



PENGARUH KEMIRINGAN DAN SUSUNAN STRUKTUR TERHADAP STABILITAS PEMECAH GELOMBANG TIPE KANTONG PASIR BENTUK BANTAL

Hamdani¹

Diterima 24 Mei 2009

ABSTRACT

Coastal erosion causes the destruction of the buildings on the beach, like the houses of citizens and other infrastructure. One method is to use abrasion prevention breakwater structure, but the kind of Rubble Mound Breakwater (RMB) becomes uneconomical when used in the cultivation of isolated, which has limited infrastructure and resource materials, especially stone. One method to overcome this problem is to use sandbags as a breakwater. Many researchers have done much research on the stability of sand bags. However, research is limited to the analysis of the effect of freeboard, the roughness, slope and structural stability of the heel and impose siege. These research studies on breakwater stability analysis type sandbags which is influenced by the slope of the configuration and structural arrangement. This is a physical model of an experimental 2-D is done in a wave tank in the Marine Environment and Energy Engineering Laboratory Marine - FTK ITB. Wave height ranges between 10 cm to 22 cm, the period is constant, 1.5 seconds. 1200 Number of waves for the wave. 50 cm high model, and the freeboard is 0 cm. Models vary is the slope and configuration of the sand bags. The results showed that the level of damage caused by the power of the model is highly dependent on model and configuration of the slope sandbags. Stability sandbags sandbags affected by cross-sectional configuration and the second wavelength. As a result of changes in the slope, the stability of SK1 has increased to 28.13%, while as a result of configuration changes, SK1 to SK2, causing stability has increased 4.17%.

Keywords : *stability, sandbag breakwater, configuration of structure, pillow sandbag, breakwater*

ABSTRAK

Abrasi pantai menyebabkan kehancuran pada bangunan di tepi pantai, seperti rumah-rumah warga dan infrastruktur lainnya. Salah satu metode pencegahan abrasi adalah dengan menggunakan struktur breakwater, tapi jenis Rubble Mound Breakwater (RMB) menjadi tidak ekonomis bila digunakan dalam pembudidayaan terisolasi, yang yang memiliki keterbatasan infrastruktur dan sumber bahan, terutama batu. Salah satu metode untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan karung pasir sebagai pemecah gelombang. Banyak peneliti telah melakukan banyak penelitian mengenai stabilitas kantong pasir. Namun

¹ Balai Wilayah Sungai Sumatra VII, Bengkulu
Rumah : Perum Rafflesia Blok C No.3 JL. Rafflesia Nusa Indah, Bengkulu
Email : hamdaniawal@yahoo.co.id

demikian, penelitian tersebut adalah terbatas pada analisis tentang pengaruh *freeboard*, kekasaran lereng dan struktur tumit dan memaksakan pengepungan kestabilan. Penelitian ini mengkaji tentang analisis stabilitas pemecah gelombang tipe karung pasir yang dipengaruhi oleh kemiringan konfigurasi dan susunan struktur. Ini adalah model fisik eksperimental 2-D yang dilakukan dalam tangki Gelombang Lingkungan dan Energi Laut di Laboratorium Teknik Kelautan - FTK ITB Bandung. Rentang tinggi gelombang antara 10 cm sampai 22 cm, periode konstan, 1,5 detik. Jumlah gelombang sebesar 1200 gelombang. Model tinggi 50 cm, dan *freeboard* adalah 0 cm. Model bervariasi adalah kemiringan dan konfigurasi kantong pasir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerusakan model yang disebabkan oleh kekuatan sangat tergantung pada kemiringan model dan konfigurasi karung pasir. Stabilitas karung pasir dipengaruhi oleh penampang karung pasir konfigurasi serta panjang gelombang sesaat. Sebagai hasil dari perubahan lereng, stabilitas SK1 telah meningkat hingga 28,13%, sementara sebagai akibat dari perubahan konfigurasi, SK1 untuk SK2, menyebabkan stabilitas telah meningkat 4,17%.

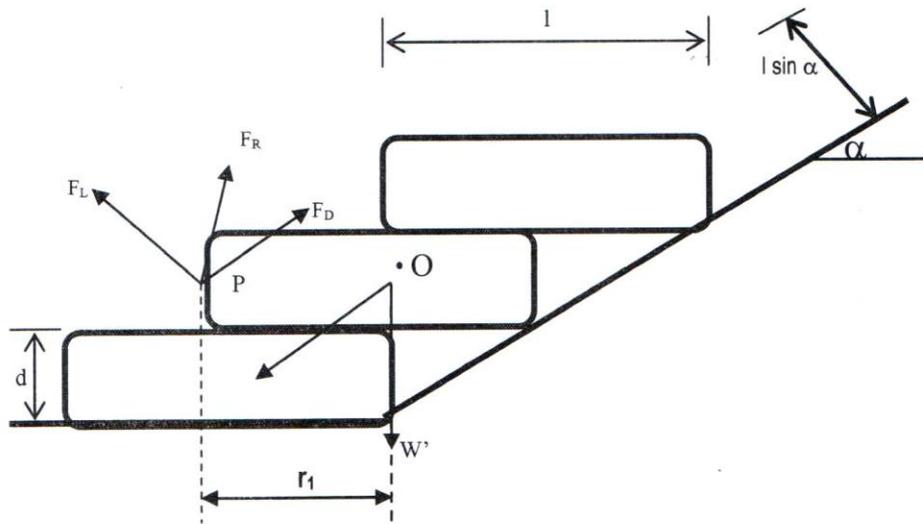
Kata kunci: stabilitas, karung pasir pemecah gelombang, struktur konfigurasi, karung bantal pasir, pemecah ombak.

