



Transmisi Gelombang pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda

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, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur, Yogyakarta 55281
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

Coastal protection efforts can be done in various ways, among others, by making low threshold breakwaters (submerged breakwater). Every building in addition there is certainly no shortage of excess. With several weaknesses breakwater low threshold, then conducted research with the title "Wave Transmission At Low Threshold Dual-breaking waves". The study was conducted in the Hydraulic laboratory of the Faculty of Engineering, Tidar Magelang University, with variations of the model as follows:

Model I : single low threshold breakwater piles of stones (PGARTTB) with peak width (B)=120 cm

Model II : a low threshold double breakwater piles of stones (PGARGTB) formed by reducing material PGARTTB protective stone that is in the middle as much as 8.89%, 20%, 33.33%, and 46.67%.

The results showed that: a) Reduction of material protection on the stone breakwater low threshold single pile of stones (PGARTTB) affect the magnitude of the wave transmission, b) reduced protective stone will increase the value of the wave transmission coefficient c) for each reduction of 1% a protective stone, waves of up 0.2788% transmission, d) the increase in transmission waves are caused by the reduced friction between the base and peak wave breakwaters low threshold

Keywords: *Low-threshold-breaking wave, The wave transmission coefficient*

Abstrak

Usaha perlindungan pantai dapat dilakukan dengan berbagai cara, yang antara lain dengan pembuatan pemecah gelombang ambang rendah (submerged breakwater). Setiap bangunan disamping ada kelebihan tentu ada kekurangan/kelemahannya. Dengan adanya beberapa kelemahan pemecah gelombang ambang rendah, maka dilakukan penelitian dengan judul "Transmisi Gelombang pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda". Penelitian dilakukan di laboratorium pembangkit gelombang Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang, dengan variasi model sebagai berikut:

Mode I : pemecah gelombang ambang rendah tunggal tumpukan batu (PGARTTB) dengan lebar puncak (B) = 120 cm

Mode 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%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: a) Pengurangan material batu pelindung pada pemecah gelombang ambang rendah tunggal tumpukan batu (PGARTTB) berpengaruh terhadap besarnya transmisi gelombang,

b) Berkurangnya batu pelindung akan memperbesar nilai koefisien gelombang transmisi, c) Untuk setiap pengurangan batu pelindung sebesar 1%, gelombang transmisi naik 0,2788%, d) Kenaikan gelombang transmisi banyak disebabkan oleh berkurangnya gesekan dasar antara gelombang dan puncak pemecah gelombang ambang rendah

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

Pendahuluan

Usaha perlindungan pantai dapat dilakukan dengan berbagai cara, yang antara lain dengan pembuatan pemecah gelombang ambang rendah (*submerged breakwater*). Setiap bangunan disamping ada kelebihan tentu ada kekurangan/kelemahannya. Beberapa kelemahan penggunaan bangunan pelindung pantai dengan pemecah gelombang ambang rendah adalah sebagai berikut:

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 kadangkala, karena posisi peletakan batu sulit dijangkau dengan kran, maka diperlukan alat peletak batu yang lain yaitu helikopter.

Berdasarkan kelemahan-kelemahan tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul "Transmisi Gelombang pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda". Dalam penelitian ini pemecah gelombang ambang rendah ganda dibentuk dengan melakukan pengurangan material pemecah gelombang ambang rendah tunggal yang ada di bagian tengah, lihat Gambar 1.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pengurangan material

pemecah gelombang ambang rendah tunggal tumpukan batu (PGARTTB) terhadap besarnya gelombang transmisi (K_t).

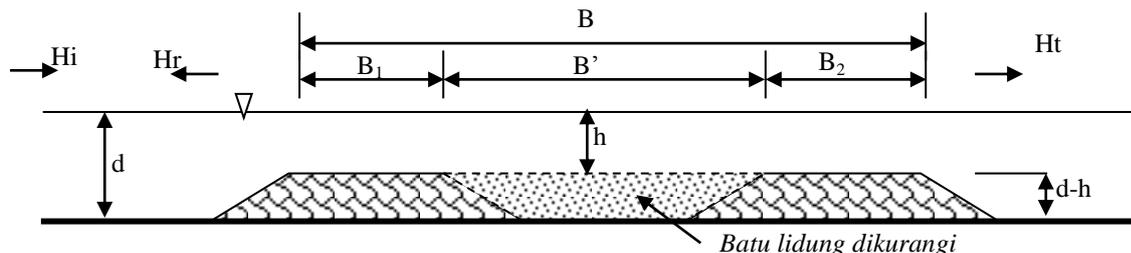
Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang regular.
2. Landai pantai relatif datar.
3. Nilai porositas pemecah gelombang (n) tidak divariasikan.
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 , Variasi periode gelombang (T) 6 (enam) macam, dan variasi kedalaman 5 (lima) macam
9. Setiap variasi dilakukan pengujian sebanyak 5 (lima) kali pengulangan.
10. Kemiringan struktur baik bagian hulu maupun hilir tidak divariasikan yaitu 1 : 2.

