

## **PERENCANAAN BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG (*BREAKWATER*)**

### **DI PENYAK - BANGKA TENGAH**

Zakaria<sup>1</sup>, Nursetiawan, S.T., M.T., Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Mahasiswa (NIM. 20120110199)* <sup>2</sup>*Dosen Pembimbing Tugas Akhir*

#### **ABSTRAK**

Pantai Penyak merupakan salah satu pantai yang ada di Kabupaten Bangka Tengah, yang memiliki pantai berpasir sepanjang  $\pm 5$  km dan memiliki pesisir yang berimpit dengan garis pantai. Sebagian daerah pesisir dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas, seperti kawasan pemukiman, pariwisata, perdagangan. Namun akhir-akhir ini pantai tersebut mengalami abrasi di beberapa lokasi, yang mengakibatkan garis pantai sudah mengalami kemunduran terparah yaitu sejauh  $\pm 20$  m (PT. Mitraplan Enviratama, 2013). Untuk mengatasi permasalahan abrasi tersebut, diperlukan bangunan pengaman pantai yang baik dan sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pantai lebih lanjut.

Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan tipe, tata letak dan desain pemecah gelombang di pantai Penyak. Perencanaan ini dibagi menjadi pemilihan tipe bangunan pengaman pantai, perencanaan layout dan perencanaan dimensi pemecah gelombang. Dalam penelitian ini, dilakukan pemodelan transformasi gelombang menggunakan *software Surface Water Modelling System (SMS) 12.1* dengan model CG Wave yang dikembangkan oleh *University of Maine* bekerja sama dengan *U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station*.

Berdasarkan hasil analisis, pemecah gelombang yang direncanakan adalah pemecah gelombang lepas pantai, tipe sisi miring dari material batu pecah dan diletakkan pada kedalaman 0,5 mLWS. Struktur pemecah gelombang di buat berseri dengan panjang 100 meter dan jarak antar bangunan 20 meter, lebar puncak 2,1 meter, tinggi bangunan 6,3 meter serta kemiringan lereng 1 : 2. Setelah dilakukan simulasi gelombang dengan adanya *breakwater* didapat hasil tinggi gelombang untuk jarak 100 meter dari garis pantai sebagai berikut : untuk arah utara (tanpa *breakwater* : 1,2 m ; dengan *breakwater* : 0,8 m ; tingkat peredaman : 33,3 %), arah timur laut (tanpa *breakwater* : 1,6 m ; dengan *breakwater* : 0,8 m, tingkat peredaman : 50 %), arah timur (tanpa *breakwater* : 1,5 m ; dengan *breakwater* : 0,9 m ; tingkat peredaman : 40 %).

**Kata Kunci :** Pantai, abrasi, *breakwater*, SMS, CG Wave

## **1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia sebagai negara kepulauan mempunyai lebih dari 13.000 pulau dan wilayah pantai sepanjang 80.000 km. Wilayah pantai ini merupakan daerah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti sebagai kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, perikanan, pariwisata, dan sebagainya. Adanya berbagai kegiatan tersebut dapat menimbulkan peningkatan kebutuhan akan lahan, prasarana, dan sebagainya, yang selanjutnya akan mengakibatkan timbulnya

masalah-masalah baru seperti, erosi pantai yang merusak kawasan pemukiman dan prasarana yang berupa mundurnya garis pantai, tanah timbul akibat endapan pantai yang menyebabkan majunya garis pantai, pembelokan atau pendangkalan muara sungai, pencemaran lingkungan, penurunan tanah, dan intrusi air asin (Triatmodjo, 1999).

Provinsi Bangka Belitung merupakan sebuah kepulauan dengan potensi pariwisata yang sangat besar terutama wisata pantai, salah satunya Pantai Penyak yang ada di Desa Penyak, Kecamatan Koba, Kabupaten Bangka Tengah. Pantai Penyak merupakan salah satu pantai

terpanjang di provinsi Bangka Belitung, sehingga untuk pengembangan wilayah pantainya, telah dibangun berbagai sarana dan prasarana penunjang guna menarik para wisatawan.

Namun akhir-akhir ini pantai tersebut telah mengalami abrasi dan mengalami kemunduran garis pantai sejauh 20 meter. Apabila hal ini tidak segera ditangani maka dikhawatirkan akan merusak daerah pemukiman penduduk, fasilitas umum serta bangunan lainnya. Untuk itu diperlukan suatu perencanaan teknis pengamanan pantai yang baik serta sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada sehingga dapat mengurangi energi gelombang yang langsung menghantam pantai.

### B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana memodelkan gelombang di perairan Pantai Penyak ?
2. Bagaimana menentukan tipe bangunan pengaman pantai di Pantai Penyak ?
3. Bagaimana perencanaan pemecah gelombang di Pantai Penyak, Bangka Tengah, Bangka Belitung ?.

### C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Memodelkan gelombang di perairan Pantai Penyak
2. Menentukan tipe bangunan pengaman pantai
3. Merencanakan pemecah gelombang Pantai Penyak, Bangka Tengah, Bangka Belitung

### D. Batasan Masalah

Pada Tugas Akhir ini, pembahasan permasalahan mengambil beberapa batasan sebagai berikut, antara lain :

1. Tidak menganalisa RAB (Rencana Anggaran Biaya).
2. Tidak merencanakan metode pelaksanaan pekerjaan.
3. Tidak menganalisa sedimentasi pasca konstruksi.  
Tidak menganalisa stabilitas konstruksi terhadap penurunan tanah (*settlement*).

## F. Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan bangunan pengaman pantai ini berlokasi di Pantai Penyak Kecamatan Koba Kabupaten Bangka Tengah Provinsi Bangka Belitung.



(Sumber : Google Maps, 2013)

Gambar 1.1 Peta lokasi pantai Penyak

## 2. Tinjauan Pustaka

### A. Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin (gelombang yang dibangkitkan oleh tiupan angin), gelombang pasang surut (gelombang yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama gaya tarik matahari dan bulan terhadap bumi), gelombang tsunami (gelombang yang terjadi akibat letusan gunung berapi atau gempa didasar laut), gelombang kecil (misalkan gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak), dan sebagainya (Triatmodjo, 1999).