PENDAHULUAN

Pada saat ini banyak muncul diberitakan tentang peningkatan muka air laut dan gelombang besar hampir terjadi di seluruh pantai Indonesia. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya abrasi pantai yang mengakibatkan kerusakan pada bangunan-bangunan di tepi pantai, seperti rumah penduduk dan infrastruktur lainnya. Salah satu metode penanggulangan abrasi adalah penggunaan pemecah gelombang, namun tipe *Rubble Mound Breakwater* (RMB) sering sulit dilaksanakan apabila lokasi-lokasi abrasi berada pada daerah-daerah yang terbatas fasilitas infrastruktur maupun sumber material khususnya material batu. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah penggunaan kantong pasir sebagai pemecah gelombang. Penggunaan kantong pasir sebagai pemecah gelombang dapat dilakukan dengan peralatan terbatas serta memanfaatkan material setempat (Yuwono, 1992). Penggunaan kantong pasir sebagai pemecah gelombang juga dapat mengatasi kesulitan dalam penyediaan material batu ukuran besar serta penyediaan peralatan pemecah batu dan ayakan untuk pembuatan beton (Silvester dan Hsu, 1992).

Pengaruh susunan kantong pasir terhadap stabilitas telah dikaji oleh Jacob dan Kobayashi, pada tahun 1983 dan 1985 (dalam Pilarczyk, 2000). Jacob dan Kobayashi melakukan pengujian pada struktur penahan gelombang *subaerial* dan *riprap*, dimana kantong pasir disusun secara *single layer* dan 50% *overlap*. Namun pengujian kantong pasir tersebut digunakan sebagai lapisan pelindung (*armour layer*).

Pengujian terhadap variasi susunan kantong pasir juga telah dilakukan oleh Corbett, B.B et al. (2005), pengujian tersebut melakukan pengkajian mengenai pengaruh *freeboard*, *roughness of slope* dan tumit struktur terhadap stabilitas. Sedangkan stabilitas kantong pasir pada saat ini terbatas pada kantong bentuk sosis (Silvester dan Hsu, 1992). Dari uraian tersebut di atas maka masih diperlukan suatu kajian yang lebih mendalam mengenai karakter stabilitas pemecah gelombang kantong pasir. Tujuan penelitian ini yaitu pengaruh kemiringan dan susunan struktur terhadap stabilitas pemecah gelombang tipe kantong pasir bentuk bantal. Skema susunan kantong pasir disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema susunan kantong pasir (Pilarczyk, 2000)

dimana :

- F_R = gaya hidrodinamis gelombang
- F_L = gaya angkat
- F_D = gaya seret (*drag force*)
- W' = gaya berat kantong pasir terendam
- d = tebal kantong
- O = titik putar momen kantong,
- P = pusat gaya
- l = panjang kantong
- α = kemiringan susunan.

Pada saat pengujian menunjukkan bahwa faktor dominan sebagai penggoyang susunan kantong pasir adalah *up-rush* gelombang. Kondisi ini sesuai dengan Jensen dan Juhl, (1988) (dalam Jensen dan Sorensen, 1988), bahwa gaya hidrodinamis pada saat *run-up* lebih besar dari pada pada saat *run-down*. Sesuai skema gaya pada kantong pasir pada Pilarczyk, K.W., (2000).

Sesuai persamaan Morison, maka gaya hidrodinamis gelombang yang bekerja pada pemecah gelombang adalah sebagai berikut:

$$F_D = C_D \rho_w A \bar{v} |v| \dots\dots\dots(1)$$

$$F_L = C_L \rho_w A \bar{v} |v| \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

- ρ_w = kerapatan air
- A = luas penampang kantong tegak lurus arah v
- C_D = koefisien gaya drag (*drag force*)
- C_L = koefisien gaya angkat (*lifting force*)
- g = percepatan gravitasi.

