

Bab IV Analisa Hasil Pengujian

4.1 Pendahuluan

Uji model fisik transmisi gelombang merupakan pengujian mengenai respon gelombang terhadap struktur. Pada pengujian respon gelombang tersebut, parameter struktur yang divariasikan adalah kemiringan struktur $\cot \alpha$, lebar puncak B_w , kedalaman relatif d/h , serta bentuk dan susunan kantong. Sedangkan parameter gelombang yang divariasikan adalah tinggi dan periode gelombang.

Jenis gelombang yang diberikan pada pengujian ini adalah gelombang reguler dan irreguler. Gelombang reguler merupakan gelombang berkarakter tunggal, maka tinggi dan periode gelombang mempunyai satu nilai, yaitu $H_{rata-rata}$ dan $T_{rata-rata}$. Sedangkan gelombang irreguler merupakan gelombang yang diasumsikan sebagai hasil superposisi beberapa gelombang dengan karakter berbeda, sehingga penentuan tinggi dan periode gelombang didasarkan pada analisa statistik. Untuk gelombang irreguler, tinggi gelombang merupakan tinggi gelombang signifikan H_s , dimana H_s adalah tinggi gelombang rata-rata pada 1/3 data gelombang tertinggi.

4.2 Kedalaman Relatif

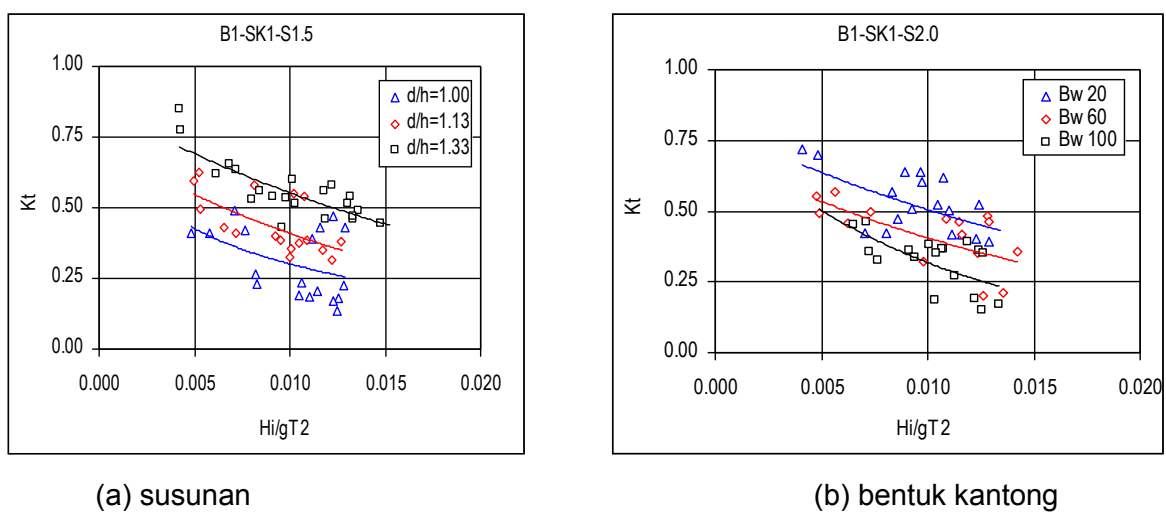
Pada Gambar 4.1a ditampilkan pengaruh *freeboard* terhadap gelombang transmisi. Pada lebar puncak sama, *freeboard* makin kecil transmisi gelombang juga semakin rendah, sedangkan *freeboard* makin besar, gelombang dengan mudah melewati struktur pemecah gelombang tanpa mengalami pecah. Hal ini disebabkan intensitas gesekan antar gelombang dengan puncak struktur makin berkurang sehingga gelombang tidak mengalami “gangguan” ketika lewat di atas struktur pemecah gelombang.

