



PERENCANAAN STRUKTUR WHARF DENGAN KAPASITAS 20.000 DWT

Usmanul Hayadi Umar, Daniel Sabar Menanti Hutapea

Universitas Internasional Batam
Email : danielbarca210796@gmail.com

Abstract

Wharf is a facility of a port that used for mooring ships and loading or unloading goods or passengers. PT. Paxocean is a company in shipyard field and marine engineering located in Batam. PT. Paxocean is now designing and will construct wharf for particular purpose only. The wharf length is 300m and will used for repairing ship with length overall till 280m with draft 5m. Based on bathymetri, the seabed is at level -8m.

In this thesis will studied and designed about the structure of the wharf comprise slab, fender, bollard and sheetpile. The structure is calculated by analyzing the loading and compute the maximum moment from ultimate loading. The steps to analyze the loadings are collecting data and design input from owner. The slab is considered to hold live load 2 t/m^2 and supported by piling foundation system. The slab is designed by 300mm thick with rebar D20-200 two layers to hold the loads. The fender system is considered to bear berthing force of ship. The berthing force occurs by calculating the energy of ship with velocity 0,15 m/s. The berthing force is 77,06 ton. The fender system is using UE-800 Trellerborg with capacity 119,61 ton. The bollard is considered to resist mooring force. The bollard is designed by using composite pipe 12mm thick with 600mm inner diameter to resist mooring force 500 kN. The capacity of the steel pipe bollard is calculated 2304,56 kN. Sheetpile is considered to resist soil active pressure. The moment of the soil active pressure works at the sheetpile is 315,7 kNm. Sheetpile KSP IIIA is designed to resist the moment. The widerstand moments is $1503,53 \text{ cm}^3$. The section modulus of sheetpile KSP IIIA is 1520 cm^3 . The sheetpile KSP IIIA is afford to resist the soil active pressure.

Keywords: *wharf, slab, fender, bollard, sheetpile*

Abstrak

Wharf merupakan fasilitas pelabuhan sebagai tempat kapal berlabuh untuk bongkar muat barang atau penumpang. PT. Paxocean merupakan perusahaan yang bergerak dibidang galangan kapal dan *marine engineering* di Batam. PT. Paxocean akan merancang dan membangun *wharf* untuk tujuan tertentu. *Wharf* dibangun dengan dimensi panjang 300m dan digunakan untuk memperbaiki kapal dengan panjang 280m dan *draft* 5m dan level seabed berada di kedalaman -8m.

Dalam thesis ini akan dipelajari dan direncanakan struktur *wharf* yang terdiri dari *slab, fender, bollard dan sheetpile*. Struktur dihitung dengan menganalisa beban dan menghitung moment terbesar yang terjadi akibat beban terfaktor. Langkah yang digunakan dalam menganalisa beban adalah dengan mengumpulkan data dan *design input* dari pemilik. *Slab* direncanakan untuk menahan beban hidup sebesar 2 t/m^2 dan di dukung oleh system pondasil tiang pancang. *Slab* direncanakan dengan tebal 300mm dengan tulangan D20-200 dua lapis. *Fender*



system direncanakan untuk menahan *berthing force* akibat kapal. *Berthing force* yang terjadi dihitung dengan kecepatan kapal sebesar 0,15 m/s. Besarnya gaya tersebut sebesar 77,06 ton dengan menggunakan UE-800 berkapasitas 119,61 ton. *Bolalrd* direncanakan menggunakan pipa dengan tebal 12mm dan diameter 600mm untuk menahan beban sebesar 500 kN. Kapasitas pipa baja tersebut sebesar 2304,56 kN. *Sheetpile* direncanakan untuk menahan tekanan aktif tanah. Moment yang terjadi akibat tekanan tanah aktif sebesar 315,7 kNm. *Sheetpile* KSP IIIA direncanakan untuk menahan moment tersebut. *Sheetpile* KSP IIIA memiliki nilai moment tahan sebesar 1503,53 cm³. *Sheetpile* KSP IIIA memiliki nilai *section modulus* sebesar 1520 cm³. *Sheetpile* KSP IIIA mampu menahan tekanan aktif tanah yang terjadi.

