

Pengaruh Beda Porositas Terumbu Buatan Tipe Silinder Berongga (*Bottle Reef*TM) Sebagai *Submerged Breakwater* Terhadap Kinerja Peredaman Gelombang

Rudhy Akhwady^{1*}, Mukhtasor², Haryo D Armono³ dan Mahmud Musta'in³

¹Balitbang Kelautan dan Perikanan KKP RI Jakarta Jl. Pasir Putih 1, Ancol Timur Jakarta utara, HP 085784883809 E-mail: r_akhwady@yahoo.com

^{2, 3}Jurusan T. Kelautan FTK-ITS, Surabaya, Indonesia
Jl. Arif Rahman Hakim Surabaya 60111

Abstrak

Gesekan antar luas permukaan terumbu buatan dengan gelombang dapat menyebabkan hambatan aliran, sehingga menyebabkan turunnya energi gelombang. Untuk itu perlunya direncanakan kesesuaian antara luas permukaan dengan model bentuk terumbu, sehingga diperoleh tingkat reduksi dan stabilitas agar struktur dapat bekerja dengan optimal. Hal ini dengan mempertimbangkan kinerja aliran yang terjadi dengan memberikan porositas aliran agar dapat mengalir melalui celah-celahnya sehingga gesekan antara gelombang dengan struktur terumbu buatan tidak akan berlangsung secara ekstrim dan terus menerus, dikarenakan membahayakan struktur tersebut. Hasil pengujian di laboratorium wave flume dengan menggunakan gelombang tipe irregular menunjukkan bahwa, untuk memperbesar peredaman gelombang dilakukan dengan memperkecil nilai koefisien transmisi, yaitu dengan cara memperbesar kecuraman gelombang, memperbesar lebar puncak relatif dan memperkecil freeboard. Dengan semakin kecil diameter rongga dan jumlah rongga yang sedikit, kemampuan reduksi juga makin meningkat di bandingkan dengan rongga yang berjumlah sama tetapi berdiameter lebih besar. Dari hasil penelitian ini, diharapkan nantinya dapat menjadi sumber informasi tentang kinerja terumbu buatan model bottle, dan dapat digunakan sebagai salah satu alternatif struktur habitat buatan dan peredam gelombang yang dapat bekerja secara optimal dengan memperhatikan dan aspek lingkungan.

Kata kunci: bottle reef, submerged breakwater, porositas, transmisi

Abstract

Effect of Porosity Differences of Hollow Cylinder (*Bottle Reef*TM) Types of Artificial Reefs as Submerged Breakwater on Wave Suppression

Interaction among reef surface with ocean wave, causing current barrier that might reduce wave energy. Therefore it was necessary to plan a compatibility of surface and shape in order to gain a degree of reduction and stability so that structure could work optimally. This consider the occurrences of current performance by giving porosity for current to be able to flow through its gap so that the friction between wave and structure would not take place in an extreme way continuously that would jeopardize the structure. The result test of wave flume in laboratory with irregular wave showed that to increase wave damping it was done by enlarging and reducing the peak relative width of freeboard. By having smaller porous diameter and smaller amount of porous, the ability of reduction will also increase compare to same amount of porous but had bigger porous diameter. Finally, this result could be as an information in project of bottle reef, and could also be used as one of marine habitat structure and wave damping alternative that worked optimally and had an environmental friendly view.

Key words: bottle reef, submerged breakwater, porosity, transmission

Pendahuluan

Perlindungan pantai selama ini banyak

dilakukan dengan memasang peredam gelombang yang berbahan batuan atau armour unit seperti: tetrapod, gamapod, X-Block, A-Jack dan lainnya.

Kinerja peredam gelombang yakni dengan memperkecil gelombang transmisi yang banyak dipengaruhi oleh faktor bentuk, luas permukaan struktur geometri serta karakter gelombang yang bekerja CERC (1984). Akibat gesekan antar luas terumbu dengan gelombang akan menyebabkan hambatan aliran, sehingga energi gelombang akan berkurang. Dengan membuat rongga-rongga, aliran dapat mengalir melalui celah-celahnya sehingga gesekan antara gelombang dengan struktur menjadi lebih kecil dan tidak membahayakan struktur. Menurut Sidek, et al (2007), semakin besar rongga terumbu, maka koefisien transmisi (Kt) juga menjadi lebih besar dan kehilangan energi menjadi lebih kecil. Karena bentuk silinder berlubang memungkinkan gelombang menembus struktur dan melepaskan energi dalam bentuk gelombang transmisi.

