

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

## *The Influence Of The Slope And Configurations Of Sandbag On The Sandbag Breakwater Stability*

Ferry Fatnanta<sup>1)</sup>, Widi Agus Pratikto<sup>2)</sup>  
Wahyudi Citrosiswoyo<sup>2)</sup>, Haryo Dwito Armono<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa S-3 Teknik Kelautan Fak. Teknologi Kelautan ITS Surabaya, e-mail : [fatnanto5@yahoo.com](mailto:fatnanto5@yahoo.com)

<sup>2)</sup> Dosen Teknik Kelautan Fak. Teknologi Kelautan ITS Surabaya, Kampus ITS Sukolilo Keputih Surabaya

---

### ABSTRACT

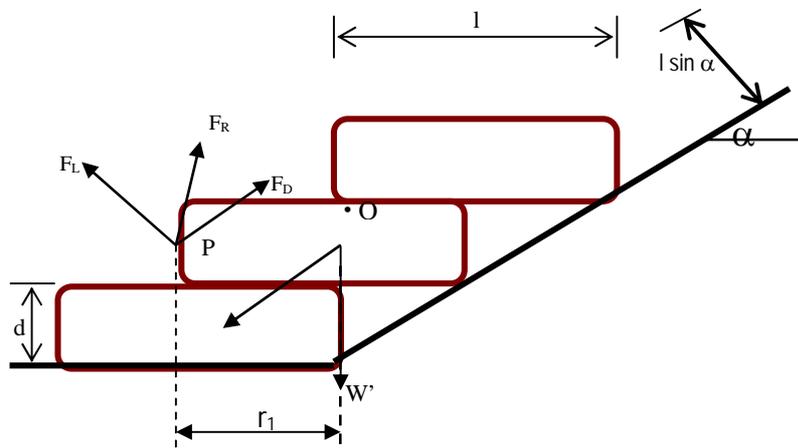
Coast abration causes destructions on buildings in the seashore, like citizen houses and other infrastructures. One of the abration prevention methods is by using breakwater structure, but type of Rubble Mound Breakwater (RMB) becomes uneconomical when it is used in isolated seashores, which that has limited infrastructure and material sources, mainly stones. One of the methods to overcome this problems is by using sandbags as the breakwater. Many researcher have been conducted research on the sandbag stabilities. Nevertheless, those researchs is limited on analysis about the influence of the freeboard, roughness of slope and the heel structure and the sauges sandbag stabilities. Therefore, this research is analyzed about the influence of configuration and slope change on the sandbag breakwater stability type pillow. It is an experimental 2-D physical model done in the Wave tank of Environmental and Sea Energy Laboratory in Marine Engineering - FTK ITS Surabaya. The range of wave height between 10cm to 22cm, the period is constant, 1.5 second. The number of wave was 1200 waves. The model height is 50cm, and the freeboard is 0cm. The Model variasi reviewal are slope and configuration of sand bags. The result of the research shows that the damage level of the model caused by forces is depends upon slope of model and configuration of sand bags. Specifically, the sandbag stability is influenced by the cross section of configuration sandbag and length of moment. As result of the slope change, the stability of SK1 has been increased up to 28.13%, while as a result of configuration change, SK1 to SK2, caused the stability has been increased 4.17%.

Keyword : stability , sandbag breakwater, configuration of sandbag, pillow sandbag

### 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 (Nur 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, 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 tersebut kantong pasir 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 tunit 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. Oleh sebab itu pada penelitian ini dikaji mengenai pengaruh susunan dan kemiringan struktur terhadap stabilitas pemecah gelombang kantong pasir berbentuk bantal. Skema susunan kantong pasir disajikan pada Gambar-1, 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,



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

P= pusat gaya, l = panjang kantong dan = 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:

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

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

Dimana  $\rho_w$  adalah kerapatan air, A merupakan luas penampang kantong tegak lurus arah v.  $C_D$  adalah koefisien gaya drag (*drag force*),  $C_L$  merupakan koefisien gaya angkat (*lifting force*), sedangkan g = percepatan gravitasi. Perbandingan gaya berat kantong pasir,  $F_G$ , terhadap gaya hidrodinamis gelombang,  $F_D + F_L$ , dapat dituliskan sebagai :

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

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

Dimana **Error! Objects cannot be created from editing field codes.** dan  $N_s$  adalah bilangan stabilitas pemecah gelombang.

