

Desain Alternatif Bangunan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi (PPN Prigi)

Rahayu Dwi Hariaty, Ir. Bambang Sarwono, M.Sc, Cahya Buana, S.T, M.T
 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
 e-mail: bbsarwono@gmail.com, cahya2772@gmail.com

Abstrak— Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi (PPN Prigi) adalah salah satu pelabuhan perikanan di Jawa Timur yang terletak di Desa Tasikmadu, Kec. Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. PPN Prigi berada pada posisi geografis $111^{\circ} 24' - 112^{\circ} 11' BT$ dan $7^{\circ} 63' - 8^{\circ} 34' LS$. Rencana peningkatan status pelabuhan akibat adanya peningkatan jumlah dan bobot kapal yang bersandar sehingga mendorong perencanaan pengembangan pelabuhan berupa perluasan kolam labuh. Hal ini didukung dengan perencanaan bangunan pemecah gelombang yang dapat mengurangi tinggi gelombang dan arus sehingga kapal dapat bersandar dengan nyaman.

Perencanaan pemecah gelombang dimulai dengan analisis pembangkitan gelombang oleh angin, kemudian dihitung periode ulang gelombang dan dipilih periode ulang 50 tahun dengan jenis gelombang H_s . Dari pemilihan periode ulang tersebut kemudian dilakukan analisa refraksi dan difraksi menggunakan program bantu SMS 10.1 dan dapat ditentukan tinggi gelombang tertinggi depan struktur dengan jarak satu panjang gelombang (L_0) serta tinggi gelombang terendah di mulut pemecah gelombang. Setelah itu dilakukan perhitungan stabilitas lapis lindung serta dimensi pemecah gelombang.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, pemilihan mulut dari struktur pemecah gelombang yaitu menghadap ke barat. Perhitungan material pemecah gelombang menggunakan tiga alternatif, yaitu batu pecah, tetrapod dan A-Jack dengan tiga alternatif kemiringan $\theta=18.43^{\circ}$; $\theta=25.56^{\circ}$; $\theta=33.7^{\circ}$. Perhitungan stabilitas lapis lindung menggunakan metode Hudson dan Van Der Meer untuk mendapatkan berat butir lapis terberat.

Kata Kunci: Bangunan Pemecah Gelombang, Material Pemecah Gelombang, PPN Prigi, Tinggi Gelombang.

I. PENDAHULUAN

Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi (PPN Prigi) adalah salah satu pelabuhan perikanan di Jawa Timur yang terletak di wilayah selatan. PPN Prigi terletak di Desa Tasikmadu, Kec. Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. PPN Prigi berada pada posisi geografis $111^{\circ} 24' - 112^{\circ} 11' BT$ dan $7^{\circ} 63' - 8^{\circ} 34' LS$. Bagian Utara Kabupaten Trenggalek berbatasan dengan Kabupaten Tulungagung dan Ponorogo, sisi Timur dengan Kabupaten Tulungagung, sisi Barat dengan Kabupaten Ponorogo dan Pacitan, serta bagian Selatan dengan Samudera Hindia.

PPN Prigi sebagai salah satu Pelabuhan Perikanan merupakan tempat yang terdiri dari daratan dan perairan disekitarnya. PPN Prigi memiliki batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan sistem bisnis perikanan yang dipergunakan sebagai tempat kapal perikanan bersandar, berlabuh dan/atau bongkar muat ikan. PPN Prigi ini juga dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang perikanan.

Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi direncanakan ditingkatkan statusnya dari Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi menjadi Pelabuhan Perikanan Samodera Prigi. Hal ini dikarenakan adanya peningkatan bobot kapal yang akan bersandar. Kapal ikan yang saat ini bersandar memiliki bobot $<30 GT$, sedangkan nantinya kapal yang akan bersandar memiliki bobot $>30GT$. Selain itu, PPN Prigi akan mengalami peningkatan pada jumlah kapal yang akan bersandar. Peningkatan jumlah kapal yang akan bersandar mempengaruhi luasan dari kolam labuh. Kolam labuh yang sudah ada saat ini tidak mencukupi untuk menampung jumlah kapal yang akan bersandar. Untuk itu, direncanakan perluasan kolam labuh kapal agar kapal-kapal mampu ditampung.

Rencana adanya perluasan kolam labuh kapal perlu didukung dengan bangunan pemecah gelombang. Lokasi perencanaan bangunan pemecah gelombang dapat dilihat pada gambar 1.2. Bangunan ini direncanakan untuk mengurangi tinggi gelombang dan pengaruh arus yang masuk ke dalam perairan sehingga kapal-kapal yang akan memasuki daerah pelabuhan dapat bersandar dan melakukan bongkar muat dengan tenang dan nyaman.

Perencanaan bangunan pemecah gelombang ini memperhatikan beberapa aspek. Pertama, adanya pasang surut yang mempengaruhi penetapan elevasi bangunan pemecah gelombang. Kedua, data angin yang mempengaruhi tata letak (*layout*) dari bangunan pemecah gelombang. Ketiga, gelombang yang mempengaruhi struktur dari bangunan pemecah gelombang akibat adanya gaya-gaya yang ditimbulkan. Keempat, peta bathimetri dan topografi yang mempengaruhi elevasi kedalaman dari bangunan pemecah gelombang.