4.3 Lebar Puncak

Pada laut dangkal, gelombang laut akan mengalami gesekan antara gelombang dengan dasar laut. Hal tersebut mengakibatkan kecepatan gelombang berkurang sehingga panjang gelombang menjadi berkurang. Sedangkan sesuai hukum kekekalan energi dengan berkurangnya kecepatan mengakibatkan tinggi gelombang meningkat. Peningkatan tinggi gelombang dan berkurangnya panjang gelombang mengakibatkan terjadi fenomena shoaling dan selanjutnya pada perbandingan H/L tertentu gelombang mengalami ketidakstabilan dan kemudian pecah. Jadi makin panjang bidang bidang gesek makin besar kemungkinan terjadi gelombang pecah. Faktor kemungkinan pecahnya gelombang juga dipengaruhi oleh periode dan tinggi gelombang. Gelombang dengan periode tinggi mempunyai panjang gelombang

besar sehingga sulit mengalami pecah, begitu juga dengan tinggi gelombang kecil juga tidak mudah pecah.

Fenomena serupa terjadi pada pemecah gelombang kantong pasir tipe tenggelam (*submerged breakwater*). Transmisi gelombang dipengaruhi oleh lebar puncak, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.1b. Apabila lebar puncak makin panjang, maka bidang gesek juga makin besar sehingga kemungkinan terjadi gelombang pecah makin besar. Hal ini menyebabkan gelombang transmisi makin kecil. Sebaliknya apabila makin kecil lebar puncak, maka bidang gesek juga makin sempit sehingga kemungkinan terjadi gelombang pecah makin kecil.

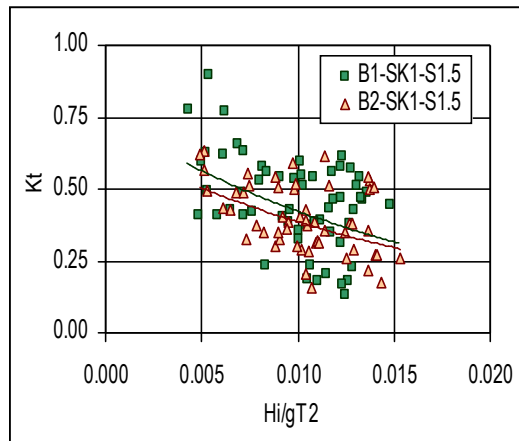


Gambar 4.1 Pengaruh Kedalaman Relatif dan lebar puncak terhadap K_t

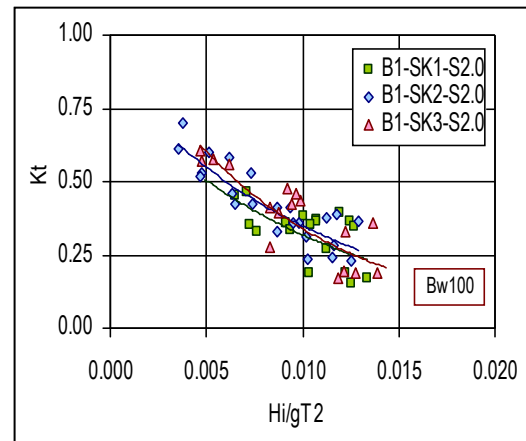
4.4 Susunan dan Bentuk Kantong Pasir

Susunan kantong dibuat tiga variasi yaitu SK1, SK2 dan SK3. Perbedaan pada setiap susunan adalah penempatan kantong terhadap arah gelombang. Setiap jenis susunan dilakukan pengujian yang sama, baik tinggi gelombang maupun periodenya. Pada Gambar 4.2a ditunjukkan bahwa kedua jenis susunan tidak terdapat perbedaan yang berarti terhadap transmisi gelombang.

Bentuk kantong dibuat dua jenis yaitu kantong bentuk guling, B1 dan kantong bentuk bantal, B2. Tujuan variasi bentuk kantong adalah agar diperoleh karakter bentuk kantong dalam peredaman energi gelombang dan kemampuan stabilitasnya dalam menahan terjangan gelombang. Karakteristik peredaman energi gelombang, seperti disajikan pada Gambar 4.2b, menunjukkan bahwa secara umum tidak ada perbedaan berarti terhadap transmisi gelombang pada kedua bentuk kantong tersebut.



