

Efektifitas Pemecah Gelombang Tiang Pancang Bambu Bulat Bersekat

Ayu Libiaty Ahmad^{1*}, Hendra Achiari², Dede M Sulaiman³

¹ Program Studi Teknik Kelautan, Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 3536

²Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No.10, Lb. Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132

* Corresponding email: ayu.ahmad@kl.itera.ac.id

Riwayat Artikel

Diterima
07/10/2021
Disetujui
29/12/2021
Diterbitkan
31/12/2021

Abstrak

Salah satu permasalahan yang terjadi di wilayah pantai adalah erosi pantai. Erosi ini apabila terjadi terus menerus dapat mendatangkan permasalahan yang cukup serius terutama pada pantai berlumpur. Umumnya, kerusakan ini disebabkan oleh beberapa faktor dan salah satu yang sangat mempengaruhi pada jenis pantai ini adalah gelombang yang berasal dari lepas pantai. Untuk melindungi pantai berlumpur dari kerusakan akibat gelombang, diperlukan perlindungan pantai dengan tipe pemecah gelombang permeable. Jenis permeable ini salah satunya adalah pemecah gelombang tiang pancang dengan bahan bambu bulat bersekat. Untuk mencapai optimasi dalam penggunaan pemecah gelombang tiang pancang, maka diperlukan analisis refleksi dan transmisi untuk menilai seberapa efektif pemasangannya. Metode yang digunakan adalah pengujian model fisik 2D terhadap pemecah gelombang tersebut dengan menghitung nilai koefisien refleksi (K_r) dan koefisien transmisinya (K_t). Dari penelitian ini diketahui bahwa secara umum K_t memiliki hubungan berbanding terbalik terhadap nilai kecuraman gelombang (H_i/gT^2 dan H_i/L) sedangkan K_r memiliki hubungan berbanding lurus terhadap kedua nilai tersebut. Tinggi muka air yang paling efektif untuk pemecah gelombang ini adalah Mean Sea Level (MSL) atau muka air rendah daripada pada saat High Water Level (HWL). Skenario spasi yang paling efektif adalah skenario dengan spasi antar tiang = 1 cm.

Kata Kunci: Koefisien Refleksi, Koefisien Transmisi, Pemecah Gelombang, Kecuraman Gelombang

Abstract

One of the problems that occur in coastal areas is coastal erosion. This erosion if it occurs continuously can bring serious problems, especially on muddy beaches. Generally, this damage is caused by several factors and one that greatly affects this type of beach is the waves originating from the offshore. To protect the muddy beach from wave damage, it is necessary to protect the beach with a permeable breakwater type. One of these permeable types is a pile breakwater made of round bamboo insulated. To achieve optimization in using permeable breakwater, it is necessary to analyze the reflection and transmission of the results of testing the 2D physical model on this breakwater by calculating the reflection coefficient (K_r) and transmission coefficient (K_t) to evaluate the effectiveness of this permeable breakwater. From this research, it is known that in general K_t has an inverse relationship to the values of wave steepness (H_i/gT^2 and H_i/L) while K_r has a directly proportional relationship both values. The most effective water level for this breakwater is Mean Sea Level (MSL) or lower water level than during High Water Level (HWL). The most effective space scenario is the scenario with the spacing between piles = 1 cm.

Keywords: Reflection Coefficient, Transmission Coefficient, Breakwater, Wave Steepness

1. Pendahuluan

Pantai diartikan sebagai suatu daerah yang merupakan pertemuan antara laut dan daratan di

antara posisi yang diukur pada saat pasang tertinggi dan surut terendah [1]. Pembagian bentuk pantai didasarkan pada jenis material sedimen dasar

penyusunnya, terbagi menjadi 3 tipe yaitu pantai berpasir, pantai berlumpur, dan pantai berbatu [2]. Masing-masingnya memiliki karakteristik yang berbeda-beda dan pola reaksi yang berbeda-beda terhadap kondisi hidro-oseanografi yang ada (gelombang, arus, dan pasang surut). Pantai berlumpur dicirikan oleh ukuran butiran sedimen sangat halus dan memiliki tingkat bahan organik yang tinggi, dan banyak dipengaruhi oleh pasang surut. Topografi dan kemiringan pantai ini sangat landai, sehingga air dapat tertahan lebih lama di dalam substrat. Pantai tipe ini relatif mudah berubah bentuk, mengalami deformasi, dan tererosi.

