

---

## **STUDI MODEL FISIK STABILITAS DESAIN BREAKWATER TERHADAP HEMPASAN GELOMBANG DI PANTAI GLAGAH YOGYAKARTA**

**Sakina Rusma Wardhani, Baskoro Rochaddi, Purwanto\*)**

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698  
Email: [purwanto\\_irh@yahoo.co.id](mailto:purwanto_irh@yahoo.co.id); [rochaddi@ymail.com](mailto:rochaddi@ymail.com)

### **Abstrak**

*Kegiatan manusia telah banyak beranjak ke arah pantai sehingga sudah selayaknya mendapatkan perhatian lebih dalam hal perlindungan dari serangan gelombang seperti breakwater. Bangunan breakwater di Pelabuhan Adikarta Glagah, Kulon Progo telah dibangun dan dalam proses modifikasi akibat dari kerusakan yang dialami dengan banyaknya tetrapod yang mengalami kegagalan (failed) sehingga tetrapod berpindah tempat (bergeser dan/atau longsor). Untuk mengkaji dan mempelajari kegagalan unit lapis lindung pada breakwater di Pelabuhan Adikarta Glagah, maka pengujian stabilitas lapis lindung menggunakan model fisik dilaksanakan di Laboratorium Model Fisik BPDP – BPPT Yogyakarta menggunakan metode eksperimental. Hasil penelitian didapat tingkat kerusakannya desain breakwater sekitar 0,71 % dengan koefisien stabilitas 12,57. Sehingga tetrapod tersebut akan bekerja dengan baik untuk melindungi breakwater.*

**Kata Kunci :** *Breakwater, Lapis Lindung, Model fisik, Pelabuhan Adikarta, Stabilitas*

### **Abstract**

*Human activities has been increase in coastal area Therefore it should get more attention to breakwater structure as coastal protection. Breakwater at Adikarta Port, Kulon Progo, has been built and still on the process of modification due to damage caused by many tetrapods failing (failed) or displacing (moving and/or rolling) of tetrapods, If this failures continue intensively, the breakwater structure could be damaged and have no function as coastal protector. To study about this failure, this research used the experimental method, the experiment was designed to find out the stability of armor units in case of breakwater performance using physical modeling. Hydraulic model tests were performed in a wave flume of the Physical Modeling Laboratory BPDP – BPPT Yogyakarta. As the result only 0,71% failure and  $K_D = 12,57$ . The armors would be protect the breakwater well.*

**Keywords:** *Adikarta Port, Armor Units, Breakwater, Physical Model, Stability*

## **I. Pendahuluan**

Kegiatan manusia telah banyak beranjak ke arah pantai seperti reklamasi, pembuatan tambak, pengembangan daerah wisata, kawasan industri, lokasi PLTU, pelabuhan umum, pelabuhan perikanan dan bahkan sampai daerah pemukiman, daerah seperti ini sudah selayaknya mendapatkan perhatian lebih dalam hal perlindungan dari serangan

gelombang. Pantai Glagah Kabupaten Kulon progo memiliki bentuk lahan marin dan eolian dengan sub satuan bentuk lahan estuaria dan beting gisik. Batuannya berbentuk sedimen klastik berbulir halus. Pasir berasal dari sungai ke barat yang disebabkan terbawanya pasir oleh arus kuat ke barat. Pembangunan pelabuhan tersebut karena Pantai Glagah memiliki potensi dalam pembangunan pantai tersebut yaitu ombaknya yang besar cukup untuk menggerakkan kapal-kapal besar, perairan yang dalam, material pasir sehingga cocok dibangun dermaga, arus kuat sehingga persentase terjadinya sedimentasi sangat kecil, serta adanya sungai sebagai pasokan air. Penempatan pelabuhan di wilayah tersebut juga dapat berdampak adanya *Multiplier Effect* yaitu tumbuh kebutuhan seperti rumah dan sarana prasarana yang menunjang kebutuhan seperti pasar, rumah sakit, dan sekolah.