Perbandingan gaya berat kantong pasir (F_G) terhadap gaya hidrodinamis gelombang ($F_D + F_L$) dapat dituliskan sebagai :

$$\frac{F_G}{F_D + F_L} \approx \frac{g \Delta D}{(\sqrt{g H})^2} \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{H}{\Delta D} = N_s \dots\dots\dots(4)$$

dimana $\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$ dan N_s adalah bilangan stabilitas pemecah gelombang.

METODOLOGI

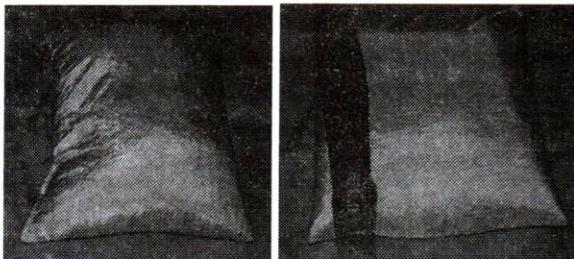
Bentuk, Berat dan Dimensi Kantong

Variasi bentuk kantong ditentukan yaitu bentuk guling (B1) dan bantal (B2), seperti tampak pada Gambar 2. Sebagai pengisi kantong

digunakan pasir yang diambil dari daerah Klaten Jawa Tengah dengan rapat massa 1540 kg/m^3 . Pasir yang digunakan merupakan jenis pasir kasar sampai halus. Apabila rapat massa air tawar dan air laut masing-masing adalah 998 kg/m^3 dan 1024 kg/m^3 , serta diasumsikan model dan proto-tipe menggunakan pasir yang sama, apabila berat prototipe 2000 kg , menurut Sharp and Khader, 1984 (dalam Hughes, 1993), maka berat model adalah:

$$(W_a)_m \approx 1,85 \text{ kg} \dots\dots\dots(5)$$

Dimensi kantong disesuaikan dengan volume pasir sebagai pengisi kantong, seperti disajikan pada Tabel 1.



Gambar 2. Bentuk kantong pasir tipe bantal

Set Up Eksperimental

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, dengan pengujian model fisik 2-D di laboratorium. Pada pengujian digunakan skala model 1:10. Pengujian dilakukan di kolam gelombang, Laboratorium Ling-kungan dan Energi Laut Teknik Kelautan ITB. Kolam gelombang tersebut mempunyai panjang 20 m, tinggi 1,5 m, lebar 0,8 m, dan kedalaman air 0,8 m. Elevasi tempat model dinaikkan 30 cm dan

dibuat kemiringan dasar 1:10, seperti tampak pada Gambar 3. *Wave probe* dipasang dua buah di depan model dan digunakan untuk mengukur tinggi gelombang.

Pada pengujian digunakan gelombang reguler. Rentang tinggi gelombang antara 10,00 sampai 22,00 cm, sedangkan periode dibuat konstan 1,50 detik. Tinggi gelombang pengujian, *H*, merupakan tinggi rata-rata yang direkam pada *wave probe*. Durasi penyerangan gelombang adalah 30 menit (=1200 gelombang). Arah penyerangan gelombang tegak lurus model.