Erosi pantai yang terjadi terus menerus dapat mendatangkan permasalahan yang cukup serius terutama pada pantai yang mempunyai nilai ekonomis tinggi seperti yang digunakan untuk wisata, pelabuhan, dan pertambangan. Secara umum, kerusakan ini disebabkan oleh beberapa faktor hidro-oseanografi. Salah satu faktor hidro-oseanografi yang sangat mempengaruhi jenis pantai ini adalah gelombang yang berasal dari lepas pantai.

Gelombang adalah pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal [3]. Gelombang laut ini dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan *transport sediment* dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai [4]. Saat melalui bangunan pantai, gelombang tersebut akan dipantulkan (refleksi) dan diteruskan (transmisi).

Untuk melindungi pantai berlumpur dari kerusakan akibat gelombang, maka diperlukan perlindungan pantai. Salah satu perlindungan pantai yang digunakan untuk pantai berlumpur adalah menggunakan pemecah gelombang tipe *permeable* atau berpori yang lolos air. Pemecah gelombang tipe *permeable* ini memiliki struktur yang bercelah dimana terdapat jarak antara satu dan lainnya yang dapat meloloskan sebagian air yang datang akibat gelombang dari lepas pantai.

Pemecah gelombang *permeable* sedang dikembangkan yaitu dengan jenis pemecah gelombang tiang pancang (PEGATIP). Bangunan pelindung pantai ini dipasang sejajar dan tidak menempel di pantai dengan elevasi puncaknya di atas muka air tinggi, berfungsi mereduksi energi gelombang yang lewat dan karena itu mengurangi bahkan mematikan gerakan gelombang di belakang struktur. Struktur PEGATIP diharapkan bisa membuat transmisi gelombangnya rendah dan refleksi gelombangnya tinggi. Pemecah Gelombang ini merupakan struktur yang sangat efektif merehabilitasi pantai yang mengalami erosi dan mampu menambah lebar pantai ke arah laut dengan terbentuknya salient dan tombolo [5].

Penelitian sebelumnya mengenai *permeable breakwater* ini telah dilakukan oleh [6] yang

menggunakan beton sebagai bahannya dan [7] yang menggunakan tipe *perforated breakwater* sebagai model pada uji fisiknya. Penggunaan Bambu sebagai bahan pada studi ini merupakan pengembangan terhadap program Building with Nature (BWN) yaitu menggunakan bahan yang ramah lingkungan dan berasal dari lingkungan sehingga dapat menghemat biaya pemasangan.

Penelitian ini mengkaji efektivitas dari pemecah gelombang dengan menghitung K_r dan K_t dari hasil pengujian model fisik dua dimensi (2D).

2. Metode

Pengujian model fisik telah dilakukan di Laboratorium Balai Pantai, BALITBANG PU, Buleleng, Bali.

2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam perekaman gelombang pada pemodelan fisik yang telah dilakukan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat Pemodelan Fisik

No	Nama Alat	Spesifikasi
1	Wave Flume 2D (Saluran Gelombang)	45 x 1 x 1 m Bermaterial beton dengan dinding kaca di sekitar lokasi penempatan model
2	Wave Generator (Pembangkit Gelombang)	Irregular Ketinggian gelombang maksimal 0.35 m pada kedalaman desain 1 m.
3	Wave Gauge	Prinsip kerja alat ini dengan mengukur konduktivitas air di sepanjang batang alat ukur (transducer) yang tercelup ke dalam air

2.2 Bahan

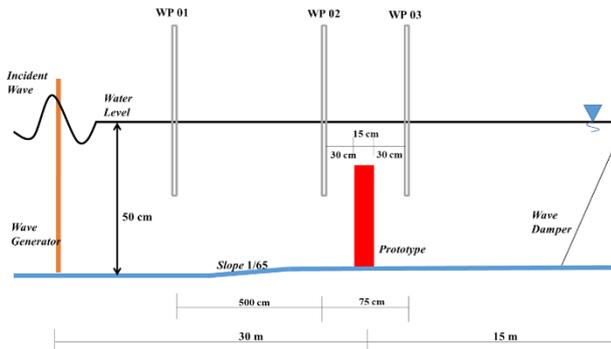
Model terbuat dari material bambu diambil dari taman Pringgodani berdiameter 1 cm tinggi 20 cm dan kayu multiblok tebal 2 cm sebagai dasar tempat bambu dipancangkan. Serta sekat pembatas dipasang melintang *flume* yang terbuat dari lembaran metal tipis dengan tinggi dan lebar sama seperti struktur pemecah gelombang.

