

INFRASTRUKTUR

PENGARUH KECURAMAN GELOMBANG BANGUNAN BAWAH AIR GEOTUBE TERHADAP PROFIL PANTAI PASIR BUATAN

The Effect of Wave Steepness Geotube Submerged Structure to Artificial Beach Profile

TutyAmaliah

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 9 Palu 94118

Email: toetiamaliah83@gmail.com

ABSTRACT

Beach damage is a serious problem which requires prompt action from the government. Adding more sediment to the beach (beach nourishment) is one of the efforts to cope with the problem. However, the sediment filled is usually carried away by the wave, which consequently brings maintenance costs for dealing with the sandpile during certain periods, as well as the need for large volume of excavation. One of the alternatives to reduce the loss of the sediment pile is by constructing off-shore submerged structure with the crest of the structure is set submerged and made from geotube. The objective of this study was to identify the influence of wave steepness to the beach profile formed behind the structure.

The physical model test was carried out to the sand of Tanjung Ann beach ($d_{50}=1.47$ mm) under two conditions: without the submerged structure and with the geotube submerged structure within wave period (1; 1.2; 1.4; 1.6; and 1.8 second), wave height (6,7,8,9,10,12,14, and 16 cm). The laboratory scale (small scale) was used. Model was placed in the wave channel with initial profile slope of 1:6 and was subject to constant regular wave until the beach profile balance was achieved.

Results of this study showed that the beach profile slope was formed behind the geotube submerged structure and grouped into two zones: the swash zone and the breaking zone. The swash zone was where the highest run up and the lowest run down occurred and the breaking zone is where the Dean's formula applied. The influence of wave steepness (increasing H_o/L_o) was the increasing setback of the beach profile behind the geotube submerged structure. It would give benefit when the $H_o/L_o = 0.068$ for constant structure height.

Keywords: geotube, submerged structure, wave steepness, beach profile

ABSTRAK

Kerusakan pantai merupakan masalah serius yang harus disikapi pemerintah. Penambahan sedimen ke pantai (*beach nourishment*) merupakan upaya penanggulangan kerusakan pantai. Akan tetapi, permasalahannya adalah sedimen yang dipakai untuk menimbun pantai, terbawa oleh gelombang sehingga dibutuhkan biaya pemeliharaan timbunan pada periode-periode tertentu dan volume galian yang dibutuhkan juga besar. Salah satu alternatif untuk mengurangi kehilangan sedimen timbunan adalah dengan membangun struktur bawah air lepas pantai dengan puncak terendam dalam air dan berbahan *geotube*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecuraman gelombang terhadap profil pantai yang terbentuk di belakang struktur.

Uji model fisik dilakukan terhadap pasir pantai Tanjung Ann ($d_{50}=1.47$ mm) dengan dua kondisi yaitu tanpa dan dengan menggunakan struktur bawah air (*geotube*), periode gelombang (1; 1.2; 1.4; 1.6; dan 1.8 detik), tinggi gelombang dengan variasi sroke (6,7,8,9,10,12,14,16 cm) pemodelan menggunakan skala laboratorium (skala kecil). Model ditempatkan dalam saluran gelombang dengan kemiringan profil pantai awal 1:6 dan dikenai gelombang reguler konstan sampai profil pantai mendekati stabil tercapai.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemiringan profil pantai yang terbentuk di belakang struktur bawah air *geotube* dapat di bagi menjadi 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. Pengaruh kecuraman gelombang (H_o/L_o meningkat), kemunduran profil pantai di belakang struktur bawah air *geotube* semakin besar. Semakin curam gelombang, kemiringan profil pantai pada zona *swash* semakin tegak sedangkan pada zona *breaking* semakin landai. Struktur bawah air *geotube* menguntungkan jika $H_o/L_o = 0.068$ untuk tinggi struktur (R_o/d_s) konstan.

Kata kunci: geotube, struktur bawah air, kecuraman gelombang, profil pantai

PENDAHULUAN

Kerusakan pantai merupakan masalah serius yang harus disikapi oleh pemerintah dalam rangka mengurangi dampak negatif yang bisa timbul, baik berupa kerugian harta benda maupun korban jiwa. Penambahan sedimen ke pantai (*beach nourishment*) merupakan solusi yang memiliki resiko paling sedikit karena tidak berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar dan dikategorikan sebagai teknologi ramah lingkungan. Permasalahannya adalah sedimen yang dipakai untuk menimbun pantai, terbawa oleh gelombang sehingga dibutuhkan biaya pemeliharaan timbunan pada periode-periode tertentu dan volume galian yang dibutuhkan juga besar.