Dalam perencanaan pekerjaan bangunan air seperti *breakwater*, banyak persoalan atau permasalahan yang tidak dapat dipecahkan dengan rumus-rumus yang ada, hal ini mengingat beberapa rumus yang ada diturunkan dari suatu kondisi tertentu yang belum tentu keadaannya sama dengan kondisi bangunan air yang akan direncanakan. Dalam keadaan seperti ini maka bantuan model fisik hidraulik dalam menyelesaikan permasalahan adalah sangat bermanfaat. Tugas atau peranan model fisik hidraulik dalam mendukung kegiatan perencanaan pekerjaan bangunan air tersebut diantaranya adalah meramalkan kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi setelah bangunan dibuat, mendapatkan suatu tingkat keyakinan yang tinggi atas keberhasilan suatu perencanaan bangunan, mengetahui dan/atau meramalkan penampilan bangunan serta pengaruhnya terhadap lingkungan, dan model hidraulik untuk pengembangan ilmu. Berbagai permasalahan yang belum dapat diformulasikan fenomenanya dapat dipecahkan lewat penelitian laboratorium. Penelitian dasar dapat dilakukan di laboratorium, yang hasilnya (biasanya berupa formula atau grafik) dapat dimanfaatkan untuk pemecahan masalah pada *prototype*. Formulasi ini juga dapat digunakan sebagai masukan dalam pemakaian atau pengembangan model matematis (Zuhdan, 2011)

## **II. Materi dan Metode Penelitian**

Arikunto (2006) mendefinisikan metode eksperimen adalah suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kausal) antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi atau mengurangi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang mengganggu. Peneliti memanipulasi tinggi gelombang rencana buatan, mengontrol jumlah lapis lindung serta dimensi *breakwater*, dan mengobservasi pengaruhnya terhadap stabilitas bangunan *breakwater*.

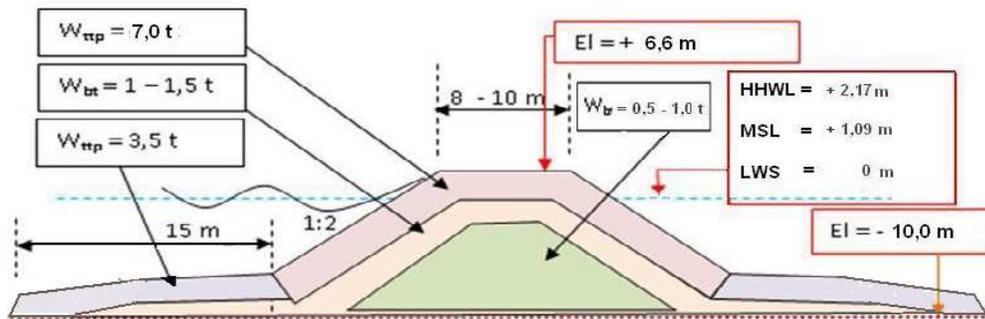
Model hidraulik sering diperlukan untuk menguji keandalan suatu bangunan pantai. Terkadang menjadi keharusan jika variabel hitungan yang digunakan dalam perencanaan sulit ditetapkan atau banyak yang belum diketahui secara pasti. Perencanaan juga menjadi kurang pasti keandalannya karena rumusan empirik saja belum cukup untuk menentukan secara pasti angka aman suatu bangunan. Lebih jauh lagi model hidraulik digunakan untuk menstimulasi kondisi yang akan dihadapi oleh model sehingga memungkinkan mengetahui kondisi yang bisa terjadi pada model, informasi tambahan ini sangat berguna untuk modifikasi bangunan untuk mencapai optimasi maupunantisipasi akibat serta pengembangan selanjutnya (Yuwono, 1994)

Data gelombang yang diukur menggunakan analisis statistikal untuk menentukan parameter gelombang ekstrim lepas pantai untuk berbagai arah gelombang. Kondisi gelombang maksimum di lokasi dekat pantai digunakan sebagai kondisi gelombang dekat pantai yang ekstrim. Data yang dipakai merupakan tinggi dan periode gelombang dengan satu per tahun periode ulang (Sander, 2009)