2.3 Model setup

Struktur pemecah gelombang dimodelkan dengan skala 1:10, tersusun atas barisan tiang bambu yang dipancangkan di atas kayu multiblok berukuran 100 x 15 cm. Lebar sebesar 15 cm ini dipilih untuk memodelkan lebar pemecah gelombang ambang rendah (disingkat "Pegar") di lapangan sebesar 1,5 m.

Data gelombang dicatat secara otomatis menggunakan seperangkat *wave probe* pada dua kondisi muka air yaitu: i) pada kondisi HWL (kedalaman di laboratorium sebesar 50 cm, kedalaman di lapangan setinggi 1,7 m) dan ii) pada kondisi MSL (kedalaman di laboratorium sebesar 44 cm, mencerminkan di lapangan setinggi 1,1 m).

Eksperimen dilakukan dengan melewati gelombang melalui pegar tiang pancang kemudian mengukur tinggi gelombang insiden dan transmisi. *Set-up* percobaan Pemecah Gelombang untuk kondisi muka air HWL dapat dilihat pada Gambar 1.

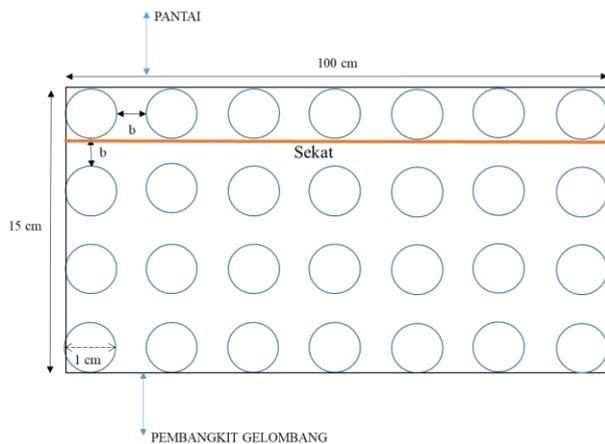


Catatan : WP 01 = Wave probe untuk gelombang datang, WP 02 = Wave probe untuk gelombang refleksi, and WP 03 = Wave probe untuk gelombang transmisi.

Gambar 1. Set-up percobaan Pemecah Gelombang untuk kondisi muka air HWL.

2.4 Skenario model

Model pemecah gelombang bambu bulat bersekat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Pemecah Gelombang Bambu Bulat Bersekat

Data yang diambil dari penelitian ini yaitu data dari wave recorder berupa perubahan voltase akibat fluktuasi muka air. Skenario pada uji model fisik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skenario uji model fisik

Formasi Tiang	Jarak Antar Tiang, b (cm)	Periode (detik)	Tinggi Gelombang (cm)
Lurus	1	1.2, 1.6, 2.0	6, 10
Bersekat	2	1.2, 1.6, 2.0	6, 10

2.5 Memperoleh Tinggi (H) dan Periode (T) Gelombang

Data gelombang diambil dari WP 01, WP 02 dan WP 03. Data dari WP 01 adalah tinggi gelombang datang, $m (H_i)$, data WP 02 digunakan untuk menganalisis gelombang refleksi, $m (H_r)$, sedangkan data WP 03 digunakan untuk gelombang transmisi, $m (H_t)$. Data tinggi gelombang, $m (H)$ dan periode gelombang, $s (T)$ menggunakan data yang diperoleh dari wave probe untuk kemudian diproses lebih lanjut dengan metode zero up-crossing.

2.6 Memperoleh Koefisien Transmisi

Tinggi gelombang transmisi merupakan tinggi gelombang yang diteruskan H_t ini diperoleh dari WP 03 yang terletak dibelakang pemecah gelombang pada pemodelan fisik 2D ini. Hasil perekaman WP 03 diidentifikasi menggunakan zero downcrossing. Koefisien transmisi (K_t) adalah rasio antara tinggi gelombang transmisi, $m (H_t)$ dan tinggi gelombang datang, $m (H_i)$. Koefisien transmisi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \dots\dots\dots (1)$$

