

KAJIAN PENGARUH KARAKTERISTIK SEDIMEN TERHADAP PROFIL PANTAI PASIR BUATAN DI BELAKANG STRUKTUR BAWAH AIR

Endang Setyawati Hisyam

Jurusan Teknik Sipil, FT Universitas Bangka Belitung
Gedung Dharma Pendidikan, Kampus Terpadu UBB Balunijuk, Kab. Bangka, Provinsi Bangka Belitung

email korespondensi: hisyam.endang@gmail.com

ABSTRAK

Kerusakan pantai telah menimbulkan kerugian material dan jiwa manusia. Oleh karena itu perlu adanya penanggulangan kerusakan pantai dengan penambahan sedimen ke pantai (*sand nourishment*) atau pantai pasir buatan. Permasalahannya adalah biaya operasi dan perawatan yang relatif besar dan perlu adanya *borrow area* yang dapat mensuplai kebutuhan pasir tersebut disebabkan pasir timbunan banyak yang hilang. Perlindungan pantai diperlukan untuk menjaga pantai berpasir dari gempuran gelombang. *Geotextile tube (geotube)* sebagai pemecah gelombang bawah air merupakan salah satu alternatif bangunan pelindung pantai pasir buatan terhadap erosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh karakteristik sedimen terhadap profil pantai pasir buatan di belakang struktur bawah air.

Uji model fisik dilakukan dengan variasi sedimen yaitu pasir pantai Krakal ($d_{50}=0.433$ mm), pasir Laboratorium ($d_{50}=0.67$ mm) dan pasir pantai Tanjung Ann ($d_{50}=1.47$ mm). Demikian juga, tinggi struktur bawah air (*geotube*) divariasi (R_c/h_s : -0.28; -0.14; -0.1; dan +0.1), variasi periode gelombang (1; 1.2; 1.4; 1.6; dan 1.8 detik), serta variasi tinggi gelombang (6, 8, 10, 12, 14, 16 cm). Model ditempatkan di dalam saluran gelombang dengan kemiringan profil awal 1:6 dan dikenai gelombang regular konstan sampai profil pantai pasir buatan mendekati stabil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh variasi struktur terhadap profil pantai adalah semakin besar parameter struktur (R_c/h_s) profil pantai pasir buatan yang terbentuk semakin curam sehingga lebih menguntungkan ditinjau dari majunya garis pantai. Adapun pengaruh variasi jenis pasir terhadap profil pantai adalah semakin besar karakteristik sedimen (d_{50} atau ω), profil pantai yang terbentuk semakin curam dan sebaliknya. Semakin curam gelombang (H_o/L_o semakin besar), kemiringan profil pantai pada zona *swash* semakin tegak sedangkan pada zona *breaking* semakin landai. Data kemiringan pantai $\tan \beta_3$ mirip dengan hasil yang dihitung menggunakan formula yang dikembangkan oleh Paotonan (2012). Kemiringan pada $\tan \beta_3$ untuk $R_c/d_s = -0.28$; -0.14; -0.1; +0.1 dan $d_{50}=0.433$ mm adalah 0.117 sampai dengan 0.285. Kemiringan pada $\tan \beta_3$ untuk $R_c/d_s = -0.1$ dan $d_{50}=0.433$ mm; $d_{50}=0.67$ mm; $d_{50}=1.47$ mm adalah 0.131 sampai dengan 0.322.

Kata kunci: geotube, struktur bawah air, karakteristik sedimen, kemiringan profil pantai pasir buatan.

PENDAHULUAN

Kerusakan pantai telah menimbulkan kerugian material dan jiwa manusia. Oleh karena itu perlu adanya penanggulangan kerusakan pantai dengan penambahan sedimen ke pantai (*sand nourishment*) atau pantai pasir buatan. Pengembangan pantai dengan pantai pasir buatan ternyata sudah dilakukan sejak lama seperti yang dijelaskan oleh Komar (1998) dimana di Kota New York, tahun 1888 dibangun Brighton Beach Hotel yang di belakangnya ada jalur kereta api. Pantai pasir buatan adalah pantai pasir yang dibangun dengan menimbun pantai menggunakan material pasir. Adapun kelebihan dari pantai pasir buatan antara lain tidak merusak lingkungan, pantai lebih luas, bersih dan indah sehingga cocok untuk pariwisata. Akan tetapi selain memiliki sisi kelebihan pantai pasir buatan juga ada sisi kekurangannya antara lain perlu biaya operasi dan perawatan yang relatif besar, perlu adanya *borrow area* yang dapat mensuplai kebutuhan pasir tersebut karena pasir timbunan banyak yang hilang.

