabel 1 berikut :



Gambar 1 Saluran *Flume* Balai Pantai dan *wave generator*

Tabel 1 Skematisasi Skenario Model Fisik 2 dimensi

Skenario model	Kedalaman air (m)	Tinggi freeboard (m)	Lebar Puncak (m)
1	0.40	0.20	1,0
			1.5
			2.0
2	0.35	0.15	1,0
			1.5
			2.0
3	0.30	0.10	1,0
			1.5
			2.0
4	0.25	0.05	1,0
			1.5
			2.0
5	0.20	0.00	1,0
			1.5
			2.0

Pembuatan Model

Model pemecah gelombang tenggelam blok beton berkait dengan skala 1 : 10 ini dibuat dari campuran semen dan pasir dengan gambar teknis seperti pada gambar 2.

Pelaksanaan Pengujian

Prosedur penelitian pemecah gelombang rendah blok beton berkait yaitu :

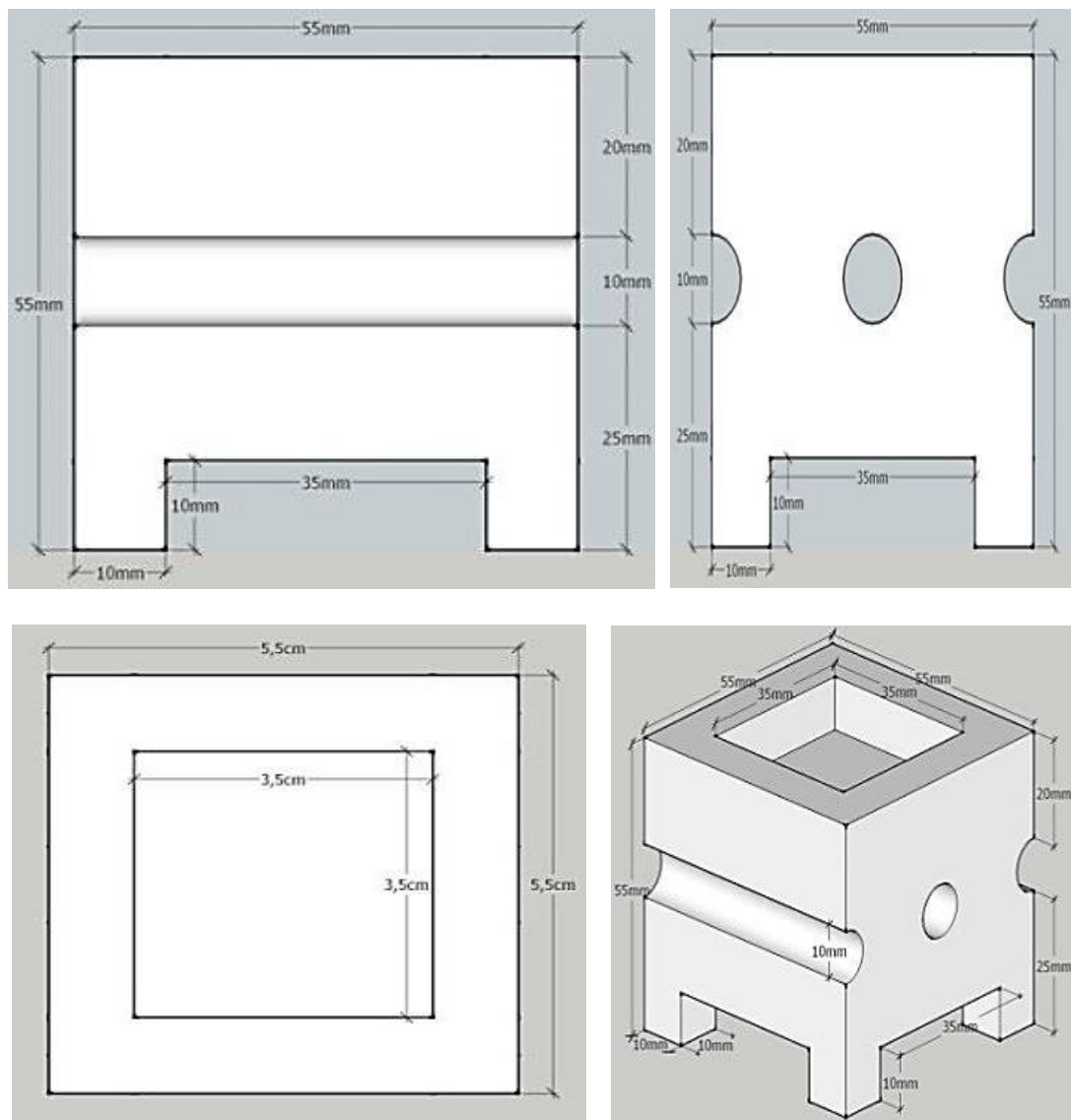
- 1 Pemasangan 3 buah *wave probe* di saluran *flume*
 - a 1 *wave probe* di dekat blade wave generator untuk mengetahui tinggi gelombang datang
 - b 1 *wave probe* di benda uji untuk mengetahui tinggi gelombang refleksi

