

## **RE – DESIGN BREAKWATER PELABUHAN KARTINI JEPARA**

### **Risky Eka Saputra**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang  
E-mail : [Riskyes45@gmail.com](mailto:Riskyes45@gmail.com)

### **Tatik Masruroh**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang  
E-mail : [tatikmsr@gmail.com](mailto:tatikmsr@gmail.com)

### **Ibnu Toto Husodo, S.T., M.T.**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang  
E-mail: [ibnutotohusodork@gmail.com](mailto:ibnutotohusodork@gmail.com)

### **Farida Yudaningrum, S.T., M.T.**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang  
E-mail: [faridayudaningrum@upgris.ac.id](mailto:faridayudaningrum@upgris.ac.id)

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk *re – design breakwater* yang terdapat di pelabuhan kartini jepara semula berbentuk kubus menjadi bentuk tetrapod agar kolam pelabuhan menjadi stabil kembali. Pengumpulan data ini dilakukan secara sekunder dengan meminta data kepada instansi terkait guna untuk melancarkan penelitian ini. Data sekunder yang digunakan meliputi data angin, arus, gelombang, pasang surut serta peta batimetri. Dari hasil perhitungan data tersebut didapat elevasi puncak *breakwater* sebesar 7 m, lebar puncak *breakwater* 3 m pada bagian kepala dan 2,54 m pada bagian lengan. Untuk berat unit lapis lindung *breakwater* bagian kepala sebesar  $W = 2.03$  ton pada tetrapod,  $W/10 = 0.382$  ton,  $W/200 = 0.019$  ton untuk batu pecah. Sedangkan untuk bagian lengan sebesar  $W = 3.059$  ton pada tetrapod,  $W/10 = 0.3059$  ton,  $W/200 = 0.0153$  ton untuk batu pecah. Untuk jumlah lapis lindung tiap  $10\text{m}^2$  sebanyak 12 butir pada bagian kepala dan 15 butir pada bagian lengan.

**Kata kunci:** *breakwater, re – design, tetrapod*

### **Abstract**

*This study aims to re – design the breakwater in the Kartini port of Jepara, which was originally a cube into a tetrapod shape so that the port pool becomes stable again. This data collection is done in a secondary way by requesting data from related agencies in order to launch this research. Secondary data used include wind data, currents, waves, tides and bathymetric maps. From the calculation of the data, it is obtained that the breakwater peak elevation is 7 m, the breakwater peak width is 3 m at the head and 2.54 m at the arm. For the unit weight of the breakwater protection layer of the head of  $W = 2.03$  tonnes for the tetrapod,  $W/10 = 0.382$  tonnes,  $W/200 = 0.019$  tonnes for crushed rock. While for the arm the amount of  $W = 3.059$  tonnes for the tetrapod,  $W/10 = 0.3059$  tonnes,  $W/200 = 0.0153$  tonnes for crushed stone. for the number of layers of protection per  $10\text{ m}^2$  as many as 12 points on the head and 15 points on the arms.*

**Keywords:** *breakwater, re – design, tetrapod*

## **I. PENDAHULUAN**

Pelabuhan kartini Jepara merupakan pelabuhan penyeberangan menghubungkan Kota Jepara dengan Kepulauan Karimunjawa guna

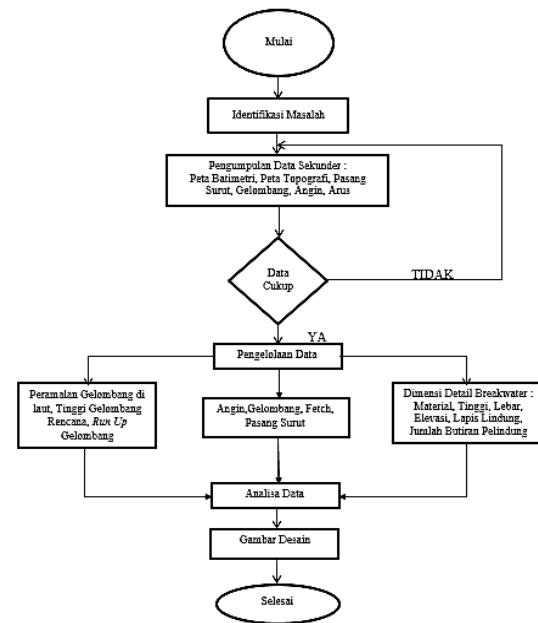
menunjang aktifitas perekonomian, pemerintahan dan lain sebagainya. Pelabuhan Kartini Jepara terletak di Desa Bulu, Jepara, Jawa Tengah dengan koordinat  $6.1268^{\circ}\text{S}$  serta

110.400°E. Suatu pelabuhan dapat dinilai berfungsi dengan baik apabila memiliki tingkat kualitas pelayaran yang tinggi serta system pengoperasian pelabuhan yang ketat, dan lebih mengutamakan kepentingan keselamatan penumpang tanpa ada masalah waktu pelayaran pada kapal (Malisan,2016).