Untuk menjaga agar lahan pasir yang telah terbentuk aman terhadap gempuran gelombang

diperlukan perlindungan pantai. Dari berbagai jenis perlindungan pantai membutuhkan biaya yang sangat mahal dan material susah didapat dan dari segi bentuk belum tentu sesuai untuk daerah wisata. Untuk itu dalam penelitian ini dipilih perlindungan pantai dengan struktur bawah air berbahan *geotextile tube (geotube)*. Pembangunan *Geotube* di pantai Young Jin Korea, dengan tujuan memperpanjang garis pantai sepanjang 2,4 m sampai 7,6 m dengan bahan isi *Geotube* dari pasir. Selain itu di Bahrain (Timur Tengah) dalam rangka pengembangan pulau baru di lepas pantai timur laut pulau Muharaq, dengan pembangunan *Geotube* berbahan pasir dengan tujuan untuk menahan 12.000.000 m³ pasir lahan reklamasi pulau tersebut, (Fowler dkk) *Geotube* juga diaplikasikan di Mexico pada pembangunan Yutacan Beach (Paotonan dkk, 2011).

Perlindungan pantai menggunakan bangunan yang kaku kurang dapat diterima oleh masyarakat karena menghalangi pemandangan ke arah laut (Yuwono, 2007). Perlindungan yang lebih dapat diterima oleh masyarakat karena bangunannya tidak menghalangi pemandangan ke arah laut, lebih murah,

lebih mudah dikerjakan adalah dengan menggunakan bangunan bawah air (*geotube*).

Kelebihan dari *geotube* antara lain selain bermanfaat untuk mengurangi jumlah pasir yang digunakan pada pantai pasir buatan, secara teknis mudah dikerjakan, bahan pengisinya murah, mudah didapat, ramah lingkungan dan strukturnya lebih dapat diterima oleh masyarakat karena tidak mengganggu pemandangan ke arah laut.

METODE PENELITIAN

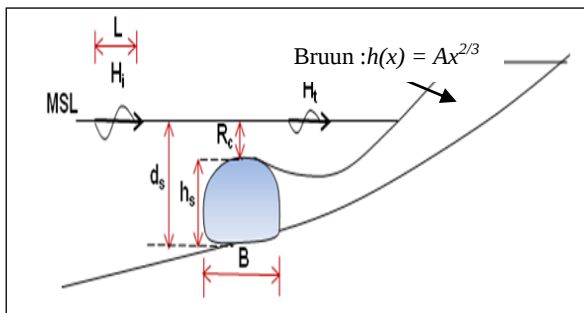
Penelitian dilakukan di laboratorium Hidraulika dan Hidrologi, Pusat Studi Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan model 2 dimensi pantai pasir buatan pada penelitian ini menggunakan material timbunan non kohesif berupa pasir yang diambil dari Pasir Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi, Pusat Studi Ilmu Teknik, UGM, Pantai Tanjung Ann, Nusa Tenggara Barat, Pantai Krakal, D.I. Yogyakarta. Bahan yang digunakan selain pasir adalah: Multiplek, semen, batako, kayu, Kain dan pasir.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Saluran gelombang (*wave flume*), alat pengukur tinggi gelombang (*wave probe*), kamera digital, meteran, mistar, alat tulis, saringan pasir, timbangan, oven 1 set, alat ukur pengukur karakteristik pasir dan *Fluid particle system (op con)*.

Pemodelan pada dasarnya merupakan upaya membentuk kembali masalah atau problem yang ada diprototip ke dalam bentuk dan ukuran yang lebih kecil (model), agar fenomena yang ada pada model memiliki kesebangunan (mirip) dengan yang ada pada prototip (Yuwono, 1996).

