



STABILITAS PENAHAN GELOMBANG KANTONG PASIR BENTUK GULING

Ferry Fatnanta^{*)}, Widi Agus Pratikto^{**)}, Wahyudi Citrosiswoyo^{**)}, Haryo Dwito Armono^{**)}

ABSTRACT

A general problem on the shore area is abration, which mainly it is caused by sea wave activities. One of the abration prevention methods is by using breakwater structure. Structure breakwater typed armour stone or concrete becomes uneconomical when is used in isolated seashores. that have limited infra structure and material sources. One of ways to overcome the limitation at infrastructure and material sources is by using sand bag as the breakwater. The use of sand bag as the submerged breakwater is less the use of material, it can be use local material and it can also be done with limited equipment. The other of this advantage, the sand bag is the elastic material, it's increased the contact area between of sand bags, so expected that increased the stability. Therefore, it needs a research about behavior of stability the sand bag breakwater. This is experimental research with physical model 2-D done in Flume 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 model height is 50cm, so that the freeboard is 0cm. The Model parameters reviewal are slope and configuration of sand bag. The result of test showed that the damage of model due to waves is depends upon slope of model and configuration of sand bag.

keywords : stability, sand bag breakwater, configuration of sand bag

PENDAHULUAN

Permasalahan yang sering muncul pada daerah pantai adalah abrasi pantai yang disebabkan oleh aktivitas gelombang laut. Salah satu metode menanggulangi erosi pantai adalah penggunaan struktur penahan gelombang. Namun pada banyak buku Manual atau *hand book*

Teknik Pantai ditampilkan struktur penahan gelombang tipe *armour stone* atau beton yang tidak ekonomis apabila dilaksanakan pada daerah-daerah pantai berpasir yang terpencil serta terbatas fasilitas infrastrukturnya. Salah satu cara untuk mengatasi masalah keterbatasan infrastruktur dan sumber material tersebut adalah penggunaan

^{*)} Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, e-mail: fatnanto5@yahoo.com
Lantai II Gedung C Kampus Bina Widya KM 12,5 Panam Pekanbaru
e-mail: fatnanto5@yahoo.com, Telp : 08127648743

^{**)} Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
Jl. Kampus ITS Keputeh Sukolilo Surabaya

kantong pasir sebagai penahan gelombang. Kelebihan kantong pasir sebagai penahan gelombang adalah sedikit dalam penggunaan material, dapat dilaksanakan dengan peralatan terbatas serta dapat memanfaatkan material setempat (Nur Yuwono, 1992). Selain permasalahan tersebut diatas, penggunaan penahan gelombang *soft shore protection*, seperti penahan gelombang kantong pasir tipe *submerged* pada saat ini perlu didukung sebab tidak mempunyai dampak buruk terhadap ekologi di daerah tersebut (Black and Mead, 1999 dalam Hiliau, W., 2003). Pada lokasi pariwisata, penggunaan penahan gelombang tipe *subaerial* atau *seawall* dapat mengganggu pemandangan serta menyulitkan aktifitas masyarakat di pantai (Black K.P, 2001). Sedangkan pada saat ini material batu semakin mahal dan sulit diperoleh (W.P Hornsey, 2003). Kantong pasir bersifat elastis (Pilarczyk., K. W., 2000), sehingga mempunyai luas bidang kontak antara kantong lebih besar dari pada batuan atau beton yang bersifat kaku.

LANDASAN TEORI

Hasil pengamatan pada saat pengujian menunjukkan bahwa kondisi yang dominan untuk menggoyang kantong pasir adalah akibat *up-rush* gelombang, hal ini dimungkinkan karena model merupakan jenis *submerged*, sehingga kondisi *up-rush* dianggap sebagai pemicu lepasnya kantong pasir dari susunannya.