Untuk mengurangi biaya pemeliharaan, tersebut, maka kehilangan sedimen akibat gelombang harus dikurangi. Salah satu alternative untuk mengurangi kehilangan sedimen timbunan adalah dengan membangun struktur bawah air lepas pantai dengan puncak terendam dalam air dan berbahan *geotube*. *Geotube* merupakan struktur bawah air yang saat ini sebagai alternatif yang paling menguntungkan, karena biaya yang digunakan murah, material yang dibutuhkan tidak terlalu besar dan konstruksinya mudah, serta tidak mengganggu lingkungan sekitar dan dapat ditumbuhi oleh tumbuhan laut sehingga biota-biota laut dapat hidup di sekitar struktur tersebut, daerah pantai di belakang struktur ini aman dari gelombang-gelombang ekstrim, pantai di belakang struktur akan maju ke arah pantai sehingga daratan bertambah. Di samping itu daerah yang ada di belakang struktur tersebut dapat digunakan untuk obyek wisata karena tidak terlihat bagian puncaknya. Akan tetapi, profil pantai yang terbentuk di belakang struktur bawah air *geotube* belum diketahui. Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kecuraman gelombang dan struktur bawah air terhadap profil pantai di belakang struktur.

Sorensen dan *Beil* (1988) melakukan penelitian pada saluran gelombang untuk mengetahui respon dari sebuah *perched beach profile* dari serangan gelombang badai. Hasil penelitiannya melaporkan bahwa struktur dengan puncak yang lebih dekat dengan garis air rerata akan efektif dalam melindungi pantai pasir buatan untuk kondisi gelombang yang telah diujikan, karena volume pantai pasir buatan yang hilang sangat kecil. Kemiringan profil pantai yang terbentuk di belakang struktur cenderung terbagi menjadi dua yaitu daerah S_1 dan S_2 .

Menurut *Bruun* (1954) dan *Dean* (1977), profil pantai setimbang yang direpresentasikan oleh nilai

kedalaman air sebagai fungsi jarak dari garis pantai yang diukur pada muka air rerata dirumuskan dengan:

$$h(x) = Ax^2 \tag{1}$$

Dimana $h(x)$ adalah kedalaman profil pantai sebagai fungsi jarak x dari garis pantai, dan A adalah parameter bentuk yang tergantung pada stabilitas sedimen dasar.

Gelombang Berdiri dan Gelombang Berdiri Parsial

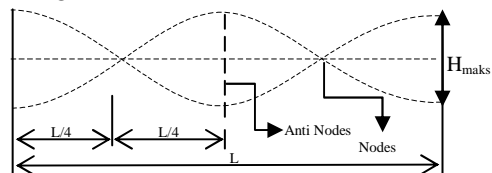
Gelombang berdiri sempurna adalah gabungan dari gelombang datang dan gelombang refleksi dengan tinggi, periode dan panjang gelombang yang sama;

$$H = H_i + H_r = 2 \cos kx \cos \omega t$$

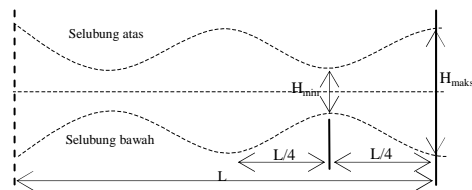
Karena $H_i = H_r$ maka:

$$H = 2 \cos kx \cos \omega t \tag{3}$$

Pada gelombang berdiri parsial, tidak seluruh energi gelombang yang dipantulkan sehingga $H_i > H_r$, namun demikian periode dan panjang gelombang refleksi sama dengan periode dan panjang gelombang. Hal ini mengakibatkan tidak terbentuk *nodes* secara sempurna sedangkan pada gelombang berdiri sempurna fluktuasi air maksimum akan tercapai pada *anti nodes*, seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. Profil gelombang berdiri sempurna