2.7 Memperoleh Koefisien Refleksi

Koefisien refleksi (K_r) adalah rasio antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i). Koefisien refleksi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots (2)$$

$$H_r = \frac{H_{maks} - H_{min}}{2} \dots\dots\dots (3)$$

$$H_i = \frac{H_{maks} + H_{min}}{2} \dots\dots\dots (4)$$

$$K_r = \frac{H_{maks} - H_{min}}{H_{maks} + H_{min}} \dots\dots\dots (5)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Dimensi

Analisis dimensi ini menggunakan Buckingham Method. Hasil penurunan menggunakan metode Buckingham, terhadap variabel-variabel terlibat yaitu: H_i (tinggi gelombang datang, satuan: m), L (Panjang gelombang, satuan: m), T (Periode gelombang, satuan: detik), h (kedalaman air, satuan: m), b (jarak spasi antar tiang, satuan : m), g (percepatan gravitasi, satuan: m/detik²), diperoleh relasi bilangan nondimensional sebagai berikut :

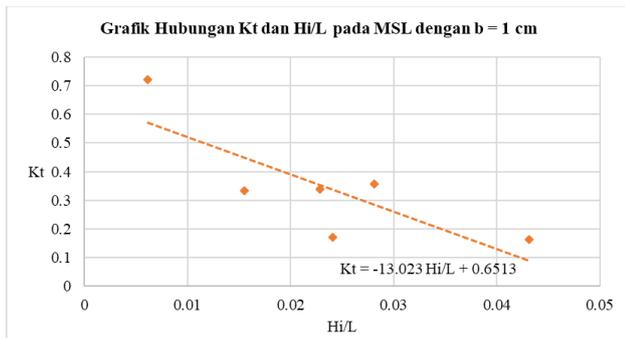
$$K_t = f \left(\frac{H_i}{h}, \frac{H_i}{L}, \frac{b}{H_i}, \frac{H_i}{gT^2} \right) \dots\dots\dots (6)$$

$$K_r = f\left(\frac{H_i}{h}, \frac{H_i}{L}, \frac{b}{H_i}, \frac{H_i}{gT^2}\right) \dots\dots\dots (7)$$

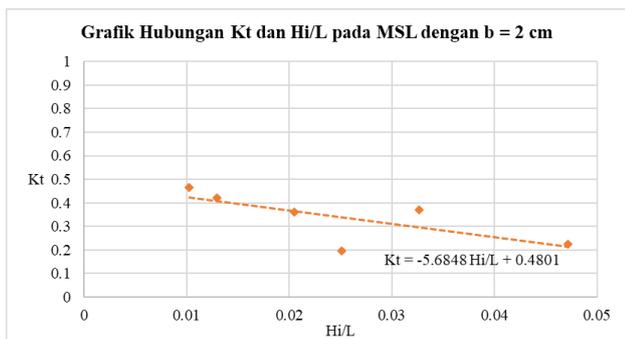
3.2. Pengaruh H_i/L dan H_i/gT^2 terhadap Koefisien Transmisi

Koefisien transmisi (K_t) merupakan besarnya energi gelombang yang diteruskan setelah melewati suatu penghalang (struktur). Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan, akan dilihat pengaruh kecuraman gelombang baik dalam parameter (H_i/L) maupun dalam parameter (H_i/gT^2) terhadap nilai K_t pada kondisi MSL dan HWL dengan 2 skenario spasi antar tiang (b), yaitu $b = 1$ cm dan $b = 2$ cm pada pemecah gelombang tiang pancang 3B.

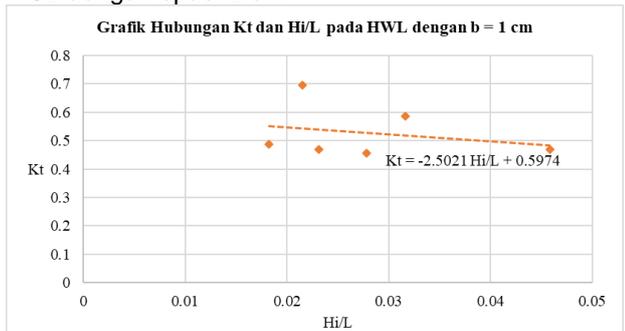
Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 3 – 10.



