

BEACH NOURISHMENT RESPON AT BEHIND SUBMERGED STRUCTURE

RESPON PANTAI PASIR DI BELAKANG STRUKTUR BAWAH AIR

Bambang Triatmodjo¹⁾, Nur Yuwono²⁾, dan Chairul Paotonan³⁾

¹⁾ Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, FT UGM, email: bambangt@tsipil.ugm.ac.id

³⁾ Staf pengajar Program Studi Teknik Kelautan, FT Unhas, email: paotonan_ch@yahoo.com

ABSTRACT

In recent years, Indonesia beach is faced to erosion and abrasion problems. One of an alternative can be applied to solve these problems is beach nourishment. Beach nourishment need large volume of sediment filler. For reducing of sediment filler, then the sediment filler is protected by submerged structure. The problems, beach profile at behind submerged structure after beach nourishment reach to equilibrium condition is not yet understood. The objective of this research is to indentify beach profile behind submerged structure for several wave and structure parameters. This research conducted in Hydraulic and Hydrology Laboratory, Engineering Research Centre, Gadjah Mada University using of physical modeling. Equilibrium beach profile form at behind submerged structure influenced by deep water wave steepness (H_o/L_o) and depth relative (R_c/h_s). The greater value of H_o/L_o and R_c/h_s the greater the retreat of beach profile. Wave steepness can be used to indentify direction of sediment movement.

Keywords: beach profile, submerged structure, and geotube.

ABSTRAK

Banyak pantai di Indonesia yang mengalami erosi dan abrasi pantai. Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan erosi dan abrasi adalah dengan membuat pantai pasir buatan. Pantai pasir buatan membutuhkan volume pasir timbunan yang besar. Untuk mengurangi volume pasir timbunan, maka pasir timbunan tersebut dilindungi dengan struktur bawah air. Perlu diketahui bentuk profil pantai di belakang struktur setelah pantai mencapai kondisi stabil. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi profil pantai di belakang struktur bawah air pada beberapa nilai parameter gelombang dan struktur. Penelitian model fisik dua dimensi dilakukan di laboratorium Hidraulika dan Hirdologi Pusat Studi Ilmu Teknik UGM. Profil pantai stabil yang terbentuk di belakang struktur dipengaruhi oleh kecuraman gelombang (H_o/L_o) dan kedalaman relatif (R_c/h_s). Semakin besar nilai H_o/L_o dan R_c/h_s , semakin besar mundurnya garis pantai. Kecuraman gelombang dapat digunakan untuk mengidentifikasi arah arah pergerakan sedimen.

Kata-kata kunci : Profil pantai, struktur bawah air, dan geotube

PENDAHULUAN

Permasalahan daerah pantai yang dihadapi Indonesia beberapa tahun terakhir adalah erosi dan abrasi pantai. Meningkatnya intensitas kerusakan pantai, disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu perubahan kondisi lingkungan yang ekstrim berupa pemanasan global. Pemanasan global menyebabkan meningkatnya muka air laut, yang memicu terjadinya gelombang besar terutama pada saat kecepatan angin yang tinggi. Faktor kedua adalah faktor manusia, yakni adanya aktivitas manusia di daerah pantai yang tidak mempertimbangkan proses-proses hidrodinamik di daerah pantai. Aktivitas manusia yang dapat mengganggu kondisi stabil pantai adalah penambangan pasir di daerah pantai, penebangan atau pengalih-fungsian hutan pantai, pembangunan struktur pantai yang tidak berwawasan lingkungan. Gambar 1 adalah contoh kerusakan daerah pantai di Pantai Galesong dan Pantai Topejawa Sulawesi Selatan.

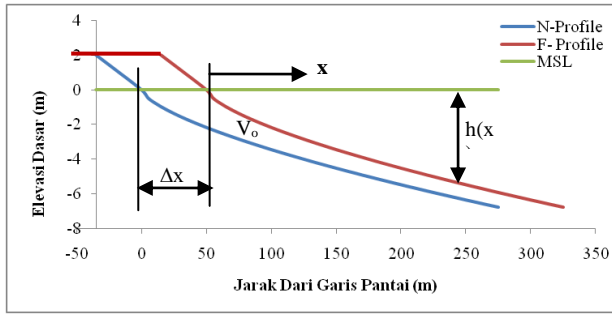


(a). pantai galesong

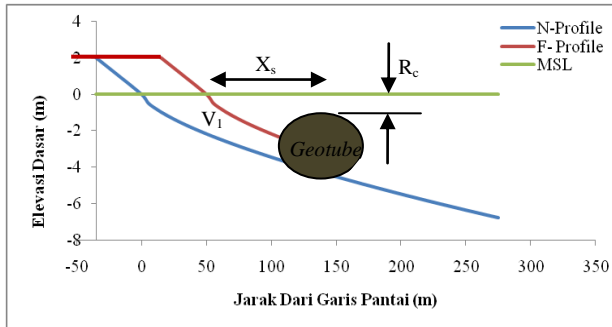
(b). Pantai Topejawa

Gambar 1. Contoh kerusakan pantai akibat gelombang laut (Tahun 2008)