Landasan Teori

Penjalaran gelombang

Gelombang yang menjalar mengenai suatu rintangan yang bersifat lulus air (porus), maka sebagian energinya akan terhancurkan atau hilang karena adanya proses gesekan dan turbulensi, sebagian lagi dipantulkan (direfleksikan), dan sisanya diteruskan (ditransmisikan).



Gambar 1. Pemecah gelombang rendah ganda

Besarnya energi gelombang yang dihancurkan, dipantulkan (direfleksikan) maupun yang ditransmisikan tergantung dari karakteristik gelombang (periode dan tinggi gelombang) serta jenis struktur (kekasaran dan porositas tumpukan batu), geometrik struktur (kemiringan, tinggi, dan lebar puncak) (Dalrymple, 1984).

Koefisien Gelombang Transnisi (K_t)

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

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

dimana:

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

Koefisien refleksi bervariasi dari 0 s.d 1. Untuk refleksi sempurna koefisien refleksinya = 1, bila tidak ada refleksi maka koefisien refleksinya = 0.

Gelombang yang membentur dinding vertikal akan direfleksikan secara sempurna dengan arah tegak lurus. Pada gelombang dengan amplitudo kecil,

elevasi muka air gelombang datang didefinisikan sebagai berikut :

$$\eta = a_1 \cos(kx - \sigma) \dots\dots\dots (2)$$

dan gelombang refleksinya adalah :

$$\eta = a_2 \cos(kx - \sigma) \dots\dots\dots (3)$$

dengan a (amplitudo gelombang) = $H/2$

Menurut Horikawa (1978), apabila dua buah gelombang dengan periode yang sama akan tetapi berlawanan arah dengan amplitudo a_1 dan a_2 , dengan $a_1 > a_2$, maka profil gelombang tersebut adalah :

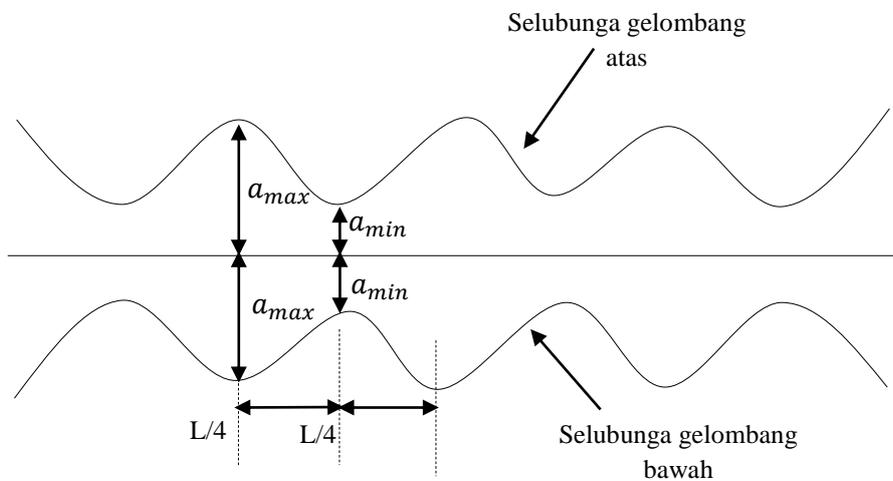
$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = a_1 \cos(kx - \sigma) + a_2 \cos(kx - \sigma)$$

$$\eta = (a_1 + a_2) \cos kx \cos \sigma + (a_1 + a_2) \sin kx \sin \sigma \dots (4)$$

Persamaan di atas adalah persamaan elevasi muka air untuk gelombang dengan refleksi tidak sempurna, dengan a_1 = amplitudo gelombang datang, dan a_2 = amplitudo gelombang refleksi. Amplitudo gelombang maksimum = a_{maks} dan amplitudo gelombang minimum = a_{min} . Besarnya nilai a_{maks} dan a_{min} dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$a_{maks} = a_1 + a_2 \text{ dan } a_{min} = a_1 - a_2 \dots\dots\dots (5)$$

Selanjutnya lihat Gambar 2.