### B. Angin

Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil diatas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk.

### C. Fluktasi Muka Air Laut

Elevasi muka air laut merupakan parameter sangat penting di dalam perencanaan bangunan pantai. Beberapa proses alam yang terjadi dalam waktu yang bersamaan membentuk variasi muka air laut dengan periode panjang. Proses alam tersebut meliputi *tsunami*, gelombang badai (*Storm surge*), kenaikan muka air karena gelombang (*wave set up*), kenaikan muka air karena pemanasan suhu global dan pasang surut. Diantara beberapa proses tersebut, fluktuasi muka air karena tsunami dan gelombang badailah yang tidak dapat ditentukan (diprediksi) kapan terjadinya (Triatmodjo, 1999).

1. Naik dan turunnya muka air karena gelombang (*wave set up*)

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah, akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian dari titik dimana gelombang pecah, permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai. Naiknya muka air laut disebut *wave set up*, sedangkan turunnya muka air laut dikenal dengan *wave set down* (Triatmodjo, 1999).

2. Kenaikan elevasi muka air laut karena pemanasan global (*sea level rise*)

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi dan berakibat pada mencairnya gunung-gunung es di kutub sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Di dalam perencanaan bangunan pantai, kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh pemanasan global ini harus diperhitungkan (Triatmodjo, 1999).

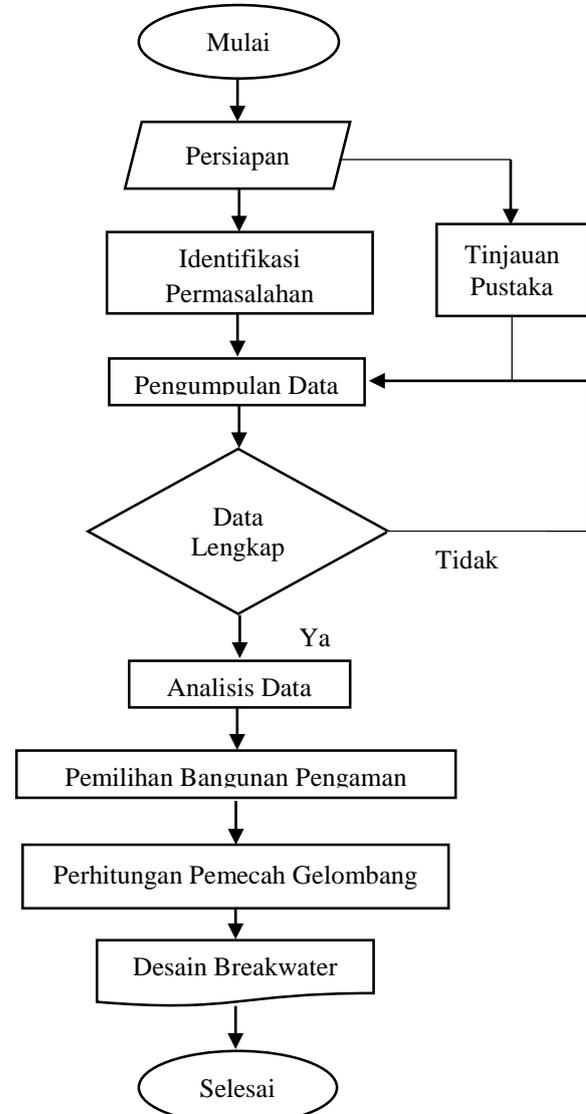
3. Kenaikan elevasi muka air laut karena pasang surut

Pasang surut adalah fluktuasi (naik turunnya) muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi. Gaya tarik menarik antara bulan dengan bumi lebih mempengaruhi terjadinya pasang surut air laut daripada gaya tarik menarik antara matahari dengan bumi, sebab gaya tarik bulan terhadap

bumi nilainya 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari terhadap bumi (Triatmodjo, 1999).

## 3. METODE PENELITIAN

### A. Diagram Alir Perencanaan



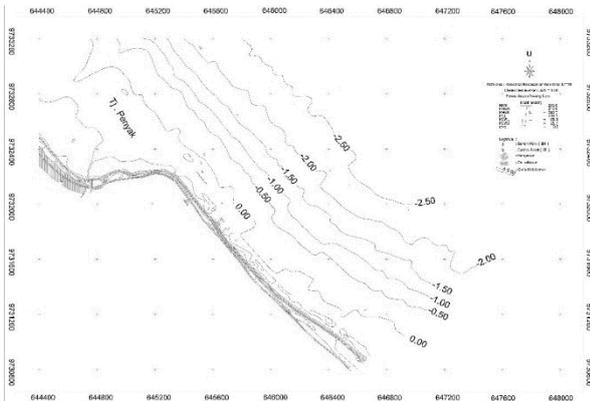
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada studi perencanaan ini adalah :

1. *Software* Autocad 2016;
2. *Software* SMS 12.1 (*Surface Water Modelling System*);
3. Peta batimetri dan peta topografi lokasi perairan pantai Penyak;
4. Data pasang surut perairan pantai Penyak;
5. Data angin di pantai Penyak;
6. Data gelombang perairan pantai Penyak;

Berikut ini merupakan data-data sekunder yang digunakan.