## METODE PENELITIAN

### 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<sup>3</sup>. Pasir yang digunakan merupakan jenis pasir kasar sampai halus. Apabila rapat massa air tawar dan air laut masing-masing adalah 998 kg/m<sup>3</sup> dan 1024 kg/m<sup>3</sup>, serta diasumsikan model dan prototipe menggunakan pasir yang sama, apabila berat prototipe 2000kg, menurut Sharp and Khader, 1984 (dalam Hughes, 1993), maka berat model adalah:

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

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



Gambar 2. Bentuk kantong pasir tipe bantal

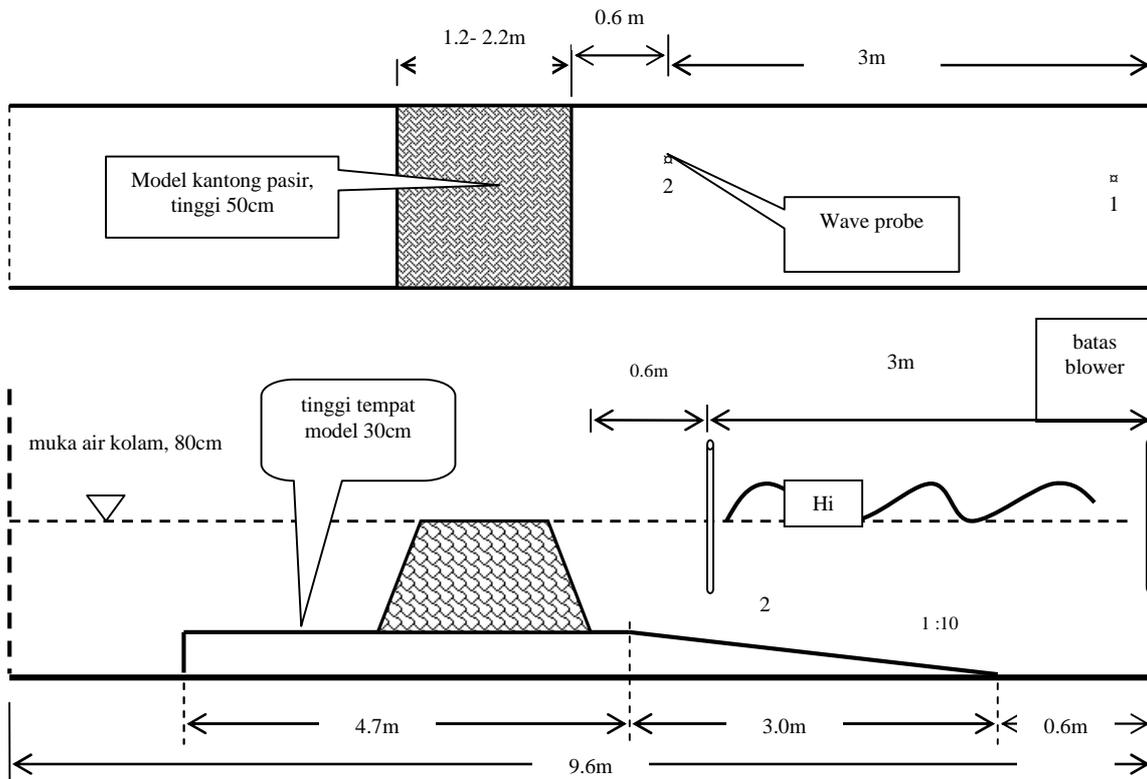
Tabel 1. Dimensi kantong pasir

Bentuk Kantong	Dimensi (cm)			Keterangan
	panjang	Lebar	tebal	
Bantal (B2)	16.00	13.50	4.50	
Lengan momen	8.00	6.25	-	Asumsi terjadi overlap antar kantong 50%

## 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 Lingkungan dan Energi Laut Teknik Kelautan ITS. Kolam gelombang tersebut mempunyai panjang 20m, tinggi 1.5m, lebar 0.8m, dan kedalaman air 0.8 m. Elevasi tempat model dinaikkan 30cm dan dibuat kemiringan dasar 1 : 10, seperti tampak pada Gambar 3. Wave probe dipasang dua buah di depan model digunakan untuk mengukur tinggi gelombang.

