



Transmisi dan Refleksi Gelombang pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda Tumpukan Batu

Bambang Surendro

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
Jl. Kapten S. Parman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Jawa Tengah 56116
E-mail: bsurendro@yahoo.com

Nur Yuwono

Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2 Kampus UGM, Yogyakarta 55581
E-mail: nuryuwono@yahoo.com

Suseno Darsono

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail: sdarsono@hotmail.com

Abstract

Protection of beaches for tourism development, protection planning in addition to aiming to keep the damage to the beach will also need to think about the authenticity and beauty of the beach area. Building protective beaches that can meet these objectives include low threshold breakwaters (submerged breakwater). Some of the excessuse of low threshold breakwaters are: 1. No disturbing beauty of the beach; 2. because construction is under water, then when the wave comes partially absorbed wave energy, will be partially reflected, and the rest will be transmitted; 3. can become breeding grounds for fish, because the construction is hollow. The disadvantages are: 1. requires a large stone with a large number, 2. in the assembly requires a supporting infrastructure such as transport equipment, long bridge, lifting equipment etc, thus requiring a lot of cost. Based on that research conducted by the title of the transmission and reflection of waves on double submerged breakwater. Methodology of research, conducted with with physical models, and then continued with theoretical studies in order to obtain the equation for calculating the coefficient of wave transmission and wave reflection coefficient. The results showed that to calculate the magnitude of the coefficient of wave transmission and wave reflection coefficient can be approximated by the following

equation:
$$K_t = 0.047 + 0.021 \left[\ln \frac{B'}{B} + \beta_1 \left\{ \ln \frac{gT^2/B}{(d-h)/d} \right\} \right], \quad K_r = 0.815 - 0.029 \left[\ln \frac{B'}{B} + \beta_2 \left\{ \ln \frac{gT^2/B}{(d-h)/d} \right\} \right]$$

Keywords: Double submerged breakwater, Wave transmission coefficient, Wave reflection coefficient.

Abstrak

Perlindungan pantai yang pengembangannya dititikberatkan untuk wisata, perencanaan perlindungannya selain bertujuan untuk menjaga kerusakan pantai juga perlu dipikirkan tentang keaslian dan keindahan daerah pantai. Bangunan pelindung pantai yang dapat memenuhi tujuan tersebut diantaranya adalah pemecah gelombang ambang rendah (submerged breakwater). Beberapa kelebihan/ keuntungan penggunaan pemecah gelombang ambang rendah (submerged breakwater) adalah: 1. tidak mengganggu keindahan pantai; 2. karena konstruksi di bawah muka air, maka apabila ada gelombang datang sebagian energi gelombang terserap, sebagian akan direfleksikan, dan sebagian yang lain akan ditransmisikan, sehingga di pantai masih terjadi gelombang; 3. pemecah gelombang ambang rendah tumpukan batu dapat menjadi tempat berkembang biaknya ikan, karena konstruksinya berongga. Adapun kelemahannya: 1. pemecah gelombang ambang rendah tumpukan batu membutuhkan batu pelindung ukuran besar, dengan jumlah yang

banyak; 2. Memerlukan sarana penunjang yang relatif besar seperti alat angkut (truk besar), kran dengan kemampuan angkat yang besar, jembatan yang cukup panjang, sehingga membutuhkan biaya yang besar. Berkaitan hal tersebut, dilakukan penelitian dengan judul *Transmisi dan Refleksi Gelombang pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda*. Metodologi penelitian, dilakukan dengan model pisik kemudian dilanjutkan dengan kajian secara teoritis guna mendapatkan persamaan untuk menghitung koefisien gelombang transmisi dan koefisien gelombang refleksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengetahui besarnya koefisien gelombang transmisi dan koefisien gelombang refleksi dapat didekati dengan

menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$K_t = 0.047 + 0.021 \left[\ln \frac{B'}{B} + \beta_1 \left\{ \ln \frac{gT^2/B}{(d-h)/d} \right\} \right], \quad K_r = 0.815 - 0.029 \left[\ln \frac{B'}{B} + \beta_2 \left\{ \ln \frac{gT^2/B}{(d-h)/d} \right\} \right].$$

Kata-kata Kunci: Pemecah gelombang ambang rendah ganda, Koefisien gelombang transmisi, Koefisien gelombang refleksi.