Gambar 1a, memperlihatkan dampak erosi yang terjadi di pantai Galesong Sulawesi Selatan, dimana sebagian dari rumah penduduk telah hancur. Gambar 1b, memperlihatkan terputusnya jalan ke obyek wisata di pantai Topejawa Sulawesi Selatan. Selain terputusnya jalanan, abrasi tersebut juga menyebabkan hilangnya fasilitas yang ada di obyek wisata Topejawa. Kerusakan pantai tersebut sangat merugikan dan membahayakan jiwa manusia. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan erosi dan abrasi pantai adalah membuat pantai pasir buatan (*beach nourishment*). Pantai pasir buatan memiliki keuntungan dibandingkan pendekatan lainnya yakni dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya relatif sedikit, pantai bertambah lebar ke arah laut, dan pantai menjadi lebih indah. Pantai pasir buatan sangat cocok untuk obyek wisata, sehingga dapat memberikan keuntungan secara ekonomi. Permasalahannya, pekerjaan pantai pasir buatan membutuhkan volume pasir sangat besar sehingga biaya pembangunannya mahal. Untuk mengurangi volume pasir timbunan dapat dilakukan dengan struktur bawah air dari *geotextile tube* (*geotube*). Struktur bawah air dibangun dengan elevasi puncaknya berada di bawah garis air rerata. Sedangkan *geotube* adalah material untuk bangunan pantai yang terbuat dari material geotekstil (*getextile*) yang diisi pasir atau kerikil dan memiliki bentuk seperti tabung (*tube*). Gambar 2 menunjukkan struktur bawah air yang melindungi pantai pasir timbunan.



(a)



(b)

Gambar 2. Struktur bawah air sebagai pelindung pantai pasir buatan

Gambar 2 menunjukkan bahwa untuk menimbun pantai sejauh Δx dari garis pantai diperlukan volume pasir timbunan sebesar V_0 . Penggunaan struktur bawah air (*geotube*) dapat mengurangi volume pasir timbunan menjadi V_1 . Perlu diketahui profil pantai yang terbentuk di belakang struktur bawah air setelah pantai mencapai kondisi stabil. Dalam penelitian ini dilakukan kajian tentang profil pantai di belakang struktur bawah air pada beberapa nilai parameter gelombang dan struktur.

Penelitian tentang pantai pasir buatan telah dilakukan oleh peneliti terdahulu diantaranya adalah Hanson dkk, (2002) dan melaporkan bahwa faktor utama dalam mendesain pantai pasir buatan adalah volume pasir dan kecepatan erosi pantai pasir buatan. Di Indonesia, penelitian tentang pasir buatan telah dilakukan oleh Setyandito dkk (2008), yang meneliti profil stabil pantai pada berbagai kondisi gelombang dan diameter pasir, namun tidak menggunakan struktur pelindung pasir timbunan.

Kajian tentang struktur bawah air untuk melindungi pasir timbunan, telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu seperti Gonzales. dkk (1999), yang meneliti profil stabil pantai bertangga (*perched beach*). Dalam menurunkan profil pantai di belakang struktur bawah air, Gonzales, dkk, mengaplikasikan formula yang dikembangkan oleh Bruun (1954), dan Dean (1977). Sorenson dan Beil (1988), melakukan kajian profil pantai bertangga dengan hanya menggunakan satu tinggi gelombang dan satu periode gelombang, dengan memvariasikan jarak struktur dari garis pantai dan tinggi struktur bawah air. Ferrante, dkk (1992), melakukan monitoring pada pantai bertangga di Lido di Ostia, Roma Italia. Namun, penelitiannya bersifat kasuistik, sehingga hasilnya tidak bisa diaplikasikan di tempat lain. Chatham (1972), melakukan penelitian tentang pantai bertangga dengan pemodelan fisik di laboratorium dan melaporkan bahwa pada gelombang-gelombang curam (H_0/L_0 besar), terjadi erosi dan pada gelombang-gelombang landai (H_0/L_0 kecil) terjadi akresi (pantai maju). Dengan H_0 dan L_0 masing-masing adalah tinggi dan panjang gelombang laut dalam. Disamping itu, dilaporkan juga bahwa pemasangan apron di belakang struktur bawah air akan menyebabkan berkurangnya kemunduran garis pantai.