Beberapa aplikasi struktur pelindung pantai yang menggunakan rongga pada *seawall* dengan kaki berongga, *caisson* dengan pondasi batu, *submerged porous breakwater* dan *rubble mound breakwater* berhasil melindungi bagian dalam struktur dari serangan gelombang dengan cara mereduksi refleksi gelombang melalui kerapatan rongga-rongganya (Pan Lee et al., 2003; Chen, H.B et al., 2006). Agar lebih stabil, selain mengurangi gesekan antar gelombang dengan struktur, dapat dilakukan dengan membuat kunci (*interlocking*) antar terumbu. Dengan demikian, kerusakan seperti: bergeser, jatuh terguling dan pecah akibat gelombang dapat dikurangi.

Beberapa peredam gelombang bentuk silinder (*caissons*) berongga sebagai *breakwater* dilakukan Suh et al. (2001) dan Williams (1998), serta aplikasi silinder berongga (*permeable caissons*) sebagai *breakwater* di pelabuhan Sakai, Takahashi Jepang yang berhasil menurunkan energi gelombang dengan mengalirkan gelombang menuju melalui celah-celah dinding terumbu dan rongga-rongganya (Sankarbabu et al., 2007).

Agar peredaman gelombang dapat berjalan dengan baik, perlu dipertimbangkan jarak antar puncak terumbu dengan permukaan air (*freeboard*), karena *freeboard* yang besar memberikan ruang yang cukup lebar agar gelombang dapat mengalir di atas struktur tanpa adanya gesekan. Kondisi ini menyebabkan reduksi gelombang menjadi lebih rendah daripada *freeboard* yang kecil, berbeda dengan menggunakan *freeboard* kecil yang menyebabkan gelombang pecah karena seringnya gesekan dan membentur puncak terumbu (Armono, 2006). Penghamburan energi gelombang pada *submerged breakwater* akibat perubahan tinggi dan periode gelombang terjadi sangat dipengaruhi oleh kedalaman permukaan air (Triatmodjo, 1999).

Selain dapat meningkatkan stabilitas dalam peredaman gelombang dengan mengatur sirkulasi arus, *breakwater* harus dapat menjaga estetika pantai dengan tiadanya batas cakrawala dalam melihat pantai (Harris, 1995) dan lingkungan (Lee, et al, 2003). *Breakwater* juga dapat digunakan untuk membentuk marine habitat yang baru untuk flora dan fauna juga dapat digunakan untuk selancar (*surfing*). Secara ekonomi, kedua konsep ini secara berhubungan dengan wisata, yakni untuk selancar, selam dan pemancingan (Bleck and Oumeraci, 2001).

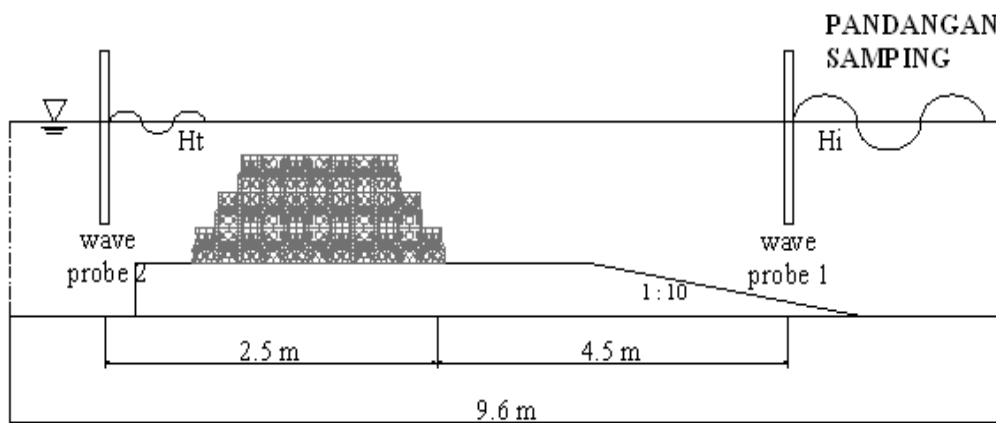
Maka dalam penelitian ini diupayakan untuk diperoleh data kinerja model terumbu buatan tipe silinder berongga agar dapat mereduksi gelombang dengan baik sesuai dengan kriteria terumbu buatan sebagai struktur habitat. Antara lain bentuk dan dimensi lubang (Palmer et al., 1988; Pan Lee et al., 2003; Sidek et al., 2007), kecepatan arus (Nakamura, 1985; Yoshioka, 1993), distribusi turbulen (Margalef, 1978; Estrada dan Berdalet, 1997; Kirboe, 1997), koefisien transmisi (CERC, 1984; Bleck and Oumeraci, 2001) dan stabilitas (Hudson, 1959; Van der Meer, 1988; Armono, 2006).