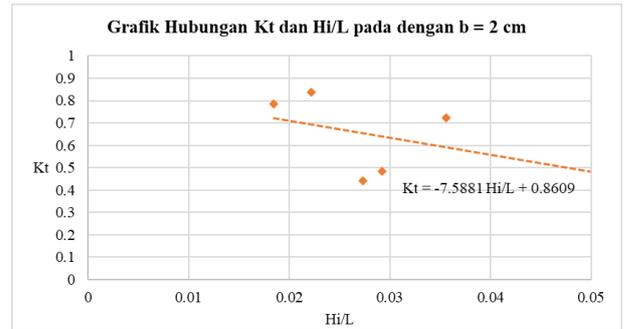
Gambar 3. Grafik Hubungan K_t dengan H_i/L pada MSL dengan spasi 1 cm



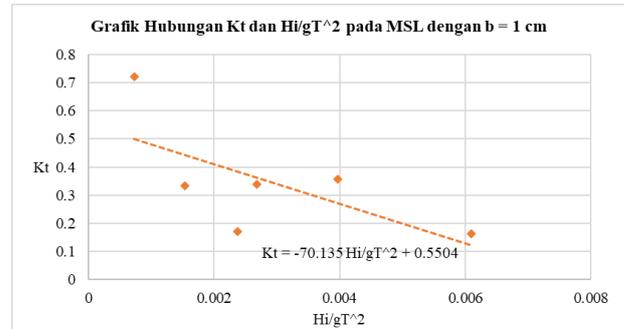
Gambar 4. Grafik Hubungan K_t dengan H_i/L pada MSL dengan spasi 2 cm



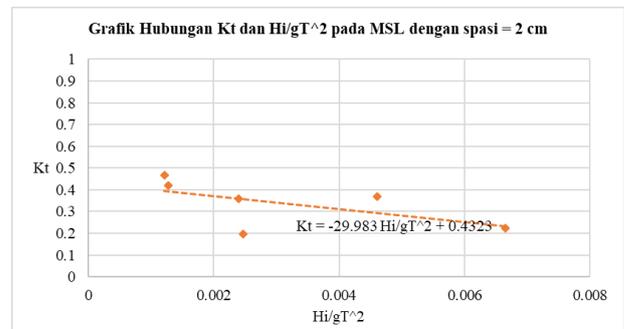
Gambar 5. Grafik Hubungan K_t dengan H_i/L pada HWL dengan spasi 1 cm



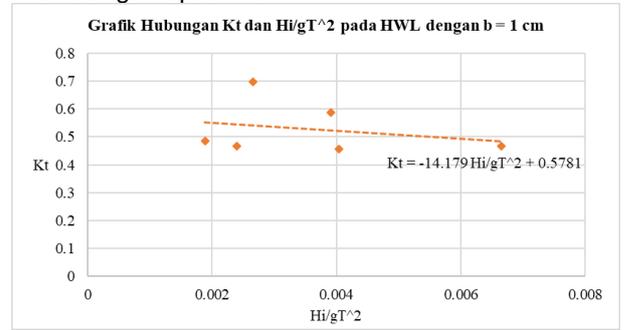
Gambar 6. Grafik Hubungan K_t dengan H_i/L pada HWL dengan spasi 2 cm



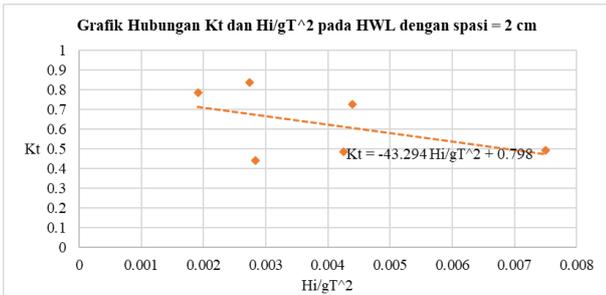
Gambar 7. Grafik Hubungan K_t dengan H_i/gT^2 pada MSL dengan spasi 1 cm



Gambar 8. Grafik Hubungan K_t dengan H_i/gT^2 pada MSL dengan spasi 2 cm



Gambar 9. Grafik Hubungan K_t dengan H_i/gT^2 pada HWL dengan spasi 1 cm



Gambar 10. Grafik Hubungan K_t dengan H_i/gT^2 pada HWL dengan spasi 2 cm

Hasil pengujian model fisik 2D menggunakan PEGATIP 3B menunjukkan, K_t memiliki hubungan yang berbanding terbalik terhadap variabel H_i/L dan H_i/gT^2 yang berarti dengan nilai K_t bertambah seiring dengan berkurangnya nilai dari kedua variabel sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh [7], [8] dan [9], dan [6]