(a) susunan



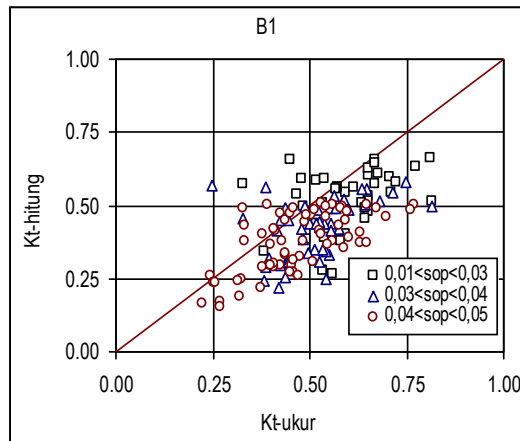
(b) bentuk kantong

Gambar 4.2 Pengaruh Susunan dan Bentuk Kantong Terhadap Kt

4.5 Pengujian Data Uji Terhadap Model Sebelumnya

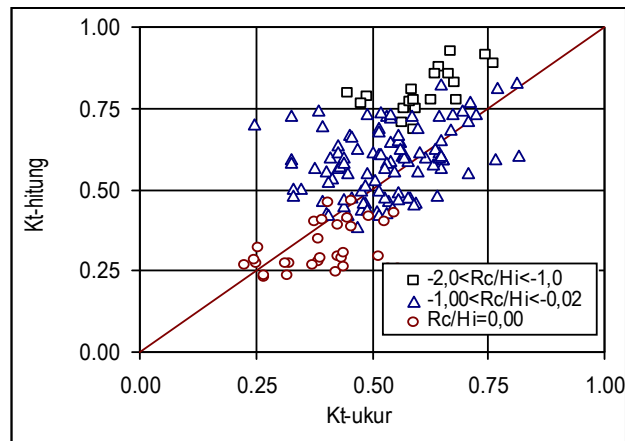
Nilai transmisi gelombang dipengaruhi oleh intensitas gesekan antara gelombang dengan permukaan struktur. Sifat permukaan struktur merupakan faktor yang membedakan antara susunan kantong pasir dan batuan. Sifat susunan kantong pasir relatif kepad air dibandingkan susunan batuan. Selain kondisi tersebut, kantong pasir mempunyai permukaan lebih halus dibandingkan permukaan batuan. Hal tersebut mengakibatkan gaya gesekan antara gelombang dengan susunan kantong pasir relatif lebih kecil dibandingkan gaya gesek antara gelombang dengan struktur batuan. Kondisi ini mengakibatkan pengurangan energi gelombang pada susunan kantong pasir lebih kecil, sehingga tinggi gelombang transmisi pada susunan kantong pasir lebih besar dibandingkan struktur batuan. Hal ini terjadi terutama pada freeboard kecil. Oleh sebab itu hasil penerapan data pengujian terhadap permodelan transmisi gelombang diharapkan menghasilkan nilai koefisien yang cenderung *under-estimate*.

Hasil prediksi permodelan van der Meer (1991) menunjukkan nilai transmisi *under-estimate*, seperti tampak pada Gambar 4.3. Hal tersebut sesuai dengan hipotesa di atas.



Gambar 4.3. Penggunaan Model van der Meer (1991) untuk Menentukan Koefisien Transmisi Gelombang Susunan Kantong Pasir

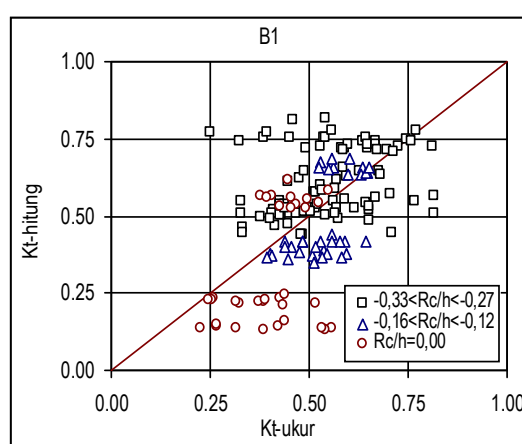
Sedangkan Van der Meer (2005) melakukan analisa ulang persamaan model d' Angelmont (1996). Data pengujian yang dimasukkan pada persamaan model tersebut juga menghasilkan prakiraan gelombang transmisi yang cenderung *under-estimate*, khususnya pada freeboard 0.00cm, seperti yang terlihat pada Gambar 4.4. Sedangkan pada freeboard besar, $R_c/H_i < -1.00$, pengaruh kekasaran permukaan struktur terhadap koefisien transmisi gelombang tidak terlihat.