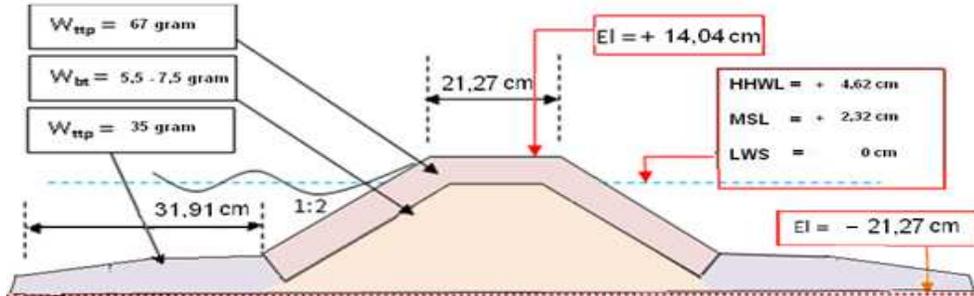
Pada saluran gelombang dibangun *layout breakwater* dengan skala tertentu lalu diisi air dengan ketinggian muka air tertentu, yaitu LLWL (*Lowest low water level*) yaitu

air terendah pada pasang surut purnama atau bulan mati, MSL (*Mean Sea Level*) yaitu muka air rerata antara muka air tertinggi rerata dan muka air terendah rerata digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan, HHWL (*Highest high water level*) yaitu air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati. Dengan menggunakan *wave generator*, gelombang dibangkitkan dengan tinggi gelombang dan periode tertentu, dimana gelombang yang dibangkitkan merupakan gelombang rencana yang terjadi di daerah bangunan *breakwater*, Model *breakwater* memiliki kemiringan lereng vertikal berbanding horizontal adalah 1:2 sebagaimana kondisi *breakwater* di lapangan.

Akibat pembangkitan gelombang oleh *wave generator* terjadi penjalaran gelombang sampai ke model *breakwater*, gelombang yang menjaral inilah yang akan menyerang model *breakwater*. Berikut adalah *layout* model dan *prototype breakwater*:

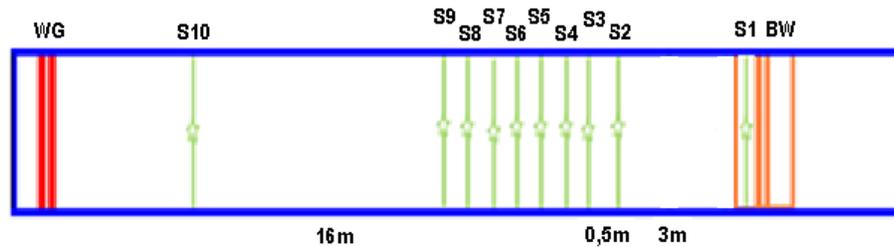


**Gambar 1.** Tipikal *Breakwater* Pelabuhan Adikarta Glagah



**Gambar 2.** Tipikal Model *Breakwater* Pelabuhan Adikarta Glagah Skala 1:47

Unit lapis lindung yang dipakai pada model *breakwater* adalah tetrapod yang sudah terukur skala berat dan porositasnya sebanyak 705 buah. Tinggi gelombang di laboratorium diukur menggunakan sensor *Wave Height Meter* tipe kapasitan yang merekam data dalam bentuk *voltase*. Sensor ini di pasang dengan jarak tertentu untuk mendapatkan hasil perekaman yang baik. Sebelum melakukan pengujian dilakukan *Basic Research Test* yang meliputi pemilihan, kalibrasi, instalasi, dan pengecekan alat, dan pada saat pengujian dilakukan pengukuran geometrik.