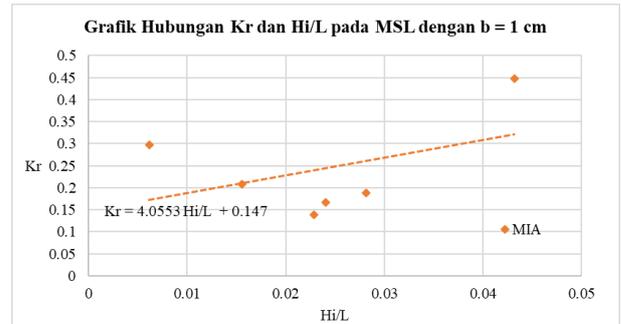
Diantara skenario dengan spasi 1 cm dan model dengan spasi 2 cm nilai koefisien transmisi lebih tinggi pada model dengan spasi 2 cm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar spasi antar bambu dari struktur maka nilai K_t semakin tinggi dan semakin kecil spasi antar bambu maka semakin kecil nilai K_t dan ini sesuai dengan penelitian [10] dan [11].

Jika dibandingkan antara model dengan kondisi MSL dan HWL, dapat dilihat bahwa nilai K_t relatif lebih rendah pada saat kondisi MSL dan lebih besar pada kondisi HWL. Hal ini menunjukkan bahwa PEGATIP 3B ini lebih efisien pada perairan pada perairan dengan muka air yang lebih rendah. Hasil ini sesuai dengan penelitian [11] dan [9] yang menyatakan bahwa semakin rendah kedalaman perairan nilai K_t semakin kecil.

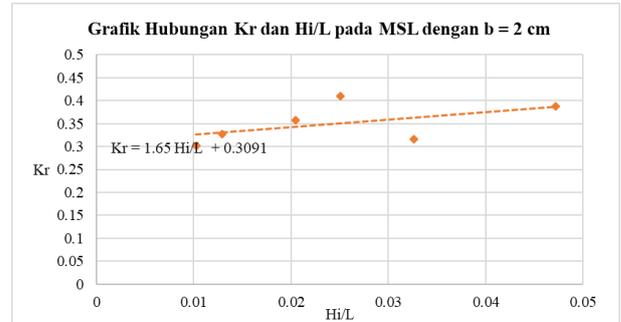
3.3. Pengaruh H_i/L dan H_i/gT^2 terhadap Koefisien Refleksi

Koefisien refleksi merupakan besarnya energi gelombang dipantulkan. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan, akan dilihat pengaruh kecuraman gelombang baik dalam parameter (H_i/L) maupun dalam parameter (H_i/gT^2) terhadap nilai K_r pada kondisi MSL dan HWL dengan 2 skenario spasi antar tiang (b), yaitu $b = 1$ cm dan $b = 2$ cm pada pemecah gelombang tiang pancang 3B.

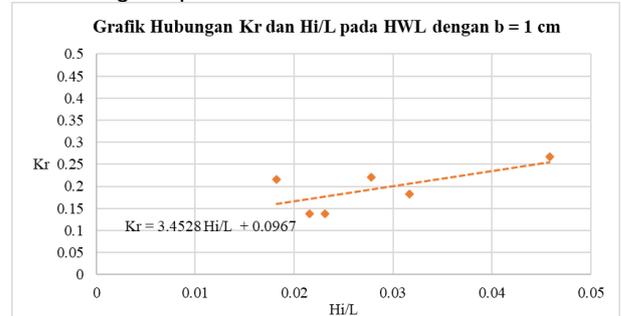
Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 11 – 18.



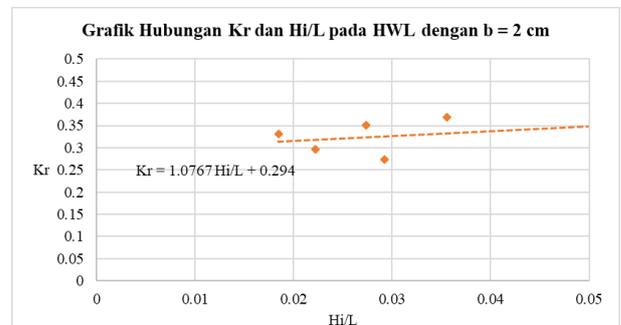
Gambar 11. Grafik Hubungan K_r dengan H_i/L pada MSL dengan spasi 1 cm