Pendahuluan

Usaha perlindungan pantai yang pengembangannya dititik beratkan untuk wisata, perencanaan perlindungannya tidak cukup hanya sekedar bertujuan untuk menjaga kerusakan pantai akan tetapi perlu dipikirkan tentang keaslian dan keindahan daerah pantai. Bangunan pelindung pantai yang dapat memenuhi tujuan tersebut diantaranya adalah pemecah gelombang ambang rendah (*sumerged breakwater*). Setiap bangunan disamping ada kelebihan/keuntungan tentu ada kekurangannya, termasuk pemecah gelombang ambang rendah. Beberapa kelebihan/keuntungan penggunaan bangunan pelindung pantai dengan pemecah gelombang ambang rendah (*sumerged breakwater*) adalah sebagai berikut:

1. tidak mengganggu keindahan pantai, karena konstruksinya tidak terlihat (di bawah permukaan air);
2. karena konstruksi di bawah muka air, maka apabila ada gelombang datang sebagian energi gelombang terserap/terpatahkan, sebagian akan dipantulkan/direfleksikan, dan sebagian yang lain akan ditransmisikan, sehingga di pantai masih terjadi gelombang meskipun tidak begitu besar, dengan demikian wisatawan yang datang ke pantai masih dapat menikmati gelombang pantai;
3. pemecah gelombang ambang rendah, khususnya yang dibangun dengan tumpukan batu dapat menjadi tempat berkembang biaknya ikan, karena konstruksinya berongga dan gelombang yang terjadi tidak begitu besar.

Adapun kelemahan / kekurangannya adalah seperti berikut ini:

1. Pemecah gelombang ambang rendah tumpukan batu (batu alam maupun batu buatan) pada umumnya membutuhkan batu pelindung ukuran besar, dengan jumlah yang banyak, sehingga

dalam pembangunannya memerlukan biaya yang cukup besar.

2. Dalam pembangunannya pada umumnya memerlukan sarana penunjang yang relatif besar seperti alat angkut (truk besar), kran dengan kemampuan angkat yang besar, jembatan yang cukup panjang sebagai sarana jalan truk dalam mengangkut batu lindung ke posisi yang telah ditentukan. Bahkan kadang-kadang, karena posisi peletakan batu sulit dijangkau dengan kran, maka diperlukan alat peletak batu yang lain yaitu helikopter.

Berdasarkan kelemahan-kelemahan tersebut, maka dilakukan penelitian dalam usaha memperkecil biaya pembangunan sehingga diperoleh bangunan pemecah gelombang ambang rendah yang efektif dan efisien. Berkaitan hal tersebut dilakukan penelitian tentang “Transmisi dan Refleksi Gelombang pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda”. Dalam penelitian ini pemecah gelombang ambang rendah ganda dibentuk dengan merubah pemecah gelombang ambang rendah tunggal (PGARTTB) menjadi pemecah gelombang ambang rendah ganda (PGARGTB).

Penelitian ini mempunyai tujuan:

1. untuk mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap perubahan nilai gelombang transmisi (K_t) dan koefisien gelombang refleksi (K_r);
2. untuk mengetahui pengaruh pengurangan material pemecah gelombang ambang rendah tunggal tumpukan batu (PGARTTB) terhadap perubahan koefisien gelombang transmisi (K_t) dan koefisien gelombang refleksi (K_r);
3. untuk memperoleh persamaan guna menghitung besarnya koefisien gelombang transmisi (K_t) dan koefisien gelombang refleksi (K_r) pada pemecah gelombang ambang rendah ganda tumpukan batu (PGARGTB),

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang regular.
2. Landai pantai relatif datar.
3. Nilai porositas pemecah gelombang (n) tidak divariasi.
4. Sudut datang gelombang adalah tegak lurus model struktur.
5. Struktur model pemecah gelombang ambang rendah dianggap stabil.
6. Model struktur adalah pemecah gelombang ambang rendah tumpukan batu.
7. Variasi tinggi gelombang datang (H_i) sesuai yang dapat dibangkitkan.
8. Untuk mengetahui pengaruh pengurangan material terhadap K_t dan K_r , variasi periode gelombang (T) 6 (enam) macam, dan variasi kedalaman 5 (lima) macam
9. Untuk mengetahui pengaruh perubahan lebar antara (B') terhadap K_t dan K_r , variasi periode gelombang (T) 6 (enam) macam, dan variasi kedalaman (d) 7 (tujuh) macam.
10. Setiap variasi dilakukan pengujian sebanyak 5 (lima) kali pengulangan.
11. Kemiringan struktur baik bagian hulu maupun hilir tidak divariasi yaitu 1:2.