Fenomena *up-rush* merupakan kondisi kritis terhadap stabilitas susunan kantong pasir, sesuai dengan kondisi tersebut maka posisi titik putar momen, titik O, berada di atas pusat massa, seperti tampak pada Gambar 1. Apabila

kantong pasir dengan panjang l dan diameter d, disusun membentuk lereng α terhadap bidang horisontal sehingga membentuk suatu struktur penahan gelombang maka oleh Jensen, Jull, 1984, persamaan gaya hidrodinamis yang bekerja pada penahan gelombang tersebut adalah:

$$F_R = \frac{1}{2} C \rho_w U^2 A \dots\dots\dots (1)$$

Dengan mengambil momen terhadap titik O, maka kriteria stabilitas dipenuhi apabila :

$$(F_R \sin \varphi) (r_1) \leq (W' \cos \alpha) (r_1) \dots\dots (2)$$

dimana $F_R \sin \varphi = F_L$, F_L adalah gaya angkat (*lifting force*), sedangkan, W' merupakan berat kantong terendam air (*submerged*) :

$$W' = \left(\frac{1}{4} n d^2 l \right) (\rho_s - \rho_w) g \dots\dots\dots (3)$$

Kecepatan gelombang ditentukan dengan menggunakan hukum kekekalan energi (Jensen, Jull, 1984), yaitu :

$E_{kinetik} = E_{potensial}$, maka dituliskan sebagai :

$$\frac{1}{2} m U^2 = mgRu = mg \xi H \dots\dots\dots (4)$$

jadi :

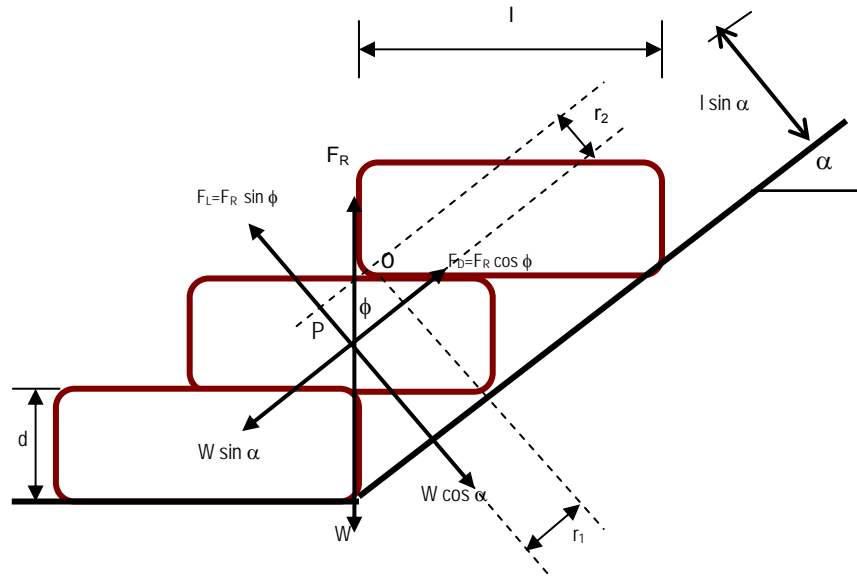
$$U^2 = 2 \xi g H \dots\dots\dots (5)$$

dimana ξH merupakan gelombang run-up pada saat mengenai struktur penahan gelombang (Jensen, Jull, 1984). Sedangkan luas penampang kantong, A, tegak lurus gaya hidrodinamis F_L adalah:

$$A = \frac{1}{4} n d^2 \sin \alpha \dots\dots\dots (6)$$

Dengan memasukkan A, W' dan U^2 ke Persamaan 2, maka Persamaan 2 dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\left(\frac{1}{2} C \rho_w 2 \xi g H \frac{1}{4} n d^2 \sin \alpha \right) \sin \varphi \leq \left[\left(\frac{1}{4} n d^2 l \right) (\rho_s - \rho_w) g \right] \cos \alpha \dots\dots\dots (7)$$



Gambar 1. Skema susunan kantong pasir

Persamaan 7 disederhanakan dengan menghilangkan ρ_w , g , π dan d^2 , diperoleh :

$$(C \xi H \sin \alpha) \sin \phi \leq \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right) l \cos \alpha$$

