

UJI MODEL FISIK 3D PEMECAH GELOMBANG AMBANG RENDAH BERBAHAN GEOTUBE UNTUK PENGENDALIAN EROSI PANTAI STUDI KASUS PANTAI CIKIDANG, KABUPATEN CIAMIS

Dede M.Sulaiman¹⁾✉ dan Mahdi Ernawan²⁾

¹ Peneliti Madya Teknik Hidrolika Pusat Litbang Sumber Daya Air

² Profesional Madya Sumber Daya Air Bidang Pantai dan Pelabuhan

Jl. Ir.H.Juanda No. 193. Bandung

✉ E-mail: dedems@ymail.com

Diterima: 13 Juli 2010 ; Disetujui: 29 September 2010

ABSTRAK

Gelombang laut yang mencapai pantai bisa bersifat merusak karena gelombang mempunyai energi tinggi yang mampu mengikis material yang ada di pantai. Selama badai atau pasang tinggi berlangsung, paras air laut akan naik dan gelombang akan pecah lebih dekat ke pantai sambil melepaskan sejumlah energi yang menghasilkan arus menyusur pantai yang kuat. Arus yang timbul karena pecahnya gelombang tersebut akan mengikis dan mengangkut material pantai dan menyebabkan hilangnya pasir dan mundurnya garis pantai. Belajar dari perilaku alam tersebut, gelombang yang menuju pantai diredam terlebih dahulu sebelum mencapai pantai, sehingga energinya tereduksi dan daya erosinya pun berkurang. Makin langkanya material batu alam dengan dimensi dan berat yang diinginkan, telah mendorong inovasi baru bahan pengganti batu alam. Diantara bahan-bahan hasil inovasi tersebut, geotube, atau geotextile sand container, yang berbahan geotekstil, merupakan bahan yang populer sebagai bahan bangunan pengaman pantai. Produk tersebut banyak digunakan sebagai pengganti bahan konvensional yang mahal dan kaku. Kelebihan utama geotekstil dibandingkan dengan bahan konvensional adalah biaya bahan dan pekerjaan lebih murah dan menggunakan bahan isian setempat. Dalam upaya menerapkan bahan alternatif pengganti batu alam tersebut telah dilakukan uji model fisik di Laboratorium Kolam Gelombang Balai Pantai Pusat Litbang Sumber Daya Air, di Ciparay, Kabupaten Bandung. Uji model dilakukan dengan membuat pemecah gelombang terbuat dari geotube berbentuk bantal guling (silinder) dengan ukuran tinggi prototip 1,2 m, lebar 2,5 m, dan panjang 20 m yang diisi dengan pasir. Hasil uji model telah menunjukkan respon positif dan akan dilanjutkan dengan penerapan lapangan dengan membangun prototip pemecah gelombang ambang rendah di Pantai Pasir Putih, Anyer, Propinsi Banten.

Kata Kunci: Uji model fisik, kolam gelombang, pemecah gelombang ambang rendah, geotube.

ABSTRACT

Ocean waves reaching coast can be destructive when the waves generating high energy erode the coast material. During storms or high tide, sea level increases and the waves shall break closer to the coastline while releasing high energy that may result in strong longshore current. The current resulted from the breaking of waves may erode and transport coast material which subsequently causes sand loss and coastline recession. Learning from this natural behaviour, the waves that break while approaching the coastline can be made to break earlier and at a far distance from the coast so that its energy is weakened and its erosion force lessened. Lack of natural rock material of certain dimension and weight has inspired new innovations for replacement of this material. Among them, geotube or geotextile sand container, is the most generally accepted and used as material alternative for shore protection, since if compared with conventional material, geotextile is less costly and using local fill material, so it requires less work. Trying to use this alternative of natural rock in coastal protection, a physical model test was carried out in the 3D wave basin laboratory of the Experimental Station for Coastal Engineering, Research Centre for Water Resources at Ciparay, District of Bandung. The model comprised of off-shore breakwaters made of geotextile tubes filled with sand and prototype height 1.2 m, width 2.5 m and length 20 m. The model had shown positive response and a follow-up shall include the construction of low crested breakwaters as shore protection among others in Pasir Putih Beach, Anyer, Serang, Province of Banten.

Keywords: Physical model test, wave basin, submerged breakwaters, geotube.

PENDAHULUAN

Penggunaan struktur pemecah gelombang lepas pantai sebagai struktur pengaman pantai, setidaknya sampai saat ini, masih kurang populer dibandingkan dengan jenis bangunan pengaman pantai lainnya. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain bahwa struktur pemecah gelombang ini dikenal sebagai metoda perlindungan pantai yang sangat mahal dan dampak estetika yang ditimbulkannya sangat mengganggu terutama di pantai wisata. Namun, pada situasi tertentu, penggunaan pemecah gelombang lepas pantai (*offshore breakwater*) justru menjadi solusi yang paling efektif dan ekonomis terutama untuk pantai-pantai tempat konsentrasi gelombang dan lokasi pantai dengan energi gelombang yang tinggi. Melalui berbagai adaptasi teknologi dan beberapa eksperimen baik di laboratorium maupun lapangan telah dihasilkan pemecah gelombang ambang rendah yang memiliki efektifitas perlindungan yang handal.

Pemecah gelombang ambang rendah (PEGAR), sering disebut juga pemecah gelombang tenggelam, merupakan struktur pelindung pantai yang ditempatkan di perairan pantai kira-kira sejajar garis pantai, dimana puncaknya berada dibawah permukaan air. Pada kondisi air normal atau air pasang bangunan ini tidak nampak, sedangkan pada waktu air surut pemecah gelombang ini muncul seperti terumbu karang. Posisi puncak bangunan yang berada dibawah permukaan air tersebut (periksa Gambar 1) memungkinkan dilewati gelombang yang datang. Fungsi dari bangunan PEGAR ini adalah mereduksi energi gelombang dan melindungi pantai dari erosi yang diakibatkan oleh hantaman gelombang tersebut (Pilarczyk 2003). Penggunaan struktur PEGAR akhir-akhir ini menunjukkan peningkatan karena biaya pembangunannya menjadi lebih murah dan kemampuan melindungi pantai serta dampak lingkungan yang ditimbulkannya lebih ramah lingkungan (Buccino dan Calabrese 2007). Namun demikian, disamping mempunyai kelebihan, penggunaan pelindung pantai ini juga memiliki kelemahan yaitu kesulitan dalam memprediksi respon perubahan garis pantai yang dibentuknya. Hal ini sangat dipengaruhi oleh banyak parameter yang berkaitan dengan karakteristik pemecah gelombang tersebut seperti panjang struktur dan jarak dari pantai (Hanson dan Kraus 1990).

Dalam upaya mengembangkan dan menerapkan hasil-hasil inovasi di bidang perlindungan pantai tersebut, telah dilakukan uji model fisik, berupa prototip pemecah gelombang

ambang rendah di lokasi Pantai Cikidang, Pangandaran, Kabupaten Ciamis, Propinsi Jawa Barat. Tulisan ini menguraikan hasil yang telah dilakukan dan beberapa kesimpulan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

Tujuan dari kegiatan ini adalah meneliti efek hidrodinamika terjangan gelombang dan pengujian pemecah gelombang ambang rendah (submerged breakwaters), dan menganalisis pengaruhnya terhadap perubahan garis pantai. Sasarannya adalah mengupayakan ketersediaan teknologi alternatif pengendali erosi pantai berupa pemecah gelombang, ketersediaan adaptasi teknologi berupa pemecah gelombang ambang rendah, dan ketersediaan inovasi teknologi bahan bangunan pelindung pantai berbahan geotekstil. Tulisan ini terdiri dari bahasan tentang kondisi alam dan kondisi non teknis yang mendorong digunakannya pemecah gelombang ambang rendah sebagai alternatif penanganan pantai yang tererosi.

Penulisan makalah ini didasarkan atas hasil kajian dan analisis di laboratorium serta kajian berbagai literatur tentang pemecah gelombang ambang rendah.