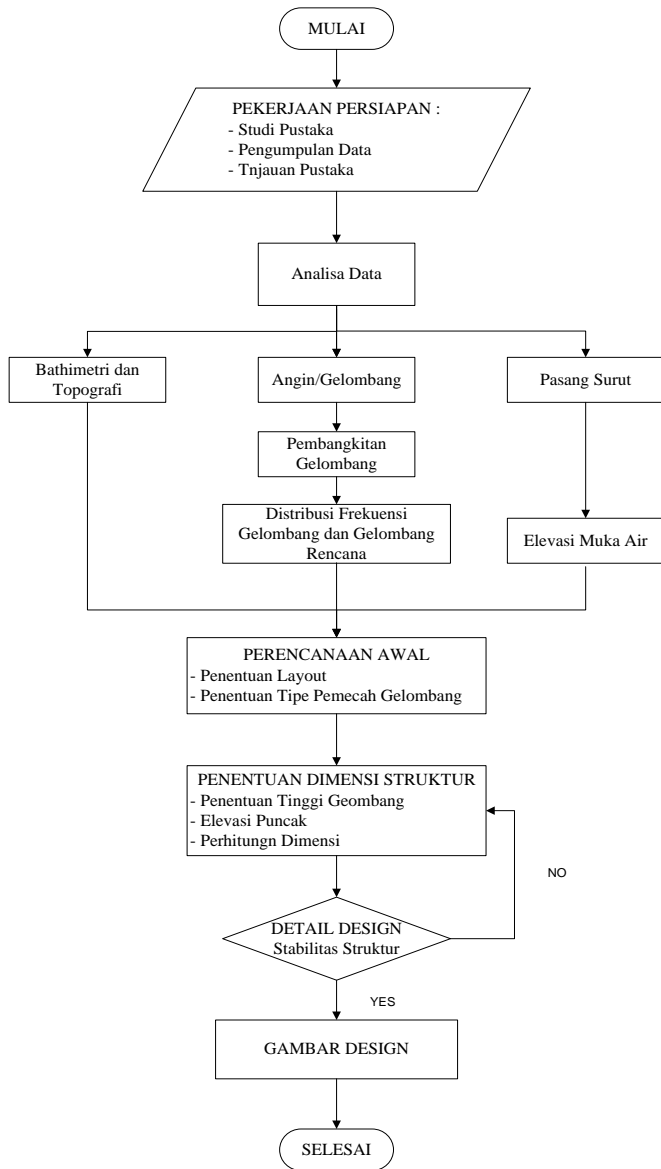
Berdasarkan kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan tujuan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh hidro-oceanografi untuk bangunan pemecah gelombang PPN Prigi.
2. Menentukan dan merencanakan tata letak (*layout*) bangunan pemecah gelombang PPN Prigi akibat adanya hidro-oceanografi.
3. Menentukan material yang direncanakan dalam pemecah gelombang PPN Prigi?

II. METODOLOGI

Urutan penyelesaian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah studi pustaka, tinjauan lapangan, pengumpulan data berupa data primer dan sekunder, analisa data, penentuan *layout* dan tipe pemecah gelombang, perencanaan struktur pemecah gelombang dan hasil dari

perencanaan. Urutan penyelesaian tersebut dapat dilihat pada bagan sebagai berikut:



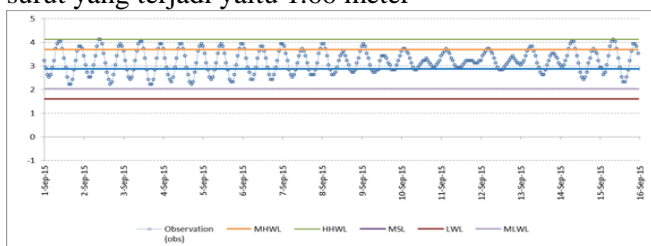
Gambar 1 Diagram Alur Metodologi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. ANALISA DATA

1. Analisa Pasang Surut

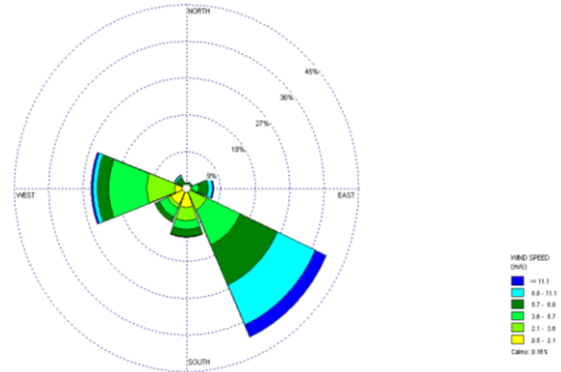
Dari hasil analisa data pasang surut yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pasang surut yang terjadi di perairan PPN Prigi adalah pasang surut harian condong ke harian ganda. Perbedaan tinggi pasang surut yang terjadi yaitu 1.66 meter



Gambar 2 Grafik Pasang Surut PPN Prigi

2. Analisa Angin

Pengolahan data angin dilakukan untuk data 5 tahun, mulai Januari 2010 hingga Desember 2014. Pengolahan data angin ini untuk menentukan angin dominan yang diperoleh dari windrose Gambar 3.