Gambar 3.2 Peta topografi dan batimetri perairan Pantai Penyak

Tabel 3.1 Nilai elevasi-elevasi penting pasang surut pantai Penyak

POSISI	ELEVASI ( cm )
High Water Spring (HWS)	273
Mean High Water Spring (MHWS)	245
Mean High Water Level (MHWL)	211
Mean Sea Level (MSL)	139
Mean Low Water Level (MLWL)	66
Mean Low Water Spring (MLWS)	26
Low Water Spring (LWS)	0

(Sumber : PT. Mitraplan Enviratama, 2013)

Tabel 3.2 Distribusi kecepatan angin berdasarkan data angin Pangkal Pinang 2000 - 2010

Arah	Jumlah Jam					Persentase						
	< 5	5-10	10-15	15-20	> 20	Total	< 5	5-10	10-15	15-20	> 20	Total
Utara	3696	4990	693	28	2	9409	2.11	2.85	0.4	0.02	0	5.37
Timur Laut	1859	3645	444	21	3	5972	1.06	2.08	0.25	0.01	0	3.41
Timur	3734	9941	2065	67	0	15807	2.13	5.67	1.18	0.04	0	9.02
Tenggara	6942	8083	1704	49	1	16779	3.96	4.61	0.97	0.03	0	9.57
Selatan	12382	5882	202	24	2	18492	6.06	3.35	0.12	0.01	0	10.55
Barat Daya	1787	561	15	0	0	2363	1.02	0.32	0.01	0	0	1.35
Barat	4618	1665	29	1	1	6314	2.63	0.95	0.02	0	0	3.6
Barat Laut	3903	2070	159	5	2	6139	2.23	1.18	0.09	0	0	3.5
Berangin						= 81275						= 46.36
Tidak Berangin						= 91117						= 51.97
Tidak Tercatat						= 2931						= 1.67
Total						= 175323						= 100

(Sumber : PT. Mitraplan Enviratama, 2013)

Tabel 3.3 Distribusi tinggi gelombang di lepas Pantai Penyak pada tahun 2000-2010

Arah	Tinggi Gelombang						Total
	< 0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	>2.5	
Utara	4982	2241	1093	716	299	88	9419
Timur Laut	3775	1525	462	186	32	4	5984
Timur	6381	5345	2589	929	419	162	15825
Tenggara	9234	5451	2018	87	0	0	16790
Selatan	16298	2211	2	0	0	0	18511
Barat Daya	2277	88	0	0	0	0	2365
Barat	5644	677	0	0	0	0	6321
Barat Laut	4627	995	324	147	0	0	6153
Berangin							= 81368
Tidak Berangin							= 91040
Tidak Tercatat							= 2912
Total							= 175320

(Sumber : PT. Mitraplan Enviratama, 2013)

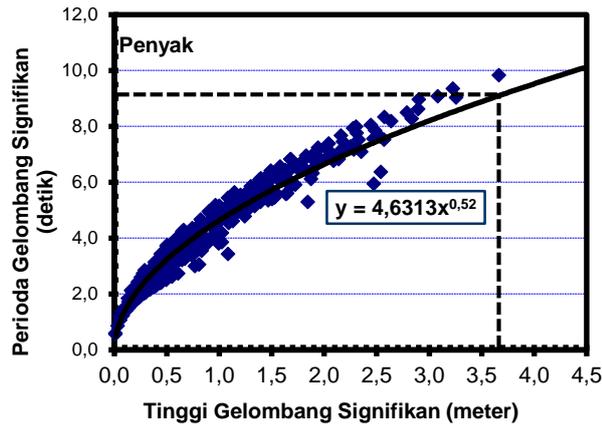
Semua data sekunder diatas adalah data yang diperoleh dari dokumen laporan akhir “*DED Penanggulangan Abrasi Pantai Penyak Kabupaten Bangka Tengah*” dari SNVT PJSA Sumatera VIII Provinsi Bangka Belitung yang merupakan hasil pengukuran yang dilakukan oleh *engineering consultant* PT. Mitraplan Enviratama.

Kondisi gelombang yang paling penting untuk keperluan simulasi gelombang meliputi tinggi gelombang, periode gelombang dan arah gelombang dominan. Tinggi gelombang rencana dan periode gelombang diambil dari nilai ekstrim tinggi gelombang di Pantai Kabupaten Bangka Tengah dan grafik hubungan tinggi gelombang dan periode gelombang Kabupaten Bangka Tengah.

Tabel 3.4 Nilai ekstrim tinggi gelombang di Pantai Kabupaten Bangka Tengah

Periode Ulang (tahun)	Nilai Ekstrim Tinggi Gelombang (m)
1	2,32
2	2,54
3	2,76
5	3,00
10	3,29
25	3,67
50	3,95
100	4,23
200	4,51

(Sumber : PT. Mitraplan Enviratama, 2013)



(Sumber : PT. Mitraplan Enviratama, 2013)

Gambar 3.3 Grafik hubungan tinggi gelombang dan periode gelombang Kabupaten Bangka Tengah.

Tinggi gelombang yang dipakai adalah gelombang dengan kala ulang 25 tahun yaitu 3,67 m dengan amplitudo 1,84 m, periode gelombang adalah 9 detik dan arah datang gelombang dari Utara, Timur Laut dan Timur.

### C. Simulasi Gelombang

#### 1. Model CG Wave

CG Wave adalah model prediksi gelombang yang serba guna, model ini dapat digunakan untuk memperkirakan pola gelombang di daerah pantai terbuka dan disekitar bangunan pantai. CGWAVE adalah model finite elemen yang dihubungkan dengan model SMS (*Surface water Modelling System*) untuk mengefisienkan *pre* dan *post processingnya*.

#### 2. Prosedur Simulasi Gelombang

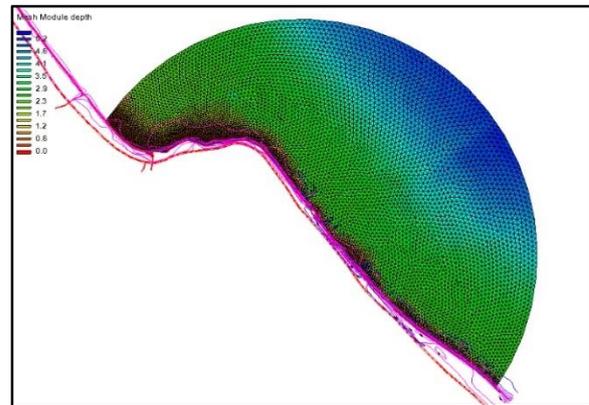
Prosedur dalam simulasi model gelombang dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut :

- a. Menentukan konsep model.
- b. Pembangkitan jaring elemen.
- c. Data masukan.
- d. *Running* simulasi model gelombang.