Beberapa fasilitas Pelabuhan Kartini Jepara mengalami kerusakan diantaranya ialah *breakwater* itu sendiri, hal ini mengganggu jalannya kapal untuk bongkar-muat barang, naik-turunnya penumpang dan lain sebagainya. Besarnya gelombang merupakan salah satu faktor penyebab rusaknya *breakwater* mengalami terkikis serta mengalami penurunan yang sangat signifikan. Maka sangat perlu dilakukan *re-design breakwater* yang semula berbentuk kubus menjadi tetrapod guna untuk melindungi pelabuhan dari besarnya gelombang air laut yang dapat mengganggu keselamatan pelayaran maupun kegiatan bongkar muat kapal. *Breakwater* bisa digunakan untuk memisahkan perairan pelabuhan dari laut lepas sehingga dapat mengurangi tinggi gelombang di sekitar kolam pelabuhan agar kapal mudah untuk bersandar dan berlayar.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Rancangan Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

### B. Populasi dan Sampel

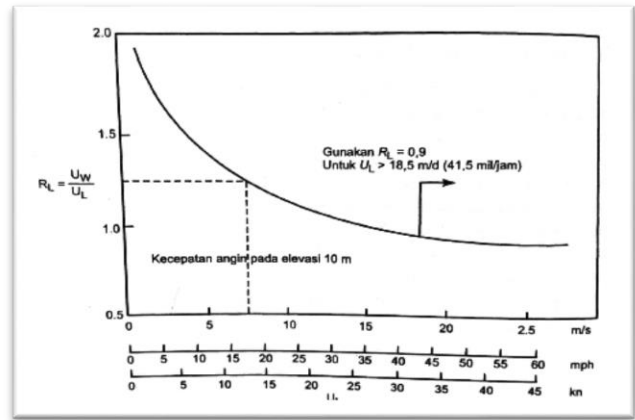
Dalam perencanaan *re – design breakwater* ini peneliti mengambil lokasi di Pelabuhan Kartini Jepara, karena pada lokasi tersebut *breakwater* yang semula berbentuk kubus sudah mengalami kerusakan dan amblas, sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang dan menggantinya dengan tipe tetrapod. Data yang diperlukan untuk melakukan perencanaan *re – design* ini adalah data pasang surut, data angin dan gelombang, serta data arus yang diperoleh dari BMKG Tanjung Mas.

### C. Teknik Pengumpulan Data

Data ini diperoleh dari instansi – instansi terkait maupun dari penelitian – penelitian sebelumnya. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah data gelombang, data pasang surut, data angin, dan data arus Pelabuhan Kartini Jepara.

**D. Teknik Analisis Data**

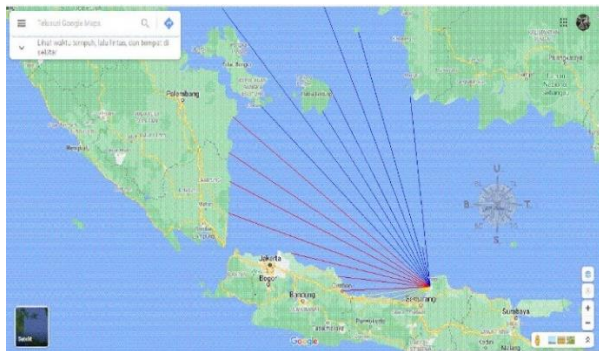
Analisa data yang digunakan pada perencanaan *breakwater* Pelabuhan Kartini Jepara adalah tinggi gelombang rencana (H), tinggi gelombang rencana (Hs), tinggi gelombang laut dalam (Ho), kedalaman gelombang pecah (db), penentuan *layout* dan tipe *breakwater*, perencanaan struktur serta gambar desain *breakwater*.



Gambar 3. Hubungan antara Kecepatan angin dilaut dan darat

**III. HASIL DAN DISKUSI**

**A. Analisa Fetch Efektif**



Gambar 2. Fetch Efektif Pelabuhan Kartini Jepara

Tabel 1. Panjang Fetch Efektif Pelabuhan Kartini Jepara

Arah	Feff (km)
Barat Laut	457.22
Barat	359.36
Utara	182.19
Barat Daya	238.57
Selatan	23.42
Tenggara	0.314

**B. Analisa Angin**

Data angin yang dianalisa adalah data angin yang di ambil dari BMKG Semarang pada bulan Januari 2020. Kecepatan dan arah angin biasanya dicatat dan di tampilkan setiap jam. Untuk mendapatkan nilai  $R_L$  dapat dilihat dari grafik antara hubungan antara kecepatan angin dilaut dan darat.