Pada pengujian digunakan gelombang reguler. Rentang tinggi gelombang antara 10,00 sampai 22,00cm, 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.



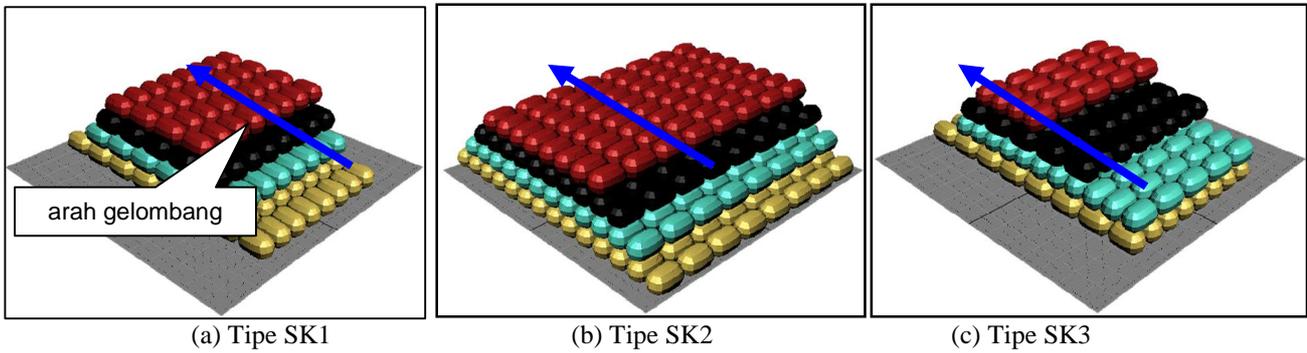
Gambar 3. Pengaturan posisi model

## Susunan Kantong Pasir

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



Gambar 4. Variasi susunan kantong

**HASIL PENGUJIAN 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.

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

**Tingkat Kerusakan**

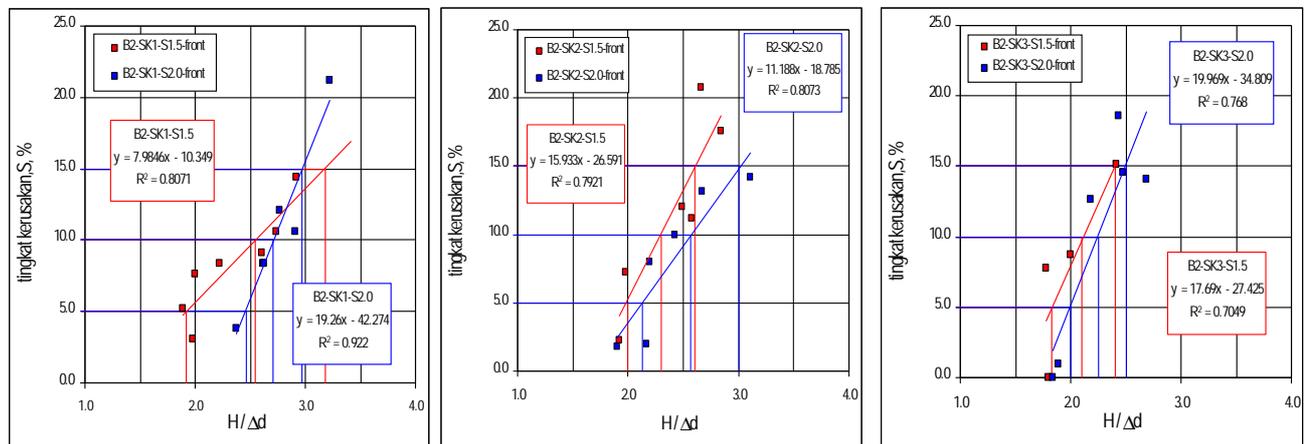
Tingkat kerusakan didasarkan pada perbandingan jumlah kantong berpindah akibat terjangan gelombang terhadap total jumlah kantong pada daerah efektif. Pengertian daerah efektif adalah daerah serangan gelombang, dimana merupakan daerah antara muka air tenang sampai posisi kantong paling bawah yang mampu dipindah oleh gelombang, sehingga dapat dituliskan sebagai :