Gambar 2. Profil Gelombang Berdiri Parsial

Sistem gelombang pada Persamaan (2) menjadi:

$$H = H_i \cos kx + H_r \cos kx = 2 H_i \cos kx \cos \omega t \tag{4}$$

Jika *nodes* dan *antinodes* dianggap sebagai H_t maksimal dan H_t minimal, maka saat $kx = n$ dimana ($n=0,1,2,\dots$), fluktuasi air mencapai maksimal, dengan:

$$(\dots)^* = \dots \dots (5) \quad \text{dan} \quad (5 = \dots \dots (6)$$

Dengan mengeliminasi persamaan (5) dan persamaan (6) diperoleh:

$$= \frac{0.123 - 0.4}{\dots} \dots (7)$$

$$\text{dan} \quad = \frac{0.123 / 0.4}{\dots} \dots (8)$$

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium dengan metode pengujian model fisik 2 dimensi (2-D) yang dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika dan Hidrologi, Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT), Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika, Yogyakarta, Indonesia. Pemilihan lokasi penelitian dengan alasan kesediaan fasilitas laboratorium.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Flume* dan pembangkit gelombang

Saluran gelombang yang digunakan mempunyai panjang efektif 18 m, lebar 0,1 m dan kedalaman saluran 0,8 m. Dinding saluran terbuat dari bahan *flexiglass* yang tembus pandang sehingga memungkinkan dilakukan pengamatan dari luar. *Flume* yang digunakan pada penelitian ini terlihat pada **Gambar 3**.



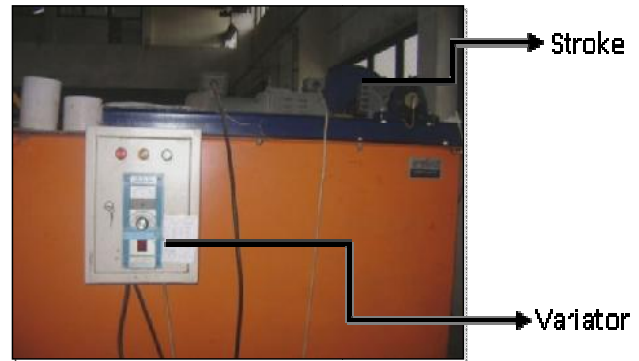
Gambar 3. Flume pada laboratorium PSIT UGM

Saluran gelombang tersebut dilengkapi dengan alat pembangkit gelombang (*wave maker*) dan alat pencatat gelombang (*wave recorder*). Alat pembangkit gelombang dilengkapi dengan motor penggerak dengan daya 1.5 Kw. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang regular dengan periode dan tinggi yang dapat diatur atau divariasikan. Pembangkit gelombang dilengkapi beberapa bagian, yaitu:

- a. Stroke, alat yang menentukan variabel tinggi gelombang, pengaturannya dengan menggunakan eksentrisitas lengan pendorong papan gelombang.

- b. Variator, alat yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran lengan pendorong papan gelombang (periode) yang berpengaruh pada besarnya gelombang yang ditimbulkan.

Alat pembangkit gelombang yang dilengkapi dengan lengan stroke dan variator dapat dilihat pada **Gambar 4**



Gambar 4. Alat pembangkit gelombang

2. Alat ukur gelombang (*wave probe*)

Alat pengukur tinggi gelombang, dilengkapi dengan 5 channel yang dihubungkan dengan sensor pengukur elevasi muka air (*probe*). *Probe* memberikan informasi perubahan elevasi muka air yang didefinisikan dari perubahan tegangan listrik yang diterima oleh *probe* ke sentral proses data, selanjutnya data tersebut dikirim ke *Notebook* dalam bentuk grafis. Adapun alat pencatat gelombang dapat dilihat pada **Gambar 5**



Gambar 5. Alat pengukur gelombang

- 3. *Kamera digital dan handycam*,
- 4. *Stop watch* untuk mengukur periode gelombang pada saat kalibrasi alat dan mencatat waktu Run Up dan Run Down pada saat profil pantai stabil,

5. Saringan pengambil sedimen untuk dikeluarkan pada saat model disimulasi,
6. Ayakan pasir
7. Penggaris untuk mengukur profil pantai yang terjadi karena adanya gelombang,
8. Fluid particle system (op con) yang terlihat pada **Gambar 6.** di bawah ini, digunakan untuk mengukur kecepatan jatuh material sedimen



Gambar 6. Fluid particle system

Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi.

