

## Studi Perencanaan Jetty Untuk Pelabuhan Minyak Di Banyuwangi *Jetty Planning Study For Oil Port In Banyuwangi*

Yoga Widi Pratama<sup>1</sup>, Totok Dwi Kuryanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email : [yogawidipratama22@gmail.com](mailto:yogawidipratama22@gmail.com)

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email : [totok\\_dk@yahoo.com](mailto:totok_dk@yahoo.com)

### Abstrak

Penelitian perencanaan bangunan *Jetty* yang berada di kawasan Pantai Bangsring Kabupaten Banyuwangi bertujuan untuk menganalisis perediksi jumlah kapal minyak pertahun yang akan berlabuh sehingga dapat direncanakan bangunan dermaga pada pantai ini. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis empiris data sekunder dengan sifat data kuantitatif menggunakan beberapa formula. Dari perhitungan yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan besar yaitu 1) perhitungan hasil data kecepatan pasang surut periode 1 tahun adalah 3,18 mLWS, 2) data angin yang sudah diolah menghasilkan arah angin dominan arah tenggara dengan kecepatan 11 knot = 5,645 m/detik. Data gelombang yang sudah diolah menghasilkan tinggi gelombang sebesar 1,75 meter dengan periode gelombang 7,90 detik. Parameter daya dukung pada bangunan Dermaga menghasilkan perhitungan *Fender* yang berjarak 19 meter dan membutuhkan jumlah 13 *Fender*. Adapun *Bollard* menggunakan type SR-250 dengan jarak antar *Bollard* 45 meter. Hasil perhitungan Tiang Pancang untuk menopang beban di atas dermaga dengan kedalaman 18 meter dengan diameter Tiang Pancang 60 cm.

**Keywords:** *Jetty, Pasang Surut, Fender, Bangsring.*

### Abstract

The research on the design of the *Jetty* building located in the Bangsring Beach area, Banyuwangi Regency aims to analyze the design of the dock building in a port. The research method used is empirical analysis of secondary data, with the nature of quantitative data using several formulas. From the calculations that have been carried out, several major conclusions were obtained, namely first, in calculating the results of tidal data, the tidal velocity (mean sea level) for a period of 1 year was 3.18 mLWS. Second, the processed wind data produces the dominant wind direction southeast with a speed of 11 knots = 5,645 m/s, the processed wave data produces a wave height of 1.75 meters with a wave period of 7.90 seconds. The parameter of the carrying capacity of this pier building is to calculate *Fenders* that are 19 m apart and require a total of 13 *Fenders*, while the *Bollard* calculation uses the SR-250 type with a distance between *Bollards* of 45 m. The calculation of the piles to support the load on the pier, with a depth of 18 m from the ground, with a pile diameter of 0.60 m and a pile length of 18 m.

**Keywords:** *Jetty, Tidal, Fender, Bangsring.*

## 1. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan mempunyai lebih dari 13.000 pulau dan wilayah pantai lebih dari 80.000 km atau dua kali keliling dunia melalui khatulistiwa (Bambang Triatmodjo : 2009). Kabupaten Banyuwangi mempunyai panjang pantai 282 km yang berada di 11 kecamatan 3 (tiga) kecamatan menghadap Samudera Indonesia, 7 (tujuh) kecamatan menghadap Selat Bali dan 1 (satu) kecamatan menghadap Laut Jawa. Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu lokasi yang memiliki beberapa kilang minyak yang besar. Namun potensi tersebut belum dimanfaatkan dengan optimal. Usaha minyak masih menggunakan kapal – kapal kecil dengan motor tempel, yang hanya beroperasi di wilayah pantai, belum mencapai daerah lepas pantai dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE). Penggunaan kapal – kapal besar tersebut memerlukan adanya pelabuhan besar.

Perencanaan Pelabuhan minyak ini yang berlokasi di Pantai Bangsring, Kec. Wingsorejo, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur dengan secara Geografis terletak  $7^{\circ}53'03.00''$  LS dan  $114^{\circ}26'00''$  BT.



**Gambar 1.** Peta Lokasi di pantai Bangsring, Kec. Wingsorejo, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur.

Sumber : Google earth 2020.

### B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana jumlah Kapal yang di prediksi dalam beberapa tahun kedepan akan berlabuh di pantai Bangsring Kabupaten Banyuwangi ?
2. Bagaimana data teknik kepantaraan yang ada di Pantai Bangsring ?
3. Bagaimana kontruksi dermaga *Jetty* yang baik untuk rencana pelabuhan minyak di wilayah pantai Bangsring ?

### C. Batasan Masalah

1. Tidak menganalisa RAB (Rencana Anggaran Biaya)
2. Fasilitas dermaga seperti *Marine Loading Arm*, jib crane dan monitor tower tidak dibahas secara mendalam.
3. Data yang digunakan menggunakan data sekunder
4. Tidak merencanakan *Breakwater* dan kolam putar dermaga.

### D. Tujuan

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Penulisan tugas akhir ini Menganalisis perediksi jumlah kapal minyak pertahun yang akan berlabuh di pantai Bangsring Kab. Banyuwangi.
2. Untuk mengetahui data kepantaraan baik dari primer dan sekunder pada pantai Bangsring Kab. Banyuwangi.
3. Untuk kontruksi dermaga jetty pada rencana pelabuhan minyak di Pantai Bangsring Kab. Banyuwangi.

### E. Manfaat

1. Menerapkan materi - materi yang ada diperkuliahan tentang pelabuhan.
2. Membandingkan teori yang diperoleh di kampus dengan kenyataan yang ada di lapangan.
3. Dengan adanya perencanaan dermaga untuk kapal minyak di Pelabuhan Bangsring, Kabupaten Banyuwangi dalam penulisan ini dapat menjadi pertimbangan untuk pengembangan dermaga Bangsring.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Definisi Pelabuhan

Pelabuhan minyak merupakan pelabuhan yang memiliki perairan yang cukup luas untuk kapal tanker. Menurut PP No. 69 Tahun 2001 Pelabuhan atau yang kemudian disebut Pelabuhan minyak adalah “ Tempat yang terdiri atas daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas – batas tertentu sebagai kegiatan pemerintahan dan kegiatan **SISTEM BISNIS MINYAK** yang dipergunakan sebagai tempat kapal minyak bersandar , berlabuh, dan atau bongkar muat minyak yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang perikanan “.

### B. Karakteristik Kapal

Kapal minyak adalah jenis dari kapal tanker yang berfungsi untuk mengangkut minyak. Terdapat 2 jenis kapal tanker pengangkut minyak, yaitu kapal tanker pengangkut minyak matang/halus dan kapal tanker pengangkut minyak mentah.