TINJAUAN PUSTAKA

1 Teori Pemecah Gelombang Ambang Rendah

Gelombang yang merambat menuju pantai dan melewati struktur ambang rendah (submerged breakwater), sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan melewati struktur tersebut, sehingga gelombang akan mengalami perubahan bentuk, yaitu panjang gelombang (L) maupun tinggi gelombang (H). Besarnya gelombang yang ditransmisikan dinyatakan dalam koefisien transmisi sebagai berikut:

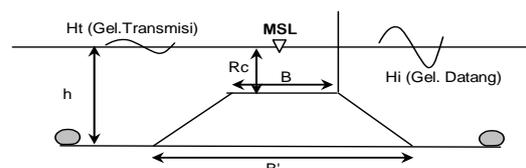
$$K_t = H_t / H_i \geq 0.4 \quad \dots (1)$$

Dimana:

K_t , koefisien transmisi,

H_t , adalah tinggi gelombang transmisi,

H_i , adalah tinggi gelombang datang.



Gambar 1 Ilustrasi gelombang melewati puncak struktur PEGAR

2 Transmisi Gelombang

Beberapa studi mengenai transmisi gelombang telah dilakukan oleh beberapa peneliti, baik secara model fisik, model numerik atau kedua-duanya terhadap berbagai macam struktur PEGAR dengan berbagai macam karakteristik gelombang, tipe *breakwater* dan geometris struktur yang ditinjau. Penelitian eksperimental model fisik di laboratorium telah pula banyak dilakukan. Studi mengenai karakteristik transmisi gelombang pada T-type breakwater dan twin vertical barrries telah dilakukan oleh Neelamani dkk (2002). Suh dkk (2002), dan Muttray dkk (2002),.

Penelitian terhadap pemecah gelombang ambang rendah dengan armor batu alam, menunjukkan bahwa parameter *dimensionless free board* menghasilkan nilai koefisien transmisi yang lebih realistis (Sanchez-Archilla 2000). Laporan teknis Danish Hydraulic, memberikan karakteristik transmisi gelombang sebagai fungsi kedalaman relatif(d/h) pada struktur geotube dengan menggunakan gelombang reguler (DHI 1970 dalam Pilarczyk 2003).

MODEL PEMECAH GELOMBANG

Uji model fisik Pantai Cikidang, Ciamis, dilaksanakan pada kolam gelombang, deskripsi kolam gelombang disajikan pada Gambar 2. Pada bagian ini diuraikan mengenai kolam gelombang dan alat pembangkit gelombang.

1 Kolam Gelombang

Uji model fisik ini dilaksanakan pada kolam gelombang (wave basin), berupa kolam berukuran 30 m x 10 m. Ke arah memanjang dari kolam dibagi menjadi 2 bagian yaitu: bagian pertama disebut area *surf zone* mulai dari pantai (*shoreline*) sampai batas *offshore*. Daerah ini diumpamakan sebagai perairan dangkal, dasar perairan dangkal dilapisi pasir hasil pengayakan setebal 1.5 tinggi gelombang (H). Karena proses sedimentasi dan erosi akan terjadi di area surf zone ini. Untuk menghitung **xb**, digunakan persamaan:

$$xb = Hb / (m \cdot db) \quad \dots (2)$$

dimana :

m, kemiringan rata-rata dasar laut di area pantai

Hb, tinggi gelombang pecah pada kedalaman yang ditinjau = **0,78.db**;

db, kedalaman gelombang pecah yang ditinjau. Pada model ini panjang daerah *surf zone*

(**xb**) adalah ± 11 meter jadi area yang harus diberi pasir adalah **A = xb.wb**, dimana **wb** adalah lebar saluran (kolam) gelombang. Di sebelah ujung area surf zone disebut area pantai, digunakan untuk uji bangunan pelindung pantai seperti dalam foto di bawah.

Bagian ke dua dimulai dari batas surf zone (panjang xb) sampai pada posisi alat pembangkit gelombang yang mempunyai panjang ± 17 meter (di model), disebut area *offshore* (perairan dalam), dasar perairan dalam ini, diberi lapisan tembok (plesteran), pada area *offshore* dianggap tidak ada aktivitas sedimentasi, seperti disajikan dalam Gambar 2 dan 3.

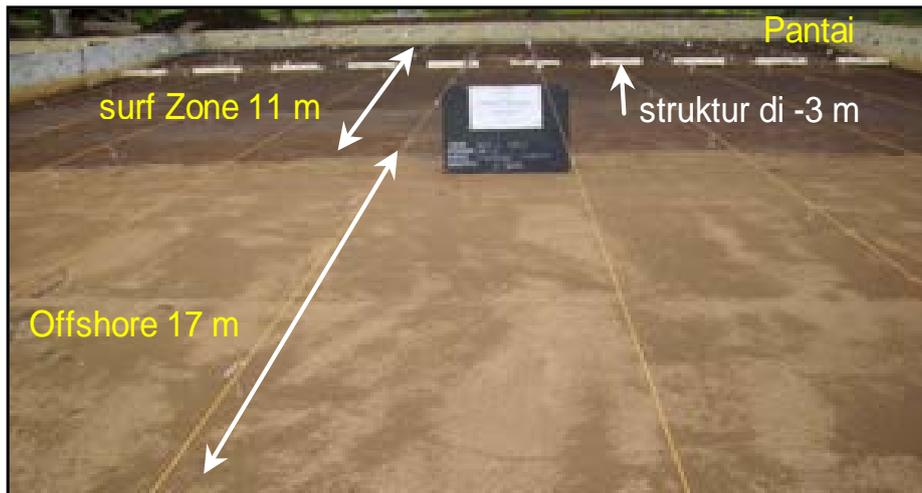
2 Alat Pembangkit Gelombang

Untuk bisa membangkitkan gelombang perlu diketahui kemampuan dan kapasitas alat pembangkitnya. Oleh karena itu dilakukan berbagai pengujian berdasarkan kedalaman air pada kolam gelombang, antara nilai uji potensiometer pada *control panel* dan posisi lengan *padle* pada mesin. Waktu yang dibutuhkan oleh *padle* ke posisi semula diatur oleh *potensiometer*, yaitu instrumen yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Semakin besar angka *potensiometer* yang digunakan, semakin cepat *padle* bergerak. Posisi *padle* juga sangat berarti dalam menentukan besarnya simpangan yang dihasilkan, juga amplitudo gelombang yang terbentuk. Alat pembangkit gelombang dapat menghasilkan gelombang sampai ketinggian 10 cm dengan kemampuan periode 1,5 detik - 4 detik. Pada Gambar 3 ditunjukkan posisi alat pembangkit gelombang dan motor listrik pada kolam gelombang.

Kedalaman air yang digunakan di saluran gelombang pada elevasi MSL (0,00 m). Dengan melakukan beberapa kali pengujian, diperoleh hasil tinggi dan periode gelombang yang sesuai dengan skala prototip model. Dari tinggi gelombang ini diketahui posisi *padle* dan nilai *potensiometer* pada *control panel*, yang digunakan pada percobaan uji model.

3 Model Fisik Pemecah Gelombang

Dalam model telah dilakukan percobaan uji fisik pemecah gelombang lepas pantai. Struktur pemecah gelombang berbentuk trapesium seperti pada Gambar 4 terbuat dari geotube berbentuk bantal guling (*silinder*) dengan ukuran tinggi prototip 1,2 m, lebar prototip 2,5 m dan panjangnya 20 m yang diisi dengan pasir yang dilapisi dengan armor kubus beton, dibutuhkan sekitar 16 modul struktur



Gambar 2 Deskripsi kolam gelombang



Gambar 3 Alat pembangkit gelombang

PEGAR seperti ini. Miniatur struktur PEGAR ini ditempatkan pada kedalaman -2,5 m dan -3 m dari MSL. PEGAR disusun lurus sejajar pantai (PEGAR lurus) dengan jarak celah bervariasi seperti diuraikan dalam Tabel 3.

4 Kondisi Alam yang Dimodelkan

Untuk dapat membuat model yang serupa dengan kondisi prototipnya, diperlukan informasi mengenai parameter lingkungan model prototip, meliputi peta bathimetri pantai, elevasi penting pasang surut, tinggi dan periode gelombang, arah gelombang datang, dimensi, dan material prototip pemecah gelombang.