Kata kunci: *wharf, slab, fender, bollard, sheetpile*

1.1 Latar Belakang

Batam merupakan pulau yang dikelilingi oleh laut. Batam juga dikenal sebagai daerah industry termasuk kawasan galangan kapal. Sebagai kota yang menggerakkan ekonomi di bidang *marine engineering* dan galangan kapal, infrastruktur merupakan hal yang penting untuk disediakan, seperti *wharf, jetty*, pabrik, jalan dan lain sebagainya.

Wharf merupakan fasilitas pelabuhan yang digunakan untuk menambatkan kapal untuk bongkar muat barang atau penumpang. Bentuk dan ukuran *wharf* tergantung pada type dan ukuran kapal yang akan berlabuh. (Triadmodjo, 2009).

PT Paxocean merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang *shipyard*. PT Paxocean akan merencanakan membangun *wharf* yang akan digunakan sebagai tempat perbaikan kapal dengan kapasitas 20.000 DWT. *Wharf* direncanakan untuk menahan beban yang terjadi akibat kapal berlabuh. Struktur yang akan direncanakan terdiri dari *slab, fender, bollard*, dan *sheetpile*.

1.2 Perumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas, dapat disimpulkan perumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merencakana struktur *wharf* dengan kapasitas 20.000 DWT?
2. Apa yang mempengaruhi perencanaan *wharf*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Layout wharf* yang digunakan berdasarkan *master plan* PT.Paxocean.
2. Perencanaan fasilitas dermaga tidak termasuk pembahasan.
3. Struktur yang akan direncanakan adalah *slab, fender, bollard*, dan *sheetpile*.
4. *Slab* direncanakan menahan beban hidup sebesar 2,5 t/m².
5. Tali penambat tidak termasuk dalam pembahasan.
6. Beban gempa diabaikan karena struktur yang akan direncanakan berada di Batam.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Menganalisis struktur *wharf* dengan kapasitas 20.000 DWT.
2. Mengetahui factor apa saja yang mempengaruhi perencanaan *wharf*.

2.1. General Review

Wharf merupakan fasilitas pelabuhan yang digunakan sebagai tempat kapal berlabuh untuk bongkar muat barang atau penumpang. Bentuk dan dimensi *wharf* tergantung pada typw dan ukuran kapal yang akan berlabuh (Triatmodjo, 2009).

Ada banyak aspek yang mempengaruhi perencanaan *wharf*. Beberapa factor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan *wharf* yaitu lingkungan, kegunaan *wharf*, beban yang bekerja dan lain sebagainya. Perencanaan *wharf* mempertimbangkan prinsip sebagai berikut:

1. Ukuran *wharf* termasuk panjang, lebar dan karakteristik harus disesuaikan dengan kapasitas kapal yang akan berlabuh
2. Lebar *wharf* apabila digunakan untuk mengoperasikan truk, kran, dan *forklift*.
3. Beban yang akan ditahan oleh *wharf*.
- 4.

2.2 Pembebanan

Pembebanan yang terjadi pada *wharf* adalah sebagai berikut :

1. *Berthing force*
2. *Mooring force*
3. Beban arus
4. Beban gelombang
5. Beban angin

2.3 Perencanaan Slab

Perhitungan penulangan *slab* menggunakan formula sebagai berikut :

$$A_s = \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y}$$

Dimana :

- A_s = Luas tulangan (mm^2)
 f_c' = Mutu beton (Mpa)
 a = regangan slab (mm)
 b = koefisien 1000 mm
 f_y = Mutu baja (Mpa)