Landasan Teori

Penjalaran gelombang di pantai

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju ke pantai yang melewati daerah kedalaman yang berubah tiba-tiba menjadi dangkal, maka sebagian energi gelombang akan dipantulkan, sebagian akan ditransmisikan dan sebagian lain akan terhancurkan. Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan (refleksi), dihancurkan (disipasi) dan yang diteruskan (transmisi) tergantung dari: karakteristik gelombang datang (periode, tinggi, dan kedalaman air), tipe bangunan pantai (permukaan halus atau kasar, lurus air atau kedap air) dan geometri bangunan (kemiringan, elevasi dan lebar puncak bangunan),

Koefisien gelombang transmisi (k_t) dan koefisien gelombang refleksi (k_r)

Menurut CERC (1984), Yuwono, (2001), bahwa koefisien gelombang transmisi K_t dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Sedangkan koefisien gelombang refleksi (K_r) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

dimana:

- K_t = koefisien gelombang transmisi
- K_r = koefisien gelombang refleksi
- H_t = $K_t \cdot H_i$ = tinggi gelombang transmisi
- H_r = $K_r \cdot H_i$ = tinggi gelombang refleksi
- H_i = tinggi gelombang datang
- E_t = energi gelombang transmisi
- E_i = energi gelombang datang

$$H_i = \frac{2a_{mak} + 2a_{min}}{2} = \frac{H_{mak} + H_{min}}{2} \dots\dots\dots (3)$$

$$H_r = \frac{2a_{mak} - 2a_{min}}{2} = \frac{H_{mak} - H_{min}}{2} \dots\dots\dots (4)$$

Pengaruh *bottom friction* terhadap perubahan tinggi gelombang

Gelombang yang menjalar dari laut yang dalam menuju daerah yang dangkal akan mengalami kehilangan tenaga. Pada tempat yang dangkal kehilangan tenaga gelombang akan lebih besar dibandingkan pada tempat yang dalam, hal ini disebabkan karena gerakan partikel air pada tempat yang dalam tidak begitu terasa di dasar laut, sehingga kehilangan tenaga akibat "*friction*" kecil. Untuk menentukan perubahan tinggi gelombang karena adanya "*bottom friction*" dilakukan secara empiris (Yuwono, 1982).

$$H_f = K_f \cdot H \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

- H_i = tinggi gelombang datang
- H_f = tinggi gelombang yang telah mengalami "*friction*"
- K_f = koefisien "*bottom friction*"

Energi gelombang

Energi total gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial. Energi kinetik (E_k) adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi potensial (E_p) adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang.

$$E_k = \frac{\rho g H^2 L}{16} \dots\dots\dots (6)$$

$$E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} \dots\dots\dots (7)$$

Energi kinetik dan energi potensial adalah sama, sehingga energi total per satu satuan lebar (\bar{E}) adalah:

$$E = E_k + E_p = \frac{\rho g H^2 L}{8} \dots\dots\dots (8)$$

Energi gelombang berubah dari satu titik ke titik yang lain di sepanjang satu panjang gelombang, sehingga energi rerata untuk satu satuan luas adalah:

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \dots\dots\dots (9)$$

dengan demikian :

$$E_i = \frac{\rho g H_i}{8} \dots\dots\dots (10)$$

$$E_t = \frac{\rho g H_t}{8} \dots\dots\dots (11)$$

$$E_r = \frac{\rho g H_r}{8} \dots\dots\dots (12)$$

Adapun energi gelombang yang teredam (dispasi) adalah:

$$E_d = E_i - E_t - E_r \dots\dots\dots (13)$$

Panjang gelombang (L)

Untuk mengetahui panjang gelombang dapat disekati dengan persamaan sebagai berikut:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \dots\dots\dots (14)$$

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium pembangkit gelombang Universitas Tidar Magelang. Pembangkit gelombang yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut: panjang 19 meter, lebar dan tinggi saluran gelombang masing-masing adalah 0,30 meter dan 0.45 meter,

Dalam penelitian ini digunakan dua model peredam gelombang dengan bentuk sebagai berikut:

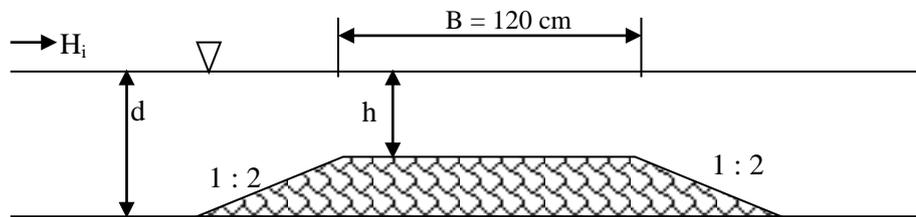
Model I : pemecah gelombang ambang rendah tunggal tumpukan batu (PGARTTB) dengan lebar puncak (B) = 120 cm atau delapan kali tinggi pemecah gelombang (d-h), lihat Gambar 1.