5 Peta Batimetri Pantai Cikidang, Ciamis.

Peta batimetri Pantai Cikidang, Kabupaten Ciamis didapat dari hasil survei pengukuran

situasi dan kedalaman yang kemudian dielaborasi, hasilnya disajikan pada Gambar 5

6 Pasang surut

Pasang surut (pasut) dihitung berdasarkan peramalan pasut selama ± 20 tahun, yang hasilnya berupa elevasi penting pasang surut. Pada penelitian ini, kondisi perairan yang akan diamati adalah kondisi ekstrim, yaitu pada saat elevasi muka air tertinggi (HWS) seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Elevasi penting pasang surut

Muka Air Penting	Elevasi (m)
Muka Air Tertinggi (HWS)	+0,964
Muka Air Rata-rata (MSL)	0,00
Tunggang pasang	1,784

Tabel 2 Tinggi dan periode gelombang

Kondisi	Tinggi (m)	Periode (det)
Harian	3,34	7,91
Badai	4,45	9,60

7 Gelombang

Tinggi gelombang yang digunakan pada uji model adalah tinggi gelombang maksimum harian dan gelombang badai. Besaran gelombang ini diperoleh dari hasil peramalan gelombang seperti yang disajikan pada Tabel 2. Dalam pengujian model, tinggi gelombang yang dipakai adalah tinggi gelombang harian dan maksimum yang akan terjadi di lokasi struktur PEGAR, yakni **0,78 d** dimana **d** = kedalaman perairan di lokasi struktur, dan arah gelombang datang dari Tenggara.

8 Kedalaman Perairan yang Dimodelkan

Berdasarkan hasil survei batimetri, kemiringan (*slope*) pantai adalah > 0.1 termasuk pantai curam dan di sekitar lokasi rencana PEGAR yang akan dimodelkan pada kedalaman perairan -2.5 m dan -3.0 m terhadap MSL.

9 Material PEGAR dan Pasir D₅₀

Material PEGAR yang digunakan adalah miniatur geotube yang diisi pasir, untuk pemodelan ini bahan geotube digantikan dengan bahan kain yang dapat menahan pasir tetapi dapat meloloskan air, sebagai lapisan pelindung digunakan armor terbuat dari beton. Material pasir laut relatif seragam dengan D₅₀ sebesar 0,25 mm. Dalam pemodelan pasir laut diganti dengan material pasir yang disaring dengan saringan MESH # 50.

10 Skenario Uji Model

Pelaksanaan uji model fisik dilakukan dengan 11 skenario model. Pengambilan data uji model dilakukan setiap seri(rangkaian) percobaan, dan pengambilan data logger dilakukan pada waktu awal dan akhir setiap pelaksanaan uji model. Skenario uji model disajikan dalam Tabel 3.

11 Penentuan Skala Model

Penentuan besarnya skala yang digunakan dibatasi oleh kapasitas alat pembangkit gelombang, lingkungan yang akan dimodelkan, dan kemudahan dalam pembuatan model. Dari hasil pengamatan terhadap karakteristik alat, diperoleh tinggi gelombang 10 cm dan periode 1,5 det – 4 det, sehingga ditetapkan skala model

1:40. Penyekalaan parameter yang digunakan pada uji model ini dihitung berdasarkan pada skala “kesamaan *Froude*”.

Sensitivitas sistem pembangkit gelombang (wave generator) dilakukan pada setiap uji model prototip, untuk menentukan kesesuaian skala model dengan prototipnya. Melalui sensitivitas ini diperoleh tentang: 1)posisi *variator* dan periode gelombang, 2) tinggi gelombang (H) dengan kedalaman gelombang (d), periode gelombang (T); 3) posisi pengatur arus(*inverter*), dan 4) tinggi gelombang maksimum yang dapat dibuat pada periode dan kedalaman tertentu.

Supaya dapat diletakkan di laboratorium, perlu adanya proses penskalaan prototip menjadi model. Hal ini dilakukan dengan meminiaturkan prototip menjadi lebih kecil. Karena itu, digunakan prinsip bahwa parameter bilangan *Froude* antara prototip dengan model harus sama, dan proses ini disebut analisis dimensi. Bila ketiga jenis keserupaan yang disyaratkan dapat dipenuhi, maka model dapat mewakili situasi yang sebenarnya terjadi di alam. Pada kasus transpor sedimen, dasar perairan dapat berpindah sebagai respon perubahan gaya hidrodinamika akibat arus dan gelombang, sehingga diperoleh profil keseimbangan alamnya. Uji model fisik yang dilakukan, menggunakan material *granural* yang tidak kohesif pada sebagian atau keseluruhan dari dasar perairan model. Model fisik yang ideal adalah yang memenuhi tiga jenis keserupaan, yaitu: 1) keserupaan geometrik, 2) keserupaan kinematik, dan 3) keserupaan dinamik.

12 Keserupaan Geometrik

Keserupaan geometrik yang merupakan fungsi dari dimensi panjang (L), mensyaratkan model dan prototip sebanding ukurannya dalam segala arah, sehingga didapat bentuk yang sama antara prototip dan model. Skala panjang dinyatakan dalam :

$$L_r = \frac{L_m}{L_p} \quad \dots (3)$$

dimana indeks r, m, dan p masing-masing menyatakan rasio, model, dan prototip. Maka L_r harus sama untuk semua bagian model. Dalam hal model bangunan pelindung pantai, keserupaan geometrik dipenuhi bila dimensi lebar, panjang, tinggi, kemiringan, dan dimensi batu pada model, sebanding dengan prototip.

13 Keserupaan Kinematik

Keserupaan kinematik mengindikasikan kesamaan gerak antara partikel dari sebuah model dengan prototipnya, dengan kata lain keserupaan kinematik mensyaratkan model dan prototip mempunyai nisbah skala panjang dan nisbah skala waktu yang sama. Keserupaan kinematik dapat dicapai bila keserupaan geometrik terpenuhi dan setiap partikel yang sebanding berada pada posisi yang sebanding pada setiap waktu.

14 Keserupaan Dinamik

Keserupaan dinamik mensyaratkan nisbah skala panjang, nisbah skala waktu, dan nisbah skala gaya yang sama. Keserupaan dinamik secara matematik dijelaskan oleh hukum Newton II, bahwa gaya inersia sebanding dengan sejumlah vektor dari gaya gravitasi, gaya tegangan permukaan, gaya gesek/kekentalan, gaya kompresi elastis, dan gaya tekanan.

15 Analisis Dimensi dan Syarat Penyelesaian

Dua pendekatan yang digunakan untuk menentukan parameter penting hubungan skala untuk model transpor sedimen pantai, yaitu proses sedimen diakibatkan oleh aliran *unidirectional* dengan penambahan gelombang dan proses sedimen diakibatkan oleh gelombang dengan penambahan arus.

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Limpasan gelombang pada pemecah gelombang ambang rendah melemahkan pola arus yang terbentuk diantara struktur dan pantai, sehingga terjadi proses pengendapan sedimen di belakang struktur yang membentuk garis pantai baru atau salien. Dalam beberapa hal, arus tersebut berbalik arah karena naiknya muka air di belakang struktur, yang menyebabkan aliran dari belakang struktur ke arah celah. Hal ini yang memungkinkan terjadinya erosi di belakang struktur. Akresi terjadi di muka celah dan arus yang mengalir keluar melalui celah mengikis bagian dasar dekat kepala struktur dan mengancam kestabilan strukturnya. Pola arus, erosi dan akresi di sekitar struktur ambang rendah ini sangat rumit difahami, melalui analisis dan pembahasan di bawah ini beberapa hal dapat dipelajari.

1 Kondisi Awal (Eksisting)

Kondisi awal merupakan referensi dasar, sebagai pembanding dengan hasil percobaan

model berstruktur ataupun tanpa struktur. Persiapan lainnya yang perlu dilakukan yaitu permukaan lantai harus sesuai dengan kontur prototip dan kolam gelombang harus bersih, seperti dapat diperiksa pada Gambar 6.