**Tabel 1.** Dimensi kapal sesuai bobot kapal

Bobot (Ton)	LOA (m)	Beam (m)	Tinggi (m)	Draf (m)
<b>OIL TANKER ( DWT )</b>				
2,000	73	11.10	5.60	5.10
3,000	85	12.30	6.10	5.90
5,000	102	14.70	7.60	6.90
10,000	139	19.00	9.90	8.10
15,000	157	21.70	11.30	9.00
20,000	171	23.80	12.40	9.20
30,000	191	27.20	14.10	10.90
40,000	211	29.90	15.10	11.70
50,000	226	32.10	16.50	12.50
70,000	250	35.90	18.40	13.60
100,000	270	39.00	19.20	14.60
150,000	291	44.20	23.00	17.90
200,000	325	47.20	24.50	18.00
250,000	343	51.80	25.60	20.00

Sumber : Hasil dan Perhitungan

### C. Gaya – gaya yang terjadi pada kapal

Gaya-gaya yang bekerja pada dermaga dapat dibedakan menjadi gaya lateral dan vertikal.

#### 1. Gaya Benturan Kapal

Gaya bauran bekerja secara horizontal dan dapat dihitung berdasarkan energy benturan. Hubungan Antara gaya dengan energy benturan tergantung pada type fender yang digunakan. Besar energy benturan diberikan oleh rumus sebagai berikut ini :

$$E = \frac{W \cdot v^2}{2g} \times C_m C_e C_s C_c$$

#### 2. Gaya Akibat Angin

Arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada dermaga dan alat penambat (*bollard*). Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan berikut ini:

✓ Gaya tekanan karena arus yang bekerja dalam arah haluan

$$R_f = 0,14 S V^2$$

✓ Gaya tekanan karena arus yang bekerja dalam arah sisi kapal

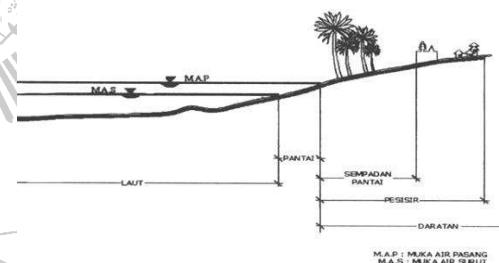
$$R_f = 0,50 \rho C V^2 B'$$

#### 3. Gaya Tarik Kapal pada Dermaga

Gaya angin dan arus pada kapal dapat menyebabkan gaya benturan pada dermaga atau gaya tarik pada alat penambat (*bollard*) yang ditempatkan pada dermaga.

### D. Definisi Pantai Dan Teknik Kepantiaian

Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan berpindah dan sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi.



**Gambar 2.** Batas Pantai

Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999

### E. Gelombang

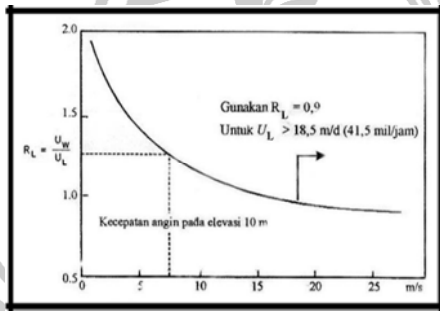
Gelombang laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut yang diakibatkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak dsb. Di antara beberapa bentuk gelombang

tersebut yang paling penting dalam bidang teknik pantai adalah gelombang pasang surut dan gelombang angin (Triatmodjo, 1991:11)

## F. Pembangkit Gelombang

### 1. Angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data angin dipermukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat kemudian di konversi menjadi data angin di laut. Kecepatan angin di ukur dengan Anemometer, dan biasanya dinyatakan dengan knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1,852 km/jam = 0,514 m/d. Dengan pencatatan jam-jaman tersebut akan diketahui angin dengan kecepatan tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin, dan dapat pula dihitung kecepatan angin rerata harian.



**Gambar 3.** Grafik Koreksi akibat Perbedaan Ketinggian

Sumber : Triatmodjo : 1999

Hasil dari perhitungan kecepatan angin tersebut diatas kemudian dikonversikan menjadi faktor tegangan angin ( $U_A$ ) dengan menggunakan rumus:

$$U_A = 0,71 U^{1,23}$$

(Triatmodjo : 1999)

Dimana  $U$  adalah kecepatan angin dalam  $m/s$ .

### 2. Fetch

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga berbagai sudut

terhadap arah angin. Panjang fetch adalah panjang laut dibatasi oleh pulau-pulau pada kedua ujungnya. Fetch rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum Xi \cos a}{\sum \cos a}$$

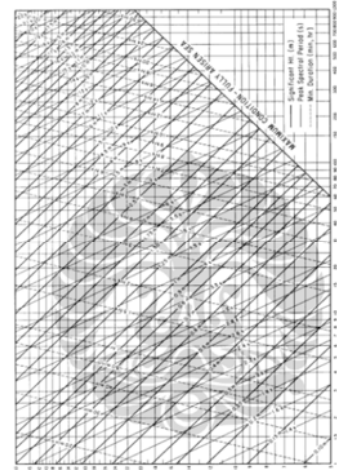
(Triatmodjo : 1999)

## G. Statistik Gelombang

Untuk keperluan perencanaan bangunan - bangunan pantai, perlu dipilih tinggi dan periode gelombang individu yang dapat mewakili satu spektrum gelombang. Gelombang tersebut disebut gelombang representatif.

### Peramalan Gelombang

Berdasarkan pada kecepatan angin, lama hembus angin dan fetch seperti yang telah dibahas, peramalan gelombang dilakukan dengan menggunakan grafik. Dari grafik tersebut apabila panjang *Fetch*, tegangan angin ( $U_A$ ) dan durasi diketahui, tinggi dan periode gelombang signifikan dapat dihitung.



**Gambar 4.** Grafik Peramalan Gelombang

Sumber : Shore Protection Manual ( CERC, 1984 )

## H. Arus

Arus adalah pergerakan air secara horizontal yang disebabkan adanya perubahan ketinggian muka air laut. Adanya arus lautan ini disebabkan oleh perputaran bumi, angin, dan suhu udara. Perhitungan arus yaitu dengan persamaan (1) sebagai berikut :

$$U = \frac{T}{\sqrt{A_z \rho^2 f}}$$

(Triatmodjo : 1999)



$$\Omega = \frac{2\pi}{86160} = 7,29 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$$

(Triatmodjo : 1999)

## I. Perencanaan Dermaga

### 1. Definisi Dermaga

Dermaga merupakan salah fasilitas pelabuhan yang fungsinya untuk tempat berlabuh dan tambat kapal yang sedang bersandar di pelabuhan dan untuk tempat kegiatan bongkar muat barang.

### 2. Tipe Dermaga

Ada dua macam dermaga yaitu yang berada di garis pantai dan sejajar dengan pantai yang disebut wharf dan yang menjorok (tegak lurus) pantai disebut pier atau jetty. (Bambang Triatmodjo : 2009).

#### a) Tipe Wharf

Wharf adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. *Wharf* juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya.