Gambar 2. Gelombang berdiri tidak sempurna

sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 H_i &= a_{mak} + a_{min} = 2a_1 \\
 H_r &= a_{mak} - a_{min} = 2a_2 \\
 H_i + H_r &= 2a_{mak} \text{ dan } H_i - H_r = 2a_{min} \\
 2H_i &= 2a_{mak} + 2a_{min} \\
 H_i &= \frac{2a_{mak} + 2a_{min}}{2} = \frac{H_{mak} + H_{min}}{2} \dots\dots\dots (6)
 \end{aligned}$$

Dalam menganalisis refleksi gelombang yang ditimbulkan akibat adanya peredam dalam menganalisis refleksi gelombang yang ditimbulkan akibat adanya peredam gelombang, ada beberapa variabel yang diamati yaitu kedalaman air (h), tinggi gelombang datang (H_i), periode gelombang (T), dan tinggi gelombang refleksi (H_r) untuk model peredam gelombang tertentu (bentuk permukaan peredam gelombang).

Airy (1945) mengembangkan teori gelombang amplitudo kecil, yang diturunkan dengan melinierkan persamaan Bernoulli guna mendapatkan kondisi batas di muka air, kemudian dicari potensial kecepatan yang memenuhi pengaliran irrotasional. Potensial kecepatan tersebut digunakan untuk menurunkan persamaan dari berbagai karakteristik gelombang. Airy mengembangkan teori ini dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Air merupakan masa homogen, tak mampat, dengan tegangan permukaan diabaikan.
2. Aliran yang terjadi adalah irrotasional. Potensial kecepatan (ϕ) harus memenuhi persamaan Laplace :

$$\frac{\partial \phi}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial^2 y} = 0 \dots\dots\dots (7)$$

Yang merupakan persamaan kontinuitas aliran irrotasional.

3. Dasar perairan adalah rata dan impermeable
4. Tekanan dipermukaan air adalah merata.
5. Berlaku persamaan Bernoulli.

Apabila asumsi di atas terpenuhi, maka persamaan dasar dari kecepatan rayab gelombang adalah :

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} \dots\dots\dots (8)$$

dimana:

- C = kecepatan rayab gelombang
- G = percepatan gravitasi
- H = kedalaman air
- L = panjang gelombang

Persamaan (9) juga dapat ditulis

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} \dots\dots\dots (9)$$

Yuwono (1982) menyampaikan bahwa gelombang dapat diklasifikasikan menurut kedalaman relatif (d/L) dan nilai batas $\tanh (2\pi d/L)$. Klasifikasi gelombang tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi gelombang

Klasifikasi	d/L	2πh/L	tanh 2πh/L
Perairan dalam	> 1/2	> π	≈ 1
Peralihan	1/25 - 1/2	1/4 - π	tanh 2πd/L
Perairan dangkal	< 1/25	< 1/4	≈ 2πd/L

Gelombang perairan dalam (*deep water wave*)

$$C_0 = \sqrt{\frac{gL_0}{2\pi}} = \frac{L_0}{T} \dots\dots\dots (10)$$

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \dots\dots\dots (11)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \dots\dots\dots (12)$$

Gelombang perairan dangkal (*shallow water wave*)

$$C = \sqrt{gd} \dots\dots\dots (13)$$

Gesekan dasar (*bottom friction*)

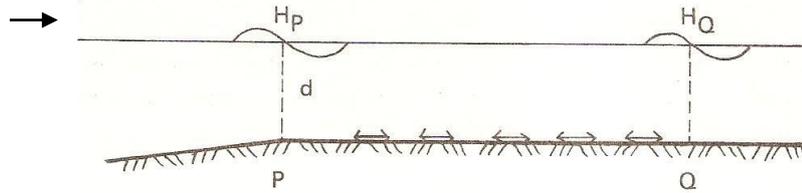
Karena adanya "*bottom friction*", gelombang yang menjalar dari P menuju Q, (Gambar 3) akan mengalami kehilangan tenaga. Kehilangan tenaga tersebut ditunjukkan dengan adanya perubahan tinggi gelombang ($H_p > H_Q$).

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, lihat Gambar 4. Untuk menentukan perubahan tinggi gelombang karena adanya "*bottom friction*" dilakukan secara empiris (Yuwono, 1982).