Materi dan Metode

Penelitian ini dilakukan dengan pemodelan fisik 2D di Laboratorium *Wave Flume* Jurusan Teknik Kelautan ITS Surabaya. Dengan ukuran *wave flume* panjang 20,10 m dan lebar 2,00 m serta tinggi air 0,40 m dan dilengkapi *wave absorber* di ujung kolam. Dengantipe pembangkit gelombang adalah jenis plunger. Selain itu juga dilengkapi dengan probe untuk sensor gelombang yang dihubungkan dengan ADC (*Analog Digital Converter*) untuk mentransfer data ke seperangkat computer sebagai perekam data. Proses olah data dilakukan dengan software *Wave Analysis* untuk mengubah bentuk data berupa *voltage* ke dalam centimeter.

Sebelum pembuatan model dengan diperhitungkan terlebih dahulu skala yang digunakan berdasar kriteria pemodelan fisik (Hughes, 1993). Sehingga diperoleh skala model 1:10 dengan ukuran model (A₁₀) dan besar (B₁₅), serta berat model kecil 286gram dan besar 737 gram. Langkah berikutnya dilanjutkan dengan kalibrasi alat dilakukan untuk mendapatkan keakurasian bacaan *wave probe* yang dimulai dengan mencatat *zero point* (titik referensi awal yakni berdasar permukaan air) dari *probe* dan merekamnya, dilanjutkan pembacaan dengan menaikkan dan menurunkan *wave probe* sejauh 5 cm dari posisi *zero point*.

Pembacaan dilakukan hingga perubahan



Gambar 1. Posisi *Bottle Reef*™ Dalam Wave Flume

Tabel 1. Kecuraman (*Wave Steepness*) Gelombang Laut

Lokasi	H	T	H/gT ²	Range
Arafura	1,81	3,93	0,01196	0,00013 – 0,01196
	0,13	2,92	0,00156	
Natuna	2,780	6,64	0,00643	0,00013 – 0,01196
	0,037	5,04	0,00015	
Situbondo	0,29	2,62	0,00430	0,00013 – 0,01196
	0,02	3,95	0,00013	

kedalaman mencapai 15 cm di atas dan di bawah muka air. Setelah kalibrasi, dilakukan pengujian dengan terlebih dahulu memasang model ke dalam flume tank dengan konfigurasi yang direncanakan agar dihasilkan koefisien transmisi (Kt) terkecil, seperti Gambar 1 berikut:

Gelombang uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelombang irreguler, disesuaikan dengan gelombang di laut yang cenderung bersifat irreguler. Data gelombang di laut diperoleh dari adalah gelombang angin (BMG) di Perairan Pantai Laut Arafuru dan Situbondo bulan Januari 2010, serta Laut Natuna bulan Mei 2004 – Januari 2010 yang sudah dikonversi dan diperoleh interval tinggi gelombang antara 0,02-1,81 m dan periode gelombang 2,62-3,93 detik. Sehingga didapat nilai Hs/gT² antara 0,00013-0,01196.

Kapasitas dan kemampuan kinerja peralatan di laboratorium untuk menghasilkan tinggi gelombang bangkitan tipe irregulair berkisar antara 3-6 cm dengan periode gelombang antara 1,1–1,5 detik. Dan posisi range kecuraman gelombang di alam dengan model ditampilkan pada Gambar 2.