Gambar 3 Windrose Kejadian Angin di Perairan PPN Prigi Januari 2010 – Desember 2014

Dari gambar windrose tersebut, didapatkan arah angin dominan yaitu dari tenggara dengan persentase 40.62%.

3. Analisa Gelombang

Analisa data gelombang dilakukan berdasarkan analisa pembangkitan gelombang dari data angin. Tabel 1 merupakan tinggi gelombang maksimum pertahun

Tabel 1 Tinggi Gelombang Maksimum Pertahun

| No | Date | WindDir | WindDir | WindSpd | Hm | Tm |
|----|------------------|---------|------------|---------|-------|-------|
| | | (TN) | | (knot) | | |
| 1 | 08 Januari 2010 | 238.65 | barat daya | 8.71 | 0.500 | 5.364 |
| 2 | 31 Desember 2011 | 291.9 | barat | 5.6 | 0.093 | 2.163 |
| 3 | 28 Juli 2012 | 129.1 | tenggara | 13.0 | 1.349 | 7.064 |
| 4 | 25-Jul-2013 | 126.3 | tenggara | 13.3 | 1.416 | 7.121 |
| 5 | 23-Aug-14 | 133.5 | tenggara | 13.4 | 1.429 | 7.132 |

Tinggi gelombang tertinggi selama 5 tahun didapatkan 1.429 meter dengan periode 7.132 detik.

B. GELOMBANG REPRESENTATIF

Analisa gelombang representatif dilakukan dengan mengurutkan nilai tinggi gelombang dari nilai tertinggi ke terendah, kemudian dipilih gelombang representatif Hs yaitu 1.16 meter.

Sedangkan untuk perhitungan tinggi gelombang periode ulang 50 tahun dilakukan dengan dua metode, yaitu metode Fisher Tippet 1 dan metode Weibull dengan nilai tinggi gelombang 2.443 meter.

C. PEMODELAN GELOMBANG

Pemodelan gelombang dilakukan dengan program bantu SMS (Surface Modeling System) 10.1. Tabel 2 merupakan data input pada program SMS 10.1.

Tabel 2 Nilai Input Gelombang pada SMS 10.1

| | Input | | | | | |
|---------------|-------|-------|---------|---------|----|---------------------|
| | Arah | H (m) | Tp (dt) | 'Gamma' | nn | intensitas difraksi |
| Hs 50 Weibull | 135° | 4.52 | 10 | 3.3 | 4 | 4.0 |
| Hs 50 Weibull | 180° | 4.52 | 10 | 3.3 | 4 | 4.0 |
| Hs 50 Weibull | 225° | 4.52 | 10 | 3.3 | 4 | 4.0 |

Pemodelan dilakukan pada Teluk Prigi (peta global) dan pada daerah PPN Prigi (peta lokal) yang telah disimulasikan dengan pemecah gelombang pintu sebelah utara dan pintu sebelah barat. program bantu SMS 10.1

Nilai *output* tinggi gelombang untuk pemecah gelombang pintu sebelah utara dan pintu sebelah barat pada kedalaman L_0 dan mulut pemecah gelombang terdapat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Tinggi Gelombang Pintu Utara

| No | kedalaman (m) | Find Cell | | H (m) | Arah (deg) | Keterangan |
|----|------------------|-----------|--------|----------|---------------|------------|
| | | cell i | cell j | | | |
| 1 | 11.5 | 5 | 127 | 2.5 | 135° | L0 |
| 2 | 11.97 | 16 | 136 | 2.35 | | L0 |
| 3 | 12.1 | 46 | 157 | 2.1 | | L0 |
| 4 | 12.7 | 72 | 171 | 1.98 | | L0 |
| 5 | 13.5 | 98 | 189 | 1.9 | | L0 |
| 6 | 13.6 | 119 | 200 | 1.86 | | L0 |
| 7 | 9.7 | 139 | 178 | 1.4 | | Mulut |
| | | | | | | |
| No | kedalaman (m) | Find Cell | | H (m) | Arah (deg) | Keterangan |
| | | cell i | cell j | | | |
| 1 | 11.5 | 13 | 114 | 2.46 | 180° | L0 |
| 2 | 11.97 | 16 | 134 | 2.5 | | L0 |
| 3 | 12.14 | 46 | 157 | 2.52 | | L0 |
| 4 | 12.69 | 72 | 171 | 2.47 | | L0 |
| 5 | 14.6 | 98 | 189 | 2.45 | | L0 |
| 6 | 13.6 | 119 | 200 | 2.44 | | L0 |
| 7 | 9.7 | 139 | 178 | 2.25 | | Mulut |
| | | | | | | |
| No | kedalaman (m) | Find Cell | | H (m) | Arah (deg) | Keterangan |
| | | cell i | cell j | | | |
| 1 | 11.5 | 5 | 128 | 2.44 | 225° | L0 |
| 2 | 11.97 | 14 | 136 | 2.44 | | L0 |
| 3 | 12.14 | 43 | 157 | 2.4 | | L0 |
| 4 | 12.69 | 72 | 171 | 2.5 | | L0 |
| 5 | 14.6 | 98 | 189 | 2.47 | | L0 |
| 6 | 13.6 | 119 | 200 | 2.45 | | L0 |
| 7 | 9.7 | 139 | 178 | 2.45 | | Mulut |