2.4 Perencanaan Fender

Fender direncanakan untuk menahan beban akibat tumbukan kapal. Energi *fender* dihitung menggunakan formula :

$$E = \frac{(W_1 + W_2) \times V^2}{2g} \times K$$

Dimana :

- E = Energy (ton.m)
 W_1 = Displacement Tonnage (ton)
 W_2 = Additional tonnage
 V = Velocity of ship (m/s)
 g = Gravitational acceleration (m/s^2)
 K = Factor of Eccentricity

Table 2.1. Kecepatan kapal rencana

Source : Perencanaan Pelabuhan Bambang Triatmodjo, 2009

Weight of ship (DWT)	Actual Velocity (m/s)	Design Velocity (m/s)
< 10.000 Ton	0,10 – 0,30	0,20
10.000 – 50.000 Ton	0,10 – 0,20	0,15
> 50.000 Ton	0,10 – 0,15	0,15

2.5 Perencanaan Bollard

Bollard berfungsi untuk menahan gaya yang terjadi akibat kapal berambat. Tabel dibawah ini menunjukkan kebutuhan kapasitas *bollard* berdasarkan rencana kapal yang digunakan.

Table 2.2. Table tractive forces of vessel

Sumber : Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan

Ships with a displacement up to : tonnes	Bollard load P: kN	Approximate spacing between bollards: m	Bollard load normal from the berth: kN/m berth	Bollard load along the berth: kN/m
2000	100	10	15	10
5000	200	15	15	10
10000	300	20	20	15
20000	500	20	25	20
30000	600	25	30	20
50000	800	25	35	20

Ships with a displacement up to : tonnes	Bollard load P: kN	Approximate spacing between bollards: m	Bollard load normal from the berth: kN/m berth	Bollard load along the berth: kN/m
100000	1000	30	40	25
200000	1500	30	50	30
200000	2000	35	65	40

2.6 Perencanaan Sheetpile

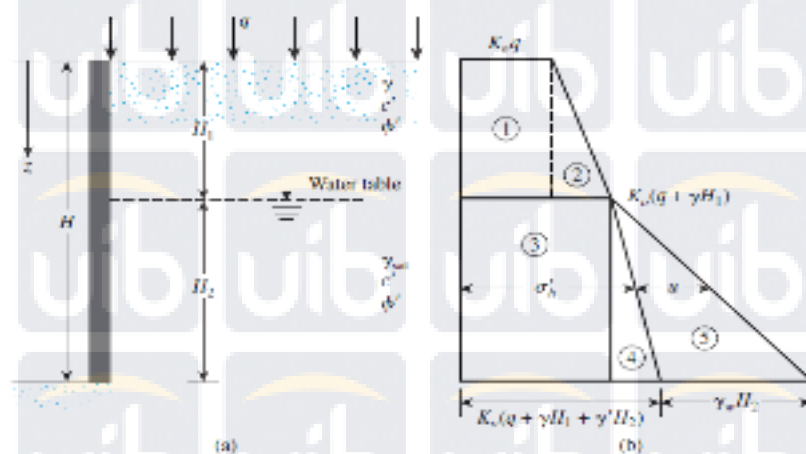
Sheetpile digunakan untuk menahan tekanan aktif tanah. Beberapa tipe sheetpile yang biasa digunakan adalah : (a) sheetpile kayu, (b) sheetpile precast beton, (c) sheetpile baja. Sheetpile terbagi atas dua kategori, yaitu cantilever dan anchored.

Table 2.3. The allowable design flexural stress for steel sheet piles

Sumber : Principles of Foundation Engineering, Braja Das, 2011

Type of Steel	Allowable Stress
ASTM A-328	170 MN/m ²
ASTM A-572	210 MN/m ²
ASTM A-690	210 MN/m ²

Gambar dibawah ini menunjukkan tekanan yang akan dihitung dalam merencanakan sheetpile yang akan digunakan.