Tahapan pembuatan model:

1. Pembuatan dasar kemiringan pantai pasir buatan
2. Menentukan kemiringan pantai pasir buatan, pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambar rencana pantai pasir buatan

3. Pembuatan *Geotube* (struktur bawah air), pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan *geotube*

Kalibrasi periode gelombang dan alat ukur gelombang harus dilakukan sebelum simulasi model dilaksanakan.

Pelaksanaan uji model dilakukan dengan mengikuti prosedur berikut:

1. Tahap persiapan, meliputi : saluran gelombang, alat dan bahan. Bahan yang diuji yaitu jenis pasir $d_{50} = 0,433$; $d_{50} = 0,47$; dan $d_{50} = 1,47$, sedangkan variasi tinggi struktur yang diuji yaitu $R_c d_s = +0,1$; $R_c = -0,1$; $R_c d_s = -0,14$; $R_c d_s = -0,28$.
2. Kondisi model yang diuji dengan struktur, kemiringan di belakang model struktur yang diuji 1:6.
3. Saluran gelombang diisi air dengan kedalaman 50 cm (MSL).
4. Setelah saluran terisi air, kemudian dilakukan kalibrasi terhadap alat ukur gelombang.
5. Stroke diatur sesuai dengan tinggi gelombang yang dikehendaki, sedangkan variator diatur sesuai dengan periode yang diinginkan.
6. Selanjutnya alat pembangkit gelombang dihidupkan.
7. Selama simulasi model berjalan, pasir yang terbawa ke depan struktur dikeluarkan dari saluran gelombang menggunakan saringan, sampai sedimen yang keluar lewat struktur semakin sedikit.
8. Setelah dilakukan pengujian selama kurang lebih 3 jam, atau sampai sedimen yang keluar lewat struktur tinggal sedikit, menandakan bahwa profil pantai pasir buatan mendekati stabil.
9. Selanjutnya alat ukur gelombang dipasang, *probe 1* diletakkan di belakang struktur sebelum *run down*, *probe 2* diletakkan di belakang dekat struktur, *probe 3* diletakkan di atas struktur, *probe 4* diletakkan di depan struktur pada tinggi gelombang maksimum dan *probe 5* diletakkan di depan struktur pada tinggi gelombang minimum.
10. Kemudian pada saat mendekati stabil, *run up*, *run down* diukur menggunakan *stopwatch*, tinggi gelombang diukur secara manual menggunakan mistar dan juga direkam dengan alat ukur gelombang.
11. Selanjutnya tinggi gelombang yang terjadi direkam selama 3 menit.
12. Setelah profil pantai stabil didapat, profil pantai pasir buatan diukur secara manual dengan menggunakan mistar ukur yang ditempelkan pada dinding *flume*, kemudian dibaca dan dicatat pada lembar isian untuk selanjutnya seluruh data dipindahkan ke komputer untuk diolah dan dianalisis.

Tahapan Analisis :

1. Profil Stabil Pantai

Menurut Bruun (1954) dan Dean (1977), profil pantai setimbang yang dipresentasikan oleh nilai kedalaman air sebagai fungsi jarak dari garis pantai yang diukur pada muka air merata dirumuskan dengan

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

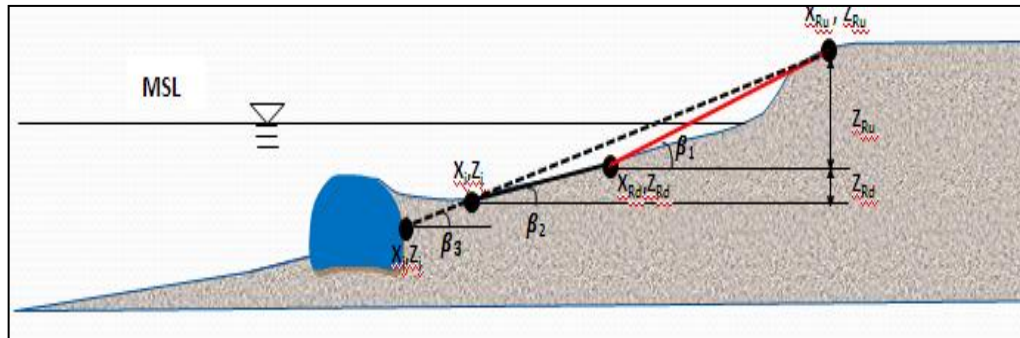
Dimana $h(x)$ kedalaman profil pantai sebagai fungsi jarak x dari garis pantai. A adalah parameter bentuk yang tergantung pada stabilitas sedimen dasar. Moore (1982), memberikan harga A sebagai fungsi dari kecepatan jatuh sedimen ω seperti pada persamaan berikut:

$$A = 0.067\omega^{0.44} \quad (2)$$

2. Kemiringan Pantai di Belakang Struktur

Berdasarkan penelitian Sorensen dan Beil (1988) dalam Tuty Amaliah (2012) kemiringan profil pantai terbagi dalam dua zona yaitu zona swash dan zona breaking, zona swash adalah zona dimana run up

tertinggi dan run down terendah sedangkan zona breaking yaitu zona dimana formula Dean berlaku. Oleh karena itu dalam penelitian ini juga memakai hasil penelitian Sorensen dan Beil, Adapun penjelasannya dalam bentuk sket sebagai berikut.



Gambar 3. Kemiringan pantai di belakang struktur

Berdasarkan sket di atas pada zona swash (nilai $\tan \beta_1$), untuk zona breaking (nilai $\tan \beta_2$), dan nilai $\tan \beta_3$ dapat dijelaskan dengan rumus sebagai berikut:

$$\tan \beta_1 = \frac{Z_{Ru} - Z_{Rd}}{X_{Ru} - X_{Rd}}$$

$$\tan \beta_2 = \frac{Z_{Rd} - Z_i}{X_{Rd} - X_i}$$

$$\tan \beta_3 = \frac{Z_{Ru} - Z_j}{X_{Ru} - X_j}$$

3. Analisis saringan menggunakan teori Hardiyatmo 2006 dan data gelombang dianalisis menggunakan teori dari Bambang Triadmojo 1999.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Kalibrasi Pembangkit Gelombang

Tabel 1. Hasil kalibrasi pembangkit gelombang

Periode (T)	Sudut putaran
1	114.5
1.2	99.4
1.4	88.4
1.8	73.1

2. Data Hasil Kalibrasi Alat Ukur Gelombang

Tabel 2. Nilai hasil kalibrasi alat ukur gelombang

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5
1.1466601	1.168614	1.09176	1.172529	1.096033

3. Karakteristik Material Timbunan

Tabel 3. Diameter dan kecepatan jatuh sedimen

No	Pasir	Diameter Rerata, d_{50} (mm)	Kecepatan Jatuh, ω (m/s)
1	Pasir Krakal (P.K)	0,433	0,072
2	Pasir Tanjung An (P.T.A)	1,47	0,151
3	Pasir Laboratorium (P.L)	0,67	0,098

4. Data Gelombang

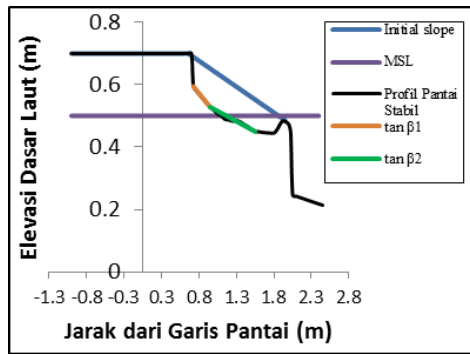
Tabel 4. Hasil perhitungan panjang gelombang dan tinggi gelombang $R_c/d_s = -0,1$, $d_{50} = 0.433$

Periode (T) (dt)	Stroke (S) (m)	H_i (m)	L	Lo	K_s	Ho (m)	Ho/Lo
1	6	0.1065	1.300	1.56	0.9130	0.1167	0.0748
	8	0.1916	1.300	1.56	0.9130	0.2099	0.1345
	4	0.0643	1.650	2.2464	0.9243	0.0695	0.0309
1.2	6	0.1165	1.650	2.2464	0.9243	0.1260	0.0561
	8	0.1557	1.650	2.2464	0.9243	0.1684	0.0750
	10	0.1827	1.650	2.2464	0.9243	0.1976	0.0880
1.4	8	0.1118	2.004	3.0576	0.9523	0.1174	0.0384
	12	0.1730	2.004	3.0576	0.9523	0.1816	0.0594
1.6	8	0.0840	2.340	3.9936	0.9868	0.0852	0.0213
	14	0.1982	2.340	3.9936	0.9868	0.2008	0.0502
1.8	8	0.1415	2.680	5.0544	1.0257	0.1379	0.0272
	16	0.1800	2.680	5.0544	1.0257	0.1754	0.0347