Apabila berat kantong di udara adalah :

$$W = \frac{1}{4} \pi d^2 l g \rho_s = \frac{\pi d^2}{4 l^2} l^3 \gamma_s \dots\dots\dots(9)$$

maka sesuai dengan Jensen, Jull, 1984, berat kantong dapat ditulis :

$$W = c l^3 \gamma_s \dots\dots\dots(10)$$

dimana c merupakan konstanta yang tergantung terhadap bentuk kantong. Jika ditentukan :

$$l = c^{\frac{1}{3}} \left(\frac{W}{\gamma_s} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(11)$$

maka Persamaan 8 dapat ditulis sebagai:

$$\frac{H}{\Delta} \left(\frac{\gamma_s}{W} \right)^{\frac{1}{3}} = \frac{c^{\frac{1}{3}}}{\xi C \sin \phi \cotg \alpha} \dots\dots\dots(12)$$

$$\frac{H}{\Delta} \left(\frac{\gamma_s}{W} \right)^{\frac{1}{3}} = N \dots\dots\dots(13)$$

dimana :

$$\Delta = \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right), \text{ dan } N = \frac{c^{\frac{1}{3}}}{\xi C \sin \phi \cotg \alpha} \dots\dots\dots(8)$$

merupakan stabilitas susunan kantong pasir tipe tenggelam.

Sesuai dengan hasil pengujian stabilitas diperoleh suatu hubungan antara tinggi gelombang dengan tingkat kerusakan pada masing-masing susunan kantong dan kemiringan. Dari hubungan tersebut dapat ditentukan tinggi gelombang untuk tingkat kerusakan tertentu, sehingga stabilitas penahan kantong pasir, N , dapat diketahui.

METODE PENELITIAN

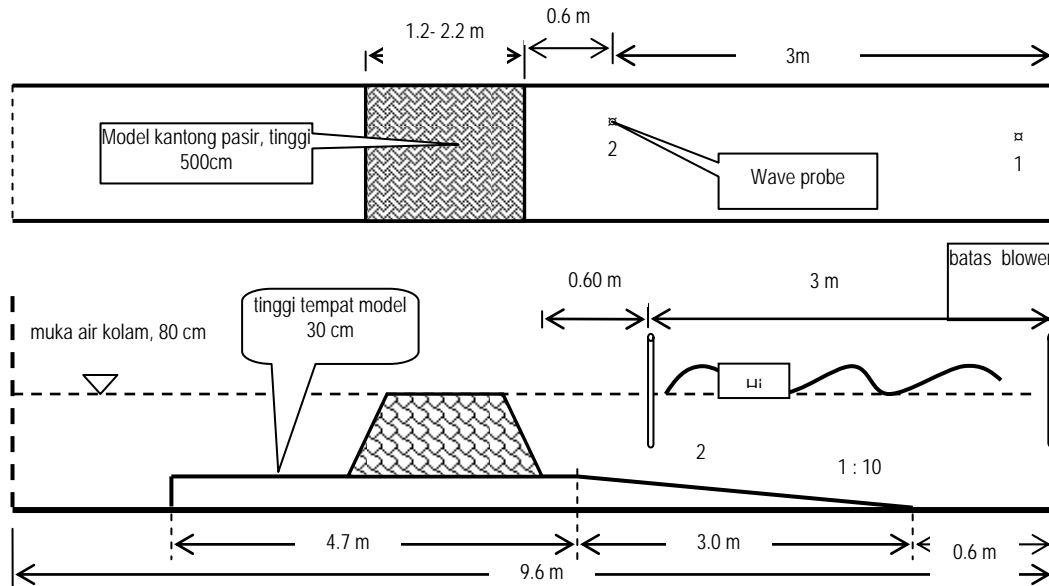
Set Up Eksperimental

Pengujian stabilitas dilakukan di kolam gelombang, Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut Teknik Kelautan ITS, dimana kolam gelombang tersebut mempunyai panjang 20m, tinggi 1.5m, lebar 0.8m, dan kedalaman air 0.8 m. Elevasi dasar kolam dinaikkan 30cm dan dibuat kemiringan dasar 1 : 10, disesuaikan seperti kondisi pantai, seperti tampak pada Gambar 2. Pada pengujian ini digunakan skala model 1 : 10, dimana untuk perhitungan berat kantong dapat dilihat item dibawah ini. Gelombang yang digunakan adalah gelombang reguler. Rentang tinggi gelombang antara 10,00 sampai 22,00cm, sedangkan periode dibuat konstan 1.50 detik. Durasi penyerangan gelombang adalah 30 menit (=1200

gelombang), sedangkan arah gelombang tegak lurus model.