Gambar 4.4. Penggunaan Model d'Angelmont (van der Meer, 2005) untuk menentukan koefisien transmisi Gelombang Susunan Kantong Pasir

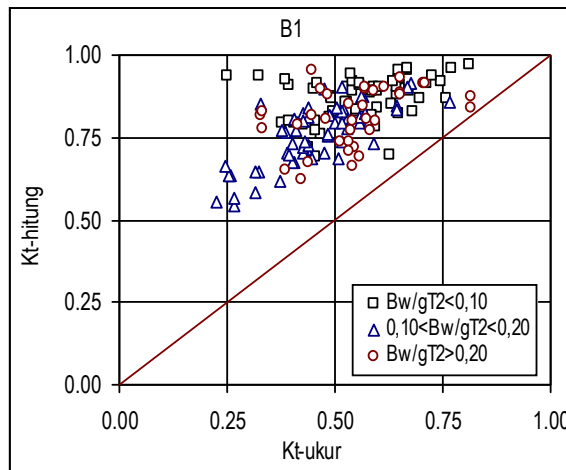
Seabrooks dan Hall (1998) membuat persamaan model transmisi gelombang pada pemecah gelombang tipe tenggelam (*submerged*) dengan menggunakan variabel

yang mewakili proses gelombang pecah, gelombang *overtopping*, gesekan (*frictional losses*) dan *internal flow losses*. Sesuai kondisi pengujian susunan kantong pasir, maka model Seabrooks dan Hall (1998) dilakukan modifikasi dengan menghilangkan dua item terakhir yaitu gesekan (*frictional losses*) dan *internal flow losses*. Hasil uji data pengukuran terhadap model Seabrook dan Hall (1998), seperti terlihat pada Gambar 4.5. Hasil prakiraan transmisi gelombang tersebut cenderung mempunyai harga $K_{t\text{hitung}}$ sama. Kecenderungan tersebut disebabkan dua item awal model Seabrooks dan Hall (1998) tidak memasukan faktor periode gelombang, sehingga perubahan variasi periode gelombang tertentu tidak berpengaruh terhadap koefisien transmisi gelombang hasil perhitungan ($K_{t\text{hitung}}$).



Gambar 4.5. Penggunaan Model Seabrook dan Hall (1998) untuk Menentukan Koefisien Transmisi Gelombang Susunan Kantong Pasir

Permodelan Armono, (2003), digunakan untuk menentukan transmisi gelombang pada *reef breakwater*. Hasil prediksi menunjukkan nilai transmisi gelombang hasil perhitungan relatif lebih besar (*upper-estimate*). Hal ini disebabkan perilaku *reef breakwater* yang cenderung lebih *porous* dibandingkan susunan kantong pasir, sehingga pengurangan energi gelombang akibat interaksi gelombang dengan struktur menjadi lebih kecil. Kondisi ini menyebabkan transmisi gelombang yang terbentuk juga lebih besar. Oleh sebab itu, hasil penerapan permodelan Armono (2003), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 cenderung *upper-estimate*.



Gambar 4.6. Penggunaan Model Tipe 3 Armono (2003) untuk Menentukan Koefisien Transmisi Gelombang Susunan Kantong Pasir

4.6 Usulan Persamaan Model Transmisi

Didasarkan pada hasil pengujian, model regresi koefisien transmisi dapat ditentukan sebagai fungsi dari beberapa variabel seperti kedalaman relatif, lebar puncak relatif, kecuraman gelombang, susunan dan bentuk kantong serta kemiringan struktur. Bentuk model persamaan koefisien transmisi gelombang adalah:

Persamaan model transmisi gelombang:

$$K_t = \frac{1}{1 + 37.319 \left(\frac{d}{h}\right)^{-3.632} \left(\frac{Bw}{gT^2}\right)^{0.385} \left(\frac{H_i}{gT^2}\right)^{0.333} \left(\frac{Ar}{\cot \alpha}\right)^{0.179} (BLc)^{-0.802}} \quad (4-1)$$