1. Pasir pantai Tanjung Ann dengan diameter 1.47 mm, dapat dilihat pada **Gambar 7.**



Gambar 7. Pasir pantai Tanjung Ann

2. Tripleks, semen, digunakan untuk membuat flume batas penempatan material timbunan,
3. Geotube sebagai struktur yang akan digunakan dalam penelitian ini terlihat pada **Gambar 8.**



Gambar 8. Geotube sebagai struktur yang di uji

Kalibrasi Periode Gelombang

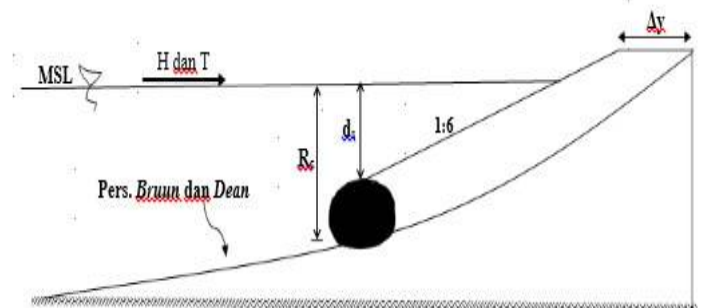
Pada penelitian ini kalibrasi yang dilakukan adalah mencari panjang stroke dan variator lengan papan gelombang dengan tinggi gelombang yang dibangkitkan oleh pembangkit gelombang setiap periode yang dipilih. Cara melakukan kalibrasi adalah memvariasikan tinggi gelombang untuk 10 kali putaran dan suatu periode gelombang tertentu, sehingga diperoleh sudut putaran lengan pendorong papan gelombang. Pada saat running dimulai, untuk periode gelombang tertentu, sudut putaran dan tinggi gelombang telah ditentukan.

Kalibrasi Alat Ukur Gelombang

Kalibrasi Alat ukur dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara elevasi muka air yang terekam dikomputer dengan elevasi muka air yang diukur secara langsung. Prosedur pelaksanaan kalibrasi alat ukur gelombang dimulai dengan mempersiapkan tempat kalibrasi, yaitu dua buah ember yang berisi air pada kedalaman tertentu. Setelah media kalibrasi diisi air, selanjutnya elevasi muka air direkam dikomputer. Setelah itu, ember diisi air setinggi 2 cm kemudian ditunggu sampai tenang kemudian direkam kembali selama 10 detik. Setelah itu, air ditambahkan lagi setinggi 2 cm dan direkam. Penambahan air dilakukan sebanyak 3 kali yaitu 2 cm, 4 cm dan 5 cm. Dengan demikian hasil yang diperoleh adalah konstanta pengali setiap probe.

Perancangan Simulasi Model

Simulasi model dilakukan dengan dua kondisi yaitu tanpa menggunakan struktur bawah air geotube dengan profil pantai awal menggunakan pendekatan formula Bruun dan Dean, sedangkan untuk kondisi model menggunakan struktur bawah air (geotube) dengan penambahan sedimen dengan kemiringan awal profil pantai 1:6 sampai menutupi puncak struktur bawah air geotube. Variabel yang diuji dalam penelitian ini untuk kondisi menggunakan struktur bawah air dapat dilihat pada **Gambar 9**



Gambar 9. Parameter yang akan dikaji pengaruhnya terhadap perubahan profil pantai di

belakang struktur dengan kemiringan profil pantai awal 1:6.

pasir di Pantai Tanjung Ann sebesar 1.47 mm, dan kecepatan jatuh rata-rata sedimen sebesar 0.151 m/s.

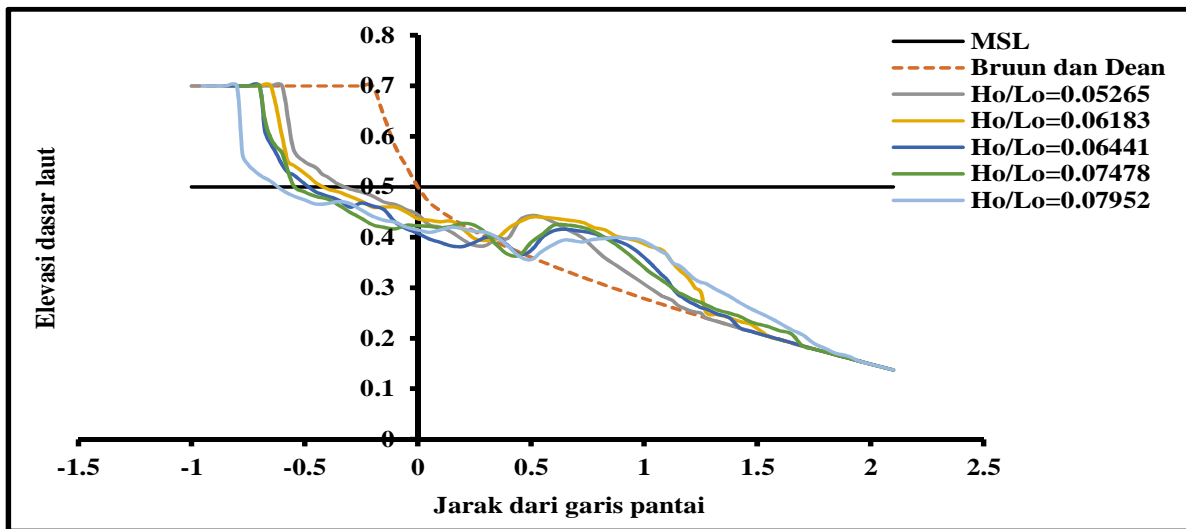
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sedimen yang Digunakan