Bentuk, Susunan Dan Berat Kantong Pasir

Pada penelitian ini bentuk kantong pasir ditentukan yaitu bentuk guling, seperti tampak pada Gambar 3. Pasir kering digunakan sebagai bahan pengisi kantong pasir, hal ini bertujuan untuk mengurangi penyusutan kadar air sehingga diperoleh volume dan berat yang seragam pada saat pengisian pasir, sedangkan dimensi kantong adalah panjang 16,0cm dan diameter 8cm. Model penahan gelombang merupakan kantong pasir yang disusun sedemikian rupa membentuk struktur dengan kemiringan lereng depan adalah 1 : 1,5 dan 1 : 2, dan lereng belakang adalah 1 : 1.



Gambar 2. Pengaturan posisi model

Tinggi model dibuat konstan 50cm, maka tinggi free board 0cm, sedangkan lebar puncak (*crest width*) model adalah 60cm. Susunan model dibuat tiga jenis yaitu SK1, SK2 dan SK3, seperti tampak pada Gambar 4, dimana susunan SK1 kantong disusun dengan sumbu panjang sejajar terhadap arah gelombang, susunan SK2 kantong dipasang dengan sumbu panjang tegak lurus terhadap arah gelombang, sedangkan susunan SK3 kantong disusun dengan sumbu panjang tegak lurus dan sejajar terhadap arah gelombang (selang-seling). Kemiringan lereng model dinotasikan sebagai S1.5 dan S2.0, dimana masing-masing mempunyai pengertian model dengan kemiringan lereng 1: 1.5 dan 1 : 2.0.

Bahan pengisi kantong digunakan pasir dengan rapat massa 1540 kg/m³, rapat massa air tawar adalah 998 kg/m³, dan ditentukan skala model 1 : 10. Apabila diasumsikan rapat massa air laut 1024 kg/m³, serta model dan prototipe menggunakan pasir yang sama, maka menurut Sharp and Khader, 1984 (dalam Hughes, 1993), berat model adalah :

$$(W_a)_m = \frac{(W_a)_p}{N_{Wa}} = \frac{2000}{1080} \approx 1,85 \text{ kg} \dots\dots\dots 14$$

untuk berat prototipe 2000kg.

HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Hasil pengamatan pada saat pengujian menunjukkan bahwa gelombang pecah pada saat mengenai model, sesuai dengan penelitian Hudson, 1958. Hal ini juga sesuai dengan hasil perbandingan antara tinggi gelombang maximum dengan kedalaman, dimana nilai H/d mempunyai rentang antara 0.28 sampai 0.38, nilai perbandingan tersebut masih

di bawah kriteria gelombang pecah Mc Cowan, 1894, (dalam CERC, 1984) yaitu, $H/d \geq 0.78$, seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan tinggi gelombang maximum dengan kedalaman (H/d)

SK1- S1.5	SK1- S2.0	SK2- S1.5	SK2- S2.0	SK3- S1.5	SK3- S2.0
0.36	0.38	0.34	0.37	0.35	0.35

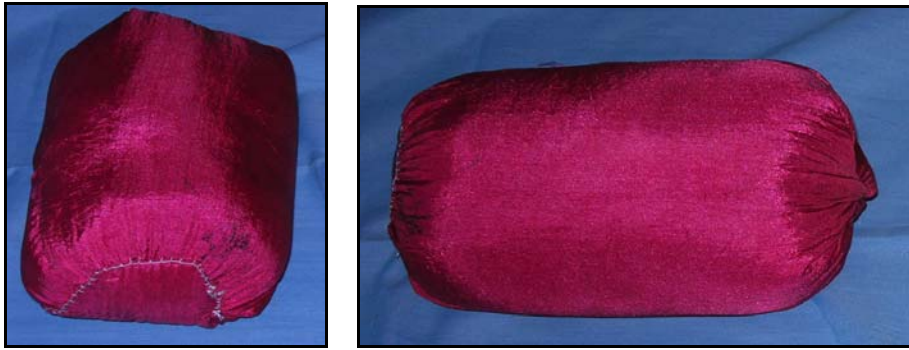
Tingkat Kerusakan

Tingkat kerusakan ditentukan berdasar perbandingan jumlah kantong yang berpindah akibat terjangan gelombang terhadap total jumlah kantong efektif, dimana total jumlah kantong efektif merupakan jumlah kantong yang berada pada daerah serangan gelombang. Sedangkan kriteria daerah serangan gelombang pada penelitian ini adalah daerah antara muka air tenang dengan posisi kantong paling bawah yang mampu dipindah oleh gelombang.