Tabel 2. Perhitungan Tinggi Signifikan dan Periode

Tgl	Januari					
	Angin		$R_L = \frac{U_w}{U_L}$	$U_w =$	$U_A = 0,71 \times U_w^{1,23}$	Fetch (km)
	Arah (ke)	UL (m/s)		$R_L \times U_L$ (m/s)	(m/s)	
1	S	7,00	1,33	9,31	11,04	23,42
2	S	14,00	1,08	15,12	20,05	23,42
3	S	13,00	1,09	14,17	18,51	23,42
4	S	17,00	1,00	17	23,16	23,42
5	S	10,00	1,13	11,3	14,01	23,42
6	S	15,00	1,05	15,75	21,08	23,42
7	S	13,00	1,09	14,17	18,51	23,42
8	B	6,00	1,38	8,28	9,56	359,36
9	S	8,00	1,26	10,08	12,18	23,42
10	S	8,00	1,26	10,08	12,18	23,42
11	S	12,00	1,11	13,32	17,16	23,42
12	BD	4,00	1,52	6,08	6,54	238,57
13	S	12,00	1,11	13,32	17,16	23,42
14	S	13,00	1,09	14,17	18,51	23,42
15	S	9,00	1,22	10,98	13,53	23,42
16	B	3,00	1,63	4,89	5,00	359,36
17	BL	6,00	1,38	8,28	9,56	457,22
18	BD	5,00	1,45	7,25	8,12	238,57
19	BL	3,00	1,63	4,89	5,00	457,22
20	B	4,00	1,52	6,08	6,54	359,36
21	S	9,00	1,22	10,98	13,53	23,42
22	B	2,00	1,73	3,46	3,27	359,36
23	S	5,00	1,45	7,25	8,12	23,42
24	T	1,00	1,13	1,13	0,83	0,00
25	S	6,00	1,38	8,28	9,56	23,42
26	B	3,00	1,63	4,89	5,00	359,36
27	BD	6,00	1,38	8,28	9,56	238,57
28	BD	3,00	1,63	4,89	5,00	238,57
29	S	3,00	1,63	4,89	5,00	23,42
30	S	16,00	1,02	16,32	22,02	23,42
31	S	11,00	1,12	12,32	15,59	23,42
<b>Jumlah</b>		<b>247,0</b>				
<b>Rata - rata</b>		<b>8,233</b>				

Tabel 3.  
Lanjutan

Januari						
Berdasar dari UA dan fetch		Berdasar UA dan durasi angin 2 jam		Diambil H dan T terbesar		Gelombang Max
H max (m)	T max (s)	H min (m)	T min (s)	H (m)	T (m)	
0,83	3,92	0,60	3,10	0,83	3,92	0,60
1,55	7,86	1,25	4,20	1,55	7,86	1,70
4,58	6,18	1,18	4,14	4,58	6,18	1,70
1,75	5,00	1,35	3,85	1,75	5,00	2,80
1,07	4,28	0,80	3,50	1,07	4,28	1,90
1,63	4,92	1,30	4,28	1,63	4,92	2,10
4,58	6,18	1,18	4,14	4,58	6,18	2,00
2,92	9,51	0,53	2,95	2,92	9,51	1,50
0,93	4,07	0,66	3,30	0,93	4,07	1,20
0,93	4,07	0,66	3,30	0,93	4,07	0,90
1,33	4,58	1,04	3,86	1,33	4,58	1,80
1,63	7,25	0,34	2,48	1,63	7,25	1,20
1,33	4,58	1,04	3,86	1,33	4,58	1,70
4,58	6,18	1,18	4,14	4,58	6,18	1,40
1,00	4,21	0,80	3,50	1,00	4,21	0,90
1,56	7,75	0,24	2,12	1,56	7,75	0,60
3,30	10,34	0,50	2,90	3,30	10,34	0,10
2,07	7,79	0,40	2,65	2,07	7,79	0,10
1,75	8,42	0,24	2,12	1,75	8,42	0,10
2,00	8,42	0,34	2,48	2,00	8,42	0,10
1,00	4,14	0,80	3,50	1,00	4,14	0,70
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
0,80	3,57	0,40	2,65	0,80	3,57	0,10
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
0,73	3,78	0,53	2,95	0,73	3,78	0,60
1,56	7,75	0,24	2,12	1,56	7,75	0,80
2,42	8,28	0,53	2,95	2,42	8,28	0,30
1,20	6,77	0,24	2,12	1,20	6,77	0,10
0,38	3,17	0,24	2,12	0,38	3,17	0,00
1,70	4,92	1,40	4,42	1,70	4,92	1,50
1,14	4,35	0,93	3,75	1,14	4,35	1,20
				<b>52,26</b>	<b>172,24</b>	<b>30,10</b>
				<b>1,69</b>	<b>5,56</b>	<b>0,97</b>

**C. Gelombang**

Besarnya tinggi gelombang signifikan merupakan rata – rata dari 33,3% tertinggi yang terjadi selama satu bulan. Besarnya gelombang signifikan ( $H_s$ ) yaitu 3 meter dengan periodenya sebesar 8,34 detik. Sementara tinggi gelombang maksimum sebesar 3,58 meter dengan periode maksimal sebesar 10,34 detik.