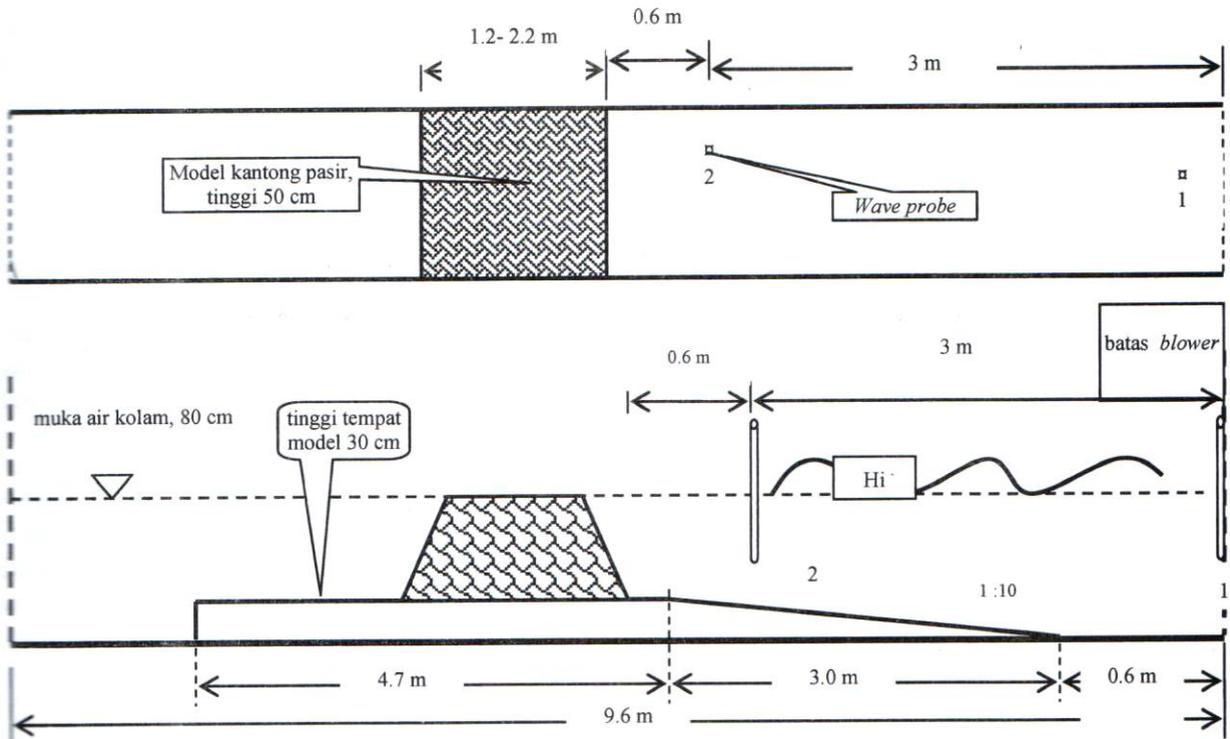
Susunan Kantong Pasir

Model pemecah gelombang merupakan kantong pasir yang disusun sedemikian rupa sehingga mencapai tinggi 50 cm, sehingga *freeboard* sebesar 0 cm. Lebar puncak (*crest width*) model adalah 60 cm. Kemiringan lereng depan model ditentukan 1:1,5 ($\alpha = 33,69^\circ$) dan 1:2 ($\alpha = 26,57^\circ$), serta lereng belakang model adalah 1:1.

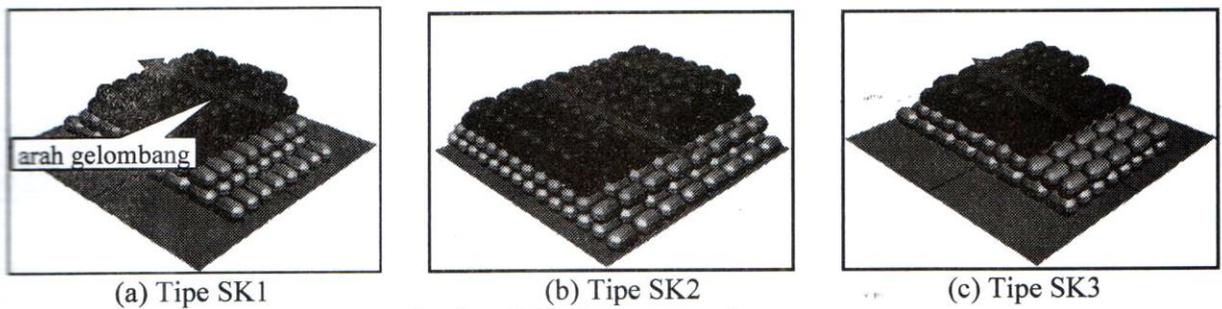
Variasi model susunan kantong dibuat tiga tipe yaitu SK1, SK2 dan SK3, seperti tampak pada Gambar 4. Pada tipe SK1 kantong disusun dengan sumbu panjang sejajar arah gelombang, tipe SK2 kantong dipasang dengan sumbu panjang tegak lurus arah gelombang, sedangkan tipe SK3 kantong disusun dengan sumbu panjang tegak lurus dan sejajar arah gelombang (selang-seling). Kemiringan lereng depan model dinotasikan sebagai S1,5 dan S2,0, dimana masing-masing mempunyai pengertian bahwa kemiringan lereng depan model adalah 1: 1.5 dan 1 : 2.0.

Tabel 1. Dimensi kantong pasir

Bentuk Kantong	Dimensi (cm)			Keterangan
	panjang	Lebar	tebal	
Bantal (B2)	16,00	13,50	4,50	
Lengan momen	8,00	6,25	-	Asumsi terjadi <i>overlap</i> antar kantong 50%



Gambar 3. Pengaturan posisi model



Gambar 4. Variasi susunan kantong

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Gelombang Uji

Sesuai hasil perhitungan, perbandingan antara tinggi gelombang maximum terhadap kedalaman, H/d , mempunyai rentang nilai 0,28 sampai 0,37, seperti ditampilkan pada Tabel 2. Nilai tersebut lebih rendah dari pada kriteria gelombang pecah Mc. Cowan (dalam CERC, 1984), yaitu $H/d \geq 0.78$. Kondisi ini sesuai dengan

pengamatan pada saat pengujian yang menunjukkan bahwa gelombang pecah pada saat mengenai model, hal ini sesuai dengan Hudson (1959).