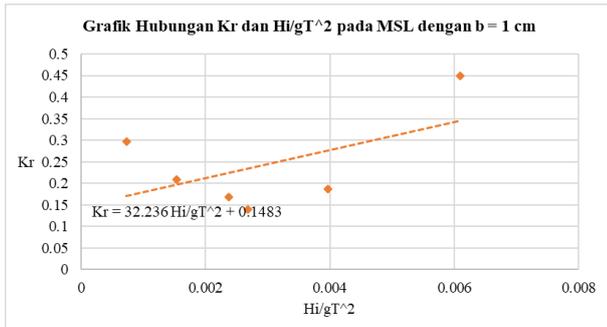
Gambar 12. Grafik Hubungan K_r dengan H_i/L pada MSL dengan spasi 2 cm



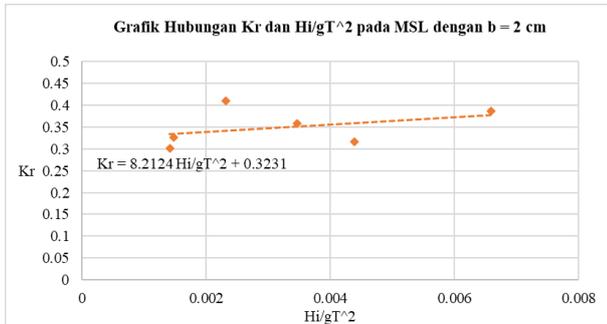
Gambar 13. Grafik Hubungan K_r dengan H_i/L pada HWL dengan spasi 1 cm



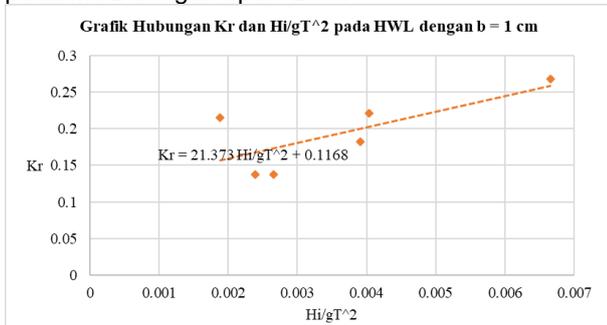
Gambar 14. Grafik Hubungan K_r dengan H_i/L pada HWL dengan spasi 2 cm



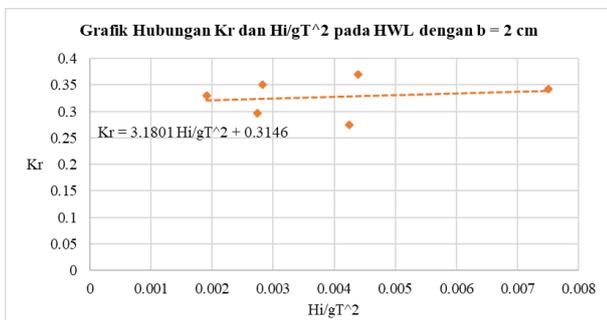
Gambar 15. Grafik Hubungan K_r dengan H_i/gT^2 pada MSL dengan spasi 1 cm



Gambar 16. Grafik Hubungan K_r dengan H_i/gT^2 pada MSL dengan spasi 2 cm



Gambar 17. Grafik Hubungan K_r dengan H_i/gT^2 pada HWL dengan spasi 1 cm



Gambar 18. Grafik Hubungan K_r dengan H_i/gT^2 pada HWL dengan spasi 2 cm

Berdasarkan hasil pengujian model fisik 2D menggunakan pemecah gelombang 3B, K_r memiliki hubungan yang berbanding lurus terhadap variabel H_i/L dan H_i/gT^2 yang berarti dengan nilai K_r bertambah seiring dengan bertambahnya nilai dari kedua variabel. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh [12] bahwa nilai K_r bertambah seiring dengan

bertambahnya nilai H_i/gT^2 sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan [13] dan [6].

Jika dibandingkan antara model dengan kondisi MSL dan HWL, dapat dilihat bahwa nilai K_r relatif lebih rendah pada saat kondisi HWL dan lebih besar pada kondisi MSL. Hasil ini sesuai dengan penelitian [11] yang dapat dilihat pada Gambar IV.21 menyatakan bahwa semakin dalam perairan nilai K_r semakin kecil.