- c 1 *wave probe* dibelakang benda uji untuk mengetahui tinggi gelombang transmisi
- 2 *Gearbox wave generator* berada pada posisi 90°
 - 3 Dalam setiap perubahan skenario tinggi elevasi muka air maka akan dilakukan kalibrasi alat *wave probe*.

Kalibrasi

Kalibrasi alat *wave probe* dilakukan sebagai berikut :

- 1 Lakukan kalibrasi *wave probe* dengan pembacaan 'Y-reading (V)' dan posisikan pembacaan (V) agar mendekati 'nol' dengan memutar panel / *Datun adjust* pada '*wave probe monitor*', serta kunci panel dan klik icon '*add calibration value*' sebagai posisi nol.



Gambar 2 Tampilan *Isometrik* model pemecah gelombang blok beton berkait

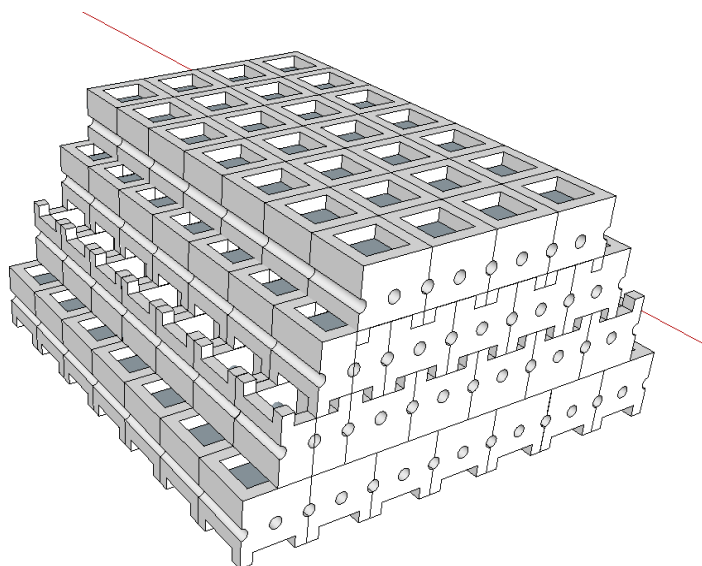
- 2 Turunkan *wave high* sebanyak 1 (satu) lubang dari posisi nol, isikan pada '*X-offset*' nilai 0.01, dan '*add calibration value*' sebagai posisi positif.
- 3 Naikkan *wave high* sebanyak 1 (satu) lubang dari posisi nol, isikan pada '*X-offset*' nilai -0.01, dan '*add calibration value*' sebagai posisi negatif.
- 4 Kembalikan posisi stang *probe* ke posisi nol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