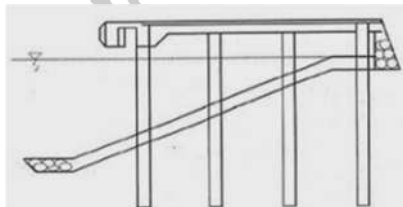
#### b) Tipe Pier atau Jetty

*Jetty* dapat digunakan pada satu sisi atau dua sisinya, yang biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang biasanya membentuk sudut tegak lurus dengan *Jetty*, sehingga *jetty* dapat berbentuk T, L atau Jari.

### 3. Tinjauan Jenis Struktur Dermaga

Pemilihan jenis struktur dermaga dipengaruhi oleh kebutuhan yang akan dilayani (dermaga penumpang ataupun barang yang bisa berupa barang satuan, curah, atau cair), ukuran kapal, arah gelombang dan angin, kondisi topografi, dan tanah dasar laut. Di bawah ini merupakan jenis-jenis struktur dermaga yang pada umumnya sering ditemui:

#### 1) *Deck On Pile*

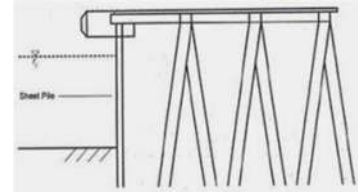


**Gambar 5.** Bentuk Struktur Dermaga

*Deck On pile*

Sumber : Triatmodjo, 1999

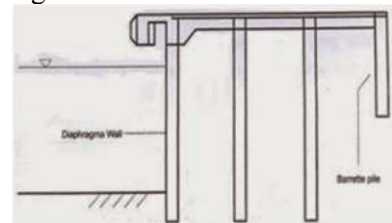
#### 2) *Sheet Pile*



**Gambar 6.** Bentuk Struktur Dermaga *Sheet Pile*

Sumber : Triatmodjo, 1999

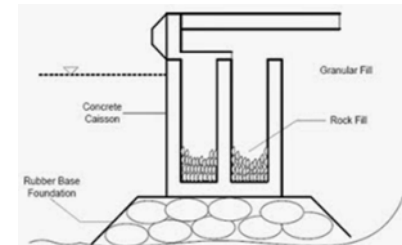
#### 3) Daphragma Wall



**Gambar 7.** Bentuk Struktur Dermaga *Diaphragma Wall*

Sumber : Triatmodjo, 1999

#### 4) Caisson



**Gambar 8.** Bentuk Struktur Dermaga *Caisson*

Sumber : Triatmodjo, 1999

## J. Dimensi Dermaga

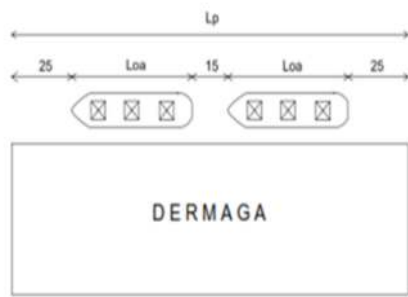
### 1. Panjang Dermaga

Untuk menentukan panjang dermaga yang akan dibangun digunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_p = n L_o + (n-1) 15 + (2 \times 25)$$

$$d = L_p - 2e$$

$$b = \frac{3A}{(d-2e)}$$



**Gambar 9.** Panjang Dermaga sesuai kapal yang berlabuh

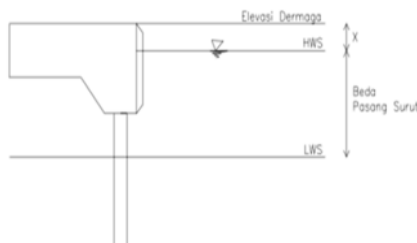
Sumber : Triatmodjo, 1999

## 2. Lebar Dermaga

Lebar dermaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan dermaga. Perhitungan lebar dermaga dilakukan dengan memperhitungkan jarak tepi, dan kebutuhan bongkar muat ikan hasil tangkapan yang berada diatas dermaga.

## 3. Elevasi Dermaga

Elevasi dermaga menurut buku Bambang Triatmodjo, Pelabuhan didapat dari elevasi hasil perhitungan pasang surut (HHWL) ditambah tinggi gelombang yang terjadi akibat angin / Fetch di dalam kolam pelabuhan maksimum dalam pelabuhan 0,5m dan tinggi jagaan (1 m).



**Gambar 10.** Elevasi Tinggi Dermaga

Sumber : Triatmodjo, 1999

## 4. Gaya yang berkerja pada Dermaga

Gaya – gaya yang bekerja pada dermaga adalah :

### a. Gaya benturan kapal

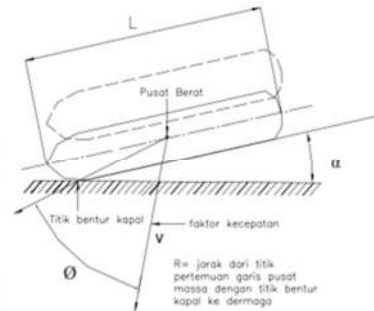
Besarnya energi benturan yang diberikan oleh kapal adalah sesuai dengan rumus berikut :

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c$$

Koefisien massa tergantung pada gerakan air di sekeliling kapal yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

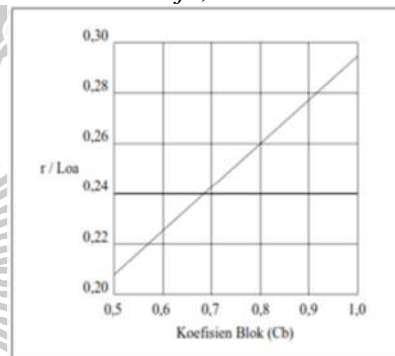
$$C_m = 1 + \frac{\pi d}{2 \times C_b \times B}$$

$$C_m = \frac{W}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_0}$$



**Gambar 11.** Jarak sandar kapal ke pusat berat kapal

Sumber : Triatmodjo, 1999



**Gambar 12.** Grafik koefisien blok

Sumber : Triatmodjo, 1999

### b. Gaya akibat angin

Angin yang berhembus ke arah badan kapal yang ditambat akan menyebabkan gerakan pada kapal yang bisa menimbulkan gaya terhadap dermaga.