2 Kondisi Tanpa Struktur PEGAR

Uji model fisik ini dilakukan dalam kondisi gelombang harian maksimum dan gelombang badai. Hasil analisis dari seri percobaan M0.1H (H = harian) dan M0.1B (B = badai), yaitu pola kontur yang diperoleh seperti pada Gambar 7, dimana pola kontur menjadi tidak beraturan terutama pada area *surf zone* (11 meter) dan pada daerah pantai terjadi garis pantai maju (lihat arah panah) dan di sebelah kiri dari laut ke arah pantai terjadi garis kontur mundur. Kondisi, ini menunjukkan adanya aktivitas erosi dan sedimentasi. Terlihat pada kondisi gelombang harian terjadi proses deposisi sedimen lebih besar dari kondisi gelombang badai. Sebagai akibatnya pantai menjadi curam dan garis pantai maju ke arah laut seperti terlihat pada Gambar 8 dan Gambar 9. Perpindahan sedimen terjadi pada segala arah (arah melintang, memanjang, dan arah diagonal). Plot profil melintang dibuat untuk memberikan proyeksi penampang yang menggambarkan kejadian kualitatif erosi dan disposisi. Hasil analisis sementara menunjukkan terjadinya sedimentasi yang cukup besar di pesisir pantai, sehingga garis pantai maju disertai kemiringan pantai yang lebih curam.

3 Kondisi dengan Struktur PEGAR

Berdasarkan batimetri prototip dan hasil uji sensitivitas alat pembangkit gelombang diketahui bahwa posisi gelombang pecah terjadi pada kedalaman -2,5 s/d -3,0 meter. Karena itu, peletakan struktur ambang rendah dimodelkan pada kedalaman perairan -2,5 meter (periksa Gambar 6 dan Gambar 11), dan -3,0 meter terhadap MSL. Hasil percobaan dengan struktur ambang rendah lurus (PEGAR lurus) pada kedalaman -2,5 meter yaitu : celah 25 cm (M1.1H), celah 37,5 cm (M1.2H) dan celah 50 cm (M1.3H). Dapat dijelaskan bahwa struktur ambang rendah lurus dapat meredam energi gelombang harian maksimum, namun besaran redaman gelombang sangat bergantung pada lebar celah antar struktur. Hasil analisis menunjukkan terjadinya sedimentasi di pantai, garis pantai menjadi maju dan kemiringan pantai tidak terlalu curam yaitu hasil percobaan M1.3H.

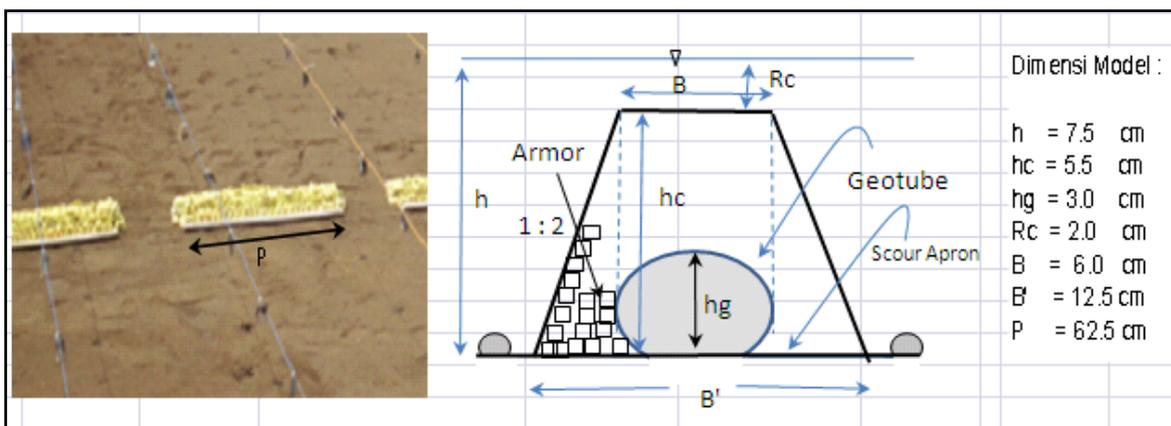
Selanjutnya hasil analisis untuk kondisi gelombang badai yaitu pada rangkaian percobaan M1.1B, M1.2B, dan M1.3B. Struktur PEGAR lurus

dapat meredam energi gelombang badai dengan besaran redaman sekitar 40% (Jensen, 1994). Hasil analisis menunjukkan terjadinya sedimentasi di pantai, garis pantai maju dan kemiringan pantai tidak terlalu curam yaitu hasil percobaan M1.3B. Dari kedua analisis tersebut diketahui bahwa proses deposisi sedimen akibat gelombang harian maksimum lebih besar dari pada deposisi sedimen akibat gelombang badai.

Pada sesi percobaan dengan struktur PEGAR lurus untuk kedalaman -3,0 meter dengan kondisi gelombang harian maksimum, hasilnya menunjukkan terjadinya sedimentasi di pantai. Garis pantai maju tetapi kemiringan pantainya

tidak terlalu curam terutama pada sesi percobaan M2.1H.

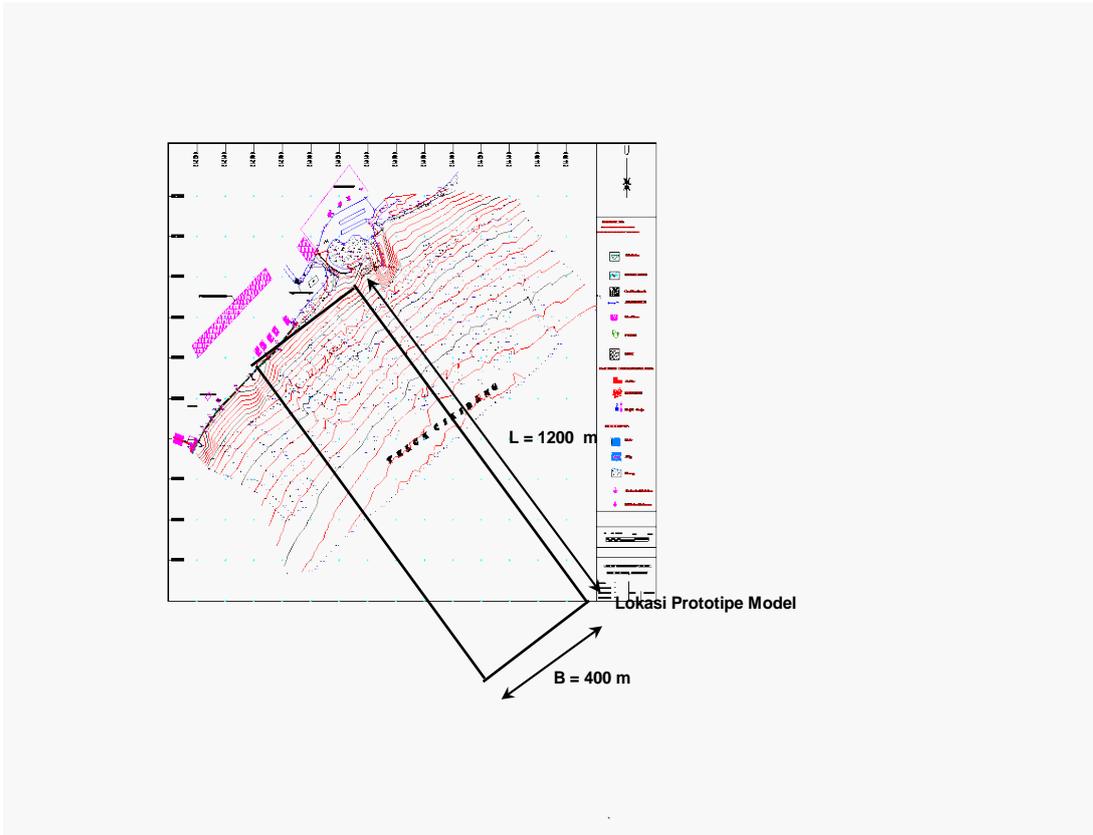
Dari beberapa formasi kedalaman dan celah yang telah diuji, diperoleh bahwa struktur PEGAR di kedalaman -3,0 meter dengan seri percobaan M2.1H yang mempunyai lebar celah 37,5 cm (prototip 15 meter), menunjukkan kinerja yang paling baik. Hasil analisis untuk berbagai formasi tersebut diuraikan dalam Gambar 10 sampai Gambar 15.