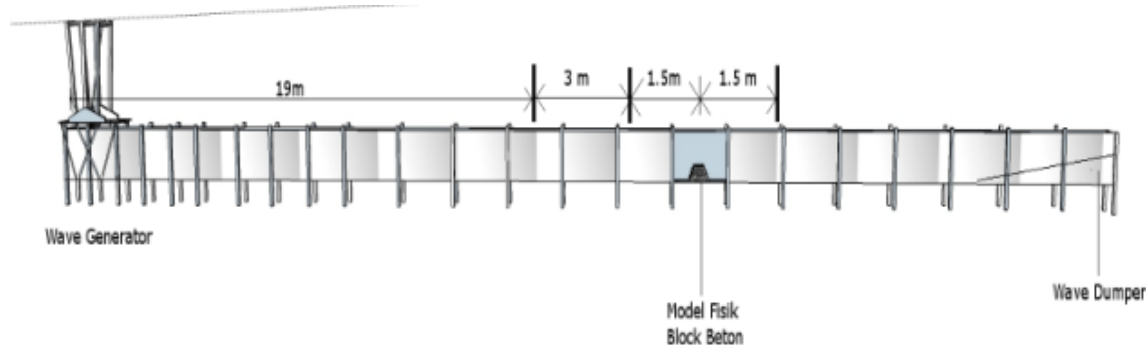
Pengaruh Kecuraman Gelombang Terhadap Transmisi Gelombang Pada Lebar Puncak Bangunan B = 1,0

Untuk menyajikan hubungan kecuraman gelombang pada lebar puncak bangunan B = 1,0 dengan nilai koefisien transmisi (Kt) digunakan parameter tak berdimensi $\frac{H_i}{gT^2}$ atau kecuraman gelombang sebagai parameter yang merepresentasikan karakteristik gelombang. Digunakan pula (h-d)/h sebagai parameter kedalaman air.

Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh nilai kecuraman gelombang $\frac{H_i}{gT^2}$ dan koefisien transmisi (Kt). Jika mengambil $\frac{H_i}{gT^2}$ sebagai variabel sumbu X dan koefisien transmisi (Kt) sebagai variabel sumbu Y untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti Gambar 3 yang dapat disimpulkan bahwa trend yang dihasilkan oleh koefisien transmisi dari semua konfigurasi tersebut adalah turun, nilai koefisien transmisi (Kt) akan semakin mengecil dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang ($\frac{H_i}{gT^2}$). Untuk pengaruh elevasi muka airnya sendiri, nilai koefisien transmisi (Kt) akan semakin rendah dengan semakin kecilnya nilai elevasi muka air, adapun besaran nilai transmisi pada grafik ini yakni elevasi muka air (h-d)/h = 0,5 berkisar 80,6%-94,6%, pada elevasi muka air (h-d)/h = 0,43 berkisar 89,5%-97,9%, pada elevasi muka air (h-d)/h = 0,33 berkisar 60,2%-88,6%, pada elevasi muka air (h-d)/h = 0,2 berkisar 64,3%-70,9% sedangkan pada elevasi muka air (h-d)/h = 0 berkisar 45,2%-50,7%.



Gambar 3 Sketsa Penyusunan Blok Beton



Gambar 4 Sketsa Peletakan *wave probe*

Pengaruh Kecuraman Gelombang Terhadap Transmisi Gelombang Pada Lebar Puncak Bangunan B = 1,5

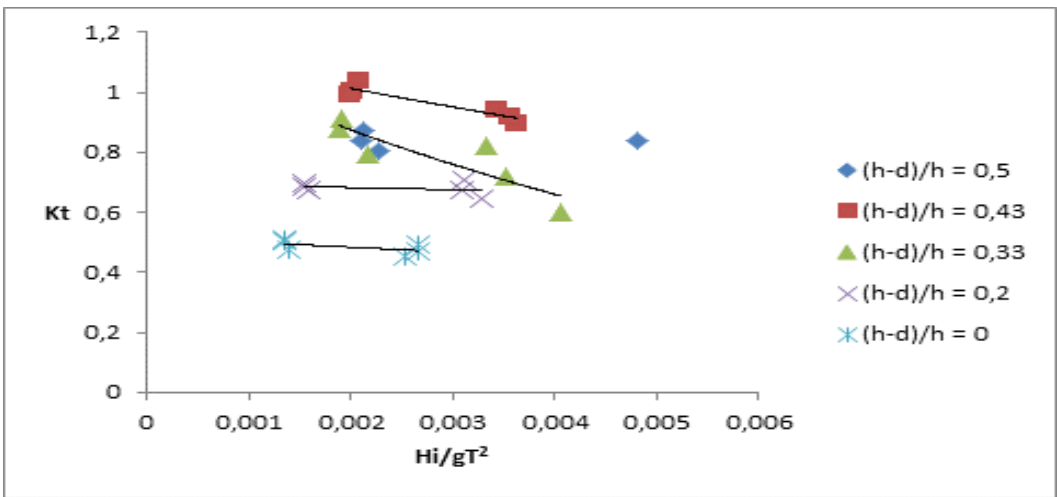
Dari Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa trend yang dihasilkan oleh koefisien transmisi dari semua konfigurasi tersebut adalah turun, nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin mengecil dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang ($\frac{H_i}{gT^2}$). Untuk pengaruh elevasi muka airnya sendiri, nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin rendah dengan semakin kecilnya nilai elevasi muka air.