4. Kesimpulan

Secara umum hasil percobaan menunjukkan nilai K_t cenderung berbanding terbalik dengan nilai kemiringan gelombang (H_i/L) dan kecuraman gelombang (H_i/gT^2) sebagaimana terlihat koefisien regresi berharga negatif, terutama pada kasus kedalaman MSL dengan spasi 1 cm. sedangkan nilai K_r tampak tidak berkorelasi secara langsung dengan kemiringan dan kecuraman gelombang namun untuk kedalaman HWL, dengan spasi 2 cm menunjukkan bahwa nilai K_r cenderung berbanding lurus dengan nilai kemiringan gelombang (H_i/L) dan kecuraman gelombang (H_i/gT^2).

Apabila dibandingkan kondisi tinggi air terhadap nilai K_t dan nilai K_r hasil percobaan, menunjukkan bahwa nilai K_t lebih rendah pada saat kondisi MSL dibanding saat Kondisi HWL dan nilai K_r terlihat lebih tinggi pada saat kondisi MSL dibanding pada kondisi HWL, hal ini menunjukkan bahwa pemecah gelombang bambu bulat bersekat ini lebih efektif untuk mengurangi transmisi gelombang pada kondisi MSL dari pada HWL. Hal ini dibenarkan pada hasil pemanfaatan di lapangan bahwa pegas ini lebih terasa manfaatnya pada saat air rata-rata (MSL).

Pengaruh spasi tiang pancang, spasi yang lebih besar, menyebabkan semakin besar energi gelombang yang diteruskan (K_t) terutama pada kondisi muka air rata-rata (MSL). Penggunaan pemecah gelombang tiang pancang akan lebih efektif terjadi pada lokasi perairan dengan kecuraman gelombang dan kemiringan yang lebih besar (dikategorikan gelombang pendek) dan pemakaian spasi tiang pancang yang lebih rapat.

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih kepada pengelola Balai Pantai atas bantuan dan kerjasamanya untuk pemodelan fisik 2D yang telah dilakukan di laboratorium pemodelan fisik Balai Pantai - PUSAIR PU, Singaraja-Bali.

Daftar Pustaka

- [1] D. M. Sulaiman, Pagar Bercelah (Bangunan Pelindung dan Penumbuh Pantai, Sleman: DEEPUBLISH, 2017.
- [2] N. Hidayati, Dinamika Pantai, Malang: UB Media, 2017.

- [3] B. Triatmodjo, *Teknik Pantai*, Yogyakarta: Beta Offset, 1999.
- [4] Umar, "Kajian Pengaruh Gelombang Terhadap Kerusakan Pantai Matang Danau Kabupaten Sambas," *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*, pp. 93 - 102, 2011.
- [5] D. M. Sulaiman, *Proposal Kegiatan Model Pemecah Gelombang Tiang Pancang*, Bali: Balai Pantai, 2017.
- [6] M. A. Anas, "Studi Pemecah Gelombang Blok Beton Berpori Susun Seri," *Teknik Sipil UNHAS*, 2014.
- [7] A. Wurjanto, H. Ajiwibowo and R. Zamzami, "Pemodelan Fisik 2-D untuk Mengukur Tingkat Efektivitas Perforated Skirt Breakwater pada Kategori Gelombang Panjang," *Jurnal Teknik Sipil*, pp. 211-226, 2010.
- [8] D. M. Sulaiman and A. A. Larasari, "Rehabilitasi Pantai dengan Pemecah Gelombang Tiang Pancang dari Bambu Bulat Bersekat," *Prosiding Simposium II – UNIID 2017*, pp. 443 - 449, 2017.
- [9] J. B. Herbich and B. Douglas, "Wave Transmission Through a Double-Row Pile Breakwater," *Coastal Engineering Proceedings*, pp. 2229-2241, 1988.
- [10] T. Koftis, P. Prinos and M. Aftias, "Experimental Study of a Multiple - Row Pile Breakwater," *Researchgate*, pp. 1-9, 2012.
- [11] T. Hayashi and M. Shirai, "Closely Spaced Pile Breakwater as a Protection Structure Against Beach Erosion," *Coastal Engineering Proceedings*, pp. 606-621, 1968.
- [12] S. Rao, K. G. Shirlal and N. Rao, "Wave Transmission and Reflection for Two Rows for Perforated Hollow Piles," *Indian Journal of Marine Sciences*, vol. 31 (4), pp. 283 - 289, Desember 2002.
- [13] C. K. Solitt and R. H. Cross, "WAVE TRANSMISSION THROUGH PERMEABLE BREAKWATERS," *Coastal Engineering*, pp. 1827 -1846, 1972.