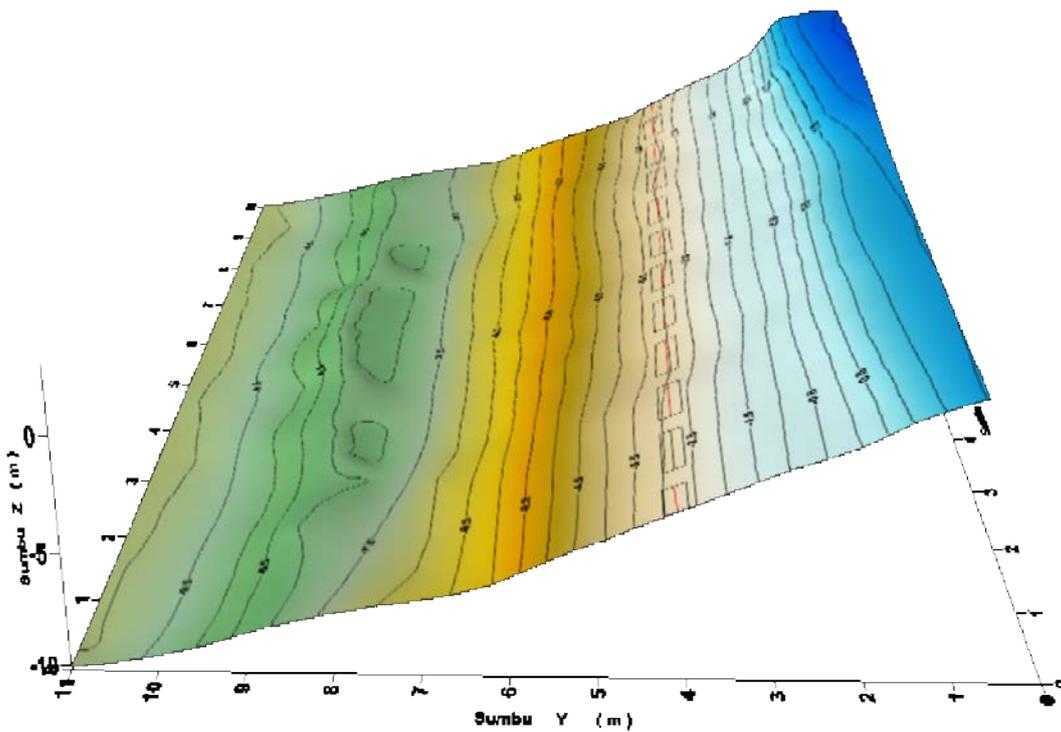
Gambar 4 penampang struktur PEGAR

Tabel 3 Skenario uji model

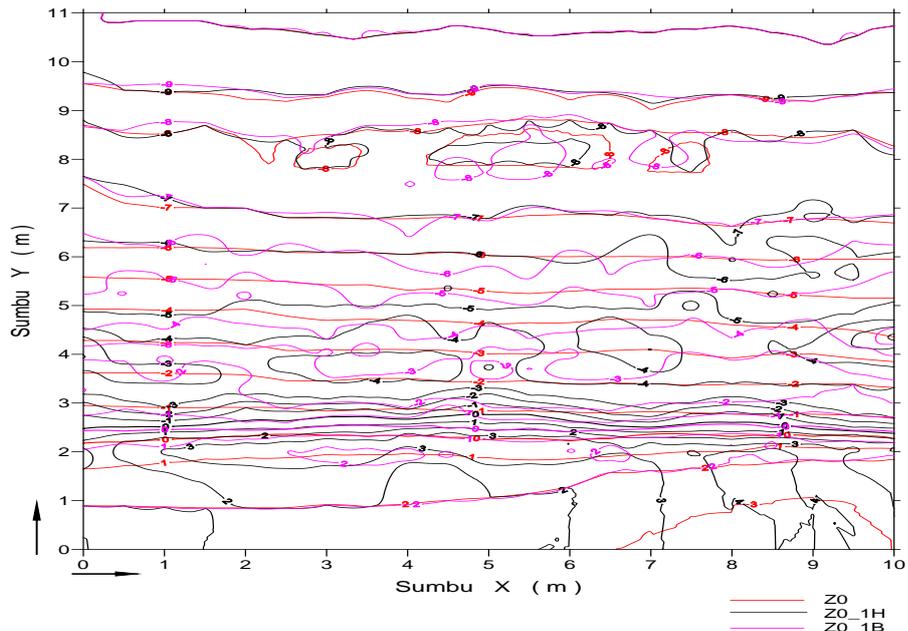
No.	Run	Kondisi	Durasi Eksp. (jam)	Struktur Offshore Breakwater (cm)	Tinggi Gel. di depan Struktur (cm)	Keterangan
1	M0.1H	Harian	7	Tanpa Struktur	3.3	Peletakan struktur pada kontur - 2,5 meter dan -3.0 meter
2	M0.1B	Badai	2	Tanpa Struktur	5.0	
3	M1.1H	Harian	7	Strk lurus Gap = 25	3.3	
4	M1.1B	Badai	2	Strk lurus Gap = 25	5.0	
5	M1.2H	Harian	7	Strk lurus Gap = 37,5	3.3	
6	M1.2B	Badai	2	Strk lurus Gap = 37,5	5.0	
7	M1.3H	Harian	7	Strk lurus Gap = 50	3.3	
8	M1.3B	Badai	2	Strk lurus Gap = 50	5.0	
9	M2.1H	Harian	7	Strk lurus Gap = 37,5	3.3	
10	M2.1B	Badai	2	Strk lurus Gap = 37,5	5.0	
11	M2.2H	Harian	7	Strk lurus Gap = 50	3.3	



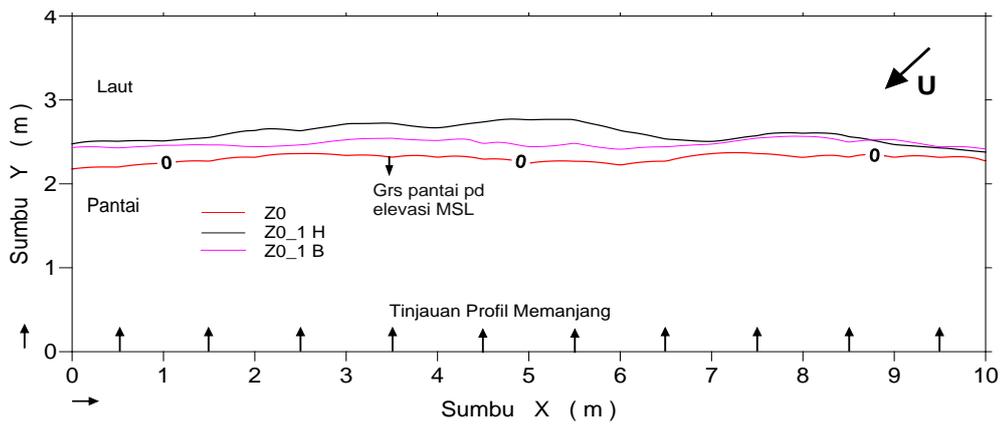
Gambar 5 Peta bathimetri pantai Cikidang Pangandaran dan lokasi prototip model



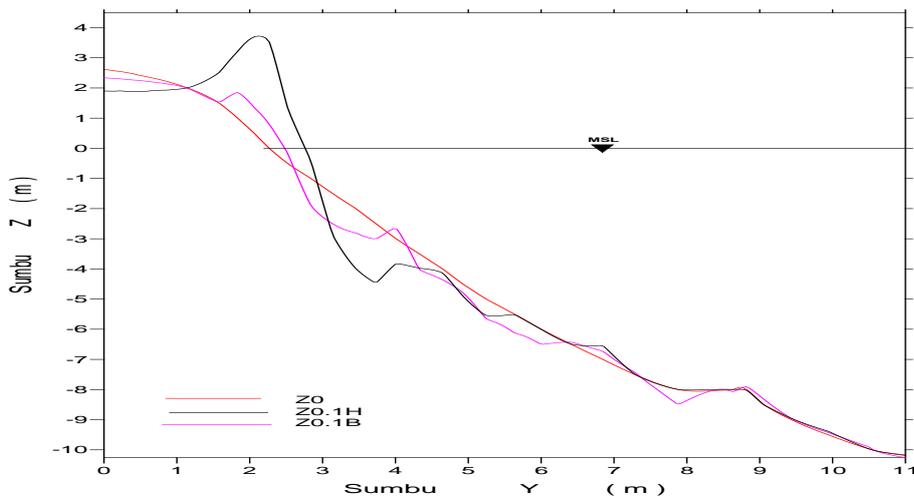
Gambar 6 Kontur awal dalam 3 dimensi pada area surfzone