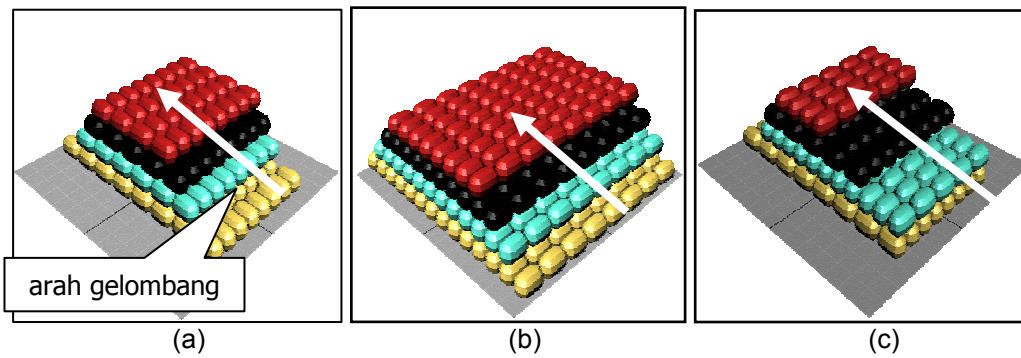
$$S = \frac{\text{jumlah kantong berpindah}}{\text{jumlah kantong pada daerah efektif}} \times 100\% \dots\dots\dots 15$$

dimana :
 S = tingkat kerusakan

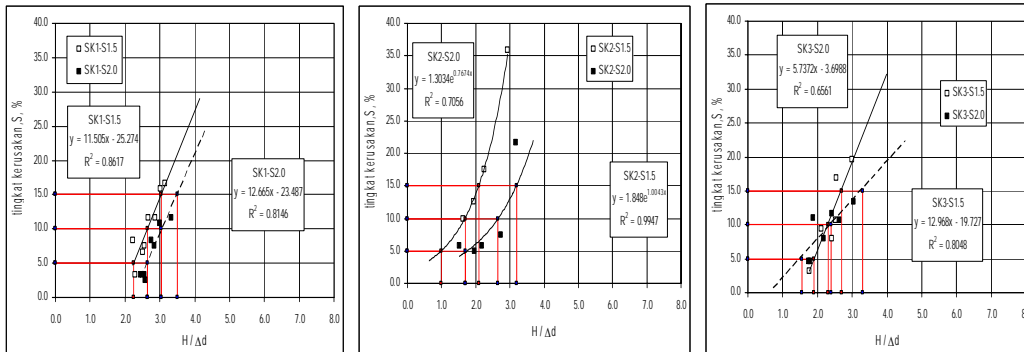
Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa secara umum semakin tinggi gelombang maka tingkat kerusakan semakin besar (Van der Meer, 1988). Kemiringan grafik memperlihatkan hubungan tingkat kerusakan terhadap tinggi gelombang. Makin landai kemiringan grafik, maka model mengalami sedikit kerusakan, sedangkan makin curam kemiringan grafik, maka model mengalami kerusakan makin besar, dimana tingkat kerusakan dipengaruhi oleh susunan dan kemiringan lereng model.