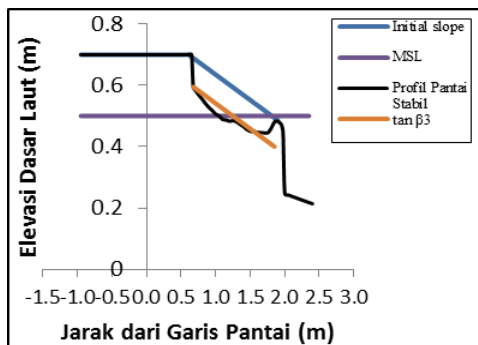
Sumber : hasil analisis data

5. Kemiringan Profil Pantai

Hasil perhitungannya untuk $d_{50} = 0,433$ dan $R_c/d_s = -0.1$ dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 serta Tabel 5.



Gambar 4. Kemiringan profil pantai



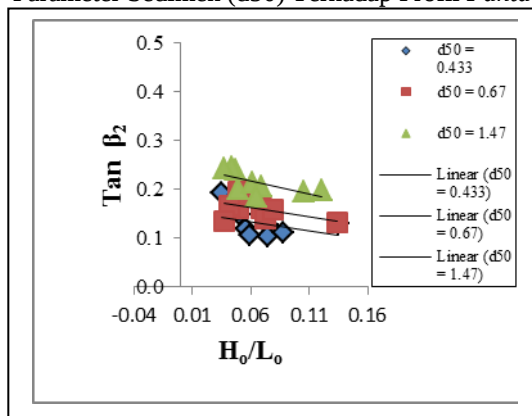
Gambar 5. Kemiringan profil pantai untuk $\tan \beta_1$ dan $\tan \beta_2$

Tabel 5. Hasil perhitungan $\tan \beta_1$, $\tan \beta_2$ dan $\tan \beta_3$ untuk $d_{50} = 0,433$ dan $R_c/d_s = -0.1$

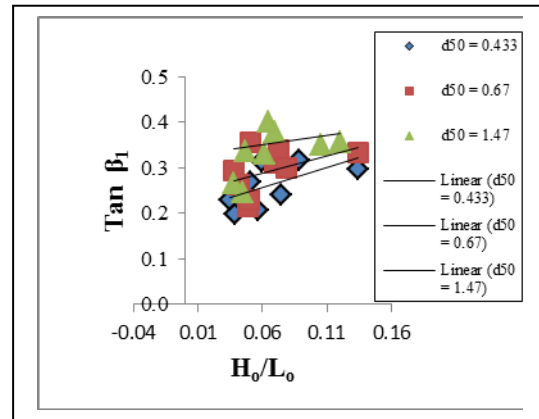
T (dt)	S (m)	$\tan \beta_1$	$\tan \beta_2$	$\tan \beta_3$
1	6	0.300	0.126	0.164
	8	0.298	0.130	0.140
1.2	4	0.207	0.120	0.152
	6	0.240	0.104	0.131
	8	0.317	0.112	0.155
1.4	10	0.198	0.135	0.164
	8	0.313	0.106	0.194
1.6	12	0.270	0.149	0.182
	8	0.229	0.194	0.198
1.8	14	0.300	0.126	0.164
	8	0.298	0.130	0.140
1.8	16	0.207	0.120	0.152

Sumber : hasil analisis data

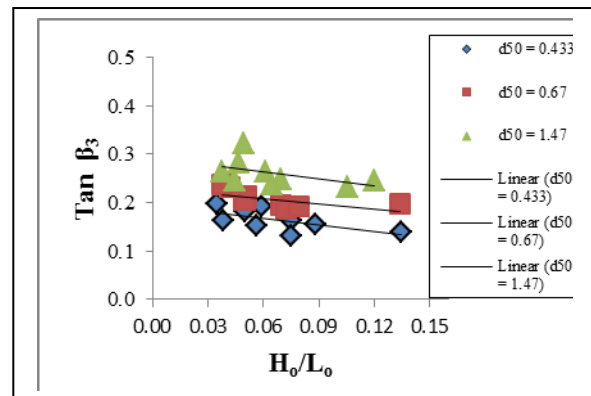
6. Pengaruh Kecuraman Gelombang (H_o/L_o) dan Parameter Sedimen (d_{50}) Terhadap Profil Pantai