Gaya akibat angin maksimum terjadi saat berhembus angin dari arah lebar:

**Rumus 1 (Quinn, 1972):**

$$F_w = C_w \times \gamma_w \times A_w \times \frac{V_w^2}{2g}$$

## 5. Fasilitas Dermaga

### a. Fender

Fender berfungsi sebagai bantalan yang ditempatkan di depan dermaga. Fender akan menyerap energi benturan antara kapal dan dermaga dan meneruskan gaya ke struktur dermaga. Gaya yang diteruskan ke dermaga

tergantung pada tipe fender dan defleksi fender yang diizinkan. (Bambang Triatmodjo : 2009)

**Tabel 2.** Kecepatan kapal

Ukuran Kapal (GT)	Kecepatan merapat pelabuhan (m/dt)	Laut terbuka (m/dt)
Sampai 500	0,25	0,30
500 - 10.000	0,15	0,20
10.000 - 30.000	0,15	0,15
> 30.000	0,12	0,15

Sumber : Hasil dan Perhitungan

Persamaan yang digunakan untuk menentukan jarak maksimum antara Fender adalah:

$$L = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

## b. Tipe Fender

### 1. Fender Kayu

Fender kayu biasa berupa batang-batang kayu yang di pasang horisontal atau vertikal di sisi depan dermaga. Panjang fender sama dengan sisi atas dermaga sampai muka air. Fender kayu ini mempunyai sifat untuk menyerap energi. (Bambang Triatmodjo: 2009).

### 2. Fender Karet

Karet banyak digunakan sebagai fender, bentuk paling sederhana dari fender ini berupa ban-ban luar mobil untuk kapal kecil yang dipasang pada sisi depan di sepanjang dermaga.

## 6. Struktur Dermaga

### a. Perencanaan Balok

Pada perencanaan balok, distribusi beban pelat terhadap balok berupa amplop, sehingga dinamakan metode amplop. Dalam metode amplop terdapat 2 jenis bentuk pelat yaitu bentuk segitiga dan bentuk trapezium. Beban pelat yang terdistribusi dalam bentuk segitiga ataupun trapezium, diekivalenkan menjadi beban merata. Beban merata ekuivalen pada bidang trapezium

### b. Penulangan Balok

Penulangan Balok batas panjang bentang balok dan distribusi momen diketahui maka tulangan dapat diketahui dan dihitung . Oleh karena itu ukuran dari penampang harus diketahui juga. Menggunakan persamaan berikut untuk tinggi efektif :

$$d = h - p - \phi \text{ tul sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul utama}$$

dan juga didapatkan momen tumpuan dan lapangan balok dari analisa SAP 2000 dengan rumus berikut:

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2}$$

Untuk menentukan dimensi tulangan dan jarak tulangan yang dipasang dapat diketahui  $\rho$  dari grafik beton bertulang dengan  $f'c = 30$  dan  $f_y = 400$  Mpa pada lampiran.

### c. Tulangan Geser

Perencanaan beton bertulang terhadap gaya lintang ternyata sesuai dengan lentur murni juga karena yang menentukan adalah perilaku struktur dalam stadium keruntuhan. Tegangan geser akibat  $V_u$  ditentukan sebagai :

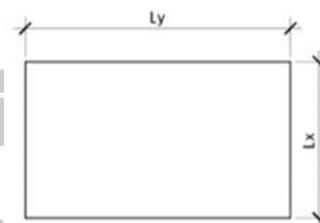
$$V_u = V_c / b \cdot d$$

Sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.5 menyatakan bahwa tulangan geser dapat berupa sengkang vertical ataupun tulangan rangkap dikombinasikan dengan batang yang dibengkok. Bila perencanaan tulangan geser bantuan gambar dibawah ini akan ditinjau kembali.

### d. Perencanaan Plat

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai dan atap. Pada pelat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

1. Pelat dua arah ( *Two Way Slab* )



**Gambar 13.** Pelat yang ditumpu pada keempat sisinya

Sumber : Triatmodjo, 1999

**Tabel 3.** Momen yang Menentukan Per Meter Lebar Dalam Jalur Tengah Pada Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi

Beban	Perhitungan beban berdasarkan hasil analisis	Momen per meter lebar	$l_x/l_y$					
			1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
0.2	[Diagram]	[Diagram]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.4	[Diagram]	[Diagram]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.6	[Diagram]	[Diagram]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.8	[Diagram]	[Diagram]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.0	[Diagram]	[Diagram]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Sumber : Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang. W.C. Vis dan Gideon Kusuma. 1993:26

**e. Tiang Pancang**

Pondasi Tiang digunakan untuk mendukung bangunan yang lapisan tanah kuatnya terletak sangat dalam, dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat keatas. Pondasi tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan bangunan dermaga.

**f. Jenis Tiang Pancang**

Tiang Beton Pracetak Tiang beton pracetak yaitu tiang dicetak dilokasi tertentu, setelah jadi barulah tiang ini diangkut kelokasi pemancangan untuk dipasang. Keuntungan tipe ini adalah pemancangan dapat berjalan dengan cepat karena tiang beton telah dicetak di pabrik, kualitas lebih dapat diandalkan, tiang yang dipancang dengan cara penumbukan sangat cocok untuk mempertahankan daya dukung vertikal. Sedang kerugiannya jika dipancang dengan penumbukan akan menimbulkan getaran disekeliling, untuk tiang dengan diameter yang besar akan berat dan sulit dalam pengangkutan.

**g. Beban Horizontal**

Dalam analisis, kondisi kepala tiang dibedakan menjadi 2, yaitu : a. Kepala tiang terjepit (fixed head) Adalah tiang yang pada bagian atasnya terjepit, biasa digunakan pada gedung atau bangunan tinggi. b. Kepala tiang bebas (free head) Adalah tiang yang pada

bagian atasnya tidak terjepit, biasanya digunakan pada jembatan.

**7. Penyidikan Tanah**

Penyelidikan tanah sangat menentukan dalam pemilihan tipe dermaga. Pada umumnya tanah di dekat daratn mempunyai daya dukung yang lebih besar daripada tanah di dasar laut. Dasar laut umunya terdiri dari endapan yang belum padat. Daya dukung tanah merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan pondasi beserta struktur di atasnya. Daya dukung tanah yang diharapkan untuk mendukung pondasi adalah daya dukung yang mampu memikul beban struktur, sehingga pondasi mengalami penurunan yang masih berada dalam batas toleransi.

**3. METODOLOGI**

**A. Lokasi Penelitian**

Lokasi yang menjadi tempat penelitian ini adalah di Pantai Bangsring, Kec. Wongsorejo, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur terletak 7°53'03.00" LS dan 114°26'00" BT.



**Gambar 14.** Peta Lokasi Studi di pantai Bangsring Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur

Sumber : Google Maps

**B. Jenis Data Dan Sumber Data**

Adapun data yang digunakan merupakan data primer dan sekunder / tidak langsung.

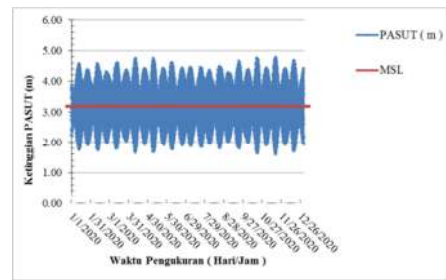
**1. Data Primer**

Berupa data yang diperoleh dari pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan terhadap kondisi bangunan dermaga dan fasilitasnya. Data primer yang diperoleh terdiri dari :

- a. Dokumentasi berupa foto kondisi di lokasi penelitian yaitu gambar perencanaan dermaga yang ada di pantai Bangsring, Kabupaten Banyuwangi.