Model II: pemecah gelombang ambang rendah ganda tumpukan batu (PGARGTB) yang dibentuk dengan cara mengurangi material batu pelindung PGARTTB yang ada di bagian tengah sebanyak 8,89%; 20%; 33,33% dan 46,67%, lihat Gambar 2.

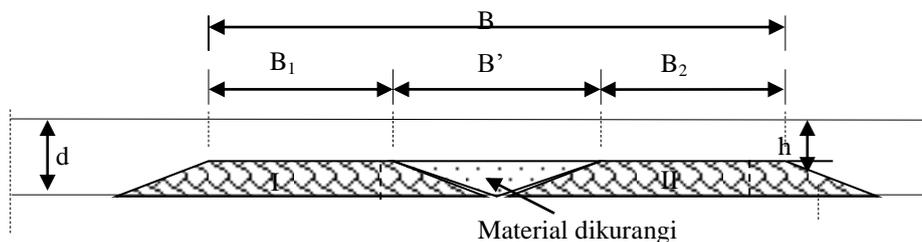
Variasi pengukuran

Dalam penelitian ini variasi dilakukan sebagai berikut:

1. kedalaman air (d) divariasi sebanyak 7 (tujuh) kali dengan (d-h)/d = 1,00; (d-h)/d = 0,90; (d-h)/d = 0,85; (d-h)/d = 0,80; (d-h)/d = 0,75; (d-h)/d = 0,70; dan (d-h)/d = 0,60.
2. kedalaman air di atas puncak pemecah gelombang ambang rendah (h) divariasi sebanyak 7 (tujuh) kali dengan h/d = 0,00; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; dan 0,40.
3. periode gelombang (T) divariasi sebanyak 6 (enam) kali yaitu 3.165 detik (angka variator 10), 2.867 detik (angka variator 11), 2.619 detik (angka variator 12), 2.409 detik (angka variator 13), 2.230 detik (angka variator 14), dan 2.074 detik (angka variator 15).



Gambar 1. Pemecah gelombang ambang rendah tunggal tumpukan batu (PGARTTB)

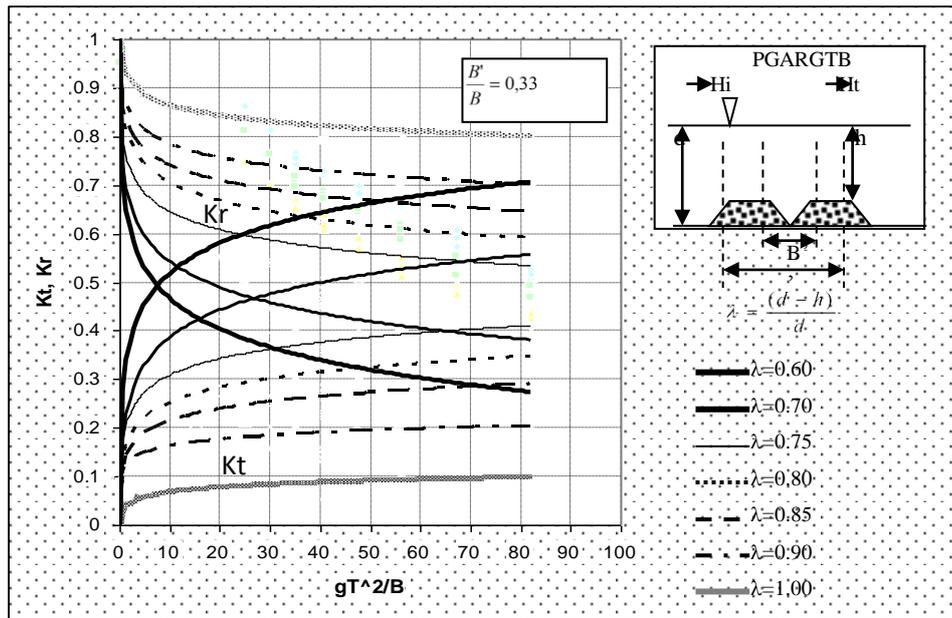


Gambar 2. Pemecah gelombang ambang rendah ganda tumpukan batu (PGARGTB) dalam saluran gelombang