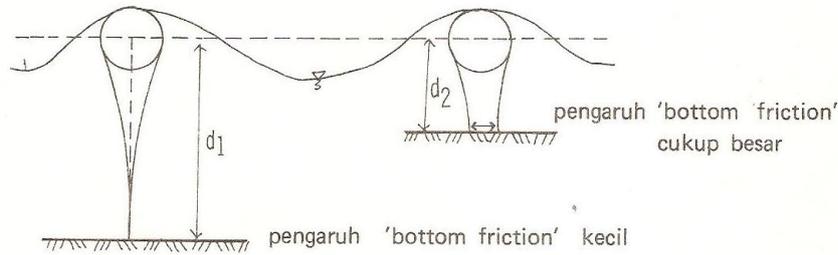
$$H_Q = K_f \cdot H_p \dots\dots\dots (14)$$

dengan :

- H_Q = tinggi gelombang di Q
- H_p = tinggi gelombang di P
- K_f = koefisien "*bottom friction*"



Gambar 3. Sketsa perjalanan gelombang



Gambar 4. Gerakan partikel air

Metode Penelitian

Tempat penelitian

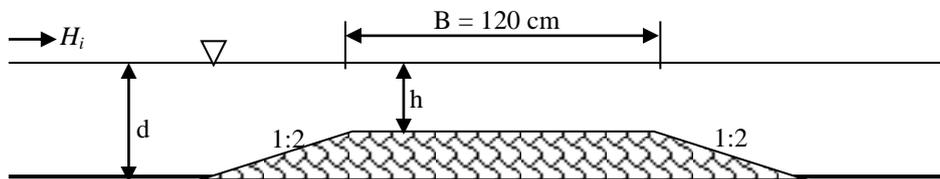
Penelitian dilakukan di laboratorium pembangkit gelombang Universitas Tidar Magelang. Pembangkit gelombang yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut : panjang 19 meter, lebar dan tinggi saluran gelombang masing-masing adalah 0,30 meter dan 0,45 meter.

Bentuk model

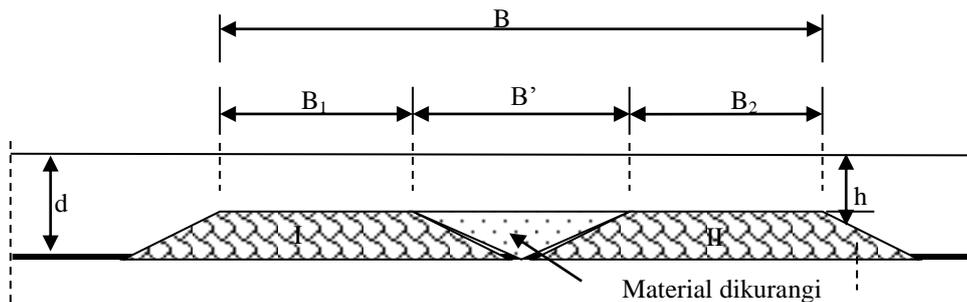
Dalam penelitian ini digunakan dua model peredam gelombang dengan bentuk sebagai berikut:

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 5.

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 6.



Gambar 5. Pemecah gelombang ambang rendah tunggal tumpukan batu (PGARTTB)



Gambar 6. Pemecah gelombang ambang rendah ganda tumpukan batu (PGARGTB) dalam saluran gelombang

Variasi pengukuran

Dalam penelitian ini variasi dilakukan sebagai berikut:

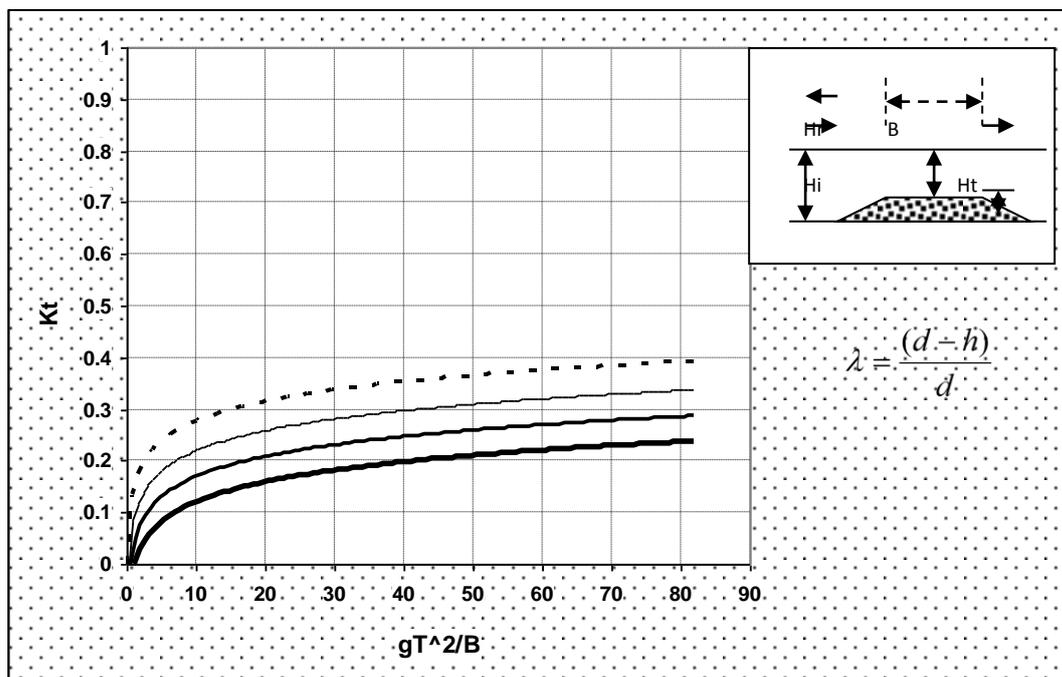
1. Kedalaman air (d) divariasi sebanyak 4 (empat) kali dengan $(d-h)/d = 0,90$; $(d-h)/d = 0,85$; $(d-h)/d = 0,80$; $(d-h)/d = 0,75$.
2. Kedalaman air di atas puncak pemecah gelombang ambang rendah (h) divariasi sebanyak 7 (tujuh) kali dengan $h/d = 0,10$; $0,14$; $0,19$; dan $h/d = 0,25$.
3. Periode 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).
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. $B'=1/3 B$, $B'/B = 0,33$, $B_1 = B_2 = 1/3 B$ (pengurangan material 8,89 %),

