

PENANGANAN PERUBAHAN GARIS PANTAI PADA PANTAI INDRAMAYU (RUAS : MUARA KALI ERETAN – MUARA SUMBER MAS)

Eki Nugraha^{1*}, Ignatius Sudarsono¹, dan Fauzia Mulyawati¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Langlangbuana, Bandung
*Email: ekinugraha20@gmail.com

Abstract

The beach is one of the areas that are widely used for human activities. Coastal development activities can be influenced by natural factors such as waves, tides, and currents that can cause negative impacts with the occurrence of abrasion, erosion, and sedimentation of the coast. Coastal abrasion and erosion can cause the retreat of the coastline, damaging various facilities in the area. The problem on Panjiwa Sumber Mas Beach is the change of coastline caused by tidal waves that have the power to erode the coastal area and the carrying of sediment from the sea by waves and river discharge. The Data used in the study are secondary. To determine the changes in the coastline, the retreat of the coastline was obtained based on digitization results from 2010 to 2020, using satellite images. Oceanographic data processing is done by using numerical modeling, where the results are issued in the form of wave height contours and wave direction vectors. Based on the results of the analysis, the Coastal Safety Building in the form of cylindrical embankments and concrete cubes has good structural stability.

Keywords: Wave, beach building, coastline, wave forecast, armour

Abstrak

Pantai merupakan salah satu wilayah yang banyak dimanfaatkan untuk kegiatan manusia. Kegiatan pembangunan daerah pantai dapat dipengaruhi oleh faktor alam seperti gelombang, pasang surut dan arus yang dapat menyebabkan dampak negatif dengan terjadinya abrasi, erosi dan sedimentasi pantai. Abrasi dan erosi pantai dapat menyebabkan mundurnya garis pantai sehingga merusak berbagai fasilitas yang ada di daerah tersebut. Permasalahan pada pantai Panjiwa Sumber Mas adalah terjadinya perubahan garis pantai yang disebabkan oleh gelombang pasang yang mempunyai kekuatan untuk mengikis daerah pantai serta terbawanya sedimen dari laut oleh gelombang dan debit sungai. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder. Untuk mengetahui perubahan garis pantai, mundurnya garis pantai didapat berdasarkan hasil digitasi pada tahun 2010 sampai 2020, dengan menggunakan citra satelit. Pengolahan data oseanografi dilakukan dengan menggunakan pemodelan numerik, dimana hasil yang dikeluarkan berupa kontur tinggi gelombang dan vektor arah gelombang. Berdasarkan hasil analisis maka bangunan pengaman pantai berupa tanggul silinder dan kubus beton memiliki stabilitas struktur yang baik.

Kata kunci: Gelombang, garis pantai, bangunan pantai, peramalan gelombang, armour

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan memiliki lebih dari 7.000 pulau dan wilayah pantai sepanjang 80.000 km. Pantai merupakan salah satu wilayah yang banyak dimanfaatkan untuk kegiatan manusia. Berbagai kegiatan akan menimbulkan peningkatan baik itu peningkatan kebutuhan lahan dan juga pembangunan infrastruktur. Kegiatan pembangunan daerah pantai dapat dipengaruhi oleh faktor alam seperti gelombang, pasang surut dan arus dimana hal ini dapat menyebabkan dampak negatif pada

daerah pantai dengan terjadinya abrasi, erosi dan sedimentasi pantai. Abrasi dan erosi pantai dapat menyebabkan mundurnya garis pantai sehingga merusak berbagai fasilitas yang ada di daerah tersebut seperti pemukiman, pertambakan, jalan dan fasilitas – fasilitas lainnya. Sedangkan sedimentasi menyebabkan majunya garis pantai atau bertambahnya lahan pada daerah daratan, dampak dari hal ini menyebabkan permasalahan pada drainase perkotaan[1].

Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya

tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surutnya air laut dan erosi pantai yang terjadi[2]. Garis pantai dapat berubah karena dua faktor, yakni faktor alam dan akibat perbuatan manusia. Faktor alam yang mempengaruhi garis pantai diantaranya gelombang, pasang surut dan arus. Perubahan garis pantai akibat perbuatan manusia seperti penebangan hutan bakau, pengambilan karang pantai, perluasan area sempadan pantai. Salah satu pantai yang mengalami perubahan garis pantai terjadi di daerah pantai indramayu.

Permasalahan pada pantai Panjiwa Sumber Mas adalah terjadinya perubahan garis pantai yang disebabkan oleh gelombang pasang yang mempunyai kekuatan untuk mengikis daerah pantai serta masukan sedimen dari laut yang terbawa oleh gelombang, pasang surut dan masukan sedimen darat yang terbawa oleh debit sungai. Sehingga pada daerah ini garis pantai mengalami abrasi dan sedimentasi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka peneliti bermaksud untuk menangani perubahan garis pantai dengan cara merencanakan bangunan pemecah gelombang di pantai Panjiwa Sumber Mas yang dianggap perlu. Dengan adanya bangunan pemecah gelombang diharapkan dapat mengendalikan perubahan garis pantai berupa abrasi/sedimentasi serta memiliki manfaat lain sebagai pelindung pantai[3].

1.1 Koreksi Data Angin

Data angin yang berupa kecepatan perlu dikoreksi untuk mendapatkan *wind stress factor* (U_A) (Alfi Satriadi, 207), koreksi tersebut meliputi:

a. Koreksi Elevasi

Koreksi elevasi dilakukan apabila data angin yang diambil tidak pada ketinggian 0 m dari permukaan tanah. Koreksi elevasi dapat dihitung menggunakan persamaan.

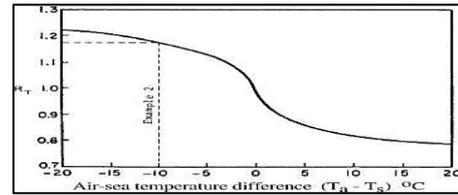
$$U_0 = U_z \times \left(\frac{z_0}{z}\right)^7 \tag{1.1}$$

b. Koreksi Stabilitas

Udara di darat dan udara di tempat pembentukan gelombang memiliki perbedaan temperatur yang akan memengaruhi kecepatan angin sehingga diperlukan koreksi stabilitas dengan persamaan sebagai berikut.

$$U_L = R_T \times U_0 \tag{1.2}$$

Nilai faktor koreksi stabilitas R_T dapat dilihat pada gambar berikut:



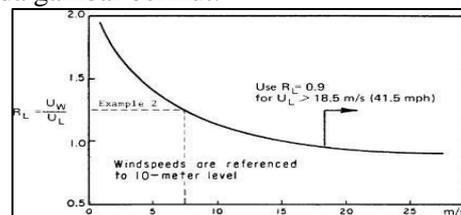
Gambar 1. Grafik R_T Terhadap Δ

c. Koreksi Lokasi

Data angin yang diperoleh dari darat perlu dilakukan koreksi lokasi karena pembentukan gelombang terjadi akibat angin yang bertiup di laut. Persamaan koreksi lokasi adalah sebagai berikut:

$$U_W = R_L \times U_L \tag{1.3}$$

Nilai faktor koreksi lokasi R_L dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Grafik R_L Terhadap U_L

d. Koreksi Gesek

Angin yang bertiup diatas permukaan laut akan mengalami gaya gesekan (*drag*) sehingga kecepatan angin U_w harus dilakukan koreksi terhadap tegangan angin (*wind-stress factor*) yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$U_A = 0.7 \times (U_W)^{.23} \tag{1.4}$$

Nilai kecepatan angin U_A (m/s) akan digunakan dalam peramalan tinggi dan periode gelombang.

1.2 Fetch Efektif

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Daerah *fetch* adalah daerah dengan kecepatan angin konstan. Sedangkan jarak *fetch* merupakan jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup. Arah *fetch* bisa datang dari segala arah, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot \cos \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \cos \alpha_i} \tag{1.5}$$

Keterangan:

- F_{eff} : Panjang *fetch* efektif (m)
- F_i : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch* (m)
- α_i : Deviasi pada kedua arah dari arah angina

1.3 Peramalan Gelombang

Peramalan gelombang dapat dilakukan dengan pengolahan data angin yang disebut *hindcasting*. Untuk dapat melakukan peramalan gelombang dibutuhkan *wind stress factor (UA)* dan panjang daerah pembentukan gelombang (*Fetch*). Peramalan gelombang akan menghasilkan data tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan. Diagram alir proses *hindcasting* dapat dilihat pada gambar berikut:

1.4 Transformasi Gelombang

a. Refraksi Gelombang

Berikut beberapa penjelasan langkah – langkah perhitungan refraksi:

1. Menghitung panjang gelombang dan kecepatan jalar gelombang:

$$L_0 = 0,56 \times T^2 \text{ dan } C_0 = \frac{L_0}{T} \quad (1.6)$$

2. Menentukan kedalaman di swan *breakwater* yang di tinjau sehingga di peroleh nilai d/L_0 dan dari tabel fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L_0 , dapat diketahui nilai d/L .

3. Menghitung panjang dari nilai d/L atas dab kecepatan jalar gelombang dari rumus:

$$C = d/T \quad (1.7)$$

4. Menghitung besar sudut gelombang yang datang:

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0 \quad (1.8)$$

5. Menghitung koefisien refraksi dengan rumus:

$$K_r = \frac{\sqrt{\cos \alpha_0}}{\sqrt{\cos \alpha}} \quad (1.9)$$

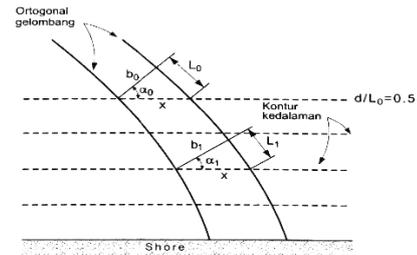
6. Menghitung koefisien pedangkalan dengan rumus:

$$K_s = \frac{\sqrt{n_0 L_0}}{n L} \quad (1.10)$$

7. Menghitung tinggi gelombang hasil refraksi dengan rumus:

$$H = H_{s_0} \times K_r \times K_s \quad (1.11)$$

Refraksi gelombang di daerah pantai yang mempunyai garis kontur dasar laut dan garis pantai yang tidak teratur.



Gambar 3. Refraksi Gelombang Pada Kontur Lurus dan Sejajar

b. Difraksi Gelombang

Apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Fenomena ini dikenal dengan difraksi gelombang. Dalam difraksi gelombang ini terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Apabila tidak terjadi difraksi gelombang, daerah di belakang rintangan akan tenang. Tetapi karena ada proses difraksi maka daerah tersebut terpengaruh oleh gelombang datang.

c. Refleksi Gelombang

Gelombang yang mengenai/membentur suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Besar kemampuan suatu benda memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dan tinggi gelombang datang H_i .

$$X = \frac{H_r}{H_i} \quad (1.12)$$

Koefisien refleksi bangunan diestimasi berdasarkan tes model. Koefisien refleksi berbagai benda seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Kofisien Refleksi

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas	0,7 - 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 - 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 - 0,6
Tumpukan blok beton	0,3 - 0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lubang)	0,05 - 0,2

d. Gelombang Pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang akan pecah. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\frac{H_b}{H'_o} = \frac{1}{3,3 (H'_o/L_0)^{1/3}} \quad (1.13)$$

Kedalaman air dimana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT^2)} \quad (1.14)$$

Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut:

$$a = 43,75 (1 - e^{-19m}) \quad (1.15)$$

1.5 Pembangkit Gelombang

Tinggi dan perioda gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin U_w , lama hembus angin D , dan fetch F yaitu panjang permukaan laut dimana angin berhembus. Cara pemabangkitan gelombang sebagai berikut:

a. Kecepatan Angin

Pengukuran angin dilakukan di daratan, hubungan antara angin diberikan rumus sebagai berikut:

$$R_L = \frac{U_w}{U_L} \quad (1.16)$$

Grafik pembangkitan gelombang mengandung *variable UA*, yaitu faktor tegangan angin yang dihitung dari kecepatan angin. Setelah dilakukan konversi kecepatan angin, kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus berikut:

$$U_A = 0,71 U_W^{1,23} \quad (1.17)$$

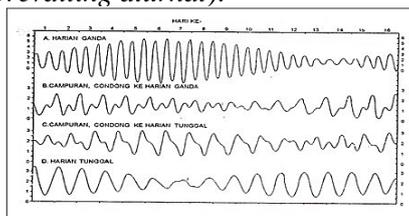
b. Fetch

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Panjang *fetch* adalah panjang laut dibatasi oleh pulau – pulau pada kedua ujungnya. Fetch rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (1.18)$$

1.6 Tipe Pasang Surut

Secara umum tipe pasang surut dapat dikelompokkan menjadi 4, yaitu: pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*), dan pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*).



Gambar 4. Tipe Pasang Surut (Ippen, A. T., 966)

Sifat pasang surut dapat ditentukan berdasarkan faktor bentuk F (Nilai Formzahl) yang merupakan perbandingan amplitude. Dimana penentuan tipe grup pasang surut menggunakan rumus:

$$F = \frac{A_K + A_{01}}{A_{M2} + A_{S2}} \quad (1.19)$$

Tipe pasang surut terbagi dalam 4 tipe, yaitu:

- $F < 0,25$ = Pasang surut harian ganda
- $0,25 < F < 1,50$ = Pasang surut campuran condong harian ganda
- $1,50 < F < 3,00$ = Pasang surut campuran condong harian tunggal
- $F > 3,00$ = Pasang surut harian tunggal

Maka di lokasi Indramayu, tipe pasang surutnya adalah Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda.

1.7 Transpor Sedimen Pantai

Transpor sedimen sepanjang pantai dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris, yang dikembangkan berdasarkan data pengukuran model dan prototip pada pantai berpasir dan merupakan hubungan antara transpor sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai dalam bentuk *US Army*:

$$Q_s = \frac{K}{(\rho_s - \rho) g^{(1-n)}} P_1 \quad (1.20)$$

$$P_1 = \frac{P_g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (1.21)$$

CERC (984) memberikan nilai $K = 0,39$ digunakan tinggi gelombang signifikan.

1.8 Dimensi Bangunan Pengaman Pantai Tipe Rubble Mound

a. Panjang dan tinggi gelombang

Berikut rumus penentuan panjang dan tinggi gelombang:

$$L_0 = 1.561 \times T_{50}^2 \quad (1.22)$$

$$h_b = h + 51 H_{1/3} \quad (1.23)$$

b. Elevasi puncak pengaman pantai

Untuk menentukan besar *run - up* gelombang pada bangunan dengan permukaan miring untuk berbagai tipe material, sebagai fungsi bilangan *Iribaren* untuk berbagai jenis lapis lindung yang mempunyai bentuk berikut:

$$I_r = 1 - \frac{\tan \theta}{(H_1 / L_0)^{0,5}} \quad (1.24)$$

Menentukan elevasi puncak dengan menggunakan rumus:

$$\text{Elevasi puncak} = \text{HWS} + \text{Run } U_o + \text{Tinggi kebebasan} \quad (1.25)$$

c. Lebar bangunan pengaman pantai

Lebar puncak breakwater dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$B1 = 1 n1 .1 k\Delta l \left[\frac{W}{\gamma r} \right]^{1/3} \quad (1.26)$$

d. Berat unit lapisan pengaman pantai

Berat unit dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$W1 = 1 \frac{\gamma r1 .1 H^3}{K_{D1} .1 (Sr-1)^3 1 Cot l \theta} \quad (1.27)$$

1.9 Dimensi Bangunan Pengaman Pantai Tipe Wall Rubble Mound

Bangunan pengaman pantai tipe wall rubble mound merupakan pemecah gelombang batu dan di atasnya diletakan dinding tegak konstruksi, seperti tanggul tipe silinder.

a. Perhitungan gaya dinamis

Perhitungan gaya dan momen dinamis dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$R_m = \frac{1}{2} \times \gamma_{air\ laut} \times d_s \times h_b \quad (1.28)$$

$$M_m = R_m \times \left(d_s + \frac{h_b}{2} \right) \quad (1.29)$$

b. Perhitungan gaya gelombang

Perhitungan gaya dan momen gelombang dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$R_s = \frac{1}{2} \times \gamma_{air\ laut} \times (d_s + h_b)^2 \quad (1.30)$$

$$M_s = \frac{1}{6} \times \gamma_{air\ laut} \times (d_s + h_b)^3 \quad (1.31)$$

c. Perhitungan gaya angkat

Perhitungan gaya dan momen angkat dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$R_u = \frac{1}{2} \times \gamma_{air\ laut} \times d_s \times B \quad (1.32)$$

$$M_u = \frac{2}{3} \times R_u \times B \quad (1.33)$$

d. Gaya dan momen total yang ditimbulkan oleh gaya gelombang dinamis

Total gaya dan momen dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$R_t = R_m + R_s \quad (1.34)$$

$$M_t = M_m + M_s \quad (1.35)$$

e. Control stabilitas guling geser

Perhitungan kontrol stabilitas dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Stabilitas guling} = \frac{\sum MV}{\sum MH + M_U} \geq 5 \quad (1.36)$$

$$\text{Stabilitas geser} = \frac{(\sum V - R_U) \times F}{\sum H} \geq 5 \quad (1.37)$$

f. Stabilitas tanggul terhadap daya dukung tanah

Perhitungan stabilitas daya dukung tanah dapat dilakukan dengan menggunakan rumus Terzaghi seperti berikut ini:

$$q_l = \left(1 - 0,2 \times \frac{B}{L} \right) \gamma' \cdot \frac{B}{2} \cdot N_{\gamma} + \left(1 - 0,2 \times \frac{B}{L} \right) C \cdot N_c + \gamma' \cdot D \cdot N_q \quad (1.38)$$

$$SF = \frac{Q_{ult}}{W} > 2 \quad (1.39)$$

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di Pantai Panjiwa Sumber Mas, Kecamatan Kadanghaur, Kabupaten Indramayu. Secara geografis lokasi terletak pada titik koordinat E= 179957.00; N= 9299601.00 pada sistem koordinat UTM Zone 48S atau pada posisi 6°19'42.28"S; 108°6'27.17"E. Sebagai gambaran umum tataletak lokasi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Lokasi Pantai Panjiwa Sumber Mas Kec. Kadanghaur Kab. Indramayu.

Dalam penelitian ini metoda yang digunakan adalah metoda deskriptif dengan pendekatan metoda kuantitatif.

Data merupakan sekumpulan suatu informasi, simbol-simbol dan atau fakta-fakta yang menjelaskan suatu keadaan objek penelitian. Pada umumnya data dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Dalam penelitian ini pengambilan data primer tidak dilakukan, namun data yang dipakai adalah data sekunder yang diperoleh dari PT. Satria Bumistrata Sevice. Data sekunder yang digunakan ini berupa:

1. Peta batimetri dan topografi
2. Data arah angin
3. Data priode, tinggi dan arah gelombang
4. Data pasang surut
5. Data kecepatan dan arah arus
6. Data sedimen

Analisa data yang digunakan adalah data angina, data gelombang data pasang surut, data arus, dat sedimen, penentuan layout dan tieo bangunan pengaman pantai, perencanaan struktur pemecah gelombang (*Breakwater*),

gambar desain, dan analisis menggunakan *Mike 2*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka didapatkan hasil sebagai berikut:

3.1 Hasil Analisis Data Angin

Pada penelitian ini analisis data angin yang digunakan berdasarkan hasil data sekunder, sebagai berikut:

Tabel 2. Resume Distribusi Arah dan Kecepatan Angin (knot) di Indramayu (990-207)

Arah	Jumlah Jam					Total	Persentase					Total
	<5	5-10	10-15	15-20	>20		<5	5-10	10-15	15-20	>20	
Utara	9935	1250	108	15	9	11317	4,05	0,51	0,04	0,01	0,00	4,61
Timur Laut	6629	1539	182	75	18	8443	2,70	0,63	0,07	0,03	0,01	3,44
Timur	17673	2560	162	23	3	20421	7,20	1,04	0,07	0,01	0,00	8,32
Tenggara	4089	862	135	29	0	5115	1,67	0,35	0,05	0,01	0,00	2,08
Selatan	16294	5332	949	204	23	22802	6,64	2,17	0,39	0,08	0,01	9,29
Barat Daya	3419	935	124	17	1	4496	1,39	0,38	0,05	0,01	0,00	1,83
Barat	6727	1140	67	16	6	7956	2,74	0,46	0,03	0,01	0,00	3,24
Barat Laut	6228	1164	105	29	4	7530	2,54	0,47	0,04	0,01	0,00	3,07
Berangin						88080						35,88
Tidak Berangin						103010						41,96
Tidak Tercatat						54388						22,16
Total						245478						100,00

Statistik data angin secara keseluruhan, angin yang bertiup dari arah selatan paling besar yaitu sebesar 9,29 %, diikuti angin dari timur sebesar 8,32 %.

3.2 Hasil Analisis Peramalan Gelombang (Hindcasting)

Analisis data gelombang yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan hasil data sekunder.

Tabel 3. Distribusi Presentase Arah dan Tinggi Gelombang di Indramayu (990-207)

Arah	Tinggi Gelombang (m)						Total
	<0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	>2,5	
Utara	4,599	0,234	0,035	0,013	0,008	0,002	4,89
Timur Laut	3,045	0,314	0,097	0,015	0,011	0,042	3,52
Timur	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Tenggara	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Selatan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Barat Daya	1,820	0,128	0,026	0,008	0,000	0,002	1,98
Barat	3,270	0,176	0,029	0,004	0,000	0,006	3,49
Barat Laut	2,858	0,271	0,053	0,010	0,003	0,001	3,20
Bergelombang							17,08
Tidak Bergelombang							63,36
Tidak Tercatat							19,56
Total							100

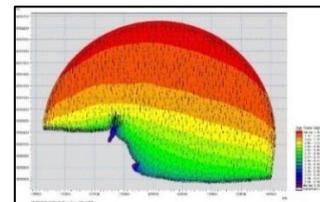
Tabel diatas menjelaskan arah dan tinggi gelombang terbesar berada pada arah utara dengan ketinggian gelombang sebesar 4.89 m, berikutnya diikuti dari arah timur laut dengan tinggi gelombang sebesar 3.52 m.

3.3 Hasil Pemodelan Transformasi Gelombang

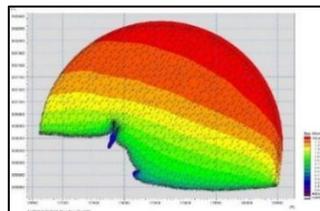
Pemodelan transformasi gelombang dilakukan dari 3 (tiga) arah datangnya gelombang, sesuai dengan arah pembangkitnya yang mungkin terjadi yakni Utara, Timur Laut dan Barat Laut[2]. Setiap masing-masing tinggi gelombang diambil

berdasarkan priode ulang 5, 0, 25 dan 50 tahun.

Pemodelan transformasi gelombang dilakukan dengan menggunakan software *Mike 2* dengan hasil pemodelan transformasi gelombang disajikan dalam bentuk kontur tinggi gelombang dan vektor arah gelombang. Hasil simulasi dengan input gelombang pada perioda 5 tahunan dari arah utara, menunjukkan bahwa akibat transformasi vektor arah gelombang secara umum menuju ke selatan dengan tinggi gelombang berkisar antara 0.48 m - 0.88 m, arah Timur Laut 0.60 m – 1.00 m, arah Barat Laut 0.40 m – 0.90 m. Perioda 0 tahunan dari arah utara 0.60 m – 0.50 m, dan arah Timur Laut 0.45 m – .05 m. Perioda 25 tahunan dari arah utara 0.50 m – 0.25 m, arah Timur Laut 0.60 m – .20 m, dan arah Barat Laut 0.50 m – 0.25 m, Perioda 50 tahunan dari arah utara 0.40 m – .20 m, arah Timur Laut 0.40 m – .00 m, arah Barat Laut 0.40 m – .20 m, di dekat pantai.



Gambar 6. Kontur Tinggi Gelombang Priode Ulang 5 Tahun Arah Utara



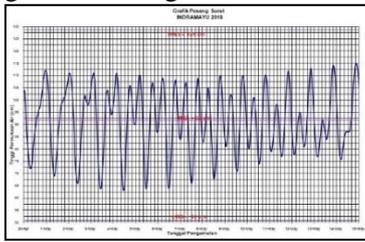
Gambar 7. Kontur Tinggi Gelombang Priode Ulang 5 Tahun dari Arah Timur Laut

Berdasarkan hasil simulasi pemodelan tranformasi gelombang diatas maka dapat disimpulkan tinggi gelombang dari 3 (tiga) arah yaitu Utara, Timur Laut dan Barat Laut berkisar 0.40 m – .25 m di dekat pantai.

3.4 Hasil Analisis Pasang Surut

Pada penelitian ini analisis data Pasang Surut yang digunakan berdasarkan hasil data sekunder atau data yang di dapat dari instansi dari PT. Satria Bumistrata *Sevice*. Data pasang surut dishidros yang diambil berupa data ketinggian pasang surut dalam rentang jam, dan data tersebut di plot dalam bentuk grafik

pasang surut. Adapun grafik pasang surut yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik Pasang Surut

Untuk mendapatkan komponen pasang surut digunakan metode penguraian pasang surut dari data pencatatan pasang surut interval jam dengan durasi pencatatan selama 5 hari penuh. Metode penguraian pasang surut yang digunakan adalah *metoda Admiralty*. Perhitungan konstanta harmonis, duduk tengah, air tinggi maupun air rendah menggunakan *methode Admiralty*, yang menghasilkan konstanta-konstanta harmonis sebagai berikut:

Tabel 4. Harga Konstanta Harmonis Komponen Pasut

Jenis Komponen	Amplitudo cm	Fase (°)
S ₀	92	
M ₂	11	324
S ₂	7	174
N ₂	4	258
K ₁	12	102
1	8	137
M ₄	0	229
MS ₄	0	220
K ₂	2	174
P ₁	4	102

Pada penelitian ini muka air terendah (*Lowest Water Surface*) merupakan bidang datum yang dipilih, posisi kedudukan muka air lainnya, yaitu: muka air rata-rata (*Mean Sea Level*) dan muka air tertinggi (*Highest Water Surface*). Kedudukan permukaan air sebagai berikut:

HWS (*High Water Surface*) = + 1,29 m
MSL (*Mean Sea Level*) = + 0,92 m
LWS (*Low Water Surface*) = + 0,5 m

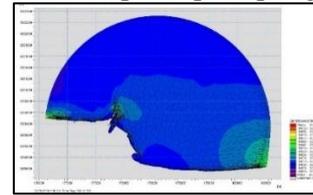
Kedudukan LWS elevasinya dibuat 0 (nol), sehingga kedudukan air sebagai berikut:

HWS (*High Water Surface*) = + 0,78 m
MSL (*Mean Sea Level*) = + 0,4 m
LWS (*Low Water Surface*) = +0,00 m

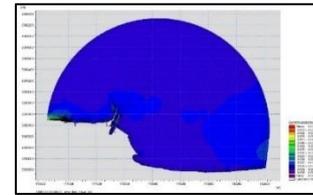
3.5 Hasil Pemodelan Arus Pasang Surut

Pengaruh arah dan kecepatan arus dapat mempengaruhi desain *breakwater*. Dalam simulasi arus pasang surut hasil yang dikeluarkan adalah pada saat pasang perbani (*neap tide*) dan yang lain pada waktu pasang purnama atau bulan baru (*spring tide*).

Pemodelan arus pasang surut memberikan hasil berupa kontur dan vektor besar arah dan kecepatan arus pada waktu-waktu tertentu yaitu pada saat neap maupun spring.



Gambar 9. Pola Arus Neap Pasang Tanggal 0 Mei 2019

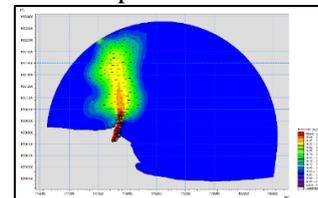


Gambar 10. Pola Arus Neap Surut Tanggal 0 Mei 2019

Berdasarkan hasil simulasi diatas maka dapat disimpulkan arus yang terjadi ketika neap surut yaitu sebesar 0.006 m/detik sampai dengan 0.024 m/detik. Sedangkan arus yang terjadi ketika neap pasang yaitu sebesar 0.02 m/detik sampai dengan 0.054 m/detik, dengan arah vektor arus mengalir mengikuti garis pantai.

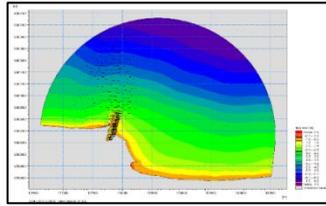
3.6 Hasil pemodelan Sedimentasi

Simulasi pemodelan sedimentasi disini akan memberikan gambaran secara umum mengenai sebaran sedimen yang terjadi di pantai panjiwa sumber mas. Dikarenakan kondisi pantai yang berdekatan dengan muara sungai maka sedimen yang berada di muara sungai akan terbawa ke pantai oleh arus sekitarnya. Hasil yang akan dikeluarkan dari simulasi pemodelan sedimentasi berupa vektor arah sebaran sedimen serta konsentrasi sedimentasi tersuspensi.



Gambar 11. Pola Sebaran Konsentrasi Sedimentasi Tersuspensi

Hasil simulasi diatas menunjukkan sebaran konsentrasi sedimentasi tersuspensi atau total SSC berada di angka 0.04 kg/m³ sampai dengan >0.48 kg/m³ dengan arah vektor mengarah ke kanan.



Gambar 12. Bed Level Sedimentasi

3.7 Perubahan Garis Pantai

Untuk mengetahui perubahan garis pantai dapat dilakukan dengan cara mendigitasi pada lokasi penelitian dengan bantuan Google Earth dan software Global Mapper.



Gambar 13. Perubahan Garis Pantai Tahun 2005

Perbedaan garis pantai pada bagian terabrasi memiliki jarak rata-rata 45 m dan pada bagian tersedimentasi memiliki jarak rata-rata 20 m. Berdasarkan hasil digitasi perubahan garis pantai selama 0 tahun kebelakang membuktikan bahwa pada lokasi penelitian ini benar terjadi abrasi dan sedimentasi.

3.8 Penentuan Layout dan Tipe Pemecah Gelombang (Breakwater)

Pantai panjiwa sumber mas yang berlokasi di Indramayu ini ada beberapa bagian yang mengalami abrasi dan ada bagian lain yang mengalami sedimentasi, hal ini terjadi berdasarkan arah arus dan gelombang yang terjadi di sekitar pantai. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan di lokasi, membuktikan bahwa garis pantai dekat Muara Eretan mengalami abrasi, dan garis pantai dekat Muasa Sumber Mas mengalami sedimentasi. Perencanaan breakwater dengan total panjang 2,27 m atau 2,2 km.

3.9 Penentuan Tipe Bangunan Pengaman Pantai

Berdasarkan pasang surut tertinggi (HWS) yang berada di elevasi +0.78 m dan fungsi dari bangunan air yaitu untuk menangani abrasi serta sedimentasi yang terjadi di pesisir pantai maka tipe bangunan pengaman pantai yang dapat dipilih adalah jenis tanggul tipe silinder dan kubus (cube). Dalam penelitian ini bangunan pengaman

pantai yang direncanakan dibuat menjadi dua tipe, dimana pada STA. 0+000 sampai dengan STA. +200 akan menggunakan silinder beton, dan pada STA. +200 sampai dengan STA. 2+27 menggunakan bangunan pantai jenis kubus (cube). Jenis bangunan yang di rencanakan adalah *nonovertopping* dimana limpasan gelombang tidak melewati bangunan pengaman pantai.

3.10 Perencanaan Struktur Tanggul Tipe Silinder Pada STA. 0+000 Sampai Dengan STA. +200.

Perhitungan wave run – up ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus 2.23, untuk menentukan elevasi puncak rencana yaitu sebagai berikut:

- a. Pehitungan tinggi gelombang rencana
- Tinggi elevasi rencana gelombang (Hrencana) = +1.25 m
- Kecepatan gelombang (T) = 8.00 dtk
- b. Perhitungan elevasi puncak

$$HWS \text{ (High Water Surface)} = +0,78 \text{ m}$$

$$\text{Sudut kemiringan sisi breakwater } (\theta_r) = 0.5$$

$$\text{Panjang gelombang di laut dalam (LO)}$$

$$L_0 = 1.56 \times 8.00^2 = 99.84 \text{ m}$$

$$\text{Bilangan Iribalen (Ir)}$$

$$I_r = \frac{33,7}{(1.25 / 99.84)^{0,25}} = .99$$

- Run up batu alam kasar (Ru/H) lihat Gambar 41. = 0.875
- Run up gelombang pada batu alam kasar $R_U = 0.875 \times 1.25 = .0 \text{ m}$
- Freeboard (diasumsikan) = 0.5 m
- Elevasi puncak
Elevasi puncak = 0.78 + 1.0 + 0.5
= +2.38 m \approx +2.50 m

3.11 Berat Armor Beton Kubus Untuk Pelindung Kaki

Data yang diperlukan untuk perhitungan sebagai berikut:

$$\gamma_r = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

$$Cot \theta = 1.5$$

$$\gamma_w = 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_w} = \frac{2.40}{.025} = 2.34$$

$$H = 1.25 \text{ m}$$

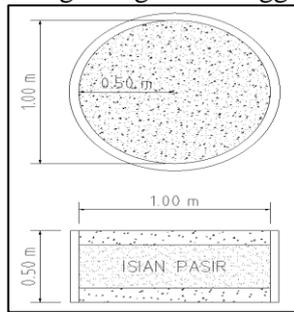
$$K_D = 2$$

$$W = \frac{2.40 \cdot .25^3}{2 \cdot (2.34)^3 \cdot .5} = 0.65 \text{ ton}$$

3.12 Perhitungan Stabilitas Struktur Tanggu Tipe Silinder

Perhitungan stabilitas dilakukan untuk mengetahui desain yang dapat digunakan atau perlu dilakukan desain ulang.

a. Menghitung berat tanggul



Gambar 14. Dimensi Tanggul Tipe Silinder

$$\text{Berat tanggul} = \left(\frac{1}{4} \cdot 3,4 \cdot D^2\right) \times 0,50 \times .400$$

$$= 549,5 \text{ kg} \rightarrow 0,55 \text{ Ton}$$

$$\text{Berat total tanggul} = 8,25 \text{ ton}$$

b. Perhitungan gaya dinamis

Untuk menghitung gaya dinamis, parameter yang diperlukan di antaranya:

$$h_b = 1,10 \text{ m}$$

$$d_s = 0,78 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{air laut}} = 1,025 \text{ ton/m}^3$$

$$R_m = \frac{1}{2} \times 1,025 \times 0,78 \times 1,10 = 0,439 \text{ ton}$$

$$M_m = 0,439 \times \left(0,78 + \frac{1,10}{2}\right) = 0,583 \text{ t.m}$$

c. Perhitungan gaya gelombang

Untuk menghitung gaya gelombang, parameter yang diperlukan di antaranya:

$$h_b = 1,10 \text{ m}$$

$$d_s = 0,78 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{air laut}} = 1,025 \text{ ton/m}^3$$

$$R_s = \frac{1}{2} \times 1,025 \times (0,78 + 1,10)^2 = 1,811 \text{ ton}$$

$$M_s = \frac{1}{6} \times 1,025 \times (0,78 + 1,10)^3$$

$$= 1,135 \text{ t.m}$$

d. Perhitungan gaya angkat

Untuk menghitung gaya angkat, parameter yang diperlukan di antaranya:

$$d_s = 0,78 \text{ m}$$

$$B = 5,45 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{air laut}} = 1,025 \text{ ton/m}^3$$

$$R_u = \frac{1}{2} \times 1,025 \times 0,78 \times 5,45 = 2,178 \text{ ton}$$

$$M_u = \frac{1}{3} \times 2,78 \times 5,45 = 7,913 \text{ t.m}$$

e. Gaya dan momen total yang di timbulkan oleh gelombang dinamis

Gaya dan momen total yang ditimbulkan oleh gaya hidrostatik dan dinamis adalah sebagai berikut:

$$R_t = 0,439 + 0,8 = 2,25 \text{ ton}$$

$$M_t = 1,583 + 0,35 = 0,78 \text{ t.m}$$

f. Perhitungan gaya dan momen yang terjadi

Tabel 5. Perhitungan Gaya dan Momen Yang Terjadi

No. Section	Luas (m ²)	Berat Jenis (T/m ³)	V (Ton)	H (Ton)	Lengan Momen (m)	MV (T.m)	MH (T.m)
W1	0,393	1,4	0,550		0,550	0,302	
W2	0,393	1,4	0,550		1,640	0,902	
W3	0,393	1,4	0,550		2,730	1,501	
W4	0,393	1,4	0,550		3,820	2,100	
W5	0,393	1,4	0,550		4,910	2,699	
W6	0,393	1,4	0,550		1,090	0,599	
W7	0,393	1,4	0,550		2,180	1,199	
W8	0,393	1,4	0,550		3,270	1,798	
W9	0,393	1,4	0,550		4,360	2,397	
W10	0,393	1,4	0,550		1,640	0,902	
W11	0,393	1,4	0,550		2,730	1,501	
W12	0,393	1,4	0,550		3,820	2,100	
W13	0,393	1,4	0,550		2,180	1,199	
W14	0,393	1,4	0,550		3,270	1,798	
W15	0,393	1,4	0,550		2,730	1,501	
Rm				0,439			0,583
Rs				1,811			1,135
Total			8,247	2,250		22,497	1,718

g. Kontrol stabilitas guling dan geser

Lakukan pengecekan terhadap stabilitas guling dan geser dimana kontrol stabilitas pada konstruksi tanggul adalah sebagai berikut:

$$\bullet \text{ Stabilitas guling} = \frac{22,497}{1,718 + 7,93} \geq 1,5$$

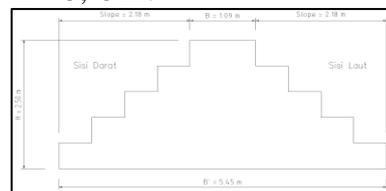
$$= 2,335 \geq 1,5 \dots \text{ Ok}$$

$$\bullet \text{ Stabilitas geser} = \frac{(8,247 - 2,178) \times 0,6}{2,250} \geq 1,5$$

$$= 1,618 \geq 1,5 \dots \text{ Ok}$$

h. Stabilitas tanggul terhadap daya dukung tanah

Perhitungan yang digunakan sesuai rumus perhitungan pondasi dangkal, karena sesuai syarat untuk pondasi dangkal yaitu $D < B$, sedangkan struktur ini memiliki $D = 0,50 \text{ m}$ dan $B = 5,45 \text{ m}$.



Gambar 15. Sketsa Dimensi Tanggul

Jenis tanah = Pasir halus (-,00 s/d -0.50 m)

= Lumpur ke tanah liat (-2,00 s/d -2.50 m)

Kedalaman tanggul = 0,50 meter

$$\gamma_{\text{air laut}} = 1,025 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_n = 1,67 \text{ ton/m}^3 \text{ (dari tabel hasil uji laboratorium)}$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 1,07 \text{ ton/m}^3 \text{ (dari tabel hasil uji laboratorium)}$$

$$GS = 2,6 \text{ (dari tabel hasil uji laboratorium)}$$

$$\phi_{\text{tanah}} = 8,400 \text{ (dari tabel hasil uji laboratorium)}$$

$$C = 0,1 \text{ kg/cm}^2 \sim 1,10 \text{ ton/m}^2 \text{ (dari tabel hasil uji laboratorium)}$$

Untuk dasar pondasi segi empat (LxB) besar daya dukung tanah dasar menurut Terzaghi adalah menggunakan rumus berikut:

$$q_l = \left(1 - 0,2 \times \frac{5,45}{1.200}\right),67 \cdot \frac{5,45}{2} \cdot ,45 + \left(1 - 0,2 \times \frac{5,45}{.200}\right) 1,10 \cdot 8,80 + ,67 \cdot 0,50 \cdot 2,3$$

$$q_l = 8,92 \text{ ton/m}^2$$

Beban total tanggul yang digunakan adalah beban yang telah dihitung sebelumnya yaitu sebesar $W_{Total} = 8,25 \text{ ton}$.

$$SF = \frac{8,92}{8,25} > 2 = 2,205 > 2 \dots \text{Ok}$$

3.13 Perhitungan Toe Protection

Perhitungan nilai berat, lebar, tinggi, dan kemiringan toe protection rekomendasi SPM (984).

$$\text{Berat armor (W)} = 0.65 \text{ ton}$$

$$\text{Tinggi toe} = \text{lebar mercu} = 1.00 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan ujung toe} = : 1$$

$$\text{Lebar toe} = 2.5 \times .25 = 3.25 \text{ m}$$

Tabel 6. Rekapitulasi hasil perhitungan berat armor kubus

Elevasi Atas (m)	Elevasi Bawah (m)	H (m)	K _D	W Armor (ton) (Cube)
+2.50	Var	1.25	2	0.65

3.14 Perencanaan Struktur Pemecah Gelombang Pada STA. +200 Sampai Dengan STA. 2+27

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada perhitungan elevasi puncak sebelumnya maka elevasi puncak breakwater berada pada ketinggian +2.50 meter.

3.15 Berat Lapisan Armor Beton (Cover Layer)

$$\gamma_r = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

$$Cot \theta = 1.5$$

$$\gamma_w = 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$Sr = \frac{\gamma_r}{\gamma_w} = \frac{2.40}{.025} = 2.34$$

$$H = 1.25$$

$$K_D = 2$$

$$W = \frac{2.40 \cdot 1.25^3}{2 \cdot (2.34 - 1)^3 \cdot 1.5} = 0.65 \text{ ton}$$

3.16 Perhitungan Lebar Mercu (B) Breakwater

Data yang diperlukan untuk perhitungan sebagai berikut:

$$\gamma_r = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

$$W = 0.65 \text{ ton}$$

$$n = 2$$

$$K_\Delta = 1.10$$

$$B = 2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot \left[\frac{0.65}{2.40}\right]^{1/3} = 1.42 \text{ m} \approx 1.50 \text{ m}$$

3.17 Perhitungan Tebal Lapisan Armor Kubus Beton (t)

Data yang diperlukan untuk perhitungan sebagai berikut:

$$\gamma_r = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

$$W = 0.65 \text{ ton}$$

$$n = 2$$

$$K_\Delta = 1.10$$

$$t = 2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot \left[\frac{0.65}{2.40}\right]^{1/3} = 1.42 \text{ m} \approx 1.50 \text{ m}$$

3.18 Perhitungan Jumlah Armor Beton Tiap 0 m²

Data yang diperlukan untuk perhitungan sebagai berikut:

$$\gamma_r = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

$$W = 0.65 \text{ ton}$$

$$n = 2$$

$$A = 0 \text{ m}^2$$

$$P = 47$$

$$K_\Delta = 1.10$$

$$N = 10 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot \left[1 - \frac{47}{100}\right] \left[\frac{2.40}{0.65}\right]^{2/3} = 27.85 \rightarrow 28 \text{ buah}$$

3.19 Perhitungan Tebal Filter Layer

Data yang diperlukan untuk perhitungan sebagai berikut:

$$\gamma_L = 2.60 \text{ ton/m}^3$$

$$W_{Cover} = 0.65 \text{ ton}$$

$$W_{Layer} = (0.65/10) = 0.065 \text{ ton}$$

$$n = 2$$

$$K_\Delta = 1.00$$

$$t = 2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot \left[\frac{0.065}{2.60}\right]^{1/3} = 0.58 \text{ m} \approx 0.60 \text{ m}$$

3.20 Perhitungan Jumlah Filter Layer Tiap 0 m²

Data yang diperlukan untuk perhitungan sebagai berikut:

$$\gamma_L = 2.60 \text{ ton/m}^3$$

$$W_{Cover} = 0.65 \text{ ton}$$

$$W_{Layer} = (0.65/10) = 0.065 \text{ ton}$$

$$n = 2$$

$$A = 10 \text{ m}^2$$

$$P = 37$$

$$K_\Delta = 1.00$$

$$N = 10 \cdot 2 \cdot \left[1 - \frac{37}{100}\right] \left[\frac{2.60}{0.065}\right]^{2/3} = 147.37 \rightarrow 148 \text{ buah}$$

3.21 Perhitungan Core Layer

Menghitung berat core layer dapat ditentukan dari berat lapisan armor, seperti perhitungan berikut ini:

Berat Armor (W) = 0.65 ton
 Berat Filter Layer (WL) = (0.65 / 10) = 0.065 ton
 Berat Core Layer (WC) = (0.65 / 100) = 0.0065 ton

3.22 Perhitungan Toe Protection

Perhitungan nilai berat, lebar, tinggi, dan kemiringan toe protection rekomendasi SPM (984).

Berat armor (W) = 0.65 ton
 Tinggi toe = tebal armor = 1.50 m
 Kemiringan ujung toe = : 1
 Lebar toe = 3 x 1.25 = 3.125 m

Tabel 7. Rekapitulasi hasil perhitungan berat armor cover layer Kubus dan dimensi Bangunan Pengaman pantai.

Elevasi Atas (m)	Elevasi Bawah (m)	Lebar Mercuri (m)	H (m)	K _D	W Armor (ton)	t Armor (ton)	W Filter (ton)	t Filter (m)	W core (ton)
+2.50	Var	1.50	1.25	2	0.65	1.50	0.065	0.65	0.0065

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data, pemodelan, dan perhitungan desain dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Abrasi dan sedimentasi yang terjadi pada Pantai Panjiwa Sumber Mas yang berlokasi di Indramayu ini dapat diatasi dengan menggunakan bangunan pengaman pantai berupa tanggul tipe silinder dan kubus.
2. Desain bangunan pengaman pantai yang direncanakan memiliki kriteria sebagai berikut:
 - a) Perencanaan Struktur Pemecah Gelombang Pada STA. 0+000 Sampai Dengan STA. +200.
 - a. Elevasi puncak = +2.50 m
 - b. Berat armor kubus = 0.65 ton
 - c. Stabilitas terhadap guling = 4.547
 - d. Stabilitas terhadap geser = 1.38
 - e. Stabilitas daya dukung = 2,205
 - f. Berat toe protection = 0.78 ton
 - g. Lebar toe protection = 3.25 m
 - h. Tinggi toe protection = 1.00 m
 - i. Kemiringan toe protection = : 1
 - b) Perencanaan Struktur Pemecah Gelombang Pada STA. +200 Sampai Dengan STA. 2+27.
 - a. Elevasi puncak = +2.50 m
 - b. Lebar puncak = 1.50 m

- c. Kemiringan struktur = 2
- d. Jenis lapisan armor = Beton Kubus
- e. Berat lapisan armor = 0.65 ton
- f. Tebal lapisan armor = 1.50 m
- g. Jenis lapisan filter = Batu Alam
- h. Berat lapisan filter = 0.065 m
- i. Tebal lapisan filter = 0.60 m
- j. Berat lapisan core = 0.0065 ton
- k. Berat toe protection = 0.65 ton
- l. Lebar toe protection = 2.50 m
- m. Tinggi toe protection = 1.50 m
- n. Kemiringan toe protection = : 1

4.2 Saran

Saran yang penulis berikan berdasarkan hasil penelitian ini diantaranya yaitu:

1. Dalam pembuatan Boundary sebaiknya dibuat terlebih dahulu secara manual pada software Autocad, sehingga ketika dilakukan import koordinat Boundary sudah terbentuk. Pembuatan Boundary secara langsung pada software Mike 2 memiliki peluang besar dalam eror.
2. Dikarenakan file software Mike 2 ini saling berkaitan alangkah baiknya setiap file pemodelan dan hasil running tidak dipisahkan. Jika ada file yang terpisah karna pemindahan tempat ataupun ter delete maka hasil pemodelan ataupun hasil running yang telah dilakukan mengalami eror dan tidak dapat di running kembali.
3. Bangunan pengaman pantai yang akan dipilih dan diterapkan pada Pantai Panjiwa Sumber Mas ini harus dikaji lebih lanjut mengenai analisis daya dukung tanah serta tinjauan terhadap aspek sosial, ekonomi, dan sosial budaya masyarakat di sekitar wilayah Pantai Panjiwa Sumber Mas terhadap bangunan pengaman pantai yang akan diterapkan.
4. Dalam pemilihan material tidak diharuskan menggunakan tetrapod karena material tetrapod ini bisa dikatakan material yang kurang ekonomis, sehingga dapat menggunakan material lain yang relatif lebih ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kuswandi, *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 2009.
 [2] S. Kramadibrata, *Perencanaan Pelabuhan*. 2002.
 [3] B. Triatmodjo, *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 2011.