Dengan cara yang sama, diperoleh persamaan model transmisi gelombang reguler:

$$K_t = \frac{1}{1 + 69.427 \left(\frac{d}{h}\right)^{-4.917} \left(\frac{Bw}{gT^2}\right)^{0.461} \left(\frac{H_i}{gT^2}\right)^{0.288} \left(\frac{Ar}{\cot \alpha}\right)^{0.116} (BLc)^{-0.751}} \quad (4-2)$$

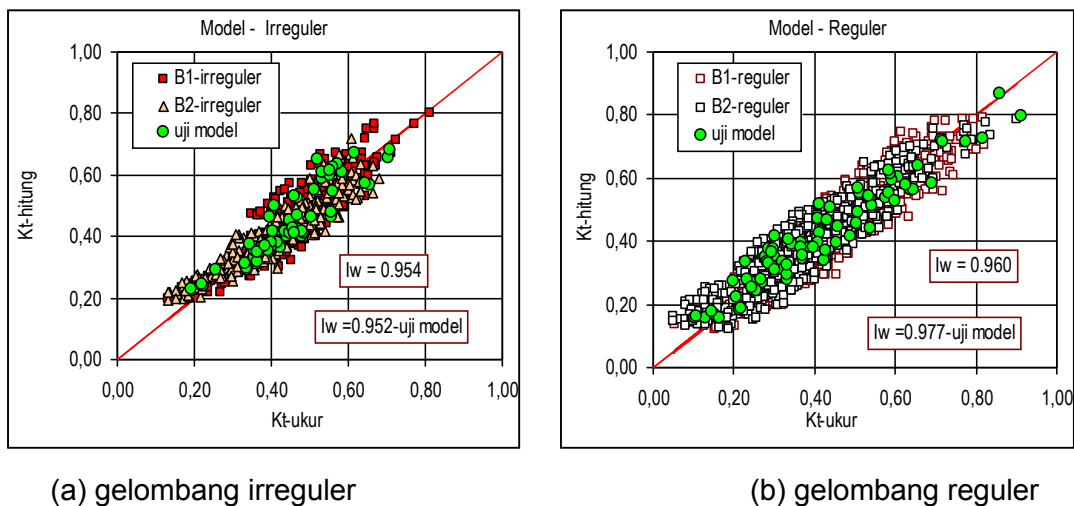
Kedua persamaan tersebut masing-masing dibentuk oleh 560 dan 847 data, serta mempunyai R^2 yang sama sebesar 0,834.

Pada kedua persamaan tersebut di atas mempunyai kesamaan yaitu variabel kedalaman relatif, d/h mempunyai nilai koefisien terbesar masing-masing -4,917 dan -3,632. Meskipun tidak sebesar d/h , variabel lebar puncak relatif, Bw/gT^2 , dan kecuraman gelombang, H_i/gT^2 , memberikan kontribusi relatif besar terhadap proses transmisi gelombang. Hal ini sesuai dengan Seabrooks dan Hall (1998); Bleck dan Oumeraci (2002). Seperti koefisien d/h , koefisien BLc mempunyai tanda negatif. Tanda negatif tersebut mempunyai pengertian bahwa peningkatan nilai d/h atau BLc

mengakibatkan peningkatan nilai koefisien transmisi, K_t . Parameter d/h makin meningkat, *freeboard* meningkat, maka koefisien transmisi juga meningkat. Begitu juga B/L_c , kenaikan B/L_c menciptakan susunan dengan angka pori kecil (Newberry, *et al.*, 2002), maka porositas makin kecil, sehingga *internal flow* makin kecil, nilai koefisien transmisi, K_t meningkat.