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

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



Gambar 5. Hubungan tingkat kerusakan terhadap tinggi gelombang

## 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

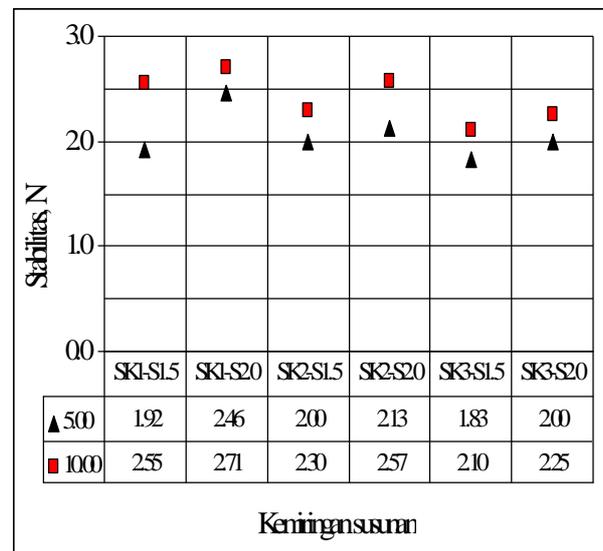
kerusakan,  $S = 5.00\%$ , terjadi peningkatan stabilitas akibat perubahan kemiringan dari S1.5 menjadi S2.0 sebesar 28.13%. Sedangkan perubahan susunan dari SK1-S1.5 menjadi SK2-S1.5, terjadi peningkatan stabilitas sebesar 4.17% untuk tingkat kerusakan yang sama.

Tabel 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

### 1. 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 ( $= 33,69^0$ ) menjadi 1 : 2 ( $= 26,57^0$ ) 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%.

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 <sup>2</sup>	33.698	27.168	39.938	32.199	36.818	29.684

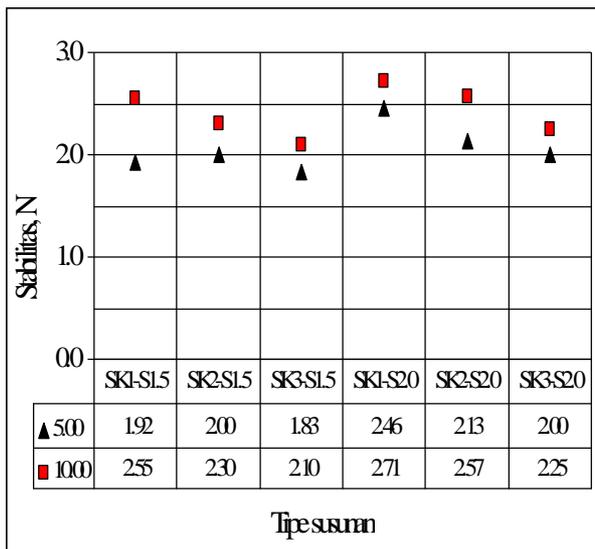
### 2. Pengaruh susunan

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, N.,(1994).



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

### KESIMPULAN DAN SARAN

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

1. Gelombang yang digunakan pada pengujian ini belum pecah dan pecah pada saat mengenai model.
2. Besarnya gaya hidrodinamis gelombang dipengaruhi oleh penampang kantong dan lengan momen.
3. 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%.
4. 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%.

5. 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 ( $p/l=1.23$ ).
6. Pada penelitian ini 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, Jackson, L.A. (2005), "Reef Breakwater for Coastal Protection Safety Aspects and Tolerances", *Proceedings of the 17<sup>th</sup> Australasian Coastal & Ocean Engineering Conference 21-23<sup>rd</sup> Sepetember 2005, Adelaide, Australi*

Hudson, Robert Y., (1959), "Laboratory Investigation Of Rubble-Mound Breakwaters", *Waterways and Harbor Division, Vol 85 No WW3*.

Hughes, S.A, (1993), "Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering", 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 24<sup>th</sup> International Conference Coastal Engineering 1994, Kobe-Japan, 1994, pp 1439-1453*

Nur Yuwono, (1992), "Dasar Dasar Perencanaan Bangunan Pantai", Laboratorium Hidrolika

dan Hidrologi, PAU IT UGM, Yogyakarta. p. V-6.  
 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.