Gambar 2.1. Tekanan tanah aktif dengan water table
Sumber : Principles of Foundation Engineering, Braja Das, 2011



3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analitik dengan menganalisis perencanaan *wharf* dengan cara mengumpulkan data dan *design input* dan menganalisis beban yang terjadi untuk mendapatkan perencanaan struktur.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam penyusunan laporan ini, data yang diperlukan dalam perencanaan struktur *wharf* di PT Paxocean diperoleh dari PT Paxocean selaku pemilik proyek pembangunan *wharf* di PT Paxocean. Pengumpulan data dilakukan dengan melibatkan dan melaksanakan pengamatan langsung ke lapangan. Data-data yang diperoleh sebagai berikut:

1. Data Primer

Pengumpulan informasi yang didapatkan secara langsung oleh penulis dengan melibatkan diri dalam proses pembangunan berlangsung. Data yang diperoleh adalah wawancara dan diskusi dengan pihak yang bersangkutan dengan upaya pengumpulan informasi untuk mengklarifikasi masalah yang ada dilapangan.

2. Data Skunder

Data skunder yang diperoleh langsung dari pihak pelaksana yakni PT. Paxocean ialah data berupa *design input*.

3.3 Tempat Penelitian

Penelitian mengenai perencanaan *wharf* ini dilaksanakan di PT. Paxocean di Pulau Batam.

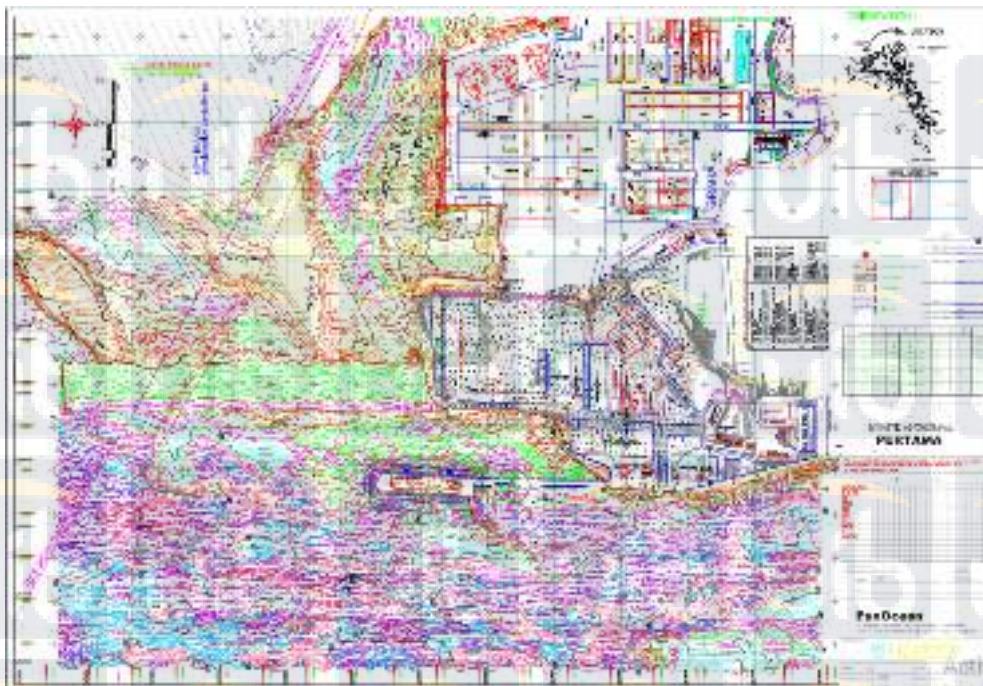
3.4 Pengumpulan Data

3.4.1 Data Kapal

Data kapal diperoleh dari PT Paxocean sebagai berikut :

- Capacity of the ship : 20.000 DWT
- Displacement (W) : 6.000 LWT
- Length overall (Loa) : 280 m
- Length perpendicular (Lpp) : 225 m
- Breadth (B) : 44 m
- Draft (d) : 5 m

3.4.2 Peta Batimetri



Gambar 3.1 Peta Batimetri PT Paxocean Batam

Sumber : PT. Paxocean Batam

Peta Batimetri merupakan peta kontur kedalaman *ocean*. Peta Batimetri digunakan sebagai acuan untuk mengetahui level seabed pelabuhan.