Untuk desain eksperimen dilakukan guna mendapatkan hasil penelitian yang akurat dan optimal, dengan mempertimbangkan variabel penelitian

yang digunakan seperti : tinggi gelombang datang (Hi), periode gelombang datang (T), kedalaman air (d) digunakan setinggi 40 cm, tinggi jagaan (F), berat struktur (Ws), lebar puncak (B), tinggi struktur (h).

Hasil dan Pembahasan

Dari pengujian yang telah berlangsung, diperoleh hubungan antara data hasil pengukuran dan koefisien transmisi (sebagai bilangan tidak berdimensi) yang dilakukan dengan menggunakan gelombang irreguler pada terumbu *Bottle Reef*™ model A₁₀ berdasarkan masing-masing susunan perletakan seperti ditampilkan pada Gambar 3.

Pada susunan tipe A, B, C (tinggi struktur 0.30 m) menghasilkan transmisi lebih kecil daripada tipe susunan D, E, F (tinggi struktur 0.20 m). Sedangkan lebar struktur terumbu 1.19 m menghasilkan transmisi lebih baik dibanding dengan lebar 1.01 m dan 0.82 m. Pada Gambar 3, tipe grafik C (lebar 1.19 m) mempunyai koefisien transmisi lebih baik dibanding dengan B (lebar 1.01 m) dan A (lebar 0.82 m). Begitu juga dengan tipe F menghasilkan koefisien transmisi lebih baik dibandingkan dengan D (lebar 1.01 m) dan E (lebar 0.82 m). Menurut Armono (2003), kecenderungan menurunnya transmisi terjadi seiring dengan makin

besarnya *wave steepness* pada masing-masing susunan. Dan akibat rongga-rongganya yang lebih rapat menyebabkan efek refleksi dan gesekan gelombang yang terjadi lebih besar sehingga kemampuan dalam mereduksi gelombang juga meningkat.

Sedangkan pengaruh periode dan tinggi gelombang terhadap transmisi gelombang meskipun relatif kecil tetapi berpengaruh terhadap terjadinya kecuraman gelombang (*wave steepness*) dengan variabel yang mempengaruhi kecuraman gelombang sekaligus sebagai penyusun bilangan tidak berdimensi adalah tinggi dan periode gelombang serta percepatan gravitasi (Abrori, 2009). Dengan makin besarnya periode gelombang yang digunakan, akan menghasilkan koefisien transmisi lebih besar, yang berarti peredaman tidak berjalan dengan baik (dan sebaliknya). akan menghasilkan koefisien transmisi lebih besar, yang berarti peredaman tidak berjalan dengan baik (dan sebaliknya).

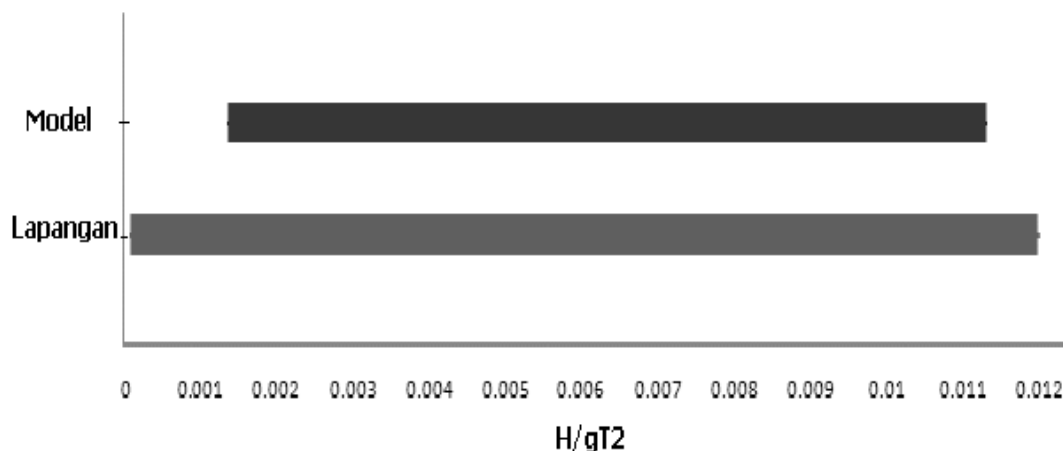
Model B₁₅ menunjukkan adanya kecenderungan menurunnya transmisi seiring dengan makin besarnya *wave steepness* pada masing-masing tipe susunan. Pada tipe susunan A, B, C dengan tinggi struktur 0.30 m menghasilkan transmisi lebih kecil daripada tipe susunan D, E, F dengan tinggi struktur 0.15 m. susunan. Pada tipe susunan A, B, C dengan tinggi struktur 0.30 m menghasilkan transmisi lebih kecil daripada tipe susunan D, E, F dengan tinggi struktur 0.15 m. Sedangkan lebar struktur terumbu 1.23m menghasilkan transmisi lebih baik dibanding dengan lebar 1.02 m dan 0.79 m. Dan pada gambar 4, tipe grafik C (lebar 1.23 m) menghasilkan koefisien transmisi lebih baik dibanding dengan B (lebar 1.02 m) dan A (lebar 0.79 m).