Saat ini, material untuk struktur pantai telah mengalami pergeseran dari material konvensional seperti batu pecah dan beton ke material yang relatif murah dan mudah diperoleh, yaitu

material geosintetik. Salah satu tipe material geosintetik yang telah diaplikasikan untuk pelindung daerah pantai adalah *geotextile tube* dan disingkat *geotube*. *Geotube* adalah material geotextile yang berbentuk tabung dan diisi dengan pasir, kerikil atau mortar. Penelitian yang terkait dengan penggunaan *geotube* sebagai struktur pelindung pantai, diantaranya adalah Pilarczyk, 1998, 2000), dan menyampaikan bahwa salah satu pertimbangan desain *geotube* adalah stabilitas struktur dari serangan gelombang dan arus. Shin E.C, dan Oh Y.I (2007) telah mengkaji stabilitas *geotube* secara eksperimental 2 dimensi di laboratorium.

CARA PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi Pusat Studi Ilmu Teknik, UGM. Model fisik dua dimensi dilakukan untuk mengkaji profil pantai di belakang struktur bawah air pada berbagai kondisi gelombang dan parameter struktur. Penelitian dimulai dari studi pustaka, pembuatan model uji, pengayakan pasir, pengukuran kecepatan jatuh sedimen, kalibrasi alat dan pelaksanaan eksperimen. Eksperimen dilakukan di saluran gelombang dengan panjang 18 m, lebar 1 m dan kedalaman 1 m. Saluran gelombang dilengkapi dengan alat pembangkit gelombang dan alat ukur gelombang. Fasilitas dan model eksperimen dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Fasilitas laboratorium

Ada dua model pantai yang digunakan, yaitu model tanpa struktur dan model dengan struktur. Untuk model tanpa struktur, profil pantai awal (*initial profile*), dibentuk dengan menggunakan Persamaan yang dikembangkan oleh Bruun (1954) dan Dean (1977), yang ditulis seperti berikut :

$$h(x) = Ax^{2/3} \quad (1)$$

Dengan $h(x)$ dan A adalah kedalaman air sebagai fungsi struktur dari garis pantai dan parameter bentuk pantai yang merupakan fungsi dari diameter sedimen atau kecepatan jatuh (lihat Gambar 2). Dean (1987), memberikan hubungan antara nilai A dan kecepatan jatuh sedimen ω (cm/s), sebagai berikut :

$$A = 0,067\omega^{0,44} \quad (2)$$

Kecepatan jatuh sedimen diukur dengan menggunakan *op-cone* dan *stop watch*. Pasir untuk model pantai yang digunakan adalah pasir putih yang diperoleh dari pantai Krakal DIY, dengan diameter rerata $D_{50} = 0,433$ mm. Untuk model pantai dengan struktur, kemiringan awal di belakang struktur ditetapkan $n = 1:6$, dengan pertimbangan agar pantai cepat mencapai kondisi stabil. Parameter gelombang yang divariasikan adalah tinggi dan periode gelombang. Tinggi gelombang divariasikan berdasarkan jarak *stroke* pembangkit gelombang, sedangkan periode gelombang divariasikan dengan cara mengubah putaran variator. *Stroke S* yang digunakan adalah 0,04, 0,06, 0,8, 0,10, 0,12, 0,14 dan 0,16

m. Periode gelombang T yang digunakan adalah 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 dan 1,8 detik. Kedalaman air di lokasi struktur h_s ditetapkan 0,25 m. Kedalaman air di atas puncak struktur R_c divariasikan mulai dari 0,11; 0,07, 0,035, dan 0,025 m. Setelah model siap, gelombang dibangkitkan dan perubahan profil pantai diamati. Pada saat profil pantai telah mencapai kondisi stabil, tinggi gelombang di depan dan di belakang struktur diukur dengan menggunakan *automatic wave recorder* atau *wave probe*. Selanjutnya alat pembangkit gelombang dimatikan dan profil pantai di belakang struktur diukur menggunakan *bed profile*.

Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang reguler, dan termasuk gelombang berdiri parsial karena adanya proses refleksi yang diakibatkan oleh struktur. Dengan demikian, gelombang di depan struktur terdiri dari tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang refleksi. Untuk memisahkan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dengan tinggi gelombang datang (H_i), digunakan persamaan berikut (Dean dan Dalrymple, 1994):

$$H_i = \frac{H_{maks} + H_{min}}{2} \quad (3)$$

dan

$$H_r = \frac{H_{maks} - H_{min}}{2} \quad (4)$$

dengan:

H_{maks} = tinggi gelombang maksimum

H_{min} = tinggi gelombang minimum yang terukur di depan struktur bawah air

Setelah data gelombang dan kedalaman air diperoleh, maka profil pantai yang terbentuk disajikan dalam bentuk grafik sebagai fungsi dari jarak dari garis pantai, parameter gelombang dan parameter struktur. Panjang gelombang L , dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut (Dean dan Dalrymple, 1992) :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h_s}{L}\right) \quad (5)$$

Dengan:

T = periode gelombang

h_s = kedalaman air di lokasi struktur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum *running model* dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pekerjaan persiapan yang meliputi kalibrasi dan pengukuran kecepatan jatuh sedimen. Kalibrasi terdiri dari kalibrasi pembangkit gelombang dan alat ukur gelombang. Kalibrasi pembangkit gelombang terdiri dari kalibrasi tinggi dan periode gelombang. Kalibrasi tinggi gelombang dimaksudkan untuk mencari hubungan antara panjang stroke dengan tinggi gelombang yang dibangkitkan. Adapun contoh data hasil kalibrasi tinggi gelombang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh data hasil kalibrasi tinggi gelombang

Stroke (cm)	Tinggi Gelombang (m)							
	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.6
3	0.0	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03
	60	5	40	99	38	24	32	1
5	0.1	0.07	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.04
	02	3	69	08	57	40	54	4
7	0.1	0.11	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.05
	42	3	00	27	77	51	84	7
9	0.1	0.14	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.06
	29	7	30	45	97	71	95	4

Sumber : Data hasil pengukuran

Kalibrasi periode gelombang, dimaksudkan untuk mencari hubungan antara putaran variator pembangkit gelombang dengan periode gelombang dan hasilnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil kalibrasi periode

Periode (detik)	Sudut Putaran Variator (derajat)				
	S = 3	S = 5	S = 7	S = 9	Rerata
1.0	116	114	114	114	114.5
1.2	100	99.5	99	99	99.4
1.4	88.5	88.5	88	88.5	88.4
1.6	79.5	79.5	79	79.5	79.4
1.8	73.5	73.5	73	72.5	73.1
2.0	68	68	67.5	67.5	67.8
2.2	63.5	63.5	64	63	63.5
2.4	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5
2.6	56.5	56.5	57	56.5	56.6

Sumber : Data hasil pengukuran

Kalibrasi alat ukur gelombang dimaksudkan untuk mencari hubungan antara elevasi muka air terukur secara manual dengan elevasi muka air yang terekam oleh alat pencatat gelombang. *Wave probe* yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 5 buah, yang bisa bekerja secara bersamaan dan terintegral. Adapun hasil kalibrasi alat ukur gelombang disajikan pada Tabel 3.

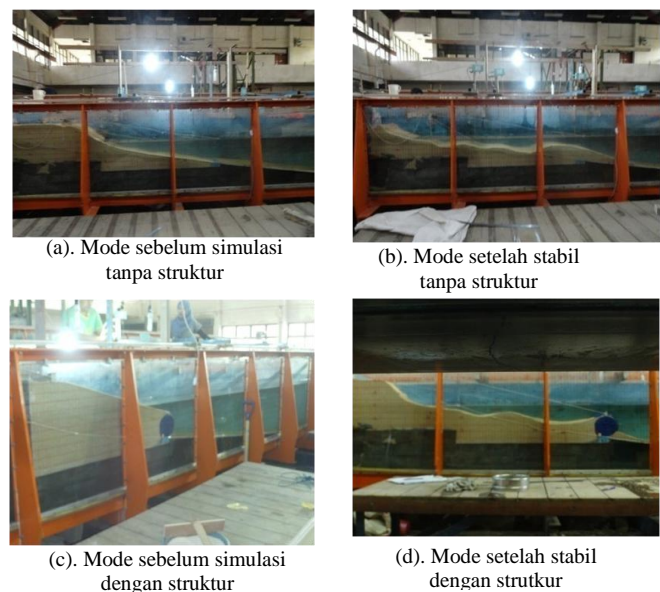
Tabel 3. Hasil kalibrasi alat ukur gelombang

No. Probe	2	3	4	5	6
Koefisien Kalibrasi	0.876	0.938	0.877	0.891	0.831

Sumber : Data hasil pengukuran

Berdasarkan hasil kalibrasi pembangkit gelombang, kemudian ditetapkan parameter gelombang yang digunakan. Hasil kalibrasi alat ukur, digunakan sebagai faktor pengali terhadap data yang terekam oleh alat pencatat gelombang.