3.4.3 Data Pasang Surut

Tabel 3.3. Tidal Elevation

Sumber : PT. Spectra Duta Karya, 2014

Tidal face	Elevation (cm)
Highest Water Spring (HWS)	413.2
Highest High Water Spring (HHWS)	379.2
Mean High Water Spring (MHWS)	327.4
Tidal face	Elevation (cm)
Mean Sea Level (MSL)	206.6
Mean Low Water Spring (MLWS)	85.8
Lowest Low Water Spring (LLWS)	34.0
Lowest Water Spring (LWS)	0.00

4.1 Perhitungan Slab

$$\begin{aligned}
 h &= 300 \text{ mm (tebal slab)} \\
 p &= 50 \text{ mm (tebal selimut beton)} \\
 D &= 20 \text{ mm (diameter tulangan)} \\
 f_c' &= 30 \text{ Mpa (Mutu Beton)} \\
 f_y &= 320 \text{ Mpa (Mutu Baja)} \\
 Q_d &= \gamma_c \times h \\
 &= 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 7,5 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_l &= 25 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_u &= 1,2 Q_d + 1,6 Q_l
 \end{aligned}$$



$$= 1,2 \times 7,5 \text{ kN/m}^2 + 1,6 \times 25 \text{ kN/m}^2$$

$$= 9 \text{ kN/m}^2 + 40 \text{ kN/m}^2$$

$$= 49 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot C_{lx} \cdot Q_u \cdot l_x^2$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot C_{ly} \cdot Q_u \cdot l_y^2$$

$$M_{lx} = 0,001 \times 44 \times 49 \text{ kN/m}^2 \times 4^2$$

$$= 34,50 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 44 \times 49 \text{ kN/m}^2 \times 4^2$$

$$= 34,50 \text{ kNm}$$

Moment pada slab arah x dan y sebesar 34,50 kNm.

- Perhitungan tulangan arah X

$$d_s = d + \frac{1}{2} D$$

$$= 50 \text{ mm} + \frac{1}{2} \cdot 20 \text{ mm}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

$$K = M_u / (\phi \cdot b \cdot d^2)$$

$$= 34,50 \times 10^6 / (0,8 \times 1000 \times (h-d_s)^2)$$

$$= 34,50 \times 10^6 / (0,8 \times 1000 \times 240^2)$$

$$= 0,7486$$

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 f_c'}}\right) \cdot d$$

$$= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,7486}{0,85 \times 30}}\right) \cdot 240$$

$$= 7,1523 \text{ mm}$$

Tulangan Utama: As

$$A_s = \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 7,1523 \times 1000}{320}$$

$$= 569,95 \text{ mm}^2$$

$$f_c' \leq 31,36 \text{ Mpa}, A_{s,u} \geq \frac{1,4 \times b \times d}{f_y}$$

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \times 1000 \times 240}{320}$$

$$A_{s,u} = 1050 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan yang diperlukan adalah 1050 mm²

Space (s)

$$s = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times S}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \times 1000}{1050}$$

$$s = 299,31 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 300 = 600 \text{ mm})$$

$$s = 200 \text{ mm}$$

Luas tulangan D20-200

$$A = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times S}{s}$$

$$A = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \times 1000}{200}$$

$$A = 1571,43 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (Ok)}$$

Oleh karena itu, tulangan yang digunakan = D20 – 200 = 1571,43 mm²

- Perhitungan tulangan arah Y

$$d_s = d + D$$

$$= 60 \text{ mm} + 20 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 &= 80 \text{ mm} \\
 K &= M_u / (\phi \cdot b \cdot d^2) \\
 &= 34,50 \times 10^6 / (0,8 \times 1000 \times (h-ds)^2) \\
 &= 34,50 \times 10^6 / (0,8 \times 1000 \times 220^2) \\
 &= 0,8910
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 f'c'}}\right) \cdot d \\
 &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,8910}{0,85 \times 30}}\right) \cdot 220 \\
 &= 7,82545 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Tulangan Utama: As