Keterangan :

BW : Breakwater

WG : Pembangkit Gelombang

S1, S2, ..., S10 : Sensor Gelombang

Gambar 3. Posisi Pemasangan Sensor Gelombang

Menurut Yuwono (1994), pengukuran koefisien stabilitas tetrapod dilaksanakan untuk tujuan membuat referensi bahwa hasil penelitian saat ini sesuai dengan spesifikasi tetrapod atau tidak. Ketika hasil pengukuran koefisien stabilitas tetrapod sesuai dengan yang telah ditetapkan, maka hasil penelitian saat ini cenderung benar, tetapi jika sebaliknya, maka hasil penelitian ini dapat dipastikan tidak benar. Koefisien stabilitas tetrapod dihitung dengan menggunakan Persamaan Hudson sebagai berikut:

$$W = \frac{\rho_a H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \text{Cot}(\alpha)}$$

dimana, W = Berat unit armor, H = Tinggi gelombang rencana, KD = Koefisien stabilitas,  $\alpha$  = Sudut kemiringan struktur,  $S_r$  = Berat jenis relatif ( $\rho_a/\rho_w$ ),  $\rho_a$  = Berat jenis unit armor, dan  $\rho_w$  = Berat jenis air.

Data tinggi gelombang direkam guna mengetahui hubungan tinggi gelombang dengan jumlah kerusakan unit lapis lindung (tetrapod). Kerusakan didefinisikan dengan pergeseran atau perpindahan tetrapod. Pengamatan visual lainnya pada saat pelaksanaan pengujian dilaksanakan antara lain terhadap: posisi muka air tenang terhadap unit lapis lindung, kejadian gelombang *overtopping*, bentuk gelombang yang mengenai *breakwater*, kondisi kerusakan lapis lindung secara umum, dan sebagainya.

Model *breakwater* dinyatakan layak akan dapat diterima bila tidak melampaui batasan yang telah ditetapkan oleh perencana atau standar yang biasa dipakai, jika hasil penelitian ternyata kurang dari batas kelayakan, maka perlu diadakan perencanaan ulang terhadap desain.

Tabel 1. Batas Kelayakan Model Lapis Lindung

Pengujian	Batas Kelayakan	Keterangan
Stabilitas Lapis Lindung	Kerusakan $\leq 0,5\%$ pada $H_s$ rencana	Standar PT. Semen Gresik (1991)
	Kerusakan $\leq 5\%$ pada $H_s$ rencana	Standar CERC (1984)
	Kerusakan $\pm 2,5\%$ pada $H_s$ rencana	Standar Van der Meer (1987)

Sumber : PT. Semen Gresik (1997) dan CERC (2006)

### III. Hasil dan Pembahasan

#### Kerusakan Tetrapod dan Pengukuran Tinggi Gelombang

Parameter utama yang harus diketahui untuk mengkaji stabilitas *breakwater* adalah kerusakan unit lapis lindung pada saat terjadi gelombang tertentu. Oleh karenanya, maka pada penelitian ini dilaksanakan pengamatan kerusakan tetrapod dengan berbagai variasi tinggi dan periode gelombang tertentu.

**Tabel 1.** Hasil Uji Stabilitas Hidrolik Breakwater Posisi MSL

NO	Stroke (cm)	T	Percobaan I		Percobaan II	
			Hin (cm)	rusak	Hin (cm)	rusak
1	7,5	12	307,6	0	247,5	0
2	7,5	10	400,3	0	447	0
3	10	12	400,8	0	354,3	0
4	10	10	536,8	3	594,3	4
5	15	12	561,3	9	602,5	6
6	20	10	877,9	51	899,3	38
7	22,5	12	1.023,50	113	1.035,60	121

**Tabel 2.** Hasil Uji Stabilitas Hidrolik Breakwater Posisi MSL

NO	Stroke (cm)	T	Percobaan I		Percobaan II	
			Hin (cm)	rusak	Hin (cm)	rusak
1	7,5	12	307,6	0	247,5	0
2	7,5	10	400,3	0	447	0
3	10	12	400,8	0	354,3	0
4	10	10	536,8	3	594,3	4
5	15	12	561,3	9	602,5	6
6	20	10	877,9	51	899,3	38
7	22,5	12	1.023,50	113	1.035,60	121

**Tabel 1.** Hasil Uji Stabilitas Hidrolik Breakwater Posisi HHWL

NO	Stroke (cm)	T	Percobaan I		Percobaan II	
			Hin (cm)	rusak	Hin (cm)	rusak
1	7,5	12	367,9	0	369,7	0
2	7,5	10	453	0	462,8	0
3	10	12	492,6	0	472,1	0
4	10	10	577,8	6	592,3	5
5	15	12	845,5	6	794,6	17
6	20	12	1.067,10	44	1.038,50	121