Tingkat Kerusakan

Tingkat kerusakan didasarkan pada perbandingan jumlah kantong berpindah akibat terjangan gelombang terhadap total jumlah kantong pada daerah efektif. Pengertian daerah

efektif adalah daerah serangan gelombang, dimana merupakan daerah antara muka air tenang sampai posisi kantong paling bawah yang mampu dipindah oleh gelombang, sehingga dapat dituliskan sebagai :

$$S = \frac{\text{jumlah kantong berpindah}}{\text{jumlah total kantong pada daerah efektif}} \times 100\% \dots (6)$$

dimana :

S = tingkat kerusakan

Pengertian kantong berpindah dibatasi khusus pada kantong akibat gaya angkat, yaitu pada lokasi di depan susunan. Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa secara umum semakin tinggi gelombang maka tingkat kerusakan semakin besar. Kemiringan grafik memperlihatkan hubungan tingkat kerusakan terhadap tinggi gelombang. Makin landai kemiringan grafik, maka model mengalami sedikit kersa-

kan, sedangkan makin curam kemiringan grafik maka makin besar tingkat kerusakan model pada tinggi gelombang yang sama.

Stabilitas

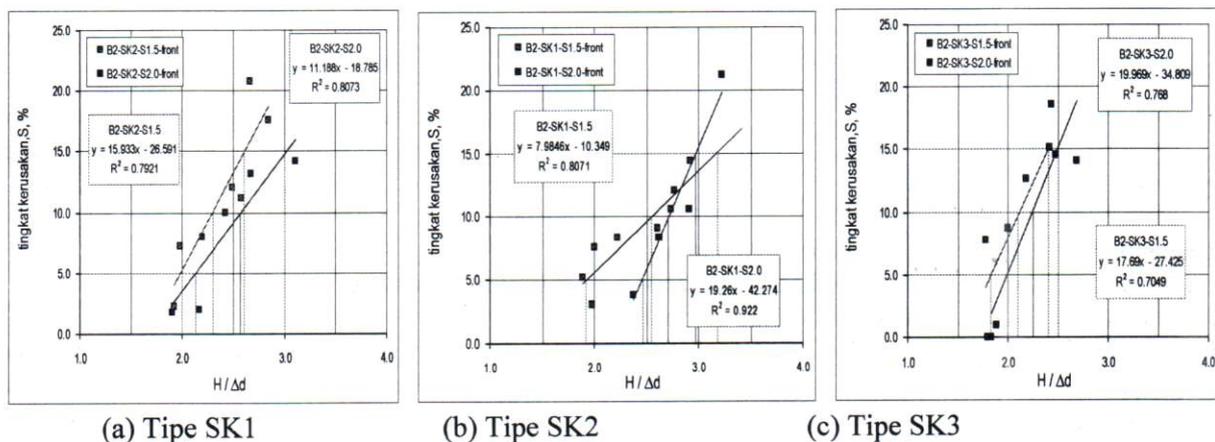
Stabilitas ditentukan sebagai hubungan antara tingkat kerusakan pemecah gelombang terhadap tinggi gelombang. Sesuai dengan Gambar 5, maka dapat ditentukan stabilitas untuk masing-masing tipe susunan kantong. Nilai stabilitas tersebut ditampilkan pada Tabel 3. Pada susunan SK1 untuk tingkat kerusakan, S = 5,00%, terjadi peningkatan stabilitas akibat perubahan kemiringan dari S1,5 menjadi S2,0 sebesar 28,13%. Sedangkan perubahan susunan dari SK1-S1,5 menjadi SK2-S1,5, terjadi peningkatan stabilitas sebesar 4,17% untuk tingkat kerusakan yang sama.

Tabel 2. Perbandingan tinggi gelombang maximum dengan kedalaman (H/d)

Bentuk kantong	Tipe susunan kantong					
	SK1 - S1,5	SK1 - S2,0	SK2 - S1,5	SK2 - S2,0	SK3 - S1,5	SK3 - S2,0
Bantal (B2)	0,34	0,37	0,33	0,36	0,28	0,31

Tabel 3. Perubahan nilai stabilitas akibat perubahan kemiringan

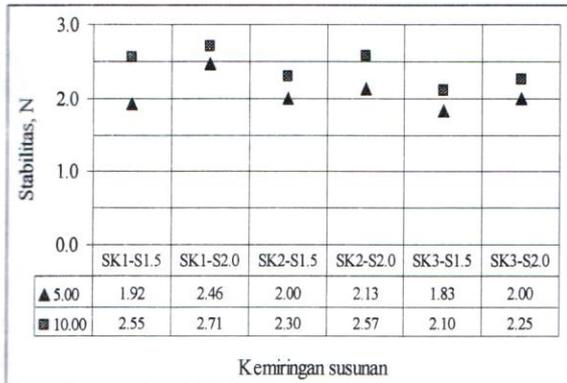
Tingkat Kerusakan (%)	Susunan kantong pasir :					
	SK1 - S1,5	SK1 - S2,0	SK2 - S1,5	SK2 - S2,0	SK3 - S1,5	SK3 - S2,0
5.00	1,92	2,46	2,00	2,13	1,83	2,00
10.00	2,55	2,71	2,30	2,57	2,10	2,25