Adapun besaran nilai transmisi pada grafik ini yakni elevasi muka air $(h-d)/h = 0,5$ berkisar 79,5%-89,2%, pada elevasi muka air $(h-d)/h = 0,43$ berkisar 93,1% - 94,5%, pada elevasi muka air $(h-d)/h = 0,33$ berkisar 79,3% - 86,1%, pada elevasi muka air $(h-d)/h = 0,2$ berkisar 57,8% - 64,5% sedangkan pada elevasi muka air $(h-d)/h = 0$ berkisar 45,9% - 60,4%.

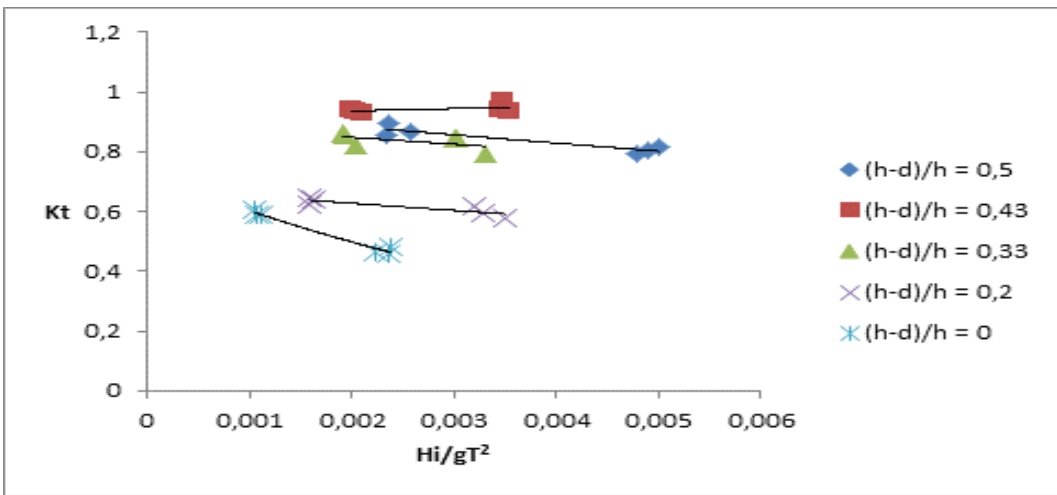
Pengaruh Kecuraman Gelombang Terhadap Transmisi Gelombang Pada Lebar Puncak Bangunan B = 2,0

Dari Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa trend yang dihasilkan oleh koefisien transmisi dari semua konfigurasi tersebut adalah turun, nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin mengecil dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang ($\frac{H_i}{gT^2}$). Untuk pengaruh elevasi muka airnya sendiri, nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin rendah dengan semakin kecilnya nilai elevasi muka air.

Adapun besaran nilai transmisi pada grafik ini yakni elevasi muka air $(h-d)/h = 0,5$ berkisar 83,3% - 91,9%, pada elevasi muka air $(h-d)/h = 0,43$ berkisar 91,2% - 93,3%, pada elevasi muka air $(h-d)/h = 0,33$ berkisar 73,2% - 85,1%, pada elevasi muka air $(h-d)/h = 0,2$ berkisar 56,2% - 64,7% sedangkan pada elevasi muka air $(h-d)/h = 0$ berkisar 43,6% - 58,3%.