Gambar 6. Pengaruh parameter sedimen terhadap kemiringan swash zone ($\tan \beta_1$)



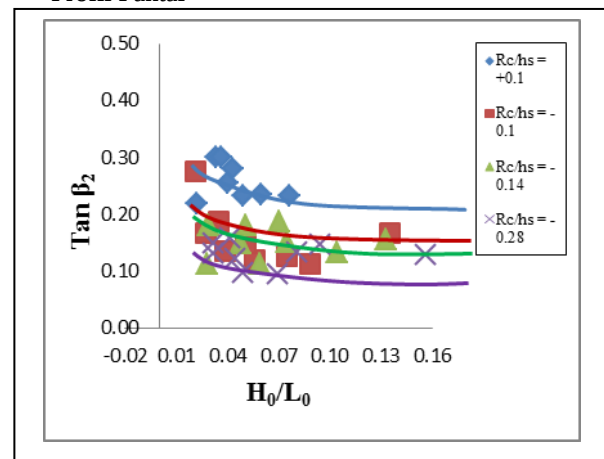
Gambar 7. Pengaruh parameter sedimen terhadap kemiringan breaking zone ($\tan \beta_2$)



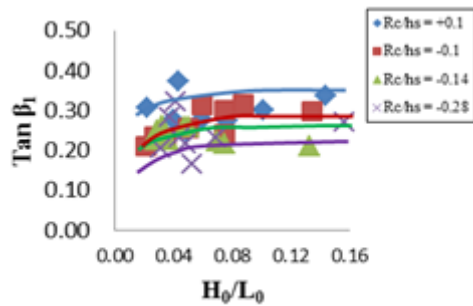
Gambar 8. Pengaruh parameter sedimen terhadap $\tan \beta_3$

Berdasarkan hasil peneliti sebelumnya dari kajian pustaka bahwa profil pantai pasir buatan sangat dipengaruhi oleh parameter kecuraman gelombang (H_o/L_o) dan karakteristik sedimen (d_{50} , ω). Dari grafik pada Gambar 9., diperoleh informasi bahwa semakin besar kecuraman gelombang profil pantai yang terbentuk semakin tegak sedangkan pada Gambar 10 dan Gambar 11., semakin besar kecuraman gelombang profil pantai yang terbentuk semakin landai, sedangkan pengaruh karakteristik sedimen, semakin besar diameter butir profil pantai yang terbentuk semakin curam begitu sebaliknya.

7. Pengaruh Parameter Struktur (R_c/h_s) Terhadap Profil Pantai

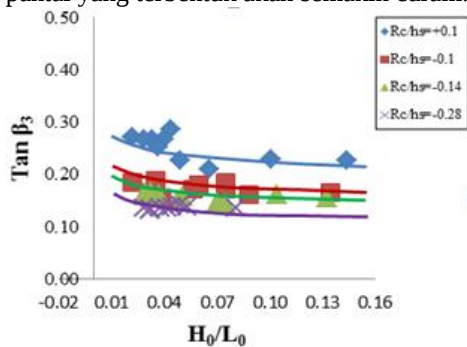


Gambar 9. Pengaruh (R_c/h_s) terhadap kemiringan swash zone ($\tan \beta_1$) untuk $d_{50} = 0.433$ mm



Gambar 10. Pengaruh (R_c/h_s) terhadap kemiringan breaking zone ($\tan \beta_2$) untuk $d_{50} = 0.433$ mm