Tabel 4 Tinggi Gelombang Pintu Barat

| No | kedalaman (m) | Find Cell | | H (m) | Arah (deg) | Keterangan |
|----|------------------|-----------|--------|----------|---------------|------------|
| | | cell i | cell j | | | |
| 1 | 11.6 | 22 | 115 | 2.08 | 135° | L0 |
| 2 | 12.25 | 36 | 128 | 2.01 | | L0 |
| 3 | 12.46 | 48 | 137 | 1.96 | | L0 |
| 4 | 12.77 | 61 | 146 | 1.92 | | L0 |
| 5 | 6.29 | 97 | 99 | 0.36 | | Mulut |
| 6 | 10.29 | 182 | 193 | 1.78 | | L0 |
| 7 | 11.79 | 165 | 186 | 1.75 | | L0 |
| 8 | 11.9 | 133 | 172 | 1.8 | | L0 |
| 9 | 11.32 | 105 | 153 | 1.78 | | L0 |
| 10 | 12.36 | 92 | 133 | 1.48 | | L0 |
| 11 | 9.68 | 89 | 119 | 1.00 | | Mulut |
| | | | | | | |
| No | kedalaman (m) | Find Cell | | H (m) | Arah (deg) | Keterangan |
| | | cell i | cell j | | | |
| 1 | 11.6 | 22 | 115 | 2.46 | 180° | L0 |
| 2 | 12.25 | 36 | 128 | 2.49 | | L0 |
| 3 | 12.46 | 48 | 137 | 2.49 | | L0 |
| 4 | 12.77 | 61 | 146 | 2.51 | | L0 |
| 5 | 6.29 | 97 | 99 | 0.70 | | Mulut |
| 6 | 10.29 | 182 | 193 | 2.56 | | L0 |
| 7 | 11.79 | 165 | 186 | 2.53 | | L0 |
| 8 | 11.9 | 133 | 172 | 2.52 | | L0 |
| 9 | 11.32 | 105 | 153 | 2.53 | | L0 |
| 10 | 12.36 | 92 | 133 | 2.38 | | L0 |
| 11 | 9.68 | 89 | 119 | 1.73 | | Mulut |
| | | | | | | |
| No | kedalaman (m) | Find Cell | | H (m) | Arah (deg) | Keterangan |
| | | cell i | cell j | | | |
| 1 | 11.6 | 22 | 115 | 2.57 | 225° | L0 |
| 2 | 12.25 | 36 | 128 | 2.62 | | L0 |
| 3 | 12.46 | 48 | 137 | 2.65 | | L0 |
| 4 | 12.77 | 61 | 146 | 2.67 | | L0 |
| 5 | 6.29 | 97 | 99 | 1.1 | | Mulut |
| 6 | 10.29 | 182 | 193 | 2.6 | | L0 |
| 7 | 11.79 | 165 | 186 | 2.65 | | L0 |
| 8 | 11.9 | 133 | 172 | 2.61 | | L0 |
| 9 | 11.32 | 105 | 153 | 2.64 | | L0 |
| 10 | 12.36 | 92 | 133 | 2.58 | | L0 |
| 11 | 9.68 | 89 | 119 | 2.20 | | Mulut |

D. LAYOUT PEMECAH GELOMBANG

Berdasarkan hasil *output* tinggi gelombang di mulut pemecah gelombang, perencanaan mulut pemecah gelombang berada di sebelah barat.

E. PEMILIHAN TIPE MATERIAL PEMECAH GELOMBANG

Pada Tugas Akhir ini, pemecah gelombang di analisa menggunakan tiga alternatif batu lapis lindung, yaitu batu pecah, tetrapod dan A-Jack.

F. PENENTUAN ELEVASI PEMECAH GELOMBANG

Elevasi pemecah gelombang dipengaruhi oleh elevasi muka air laut rencana, *wave runup* dan tinggi jagaan.

- Elevasi air laut rencana
 - Pasang surut = 1.66 meter
 - *Wave setup* = 0.52 meter
 - Pemanasan global = 0.34 meter
- Wave Runup* untuk batu pecah, tetrapod dan Ajack
 - *Wave Runup* batu pecah = 3.13 meter
 - *Wave Runup* tetrapod = 2.13 meter
 - *Wave Runup* A-jack = 2.62 meter
- Tinggi Jagaan 1.00 meter

Elevasi Puncak Pemecah Gelombang

- Batu Pecah = 6.65 meter
- Tetrapod = 5.65 meter
- A-jack = 6.14 meter

G. STABILITAS UNIT LAPIS LINDUNG

1. Stabilitas Metode Hudson

Perhitungan stabilitas metode Hudson digunakan rumus

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

Data Perencanaan :

- Batu Pecah

- o $\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$
- o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$