Gambar 3. Bentuk kantong pasir tipe guling



Gambar 4. Variasi susunan kantong (a) SK1, (b) SK2 dan (c) SK3



Gambar 5. Hubungan tingkat kerusakan dengan tinggi gelombang

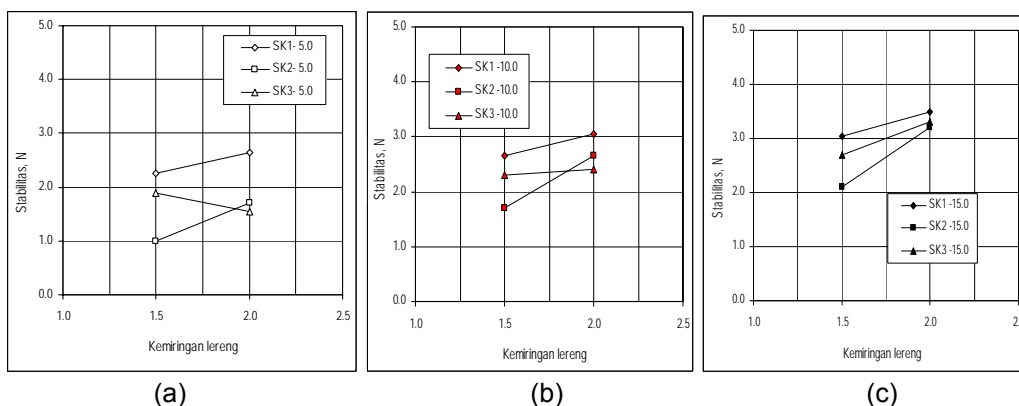
Stabilitas

Stabilitas dapat ditentukan sebagai hubungan antara tingkat kerusakan penahan gelombang dengan tinggi gelombang, seperti yang ditampilkan pada Gambar 5, sedangkan nilai stabilitas disajikan pada Tabel 3.

Pengaruh kemiringan lereng

Pada jenis susunan sama, stabilitas dipengaruhi oleh kemiringan lereng, seperti tampak pada Gambar 6. Hasil pengujian menunjukkan bahwa secara umum kemiringan lereng landai lebih

stabil terhadap terjangan gelombang. Pada susunan SK1 dan SK2, seperti yang disajikan pada Tabel 3, menunjukkan nilai stabilitas mengalami peningkatan rata-rata masing-masing sebesar 18.88% dan 59.42%. Hal ini disebabkan Gaya F_L , seperti ditampilkan pada Gambar 1, dipengaruhi oleh kemiringan lereng, kemiringan makin curam, nilai F_L juga makin besar. Apabila ukuran kantong diketahui panjang 18.00cm, dan diameter 8.5cm, maka pengaruh kemiringan terhadap gaya F_L dapat ditentukan seperti disajikan pada Tabel 4.



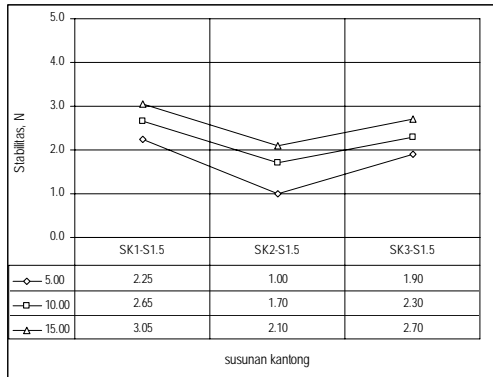
Gambar 6. Hubungan kemiringan lereng terhadap nilai stabilitas untuk tingkat kerusakan (a) 5.00%, (b) 10.00% dan (c) 15.00%.

Tabel 3. Nilai stabilitas penahan gelombang tipe guling

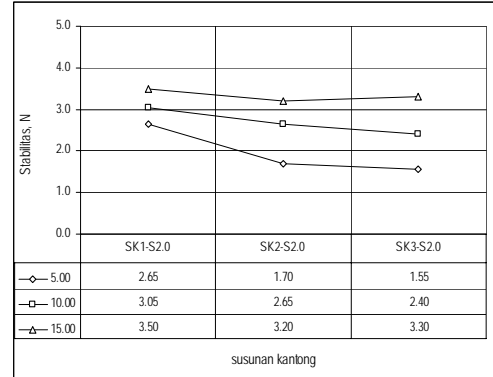
Tingkat kerusakan:	Susunan kantong pasir :								
	SK1-S1.5	SK1-S2.0	%	SK2-S1.5	SK2-S2.0	%	SK3-S1.5	SK3-S2.0	%
5.00	2.25	2.65	17.78	1.00	1.70	70.00	1.90	1.55	-18.42
10.00	2.65	3.05	15.09	1.70	2.65	55.88	2.30	2.40	4.35
15.00	3.05	3.50	14.75	2.10	3.20	52.38	2.70	3.30	22.22
	Rata-rata		15.88	Rata-rata		59.42	Rata-rata		2.72