- b. Data topografi dan bathymetri  
 2. Data Sekunder  
 Data yang diperoleh melalui bahan-bahan tertulis, maupun informasi lain yang erat kaitannya dengan objek penelitian yaitu :
- Data kapal
  - Data tanah
  - Data pasang surut
  - Data gelombang
  - Data angin
  - Data arus



**Gambar 15.** Grafik Pasang Surut Periode 1 Tahun

Sumber: Perhitungan pasang surut

**C. Metode Pengolahan Data**

Data yang telah di kumpulkan akan di olah, adapun tahapan dalam analisa data meliputi :

- Penyajian data kapal rancangan
- Penyajian data topografi dan bathimetri.
- Penyajian data pasang surut.
- Penyajian data gelombang.
- Penyajian data angin
- Penyajian data tanah

**D. Topografi dan Batimetri**

**1. Topografi**

Pengukuran topografi diperlukan untuk mengetahui profil daratan. Profil ini berguna dalam penentuan area untuk membangun dermaga, serta fasilitas-fasilitas penunjang dermaga seperti fender dan bolder.

**2. Bathimetri**

Peta bathimetri digunakan untuk mengetahui kondisi gelombang di lokasi. Peta topografi dan bathimetri di lokasi studi Data bathimetri diperlukan untuk membuat peta bathimetri untuk mengetahui profil bawah laut dan lokasi dermaga. Pengetahuan mengenai profil bawah laut berguna dalam tinjauan daerah perairan yang menyangkut luas, kedalaman perairan, alur pelayaran, penambatan, tempat labuh dan kemungkinan pengembangannya di masa mendatang.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Data Pasang Surut**

Dari data pasang surut di lokasi penelitian daerah Banyuwangi Pantai Bangsring grafik pasang surutnya adalah sebagai berikut :

Dari pembacaan grafik di atas didapatkan data sebagai berikut :

- Elevasi MHWL ( Meen Higt Water Level ) + 5,57 mLWS
- Elevasi HWL ( High Water Level ) + 4,78 mLWS
- Elevasi MSL ( Meen Sea Level ) + 3,18 mLWS
- Elevasi LWL (Low Water Level) - 1,60 mLWS
- Elevasi MLWL ( Meen Low Water Spring) + 3,98 mLWS

**B. Data Angin**

Data angin yang di dapat yaitu tabel 4.2 dan gambar 4.6

**Tabel 4.** Data Angin Bulan Agustus 2020

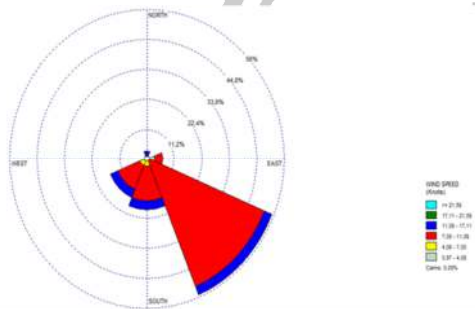
TAHUN	BULAN	TANGGAL	JAM	ARAH	KECEP ATAN	CH
2020	8	1	1	240	5	8888
2020	8	2	2	140	4	0.2
2020	8	3	3	160	5	0
2020	8	4	4	130	4	8888
2020	8	5	5	240	5	8888
2020	8	6	6	100	5	1
2020	8	7	7	230	3	8888
2020	8	8	8	130	4	10.2
2020	8	9	9	100	2	0
2020	8	10	10	20	6	0
2020	8	11	11	130	5	0
2020	8	12	12	160	3	5.8
2020	8	13	13	160	4	0
2020	8	14	14	150	5	1.4
2020	8	15	15	130	4	2.6
2020	8	16	16	150	5	3.2
2020	8	17	17	140	4	8888

IDWMO	96987
Nama Stasiun	Stasiun Meteorologi Banyuwangi
Lintang	-8.21500
Bujur	114.35530
Elevasi	52



2020	8	18	18	160	4	0
2020	8	19	19	140	5	4
2020	8	20	20	150	4	5.7
2020	8	21	21	200	6	0
2020	8	22	22	150	6	0
2020	8	23	23	220	4	0
2020	8	24	24	140	5	0
2020	8	25	1	120	5	0
2020	8	26	2	210	6	0
2020	8	27	3	140	5	0
2020	8	28	4	150	4	0
2020	8	29	5	170	5	7.2
2020	8	30	6	150	4	4.5
2020	8	31	7	150	5	0

Sumber : BMKG Kelas III Banyuwangi



Gambar 16. Mawar Angin

Sumber : BMKG Kelas III Banyuwangi, WRplot



Gambar 17. Windrose Di area Lokasi

Sumber : Wrplot Export Goole Earth

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.4 dapat diketahui bahwa arah angin dominan adalah angin dari tenggara dengan kecepatan maksimum 11 knot (11,240) m/detik). Konversi angin jadi m/detik (1knot = 0,514 m/detik ).

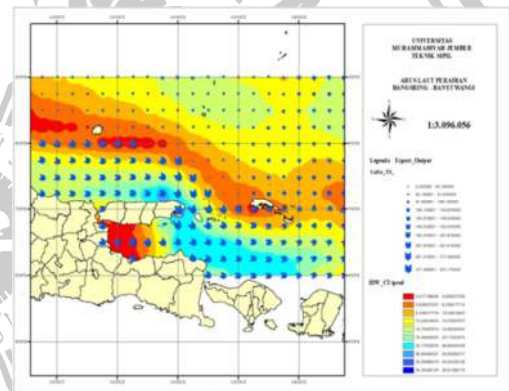
### C. Data Arus

Dari hasil data arus yang di dapat pada tabel 4.3 dan peta shp indonesia yang diperoleh melalui website DivaGis atau Gadm mendapatkan hasil pengolahan peta arah arus menggunakan aplikasi ArcGis.