Kondisi 1

- o 1 : 1.5 ($\theta = 33.7^\circ$) untuk lengan(trunk)
- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk ujung (head)
- o $K_D = 2$ (Lengan bangunan)
- o $K_D = 1.6$ (Ujung/kepala bangunan)
- o H = 2.5 meter

Kondisi 2

- o 1 : 2 ($\theta = 26.56^\circ$) untuk lengan
- o 1 : 3 ($\theta = 18.43^\circ$) untuk ujung/kepala
- o $K_D = 2$ (Lengan bangunan)
- o $K_D = 1.3$ (Ujung/kepala bangunan)
- o H = 2.5 meter

- Tetrapod

- o $\gamma_r = 2.4 \text{ t/m}^3$
- o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$

Kondisi 1

- o 1 : 1.5 ($\theta = 33.7^\circ$) untuk lengan
- o 1 : 2 ($\theta = 26.56^\circ$) untuk ujung/kepala
- o $K_D = 7$ (Lengan bangunan)
- o $K_D = 4.5$ (Ujung/kepala bangunan)
- o H = 2.5 meter

Kondisi 2

- o 1 : 2 ($\theta = 26.56^\circ$) untuk lengan pemecah gelombang
- o 1 : 3 ($\theta = 18.43^\circ$) untuk ujung/kepala pemecah gelombang
- o $K_D = 7$ (Lengan bangunan)
- o $K_D = 3.5$ (Ujung/kepala bangunan)
- o H = 2.5 meter

- A-Jack
- $\gamma_r = 2.4 \text{ t/m}^3$
- $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$

Kondisi 1 untuk A-Jack

- o 1 : 2 ($\theta = 26.56^\circ$) untuk lengan
- o 1 : 3 ($\theta = 18.43^\circ$) untuk ujung/kepala
- o $K_D = 15.8$ (Lengan bangunan)
- o $K_D = 7$ (Ujung/kepala bangunan)
- o $H = 2.5$ meter

Contoh perhitungan:

✓ Berat lapis lindung *primary layer*, *secondary layer*, *core layer* dan *toe berm* ujung pemecah gelombang pada lapis lindung jenis batu pecah.

$$W_{primary} = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} = \frac{2.65 \times 2.5^3}{1.6 \times \left(\frac{2.65}{1.03} - 1\right)^3 \cot 26.56} = 3.32 \text{ ton} = 3324.96 \text{ kg}$$

$$W_{secondary} = \frac{W_{primary}}{10} = 332.50 \text{ kg}$$

$$W_{coer \ layer} = \frac{W_{primary}}{200} = 16.62 \text{ kg}$$

$$W_{toe \ berm} = \frac{W_{primary}}{10} = 332.50 \text{ kg}$$

Tabel 5 dan Tabel 6 merupakan hasil perhitungan berat lapis lindung untuk batu pecah, tetrapod dan A-jack.

Tabel 5 Berat Lapis Lindung Kondisi 1

| Lapis Lindung | Berat Lapis Lindung (kg) Kondisi 1 | | | | | | | |
|---------------|------------------------------------|----------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| | Primary Layer | | Secondary Layer | | Core Layer | | Toe Berm | |
| | Ujung (Head) | Lengan (Trunk) | Ujung (Head) | Lengan (Trunk) | Ujung (Head) | Lengan (Trunk) | Ujung (Head) | Lengan (Trunk) |
| Batu Pecah | 3324.96 | 3548.74 | 332.50 | 354.87 | 16.62 | 17.74 | 332.50 | 354.87 |
| Tetrapod | 1770.28 | 1518.29 | 177.03 | 151.83 | 8.85 | 7.59 | 177.03 | 151.83 |
| A-Jack | 758.64 | 504.19 | 75.86 | 50.42 | 3.79 | 2.52 | 75.86 | 50.42 |

Tabel 6 Berat Lapis Lindung Kondisi 2

| Lapis Lindung | Berat Lapis Lindung (kg) Kondisi 2 | | | | | | | |
|---------------|------------------------------------|----------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| | Primary Layer | | Secondary Layer | | Core Layer | | Toe Berm | |
| | Ujung (Head) | Lengan (Trunk) | Ujung (Head) | Lengan (Trunk) | Ujung (Head) | Lengan (Trunk) | Ujung (Head) | Lengan (Trunk) |
| Batu Pecah | 2727.99 | 2659.97 | 272.80 | 266.00 | 13.64 | 13.30 | 272.80 | 266.00 |
| Tetrapod | 1517.28 | 2276.08 | 151.73 | 227.61 | 7.59 | 11.38 | 151.73 | 227.61 |
| A-Jack | | | | | | | | |

2. Stabilitas Metode Van Der Meer

Pembangunan bangunan pemecah gelombang dibangun pada laut dalam. Sehingga perhitungan stabilitas metode Van Der Meer digunakan rumus

➤ *Plunging waves* untuk laut dalam

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \xi_m^{-0.5}$$
 (2)
 untuk $C_{pl} = 6.2$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas.

$$\xi_m = I_r = \tan \alpha / \sqrt{s} = \tan \alpha / \sqrt{(H/L_0)}$$
 (3)

Berikut data perencanaan untuk jenis batu pecah, tetrapod dan A-jack.