#### 3. Domain Model

Domain model adalah bentuk model simulasi gelombang. Domain model dibuat berdasarkan peta *lay out* kawasan pantai Penyak.

Pada studi ini dibuat domain model sesuai dengan kondisi ekesisting yang disimulasikan.



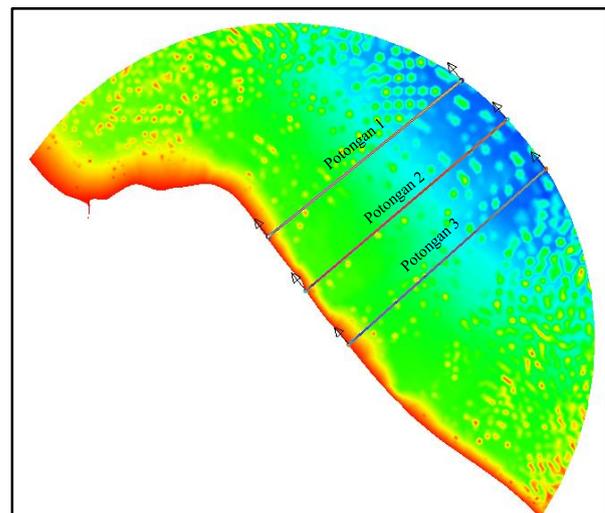
Gambar 3.4 Jaring elemen untuk kondisi eksisting

#### 4. Kondisi Batas Simulasi

Kondisi batas yang dipakai dalam simulasi model gelombang adalah sebagai berikut : garis pantai atau batas area perairan (yang ada di dalam elemen) dengan daratan adalah pada pertemuan elevasi pasang rencana tertinggi (+2.73 m) dengan daratan.

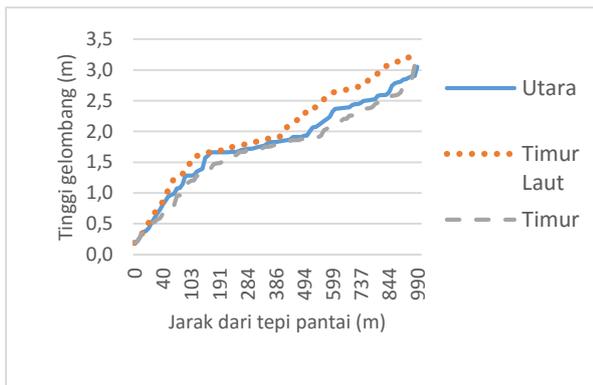
#### 5. Hasil Simulasi

Untuk melihat tinggi gelombang yang terjadi, maka dibuat potongan profil memanjang transformasi gelombang dari perairan lepas pantai sampai ke pantai. Profil yang dibuat terdiri dari tiga potongan memanjang yaitu potongan 1, potongan 2, dan potongan 3. Garis potongan penjalaran tinggi gelombang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3.5 Garis potongan penjalaran tinggi gelombang rencana

1. Potongan 1



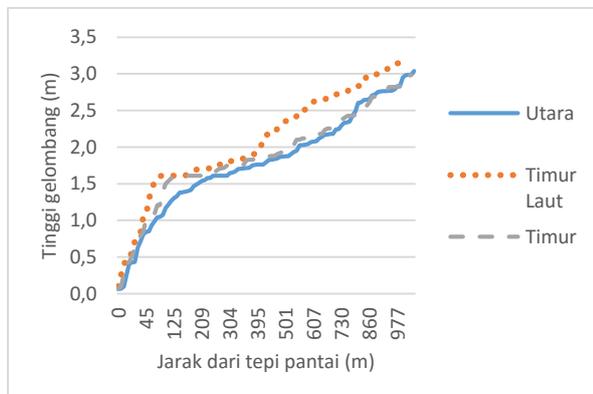
Gambar 3.6 Profil tinggi gelombang rencana pada potongan 1

Tabel 3.5 Hasil simulasi tinggi Gelombang Rencana potongan 1

( $H_o = 3,67$  m,  $T_o = 9$  dtk, arah dari Utara, Timur Laut dan Timur)

Tinggi Gelombang (m)		
Utara	Timur Laut	Timur
0,2 – 3,1	0,2 – 3,2	0,2 – 3,1

2. Potongan 2



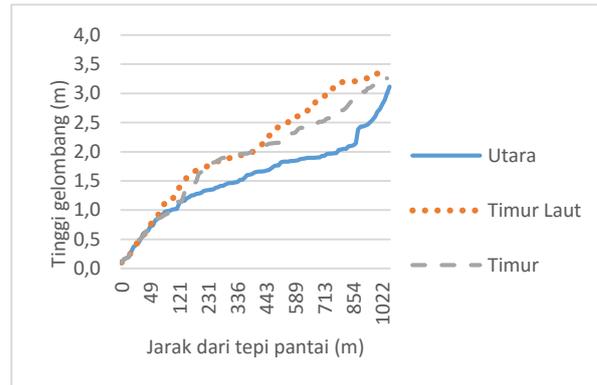
Gambar 3.7 Profil tinggi gelombang rencana pada potongan 2

Tabel 3.6 Hasil simulasi tinggi Gelombang Rencana Potongan 2

( $H_o = 3,67$  m,  $T_o = 9$  dtk, arah dari Utara, Timur Laut dan Timur)

Tinggi Gelombang (m)		
Utara	Timur Laut	Timur
0,1 – 3,0	0,1 – 3,3	0,1 – 3,1

3. Potongan 3



Gambar 3.8 Profil tinggi gelombang rencana pada potongan 3

Tabel 3.7 Hasil simulasi tinggi Gelombang Rencana potongan 3

( $H_o = 3,67$  m,  $T_o = 9$  dtk, arah dari Utara, Timur Laut dan Timur)