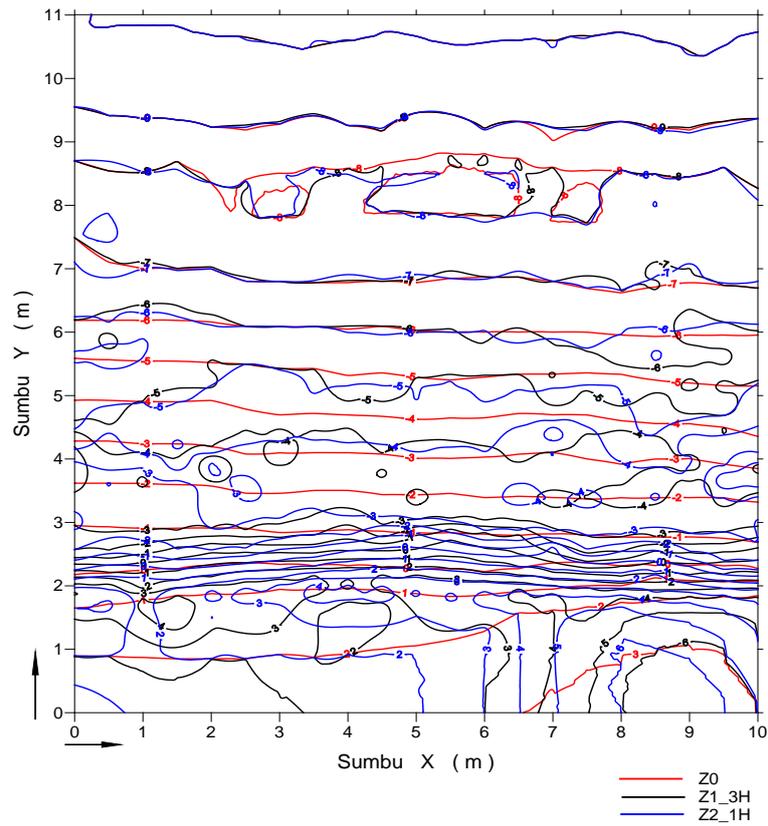
Gambar 7 Perubahan garis kontur awal (Z_0) setelah seri percobaan M0.1H dan M0.1B



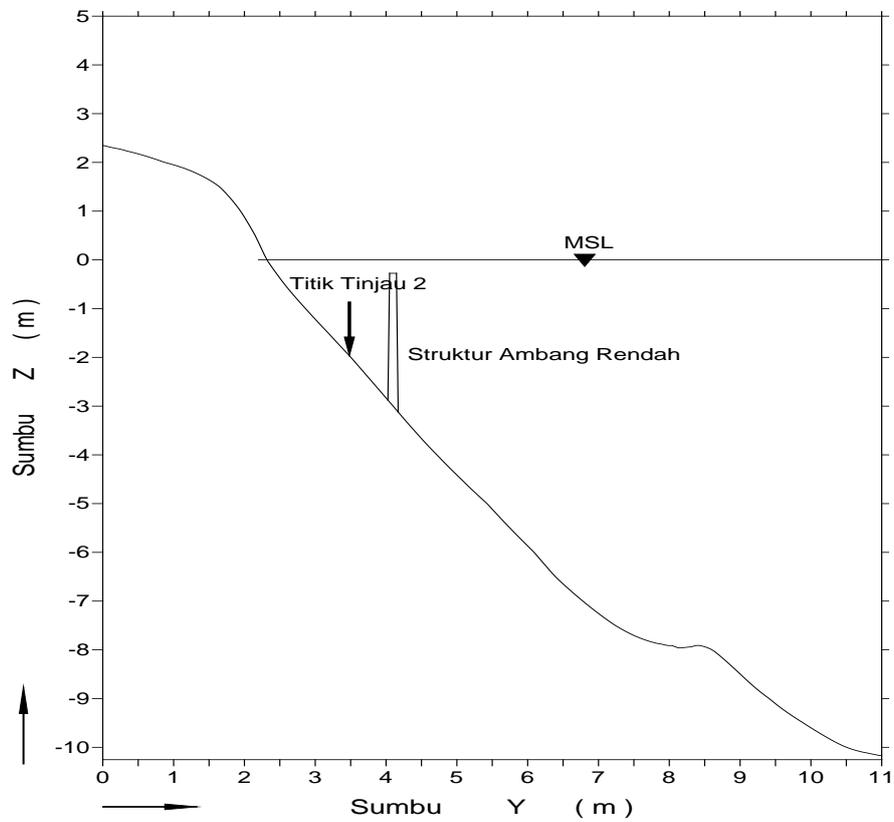
Gambar 8 Pengaruh gelombang harian maksimum dan gelombang badai terhadap garis pantai



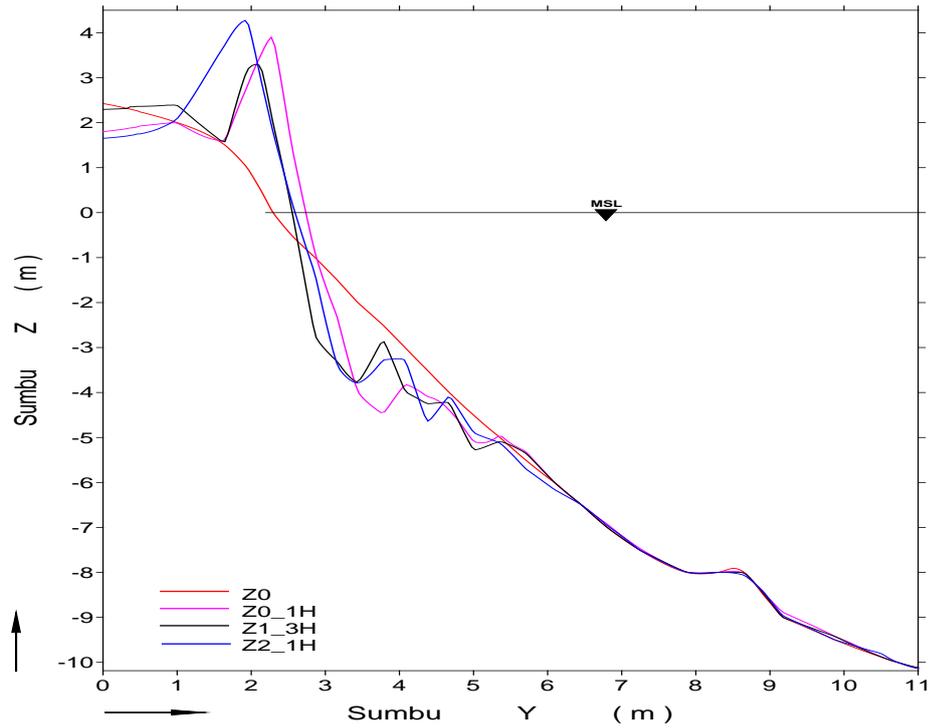
Gambar 9 Profil melintang pada sb x 5,5 m sebelum dan setelah percobaan M0.1H dan M0.1B