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{0,85 \times f'c' \times a \times b}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \times 7,82545 \times 1000}{320} \\
 &= 623,59 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$f'c' \leq 31,36 \text{ Mpa}, A_{s,u} \geq \frac{1,4 \times b \times d}{f_y}$$

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \times 1000 \times 220}{320}$$

$$A_{s,u} = 963 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan yang diperlukan adalah 963 mm²

Space (s)

$$s = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times s}{A_{s,u}}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \times 1000}{963}$$

$$s = 326,53 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 300 = 600 \text{ mm})$$

$$s = 200 \text{ mm}$$

Luas tulangan D20-200

$$A = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times s}{s}$$

$$A = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \times 1000}{200}$$

$$A = 1571,43 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (Ok)}$$

Oleh karena itu, tulangan yang digunakan = D20 – 200 = 1571,43 mm².

4.2 Perhitungan Fender

$$E = \frac{(W1+W2) \times v^2}{2g} \times K$$

➤ Nilai W1

$$\begin{aligned}
 W1 &= 4/3 \text{ DWT} \\
 &= 4/3 \times 20.000 \text{ Ton} \\
 &= 26.667 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

➤ Nilai W2

$$W2 = \rho L H^2 \times \frac{\pi}{4}$$

dimana :

$$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$$

L = panjang kapal (m)

H = keadaan full draft (m)

$$\begin{aligned}
 W2 &= 1,025 \times 280 \text{ m} \times (8 \text{ m})^2 \times \pi/4 \\
 &= 14.418,88 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$W \text{ Total} = W1+W2 = 41.085,88 \text{ Ton}$$

➤ Nilai K

$$K = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{r}\right)^2}$$

$$K = \frac{1}{1 + \left(\frac{20}{\frac{280}{4}}\right)^2}$$

$$K = 0.92$$

$$E = \frac{(W1+W2) \times V^2}{2g} \times K$$

$$E = \frac{(26.667 \text{ ton} + 14.418 \text{ ton}) \times 0.20^2}{2 \times 9.81} \times 0.92 = 77,06 \text{ ton.m}$$

$$\text{Kapasitas UE-800} = 195,5 \text{ kN}$$

$$= 19,93 \text{ ton}$$

$$\text{Kapasitas 6 UE-800} = 6 \times 195,5 \text{ kN}$$

$$= 1.173 \text{ kN}$$

$$= 119,61 \text{ ton} > 77,06 \text{ ton (ok)}$$

Oleh karena itu, UE-800 Fender System mampu menahan *berthing force* sebesar 77,06 ton.

4.3 Perhitungan Bollard

$$\text{Luas pipa (A)} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi (\text{Outer Diameter})^2 - \frac{1}{4} \pi (\text{Inner Diameter})^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi (60 \text{ cm})^2 - \frac{1}{4} \pi (58,8 \text{ cm})^2$$