Tabel 4.  
Perhitungan Tinggi Signifikan dan periode

TGL	JANUARI		
	GELOMBANG MAX	H (m)	T(detik)
1	0,60	4,58	6,18
2	1,70	4,58	6,18
3	1,70	4,58	6,18
4	2,80	3,30	10,34
5	1,90	2,92	9,51
6	2,10	2,42	8,28
7	2,00	2,07	7,79
8	1,50	2,00	8,42
9	1,20	1,75	5,00
10	0,90	1,75	8,42
11	1,80	1,70	4,92
12	1,20	1,63	7,25
13	1,70	1,63	4,92
14	1,40	1,56	7,75
15	0,90	1,56	7,75
16	0,60	1,55	7,86
17	0,10	1,33	4,58
18	0,10	1,33	4,58
19	0,10	1,20	6,77
20	0,10	1,14	4,35
21	0,70	1,07	4,28
22	0,30	1,00	4,14
23	0,10	1,00	4,21
24	0,10	0,93	4,07
25	0,60	0,93	4,07
26	0,80	0,83	3,92
27	0,30	0,80	3,57
28	0,10	0,73	3,78
29	0,00	0,38	3,17
30	1,50	0,00	0,00
31	1,20	0,00	0,00
Total	30,100		
Rata – rata	0,971		

Untuk mencari  $H_s$  dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$H_s = \frac{\sum Hn}{n}$$

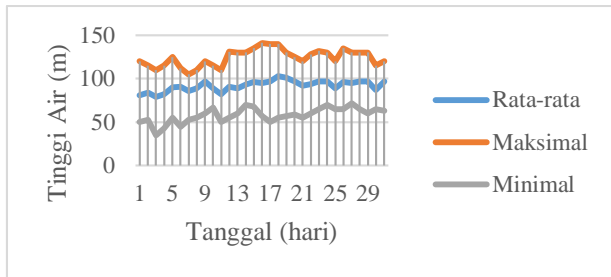
$$T_0 = \frac{\sum Tn}{n}$$

Maka untuk besarnya  $H_s$  adalah 3,00 meter

sedaangkan untuk  $T_0$  sebesar 7,63 detik.

**D. Pasang Surut**

Data pasang surut yang diolah merupakan data pasang surut bulan januari yang digunakan untuk menentukan ketinggian maksimum dan minimum muka air laut, sehingga diperoleh gambar seperti di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Pasang Surut Bulan Januari 2020

Berdasarkan skema perhitungan pasang surut dengan metode *Admiralty*, maka analisa data pasang surut di pantai yang telah didapat antara lain sebagai berikut.

Tabel 6.  
Hasil Akhir

HASIL AKHIR					
	S0	M2	S2	N2	K1
A cm	96,09	16,72	18,82	7,63	34,24
g'		68,64	56,22	210,35	-185,20

Tabel 7.  
Hasil Akhir Lanjutan

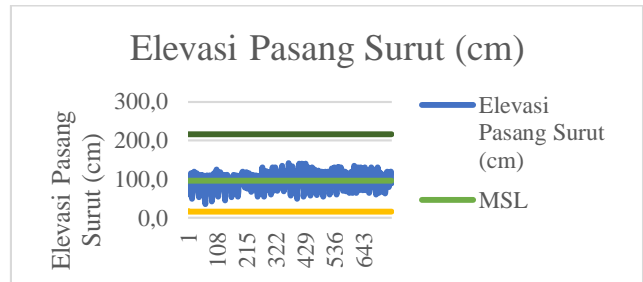
HASIL AKHIR					
	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	2,03	7,09	3,72	5,08	11,30
g'	11,98	57,78	16,85	56,22	-185,20

Setelah dilakukan perhitungan dimulai dari perhitungan skema I sampai Skema VIII maka akan diperoleh hasil akhir nilai amplitudo dan nilai g pada S0, M2, S2, N2, ,K1, O1, M4, MS4, K2 dan P1.