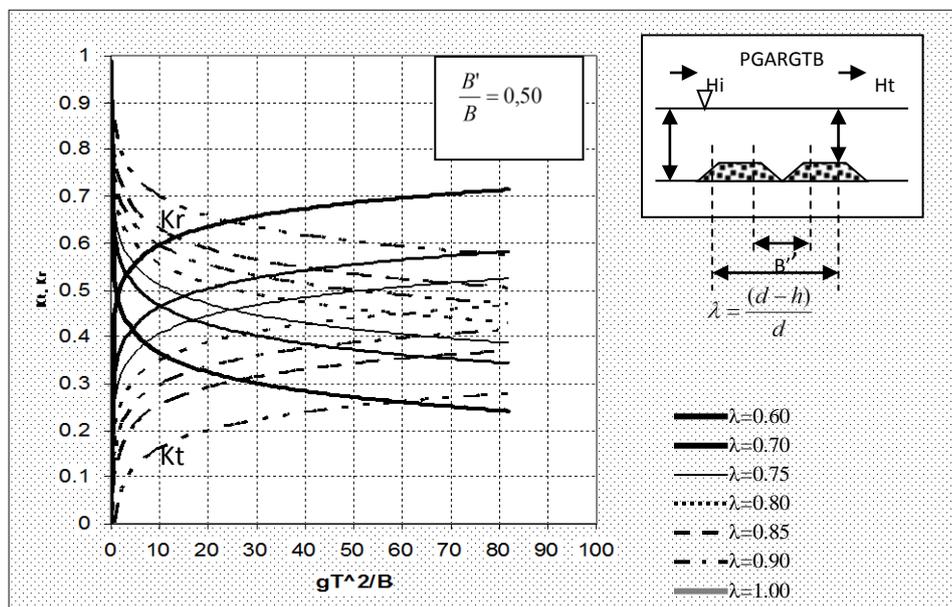
4. Lebar puncak pemecah gelombang ambang rendah tunggal (B) tidak divariasi yaitu $B=120$ cm.
5. Lebar antara pemecah gelombang (B') dan lebar puncak pemecah gelombang ambang rendah ganda divariasi sebanyak 4 (empat) kali yaitu:
 - a. $B'=1/3B$; $B'/B=0,33$; $B_1=B_2=1/3B$ (pengurangan material 8,89%),
 - b. $B'=1/2B$; $B'/B=0,50$; $B_1=B_2=1/4B$ (pengurangan material 20%),
 - c. $B'=2/3B$; $B'/B=0,67$; $B_1=B_2=1/6B$ (pengurangan material 33,33%),
 - d. $B'=5/6B$; $B'/B=0,83$; $B_1=B_2=1/12B$ (pengurangan material 46,67%),

Hasil dan Pembahasan

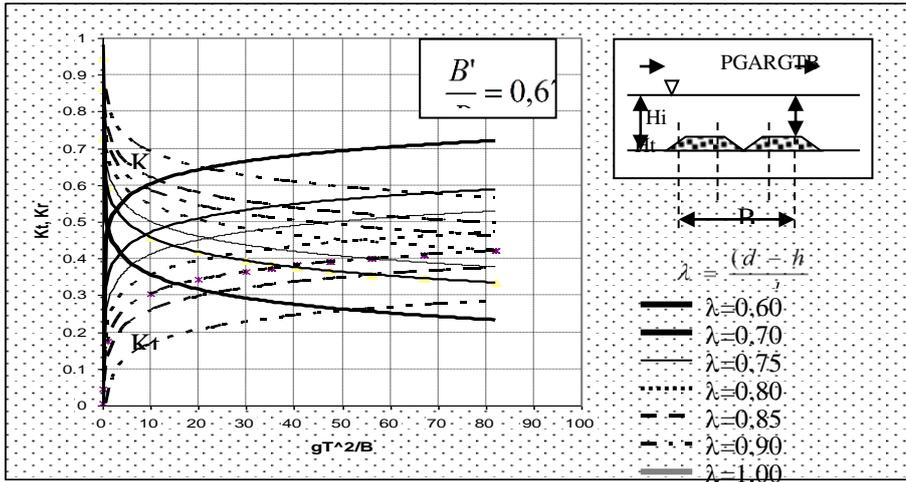
Berdasarkan data hasil uji pengaruh pengurangan material terhadap besarnya koefisien gelombang transmisi (K_t) dan koefisien gelombang refleksi (K_r), maka dengan menggunakan data hasil pengukuran tinggi gelombang dan perhitungan H_{maks} , H_{min} , H_r , K_t , K_r yang dilakukan, digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara gT^2/B dengan K_t dan gT^2/B dengan K_r , (lihat Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6).