- b. $B'=1/2 B$, $B'/B = 0,50$, $B_1 = B_2 = 1/4 B$ (pengurangan material 20%),
- c. $B'=2/3 B$, $B'/B = 0,67$, $B_1 = B_2 = 1/6 B$ (pengurangan material 33,33%),
- d. $B'=5/6 B$, $B'/B = 0,83$, $B_1 = B_2 = 1/12 B$ (pengurangan material 46,67%),

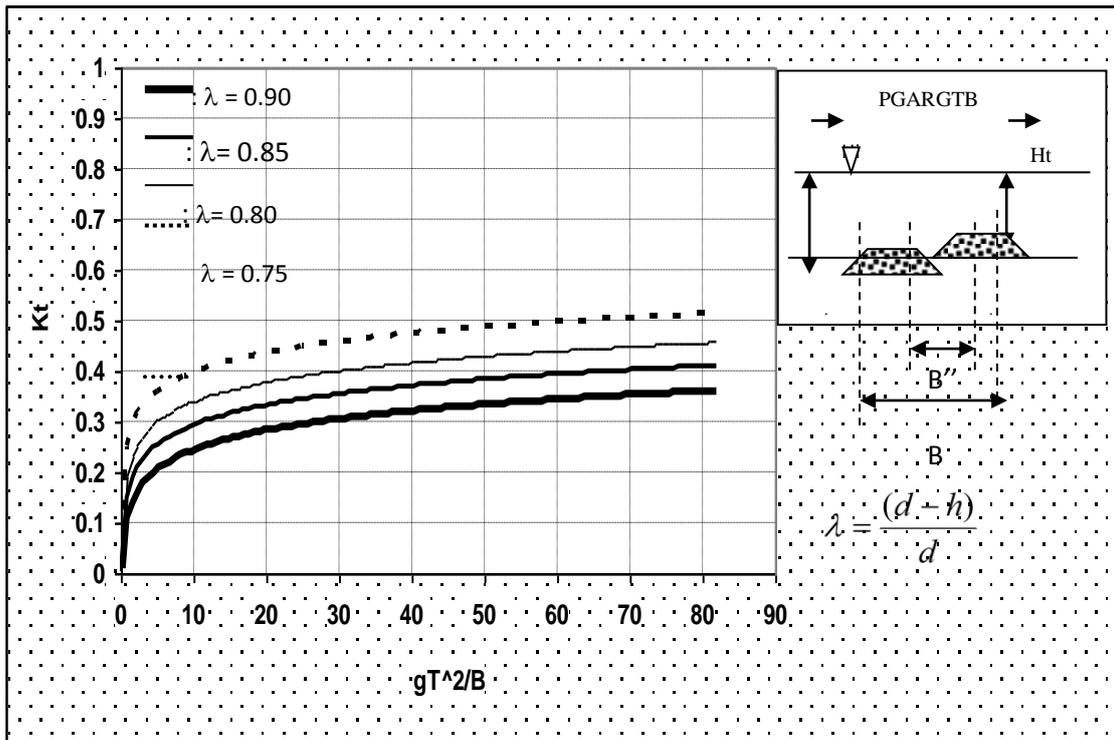
Hasil dan Pembahasan

Pengukuran tinggi gelombang transmisi (H_t) dilakukan bersamaan kegiatan mencari tinggi gelombang datang (H_i). Dengan menggunakan persamaan nomor (2), tinggi gelombang datang dihitung berdasarkan data hasil pengukuran langsung tinggi gelombang maksimum (H_{maks}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) yang diukur setelah terjadi refleksi gelombang akibat gelombang datang membentur peredam gelombang. Berdasarkan tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang transmisi, dengan menggunakan persamaan (1) dilakukan perhitungan besarnya koefisien gelombang transmisi.