$$= 2827,43 \text{ cm}^2 - 2715,47 \text{ cm}^2$$

$$= 111,96 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

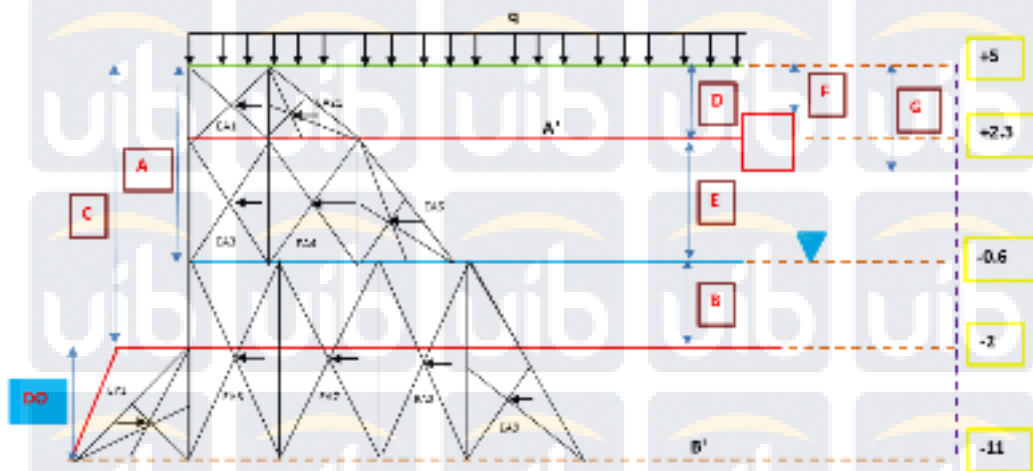
$$P = \tau \times A$$

$$= 2100 \text{ kg/cm}^2 \times 111,96 \text{ cm}^2$$

$$= 235129 \text{ kg} = 235 \text{ ton} = 2304,56 \text{ kN} > 500 \text{ kN (Ok)}$$

Bollard direncanakan untuk menahan beban sebesar 500 kN. Kapasitas bollard yang tersedia yaitu 2304,56 kN.

4.4 Perhitungan Sheetpile



dimana :

$$A = 5,6 \text{ m (Jarak dari slab ke water table)}$$

$$B = 1,3 \text{ m (Jarak dari water table ke dredge line)}$$



- C = 6,9 m (Jarak dari slab ke dredge line)
- D = 2,7 m (Jarak dari anchorage ke slab)
- E = 2,9 m (Jarak dari anchorage ke water table)
- F = 2,2 m (Jarak dari slab ke top anchorage block)
- G = 3,4 m (Jarak dari slab ke bottom anchorage block)

Soil Information :

- $\gamma = 16,5 \text{ kN/m}^3$
- $\phi = 36,4$
- $\gamma' = 10,6 \text{ kN/m}^3$
- Liveload (q) = 25 kN/m^2
 - $K_a = \text{tg}^2(45 - \phi/2)$
 $= \text{tg}^2(45 - 36,4/2)$
 $= 0,26$
 - $K_p = \text{tg}^2(45 + \phi/2)$
 $= \text{tg}^2(45 + 36,4/2)$
 $= 3,92$

Table 4.1. Perhitungan tekanan aktif tanah

No	EA (kN)	Jarak terhadap A' (Anchorage) (m)	Moment di titik A' (Anchorage) (kNm)
1	36	0	0
2	66	1,03	68,2
3	8	3,55	29,4
4	30,6	3,55	108,7
5	2,3	4	8,6
6	6,38 do	4,2 + 0,5 do	26,79 do + 3,19 do ²
7	29,94 do	4,2 + 0,5 do	125,76 do + 14,97 do ²
8	3,50 do	4,2 + 0,5 do	14,7 do + 8,85 do ²
9	1,35 do ²	4,2 + 0,67 do	5,68 do ² + 0,9045 do ³

$$\sum \text{Moment aktif} = 214,9 + 167,25 \text{ do} + 32,83 \text{ do}^2 + 0,9045 \text{ do}^3$$