| Batu Pecah | Tetrapod | A-Jack |
|---|---|---|
| o $\theta_1 = 18.43^\circ$ | o $\theta_1 = 18.43^\circ$ | o $\theta_1 = 18.43^\circ$ |
| o $\theta_2 = 26.56^\circ$ | o $\theta_2 = 26.56^\circ$ | o $\theta_2 = 26.56^\circ$ |
| o $\theta_3 = 33.7^\circ$ | o $\theta_3 = 33.7^\circ$ | o $\theta_3 = 33.7^\circ$ |
| o $\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$ | o $\gamma_r = 2.4 \text{ t/m}^3$ | o $\gamma_r = 2.4 \text{ t/m}^3$ |
| o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$ | o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$ | o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$ |
| o $H_s = 2.5$ meter | o $H_s = 2.5$ meter | o $H_s = 2.5$ meter |
| o $T_s = 10$ detik | o $T_s = 10$ detik | o $T_s = 10$ detik |
| o $S = 2$ | o $S = 2$ | o $S = 2$ |
| o $P = 0.4$ | o $P = 0.4$ | o $P = 0.4$ |
| o $N = 7500$ | o $N = 7500$ | o $N = 7500$ |
| o $\Delta = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 = 1.57$ | o $\Delta = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 = 1.33$ | o $\Delta = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 = 1.33$ |

Contoh Perhitungan:

✓ Stabilitas batu pecah dengan metode Van Der Meer

- $\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \xi_m^{-0.5}$
- $\xi_m = I_r = \tan 18.43 / \sqrt{(2.5/156)} = 2.63$
- $\frac{2.5}{1.5 \times D_{n50}} = 6.2 \times 0.4^{0.18} \left(\frac{2}{\sqrt{7500}}\right)^{0.2} 3^{-0.5}$

$$D_{n50} = 1.11 \text{ meter}$$

$$D_{50} = \frac{W_{50}^{1/3}}{\rho_r \times g} \cdot 1.31 = \frac{W_{50}^{1/3}}{2650 \times 9.81} \cdot 1.31 \cdot W_{50} = 9596.37 \text{ kg}$$

Tabel 7 merupakan hasil perhitungan stabilitas berat batu dengan Van Der Meer.

Tabel 7 Berat Batu Lapis Lindung

| BATU PECAH | | | Tetrapod | | | A-Jack | | |
|------------------|----------|-----------|------------------|----------|-----------|------------------|----------|-----------|
| | D 50 (m) | W 50 (kg) | | D 50 (m) | W 50 (kg) | | D 50 (m) | W 50 (kg) |
| $\theta = 18.43$ | 1.11 | 3594.68 | $\theta = 18.43$ | 1.32 | 5382.80 | $\theta = 18.43$ | 1.32 | 5382.80 |
| $\theta = 26.56$ | 1.25 | 5039.96 | $\theta = 26.56$ | 1.47 | 7547.02 | $\theta = 26.56$ | 1.47 | 7547.02 |
| $\theta = 33.7$ | 1.35 | 6408.53 | $\theta = 33.7$ | 1.60 | 9596.37 | $\theta = 33.7$ | 1.60 | 9596.37 |

H. LEBAR LAPIS LINDUNG

Perhitungan lebar pemecah gelombang digunakan rumus

$$B = n K_\Delta \left[\frac{W}{\gamma_r}\right]^{\frac{1}{3}}$$
 (4)

Lebar lapis lindung direncanakan dengan kriteria, yaitu:

1. Berat butir batu yang digunakan merupakan hasil dari stabilitas Van Der Meer
2. Lebar *secondary* dan *core layer* menyesuaikan
3. Lebar *toe berm* direncanakan sama dengan lebar puncak pemecah gelombang
4. Jumlah butir batu $n=3$

Berikut data perencanaan lebar pemecah gelombang untuk batu pecah, tetrapod dan A-jack.

- Batu Pecah
- o $\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$
- o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$

Kondisi 1

- o $\theta = 1 : 1.5$ ($\theta = 33.7$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk ujung/kepala

Kondisi 2

- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 3$ ($\theta = 18.43^\circ$) untuk ujung/kepala

- o W ujung = 5039.96 kg
- o W lengan = 6408.53 kg
- o $K_{\Delta} = 1.15$
- o P = 37%

- o W ujung = 3594.68 kg
- o W lengan = 5039.96 kg
- o $K_{\Delta} = 1.15$
- o P = 37%

o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$

Kondisi 1

- o $\theta = 1 : 1.5$ ($\theta = 33.7^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk ujung/kepala
- o W ujung = 5039.96 kg
- o W lengan = 6408.53 kg
- o $K_{\Delta} = 1.15$
- o P = 37%

Kondisi 2

- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 3$ ($\theta = 18.43^\circ$) untuk ujung/kepala
- o W ujung = 3594.68 kg
- o W lengan = 5039.96 kg
- o $K_{\Delta} = 1.15$
- o P = 37%

- Tetrapod

- o $\gamma_r = 2.4 \text{ t/m}^3$
- o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$

Kondisi 1

- o $\theta = 1 : 1.5$ ($\theta = 33.7^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk ujung/kepala
- o W ujung = 7547.02 kg
- o W lengan = 9596.37 kg
- o $K_{\Delta} = 1.04$
- o P = 50%