Tabel 5. Data Arus

Longitude	Latitude	WindDir (TN)	WindSpd (knot)	CuDir (TN)	CuSpd (cm/s)
111	-5	115.84	11.67547	106.13	10.85588
111	-5.25	115.28	11.43286	113.07	7.21832
111	-5.5	115	10.97314	141.74	3.02261
111	-5.75	115.04	10.29547	253.24	4.83735
111	-6	115.45	9.39998	274.1	13.62689
111	-6.25	115.44	7.45408	271.26	18.1135
111	-6.5	116.17	5.64483	303.6	19.84714
111.25	-5	116.47	11.68285	102.23	11.10879
111.25	-5.25	115.77	11.4056	104.5	7.3667
111.25	-5.5	115.36	10.91224	111.92	2.9284
111.25	-5.75	115.26	10.20148	271.61	3.184
111.25	-6	115.75	9.2745	279	11.68235
111.25	-6.25	116.67	7.35001	283.91	16.00686
111.25	-6.5	118.93	5.56879	284.76	18.84491
111.5	-5	116.9	11.69244	97.97	11.47904
111.5	-5.25	116.07	11.38059	96.43	7.95062
111.5	-5.5	115.51	10.85355	88.54	3.80677
111.5	-5.75	115.25	10.10961	310.44	2.24847
111.5	-6	115.64	9.14981	288.53	10.37057

Sumber : BMKG Kelas III Banyuwangi



Gambar 18. Arus Laut

Sumber : BMKG Kelas III Banyuwangi

Perhitungan :

U = Kecepatan Arus

T = Tegangan Angin ( 9,02 m/s )

W = Kecepatan Angin

Az = Koefisien Viskositas Eddy ( 1,3 x 10<sup>-4</sup> m/s )

Θ = 8

C = 2,6 x 10<sup>-3</sup>

p = Densitas Air Laut ( 1027 Kg/m<sup>3</sup> )

p Udara = Densitas Udara 1,25 Kg/m<sup>3</sup>

f = 2 Ω sin Θ = 14,42484324

Ω = 7,29 x 10<sup>-5</sup> rad/s

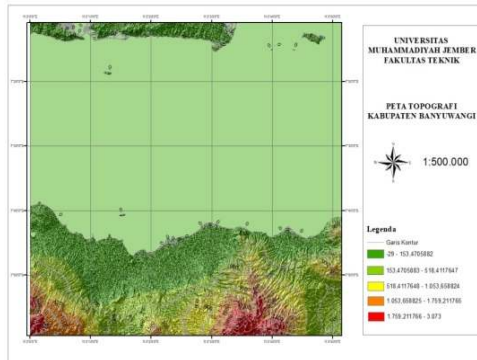
U =  $\frac{T}{\sqrt{A^2 p^2 f}}$  = 0,27 cm/s

Sehingga kecepatan arus laut adalah sebesar 0,27 cm/s

## D. Topografi Dan Bathimetri

### 1. Topografi

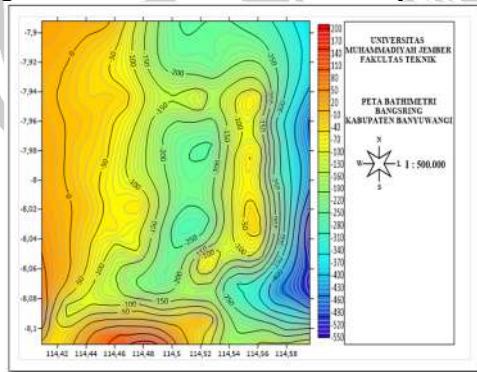
Pengukuran topografi diperlukan untuk mengetahui profil daratan. Profil ini berguna dalam penentuan area untuk membangun dermaga, serta fasilitas-fasilitas penunjang dermaga seperti alur pelayaran dan lain-lainnya.



**Gambar 19.** Peta Topografi  
 Sumber : USGS, Science For a Changing World

### 2. Bathimetri

Peta bathimetri digunakan untuk mengetahui kondisi gelombang di lokasi. Peta topografi dan bathimetri di lokasi study.



**Gambar 20.** Peta Topografi  
 Sumber : Global Topography

## E. Analisa Gelombang

### 1. Fetch

Panjang fetch berdasarkan arah angin yang berpengaruh pada lokasi pantai Bangsring, Kec. Wongsorejo, Kab. Banyuwangi dengan orientasi pantai menghadap kearah selatan, maka arah angin yang berpengaruh pada perhitungan fetch adalah Selatan.

Dengan menganalisa posisi geografis pantai maka panjang fetch efektif dari arah angin yang berpengaruh dapat dilihat pada tabel perhitungan fetch efektif.



**Gambar 21.** Fetch

Dari hasil perencanaan fetch pada gambar, panjang total jarak fetch  $X_i \cdot \cos a$  adalah 176,84 km.

**Tabel 6.** Perhitungan Fetch Efektif

Arah	a°	Cos a	Xi ( km )	Xi*Cos a	Feff ( km )
	42	0.743	30.200	22.4386	
	36	0.809	26.800	21.6812	
	30	0.866	26.200	22.6892	
	24	0.914	19.900	18.1886	
	18	0.951	19.500	18.5445	
	12	0.978	19.200	18.7776	
	6	0.995	18.500	18.4075	
T	0	1.000	18.700	18.7000	13,088
	6	0.995	17.500	17.4125	
	12	0.978	0	0	
	18	0.951	0	0	
	24	0.914	0	0	
	30	0.866	0	0	
	36	0.809	0	0	
	42	0.743	0	0	
<b>TOTAL</b>		<b>13,512</b>		<b>176,8397</b>	

Sumber : Perhitungan Fetch

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos a}{\sum \cos a} = \frac{176,84}{13,152} = 13,088$$

Sehingga untuk - Arah Selatan  $F_{eff} = 13,088$  km

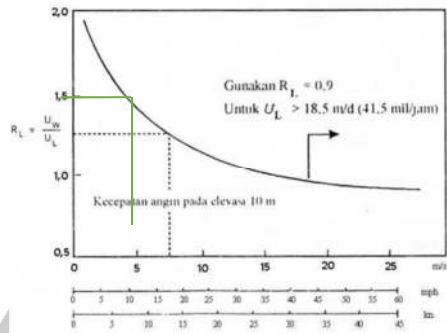
### 2. Tinggi dan Periode Gelombang Pada Laut Dalam

Hasil kecepatan angin maksimum adalah hasil pengukuran kecepatan angina di darat sehingga perlu dikonversikan menjadi kecepatan angina di laut yaitu dengan grafik hubungan kecepatan angin di darat dan di laut yang akan disajikan berikut ini :

1. Mencari kecepatan dan arah angin maksimal dari arah angin tahun 2020 yang dapat menimbulkan gelombang paling



- besar. Dipakai bulan Agustus dengan kecepatan angin 11 knot.
- Konversi kecepatan angin menjadi m/dt ( 1 knot = 0,514 m/dt ). Dipakai 11 knot = 5,654 m/det
  - Dihitung kecepatan angin di laut dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat.



**Gambar 22.** Grafik Hubungan Antara Kecepatan  
*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari grafik diatas di dapat nilai  $R_L = 1.40$  dengan menggunakan rumus pada (2.5.) sebagai berikut :

Kecepatan Angin di Laut diperoleh :

$$\begin{aligned}
 U_W &= U_L \times R_L \\
 &= 5,654 \times 1.40 \\
 &= 7,903 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

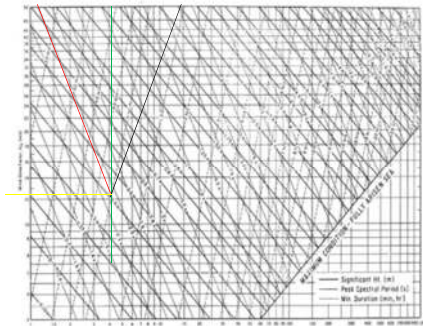
- Menghitung nilai  $U_A$   

$$U_A = 0.71 \times U_W^{1.23}$$

$$= 0.71 \times 7,903^{1.23}$$

$$= 9,0269 \text{ m/dt}$$

Dari nilai  $U_A$  (9,0269 m/dt) dan Fetch tinggi (13,088 km) dan periode gelombang dapat dicari dengan menggunakan grafik peramalan gelombang sebagai berikut.