Gambar 5. Hubungan tingkat kerusakan terhadap tinggi gelombang

Pengaruh kemiringan lereng

Hasil pengujian, seperti tampak pada Gambar 6, menunjukkan bahwa secara umum kemiringan lereng landai lebih stabil terhadap terjangan gelombang. Hal ini sesuai dengan Hudson (1959). Perubahan kemiringan lereng dari 1:1,5 ($\alpha = 33,69^0$) menjadi 1:2 ($\alpha = 26,57^0$) mengakibatkan pengurangan luas penampang gaya, seperti ditampilkan pada Tabel 4. Pengurangan luas penampang gaya pada susunan kantong menyebabkan gaya hidrodinamis gelombang menjadi berkurang. Hal ini menyebabkan gaya gelombang terhadap kantong susunan S2,0 lebih kecil dibandingkan terhadap susunan kantong S1,5, sehingga pada berat kantong sama, susunan kantong S2,0 lebih stabil. Jadi gaya hidrodinamis gelombang dipengaruhi luas penampang kantong dan kondisi ini juga berpengaruh terhadap stabilitas susunan kantong.



Gambar 6. Hubungan kemiringan lereng terhadap nilai stabilitas pada tingkat kerusakan 5%, dan 10%.

Pengaruh susunan

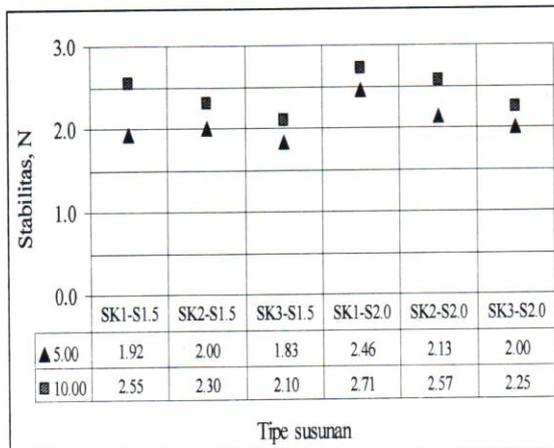
Secara umum hasil pengujian menunjukkan terdapat variasi nilai stabilitas susunan akibat

perubahan susunan kantong, seperti ditampilkan pada Gambar 7. Perubahan stabilitas sebesar 4,17% terjadi pada perubahan susunan SK1 terhadap SK2. Hal ini membuktikan bahwa tingkat stabilitas susunan kantong dipengaruhi oleh jenis susunan. Pada semua kemiringan, susunan tipe SK1 mempunyai stabilitas paling tinggi, fenomena ini menunjukkan bahwa stabilitas susunan kantong dipengaruhi oleh penempatan kantong. Susunan kantong dengan sumbu panjang sejajar searah gelombang memberikan tingkat stabilitas lebih tinggi, sesuai dengan Porraz, (1979) (dalam Pilarczyk, 2000).

Susunan SK1 mempunyai luas penampang gaya paling kecil, seperti ditampilkan pada Tabel 4, sehingga gaya hidrodinamis gelombang terhadap SK1 paling kecil dibandingkan dengan susunan lain. Hal ini menyebabkan SK1 mempunyai angka stabilitas paling tinggi, seperti nampak pada Gambar 7. Fenomena berbeda terjadi pada susunan SK2, dimana pada kemiringan yang sama susunan SK2 mempunyai luas penampang kantong lebih besar dibandingkan susunan SK3, tetapi SK2 mempunyai stabilitas lebih tinggi dibandingkan susunan SK3. Namun apabila ditinjau dari segi lengan momen, maka SK2 mempunyai lengan momen lebih pendek dari pada susunan SK3, karena susunan SK2 menempatkan sumbu pendek searah gelombang, mungkin hal tersebut yang menyebabkan SK2 lebih stabil. Hal ini menunjukkan bahwa stabilitas tidak hanya ditentukan oleh luas penampang gaya saja namun juga oleh faktor lengan momen, fenomena tersebut sesuai dengan Mizutani, (1994).