Tabel 9.  
Elevasi Muka Air Rencana

MSL	=	S0	96,09
MHWS	=	Z0 + (K1 +O1) atau Z0 + (M2 + S2)	142,16
MHWL	=	Z0 + (M2+K1+O1)	159,622

MLWL	=	Z0- (M2+K1+O1)	53,638
HHWL	=	Z0 +(M2+S2+K2+K1+O1+P1)	194,818
LLWL	=	Z0-(M2+S2+ K2 + K1+O1+P1)	18,442
MLWS	=	Z0-(M2+S2) atau Z0- (K1+O1)	71,099



Gambar 1. Grafik Pasang Surut

**E. Karakteristik Tinggi Gelombang Serta Panjang di Perairan Dalam**

Dari data tinggi serta periode gelombang, besarnya gelombang terjadi bisa dihitung dengan persamaan :

$$H = H_0 \left( \frac{H}{H_0^1} \right) K_R$$

$$H = 3,00 (1,046) 0,9$$

$$H = 2,8242 \text{ m}$$

**F. Tinggi Gelombang Serta Kedalaman Air pada Waktu Gelombang Pecah**

Menentukan Tinggi gelombang pecah menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{H_0}{L_0} = 0,033$$

$$H_b = \frac{H_0'}{33^3 \sqrt{\frac{H_0'}{L_0}}}$$

$$H_b = 2,64 \text{ m} = 0,804 \text{ ft}$$

Untuk menentukan kedalaman gelombang pecah menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{H_b}{gT_0^2} = 0,0046$$

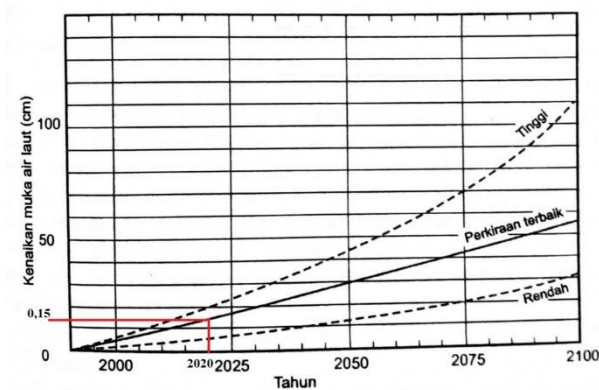
Dengan menggunakan grafik pada lampiran untuk nilai tersebut diperoleh besar kemiringan 0,01 didapat :

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,22 \rightarrow d_b = 1,22 \times H_b = 3,22 \text{ m}$$

Jadi tinggi dan kedalaman gelombang pecah adalah  $H_b = 2,64$  m dan  $d_b = 3,22$  m

**G. Kenaikan Muka Air Laut Karena Pemanasan Gelobl (Sea Level Rise)**

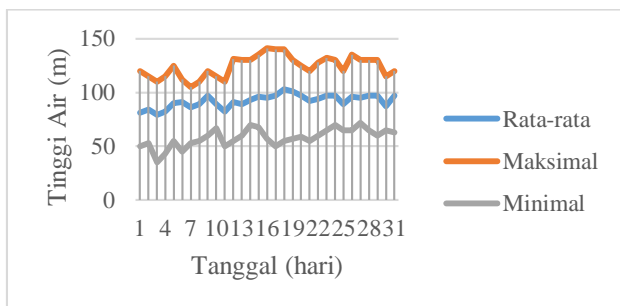
SLR merupaka kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh faktor pemanasan global. Garis grafik pada gambar diketahui kenaikan muka air laut akibat pemanasan global (SLR) pada tahun 2020 adalah 15 cm.



Gambar 6. Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut Karena Pemanasan Gelobl

**H. Kenaikan Muka Air Laut Akibat Angin (Wind Set Up)**

Besarnya peningkatan muka air laut sepanjang terjadinya badai dengan fluktuasi muka air karena pasang surut. Berikut ini grafik elevasi muka air laut di perairan jepara:



Gambar 7. Grafik Elevasi Muka Air Laut Perairan Jepara

Perhitungan tinggi muka air laut karena badai (*Wind Set Up*) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta H &= F \cdot c \frac{V^2}{2gd} \\ &= 18968000 \times 3,5 \\ &\times 10^{-6} \frac{7,967^2}{2 \times 9,81 \times 100} \\ \Delta H &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

**I. Kenaikan Muka Air Laut Akibat Gelombang (Wave Setup)**

Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penyusutan muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di dekat posisi gelombang pecah dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_w &= 0,19 \left[ 1 - 2.82 \sqrt{\frac{H}{gT^2}} \right] H \\ S_w &= 0,19 \left[ 1 - 2.82 \sqrt{\frac{2.8242}{9,81 \times 7.63^2}} \right] 2.8242 \\ S_w &= 0,43 \text{ m} \end{aligned}$$

**J. Desain Muka Air Rencana (Design Water Level)**

Elevasi muka air rencana bergantung pada perhitungan pasang surut *wave setup*, *wind setup*, tsunami serta data pemanasan global. Perhitungan desain muka air rencana bisa dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} DWL &= MHWL + SW + SLR \\ &= 1,596 + 0,436 + 0,15 \\ &= 2,18 \text{ m} \end{aligned}$$

**K. Perhitungan Run Up Gelombang**

*Run up* bangunan ditetapkan berdasarkan pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman kaki bangunan, kemiringan dasar laut didepan bangunan, serta karakteristik gelombang sendiri. Untuk mencari nilai *run up* gelombang haruslah mencari (*Bilangan Iribaren*) dengan persamaan sebagai berikut:

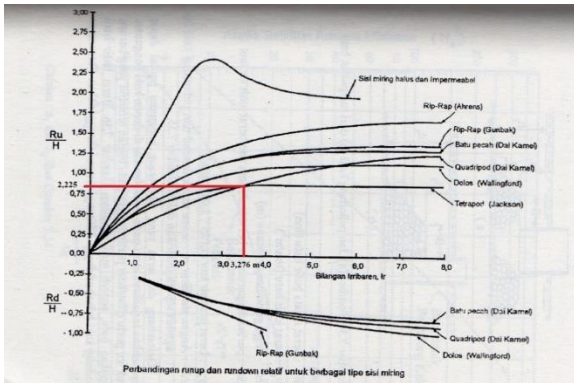
$$I_r = \frac{tg\theta}{(H/L_0)^{0.5}}$$



$$= \frac{tg 30}{(2,8242/90,941)^{0,5}}$$

$$= \frac{0,577}{(2,8242/90,941)^{0,5}}$$

$$= 3,276 \text{ m}$$



Gambar 8. Grafik Run Up Gelombang

Dari grafik  $\frac{R_u}{H} = 0,843$  sehingga

$$R_u = 0,843 \times H$$

$$= 0,843 \times 2,64$$

$$= 2,225$$

**L. Perhitungan Breakwater**

**1. Perhitungan Berat Lapis Lindung Bagian Kepala/Head**

Perhitungan berat lapis lindung dapat dihitung dengan rumus Hudson. Dimana pada nilai  $\gamma_r$  serta nilai  $y_a$  berturut – turut adalah 2,4 ton/m<sup>3</sup> dan 1,025 ton/m<sup>3</sup> sedangkan untuk kemiringan pemecah gelombang rencana sebesar 1 : 33 dengan parameter sebagai berikut:

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

$$\frac{2,4 \times 2,64^3}{4,5 \times (2,34 - 1)^3 \cdot 2} = 2,03 \text{ Ton}$$

Maka diketahui berat lapis pertama pemecah gelombang (Tetrapod) sebesar 2,03 ton. Sedangkan untuk lapis kedua dan ketiga dikarenakan menggunakan batu pecah maka dapat dihitung dengan parameter sebagai berikut:

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

$$\frac{2,65 \times 2,64^3}{1,6 \times (2,59 - 1)^3 \cdot 2} = 3.824 \text{ Ton}$$

Maka untuk W batu pecah adalah 3,824 ton. Dan untuk mencari besarnya berat lapisan lindung pada lapis kedua dan ketiga menggunakan parameter sebagai berikut:

$$\frac{W}{10} = \frac{3.824}{10}$$

$$= 0,382 \text{ ton} \rightarrow 382,4 \text{ kg (lapis kedua)}$$

$$\frac{W}{200} = \frac{3.824}{200}$$

$$= 0,019 \text{ ton} \rightarrow 19,12 \text{ kg (lapis ketiga)}$$

**2. Elevasi Bangunan Rencana**

Elevasi bangunan rencana dengan kemiringan bangunan rencana sebesar 1 : 33 serta tinggi gelombang rencana sebesar 2,64 meter. Maka untuk menentukan elevasi puncak pemecah gelombang terhadap LWS adalah sebagai berikut:

$$EL \text{ Bangunan} = DWL + (R_u \times F_b \text{ Rencana})$$

$$= 2,18 + (2,225 \times 0,5)$$

$$= 3,3 \text{ meter} \approx 3 \text{ meter}$$

Sedangkan untuk elevasi dasar laut diketahui dari peta batimetri sebesar -4 meter. Sedangkan untuk H rencana bangunan dapat dihitung dngan persamaan sebagai berikut:

$$H \text{ bangunan} = \text{Elevasi bangunan} - \text{Elevasi dasar laut}$$

$$= 3 - (-4)$$

$$= 7 \text{ meter}$$

**3. Lebar Puncak Breakwater**

Lebar puncak dihitung dengan koefisien lapis lindung ( $K_A$ ) untuk masing – masing jenis

batu adalah 1,04 dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$B = n \times K_{\Delta} \times \left(\frac{W}{y_r}\right)^{1/3}$$

$$B = 3 \times 1,04 \times \left(\frac{2030}{2400}\right)^{1/3}$$

$$= 2,951 \text{ meter} \rightarrow 3 \text{ meter}$$

**4. Tebal Lapis Lindung**

Tebal lapis lindung dihitung dengan koefisien jumlah butiran batu untuk lapis pertama sebesar 2030 kg, sedangkan untuk lapis kedua sebesar 203 kg dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$t = n \times K_{\Delta} \times \left(\frac{W}{y_r}\right)^{1/3}$$