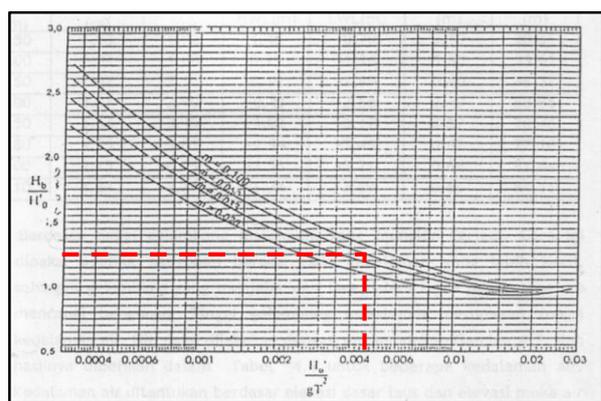
Tinggi Gelombang (m)		
Utara	Timur Laut	Timur
0,1 – 3,1	0,1 – 3,4	0,1 – 3,3

4. HASIL PENELITIAN

A. Perhitungan Elevasi Puncak

1. Tinggi dan kedalaman gelombang pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Untuk mencari tinggi dan kedalaman gelombang pecah menggunakan grafik yang diberikan dalam gambar 4.1 dan gambar 4.2.



(Sumber : Triatmodjo 1999)

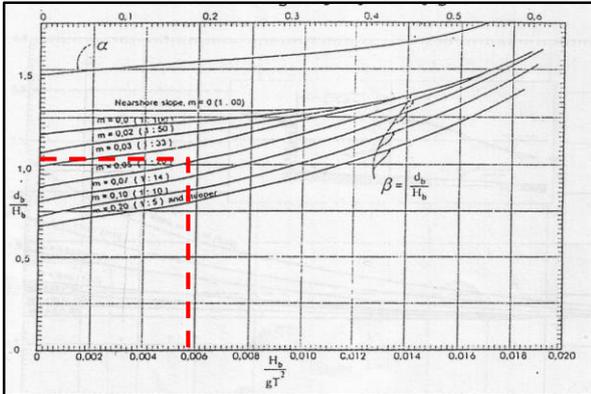
Gambar 4.1 Hubungan  $H_b/H_0'$  dan  $H_0'/gT^2$

Kemiringan pantai landai dengan  $m = 0,05$   
(Sumber: PT. Mitraplan Enviratama, 2013)

Ketinggian gelombang pecah :

$$\frac{H_0'}{gT^2} = \frac{3,67}{9,81 \times 9^2} = 0,0046$$

$$\frac{H_b}{H_0'} = 1,25 \rightarrow H_b = 4,6 \text{ m}$$



(Sumber : Triatmodjo 1999)

Gambar 4.2 Hubungan  $\alpha$  dan  $\beta$  dengan  $H_b/gT^2$

Kedalaman gelombang pecah :

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{4,6}{9,81 \times 9^2} = 0,0058$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,04 \rightarrow d_b = 4,8 \text{ m}$$

Keterangan :

- $H_0'$  = tinggi gelombang laut dalam  
 $H_b$  = tinggi gelombang pecah  
 $d_b$  = kedalaman air pada saat gelombang pecah  
 $g$  = percepatan gravitasi  
 $T$  = periode gelombang

## 2. Elevasi muka air rencana

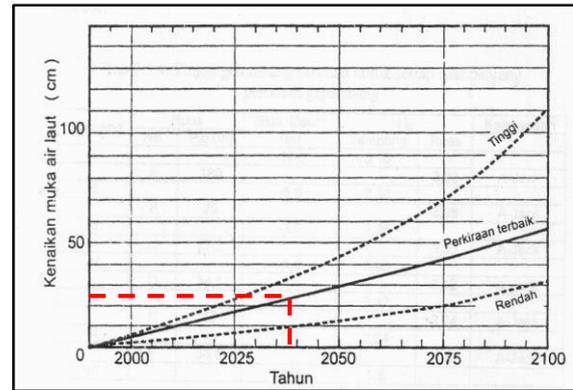
Elevasi muka air rencana yang digunakan yaitu didasarkan pada pasang surut, *wave setup* dan pemasangan global.

- ❖ Pasang surut tertinggi = 2,73 mLWS
- ❖ *Wave setup*

$$SW = 0,19 \left( 1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right) H_b$$

$$SW = 0,19 \left( 1 - 2,82 \sqrt{\frac{4,6}{9,81 \times 9^2}} \right) 4,6 = 0,70 \text{ m}$$

- ❖ Kenaikan muka air laut karena pemanasan global (pada tahun 2038)



(Sumber : Triatmodjo 1999)

Gambar 4.3 Perkiraan *sea level rise* (SLR)

Elevasi muka air rencana (*Design Water Level, DWL*) ditetapkan berdasarkan ketiga faktor tersebut sehingga :

$$\begin{aligned} DWL &= HWS + \text{Wave setup} + SLR \\ &= 2,73 + 0,70 + 0,23 = 3,66 \text{ m} \end{aligned}$$

## 3. *Run-up* gelombang

*Run up* gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} \text{Panjang gelombang laut dalam } (L_0) \\ L_0 &= 1,56 \times T^2 \\ &= 1,56 \times 9^2 = 126,36 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari simulasi gelombang dengan bantuan software *SMS* didapat tinggi gelombang di daerah pemecah gelombang  $\pm 2$  m.