Setelah semua pekerjaan pendahuluan selesai, selanjutnya dilakukan simulasi model, dengan terlebih dahulu membuat model pantai di dalam saluran gelombang. Model pantai pada saat sebelum dan sesudah simulasi untuk model tanpa struktur dan dengan struktur dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pelaksanaan eksperimen

Hasil pengukuran tinggi gelombang datang di depan model untuk kedalaman air di atas puncak struktur $R_c = -0.025$ m disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil pengukuran gelombang

R_c	T	S	H_i	H_r	R_c	T	S	H_i	H_r
-			0.0	0.09	0.02	-	0.0	0.09	0.04
0.025	1	6	3	7	0.025	8	7	7	7
-			0.0	0.16	0.02	-	0.1	0.15	0.04
0.025	1	8	8	8	0.025	2	1	5	5
-			0.0	0.05	0.02	-	0.0	0.07	0.03
0.025	2	4	6	0	0.025	8	3	3	3
-			0.0	0.10	0.05	-	0.1	0.17	0.05
0.025	2	6	1	1	0.025	4	3	1	1
-			0.0	0.13	0.06	-	0.0	0.12	0.05
0.025	2	8	5	7	0.025	8	3	1	1
-			0.1	0.15	0.06	-	0.1	0.15	0.04
0.025	2	0	9	1	0.025	6	7	9	9

Sumber : Analisis data

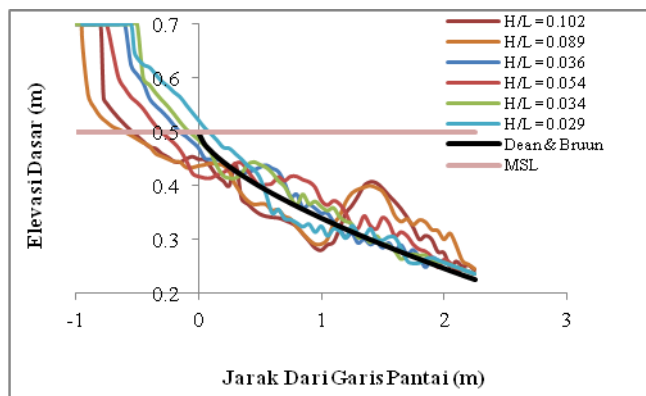
Dalam Tabel 4, parameter R_c , T , S , H_i , dan H_r adalah kedalaman air di atas puncak struktur, periode gelombang, stroke, tinggi gelombang datang (di depan struktur), dan tinggi gelombang refleksi. Profil pantai yang direpresentasikan oleh nilai kedalaman air sebagai fungsi jarak dari garis pantai disajikan pada Gambar 5.

Tabel 5. Data hasil pengukuran elevasi dasar pantai

X	Brun n	MS L	T = 1,0 dan S = 6		T = 1,0 dan S = 8		T = 1,2 dan S = 6		T = 1,2 dan S = 10	
			x	z	x	z	x	z	x	z
0.0	0.50	0.50	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	0.7
0			0	0	0	0	0	0	0	0
0.0	0.48	0.50	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	0.7
5			5	0	5	0	5	0	5	0
.
.
5.0	0.03	0.50	5.0	0.0	5.0	0.0	5.1	0.0	5.0	0.0
5			5	3	5	3	5	2	5	3

Sumber : Analisis data

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa model pantai dibagi dua, yaitu model tanpa struktur dan model dengan struktur. Model tanpa struktur untuk mengidentifikasi kecenderungan pergerakan sedimen pada nilai parameter gelombang tertentu. Profil pantai yang dipresentasikan oleh elevasi dasar pantai dan terhadap jarak dari garis pantai, disajikan pada Gambar 5.