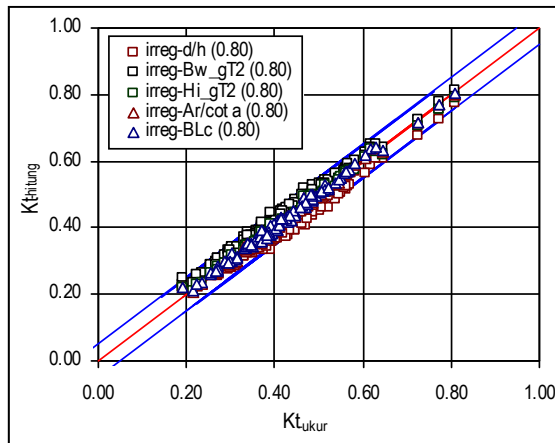
4.7 Pengujian Model Transmisi Gelombang

Hasil penggambaran Persamaan 2 untuk semua data, menunjukkan hasil yang baik antara $K_{t\text{ukur}}$ terhadap $K_{t\text{hitung}}$, seperti terlihat pada Gambar 4.7. Model terlihat mempunyai rentang data sempit dan lurus mengikuti trend garis best-fit, terutama pada harga K_t antara 0,15–0,80. Willmot *Index* mencapai nilai 0,960.

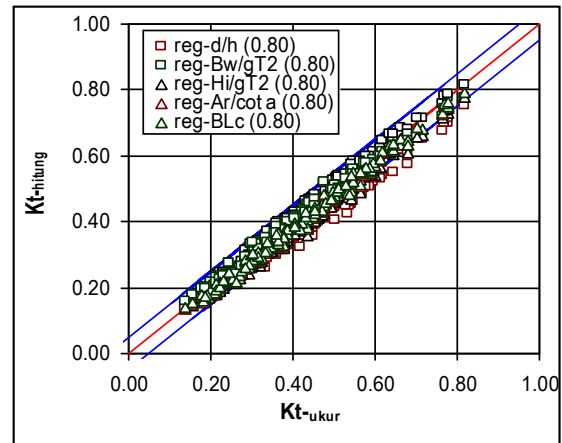


Gambar 4.7. Perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan terhadap K_t

Variasi perubahan koefisien variabel d/h , H/gT^2 , Bw/gT^2 dan konstanta adalah masing-masing $\pm 20\%$. Pada Gambar 4.8a terlihat bahwa pada gelombang irregular semua variabel relatif tidak sensitif terhadap perubahan koefisien. Sedangkan pada Gambar 4.8b nampak bahwa semua variabel relatif sedikit sensitif untuk gelombang regular. Namun secara umum model tersebut tidak terlalu sensitif terhadap perubahan koefisien variabel, sehingga model ini kokoh di dalam hubungan antara variabel-variabel terhadap perilaku transmisi gelombang susunan kantong pasir.



(a) gelombang Irreguler



(b) gelombang reguler

Gambar 4.8. Sensitivitas Model Koefisien Transmisi

4.8 Validasi Model Persamaan

Model merupakan persamaan yang dibentuk didasarkan pada data empiris hasil pengujian di laboratorium. Data-data tersebut mempunyai keterbatasan rentang nilai, pada umumnya keterbatasan nilai parameter tersebut disebabkan oleh keterbatasan kemampuan alat. Oleh sebab itu, model persamaan berlaku valid pada rentang nilai parameter sesuai dengan rentang data pengujian. Penggunaan model tersebut di luar rentang nilai yang ditentukan menyebabkan hasil prakiraan transmisi gelombang menjadi tidak benar. Persamaan model yang diajukan tersebut valid pada rentang nilai seperti pada Tabel 4.1, 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.1 Rentang Kondisi Gelombang Persamaan Model Transmisi Gelombang

Parameter	Gel Irreguler		Gel Reguler	
	min.	max.	min.	max.
d/h	1,000	1,333	1,000	1,333
Bw/gT ²	0,004	0,113	0,003	0,099
Hi/gT ²	0,003	0,015	0,001	0,014

Tabel 4.2 Rentang Kondisi Struktur Persamaan Model Transmisi Gelombang

Parameter	Syarat kondisi	
Bentuk Kantong:	guling (B1):	bantal (B2):
Koefisien <i>Blockiness</i> , BLc	0,975	0,880
Kemiringan, cot α	1,5 – 2,0	1,5 – 2,0

Tabel 4.3 Rentang Parameter Susunan Kantong dan Kemiringan Struktur

Susunan Kantong	Parameter ($Ar/\cot \alpha$)					
	SK1		SK2		SK3	
	S1.5	S2.0	S1.5	S2.0	S1.5	S2.0
Kantong B1	1,646	1,235	0,802	0,602	1,079	0,809
Kantong B2	1,073	0,805	0,880	0,660	0,967	0,725