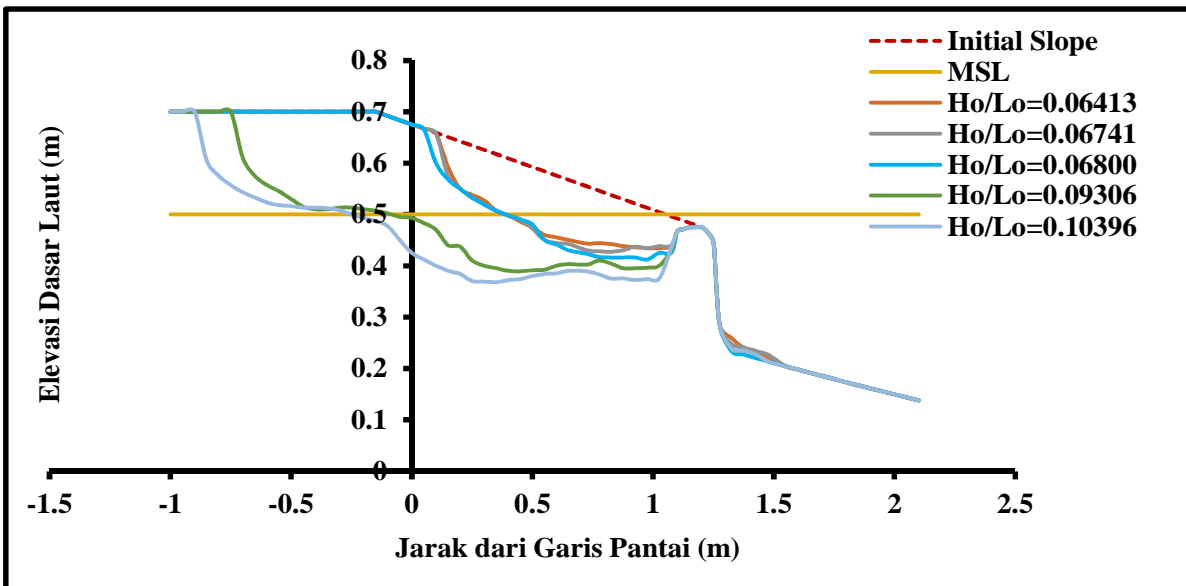
Sedimen pantai yang digunakan sebagai material timbunan pada penelitian ini adalah pasir pantai Tanjung Ann yang berasal dari Lombok, Nusa Tenggara Barat. Pasir kemudian disaring untuk mendapatkan gradasi butiran sedimen, kemudian diukur kecepatan jatuh sedimen. Dari data pengukuran kecepatan jatuh sedimen diperoleh d_{50}

Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap Perubahan Profil Pantai pada Periode Konstan

Adapun pengaruh kecuraman gelombang laut dalam terhadap profil pantai pada kondisi tanpa dan dengan menggunakan struktur bawah air untuk periode konstan ($T=1.2$ detik) dan tinggi gelombang bervariasi ($H=6,7,8,9,10$ cm) serta tinggi struktur konstan ($R_c/d_s=-0.1$) dapat dilihat pada **Gambar 10**. Profil pantai seimbang pasir di pantai Tanjung Ann untuk $T=1.2$ detik dan $H=6,7,8,9,10$ cm berikut ini.