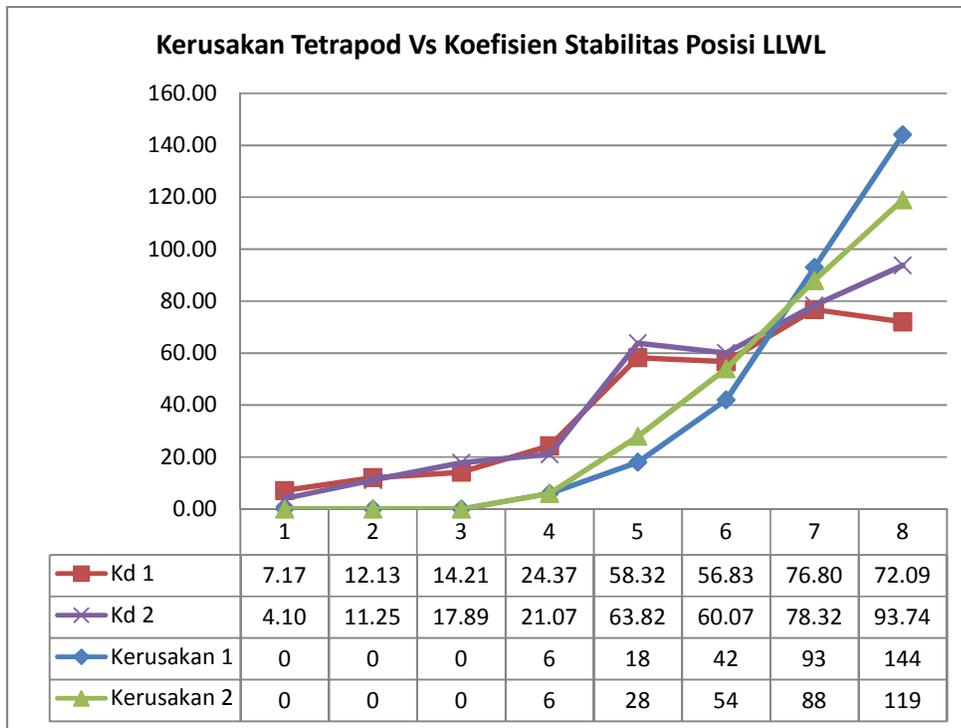
Kerusakan tetrapod pada seluruh hasil pengujian maksimum hanya sekitar 5 buah dari 705 buah tetrapod yang terpasang atau sekitar 0,71 %. Artinya bahwa, jika tetrapod dengan berat 7 ton digunakan pada *breakwater* dengan kemiringan 1:2 dengan gelombang rencana 5 meter dan periode gelombang di lapangan 10 detik dan 12 detik, kerapatan tetrapod terpasang 4.257 buah/Ha, maka tetrapod tersebut akan bekerja dengan baik untuk melindungi *breakwater*.

Untuk *breakwater* tidak tenggelam (*emerged breakwater*) paling banyak terjadi perpindahan kira-kira pada daerah satu  $H_s$  dibawah SWL sampai satu  $H_s$  di atas SWL, jumlah unit yang ditempatkan di zona ini sering digunakan sebagai angka referensi (CERC, 2006). Daerah antara tengah-tengah puncak sampai satu  $H_s$  di bawah SWL dianggap sebagai daerah aktif menurut CERC (1984). Secara umum pola kerusakan mengikuti yang ditetapkan CERC (1984) yaitu zona paling rusak dimulai dari posisi SWL, satu  $H_s$  di atas SWL, selanjutnya satu  $H_s$  di bawah SWL.