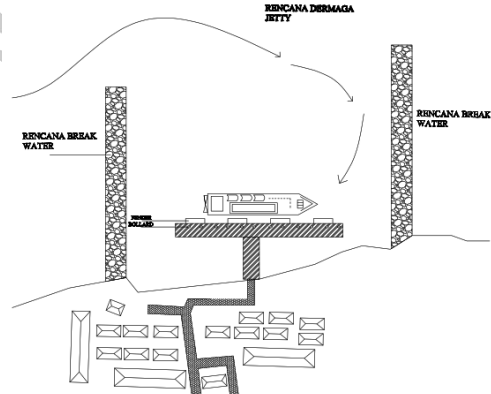
**Gambar 23.** Grafik Peramalan Gelombang  
*Sumber : Hasil Perhitungan*

Maka dari grafik peramalan gelombang diperoleh tinggi dan periode gelombang sebagai berikut :

Tinggi gelombang ( $H$ ) = 0,7 m  
 Periode gelombang ( $T$ ) = 4,2 detik

## F. Perencanaan Dermaga

PERENCANAAN PELABUHAN MINYAK



**Gambar 25.** Perencanaan Dermaga  
*Sumber : Hasil Perencanaan*

- Data Kapal
- Tipe kapal = kapal minyak (Crude Oil Carrier)
  - Bobot = 70.000 ton
  - Panjang total kapal (Loa) = 250 meter = 820 ft
  - Lebar kapal (B) = 35.9 meter = 118 ft
  - Draft (d) = 13.6 meter = 44.6 ft

**Tabel 7.** Karakteristik Kapal

Bobot (Ton)	LOA (m)	Beam (m)	Tinggi (m)	Draf (m)
<b>OIL TANKER (DWT)</b>				
2,000	73	11.10	5.60	5.10
3,000	85	12.30	6.10	5.90
5,000	102	14.70	7.60	6.90
10,000	139	19.00	9.90	8.10
15,000	157	21.70	11.30	9.00
20,000	171	23.80	12.40	9.20
30,000	191	27.20	14.10	10.90
40,000	211	29.90	15.10	11.70
50,000	226	32.10	16.50	12.50
70,000	250	35.90	18.40	13.60
100,000	270	39.00	19.20	14.60
150,000	291	44.20	23.00	17.90
200,000	325	47.20	24.50	18.00
250,000	343	51.80	25.60	20.00

*Sumber : Triatmodjo, 1999*

Panjang dermaga dapat dihitung dengan menggunakan rumus :  
 Panjang Dermaga



Loa = 250 m  
 B = 35,9 m  
 d = 13,6 m

$L_p = n \text{ Loa} + (n + 1) 10\% + \text{Loa}$   
 $= 1 \times 250 + (1 + 1) 0.1 + 250$   
 $= 500.2 \text{ m}$

Spesifikasi kapal

Spesifikasi Vol. muatan

$= \text{Vol.} + \text{Vol. Ekspansi} + \text{Vol. Kontruksi}$   
 $= 100\% + 3\% + 2\%$   
 $= 105$

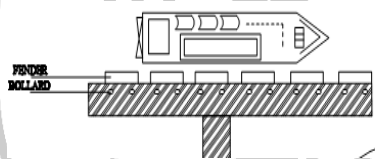
Volume total

$= \frac{P_b \times \text{spesifikasi Vol.muatan}}{\text{Spesifikasi Bj muatan}}$   
 $= \frac{11390.352 \times 105}{1.156}$   
 $= 1034529 \text{ m}^3$

Volume ruang yang di butuhkan :

$V = 1.156 \times 1034529 \text{ m}^3$   
 $= 1195987 \text{ m}^3$

**G. Lebar Dermaga**



**Gambar 26.** Alur Pelayaran Satu Alur  
 Sumber : Perencanaan Pelabuhan Dermaga

Sehingga lebar total minimal pada dermaga :

$L = L_{\text{apron}} + L_{\text{gudang}} + L_{\text{parkir}} + 50$   
 $= 40 + 61.165 + 55 + 50$   
 $= 256 \text{ meter}$

**H. Fender**

$E_{\text{fender}} = \frac{1}{2} E$   
 $= \frac{1}{2} 1.2648$   
 $= 0.6324 \text{ tm}$

Jadi, fender yang digunakan adalah fender dengan type V-500H karena aman untuk digunakan

Perhitungan Jarak Fender

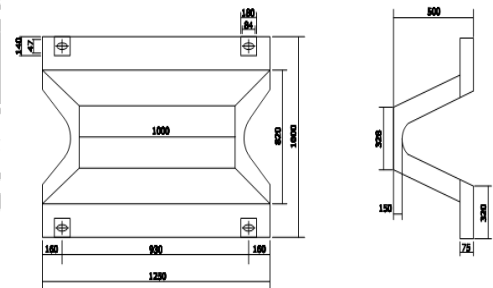
Pada dermaga ini jarak Fender yang direncanakan adalah sebagai berikut :

Type	SwL Ton	Body					Base					n
		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	
SR-25	25	400	250	88	50	600	123	45	100	500	43	4
SR-35	35	480	300	105	90	720	150	60	130	800	56	4
SR-50	50	480	300	105	90	720	150	60	160	600	56	6
SR-70	70	560	350	123	30	840	175	70	190	700	66	6
SR-100	100	640	400	140	70	960	200	80	270	800	74	6
SR-150	150	720	450	158	05	1180	270	80	340	1000	74	8
SR-200	200	880	550	193	85	1440	330	100	340	1220	91	8
SR-250	250	1040	650	228	65	1700	390	110	410	1440	101	8

$L = 2\sqrt{r^2 - (r-h)^2}$   
 $= 2\sqrt{63.25^2 - (63.25 - 0.50)^2}$   
 $= 19.0 \text{ m}$

Jumlah fender  $= \frac{\text{Loa}}{L}$   
 $= \frac{250}{19.0} = 13.16 = 13 \text{ m}$

maka,  $F = \frac{W}{2g d_{\text{fender}}}$   
 $= \frac{72500}{2 \times 9.81 \times 225} = 16.42 \text{ ton}$



**Gambar 27.** Detail Fender

Sumber : Perencanaan Pelabuhan Dermaga

**I. Bollard**

Beban tambat pada kapal berpengaruh terhadap Bollard. Gaya pada Bollard untuk kapal general cargo 70.000 DWT.