Gambar 5 Hubungan Kecuraman Gelombang terhadap Koefisien Transmisi pada lebar puncak 1,0



Gambar 6 Hubungan kecuraman gelombang terhadap Koefisien Transmisi pada lebar puncak 1.5

Pengaruh Elevasi Muka Air Pada Nilai Koefisien Transmisi

Untuk menyajikan hubungan elevasi muka air dengan nilai koefisien transmisi (K_t) digunakan parameter tak berdimensi $(h-d)/h$ atau tinggi *freeboard* sebagai parameter yang merepresentasikan karakteristik gelombang. Digunakan pula B sebagai parameter lebar puncak bangunan.

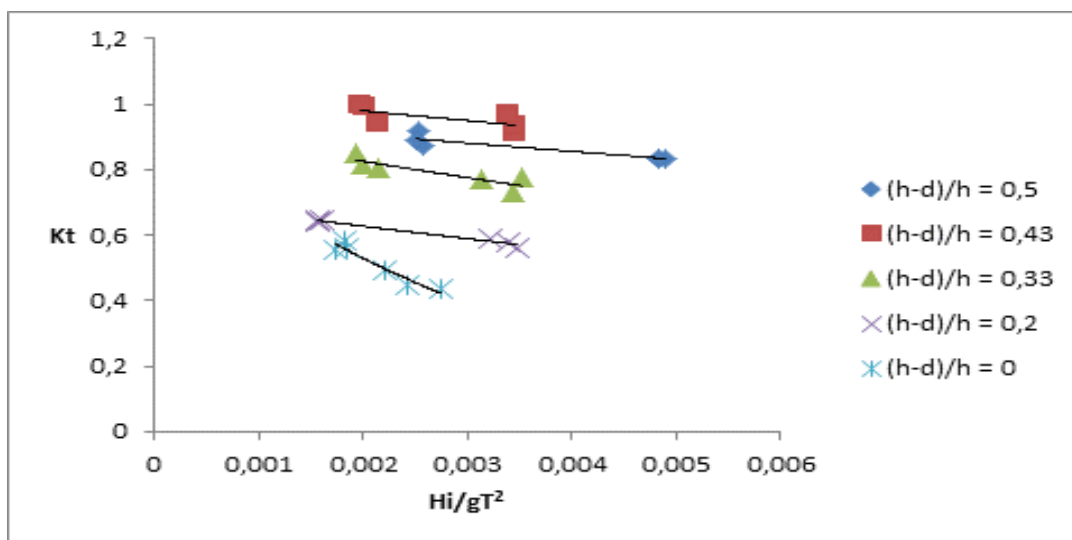
Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh nilai elevasi muka air $(h-d)/h$ dan koefisien transmisi (K_t). Jika mengambil $(h-d)/h$ sebagai variabel sumbu X dan koefisien transmisi (K_t) sebagai variabel sumbu Y untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti Gambar 6.

Dari Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa trend yang dihasilkan oleh koefisien transmisi

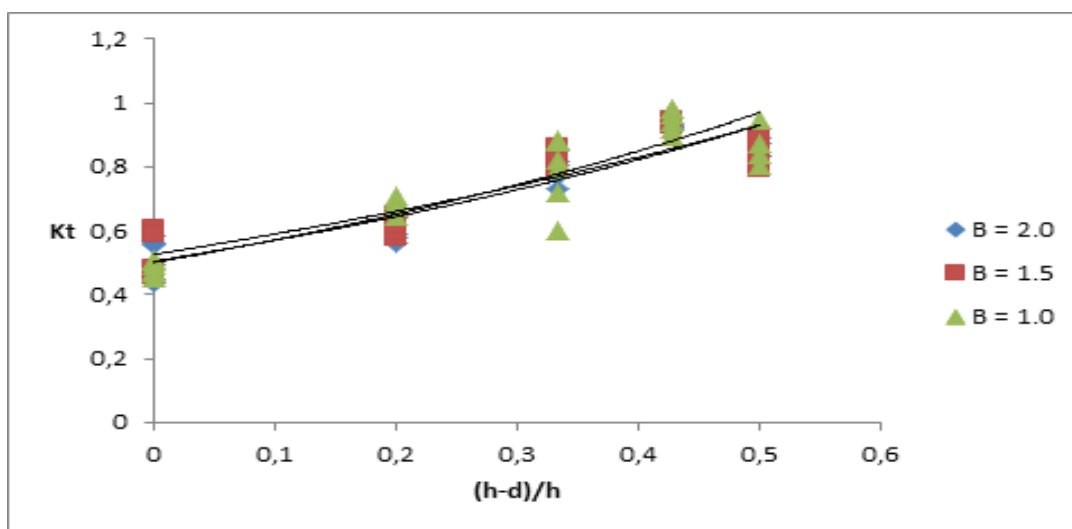
dari semua konfigurasi tersebut adalah naik nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin membesar dengan semakin meningkatnya elevasi muka air $(h-d)/h$. Untuk pengaruh lebar puncak bangunannya sendiri, nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin tinggi dengan semakin kecilnya lebar puncak bangunan.