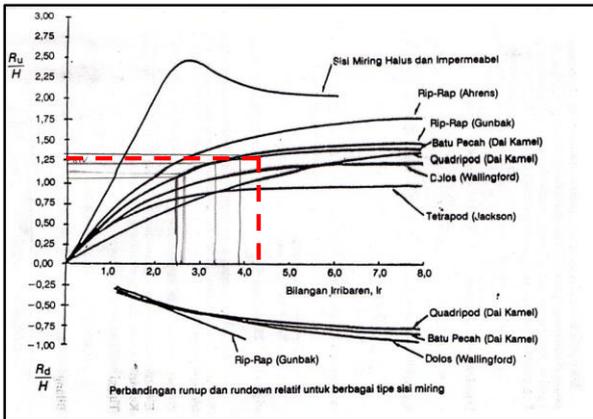
Bilangan *irribaren* ( $Ir$ )

$$\begin{aligned} Ir &= \frac{tg \theta}{(H/L_0)^{0,5}} \\ Ir &= \frac{0,5}{(1,6/126,36)^{0,5}} = 4,4 \end{aligned}$$

Keterangan :

- $Ir$  = bilangan *irribaren*  
 $\theta$  = sudut kemiringan sisi *breakwater*  
 $L_0$  = panjang gelombang laut dalam  
 $H$  = tinggi gelombang di lokasi bangunan

Selanjutnya mencari nilai  $R_U/H$  menggunakan grafik pada Gambar 4.4.



(Sumber : Triatmodjo 1999)  
 Gambar 4.4 Grafik *run up* gelombang

Dari grafik diatas, maka diperoleh  $R_u/H = 1,3$  sehingga  $R_u = 2,08$  m.

Elevasi puncak pemecah gelombang ditetapkan dengan menggunakan persamaan dibawah ini dengan tinggi kebebasan 0,5 meter.  
 elevasi puncak = DWL +  $R_u$  + tinggi kebebasan  
 = 3,66 + 2,08 + 0,5 = 6,3 m

**B. Pemilihan Bangunan Pengaman Pantai**

Tabel 4.1 Kriteria pemilihan jenis bangunan pengaman pantai

No.	Kriteria	Break water	Groin	Sea Wall
1	Kemudahan konstruksi	2	3	5
2	Biaya konstruksi	3	3	4
3	Dampak sosial	4	2	2
4	Estetika	5	3	1
5	Material konstruksi	4	4	4
Jumlah		18	15	16

Skala penilaian : 1. sangat tidak baik ; 2. tidak baik ; 3. cukup baik ; 4. baik ; 5. sangat baik.

**C. Perhitungan Pemecah Gelombang**

1. Berat butir lapis lindung

Berat butir lapis lindung dapat dihitung dengan rumus Hudson berikut :

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \text{ctg } \theta}$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

Keterangan :

$\gamma_r = 2,65 \text{ ton/m}^3$  (berat jenis batu pecah)

$\gamma_a = 1,025 \text{ ton/m}^3$  (berat jenis air laut)

$K_D$  = koefisien stabilitas

H = tinggi gelombang di lokasi bangunan

$\theta$  = kemiringan breakwater = 2

Tabel 4.2 Hasil hitungan berat unit lapis *breakwater*

Primary Layer	$\gamma_r$ ton/m <sup>3</sup>	$\gamma_a$ ton/m <sup>3</sup>	$K_D$	Cot $\theta$	W (kg)
Kepala	2,65	1,025	2,1	2	650
Badan	2,65	1,025	2,2	2	620
Secondary Layer	$\gamma_r$ ton/m <sup>3</sup>	$\gamma_a$ ton/m <sup>3</sup>	$K_D$	Cot $\theta$	W (kg)
Kepala	2,65	1,025	2,1	2	65
Badan	2,65	1,025	2,2	2	62
Core Layer	$\gamma_r$ ton/m <sup>3</sup>	$\gamma_a$ ton/m <sup>3</sup>	$K_D$	Cot $\theta$	W (kg)
Kepala	2,65	1,025	2,1	2	3,25
Badan	2,65	1,025	2,2	2	3,1

(Sumber : Analisa hitungan dimensi *breakwater*)

2. Lebar puncak pemecah gelombang

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$B = n k_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

Keterangan :

B = lebar *breakwater*

$k_{\Delta}$  = koefisien lapis

W = berat batu

n = 3 ( $n_{\min} = 3$  untuk batu pecah)

$\gamma_r = 2650 \text{ kg/m}^3$  (berat jenis batu pecah)

Tabel 4.3 Hasil hitungan lebar puncak *breakwater*

$\gamma_r \text{ kg/m}^3$	n	$K_{\Delta}$	W	B (m)
2650	3	1,1	650	2,1

(Sumber : Analisa hitungan dimensi *breakwater*)

3. Tebal lapis lindung

Tebal lapis lindung dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$t = n k_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{-1/3}$$

Keterangan :

$n = 2$  (*primary layer*);  $3$  (*secondary layer*)

$k_{\Delta} = 1,15$  untuk batu pecah,  $n = 2$ ,

penempatan acak 1,10 untuk

batu pecah,  $n = 3$ , penempatan acak

$\gamma_r = 2650 \text{ kg/m}^3$  (berat jenis batu pecah)

Tabel 4.4 Hasil hitungan tebal lapis *breakwater*

Primary layer	$\gamma_r$ ton/m <sup>3</sup>	n	$K_{\Delta}$	W (kg)	t (m)
Kepala	2650	2	1,15	650	1,44
Badan	2650	2	1,15	620	1,42
Secondary layer	$\gamma_r$ ton/m <sup>3</sup>	n	$K_{\Delta}$	W (kg)	t (m)
Kepala	2650	3	1,10	65	0,96
Badan	2650	3	1,10	62	0,95

(Sumber : Analisa hitungan dimensi *breakwater*)

4. Jumlah batu lindung

Jumlah batu pelindung pada *breakwater* ini dihitung tiap 10 m<sup>2</sup>. Analisa hitungannya menggunakan rumus berikut :

$$N = A n k_{\Delta} \left[ 1 - \frac{P}{100} \right] \left[ \frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3}$$

Keterangan :

$n = 2$  (*primary layer*);  $3$  (*secondary layer*)

$k_{\Delta} =$  koefisien lapis (1,15 untuk batu pecah,

$n = 2$ , penempatan acak 1,10 untuk

batu pecah,  $n = 3$ , penempatan acak

A = luas permukaan

P = porositas (40 untuk batu pecah,  $n = 3$ , penempatan acak)

$\gamma_r = 2650 \text{ kg/m}^3$  (berat jenis batu pecah)