Kondisi 2

- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 3$ ($\theta = 18.43^\circ$) untuk ujung/kepala
- o W ujung = 5382.80 kg
- o W lengan = 7547.02 kg
- o $K_{\Delta} = 1.04$
- o P = 50%

- Tetrapod

- o $\gamma_r = 2.4 \text{ t/m}^3$
- o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$

Kondisi 1

- o $\theta = 1 : 1.5$ ($\theta = 33.7^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk ujung/kepala
- o W ujung = 7547.02 kg
- o W lengan = 9596.37 kg
- o $K_{\Delta} = 1.04$
- o P = 50%

Kondisi 2

- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 3$ ($\theta = 18.43^\circ$) untuk ujung/kepala
- o W ujung = 5382.80 kg
- o W lengan = 7547.02 kg
- o $K_{\Delta} = 1.04$
- o P = 50%

- A-jack

- o $\gamma_r = 2.4 \text{ t/m}^3$
- o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$

Kondisi 1

- o $\theta = 1 : 1.5$ ($\theta = 33.7^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk ujung/kepala
- o W ujung = 7547.02 kg
- o W lengan = 9596.37 kg
- o $K_{\Delta} = 1.00$
- o P = 63%

Kondisi 2

- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 3$ ($\theta = 18.43^\circ$) untuk ujung/kepala
- o W ujung = 5382.80 kg
- o W lengan = 7547.02 kg
- o $K_{\Delta} = 1.00$
- o P = 63%

- A-jack

- o $\gamma_r = 2.4 \text{ t/m}^3$
- o $\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$

Kondisi 1

- o $\theta = 1 : 1.5$ ($\theta = 33.7^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk ujung/kepala
- o W ujung = 7547.02 kg
- o W lengan = 9596.37 kg
- o $K_{\Delta} = 1.00$
- o P = 63%

Kondisi 2

- o $\theta = 1 : 2$ ($\theta = 26.56^\circ$) untuk lengan
- o $\theta = 1 : 3$ ($\theta = 18.43^\circ$) untuk ujung/kepala
- o W ujung = 5382.80 kg
- o W lengan = 7547.02 kg
- o $K_{\Delta} = 1.00$
- o P = 63%

Contoh perhitungan:

✓ Lebar pemecah gelombang untuk jenis batu pecah pada kondisi 1

$$B = nK_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 3 \times 1.15 \left[\frac{5039.96}{2650} \right]^{\frac{1}{3}} = 4.27 \text{ meter}$$

Tabel 8 merupakan lebar *primary* dari pemecah gelombang untuk tiga jenis batu pada kondisi 1 dan 2.

Tabel 9 Lebar pemecah gelombang

| Lapis Lindung | Lebar Primary | | | |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | Kondisi 1 | | Kondisi 2 | |
| | Ujung $\theta=26.56^\circ$ | Lengan $\theta=33.7^\circ$ | Ujung $\theta=18.43^\circ$ | Lengan $\theta=26.56^\circ$ |
| Batu Pecah | 4.27 | 4.63 | 3.82 | 4.27 |
| Tetrapod | 4.57 | 4.95 | 4.08 | 4.57 |
| A-Jack | 4.40 | 4.76 | 3.93 | 4.40 |

I. TEBAL LAPIS LINDUNG

Perhitungan tebal pemecah gelombang digunakan rumus

$$t = nK_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \tag{5}$$

Tebal lapis lindung direncanakan dengan kriteria, yaitu:

1. Berat butir batu yang digunakan merupakan hasil dari stabilitas Van Der Meer
2. Tebal *toe berm* direncanakan sama dengan tebal puncak pemecah gelombang
3. Jumlah butir batu $n=2$

Berikut data perencanaan tebal pemecah gelombang untuk batu pecah, tetrapod dan A-jack.

- Batu pecah

- o $\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$

Contoh perhitungan:

✓ tebal pemecah gelombang untuk jenis batu pecah pada kondisi 1

$$t = nK_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1.15 \left[\frac{5039.96}{2650} \right]^{\frac{1}{3}} = 2.85 \text{ meter}$$

Tabel 10 merupakan tebal *primary* dari pemecah gelombang untuk tiga jenis batu pada kondisi 1 dan 2, sedangkan Tabel 11 merupakan tebal *secondary* dari pemecah gelombang untuk tiga jenis batu pada kondisi 1 dan 2

Tabel 10 Tebal Primary Layer

| Lapis Lindung | Tebal Primary | | | |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | Kondisi 1 | | Kondisi 2 | |
| | Ujung $\theta=26.56^\circ$ | Lengan $\theta=33.7^\circ$ | Ujung $\theta=18.43^\circ$ | Lengan $\theta=26.56^\circ$ |
| Batu Pecah | 2.85 | 3.09 | 2.55 | 2.85 |
| Tetrapod | 3.05 | 3.30 | 2.72 | 3.05 |
| A-Jack | 2.93 | 3.17 | 2.62 | 2.93 |