Tabel 4. Gaya F_L pada masing-masing susunan dan kemiringan

Keterangan (1)	SK1-S1.5 (2)	SK1-S2.0 (3)	SK2-S1.5 (4)	SK2-S2.0 (5)
Kemiringan, α	1 : 1.5	1 : 2.0	1 : 1.5	1 : 2.0
Luas penampang gaya, A, cm ²	56.745		153.000	
Gaya angkat, F_L	31.476	25.373	84.869	68.412
Pengaruh kemiringan, (2) : (3) dan (4) : (5)	0.806		0.806	
Pengaruh susunan, (4) : (2) dan (5) : (3)	2.696		2.696	
Perubahan gaya, F_L , akibat kemiringan dan susunan	2.173		2.173	



(a)



(b)

Gambar 7. Hubungan jenis susunan kantong pasir terhadap nilai stabilitas (a) kemiringan lereng 1:1.5. (b) kemiringan lereng 1 : 2.0

Pada Tabel 4 ditunjukkan bahwa gaya angkat, F_L , berkurang 19.4% akibat perubahan kemiringan lereng dari 1 : 1.5 menjadi 1 : 2.0, sehingga susunan kantong S2.0 lebih stabil dari pada S1.50, hal ini sesuai dengan Gambar 6 dan Tabel 3.

Fenomena terbalik terjadi pada SK3, S = 5.00%, dimana kemiringan lereng makin landai terjadi penurunan stabilitas, hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan kerapatan pada saat pemasangan kantong sebagai pemicu lepasnya kantong dari susunan. Namun pada tingkat kerusakan 10.00 dan 15.00%, susunan SK3 mempunyai kesamaan fenomena dengan susunan SK1 dan SK2.

Pengaruh susunan

Pada kemiringan 1 : 1.5, susunan 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).

Harga gaya angkat, F_L dipengaruhi oleh luas tampang gaya. Susunan SK1 mempunyai luas tampang gaya lebih kecil dari pada SK2, sehingga gaya F_L terhadap SK1 lebih kecil dari pada SK2. Hal ini mengakibatkan SK1 mempunyai angka stabilitas lebih tinggi

dibandingkan SK2, seperti nampak pada Gambar 7, dimana perbandingan gaya F_L SK2 terhadap SK1 adalah 2.696 seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.

Pada kemiringan 1 : 2.0, nilai stabilitas cenderung sama dengan kemiringan 1 : 1.5, namun terlihat susunan SK3 mempunyai stabilitas lebih rendah dibandingkan SK2, hal ini disebabkan susunan SK2 terjadi peningkatan stabilitas yang signifikan, akibat posisi kantong lebih kuat pada lereng landai, seperti yang telah ditampilkan pada Gambar 6.

PENUTUP

Gelombang yang digunakan pada pengujian ini belum pecah dan pecah pada saat mengenai model.

Secara umum stabilitas susunan kantong pasir dipengaruhi oleh tipe susunan dan kemiringan lereng. Pada kemiringan sama, susunan kantong dengan sumbu panjang searah gelombang, seperti susunan SK1, mempunyai stabilitas paling tinggi, sedangkan pada susunan sama, model dengan kemiringan lereng 1: 2.0, memiliki stabilitas lebih tinggi dibandingkan model dengan kemiringan lereng 1: 1.5. Susunan SK1-S2.0 mempunyai stabilitas paling tinggi, sedangkan susunan SK2-S1.5 mempunyai stabilitas paling rendah.

Gaya angkat dipengaruhi kemiringan lereng, lereng lebih landai, gaya F_L makin berkurang, sehingga susunan S2.0 lebih stabil dari pada S1.5. Gaya angkat, F_L , juga dipengaruhi oleh jenis susunan. Susunan SK1, dimana mempunyai luas penampang gaya relatif kecil, maka gaya yang bekerja pada susunan SK1 lebih kecil, sehingga susunan SK1 relatif lebih stabil. Jadi fenomena ini menunjukkan bahwa, pada

kantong bentuk guling, dimana perbandingan panjang dan lebar relatif besar, pengaruh susunan lebih dominan dibandingkan pengaruh kemiringan, dengan perbandingan gaya sebesar 2.173.