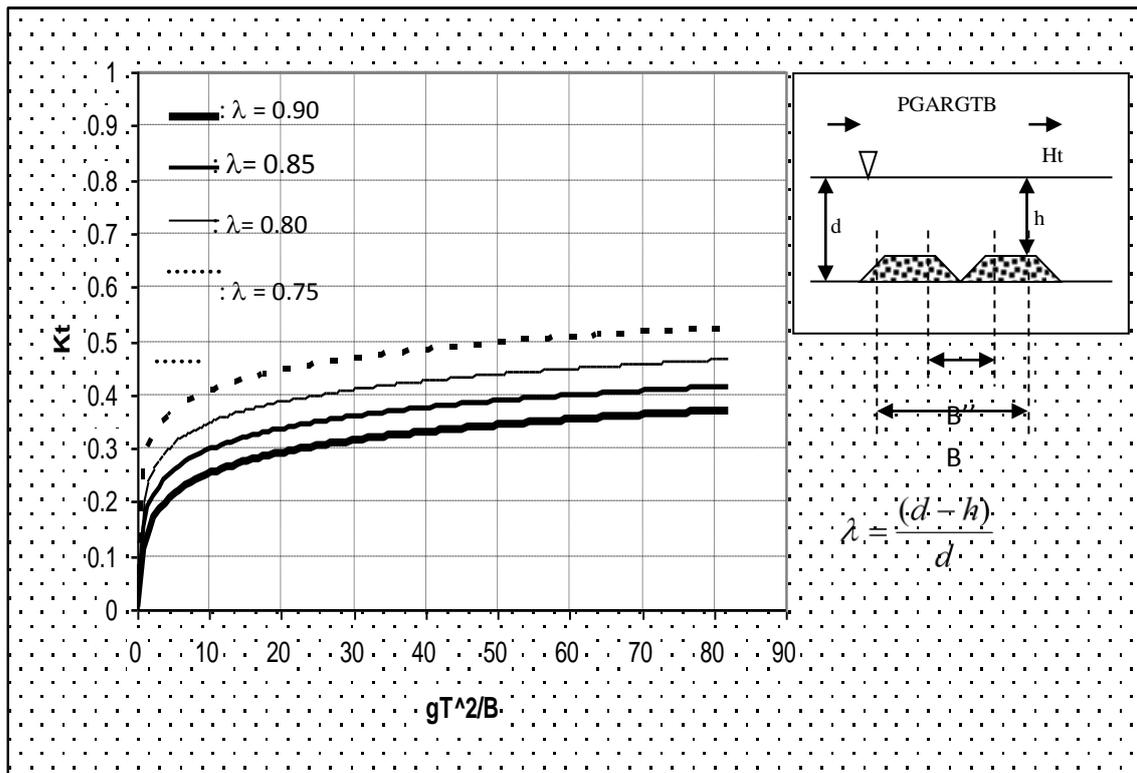
Selanjutnya dengan menggunakan data hasil perhitungan periode gelombang (T), lebar puncak pemecah gelombang ambang rendah (B), dan koefisien transmisi (K_t), digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara bilangan tak berdimensi gT^2/B sebagai sumbu datar dan koefisien transmisi (K_t), sebagai sumbu tegak, selanjutnya lihat Gambar 7, 8, 9, 10 dan Gambar 11.