Tabel 11 Tebal Secondary Layer

| Lapis Lindung | Tebal Secondary | | | |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | Kondisi 1 | | Kondisi 2 | |
| | Ujung $\theta=26.56^\circ$ | Lengan $\theta=33.7^\circ$ | Ujung $\theta=18.43^\circ$ | Lengan $\theta=26.56^\circ$ |
| Batu Pecah | 1.32 | 1.43 | 1.18 | 1.32 |
| Tetrapod | 1.41 | 1.53 | 1.26 | 1.41 |
| A-Jack | 1.36 | 1.47 | 1.22 | 1.36 |

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari uraian pada bab sebelumnya dan perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kondisi gelombang di perairan PPN Prigi diketahui bahwa gelombang dominan berasal dari arah tenggara dengan sudut datang gelombang 135° .
2. Tinggi gelombang rencana periode ulang 50 tahun dengan metode weillull adalah 2.443 meter. Tinggi gelombang ini akan menjadi input program bantu SMS 10.1 setelah dikalikan dengan koefisien 1.85. Setelah dilakukan analisa dengan program bantu SMS 10.1, tinggi gelombang yang dihasilkan di depan struktur pemecah gelombang dengan jarak satu panjang gelombang (L_0) yaitu sebesar 2.5 meter.
3. Tata letak pemecah gelombang direncanakan dengan mempertimbangkan faktor arah datangnya angin, arus dan gelombang. Pemecah gelombang diletakkan dengan posisi yang dapat melindungi pelabuhan dari faktor-faktor tersebut. Selain itu, kenyamanan dan ketenangan kapal saat masuk melalui mulut pemecah gelombang juga perlu diperhatikan. Setelah dilakukan analisa dengan program bantu SMS, pemecah gelombang diletakkan dengan mulut pemecah gelombang membuka sebelah barat.
4. Perhitungan pemecah gelombang dilakukan dengan dua alternatif dari tipe lapis lindung dan tiga alternatif kemiringannya, yaitu tipe batu pecah dan tetrapod dengan kemiringan sudut $\cot \theta = 1:1.5$, $\cot \theta = 1:2$, dan $\cot \theta = 1:3$. Semakin landai pemecah gelombang, semakin efektif pemecah gelombang dalam mereduksi pengaruh gelombang datang.
5. Perhitungan stabilitas pemecah gelombang dilakukan dengan metode Hudson dan metode Van Der Meer, yang bertujuan untuk mendapatkan berat dari lapis lindung yang lebih berat sehingga struktur pemecah gelombang lebih stabil. Dari hasil analisa, perhitungan dengan metode Van Der Meer menghasilkan berat batu lebih berat.
6. Perhitungan dimensi pemecah gelombang dilakukan dengan tiga kemiringan $\cot \theta = 1:1.5$, $\cot \theta = 1:2$, dan $\cot \theta = 1:3$ dan tiga jenis batu yaitu batu pecah, tetrapod dan A-Jack.

Saran

Berdasarkan penyusunan laporan Tugas Akhir “Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi (PPN Prigi)” penulis ingin memberikan beberapa saran, antara lain:

1. Pemilihan jenis material dapat mempertimbangkan beberapa hal berikut, :

| Material | Kelebihan | Kekurangan |
|------------|------------------|--|
| Batu Pecah | Tersedia di alam | <ol style="list-style-type: none"> 1. Volume batu yang didapatkan acak 2. interlocking kurang sehingga pemindahan batu sangat memungkinkan |

| | | |
|----------|---|--|
| Tetrapod | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tetrapod banyak digunakan di Indonesia, sehingga tempat produksi banyak ditemukan. 2. Volume badan satu unit tetrapod besar, sehingga penggunaan material sedikit atau kecil. | interlocking kurang sehingga pemindahan batu sangat memungkinkan |
| A-jack | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tetrapod banyak digunakan di Indonesia, sehingga tempat produksi banyak ditemukan di Indonesia. 2. Volume badan dari A-jack sedikit lebih kecil dari terapod. | Interlocking antar batu terjadi dengan baik |

2. Pemilihan material jenis lapis lindung agar memperhitungkan biaya konstruksi agar dapat memilih material yang efisien.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achiari, Hendra. **Wave Generation (Hindcasting)**. Bahan Ajar Bangunan Pantai, FTSL ITB.
- [2] CERC. 1984. **Shore Protection Manual**. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- [3] CERC. 1991. **Manual on the use of rock in Coastal and Shoreline Engineering**. CIRIA, UK.
- [4] Fadilah. 2013. **Menentukan Tipe Pasang Surut Dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty**. Tesis Universitas Diponegoro.
- [5] Febriansyah. 2012. **Perencanaan Pemecah Gelombang (Breakwater) di Pelabuhan Merak**. Skripsi Universitas Indonesia
- [6] Sangkop, Novian. 2015. **Analisa Pasang Surut di Pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabuoaten Minahasa dengan Metode Admiralty**. Tugas Akhir Universitas Sam Ratulangi Manado.
- [7] Triatmodjo, Bambang. 2008. **Teknik Pantai**. Beta Offset, Yogyakarta
- [8] Triatmodjo, Bambang. 2011. **Perencanaan Bangunan Pantai**. Beta Offset, Yogyakarta
- [9] www.cirpwiki.info/wiki/CMS