Pada penelitian ini variasi dibatasi pada tinggi gelombang, susunan dan kemiringan struktur, sedangkan parameter pengujian lainnya, seperti periode gelombang, berat dan bentuk kantong pasir dibuat konstan. Agar penelitian mengenai stabilitas kantong pasir ini lebih akurat maka perlu dikembangkan penelitian lanjutan dengan memperbanyak variasi kemiringan, berat dan bentuk kantong pasir serta periode gelombang. Pengaruh jenis pasir pengisi kantong juga perlu dilakukan penelitian yang lebih dalam, sebab hal ini sangat berpengaruh terhadap stabilitas kantong pasir.

DAFTAR PUSTAKA

1. Black, K.P., 2001, "Artificial surfing reefs for control and amenity : theory and application". *Challenges for 21st Century in Coastal Sciences, Engineering and Environmental. Journal of Coastal research Special Issues, 34, 1-14 (ICS 2000 New Zealand)*.
2. CERC, 1984, "Shore Protection Manual", Departement of The Army Waterway Experiment Station, Corps of Engineering Research Center, Fourth Edition, US Government Printing Office, Woshington, p.
3. CIRIA CUR, 1991, "Manual on the use of rock coastal and shoreline engineering", A.A Balkema Rotterdam. p.246 - 249

4. Hudson, Robert Y., 1959, "Laboratory Investigation Of Rubble-Mound Breakwaters", *Waterways and Harbor Division, Vol 85 No WW3*.
5. Hughes, S.A, 1993, "*Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*", first edition, World Scientific, Singapore, p. 177-182.
6. Hiliau W., Phillips D., 2003, "*Artificial surfing Reef Construction*", Proceedings of the 3rd International Surfing Reef Symposium, Raglan, New Zealand, p378 – 397
7. Jensen, Juul, 1984, "*A monograph on Rubble Mound Breakwaters*" Danish Hydraulic Institute, Denmark, p. 42-46.
8. Nur Yuwono, 1992, "*Dasar Dasar Perencanaan Bangunan Pantai*", Laboratorium Hidrolika dan Hidrologi, PAU IT UGM, Yogyakarta. p. V-6.
9. Pilarczyk., K. W., 2000, "*Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering*", A.A. Balkema Rotterdam, p 316 - 320.
10. Van der Meer, 1988, "*Rock slopes and gravel beaches under wave attack*", Delft Hydraulic Publication No. 396, November 1988.

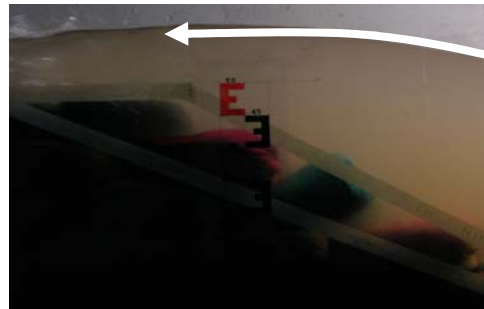
NOTASI

- A = luas penampang
- H = tinggi gelombang, cm
- b = lebar kantong
- C = koefisien gaya hidrostatik
- d = diameter / tebal kantong
- F_L = gaya angkat (*lifting force*)
- g = percepatan gravitasi
- l = panjang kantong
- m = massa
- N = number stabilitas
- Ru = *run-up* gelombang, cm
- U = kecepatan gelombang
- W = berat kantong di udara
- W' = berat kantong terendam
- α = kemiringan lereng model
- $\Delta = (SG-1) = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$
- γ_s = berat volume kantong
- ρ_s = rapat massa kantong
- ρ_w = rapat massa air
- ζ = surf similarity parameter

LAMPIRAN



(a)



(b)

Gambar Gelombang pada saat menerjang kantong pasir, (a) gaya angkat akibat *up-rush* sebagai gaya yang menentukan terlepasnya kantong dari susunan, (b) terlihat salah satu kantong terangkat ke atas akibat gaya angkat (*lifting force*).