(a) kondisi tanpa struktur



(b) kondisi menggunakan struktur ($R_c/d_s = -0.1$)

Gambar 10. Profil pantai seimbang pasir di pantai Tanjung Ann untuk $T=1.2$ detik dan $H = 6,7,8,9,10$ cm

Gambar 10. memperlihatkan bahwa untuk kondisi tanpa struktur, semakin tinggi H_o/L_o , maka profil pantai yang terbentuk mengalami kemunduran (terjadi erosi) yang besar. Begitupun dengan

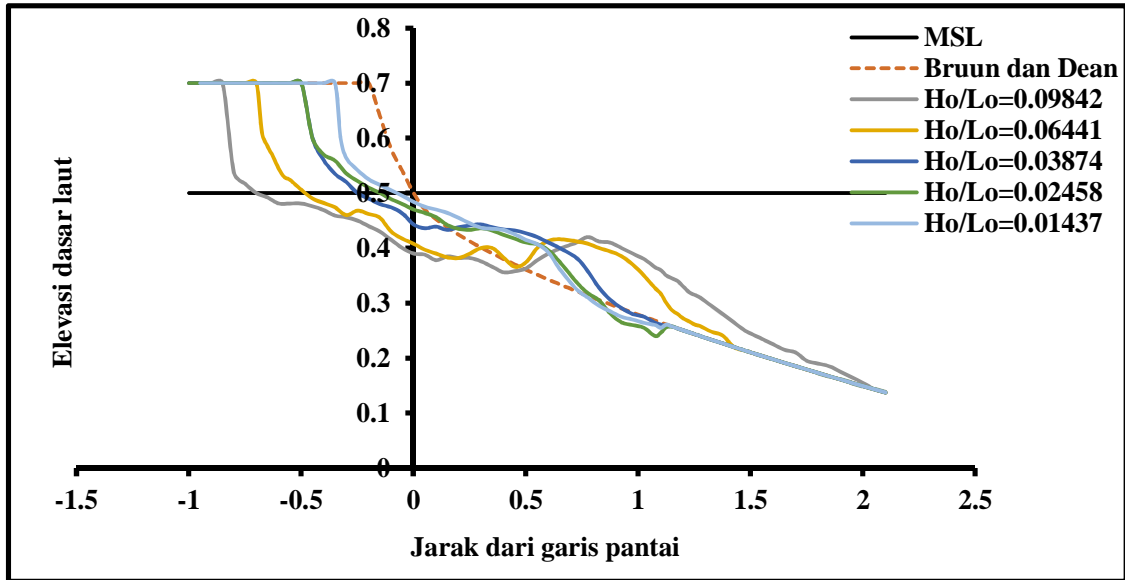
menggunakan struktur bawah air *geotube* mengalami kemunduran profil pantai. Akan tetapi, secara visual dapat dilihat bahwa struktur bawah air akan menguntungkan jika $H_o/L_o = 0.064$, $H_o/L_o =$

0.06741 dan $H_o/L_o = 0.068$ dan cenderung tidak menguntungkan jika $H_o/L_o = 0.093$ dan $H_o/L_o = 0.104$.

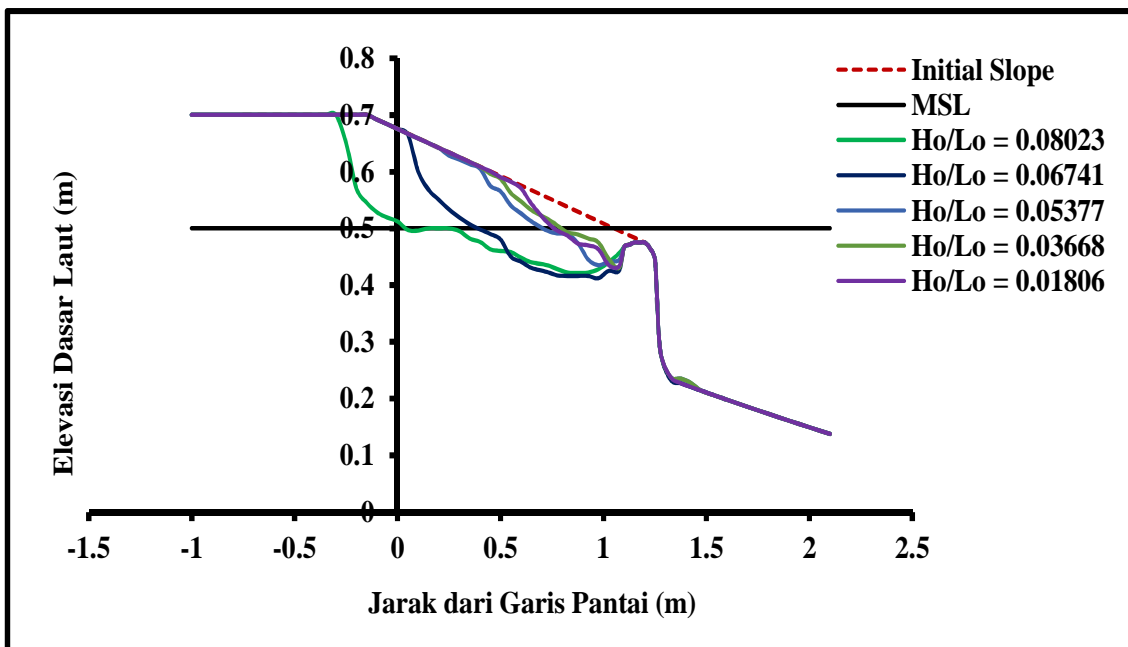
Pengaruh Kecuraman Gelombang Terhadap Perubahan Profil Pantai pada Tinggi Gelombang Tetap