Berdasarkan perbedaan lebar puncak gelombang, adapun besaran nilai transmisi pada grafik ini yakni lebar puncak B 2,0 berkisar 43,6% - 93,2%, pada lebar puncak B 1,5 berkisar 45,9%-94,5%, sedangkan pada lebar puncak B 1,0 berkisar 45,2%-97,9 %.

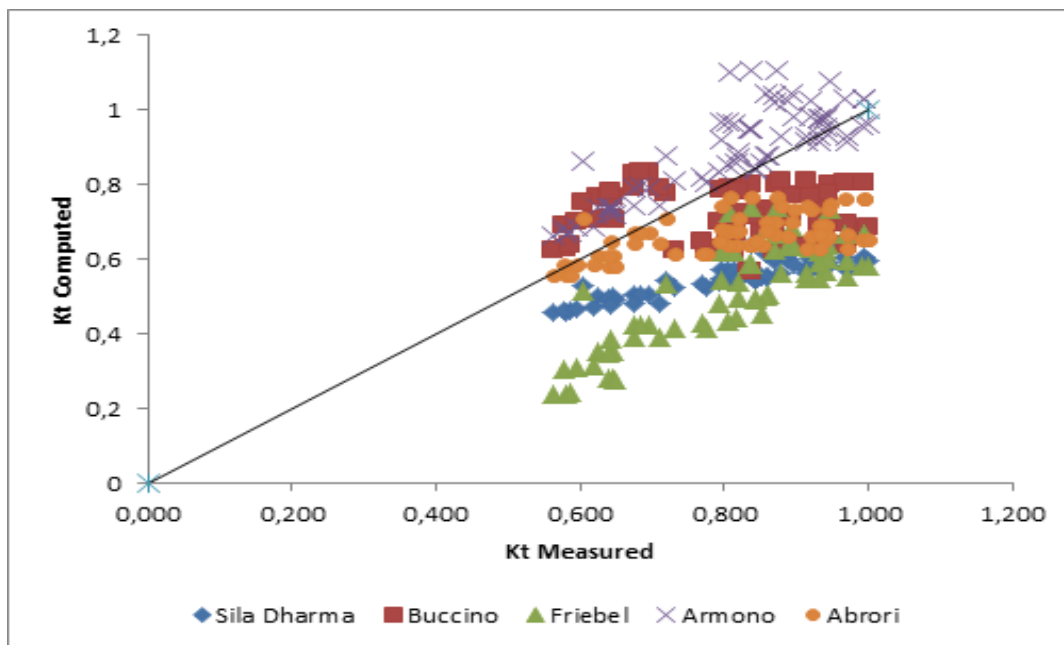
Dari hasil pengujian didapat untuk bangunan pemecah gelombang ambang rendah dengan transmisi yang lebih banyak meloloskan gelombang pada saat $(h-d)/h = 0.5$ dan lebar puncak $B = 1,0$



Gambar 7 Hubungan Kecuraman Gelombang terhadap Koefisien Transmisi pada lebar puncak 2,0



Gambar 8 Koefisien Transmisi Terhadap Elevasi Muka Air



Gambar 9 Perbandingan antara K_t measured dan K_t computed

Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Dari Gambar 7 dapat dijelaskan bahwa sumbu x merupakan hasil dari penelitian pemecah gelombang ambang rendah blok beton berkait sedangkan sumbu y merupakan hasil dari perhitungan dengan persamaan dari penelitian sebelumnya.