Berdasarkan grafik hubungan antara (R_c/h_s) terhadap kemiringan swash zone ($\tan \beta_1$), kemiringan breaking zone ($\tan \beta_2$) dan $\tan \beta_3$ pada Gambar 9., diperoleh informasi bahwa semakin besar nilai H_0/L_0 atau semakin tinggi kecuraman gelombang, nilai $\tan \beta_1$ semakin tinggi, Gambar 10., diperoleh informasi bahwa semakin besar nilai H_0/L_0 atau semakin tinggi kecuraman gelombang, nilai $\tan \beta_2$ semakin menurun begitu juga pada Gambar 11., memperlihatkan bahwa semakin besar nilai H_0/L_0 atau semakin tinggi kecuraman gelombang, nilai $\tan \beta_3$ semakin menurun. Sedangkan untuk pengaruh tinggi struktur, semakin besar R_c/h_s yang digunakan maka profil pantai akan semakin curam, berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Tuty Amaliyah (2012), dimana tidak ada pengaruh parameter struktur (R_c/h_s) terhadap profil pantai yang terbentuk akan tetapi setelah dilakukan eksperimen untuk jenis pasir yang berbeda, terlihat bahwa semakin besar R_c/h_s maka profil pantai yang terbentuk akan semakin curam.



Gambar 11. Pengaruh (R_c/h_s) terhadap $\tan \beta_3$ untuk $d_{50} = 0.433$ mm

Berdasarkan pembahasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa profil pantai pasir buatan yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh parameter struktur (R_c/h_s) dan parameter kecuraman gelombang (H_0/L_0). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\tan \beta = f\left(\frac{R_c}{h_s}, \frac{H_0}{L_0}\right)$$

Dengan melakukan regresi *multi variate*, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\tan \beta_1 = 0,337 + 0,131\left(\frac{R_c}{h_s}\right) + 0,022 \cdot \ln\left(\frac{H_0}{L_0}\right) \quad (3)$$

$$\tan \beta_2 = 0,151 + 0,327\left(\frac{R_c}{h_s}\right) - 0,020 \cdot \ln\left(\frac{H_0}{L_0}\right) \quad (4)$$

$$\tan \beta_3 = 0,168 + 0,308\left(\frac{R_c}{h_s}\right) - 0,015 \cdot \ln\left(\frac{H_0}{L_0}\right) \quad (5)$$

Persamaan 3. 4. dan 5 selanjutnya diplot ke dalam grafik seperti terlihat pada Gambar 9., 10. dan 11.

8. Perbandingan Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Hasil perbandingan antara hasil eksperimen dengan peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 6., 7. dan Gambar 12.

Berdasarkan grafik di atas dapat diperoleh informasi bahwa data kemiringan pantai ($\tan \beta_3$) untuk $R_c/h_s = +0.1; -0.1; -0.14$ dan -0.28 mirip dengan hasil yang dihitung menggunakan formula yang dikembangkan oleh Paotonan (2012). Perbedaan pada kedua grafik disebabkan oleh $\tan \beta_3$ dimana nilai tersebut didapat dengan melihat gambar profil pantai stabil dengan cara pendekatan. Selain $\tan \beta_3$ yang menyebabkan perbedaan hasil dengan peneliti sebelumnya adalah pembacaan X_s (jarak struktur dari pantai) dimana pembacaan pada waktu penelitian di laboratorium dilakukan oleh tim peneliti yang jumlahnya lebih dari satu, dimana pada saat simulasi model dihentikan kemungkinan kondisi profil pantai yang terbentuk belum stabil betul artinya masih ada pasir di belakang struktur yang seharusnya masih bisa dibawa ke depan struktur. Dengan melihat kondisi ini pembacaan X_s yang didapat bisa dimungkinkan bukan yang sebenarnya terjadi.