Tabel 4.5 Hasil hitungan jumlah batu pelindung *breakwater*

Primary layer	$\gamma_r$ (kg/m <sup>3</sup> )	n	$K_{\Delta}$	W (kg)	P (%)	A (m <sup>2</sup> )	N (bh/10m <sup>2</sup> )
Kepala	2650	2	1,15	650	37	10	37
Badan	2650	2	1,15	620	37	10	39
Secondary layer	$\gamma_r$ (kg/m <sup>3</sup> )	n	$K_{\Delta}$	W (kg)	P (%)	A (m <sup>2</sup> )	N (bh/10m <sup>2</sup> )
Kepala	2650	3	1,10	65	40	10	235
Badan	2650	3	1,10	62	40	10	242

(Sumber : Analisa hitungan dimensi *breakwater*)

5. Diameter batu pelindung

Bentuk batu dianggap seperti bola

$$v_{batu} = \frac{m}{\rho}$$

$$v_{batu} = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$r^3 = \sqrt[3]{\frac{v_{batu} \times \frac{3}{4}}{\pi}}, \text{ diameter (d) = } 2 \times r$$

Keterangan :

$v_{batu}$  = volume batu (m<sup>3</sup>)

m = berat batu (kg)

$\rho$  = berat jenis batu (kg/m<sup>3</sup>)

r = jari-jari baru (m)

Tabel 4.6 Hasil hitungan diameter batu pecah

Primary Layer	m (kg)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_{batu}$ (m <sup>3</sup> )	r (m)	d (m)
Kepala	650	2650	0,245	0,390	0,78
Badan	620	2650	0,234	0,382	0,76
Secondary Layer	m (kg)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_{batu}$ (m <sup>3</sup> )	r (m)	d (m)
Kepala	65	2650	0,0245	0,180	0,360
Badan	62	2650	0,0234	0,177	0,354
Core Layer	m (kg)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_{batu}$ (m <sup>3</sup> )	r (m)	d (m)
Kepala	3,25	2650	0,00123	0,066	0,132
Badan	3,1	2650	0,00117	0,074	0,148

(Sumber : Analisa hitungan dimensi *breakwater*)

6. Toe berm

Berat batu yang digunakan yaitu  $W_i/10 = 65 \text{ kg}$

Lebar *toe berm* pemecah gelombang dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$B = n k_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

Keterangan :

n = 3 ( $n_{\min} = 3$  untuk batu pecah)

$\gamma_r = 2650 \text{ kg/m}^3$  (berat jenis batu)

$k_{\Delta} = 1,10$  untuk batu pecah

Untuk lebar *toe berm* dari batu pecah

$$B = 3 \times 1,10 \times \left[ \frac{65 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right]^{1/3} = 0,96 \text{ m}$$

Tinggi *toe berm* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$t = n k_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma r} \right]^{1/3}$$

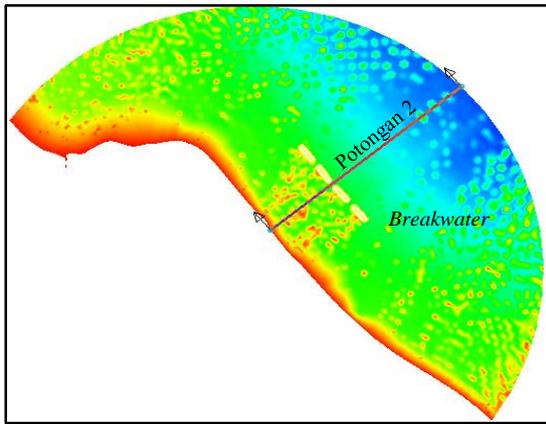
Keterangan :

- n = 2 (primary layer)
- k<sub>Δ</sub> = 1,15 untuk batu pecah, n = 2, penempatan acak
- γr = 2650 kg/m<sup>3</sup> (berat jenis batu)

Tinggi toe berm dari batu pecah

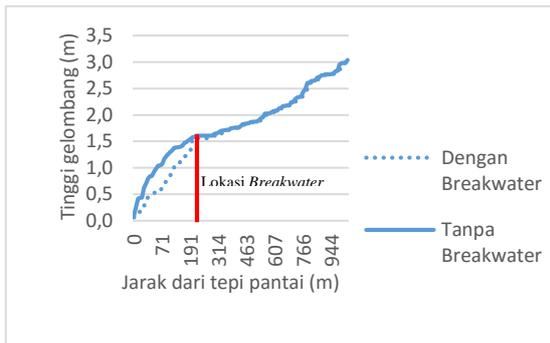
$$t = 2 \times 1,15 \times \left[ \frac{65 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} \right]^{1/3} = 0,67 \text{ m}$$

7. Tingkat peredaman breakwater



Gambar 4.5 Garis potongan 2 penjalaran tinggi gelombang rencana

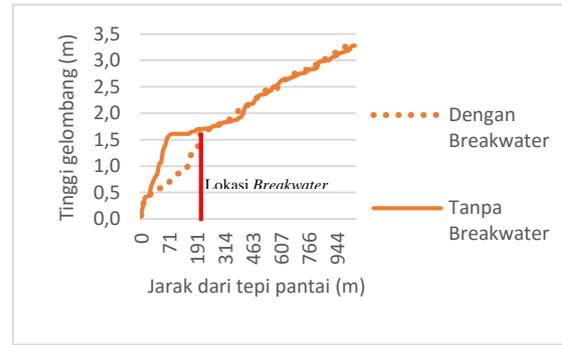
Hasil simulasi tinggi gelombang pada potongan 2 ditunjukkan pada grafik berikut :



Gambar 4.6 Hasil simulasi tinggi gelombang rencana arah Utara

Tabel 4.6 Hasil tingkat peredaman breakwater untuk gelombang arah Utara

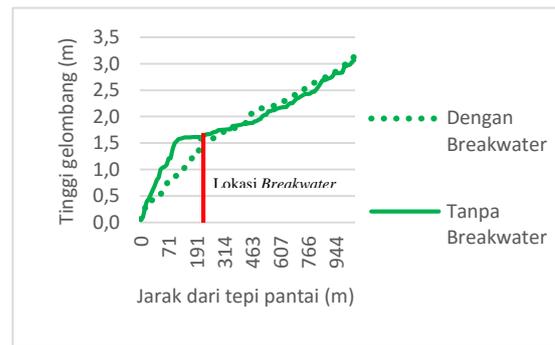
No.	Jarak dari Garis Pantai (m)	Tinggi Gelombang (m)		Tingkat Peredaman (%)
		Tanpa Breakwater	Dengan Breakwater	
1	10	0,2	0,1	50
2	50	0,9	0,5	44,4
3	100	1,2	0,8	33,3
4	150	1,4	1,1	21,4



Gambar 4.7 Hasil simulasi tinggi gelombang rencana arah Timur Laut

Tabel 4.7 Hasil tingkat peredaman breakwater untuk gelombang arah Timur Laut

No.	Jarak dari Garis Pantai (m)	Tinggi Gelombang (m)		Tingkat Peredaman (%)
		Tanpa Breakwater	Dengan Breakwater	
1	10	0,4	0,1	75
2	50	1,3	0,5	61,5
3	100	1,6	0,8	50
4	150	1,6	0,9	43,7



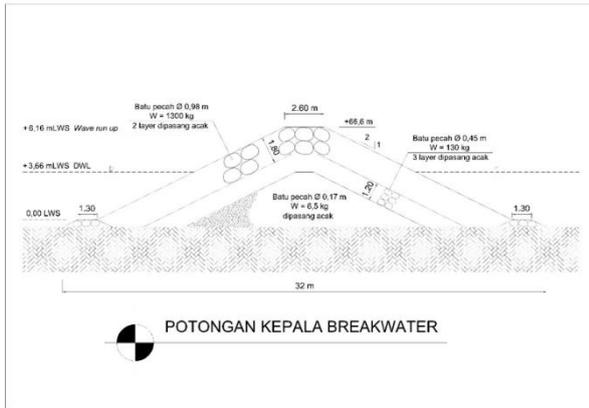
Gambar 4.8. Hasil simulasi tinggi gelombang rencana arah Timur

Tabel 4.8 Hasil tingkat peredaman breakwater untuk gelombang arah Timur

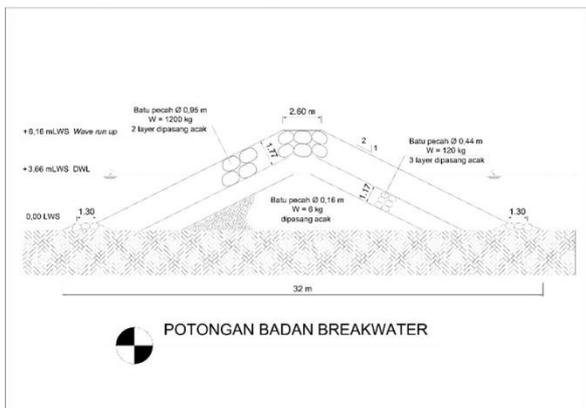
No.	Jarak dari Garis Pantai (m)	Tinggi Gelombang (m)		Tingkat Peredaman (%)
		Tanpa Breakwater	Dengan Breakwater	
1	10	0,3	0,1	66,7
2	50	1,0	0,6	40
3	100	1,5	0,9	40
4	150	1,6	1,1	31,2

Dari data hasil tingkat peredaman breakwater diatas menunjukkan bahwa pada saat sudah ada pemecah gelombang tinggi gelombang mengalami penurunan.

## D. Desain Breakwater



Gambar 4.9. Potongan kepala *breakwater* batu pecah



Gambar 4.10. Potongan lengan *breakwater* batu pecah

## 4. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kondisi pantai Penyak membutuhkan sebuah *breakwater* untuk melindungi pantai dari serangan gelombang laut agar tidak terjadi abrasi yang lebih parah.
2. Hasil simulasi gelombang menggunakan program *surface water modelling system (SMS)* dengan model CG Wave didapat tinggi gelombang di sekitar bangunan pemecah gelombang sebesar 1,6 meter.
3. Bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) di buat berseri dengan jarak antar seri bangunan 20 m. Dan diletakkan pada jarak  $\pm 200$  m dari garis pantai.

4. Desain bangunan pengaman pantai yang dipilih adalah *breakwater* dengan hasil sebagai berikut :

- a. Tipe *breakwater* lepas pantai, dinding sisi miring, dan batu pelindung dari batu alam
- b. Kedalaman kaki diujung bangunan = -0,5 m LWS
- c. Tinggi *breakwater* = 6,3 m LWS
- d. Kemiringan lereng struktur 1 : 2
- e. Lebar puncak 2,1 m, lebar dasar 32 m

### B. Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut tentang abrasi pantai Penyak agar kawasan pantai Penyak tetap terjaga, serta pemodelan struktur pengaman pantai yang lebih ekonomis dan efisien.
2. Perlu diadakan pendalaman lebih lanjut mengenai penggunaan *software Surface Water Modelling System (SMS)*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Wilayah Sungai Sumatera VIII SNVT PJSA Sumatera VIII Provinsi Bangka Belitung. 2013. *DED Penanggulangan Abrasi Pantai Penyak Kabupaten Bangka Tengah*. Buku. Bangka Belitung : SNVT PJSA Sumatera VIII Provinsi Bangka Belitung.
- Febriansyah. (2012). *Perencanaan Pemecah Gelombang (Breakwater) di Pelabuhan Merak*. Depok : Skripsi Universitas Indonesia.
- Cempaka, Aisyah. (2012). *Perencanaan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Pondok Mimbo Situbondo Jawa Timur*. Jember : Skripsi Universitas Jember.
- Triatmodjo, Bambang. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. (2003). *Pelabuhan (3rded)*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Engineering Research and Development Center, US Army of Engineering, *Tutorial Surface Water Modeling System*, August 1998, Washington DC.