Tabel 4. Luas penampang pada masing-masing susunan dan kemiringan

Keterangan	SK1 - S1,5	SK1 - S2,0	SK2 - S1,5	SK2 - S2,0	SK3 - S1,5	SK3 - S2,0
Kemiringan lereng	1 : 1,5	1 : 2,0	1 : 1,5	1 : 2,0	1 : 1,5	1 : 2,0
Luas penampang kantong pada kemiringan lereng, cm ²	33.698	27.168	39.938	32.199	36.818	29.684



Gambar 7. Hubungan jenis susunan kantong pasir terhadap nilai stabilitas pada tingkat kerusakan 5% dan 10%.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengujian dan pembahasan di atas adalah sebagai berikut:

- Gelombang yang digunakan pada pengujian ini belum pecah dan pecah pada saat mengenai model.
- Besarnya gaya hidrodinamis gelombang dipengaruhi oleh penampang kantong dan lengan momen.
- Kemiringan lereng landai menyebabkan luas penampang berkurang maka gaya gelombang juga makin berkurang. Model dengan kemiringan lereng 1 : 2,0, memiliki stabilitas lebih tinggi dibandingkan model dengan kemiringan lereng 1 : 1,5. Pada tingkat kerusakan 5,00%, susunan SK1 - S2,0 mempunyai stabilitas mencapai 2.46, sedangkan stabilitas SK1-S1,5 hanya 1,92, sehingga peningkatan stabilitas mencapai 28,13%.
- Luas penampang gaya juga dipengaruhi oleh jenis susunan. Susunan kantong dengan sumbu panjang searah gelombang, yaitu susunan SK1, mempunyai stabilitas paling tinggi. Pada tingkat kerusakan 5,00%, SK1-S1,5 mempunyai nilai stabilitas sebesar 1,92, sedangkan SK2 - S1,5 mempunyai stabilitas 2,00, sehingga perubahan stabilitas 4,17%.

- Perbedaan stabilitas akibat pengaruh kemiringan lebih besar dari pada pengaruh susunan. Fenomena ini menunjukkan bahwa pada kantong bentuk bantal pengaruh kemiringan lebih dominan dibanding dengan pengaruh susunan. Hal ini mungkin disebabkan perbandingan panjang dan lebar pada kantong bentuk bantal relatif sama ($p/l=1,23$).

SARAN

Saran yang dapat peneliti berikan menyikapi hasil penelitian ini adalah variasi dibatasi pada tinggi gelombang, susunan dan kemiringan struktur, sedangkan parameter pengujian lainnya, seperti periode gelombang dan bentuk kantong pasir dibuat konstan. Agar penelitian mengenai stabilitas kantong pasir ini lebih akurat maka perlu dikembangkan penelitian lanjutan dengan memperbanyak variasi kemiringan dan bentuk kantong pasir serta periode gelombang. Pengaruh berat volume pasir perlu dilakukan penelitian yang lebih dalam, sebab hal ini sangat berpengaruh terhadap stabilitas kantong pasir.

DAFTAR PUSTAKA

- CERC, (1984). "Shore Protection Manual", Departement of The Army Waterway Experiment Station, Corps of Engineering Research Center, Fourth Edition, US Government Printing Office, Woshington.
- Corbett, B.B., Tomlinson, R.B, dan Jackson, L.A., (2005). "Reef Breakwater for Coastal Protection Safety Aspects and Tolerances", Proceedings of the 17th Australiasan Coas-tal & Ocean Engineering Conference 21-23rd September 2005, Adelaide, Australia.
- Hudson, dan Robert Y., (1959). "Laboratory Investigation Of Rubble-Mound Break-waters", Waterways and Harbor Division, Vol 85 No WW3.
- Hughes, S.A, (1993). "Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Enginee-

ring", first edition, World Scientific, Singapore, p. 177-182.

Jensen, O., Juul, dan Sorensen T., (1988). "Hydraulic Performance Of Berm Breakwaters" Berm Breakwaters: Unconventional Rubble-Mound Breakwaters, ASCE, New York.

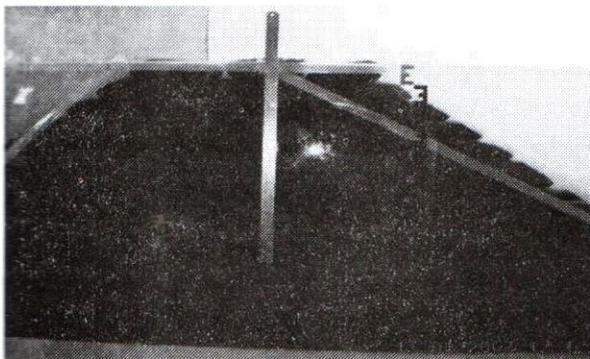
Mizutani, Norimi et al, (1994), "Stability Of Armor Stones Of A Submerged Wide-Crown Breakwater", Proceeding of the 24th International Conference Coastal Engineering 1994, Kobe-Japan, 1994, pp 1439-1453.

Yuwono, N., (1992). "Dasar Dasar Perencanaan Bangunan Pantai", Laboratorium Hidrolika dan Hidrologi, PAU IT UGM, Yogyakarta. p. V-6,263.