Begitu juga dengan tipe F menghasilkan transmisi lebih baik dibandingkan dengan D (lebar

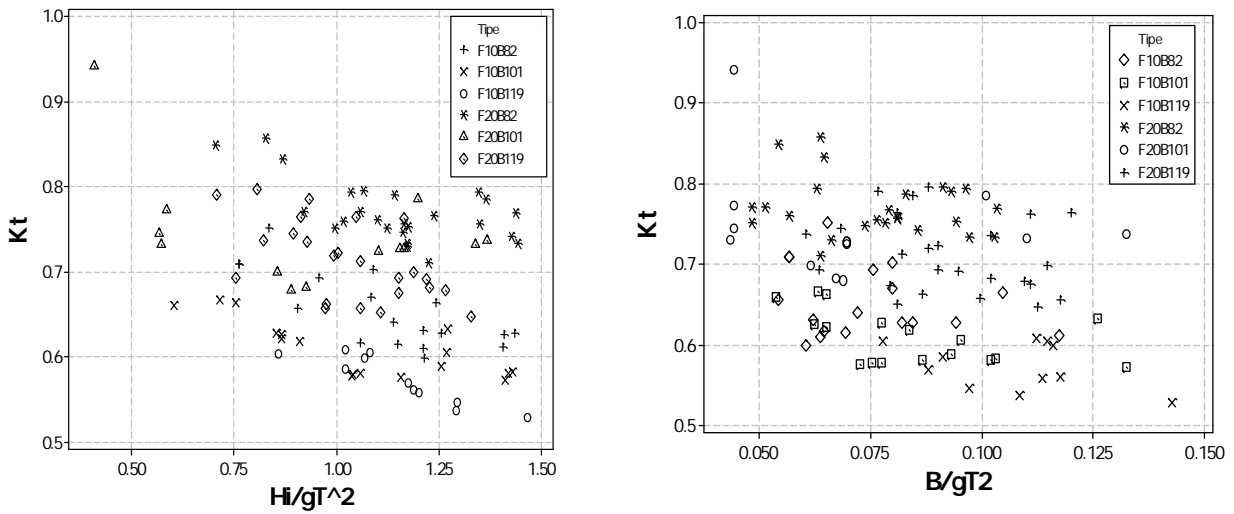
1.02 m) dan E (lebar 0.79m). Sedangkan antara model A₁₀ dan B₁₅ pada tipe susunan C dengan lebar puncak terbesar (1,23 m) dan freeboard terendah (0,10 m) dari permukaan air mampu menghasilkan koefisien transmisi (Kt) terkecil. Menurut Abrori (2009), struktur breakwater yang mempunyai lebar lebih besar akan memberikan nilai koefisien trasmisi yang lebih kecil, hal disebabkan karena dengan lebar puncak besar akan mempunyai luas bidang gesekan gelombang yang besar pula, sehingga kemampuan mereduksi gelombang juga lebih besar. Menurut Armono (2003), dari pengujian *Reef Ball*^R yang dilakukan bahwa parameter koefisien transmisi (Kt) selain dipengaruhi oleh kecuraman gelombang (*wave steepness*) juga sangat dipengaruhi oleh tinggi struktur relatif (h/d) dan lebar puncak (B). Penelitian tentang lebar puncak terkait dengan transmisi juga dilakukan oleh Grilli, et al (1994); Shirlal dan Manu (2007).