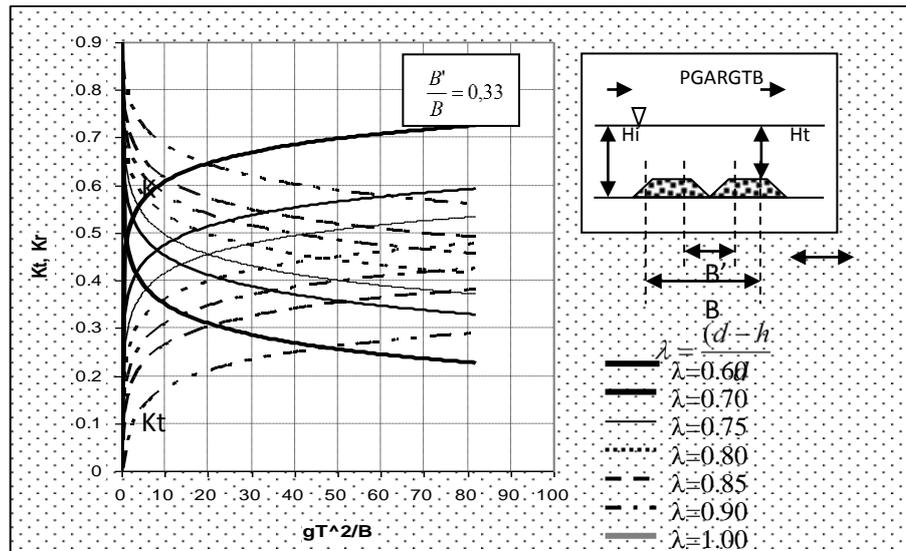
Gambar 3. Hubungan antara gT^2/B , K_t , K_r , dan λ untuk $B'/B=0,33$



Gambar 4. Hubungan antara gT^2/B , K_t , K_r , dan λ untuk $B'/B=0,50$



Gambar 5. Hubungan antara gT^2/B , K_t , K_r , dan λ untuk $B'/B=0,67$



Gambar 6. Hubungan antara gT^2/B , K_t , K_r , dan λ untuk $B'/B=0,83$

Berdasarkan Gambar-gambar tersebut dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Dengan pengurangan material yang semakin besar, maka nilai K_t yang timbul semakin besar sedangkan nilai K_r semakin kecil. Pengurangan material yang semakin besar menyebabkan lebar puncak pemecah gelombang ambang rendah (B_1 dan B_2) semakin pendek, sehingga gesekan dasar antara gelombang dan puncak pemecah gelombang ambang rendah semakin kecil, sehingga menyebabkan tinggi gelombang transmisi yang terjadi semakin besar. Akan tetapi dengan berkurangnya material energi gelombang yang dapat direndam semakin besar, karena sebagian energi gelombang dapat dengan mudah melewati celah batu yang ada, hal ini yang menyebabkan tinggi gelombang refleksi semakin kecil.

2. Semakin besar nilai kedalaman air (d), maka kedalaman kedalaman air di atas puncak pemecah gelombang ambang rendah (h) juga semakin besar. Teori menyebutkan bahwa pada tempat yang dangkal kehilangan tenaga gelombang akan lebih besar dibandingkan pada tempat yang dalam, hal ini disebabkan karena gerakan partikel air pada tempat yang dalam tidak begitu terasa di dasar laut, sehingga kehilangan tenaga akibat "friction" kecil. Dengan demikian apabila nilai $(d-h)/d$ semakin besar, maka nilai K_t yang timbul semakin besar, sedangkan K_r nya semakin kecil.

3. Apabila periode gelombang semakin besar, maka nilai K_t yang timbul semakin besar, sedangkan nilai K_r nya semakin kecil. Sesuai Persamaan 14 apabila T semakin besar, maka nilai panjang gelombang (L) yang timbul

semakin besar. Apabila dilihat persamaan pembangkitan gelombang tipe *flap*:

$$\left(\frac{H}{S}\right)_{flap} = \frac{kd}{2} \text{ dengan } k = \frac{2\pi}{L}$$

maka apabila panjang gelombang (L) semakin besar, tinggi gelombang (H) yang dapat dibangkitkan semakin kecil. Apabila sesuatu gelombang menjalar melewati daerah dengan kedalaman tertentu, maka gelombang dengan tinggi yang semakin kecil pengaruh gesekan dasarnya juga semakin kecil, hal ini yang menyebabkan nilai K_t semakin besar dan nilai K_r nya semakin kecil.