$$t = 2 \times 1,04 \times \left(\frac{2030}{2400}\right)^{1/3}$$

$$t = 2 \text{ meter ( Primary Layer )}$$

Sedangkan untuk Secondary Layer menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$t = 3 \times 1,04 \times \left(\frac{203}{2400}\right)^{1/3}$$

$$t = 1,5 \text{ meter ( Secondary Layer )}$$

**5. Lebar Pelindung Kaki**

$$B = 2 \times H$$

$$= 2 \times 2,64$$

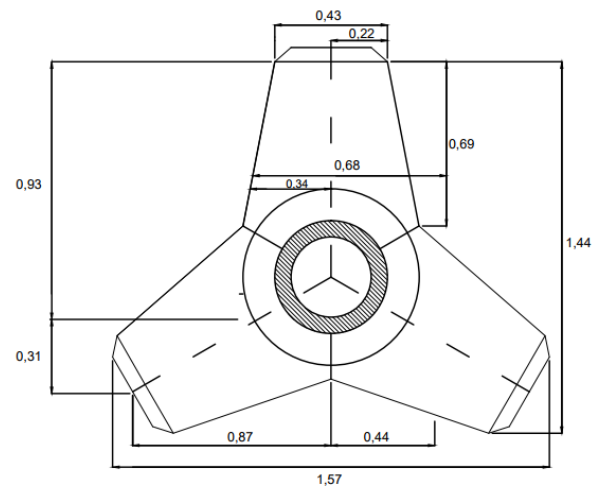
$$= 5,28 \text{ meter}$$

**6. Jumlah Batu Pelindung**

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

$$= \left[1 - \frac{50}{100}\right] \left[\frac{2650}{2030}\right]^{2/3} = 12 \text{ butir}$$

**7. Dimensi Tetrapod Bagian Head**



TAMPAK DEPAN

Gambar 9. Dimensi Tetrapod bagian Head

**8. Perhitungan Berat Lapis Lindung Bagian Lengan/Trunk**

Perhitungan berat lapis lindung dapat dihitung dengan rumus Hudson. Dimana pada nilai  $y_r$  serta nilai  $y_a$  berturut – turut adalah 2,4 ton/m<sup>3</sup> dan 1,025 ton/m<sup>3</sup> sedangkan untuk kemiringan pemecah gelombang rencana sebesar 1 : 33 dengan parameter sebagai berikut:

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

$$= \frac{2,4 \times 2,64^3}{7 \times (2,34 - 1)^3 \cdot 2} = 1,30 \text{ Ton}$$

Maka diketahui berat lapis pertama pemecah gelombang (Tetrapod) sebesar 1,30 ton. Sedangkan untuk lapis kedua dan ketiga dikarenakan menggunakan batu pecah maka dapat dihitung dengan parameter sebagai berikut:

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

$$\frac{2,65 \times 2,64^3}{2 \times (2,59 - 1)^3 \cdot 2} = 3.059 \text{ Ton}$$

Maka untuk W batu pecah adalah 3,059 ton. Dan untuk mencari besarnya berat lapisan lindung pada lapis kedua dan ketiga



menggunakan parameter sebagai berikut:

$$\frac{W}{10} = \frac{3.059}{10}$$

$$= 0,3059 \text{ ton} \rightarrow 305,92 \text{ kg (lapis kedua)}$$

$$\frac{W}{200} = \frac{3.059}{200}$$

$$= 0,0153 \text{ ton} \rightarrow 15,926 \text{ kg (lapis ketiga)}$$

### 9. Elevasi Bangunan Rencana

Elevasi bangunan dengan kemiringan bangunan rencana sebesar 1 : 33 serta tinggi gelombang rencana sebesar 3,28 meter. Maka untuk menentukan elevasi puncak pemecah gelombang terhadap LWS adalah sebagai berikut:

$$\text{EL Bangunan} = \text{DWL} + (R_u \times F_b \text{ Rencana})$$

$$= 2,18 + (2,225 \times 0,5)$$

$$= 3,3 \text{ meter} \approx 3 \text{ meter}$$

Untuk elevasi dasar laut diketahui dari peta batimetri sebesar -4 meter. Sedangkan untuk H rencana bangunan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{H bangunan} = \text{Elevasi bangunan} - \text{Elevasi dasar laut}$$

$$= 3 - (-4)$$

$$= 7 \text{ meter}$$

### 10. Lebar Puncak Breakwater

Lebar puncak dihitung dengan koefisien lapis lindung ( $K_A$ ) untuk masing – masing jenis batu adalah 1,04 dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$B = n \times K_\Delta \times \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$B = 3 \times 1,04 \times \left(\frac{1305}{2400}\right)^{1/3}$$