Dengan demikian dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar lebar struktur dan *freeboard* yang digunakan, akan menghasilkan koefisien transmisi lebih rendah, yang berarti peredaman berjalan dengan baik.

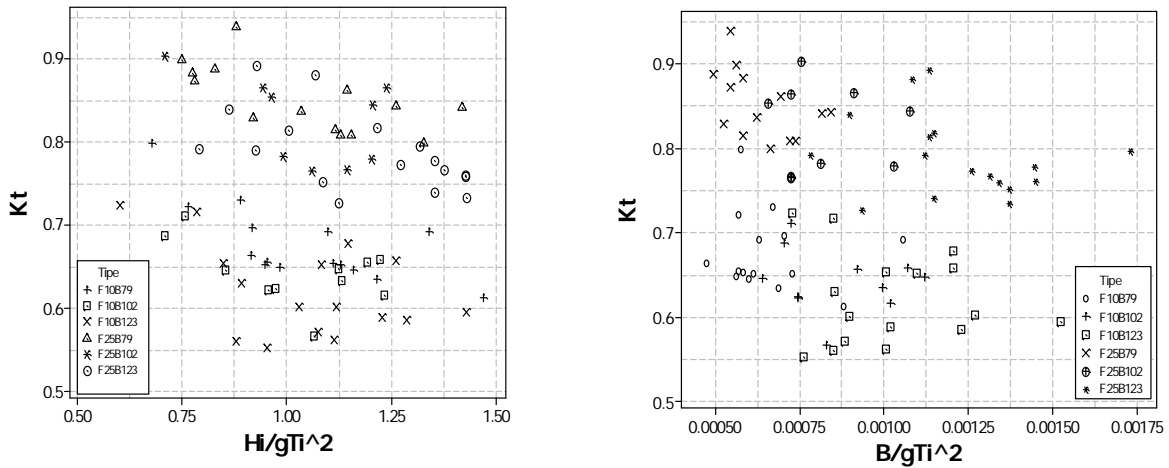
Pada Gambar 5, ditunjukkan bahwa transmisi menurun seiring dengan makin besarnya rasio perbandingan tinggi struktur dengan kedalaman air. Pada pengujian ini kedalaman air yang digunakan adalah 0,40 m dengan tinggi susunan struktur *Bottle Reef*TM model A₁₀ adalah sebesar 0,30 m (untuk tiga susunan) mempunyai rasio tinggi terhadap lebar struktur sebesar 0,75. Sedangkan untuk dua susunan struktur *Bottle Reef*TM model A₁₀ setinggi 0.20 m mempunyai rasio tinggi terhadap lebar struktur sebesar 0,5. Untuk *Bottle Reef*TM model B₁₅, tinggi struktur untuk dua susunan adalah 0,30 m dengan



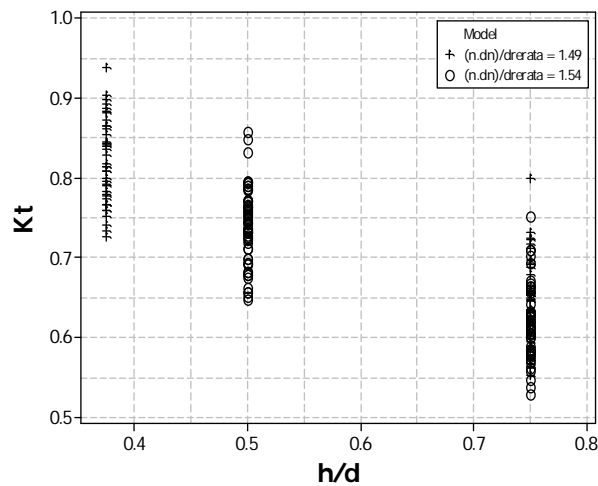
Gambar 2. Perbandingan Rentang Nilai H/gT² Model dan Lapangan