Selanjutnya dengan melakukan analisis statistik dalam hal ini menggunakan *Statistical Analysis System (SAS)* didapatkan persamaan pendekatan guna menghitung nilai koefisien gelombang transmisi (K_t) dan koefisien gelombang refleksi (K_r). Persamaan di bawah diturunkan melalui uji statistik *t*, berdasarkan hasil analisis varian (*analysis of variance*) yang dilakukan, dengan menggunakan:

- 2 (dua) variabel bebas yaitu gT^2/B , dan $(d-h)/d$, dan B'/B
- 2 (dua) variabel tak bebas yaitu K_t dan K_r ,

Percobaan dilakukan dalam 5 (lima) keadaan yaitu pemecah gelombang ambang rendah dengan $B'/B=0,00; 0,33; 0,50; 0,67; \text{ dan } B'/B=0,83$; sehingga diperoleh 1 (satu) persamaan untuk K_t dan 1 (satu) persamaan untuk K_r sebagai berikut :

$$K_t = 0,047 + 0,021 \left[\text{Ln} \frac{B'}{B} + \beta_1 \left\{ \text{Ln} \frac{gT^2/B}{(d-h)/d} \right\} \right] \dots\dots (15)$$

$$K_r = 0,815 - 0,029 \left[\text{Ln} \frac{B'}{B} + \beta_2 \left\{ \text{Ln} \frac{gT^2/B}{(d-h)/d} \right\} \right] \dots\dots\dots (16)$$

dimana:

- K_t = koefisien gelombang transmisi
- K_r = koefisien gelombang refleksi
- g = percepatan gravitasi
- T = periode gelombang
- B = lebar keseluruhan pemecah gelombang ambang rendah
- d = kedalaman air
- h = kedalaman di atas mercu pemecah gelombang ambang rendah
- β_1 = koefisien untuk K_t
- β_2 = koefisien untuk K_r

nilai β_1 dan β_2 dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Kesimpulan

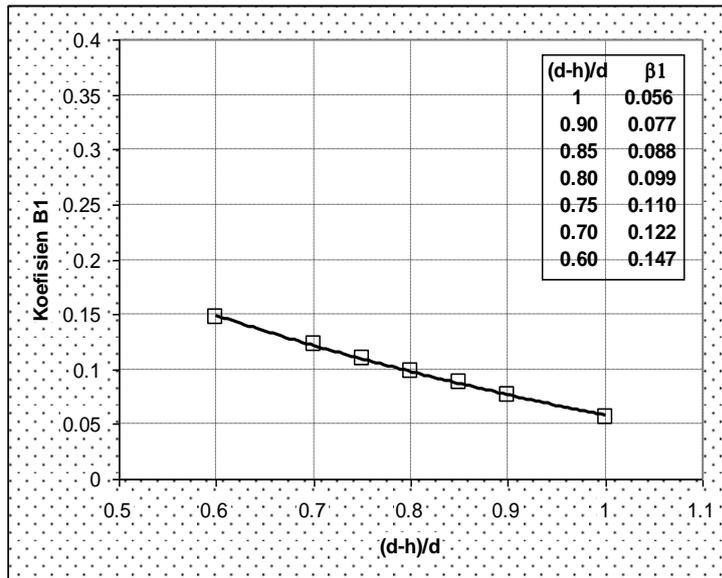
Dari hasil dan pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Koefisien gelombang transmisi (K_t) dan koefisien gelombang refleksi (K_r) dipengaruhi besarnya kedalaman air (d), kedalaman air di atas puncak pemecah gelombang ambang rendah (h), periode gelombang (T), lebar puncak pemecah gelombang (B), dan lebar antara pemecah gelombang (B').
2. Apabila pengurangan material batu pelindung semakin banyak, maka nilai koefisien gelombang transmisi (K_t) semakin besar, nilai koefisien gelombang refleksi (K_r) semakin kecil.
3. Bila B'/B semakin besar maka nilai K_t yang timbul semakin besar sedangkan nilai K_r semakin kecil.
4. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, maka telah didapatkan formula pendekatan untuk menghitung besarnya nilai K_t dan K_r untuk pemecah gelombang ambang rendah ganda tumpukan batu sebagai Persamaan 15 dan 16.