Persamaan Abrori dan Persamaan Armono menunjukkan performa yang lebih baik karena lebih banyak mendekati garis linier. Pada skenario muka air 5 cm diatas puncak bangunan, dapat dijelaskan koefisien transmisi terendah hasil pengukuran adalah 0,562 dan tertinggi adalah 0,710 sedangkan hasil hitungan dengan rumus empirik abrori nilai terendah adalah 0,556 dan nilai koefisien transmisi tertinggi adalah 0,674.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut :

Unjuk kerja bangunan pemecah gelombang ambang rendah blok beton berkait berdaya guna sebagai bangunan pelindung pantai bawah air ditinjau dari transmisi gelombang dengan koefisien transmisi 43,6% pada saat $(h-d)/h = 0$ dan lebar puncak $B = 2.0$

Transmisi gelombang dipengaruhi oleh dimensi Pemecah gelombang ambang rendah blok beton berkait yang dicirikan oleh kedalaman air di atas puncak bangunan dan lebar puncak bangunan

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kepala Balai Litbang Pantai atas ijin penggunaan laboratorium balai pantai untuk pengujian model fisik 2D pemecah gelombang tenggelam blok beton berkait.

DAFTAR PUSTAKA

Abrori, IZ., Armono, H. D, Zikra, M., 2009. "Pengaruh *Freeboard* Terumbu Karang Buatan Bentuk Silinder Berongga Sebagai *Breakwater* Terbenam Dalam Mereduksi Gelombang" ISBN 978-979-18342-1-6 Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah.

Armono, HD. dan Hall, K.R., 2003, *Wave Transmission on submerged Breakwater Made of Hollow Hemispherical Shape Artificial reef, 1st Coastal Estuary and Offshore Engineering Specialty Conference of the Canadian Society for Civil Engineering* (4 - 7 Juni 2003), Moncton - Canada.

- Buccino, M. dan Calabrese, M., 2007, *Conceptual Approach for Prediction of Wave Transmission at Low-crested Breakwater*, Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering, ASCE.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual. US Army Coastal Engineering Research Center*. Washington (SPM, 1984).
- Friebel, H. C. dan Harris, L. E., 1999, *Re-evaluation of Wave Transmission Coefficient Formulae from Submerged Breakwater Physical Model*, Florida.
- Hamdani, Triatmodjo, B., Suharyanyo., 2015 *Wave Transmission on Submerged Breakwater with Interlocking D-Block Armor. International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES) Volume 4, Issue 6 (June 2015), PP.35-44*
- Hughes, S.A., 1993., *Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*, Coastal Engineering Research Center, USA.
- Ranasinghe, R dan Turner, I.L. 2006, *Shoreline Response to Submerged Structures: A review* Coastal Engineering 53 65-79
- Putra, AOP Armono, HD. dan Sujantoko., 2013. Pengaruh Elevasi Muka Air Laut pada Koefisien Transmisi dan Refleksi *Composite Breakwater*, Jurnal Teknik Pomits Vol. 2, No. 1, ISSN: 2337-3539.
- Sila Dharma, I.G.B. 1994, "Unjuk Kerja Terumbu Karang Buatan (*Artificial Reef*) sebagai Peredam Energi Gelombang" (*tesis*). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Triatmodjo, B. 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2003. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Yuliasuti, D.I, Hashim AM, 2011 *Wave Transmission on Submerged Rubble Mound Breakwater Using L-Blocks. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE vol.6 (2011) © (2011) IACSIT Press, Singapore*
- Yuwono, N. 1992. *Dasar Dasar Perencanaan Bangunan Pantai, Vol 2*. Laboratorium Hidraulika dan hidrologi. PAU-IT-UGM. Yogyakarta Yuwono, N. 1992. *Teknik Pantai, Vol I*. Laboratorium Hidraulika dan hidrologi. PAU-IT-UGM. Yogyakarta.