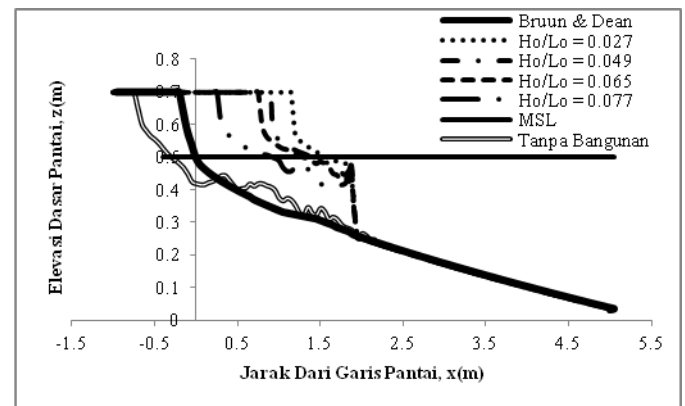
Gambar 5. Profil pantai tanpa struktur untuk semua parameter gelombang

Gambar 5 menunjukkan bahwa sebagian besar profil pantai yang terbentuk untuk semua parameter gelombang adalah lebih mundur dibandingkan profil yang dihitung dengan menggunakan formula Bruun dan Dean. Hal ini dikarenakan formula Bruun dan Dean merupakan profil pantai stabil yang hanya merupakan fungsi dari karakteristik sedimen. Profil pantai pada Gambar 5 juga

menunjukkan bahwa pada beberapa nilai kecuraman gelombang, terbentuk *bar*. Pada nilai H/L yang besar, *bar* yang terbentuk juga besar. Terbentuknya *bar*, mengindikasikan terjadinya erosi atau angkutan sedimen ke arah laut. Pada nilai $H/L = 0.029$, profil pantai yang terbentuk merupakan profil transisi, yang mengindikasikan terjadinya transport sedimen ke arah pantai. Pada kondisi ini struktur bawah air tidak diperlukan. Hasil ini sangat dekat dengan hasil yang dikembangkan oleh Waters (1939), yang melaporkan bahwa untuk kecuraman gelombang laut dalam (H_o/L_o) lebih kecil dari 0,025 akan menghasilkan profil *berm* dan untuk H_o/L_o lebih besar dari 0,025 akan menghasilkan profil *bar*. Sedangkan Rector (1954) mengusulkan bahwa profil transisi jika nilai H_o/L_o berada pada rentang nilai 0,016 sampai 0,025.

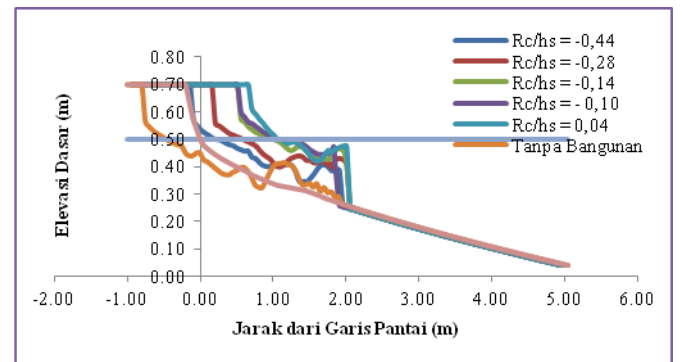
Model dengan struktur bawah air, juga diuji pada beberapa nilai parameter gelombang, untuk mengetahui respon profil pantai yang dilindungi oleh struktur terhadap serangan gelombang. Pengaruh parameter gelombang yang direpresentasikan oleh nilai H/L terhadap profil pantai di belakang struktur dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. berlaku untuk periode gelombang $T = 1,2$ detik, $R_c/h_s = -0,1$ dan diameter pasir $D_{50} = 0,433$ mm. Respon pantai tanpa struktur bawah air lebih mundur, dibandingkan dengan adanya struktur bawah air. Semakin besar nilai H_o/L_o atau semakin curam gelombang, profil pantai semakin mundur. Hal ini dikarenakan peningkatan nilai H_o/L_o , berarti tinggi gelombang meningkat dan sebaliknya. Semakin besar tinggi gelombang, daya rusaknya terhadap profil pantai semakin besar, sehingga respon pantainya menjadi lebih mundur. Jika dibandingkan dengan profil Bruun dan Dean, respon pantai hasil eksperimen lebih mundur.