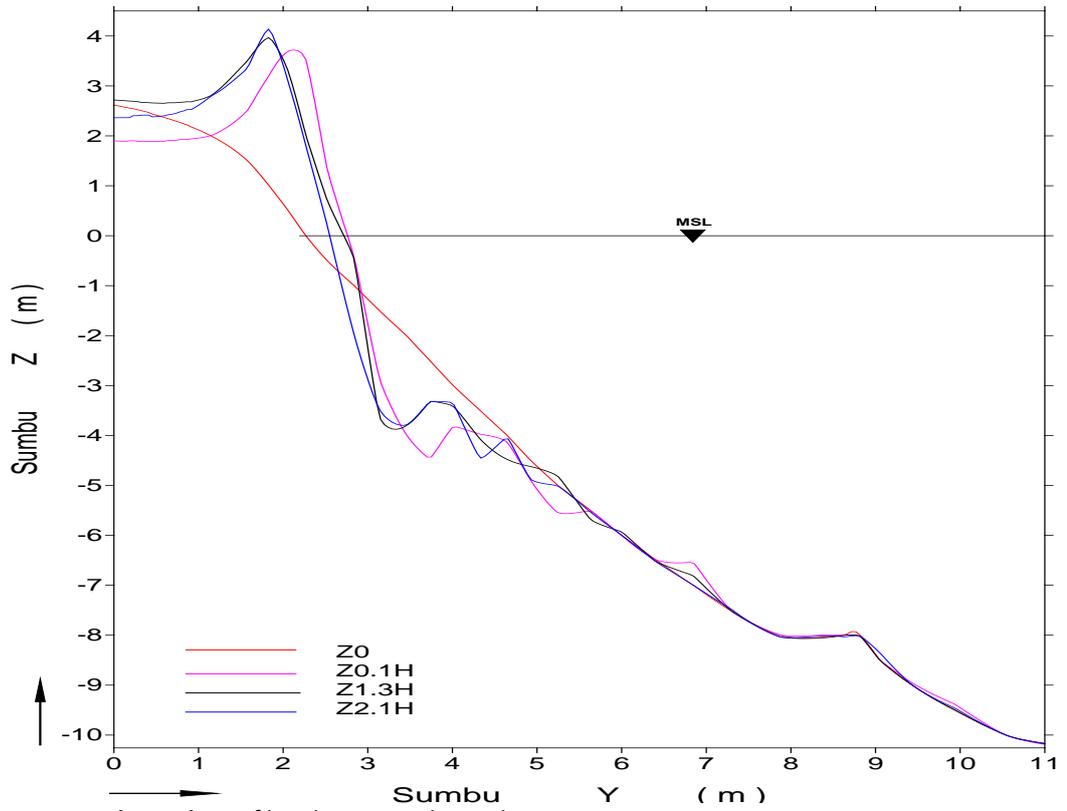
Gambar 10 Perubahan garis kontur awal (M_0) setelah seri percobaan M1.3H dan M2.1H pada area surf zone



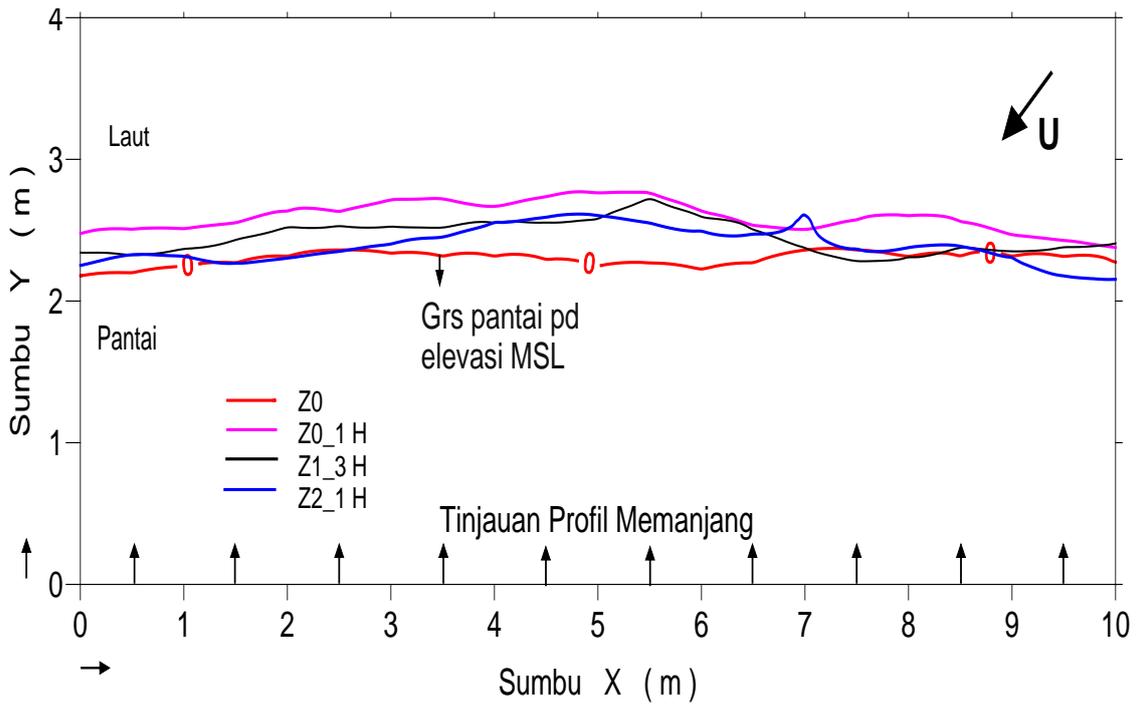
Gambar 11 Peletakan struktur PEGAR dan titik tinjau erosi/sedimentasi pada profil $X = 3,5$ m



Gambar 12a Profil melintang pada sumbu X = 4,5 m



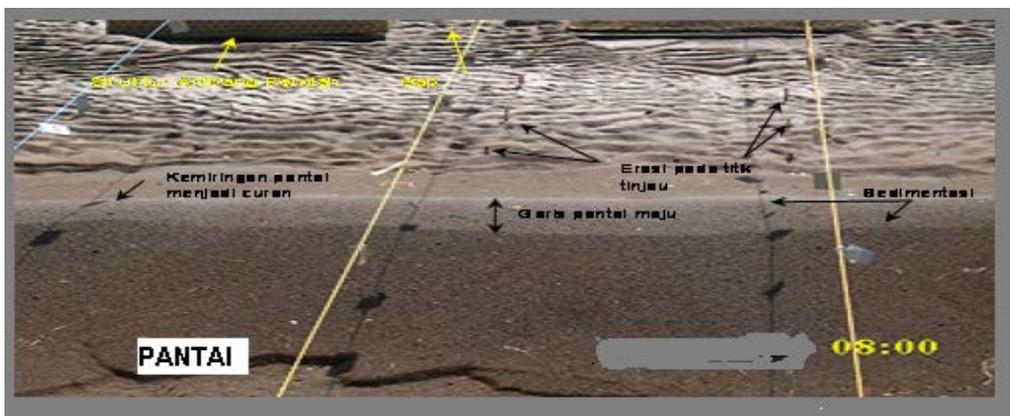
Gambar 12b Profil melintang pada sumbu X = 5,5 m



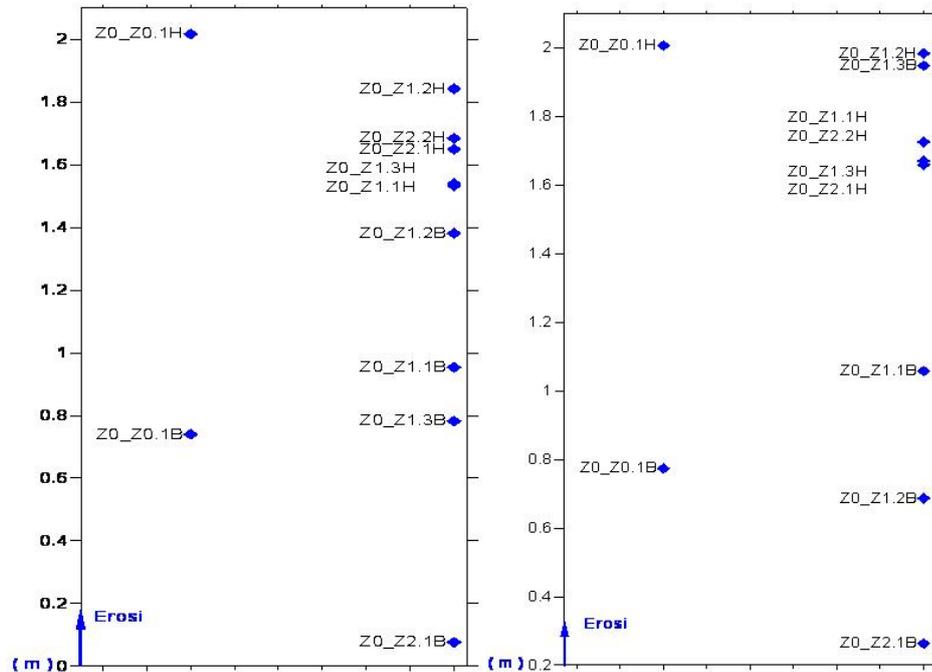
Gambar 13 Perubahan garis pantai (M0) setelah seri percobaan M0.1H, M1.3H dan M2.1H