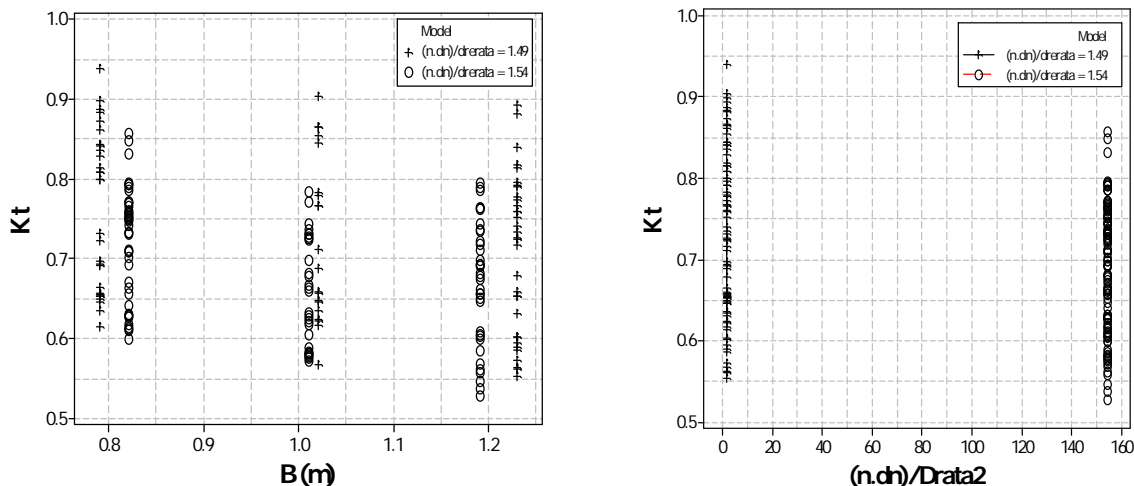
Gambar 3. Perbandingan Wave Steepness dan Lebar Relatif Terhadap Transmisi Model A₁₀



Gambar 4. Perbandingan Wave Steepness dan Lebar Relatif Terhadap Model B₁₅



Gambar 5. Hubungan Transmisi Dengan Tinggi Relatif Struktur Model



Gambar 6. Perbandingan Lebar Struktur dan Porositas Relatif Terhadap Transmisi Model

rasio tinggi dan lebar struktur sebesar 0,75 dan tinggi struktur untuk satu susunan adalah 0,15 m dengan rasio tinggi dan lebar struktur sebesar 0,375.

Hubungan antara transmisi dengan pengaruh lebar ditunjukkan pada Gambar 6, dengan transmisi pada terumbu *Bottle Reef*TM model A₁₀ dengan lebar 1,19 m mempunyai nilai koefisien transmisi (Kt) lebih rendah dari lebar 1.01 m dan 0.82 m. Sedangkan pada terumbu *Bottle Reef*TM model B₁₅ nilai penurunan transmisi terjadi dengan semakin bertambahnya lebar struktur 1,23 m dan menghasilkan koefisien transmisi lebih rendah dibanding 1,02 m dan 0,79 m. Penelitian tentang rongga terumbu dilakukan oleh Sidek *et al.* (2007), Sedangkan porositas relatif untuk *Bottle Reef*TM model B₁₅ yang dihasilkan sebesar 1.49. Dengan demikian, semakin besar porositas relatif menghasilkan nilai transmisi yang lebih baik, dan pada penelitian ini *Bottle Reef*TM model A₁₀ mempunyai kemampuan meredam lebih baik daripada *Bottle Reef*TM model B₁₅.

Kesimpulan

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini nantinya dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam menjelaskan tentang pemakaian terumbu karang buatan tipe *Bottle Reef*TM yang mempunyai karakteristik dimana besaran koefisien transmisi dipengaruhi oleh : lebar ambang, tinggi struktur, tinggi dan periode gelombang yang bekerja, yang digunakan. Dengan nilai Koefisien transmisi (Kt) model A₁₀ lebih rendah di banding model B₁₅.. Hal ini disebabkan terjadinya joint pada susunan antara

bagian atas dan dasar terumbu *Bottle Reef*TM menempel rapat sehingga luas permukaan terumbu juga makin besar dan mengakibatkan terjadinya *impulse* gelombang serta makin besarnya kecuraman gelombang (*wave steepness*). Akibatnya terjadi intensitas gesekan dan proses reduksi gelombang melalui rongga selama berlangsungnya pengujian. Dengan menggunakan jumlah rongga-rongga yang sama tetapi berbeda ukuran (porositas relatif pada *Bottle Reef*TM A₁₀ lebih besar dari porositas relatif *Bottle Reef*TM B₁₅), *Bottle Reef*TM A₁₀ menghasilkan koefisien transmisi (Kt) sebesar 1,54 dan lebih baik dari *Bottle Reef*TM B₁₅ sebesar 1,49. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa makin besar porositas relatif akan menghasilkan peredaman yang lebih baik.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Dirjen Dikti Kemendiknas yang telah memberikan bantuan dukungan dana Hibah Penelitian 2010 sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan sesuai dengan yang direncanakan.