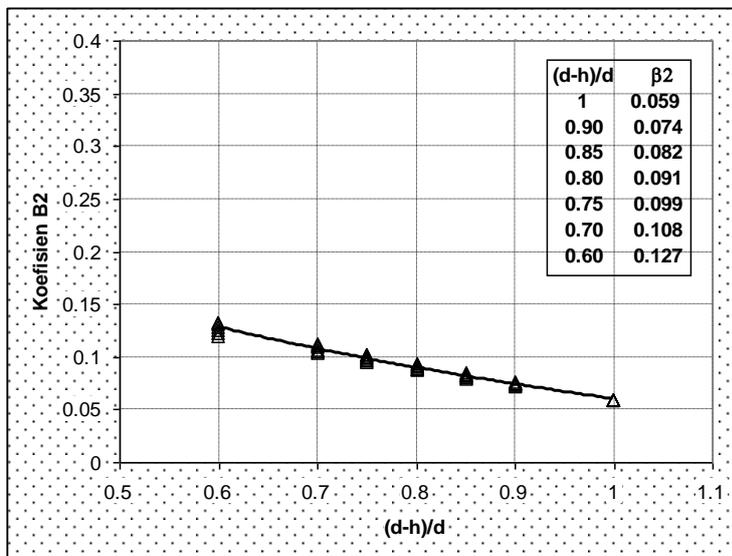
Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut dengan memasukkan variabel porositas, sehingga dapat diketahui pengaruh porositas terhadap K_t dan K_r .
2. Karena dalam penelitian ini hanya menggunakan satu macam kemiringan lereng, maka penelitian ini dapat dilanjutkan dengan meninjau pengaruh perubahan kemiringan lereng terhadap K_t dan K_r ;
3. Dalam penelitian ini baru menggunakan batu alam sebagai pelindung, sehingga penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan model batu pelindung yang lain.
4. Variasi kedalaman air (d), variasi lebar antara (B'), dan variasi periode gelombang yang dipakai dalam penelitian masih terbatas, dengan demikian penelitian ini dapat dilanjutkan dengan memperbanyak lagi variasi ketiga parameter tersebut.
5. Tinjauan terhadap hubungan bilangan tak berdimensi juga masih perlu dikembangkan dalam penelitian lebih lanjut.



Gambar 7. Hubungan antara (d-h)/d dengan koefisien β_1



Gambar 8. Hubungan antara (d-h)/d dengan koefisien β_2

Daftar Pustaka

Armono, HD., and K.R. Hall, 2004. Wave Transmission on Submerged Breakwaters Made of Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs, *Journal*, Departement of Ocean Engineering, Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia and Departement of Civill Engineering, Queens University. Kingston, Canada.

C., E., R., C, 1984. *Shore Protection Manual*, Departement of The Army, Waterways Experiment Station, Vickburg, Mississippi.

Dal Soo Lee, 2009. *Comparison of Wave Transmission Characteristics of Submerged*

Dean R., G., and Dalrymple R., A., 1984. *Water Waves Mechanics for Engineers and Scientist*, Practice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Francisco Taveira Pinto, 2005. *Regular Water Wave Measurements Near Submerged Breakwater*, *Institute of Hidraulics and Water Resources*, Faculty of Engineering University of Porto, Portugal.

Horikawa, K., 1978. *Coastal Engineering*, University of Tokyo Press, Tokyo.

Jersey 07030, USA.

Nizam, 1987. *Refleksi dan Transmisi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Bawah Air*, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Pilarczyk W. Krystian, 2003. Alternative System For Coastal Protection an Overview, *Journal, International Conference on Estuaries and Coasts*, Hangzhou, China.

Steve A. Hughes, 1993. *physical Models And Laboratory Techniques In Coastal Engineering*, Coastal Engineering Research center Waterways Experiment Station, USA.

Silvester, R., 1974. *Coastal Engineering I, Departement of Civill Engineering University of Western Australia*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amterdam, Oxford, New York.

Shirlal, KG., S Rao and SKM Prasad, 2003. Stability of Tandem Breakwater, *Journal, Vol 84, Departement of Applied Mechanics and*

Hydraulics, National of Technology, Karnataka, Surathkal, Srinivasanagar 575025.

Triatmodjo, B., *Teori Gelombang I*, Fakultas Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Yuwono, N., 1990. *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume I*, PAU Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Yuwono, N., 1990. *Model Hidrolik*, Fakultas Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Yuwono, N., 1990. *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume I*, PAU Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Yuwono, N., 1992. *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II*, PAU Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta