

## **REDESIGN SHORE PROTECTION KAWASAN INDUSTRI KENDAL (KIK)**

Fachri Fatkhur Rizal<sup>1)</sup>, Endro Sulistriono<sup>2)</sup>

Totok Apriyanto<sup>3)</sup>, Ratih Pujiastuti<sup>4)</sup>

PT. Adhi Pratama Konstruksi<sup>1)</sup>

PT. Megah Karya Tika Pratama<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI<sup>3)4)</sup>

E-mail: fachrylegacy285@gmail.com<sup>1)</sup>, endrosltr07@gmail.com<sup>2)</sup>,

apri.totok@gmail.com<sup>3)</sup> ratih.adiyanto@gmail.com<sup>4)</sup>

### **A B S T R A C T**

*Abrasion incidents on the coastline in the KIK area continue to occur and cause the area boundaries to decline. so that appropriate coastal protection structures are needed. The aim of this research is to carry out re-planning in the Kendal Industrial Area (KIK) in the future area boundary plan. In carrying out this research, daily wind data for the period 2017 - 2023 is needed from a nearby location, namely the Tanjung Emas Maritime Meteorological Station, Semarang. The analysis carried out includes fetch, windrose, wave calculations, building design and force calculations in shore protection construction. From the results of the windrose analysis, the dominant wave direction is northwest. Analysis of waves in the deep sea obtained a height value of 2.45 m and a wave period of 8.32 sec. Based on the calculation results, breaking waves will occur at a depth of 2.02 m. Because the building location is at a depth of 2m, where breaking waves occur, the breaking wave height is used in building planning. The coastal protection building chosen is shore protection construction or a tetrapod sea wall. Peak elevation of 4.76 meters, peak width of 3.55 meters, building base length of 22.45 meters, back slope of 1:1, arm slope of 1:2, the first type of protective layer material uses tetrapods, second and third layer using split stone pairs with 2 size combinations.*

**Keywords:** *Shore Protection Kawasan Industri Kendal*

### **A B S T R A K**

Peristiwa abrasi di garis pantai pada kawasan KIK terus terjadi dan membuat batas kawasan mengalami kemunduran. sehingga diperlukan bangunan pelindung pantai yang sesuai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perencanaan ulang di Kawasan Industri Kendal (KIK) pada rencana batas area mendatang. Dalam melakukan penelitian ini diperlukan data angin harian periode tahun 2017 - 2023 dari lokasi yang berdekatan yaitu Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas Semarang. Analisis yang dilakukan antara lain perhitungan fetch, windrose, gelombang, desain bangunan dan perhitungan gaya pada konstruksi shore protection. Dari hasil analisis windrose, arah gelombang dominan adalah barat laut. Analisis gelombang di laut dalam diperoleh nilai tinggi gelombang 2,45 m dan periode gelombang 8,32 dt. Berdasarkan hasil perhitungan, gelombang pecah akan terjadi pada kedalaman 2,02 m. Karena lokasi bangunan berada di kedalaman 2m, dimana terjadi gelombang pecah, maka digunakan tinggi gelombang pecah dalam perencanaan bangunan. Bangunan pelindung pantai yang dipilih adalah konstruksi *shore protection* atau tanggul laut dengan maetrial dari tetrapod. Elevasi puncak tanggul 4,76 meter, lebar puncak 3,55 meter, panjang dasar bangunan 22,45 meter, kemiringan belakang 1:1, kemiringan lengan 1:2, jenis material lapis lindung pertama menggunakan tetrapod dan lapis lindung kedua dan ketiga menggunakan pasangan batu belah dengan 2 kombinasi ukuran.

**Kata Kunci:** *Shore Protection Kawasan Industri Kendal*

### **PENDAHULUAN**

Dari tahun ke tahun abrasi di garis pantai

pada kawasan KIK terus terjadi dan membuat

batas kawasan mengalami kemunduran,

sehingga diperlukan bangunan pelindung pantai. Selain itu Kawasan Industri Kendal tujuan direncanakan untuk ditambah area kearah laut. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk melakukan perencanaan ulang bangunan pelindung pantai di Kawasan Industri Kendal (KIK) pada batas area mendatang. Pembangunan *shore protection* sangat penting untuk mengatasi pengikisan garis pantai dikarenakan abrasi tersebut. Konstruksi ini dipastikan bisa untuk mengurangi pengikisan garis pantai dan melindungi kawasan industri khususnya Kawasan Industri Kendal (KIK). *Shore protection* atau tanggul laut merupakan suatu pekerjaan konstruksi yang harus dicermati karena kondisi gelombang air laut, ketidak tentuan garis pantai dan elevasi tanah yang berbeda-beda. Oleh sebab itu perlu bangunan pelindung pantai yang dipilih adalah konstruksi *shore protection* atau tanggul laut tetrapod.

## LANDASAN TEORI

### Fetch

Di dalam peramalan tinggi gelombang berdasarkan kecepatan angin, fetch biasanya dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi daerah pembangkitan gelombang. Fetch dapat didefinisikan sebagai panjang pembangkitan gelombang pada arah datangnya mata angin. Apabila bentuk daerah pembangkitan tidak teratur, maka untuk peramalan gelombang perlu

ditentukan fetch efektif ( $F_{eff}$ ) dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum Xi \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

Dimana:

$F_{eff}$  = Fetch efektif

$Xi$  = Proyeksi radial pada arah angin

$\alpha$  = Sudut antara jalur fetch yang ditinjau dengan arah angin.

### Gelombang Rencana

Untuk menentukan tinggi gelombang rencana, maka hasil tinggi gelombang yang telah di dapat sebelumnya dihitung menggunakan fungsi distribusi probabilitas dengan periode ulang tertentu.

### Refraksi

Peristiwa berbeloknya gelombang akibat perubahan kedalaman air laut disebut refraksi. Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah di mana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang,  $d/L_0 > 0,5$  yaitu dilaut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang.

Tinggi gelombang akibat refraksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H1 = Ks Kr H0$$

Dimana:

$Ks$  = koefisien pendangkalan (koefisien bisa dapat dari tabel C-1 SPM 1984

[1])

$K_r$  = koefisien refraksi

$\alpha_0$  = sudut antara garis puncak gelombang dengan kontur dasar dimana gelombang melintas.

$\alpha$  = sudut antara garis puncak gelombang melintasi kontur dasar berikutnya.

$H_0$  = tinggi gelombang di laut dalam.

### Difraksi

Peristiwa pembelokan suatu gelombang yang diakibatkan gelombang yang datang terhalang oleh suatu rintangan, seperti pemecah gelombang atau pulau. Pembelokan tersebut terjadi di sekitar ujung rintangan dan masuk ke daerah terlindung di belakangnya.

Peristiwa ini juga menunjukkan adanya energy yang disalurkan di sepanjang puncak gelombang. Fenomena ini dikenal dengan difraksi gelombang. Untuk menghitung tinggi gelombang akibat difraksi shore protection manual, 1984 [1] memberikan persamaan sebagai berikut:

$$HA = K'Kp$$

Dimana:

$K_s$  = koefisien difraksi (koefisien bisa di dapat dari diagram difraksi untuk single breakwater SPM 1984)

$H_p$  = tinggi gelombang dititik P

$HA$  = tinggi gelombang di titik A

### Gelombang pecah

Gelombang yang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang semakin lama semakin dangkal pada suatu lokasi tertentu,

gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Secara teoritis batas kecuraman gelombang, dimana gelombang mulai tidak stabil [2], adalah sebagai berikut:

$$\frac{H_0}{L_0} = 0,142 \approx \frac{1}{7}$$

Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini [2] [3]:

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'_0}{L_0}\right)^{1/3}}$$

Kedalaman air dimana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut [2] [3]:

$$\frac{D_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT_2)}$$

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

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

$$b = \frac{1,56}{1 + e^{-19m}}$$

Dengan:

$H_b$  = tinggi gelombang pecah

$H'_0$  = tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

$L_0$  = panjang gelombang di laut dalam

$D_0$  = kedalaman air pada saat gelombang pecah

m = kemiringan dasar laut

G = percepatan gravitasi

T = periode gelombang

**Peramalan                      Tinggi                      Gelombang**

### Berdasarkan Data Angin

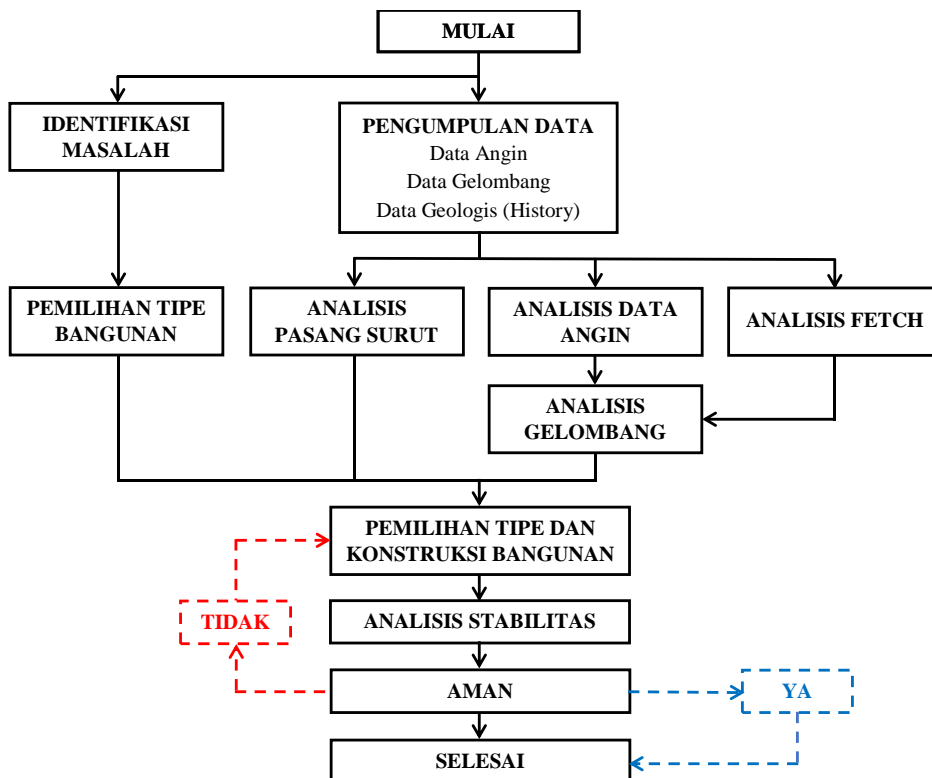
Salah satu gelombang yang sering terjadi di laut dan digunakan sebagai peramalan tinggi gelombang adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Gelombang yang terjadi di laut disebabkan oleh energi yang ditimbulkan oleh angin yang berhembus di atas permukaan laut. Tinggi dan periode gelombang yang disebabkan oleh angin dipengaruhi oleh kecepatan angin ( $U_w$ ), lama waktu angin berhembus ( $t_d$ ), dan panjang fetch ( $F$ ), semakin besar gelombang yang terbentuk, semakin kuat dan semakin lama angin yang berhembus pada daerah

pembangkitannya. Beberapa parameter yang perlu diketahui dalam peramalan gelombang berdasarkan data angin, antara lain:

- Kecepatan rata – rata angin di permukaan air ( $U_w$ )
- Panjang daerah pembangkitan gelombang fetch ( $F$ )
- Arah angin
- Lama hembus angin pada fetch ( $t$ )

### METODOLOGI PENELITIAN

Untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian dibuat bagan alir penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

### Data Penelitian

Metode penelitian meliputi data dan teknik pengumpulannya, serta metode analisis data. Pengolahan data dukung dilakukan untuk

menentukan dimensi konstruksi shore protection. Data yang dijadikan bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini dapat diklasifikasikan dalam

dua jenis data, yaitu:

- Data Primer
- Data Sekunder

**Data Primer**

Data primer mencakup:

- Kondisi lokasi pekerjaan
- Kondisi geografis
- Data stabilitas tanah
- Denah lokasi perencanaan

**Data Sekunder**

Yang termasuk dalam klasifikasi data sekunder pada penelitian ini antara lain data cuaca angin dalam kurun waktu 5 tahun terakhir. literatur-literatur penunjang, grafik, tabel, dan peta atau tanah yang berkaitan erat dengan proses perancangan *shore protection* di batas pantai Kawasan Industri Kendal.

**ANALISIS DAN PERHITUNGAN**

**Analisis *Hydro-Oceanography* Pasang Surut**

Data pasang surut yang diperlukan berupa tinggi muka air tertinggi (HWL), tinggi muka air rerata (MWL) dan tinggi muka air terendah (LWL). Dalam hal ini data yang dipergunakan diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas Semarang tahun 2023 diperoleh :

Nilai HWL = 161,53 cm = 1,615 m

Nilai MSL = 131,34 cm = 1,313 m

Nilai LWL = 104,33 cm = 1,043 m

Elevasi pasang surut diasumsikan +0,00 dari

LWL sehingga didapatkan :

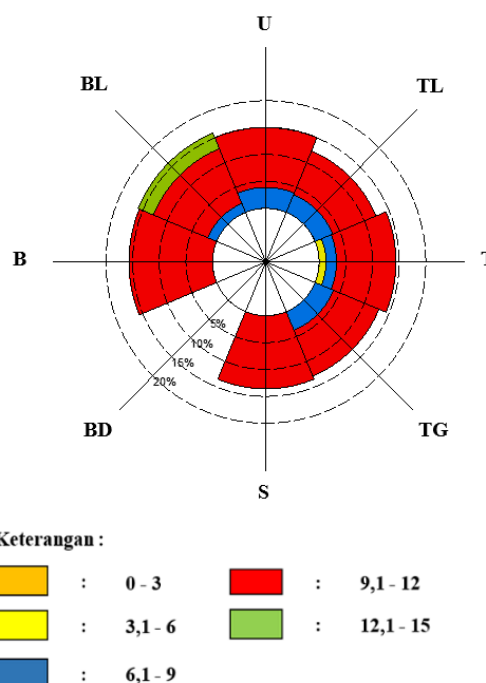
HWL = 1,615 – 1,043 = + 0,57 m

MSL = 1,313 – 1,043 = + 0,27 m

LWL = 0,000

**Windrose**

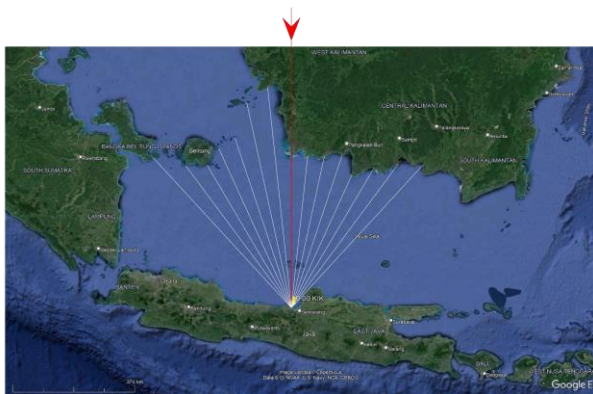
Data yang diperlukan adalah data arah dan kecepatan angin dimana data tersebut didapatkan dari Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas Semarang tahun 2017 – 2023. Dari data tersebut dibuat gambar windrose berikut ini.



**Gambar 2.** Windrose pada Lokasi Studi

**Fetch**

Fetch efektif digunakan dalam grafik peramalan gelombang untuk mengetahui tinggi, durasi dan periode gelombang. Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.



**Gambar 3.** Diagram Panjang *Fetch*

**Tabel 1.** Perhitungan Fetch Rerata Efektif

a (...°)	Cos a	X <sub>i</sub> (Km)	X <sub>i</sub> Cos a
-42	0,7431	427,62	318
-36	0,8090	404,75	327
-30	0,8660	407,23	353
-24	0,9135	454,91	416
-18	0,9511	484,64	461
-12	0,9781	585,06	572
-6	0,9945	629,05	626
0	1,0000	437,00	437
6	0,9945	433,22	431
12	0,9781	429,86	420

**Tabel 2.** Tabel perhitungan gelombang

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Waktu kejadian Tahun	Arah	Kecepatan Knot	UL (m/s)	RL	UW (m/s)	UA (m/s)	Fetch (km)	Tinggi (m)	Periode (dt)
2017	BL	8,05	4,142	1,561	6,466	7,053	123	1,25	5,85
2018	BL	10,77	5,542	1,435	7,953	9,098	201	2,15	7,81
2019	BL	9,31	4,791	1,498	7,177	8,018	147	1,45	6,23
2020	BL	10,32	5,309	1,454	7,719	8,770	176	1,87	7,55
2021	BL	10,24	5,268	1,455	7,665	8,694	172	1,79	7,03
2022	BL	9,44	4,855	1,493	7,248	8,115	150	1,56	6,61
2023	BL	14,08	7,241	1,309	9,478	11,288	325	3,32	9,61

Untuk perencanaan bangunan pantai biasanya dipakai gelombang signifikan (Hs) yaitu H33 atau 1/3 nilai tertinggi dari hasil

a (...°)	Cos a	X <sub>i</sub> (Km)	X <sub>i</sub> Cos a
18	0,9511	432,44	411
24	0,9135	377,05	344
30	0,8660	398,68	345
36	0,8090	410,76	332
42	0,7431	407,88	303
Total	13,5106		6097

Perhitungan Fetch :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos a}{\sum \cos a} = \frac{6097}{13,5106}$$

$$F_{eff} = 451,2659 \text{ km} \approx 452 \text{ km}$$

Jadi, nilai fetch efektif sebesar 452 km.

### Gelombang

Tinggi dan periode gelombang dapat dihitung dengan menggunakan grafik peramalan gelombang setelah fetch rerata efektif dan kecepatan angin diketahui.

perhitungan gelombang yang telah diurutkan begitu juga dengan periodenya.

**Tabel 3.** Tabel Perhitungan Gelombang

Tinggi (m)	Periode (dt)
3,32	9,61
2,15	7,81
1,87	7,55
1,79	7,03
1,56	6,61
1,45	6,23
1,25	5,85

$N = 1/3 \times 7 = 2,333 \approx$  Diambil 3 data.

$$H_{33} = \frac{3,32 + 2,15 + 1,87}{3} = 2,45 \text{ m}$$

$$T_{33} = \frac{9,61 + 7,81 + 7,55}{3} = 8,32 \text{ dt}$$

### Perhitungan tinggi gelombang ekuivalen

Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa kedalaman dasar laut di lokasi rencana bangunan adalah -2 m. Kedalaman air di lokasi bangunan berdasarkan HWL, LWL, dan MWL adalah

$$d_{HWL} = 1,62 - (-2) = 3,62 \text{ meter}$$

$$d_{MWL} = 1,31 - (-2) = 3,31 \text{ meter}$$

$$d_{LWL} = 1,04 - (-2) = 3,04 \text{ meter}$$

### 1. Penentuan kondisi gelombang di rencana lokasi pemecah gelombang

$$L_0 = 1,56 \times T^2$$

$$= 1,56 \times 8,32^2$$

$$= 1,56 \times 69,28$$

$$= 108,07$$

$$\frac{d_{MSL}}{L_0} = \frac{3,04}{108,07} = 0,031$$

$$\text{Didapat } d/L = 0,073 \rightarrow n_1 = 0,9368$$

$$\rightarrow K_s = 1,118$$

Perhitungan koefisien refraksi

$$C = \sqrt{\frac{L}{T}} = \sqrt{\frac{35,64}{8,32}} = 4,28 \text{ dt}$$

$$\sin x = \frac{C}{C_0} \rightarrow \sin \alpha = \frac{4,28}{12,98} \sin 45^\circ$$

$$\sin x = 0,28 \rightarrow x = 31,24^\circ$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha^\circ}} = \sqrt{\frac{\cos 45^\circ}{\cos 31,24^\circ}}$$

$$= 0,53$$

$$H_1 = K_s K_r H_0$$

$$H_1 = 1,118 \times 0,53 \times 2,45 = 1,46 \text{ m}$$

### 2. Perhitungan Gelombang Pecah

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{2,45}{9,81 \times 8,32^2} = 0,0036$$

Dari grafik penentuan tinggi gelombang pecah diperoleh nilai:

$$\frac{H_b}{H'_0} = 1,35 \rightarrow H_b = 1,35 \times 2,45 = 3,30 \text{ m}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{3,30}{9,81 \times 8,32^2} = 0,0049 \text{ m}$$

Dari grafik penentuan kedalaman gelombang pecah diperoleh nilai:

$$\frac{db}{H_b} = 1,01 \rightarrow db = 1,01 \times 3,30 = 3,33 \text{ m}$$

Jadi. Gelombang pecah akan terjadi pada kedalaman 2,02 m. Karena lokasi bangunan berada di kedalaman 2m, Dimana terjadi gelombang pecah, maka digunakan tinggi gelombang pecah dalam perencanaan bangunan.

### 3. Penentuan elevasi puncak pemecah gelombang

$$L_0 = 1,56 T^2 = 1,56 \times 8,32^2 = 108,07 \text{ m}$$

Bilangan Iribaren

$$I_r = \frac{tg \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{1/2}{(3,30/108,07)^{1/2}} = 2,86$$

Dengan menggunakan grafik runup gelombang dengan material bangunan dari tetrapod, diperoleh nilai nilai:

$$\frac{Ru}{H} = 0,8$$

$$Ru = 0,8 \times 3,30 = 2,64 \text{ m}$$

Elavasi puncak pemecah gelombang dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} El_{Pem.Gel} &= HWL + Ru + \text{tinggi kebebasan} \\ &= 1,62 + 2,64 + 0,5 \\ &= 4,76 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi Pemecah Gelombang

$$\begin{aligned} H_{Pem. Gel} &= El_{Pem. Gel} + El_{Dsr.laut} \\ &= 4,76 + 2 \text{ m} \\ &= 6,27 \text{ m} \end{aligned}$$

**4. Berat butir lapis lindung**

Berat batu lapis lindung dihitung dengan rumus Hudson berikut ini.

Untuk lapis lindung tetrapod (KD = 7)

$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} = \frac{2,4 \times 3,30^3}{7 \left(\frac{2,4}{1,03} - 1\right)^3 \times 2} \\ &= 2,63 \text{ ton} \end{aligned}$$

**5. Lebar puncak pemecah gelombang**

Lebar puncak pemecah gelombang untuk n = 3 (minimum):

$$\begin{aligned} B &= n k \Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 3 \times 1,15 \left[ \frac{2,63}{2,40} \right]^{\frac{1}{3}} \\ &= 3,55 \text{ m} \end{aligned}$$

**6. Tebal lapis lindung**

Tebal lapis lindung pertama (kombinasi batu belah)

$$\begin{aligned} t &= n k \Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1,15 \left[ \frac{2,63}{2,40} \right]^{\frac{1}{3}} \\ &= 2,37 \text{ m} \end{aligned}$$

Tebal lapis lindung kedua (kombinasi batu belah)

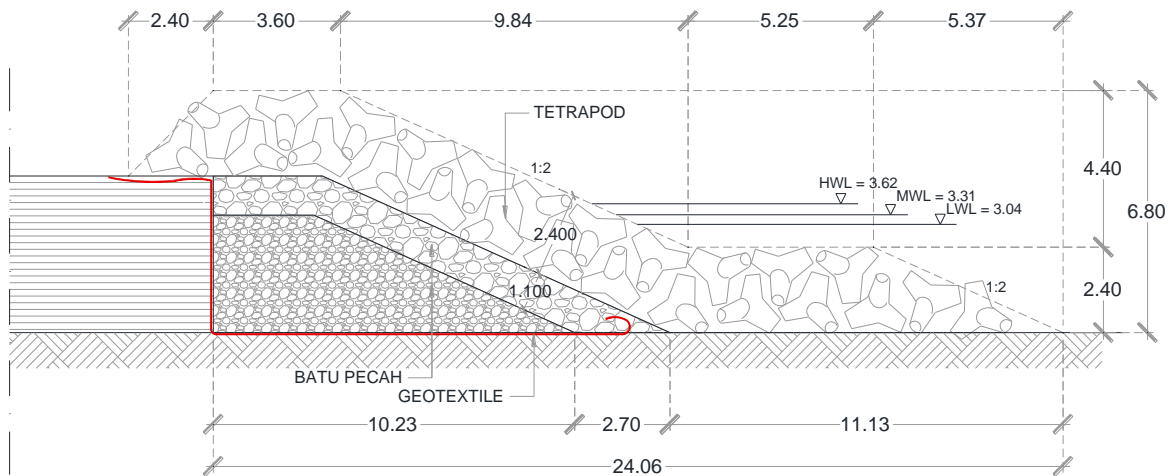
$$\begin{aligned} t &= n k \Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1,15 \left[ \frac{0,26}{2,40} \right]^{\frac{1}{3}} \\ &= 1,10 \text{ m} \end{aligned}$$

**7. Berat Kombinasi batu pecah**

Berat butir batu pelindung dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Lapis pertama } W/10 = \frac{2,63}{10} = 0,26 \text{ ton}$$

$$\text{Lapis kedua } W/200 = \frac{2,63}{200} = 0,013 \text{ ton}$$



**Gambar 5.** Gambar Rencana Shore Protection / Tanggul Laut



## PENUTUP

- a. Dari data angin tahun 2017 sampai 2023 diketahui arah gelombang dominan adalah barat laut.
- b. Dari perhitungan tinggi dan periode gelombang diambil 3 data dari 7 data yang terkumpul menghasilkan H33 tinggi gelombang 2,45 m dan periode gelombang 8,32 dt.
- c. Dari permasalahan di lokasi studi, direkomendasikan desain bangunan pelindung pantai dengan design *shore protection* berupa tanggul laut
- d. Berdasarkan analisis, diketahui rekomendasi desain tanggul laut sebagai berikut:
  - Elevasi puncak pemecah gelombang = 4,76 meter
  - Lebar puncak pemecah gelombang = 3,55 meter
  - Tebal lapis lindung tetrapod  $t = 2,63$  meter
  - Tebal lapis lindung batu pecah  $(15/20) = 2,37$  meter
  - Tebal lapis lindung batu pecah  $(5/7) = 1,10$  meter
  - Panjang dasar bangunan = 24,06 meter
  - Kemiringan belakang 1 : 1
  - Kemiringan lengan 1 : 2

DC: Department of Army, 1984.

- [2] Triatmodjo, B, "Perencanaan Bangunan Pantai", Vol 1, No. 1, Januari, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2011
- [3] Triatmodjo, B., Teknik Pantai, Edisi kedua, Beta Offset, Yogyakarta, 1999.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Coastal Engineering Research Center, Shore Protection Manual, Washington