Daftar Pustaka

Armono, HD. 2003. Hemospherical Shape Artificial Reefs. Ph.D Disertasi, Queen University, Ontario Canada.153 p.
 Abrori, 2009, Pengaruh Freeboard Terumbu Karang

- Buatan Bentuk Silinder Berongga Sebagai Breakwater Terbenam Dalam Mereduksi Gelombang. Thesis. ITS Surabaya. 78 hal.
- Bleck, M. & H. Omeraci. 2001. Wave Damping and Spectral Evolution at Art Reef. *In: Edge, B.L. & J. M. Hemsley (Eds.). Proceedings 4th International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis. San Francisco, California, USA. pp. 1062-1072.*
- CERC. 1984. Shore Protection Manual, Department of The Army Waterway Experiment Station, Corp of Engineering Research Centre, Fourth Edition, US Government Printing Office. Washington. 1062 p.
- Estrada, M. & E. Berdalet. 1997. Phytoplankton in a Turbulent World. *Sci. Mar.*, 61(Supl. 1): 125-140.
- Grilli, S.T., Losada. M.A, dan Martin. F. 1994. Characteristics of Solitary Wave Breaking Induced By Breakwaters. *J. Waterways, Port Coastal & Ocean Engineering.* 120(1): 74-92.
- Harris, L.E. 1995. Engineering Design of Artificial Reefs. Oceans 95, MTS, Washington, D.C
- Hudson, R.Y. 1975. Reliability of Rubble-Mound Breakwater Stability Models. Miscellaneous Paper H-75-5, U.S Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Hughes, S.A, 1993. Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering Research Centre. USA. Vol. 7, World Scientific, Singapore. 559 p.
- Kirboe, T, 1997. Small-scale Turbulence, Marine Snow Formation, and Planktivorous Feeding. *Sci. Mar.*, 61(Supl. 1): 141-158.
- Matsuda, S., A. Matsuto, W. Nishigori, M. Hanzawa, & M. Matsuoka. 2003. Crown Height Effects on Stability of Flat Type Concrete Armor Blocks. Proceedings of The Thirteenth, International Offshore and Polar Engineering Conference. Honolulu, Hawaii, USA.
- Nakamura, M. 1985. Evaluation of Artificial Fishing Ref. Concepts in Japan. *Bul. Mar. Sci.*, 37(1): 271-278.
- Palmer, G.N. & C.D. Christian. 1988. Design and Construction of rubble Mound Breakwater. *IPENZ Transactions.* 25(1/CE): 19-31.
- Lee, P.C., W.K. Ker, & J.R. You. 2003. Wave Field With Submerged Porous Breakwater. *J. Chinese Institute of Engineers.*, 26(3): 333-342
- Sankarbabu, K., S.A. Sannasiraj, & V. Sundar. 2007. Hydrodynamic Performance of a Dual Cylindrical Caisson Breakwater. *Coast. Eng. J.*, 55: 431-446.
- Sidek, F.J. & M.A. Wahab. 2007. The Effects of Porosity of Submerged BW Structures on Non Breaking Wave Transformations. *Malay. J. Civ. Eng.*, 19(1): 17-25.
- Seamann, W. Jr. 2000. Artificial Reef. Evaluation : With Application to Natural Marine Habitat. CRC Press. Florida. 237 p.
- Shirlal, K.G. & S.R. Manu. 2007. Ocean Wave Transmission, Reflection By Submerged Reef- A Physical Model Study. *Ocean Engineering* 34: 2093-2099.
- Van der Meer, J.W. & I.F.R. Daement. 1994, Stability and wave transmission at Low Crested Rubble-Mound Structures. *J. Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 120(1): 1-19.
- Van der Meer, J.W. 1988. Stability of Cubes, tetrapods and accropode. Breakwater '88. Thomas Telford Limited, London. 59-68 p24: 99-112.