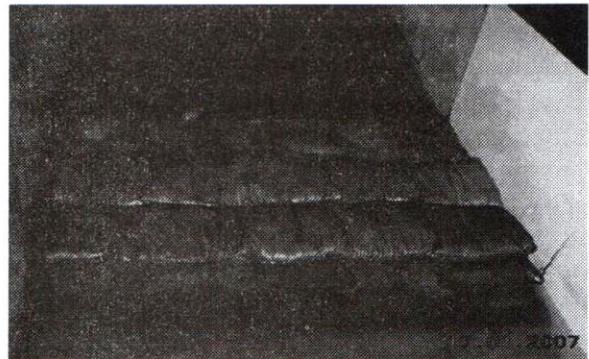
Pilarczyk, K. W., (2000). "Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering", A.A. Balkema Rotterdam, p 316-320.

Silvester R., dan Hsu J, R., C., (1992). "Coastal Stabilization, Innovative Concepts", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

LAMPIRAN

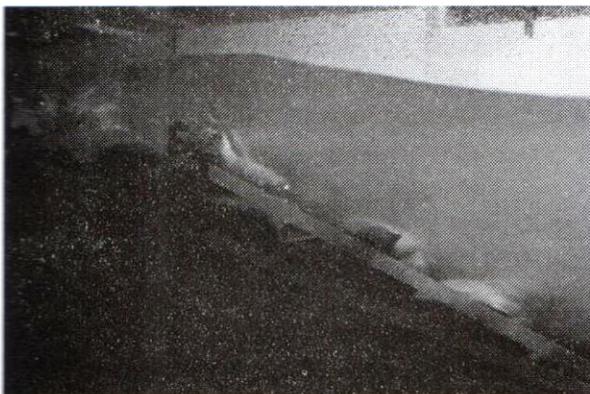


(a)

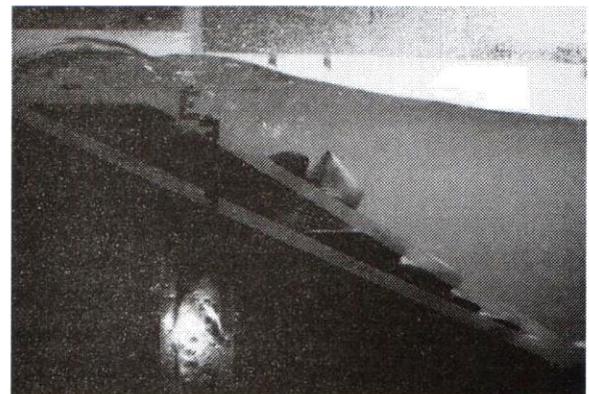


(b)

Gambar A. Pemecah gelombang susunan kantong pasir sebelum diterjang gelombang (a) tampak samping (b) tampak atas.

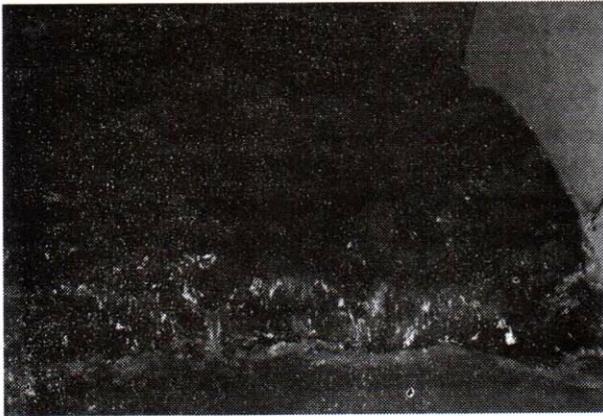


(a)

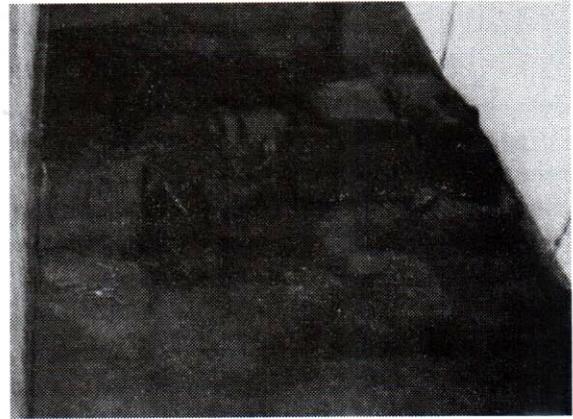


(b)

Gambar B. Gelombang pada saat menerjang kantong pasir
(a) gaya hidrodinamis akibat *up-rush* dianggap pemicu terlepasnya kantong dari susunan
(b) terlihat gelombang melintasi puncak pemecah gelombang



(a)



(b)

Gambar C. Perubahan susunan kantong pasir akibat terjangan gelombang (a) pada saat terkena terjangan gelombang (b) sesaat setelah terjangan gelombang berhenti, terlihat kantong pasir lapisan pertama banyak yang lepas dari susunan.