Untuk mengetahui pengaruh kecuraman gelombang terhadap perubahan profil pantai yang

terbentuk dengan tinggi gelombang tetap yaitu $H = 8$ cm dan periode gelombang bervariasi yaitu, $T = 1; 1.2; 1.4; 1.6; 1.8$ detik dapat dilihat pada **Gambar 11**. Profil pantai seimbang pasir di pantai Tanjung Ann untuk $H=8$ cm dan $T = 1; 1.2; 1.4; 1.6; 1.8$ detik berikut ini



(a) Kondisi tanpa struktur



(b) kondisi menggunakan struktur ($Rc/ds = -0.1$)

Gambar 11. Profil pantai seimbang pasir di pantai Tanjung Ann untuk $H = 8$ cm dan $T = 1; 1.2; 1.4; 1.6; 1.8$ detik

Gambar 11. memperlihatkan bahwa untuk kondisi tanpa dan dengan menggunakan struktur bawah air geotube, semakin curam gelombang kemunduran profil pantai semakin besar. Namun demikian, kemunduran profil pantai tanpa adanya struktur lebih besar dibandingkan kemunduran profil pantai jika menggunakan struktur bawah air.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Parameter yang berpengaruh terhadap profil pantai di belakang struktur bawah air geotube adalah tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), tinggi struktur (Rc/ds).
2. Kemiringan Profil Pantai yang terbentuk terbagi menjadi dua zona, yaitu zona swash dan zona breaking.
3. Semakin curam gelombang (Ho/Lomeningkat), kemunduran profil pantai di belakang struktur semakin besar.

Saran

Penelitian tentang pantai berpasir dan melibatkan sedimen pada suatu pantai disarankan untuk memodelkan sedimen dan menggunakan skala besar untuk pemodelannya agar lebih mendekati fenomena alam yang sebenarnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruun, P., (1954), "Coast erosion and the development of beach profiles", Beach Erosion Board, Technical Memorandum, No. 44, 79 pp.
- CERC, (1984), *Shore Protection Manual*, US Army Coastal Engineering Research Center, Washington. (SPM,1984)
- Indriasari, VY., (2009), "Kajian Teknologi Geosintetik untuk Perlindungan Pantai", Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan, hal. B-31, Surabaya.
- Nizam, (1994), *Diktat Proses Kepantaian bagian 1*, Minat Studi Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Paotonan, C., Yuwono, Nur., Triatmadja, Radiana., Triatmodjo, Bambang., (2010), *Pendekatan Teoritis dan Eksperimental Transmisi Gelombang Melalui Pemecah Gelombang Bawah Air*, Proceeding PIT HATHI, Surabaya.

Sorensen, R.M., Beil, N.J., (1988), *Perched beach profiles response to wave action*, Lehigh University, Bethlehem.

Triatmadja, Radiana, (2006), *Diktat Teknik Pantai*, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Triatmodjo, B., (1999), *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta

Yuwono,N., (2004), *Pedoman Teknis Perencanaan Pantai Buatan (Artificial Beach Nourishment)*, Pusat Antar Universitas, Universitas Gadjah Mada.