Gambar 6. Pengaruh parameter gelombang terhadap respon pantai

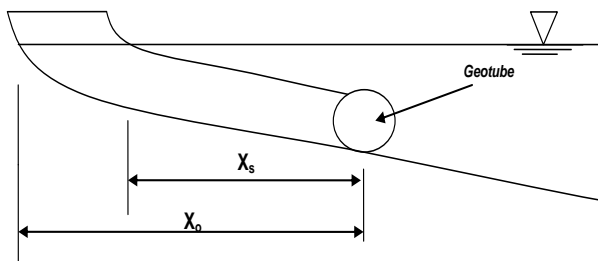
Selain parameter gelombang, parameter struktur diwakili oleh nilai kedalaman relatif (perbandingan antara kedalaman air di atas puncak struktur dengan kedalaman air di lokasi struktur, R_c/h_s). Pengaruh kedalaman relatif terhadap respon pantai dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh parameter struktur terhadap profil pantai

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi struktur atau semakin besar rasio antara kedalaman air di atas puncak struktur dan kedalaman air di kaki struktur, semakin kecil kemunduran garis pantai. Dari keseluruhan nilai R_c/h_s yang disimulasi, semuanya memberikan keuntungan ditinjau dari garis pantai yang terbentuk. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 7, kemunduran profil pantai untuk model tanpa struktur lebih besar dari kemunduran profil dengan struktur. Akan tetapi didasarkan pada profil Bruun dan Dean, maka struktur dengan nilai $R_c/h_s = -0,44$, cenderung tidak efektif lagi dalam menahan pasir timbunan di belakangnya karena perpotongan antara data dan profil Bruun dan Dean dengan garis air mendekati nilai yang sama, atau kemunduran profil pantai relatif sama. Semakin besar nilai R_c/h_s , berarti semakin dangkal air di atas puncak struktur, menyebabkan energi gelombang yang melewati struktur mengecil. Mengecilnya energi gelombang menyebabkan daya rusaknya mengecil, sehingga perubahan profil pantai mengecil.

Dengan demikian, diperoleh bahwa pada kondisi gelombang dan struktur tertentu, keberadaan struktur dapat menguntungkan dan dapat pula merugikan. Oleh sebab itu, perlu disampaikan kriteria kinerja struktur dalam melindungi pantai pasir buatan. Sebagai ilustrasi, maka dipandang sketsa pantai yang dilindungi oleh struktur bawah air pada Gambar 8.



Gambar 8. Profil pantai yang terbentuk di belakang struktur bawah air

Gambar 8, menunjukkan bahwa pada saat tanpa struktur, jarak lokasi tertentu dari garis pantai adalah X_o . Jika struktur dipasang pada lokasi tersebut, kemudian diisi pasir di belakangnya, jarak garis pantai stabil ke struktur adalah X_s . Semakin besar nilai X_s yang terbentuk setelah pemasangan struktur dan pengisian pasir, berarti semakin tidak efektif struktur tersebut dalam melindungi pantai di belakangnya. Oleh sebab itu, kinerja struktur dalam melindungi pantai pasir buatan dapat diwakili oleh nilai :

$$\psi = \frac{X_s}{X_o} \quad (6)$$

dengan:

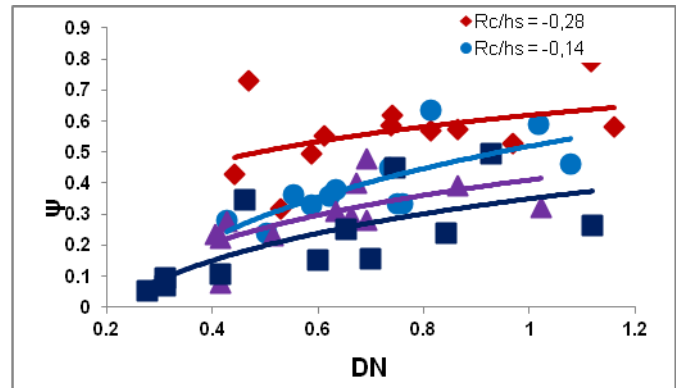
ψ = jarak relatif, yaitu perbandingan antara jarak struktur dengan garis pantai setelah penimbunan dan sebelum penimbunan

Semakin besar nilai ψ , maka struktur semakin tidak efektif dalam melindungi pantai pasir buatan. Rentang nilai ψ yang memberikan keuntungan dari sudut pandang kemunduran profil pantai adalah $\psi < 1$. Apabila $\psi = 1$, artinya keberadaan struktur tidak berarti apa-apa sebab pantai tidak maju meskipun telah dilakukan pengisian pasir. Nilai ψ dipengaruhi oleh parameter gelombang, struktur dan sedimen. Parameter-parameter tersebut bekerja secara bersamaan. Salah satu parameter nondimensional yang besar pengaruhnya terhadap pembentukan profil pantai adalah Dean Number (D_N). Dean Number merupakan fungsi dari

tinggi gelombang, periode gelombang dan kecepatan jatuh sedimen dan dirumuskan dengan :

$$D_N = \frac{H}{\omega T} \quad (7)$$

Untuk mengevaluasi kinerja struktur, dibuat grafik hubungan antara nilai ψ dan D_N untuk beberapa nilai R_c/h_s , seperti ditunjukkan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Kinerja struktur bawah air dalam melindungi pantai pasir buatan