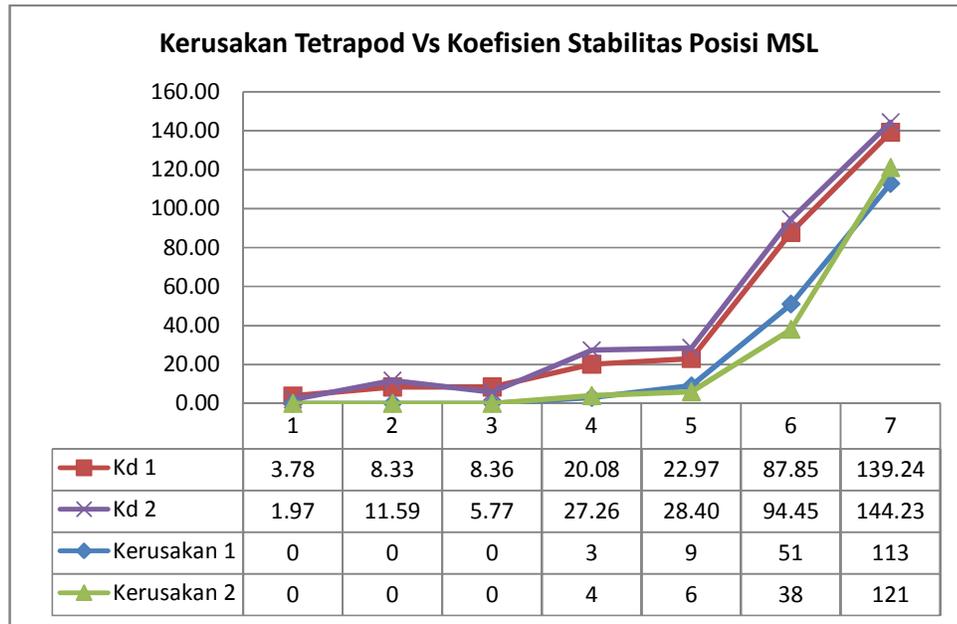
**Perhitungan Koefisien Stabilitas Tetrapod**

Berat tetrapod yang digunakan 67 gram dengan berat jenis  $2,2 \text{ ton/m}^3$ , tinggi gelombang rencana yang dipakai adalah tinggi gelombang insiden hasil perhitungan, berat jenis air tawar  $1000 \text{ kg/m}^3$ , dan  $\cot \alpha$  adalah 2. Dari hasil perhitungan didapat bahwa nilai koefisien stabilitas tetrapod yang dipakai adalah sebesar 10,872 sehingga tetrapod ini sudah dinyatakan aman, karena angka stabilitas sudah diatas angka aman tetrapod pada literatur, yaitu sebesar 8 (Triatmodjo, 1999). Dan pengujian ini dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan untuk masing-masing ketinggian muka air.

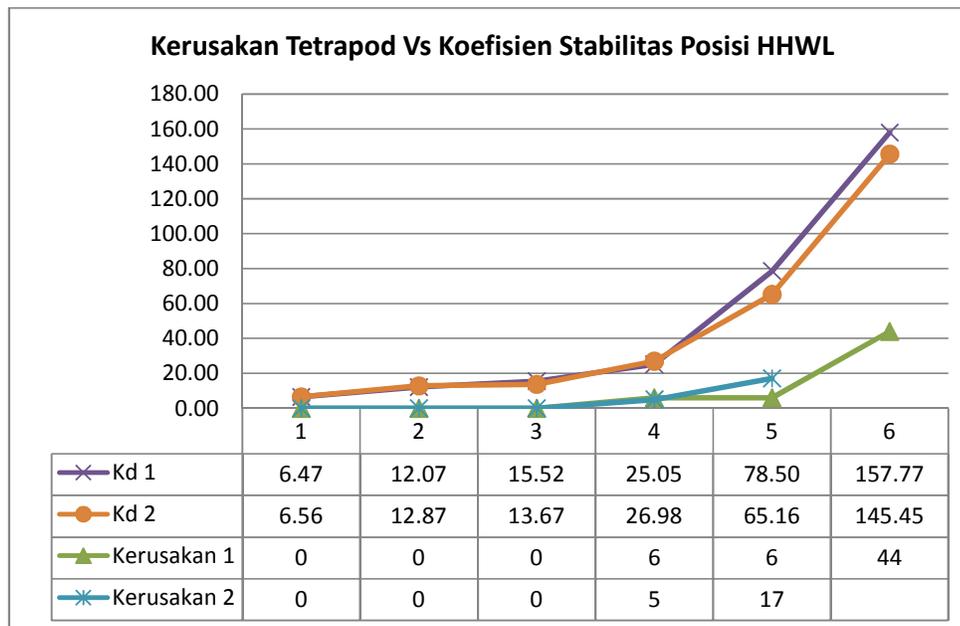
Berikut adalah hasil pengujian Koefisien Stabilitas di berbagai kondisi level muka air :