Tabel 6. Hasil penelitian sebelumnya

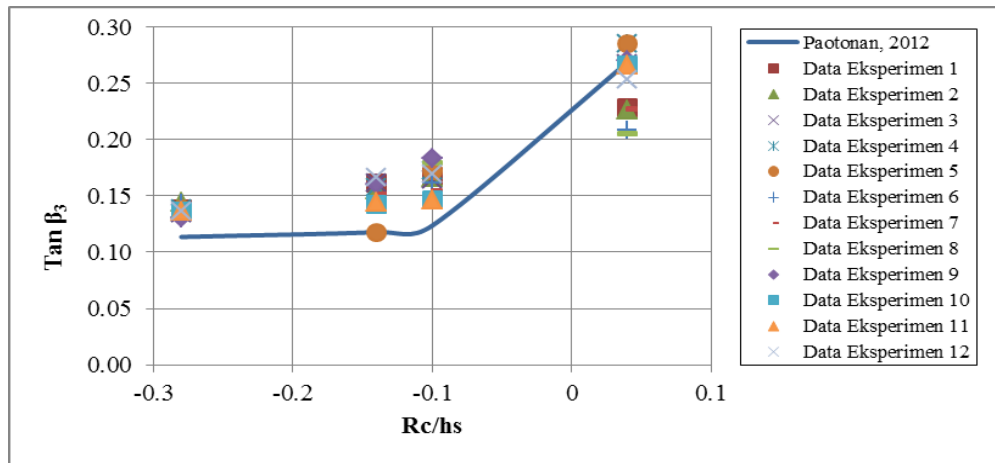
H	L	R_c	h_i	X_s	R_c/h_s	Paotonan (2012)
0.148	1.660	-0.070	0.181	1.590	-0.28	0.114
0.150	1.660	-0.035	0.162	1.374	-0.14	0.118
0.142	1.660	-0.025	0.154	1.245	-0.1	0.124
0.146	1.660	0.010	0.130	0.484	0.04	0.269

Sumber : Paotonan, 2012

Tabel 7. Hasil eksperimen untuk data kemiringan pantai ($\tan \beta_3$), $R_c/h_s = +0.1; -0.1; -0.14$ dan -0.28

Hasil Eksperimen ($\tan \beta_3$)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.138	0.144	0.134	0.138	0.138	0.143	0.141	0.1335	0.130	0.136	0.136	0.136
0.161	0.155	0.161	0.157	0.117	0.146	0.151	0.144	0.160	0.142	0.144	0.166
0.167	0.166	0.164	0.172	0.172	0.161	0.154	0.179	0.183	0.146	0.146	0.169
0.228	0.226	0.267	0.285	0.285	0.208	0.227	0.205	0.270	0.266	0.266	0.253

Sumber : hasil analisis data



Gambar 12. Perbandingan penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin besar nilai parameter struktur (R_c/h_s) profil pantai pasir buatan yang terbentuk semakin curam sehingga lebih menguntungkan ditinjau dari majunya garis pantai.
2. Semakin besar nilai d_{50} atau ω maka profil pantai pasir buatan yang terbentuk semakin curam dan sebaliknya.
3. Data kemiringan pantai $\tan \beta_3$ mirip dengan hasil yang dihitung menggunakan formula yang dikembangkan oleh Paotonan (2012).
4. Kemiringan pada $\tan \beta_3$ untuk $R_c/h_s = -0.28$; -0.14 ; -0.1 ; $+0.1$ dan $d_{50}=0.433$ mm adalah 0.117 sampai dengan 0.285.
5. Kemiringan pada $\tan \beta_3$ untuk $R_c/h_s = -0.1$ dan $d_{50}=0.433$ mm; $d_{50}=0.67$ mm; $d_{50}=1.47$ mm adalah 0.131 sampai dengan 0.322.

REFERENSI

Amaliah, Tuty., 2012, Pengaruh Kecuraman Gelombang dan Struktur Bawah Air Geotextile Tube (Geotube) Terhadap Profil Pantai Pasir

Buatan (Artificial Beach), Laporan Tesis, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Dean R.G., Dalrymple R.A., 2002, Coastal Processes, Cambridge University Press.

Fowler J., Stephens C.G., Santiago M., Bruin D.P., Amwaj Islands Constructed With Geotube, Bahrain.

Hardiyatmo, H.C., 2006, Mekanika Tanah I, Edisi ke dua, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Komar D.P., 1998, Beach Nourishment – The Soft Solution.

Paotonan, Chairul dkk., 2011, Kajian Pengaruh Eksperimental Pengaruh parameter Gelombang Terhadap Stabilitas Pantai di Belakang Pemecah Gelombang Bawah Air.

Paotonan, Chairul., 2012, Pengaruh Struktur Bawah Air Terhadap Profil Pantai Pasir Buatan. Laporan Desertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Triatmodjo, Bambang., 1999, Teknik Pantai, Edisi ke dua, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Yuwono, Nur., 1996, Perencanaan Model Hidraulik, PSIT, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Yuwono, Nur., 2007, Reklamasi dan Pengerukan, PSIT, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.