Gambar 14 Kontur kondisi awal pada area surfzone



Gambar 15 Profil pantai setelah run M 2.1 H



Gambar 16 Tinjauan erosi/sedimentasi pada titik X=4,5 dan X=5,5

4 Analisis Sedimen

Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan terjadi perubahan garis kontur dengan pola perubahan garis kontur yang hampir seragam. Hal ini terjadi pada uji model tanpa struktur maupun dengan struktur PEGAR. Perubahan garis kontur ini dimulai dari kontur -5 awal (Z0) mundur ke arah pantai secara berurutan sehingga kemiringan pantai menjadi curam. Perubahan garis kontur ini timbul karena adanya erosi di kontur -5, sehingga garis kontur ini menjadi dalam. Akibat erosi yang terjadi di dasar perairan ini, sedimennya berpindah ke berbagai arah. Pergerakan sedimen ini akhirnya mengendap di pantai sehingga garis pantai menjadi maju dan kemiringan pantai menjadi lebih curam. Majunya garis pantai dan kemiringan pantai ini dapat dikurangi dengan meletakkan struktur ambang rendah pada kedalaman -3 meter, seperti yang diperlihatkan oleh uji model untuk seri M2.1H.

Pada Gambar 15 memperlihatkan terjadinya gerusan lokal di depan dan di belakang struktur PEGAR. Sedangkan di samping struktur PEGAR, daerah celah, tidak terlihat adanya erosi. Untuk mengetahui berapa besar erosi atau sedimentasi yang terjadi di belakang struktur PEGAR, diambil titik tinjau 2 (Gambar 11), pada jarak Sumbu Y = 3,5 meter pada setiap plotting profil melintang. Gambar 16 memperlihatkan hasil plotting erosi atau sedimentasi pada titik X = 4,5 dan Y = 5,5. Secara umum, erosi yang terjadi di belakang struktur PEGAR, hasil seri percobaan

M1.3H dan M2.1H lebih kecil bila dibandingkan dengan hasil seri percobaan tanpa struktur. Sebagai contoh, pada titik tinjau X = 4,5, erosi yang terjadi pada seri percobaan tanpa struktur mencapai 2 m, sedangkan pada seri percobaan M1.3H dan M2.1H hanya sekitar 1,65 m. Sedimen hasil erosi ini diendapkan di pantai sehingga pantai menjadi curam. Pengaruh struktur PEGAR dapat meredam energi gelombang harian maksimum, dan peletakan struktur ambang rendah di kedalaman -3,0 meter merupakan posisi yang paling tepat untuk lokasi pantai Cikidang, Ciamis. Akan tetapi timbul perubahan pada garis pantai dan dasar pantai (bathimetri).

KESIMPULAN

Dari uji model fisik unuk pantai curam yang telah dilakukan dengan berbagai formasi lebar celah dan kedalaman struktur, dapat disimpulkan dan disarankan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil evaluasi profil melintang, untuk kondisi gelombang harian maksimum pada rangkaian percobaan tanpa struktur, garis pantai mundur dan kemiringan pantainya bertambah curam. Sedangkan pada percobaan dengan struktur, kecuraman pantai berkurang dan garis pantai maju. Hal ini terjadi karena adanya peredaman gelombang oleh struktur ambang rendah.
- 2) Besar atau kecilnya tingkat kecuraman pantai bergantung pada tipe struktur, jarak celah, dan kedalaman peletakan struktur. Hasil

evaluasi untuk percobaan M1.3H dan percobaan M2.1H menunjukkan tidak signifikannya perubahan garis pantai. Akan tetapi, dari hasil evaluasi plotting profil memanjang dan plotting tinjauan erosi dan sedimentasi tingkat kecuraman yang lebih kecil yaitu dari hasil percobaan M2.1H.

- 3) Erosi yang terjadi di belakang struktur ambang rendah, hasil rangkaian percobaan M1.3H dan M2.1H, lebih kecil bila dibandingkan dengan hasil rangkaian percobaan tanpa struktur. Sedimen hasil erosi tersebut diendapkan di pantai sehingga pantai menjadi curam.
- 4) **Pada umumnya, formasi tombolo akan terjadi di belakang** struktur ambang rendah. Namun **dari** hasil rangkaian percobaan M1.3H dan rangkaian percobaan M2.1H, terjadi erosi. Hal ini **terjadi karena** struktur ambang rendah **diletakan pada lokasi** sebelum terjadinya gelombang pecah.
- 5) Dari rangkaian percobaan dengan struktur ambang rendah, terlihat adanya pengaruh dinding kolam terhadap struktur ambang rendah yang menimbulkan gerusan lokal dan sedimentasi, pengaruh dinding kolam ini disebut sebagai efek distorsi model.
- 6) Pada uji model fisik 3 dimensi, perubahan garis kontur akibat erosi dan sedimentasi dapat terjadi dalam segala arah. Besarnya volume erosi sebanding dengan volume sedimentasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih baik kepada perorangan maupun instansi atas data, informasi, dan bahan-bahan sehingga tulisan ini bisa tersusun. Terima kasih ini penulis kan kepada Kepala Balai Pantai dan Kepala Pusat Litbang Sumber Daya Air dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan uji model yang berharga ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahrens, J.P., 1987. Characteristics of Reef Breakwaters. Technical Report CERC-87-17. Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, 62 pp.
- Buccino, M. and M.Calabrese, 2007. Conceptual Approach for Prediction of Wave Transmission at Low-Crested

Breakwaters. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering. Vol. 133. Number 3: 213-224.

Direktorat Jendral Sumber Daya Air , 2007. Manual Pemodelan Fisik Pengaman Pantai, Jakarta.

Hanson, H., and N.C.Kraus, 1990. Shoreline response to a single-transmissive detached breakwater. Coastal Engineering (1990), B.L.Edge, ed., ASCE, New York, 2034-2046

Hughes, S.A., 1993. Physical Model and Laboratory Techniques in Coastal Engineering, World Scientific.

Jensen, O.J., 1994. Physical Model and Their Application, in Coastal, Estuarial and Harbour Engineers Reference Book. edited by M.B.Abbot and W.A.Price, E&FN Spon, London.

Pilarczyk, K.W., 2003. Design of Low Crested(Submerged) Structures- an Overview-, Proceedings of COPEDEC VI, Colombo, Sri Lanka.

Puslitbang Sumber Daya Air, 2006. Penyelenggaraan Laboratorium Untuk Uji Bangunan Pantai 3 Dimensi, Laporan Akhir, Ciparay – Bandung.

Puslitbang Sumber Daya Air, 2006. Uji model fisik Pantai Sarang Rembang Jawa Tengah, Laporan Akhir, Bandung.

Puslitbang Sumber Daya Air, 2007. Uji Karakteristik Mesin Pembangkit Gelombang Dalam Rangka OP Kolam Gelombang, Laporan Akhir, Ciparay – Bandung.

Puslitbang Sumber Daya Air, 2008. Operasi Dan Pemeliharaan Model Fisik 3 Dimensi Kolam Gelombang, , Laporan Akhir, Bandung.

Sanchez-Arcilla, A., F.Rivero, X. Gironella, D. Verges, and M.Tome, 1998. Vertical circulation induced by a submerged breakwater. 26th Coastal Engineering, Copenhagen.

US Army Corps of Engineers, 1999. Coastal Engineering Manuals (CEM), 1999, Part I – V CEM, Washington.