**Tabel 8.** Ukuran Kapal untuk Perencanaan Bollard

Ukuran kapal (GT)	Gaya tarik pada mooring Bitt (KN)	Gaya tarik pada Bollard (KN)
200 < GT < 500	150	150
500 < GT < 1000	250	250
1000 < GT < 2000	350	250
2000 < GT < 3000	350	350
3000 < GT < 5000	500	350
5000 < GT < 10000	700	500

10000 < GT < 20000	1000	700
20000 < GT < 50000	1500	1000
50000 < GT < 100000	2000	1000

Sumber : Triatmodjo, 1999

Berdasarkan table di atas Ukuran kapal 70.000 < GT < 100.000, Gaya Tarik pada bitt = 2000 KN Gaya Tarik pada bollard = 1000 KN

**Tabel 9.** Type Strandart Bollard

Sumber : Triatmodjo, 1999

Berdasarkan bobot kapal 70.000 DWT general cargo maka besarnya gaya tarik kapal terhadap bollard adalah 1000 KN maka tipe bollard ditentukan berdasarkan nilai tersebut dipilih bollard SR-250 dengan jarak antar bolard 45 m. Dimensi bollard SR-250.

$$L1 = \frac{1}{4} \pi D^2 \times t$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 0.4^2 \times (0.37 + 0.19)$$

$$= 0.070 \text{ m}^3$$

$$L2 = \frac{1}{4} \pi D^2 \times t$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 0.64^2 \times 0.14$$

$$= 0.045 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat bollard} = (L1 + L2) \times \text{berat jenis besi}$$

$$= 0.070 + 0.045 \times 7850$$

$$= 905.51 \text{ kg}$$

**J. Perhitungan Plat**

**1. Momen Plat akibat terfaktor**

Arah X, lapangan  $M_{u,x} = 43.622 \text{ kNm/m}$   
 tumpuan  $M_{u,x} = 80.829 \text{ kNm/m}$   
 Arah Y, lapangan  $M_{u,y} = 18.065 \text{ kNm/m}$   
 tumpuan  $M_{u,y} = 44.340 \text{ kNm/m}$

**2. Penulangan**

Luas tul. yang diperlukan,  $A_s = 805 \text{ mm}^2$   
 Jarak tul. yang diperlukan,  $s = 472 \text{ mm}$   
 Diambil sengkang,  $s = 470 \text{ mm}$   
 Digunakan tul.  $\varnothing 22 - 470$   
 Luas tul. Terpakai,  $A_s = 809 \text{ mm}^2$

**3. Kontrol Lentutan**

Modulus elastis beton,  $E_c = 27806 \text{ Mpa}$   
 Modulus elastis baja tul.  $E_s = 200000 \text{ Mpa}$   
 Beban merata pada plat,  $Q = 36.100 \text{ N/mm}$   
 Lentutan akibat rangkai dan susut,

$$\delta_g = 10.222 \text{ mm}$$

$$\text{Lentutan total, } \delta_{\text{total}} = 15.981 \text{ mm}$$

**4. Perhitungan Balok**

Jumlah tulangan,  $n_s = 11 \text{ bh}$   
 Jarak horizontal pusat ke pusat antara tul.  $x = 29.60 \text{ mm}$

Jarak horizontal

pusat ke pusat antara tul.  $y = 47 \text{ mm}$

Digunakan tul. 6 D 22

Digunakan sengkang, 2 P 15

Diambil jarak sengkang,  $s = 230 \text{ mm}$

Digunakan sengkang lap. 2 P 15 470

Digunakan sengkang tum. 2 P 15 230

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

**A. Kesimpulan**

- Spesifikasi Kapal Tangker dengan total volume 1034529 m<sup>3</sup> dan volume ruang muat yang dibutuhkan yaitu 1195987 m<sup>3</sup>
- Dimensi dermaga yang direncanakan dengan ukuran panjang dermaga 500,2 meter, lebar dermaga 256 meter dengan bobot 70.000 DWT dengan panjang total kapal 250 meter dengan tipe kapal oil tangker. Dalam perhitungan hasil data pasang surut kecepatan pasang surut ( Meen See Level ) periode 1 tahun adalah 3,18 mLWS dan data angin yang sudah diolah menghasilkan arah angin dominan arah tenggara dengan kecepatan 11 knot = 5,645 m/det, data gelombang yang sudah diolah menghasilkan tinggi gelombang sebesar 1,75 meter dengan periode gelombang 7,90 detik.
- Dimensi Jetty (Dermaga):
  - Fender
    - Gaya Akibat Angin ( $R_w$ ) = 39.88 ton
    - Gaya Akibat Arus ( $R_a$ ) = 3.69 ton
    - Jarak Fender = 19.0 m
    - Jumlah Fender yang dibutuhkan = 13 fender
  - Bollard
    - Type Bollard : SR-250
    - Jarak antar Bollard = 45 m
  - Plat
    - Tulangan pokok : 22 mm
  - Balok
    - Tulangan pokok : 22 mm
    - Tulangan Begel : 15 mm
  - Catwalk
    - Perencanaan catwalk menggunakan profil baja DIN 20
  - Tiang Pancang

Panjang 18 meter dengan diameter tiang 0,60 meter.

Usman. E, F.Novico, K. Budiono, Agustus 2004, "Jurnal Geologi Kelautan". Translation Journal. Volume 2, No.2.

#### B. Saran

1. Meninjau ulang untuk masing-masing data yang telah didapat untuk perencanaan dermaga berikutnya.
2. Dapat dilakukan penelitian lanjut mengenai kebutuhan penunjang Dermaga.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ayub Wildan Mauluvi., 2016, "Evaluasi Konstruksi Dermaga Pelabuhan Perikanan Di Ipp Pancer Kabupaten Banyuwangi", Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Jember.
- Badan Meteorologi dan Geofisika Kabupaten Banyuwangi. 2017. *Data Tinggi Gelombang Laut Perairan Selatan dan Data Arah dan Kecepatan Angin*.
- Bayu Argo Nusantoro, Januari 2017, "Perencanaan Dermaga untuk kapal *Multi Purpose Supply Vessel (MPSV)/ Platform Supply Vessel (PSV) 3500. DWT dan Floating Pontoon* Di Terminal Khusus PT. BADA NGL, BONTANG.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Pancer. 2017. *Laporan Monitoring Data Kapal Pelabuhan Perikanan IPP Pancer Kabupaten Banyuwangi. 2016-2017*.
- H. Kusuma, Gideon Ir.M.Eng, dan W.C.Vis (1993). *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta: Universitas Kristen Petra Surabaya.
- H. Kusuma, Gideon Ir.M.Eng, (1993). *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03*. Jakarta: Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Pratikto, ST.MsI, (2009). *Konstruksi Beton*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- Sumitomo, (2002). *Rubber Marine Fenders.*: Sumitomo Rubber Industri, LTD.
- SNI – 1726 – 2002, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Triadmodjo, Bambang Prof.Dr.Ir.,DEA(1987). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.