**Gambar 1.** Koefisien Stabilitas Terhadap Tetrapod Jatuh Posisi LLWL



**Gambar 2.** Koefisien Stabilitas Terhadap Tetrapod Jatuh Posisi MSL



**Gambar 3.** Koefisien Stabilitas Terhadap Tetrapod Jatuh Posisi HHWL

**Tabel 2.** Nilai Koefisien Stabilitas Tetrapod

No.	$K_D$	Nilai $K_D$
1.	$K_D$ 1	14,21
2.	$K_D$ 2	17,89
3.	$K_D$ 3	8,36
4.	$K_D$ 4	5,77
5.	$K_D$ 5	15,52
6.	$K_D$ 6	13,67
$K_D$ Rerata		12,57

Dari tabel 4 diperoleh nilai koefisien stabilitas  $K_D$  tetrapod untuk batang *breakwater* pada kondisi gelombang tidak pecah adalah 12,57

#### **Pengamatan Visual**

Hasil Pengamatan visual lainnya pada saat pelaksanaan pengujian ini secara umum adalah:

- Posisi LLWL dengan periode 12 detik maupun 10 detik dan MSL periode 10 detik belum ada kejadian yang perlu dicatat, kecuali pada posisi HHWL dimana dengan posisi periode yang sama *run-up* telah terjadi sampai puncak *breakwater*.
- Pada posisi MSL periode 12 detik *run-up* sudah mulai sampai puncak *breakwater*, bahkan untuk pengujian dengan posisi HHWL sudah mulai *Overtopping*.
- Pada *stroke* 22.5 posisi MSL dan LLWL periode 12 detik sudah mulai terjadi lapisan filter yang terbuka, dan bahkan hal tersebut sudah terjadi pada *stroke* 20 posisi LLWL periode 12 detik.
- Satu fenomena yang sangat menarik bahwa pada pengujian posisi LLWL, terjadi gelombang tegak pada sisi depan yang menabrak *breakwater*, sehingga energi yang mengenai unit lapis lindung pada *breakwater* lebih besar dibanding pada saat pengujian posisi MSL dengan skenario yang sama.

#### **IV. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah *breakwater* Pelabuhan Tanjung Adikarta Glagah jika dibangun sesuai desainnya yaitu tetrapod dengan berat 7 ton digunakan pada *breakwater* dengan kemiringan 1:2 dengan tinggi gelombang rencana 5 meter dan periode gelombang di lapangan 10 detik dan 12 detik, kerapatan tetrapod terpasang 4.257 buah/Ha, memiliki stabilitas hidraulik cukup baik dan akan memiliki performa baik dimana tingkat kerusakan hanya 0,71%. Sedangkan batas kelayakan sebagaimana standar CERC (1984) adalah 5%, dengan nilai  $K_D$  sebesar 12,57 maka tetrapod tersebut akan bekerja dengan baik untuk melindungi *breakwater*.

**Daftar Pustaka**

- Arikunto, Suharsimi , *Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktik*, Rineka Cipta, Jakarta: 2006
- CERC, 1984, *Shore Protection Manual*, US Army Coastal Engineering Research Center, Washington
- CERC, 2006, *Coastal Engineering Manual*. Washington, US Army Coastal Engineering Research Center.
- Jauzi Zuhdan, 2011, *Struktur Lapis Lindung BPPT-Lock Dan Hasil Pengujiannya*, Yogyakarta, BPDP-BPPT
- Triatmodjo, Bambang. 1999, *Pelabuhan*. Yogyakarta. Beta offset
- Yuwono. Nur, 1994, *Perancangan Bangunan Jetty*, Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi, PAU-IT-UGM, Yogyakarta
- Sander, 2009, *Manual Desain Bangunan Pengaman Pantai*, Sea Defence Consultants