$$= 2,540 \text{ meter}$$

### 11. Tebal Lapis Lindung

Tebal lapis lindung dihitung dengan koefisien jumlah butiran batu untuk lapis pertama sebesar 1305 kg, sedangkan untuk lapis kedua sebesar 130 kg dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$t = n \times K_\Delta \times \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$t = 2 \times 1,04 \times \left(\frac{1305}{2400}\right)^{1/3}$$

$$t = 1,7 \text{ meter (Primary Layer)}$$

Sedangkan untuk Secondary Layer menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$t = 3 \times 1,04 \times \left(\frac{130}{2400}\right)^{1/3}$$

$$t = 1,2 \text{ meter (Secondary Layer)}$$

### 12. Lebar Pelindung Kaki

$$B = 2 \times H$$

$$= 2 \times 2,64$$

$$= 5,28 \text{ meter}$$

### 13. Tinggi Pelindung Kaki

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

$$= 2 \times 104 \left[\frac{20301305}{2400}\right]^{1/3}$$

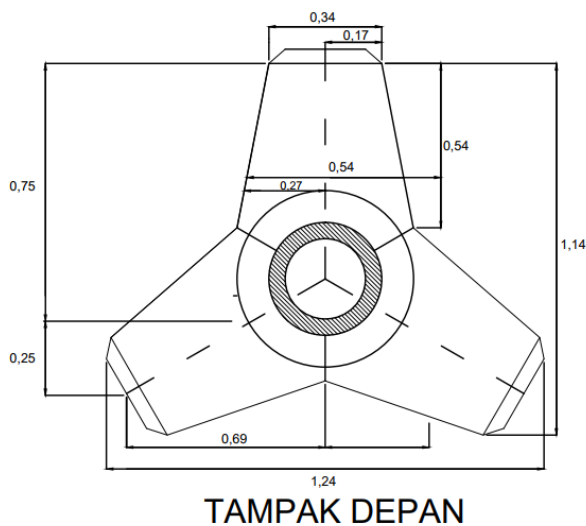
$$= 1,70 \text{ m}$$

### 14. Jumlah Batu Pelindung

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

$$= \left[1 - \frac{50}{100}\right] \left[\frac{2650}{1305}\right]^{2/3} = 12 \text{ butir}$$

### 15. Dimensi Tetrapod Bagian Trunk



Gambar 10. Dimensi Tetrapod bagian *Trunk*

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan *re - design breakwater* di pelabuhan Kartini Jepara dapat disimpulkan sebagai berikut:

Hasil dari analisa gelombang didapatkan  $H_s$  (tinggi gelombang signifikan) sebesar 3,00 m dan  $T_0$  (periode signifikan) sebesar 7,63 detik, Panjang fetch ( $F_{eff}$ ) sebesar 18.968.000 m, Kenaikan muka air laut akibat angin ( $\Delta H$ ) sebesar 0,5675 m, Kenaikan muka air laut akibat pemanasan global (SLR) sebesar 0,15 m, Tinggi gelombang rencana dalam perencanaan pemecah gelombang ( $H$ ) sebesar 2,8242 m, Tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) sebesar 2,64 m dan kedalaman gelombang pecah ( $d_b$ ) sebesar 3,22 m, Kenaikan muka air laut akibat gelombang (*wave set up*) atau  $S_w$  sebesar 0,436 m, Desain muka air laut rencana (DWL) sebesar 1,6 m dan Hasil *run up* gelombang ( $I_r$ ) sebesar 3,276 m.

Berdasarkan data dan hasil perhitungan, maka pada perencanaan *breakwater* ini menggunakan jenis tetrapod yang bertujuan untuk menyerap energi gelombang dengan cara mengalirkan gelombang laut melalui sela – selanya sehingga tidak hanya menahan gelombang, tetapi juga mampu mengurangi kemungkinan struktur amblas dengan menerapkan sebaran acak tetrapod agar saling mengunci.

Untuk dimensi tetrapod bagian *head* dan *trunk* dapat dilihat berdasarkan tabel dimensi tetrapod dengan memperhatikan ketentuan berdasarkan hasil berat batu lindung ( $W$ ) pada jenis tetrapod dan batu pecah.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- Annisa Rimadantia Samudra, M. I. (2018). “*Evaluasi Kinerja Breakwater Terhadap Gelombang Di Kawasan Pelabuhan Manado*”. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.4 April 2018 (211-224) Issn: 2337-6732, 211-244.
- Febriansyah. (2012). “*Perencanaan Pemecah Gelombang (Breakwater) Di Pelabuhan Merak*”. Tugas Akhir, 146.
- Malisan, J. (2016). “*Potensi Pengembangan Pelabuhan Tarakan Untuk Konsolidasi Barang Bagi Wilayah Kalimantan Utara dan Sekitarnya*”. J.Pen.Transla Vol. 18 No. 2, 52-62.
- Triatmodjo, B. (2011). “*Perencanaan Bangunan Pantai*”. Yogyakarta: Beta Offset.