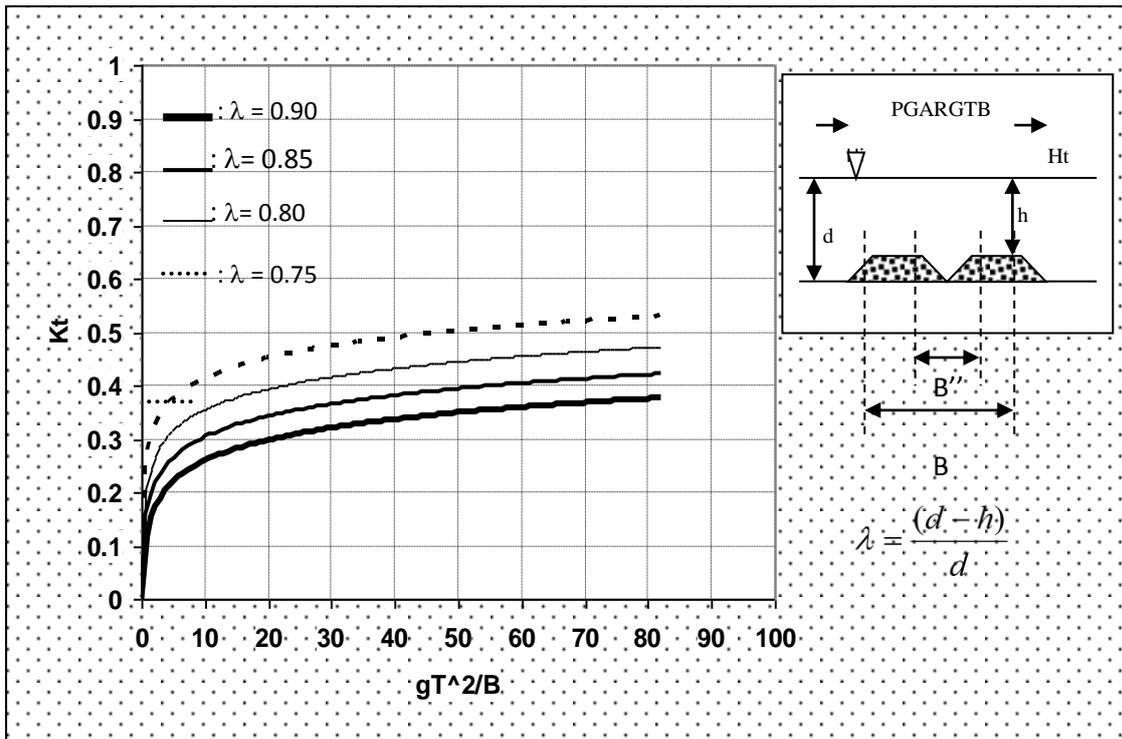
Gambar 7. Hubungan antara gT^2/B dengan K_t untuk PGARTTB ($B'/B = 0,00$)



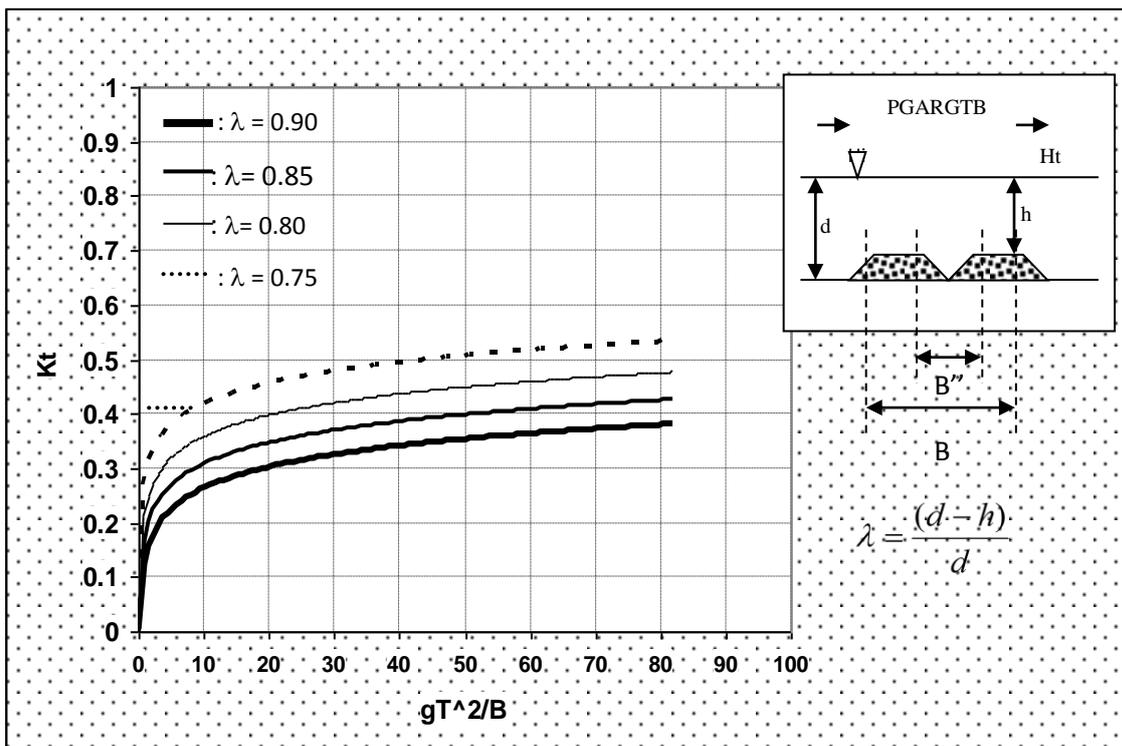
Gambar 8. Hubungan antara gT^2/B dengan K_t untuk PGARTB ($B'/B = 0,33$)