Table 4.5. Perhitungan tekanan pasif tanah

No	EP (kN)	Jarak terhadap A' (Anchorage) (m)	Moment di titik A' (Anchorage) (kNm)
1	20,77 do ²	4,2 + 0,67 do	87,24 do ² + 13,915 do ³

$$\sum \text{Moment pasif} = -(87,24 \text{ do}^2 + 13,915 \text{ do}^3)$$

$$\begin{aligned} \sum \text{Moment Total} &= \sum \text{Moment aktif} + \sum \text{Moment pasif} \\ &= 214,9 + 167,25 \text{ do} + 32,83 \text{ do}^2 + 0,9045 \text{ do}^3 - (87,24 \text{ do}^2 \\ &\quad + 13,915 \text{ do}^3) \\ &= -13,011 \text{ do}^3 - 54,41 \text{ do}^2 + 167,25 \text{ do} + 214,9 \end{aligned}$$

At equilibrium condition, $\sum \text{Moment Total} = 0$, therefore :

$$-13,011 \text{ do}^3 - 54,41 \text{ do}^2 + 167,25 \text{ do} + 214,9 = 0$$

$$\text{do} = 2,73 \text{ m}$$

Posisi of moment maksimum dengan cara menurunkan persamaan terhadap x.

$$\frac{d \sum \text{Moment Total}}{dx} = 0$$

$$-39,034 x^2 - 108,82 x + 167,25 = 0$$

$$x_1 = 1,10 \text{ m}$$

$$x_2 = -3,998625 \text{ m}$$



$$\begin{aligned}\Sigma \text{Moment Total} &= -13,011 \text{ do}^3 - 54,41 \text{ do}^2 + 167,25 \text{ do} + 214,9 \\ &= -13,011(1,1)^3 - 54,41(1,1)^2 + 167,25(1,1) + 214,9 \\ &= 315,7 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Sheetpile KSP IIIA

$$\sigma_t = 210 \text{ MN/m}^2$$

$$W = \frac{\Sigma \text{Moment Total}}{\sigma_t}$$

$$= \frac{315,7}{210 \times 1000}$$

$$= 0,001503536 \text{ m}^3$$

$$= 1503,53 \text{ cm}^3 < 1520 \text{ cm}^3 \text{ (Ok)}$$

Oleh karena itu, sheetpile KSP IIIA mampu menahan tekanan aktif tanah.

5.1 Kesimpulan

1. Slab 300mm dengan tulangan D20-200 mampu menahan beban hidup sebesar 2,5 t/m². Area tulangan yang diperlukan adalah 1120mm². Area tulangan yang terpasang adalah 1571mm².
2. UE-800 Fender System dapat menahan beban tumbukan kapal sebesar 77,06 ton. Kapasitas UE-800 sebesar 119,61 ton.
3. Pipa baja tebal 12mm dengan diameter 600mm yang digunakan sebagai bollard dapat menahan beban tarik kapal sebesar 500kN. Kapasitas dari bollard yaitu 2304,56 kN.
4. Sheetpile KSP IIIA yang digunakan sebagai retaining wall mampu menahan tekanan aktif tanah dengan nilai moment sebesar 315,7kN.

5.2 Saran

Untuk memperbaiki serta meningkatkan hasil penelitian ini, penulis menyarankan beberapa hal untuk dijadikan pertimbangan yaitu:

1. Untuk menjaga keawetan fender, kapal pada saat berlabuh sebaiknya mematikan mesin ketika dekat pelabuhan dan kemudian ditarik menggunakan tali. Ini akan menjaga fender dari benturan yang keras.
2. Beban yang bekerja pada slab harus dikontrol dan tidak meletakkan beban yang sangat berat di tepi slab karena dapat merusak slab dikarenakan beban terdistribusi 45 derajat.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- [1] Asroni H Ali. (2010). Balok dan Pelat Beton Bertulang.
- [2] Bambang Triatmodjo (2009). Perencanaan Pelabuhan.
- [3] Braja (2011). Principles of Foundation Engineering, SI Seventh Edition.
- [4] Japan Port and Harbour Association (2002) : Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan. Tokyo Maritime Sector Development Programme. 1984 : Standard Design and Criteria for Ports in Indonesia.
- [5] Trellorborg Marine System. Fender System