Gambar 9 menunjukkan bahwa peningkatan nilai D_N menyebabkan peningkatan nilai ψ , dan peningkatan nilai R_c/h_s , menyebabkan penurunan nilai ψ . Secara fisik kondisi tersebut menunjukkan bahwa semakin dangkal air di atas puncak struktur, kemunduran profil pantai semakin kecil, atau tambahan berm pantai semakin besar. Gambar 9 dapat digunakan untuk memprediksi tambahan berm pantai yang terbentuk jika menggunakan struktur bawah air untuk melindungi pantai pasir buatan. Data yang dibutuhkan adalah data gelombang berupa tinggi dan periode, kedalaman air di atas dan di lokasi struktur, serta karakteristik sedimen yang ditunjukkan oleh kecepatan jatuh sedimen.

KESIMPULAN

Berikut ini diberikan beberapa kesimpulan hasil penelitian. Respon pantai di belakang struktur bawah air dipengaruhi oleh parameter gelombang, struktur dan sedimen. Parameter gelombang dipresentasikan oleh nilai kecuraman gelombang (H/L). Parameter struktur diwakili oleh kedalaman relatif (R_c/h_s) dan parameter struktur diwakili oleh kecepatan jatuh sedimen ω . Semakin besar nilai H/L , kemunduran profil pantai lebih besar dan sebaliknya. Semakin besar nilai R_c/h_s , semakin kecil kemunduran profil pantai, demikian pula sebaliknya. Semakin besar kecepatan jatuh sedimen, kemunduran profil pantai semakin kecil. Gambar 9 dapat digunakan untuk memprediksi kinerja struktur dalam melindungi pantai pasir timbunan, berdasar beberapa nilai parameter gelombang, struktur, dan karakteristik pasir timbunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada DIKTI dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UGM yang telah memberikan dana penelitian, melalui skim Hibah Penelitian Pascasarjana. Kepada Kepala Pusat Studi Ilmu Teknik dan Kepala Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi Universitas Gadjah Mada penulis menyampaikan ucapan terima kasih atas dukungan fasilitas pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo (1999). *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Dean, R.G. and Dalrymple, R.A. (1993). *Water Wave Mechanics for Engineer and Scientist*, World Scientific Publishing, Singapore.
- Oh, Y.I., dan Shin, E.C. (2006). "Using submerged geotextile tubes in the protection of the E. Korean shore." *Coastal Engineering* 53 (2006) 879–895, accepted 1 June 2006, Dari [Http://www.Sciencedirect.com](http://www.Sciencedirect.com)
- Pilarczyk, K. W. (1995). "Novel systems in coastal engineering: Geotextile systems and other methods, an overview," *HYDRO pil Report, Road and Hydraulic Engineering Division of the Rijkswaterstaat, Delft, The Netherlands*.
- Pilarczyk, K. W. (1999). *Geosynthetic and Geosystem in Hydraulic and Coastal engineering*. A.A Balkema, Rotterdam (balkema@balkema.nl; www.balkema.nl)
- Pilarczyk, K.W. (1998). "Stability criteria for geosystems—an overview." In:*Proceedings of the Sixth International Conference on Geosynthetics*, Atlanta, USA, vol. 2. pp. 1165–1172.
- Pilarczyk, K.W. (2000). *Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Shin E.C and Oh Y.I. (2007). "Coastal erosion prevention by geotextile tube technology." *Geotextiles and Geomembranes* 25 (2007) 264-277
- Muthukumaran, A.E., Ilamparuthi, K.. (2006). "Laboratory studies on geotextile filters as used in geotextile tube dewatering." *Geotextiles and Geomembranes* 24 (4), 210–219.
- Koerner, G.R., Koerner, R.M. (2006). "Geotextile tube assessment using a hanging bag test." *Geotextiles and Geomembranes* 24 (2), 129–137.
- Sprague, C.J. (1995). "P.E.T. Geotextile tube and containers for beneficial use of dredged material." *Contract Report for Bradley Industrial Textiles, Inc., Valparaiso, FL, and Hoechst Celanese Corporation, Spunbond Business Group, Spatan*.