Gambar 9. Hubungan antara gT^2/B dengan K_t untuk PGARTB ($B'/B = 0,50$)



Gambar 10. Hubungan antara gT^2/B dengan K_t untuk PGARTB ($B'/B = 0,67$)



Gambar 11. Hubungan antara gT^2/B dengan K_t untuk PGARTB ($B'/B = 0,83$)

Berdasarkan Gambar 7, 8, 9, 10 dan Gambar 11 dapat diketahui bahwa dengan adanya pengurangan material batu pelindung ternyata menyebabkan terjadinya kenaikan nilai koefisien gelombang transmisi, dengan kenaikan sebagaimana tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kenaikan nilai K_t untuk PGARTTB menjadi PGARGTB

No.	Bentuk Struktur	Nilai K_t rata-rata (%)	Kenaikan nilai K_t (%)
1	PGARTTB, $B'/B=0.00$	0.2137	
2	PGARGTB, $B'/B=0.33$	0.3391	0.1255
3	PGARGTB, $B'/B=0.50$	0.3483	0.0092
4	PGARGTB, $B'/B=0.67$	0.3540	0.0057
5	PGARGTB, $B'/B=0.83$	0.3586	0.0046

dimana:

PGARTTB = pemecah gelombang ambang rendah tunggal tumpukan batu

PGARGTB = pemecah gelombang ambang rendah ganda tumpukan batu

B = lebar puncak pemecah gelombang ambang rendah

B' = lebar antara pada pemecah gelombang ambang rendah ganda

Pengurangan material batu pelindung yang semakin banyak, menyebabkan lebar puncak pemecah gelombang ambang rendah semakin kecil, sehingga gelombang yang menjalar di atas pemecah gelombang tersebut kehilangan tenaga akibat "*friction*" nya semakin kecil, hal ini menyebabkan gelombang transmisi yang terjadi semakin besar.

Bila dibandingkan antara prosentase pengurangan material terbesar (46,67%) dengan prosentase kenaikan gelombang transmisi yang timbul, dapat diketahui bahwa kenaikan koefisien gelombang transmisinya sebesar 13,01%. Kalau diambil rata-ratanya, maka untuk setiap pengurangan material batu pelindung 1% gelombang transmisinya hanya naik 0,2788%. Berdasarkan hasil penelitian ini, pengurangan batu pelindung dalam pembangunan pemecah gelombang ambang rendah dapat dipertimbangkan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pengurangan material batu pelindung pada pemecah gelombang ambang rendah tunggal tumpukan batu (PGARTTB) berpengaruh terhadap besarnya transmisi gelombang.
- b. Berkurangnya batu pelindung akan memperbesar nilai koefisien gelombang transmisi
- c. Untuk setiap pengurangan batu pelindung sebesar 1%, gelombang transmisi naik 0.2788%.
- d. Kenaikan gelombang transmisi banyak disebabkan oleh berkurangnya gesekan dasar antara gelombang dan puncak pemecah gelombang ambang rendah.

Saran

Adapun saran dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan membuat variasi model batu pelindung, sehingga dapat diamati pengaruh porositas terhadap besarnya gelombang transmisi.
- b. Untuk mengetahui pengaruh landai pemecah gelombang terhadap besarnya gelombang transmisi, maka penelitian ini dapat dilanjutkan dengan membuat model struktur dengan variasi landai yang lebih banyak.

Daftar Pustaka

- C.E.R.C., 1984. *Shore Protection Manual, Departement of The Army, Waterways Experiment Station, Vickburg, Mississipi.*
- Dean R.G., and Dalrymple R.A., 1984. *Water Waves Mechanics for Engineers and Scientist, Practice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.*
- Horikawa, K., 1978. *Coastal Engineering, Univercity of Tokyo Press, Tokyo.*
- Yuwono, N., 1982. *Teknik Pantai Volume I, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil FT UGM, Yogyakarta.*
- Triatmodjo, B., *Teori Gelombang I, Fakultas Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.*