

## **BAB V**

### **PERENCANAAN BANGUNAN**

#### **5.1. Tinjauan Umum**

Bangunan yang akan direncanakan adalah bangunan pemecah gelombang dan dermaga serta alur pelayaran

#### **5.2. Bangunan Pemecah Gelombang**

Lokasi rencana pembangunan Pelabuhan Perikanan Glagah terbuka ke laut dengan gelombang besar. Persyaratan penting dari suatu pelabuhan adalah adanya daerah perairan yang tenang dan terlindung terhadap gangguan gelombang, sehingga kapal dapat berlabuh untuk melakukan kegiatan menurunkan hasil tangkapan ikan. Untuk itu, pelabuhan harus dilindungi terhadap gangguan gelombang dengan membuat pemecah gelombang.

##### **5.2.1 Data Gelombang**

Data gelombang yang digunakan untuk perencanaan Pelabuhan Perikanan Glagah dapat dibedakan menjadi dua macam sebagai berikut :

###### **a. Gelombang Rencana**

Gelombang rencana digunakan untuk merencanakan stabilitas pemecah gelombang. Dalam perencanaan Pelabuhan Perikanan Glagah digunakan tinggi gelombang rencana dengan periode ulang 25 tahunan yaitu sebesar  $H_o = 2,8$  m dan periode gelombang  $T = 11$  detik. Gelombang sebesar  $H_o = 2,8$  m tersebut adalah gelombang di laut dalam, selama perjalanannya menuju pantai, tinggi dan arah datang gelombang berubah karena pengaruh proses refraksi dan pendangkalan serta gelombang pecah, yang tergantung pada bathimetri (kedalaman laut). Gelombang tersebut diharapkan terjadi rerata satu kali dalam 25 tahun, dan digunakan untuk merencanakan stabilitas batu pelindung pemecah gelombang.

b. Gelombang Ekuivalen

Gelombang rerata digunakan untuk menganalisis ketenangan di pelabuhan, menentukan lokasi gelombang pecah dan menetapkan elevasi puncak pemecah gelombang. Elevasi puncak pemecah gelombang juga didasarkan pada gelombang ekuivalen pada saat terjadi bagai dimana ada kemungkinan terjadi limpasan.

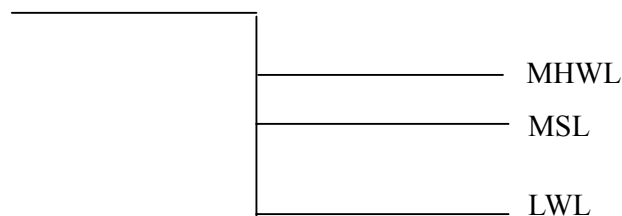
**5.2.2 Tinggi Muka Air Rencana**

Tinggi muka air rencana tergantung pada pasang surut, wave setup, wind setup, tsunami dan pemanasan global. Dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang di muara sungai serang, tidak semua parameter tersebut digunakan. Hal ini mengingat bahwa kemungkinan terjadinya semua parameter secara bersamaan adalah sangat kecil. Oleh karena itu elevasi muka air rencana hanya didasarkan pada pasang surut, wave setup dan pemanasan global.

a. Pasang Surut

Dari data pengukuran pasang surut didapat beberapa elevasi muka air yaitu :

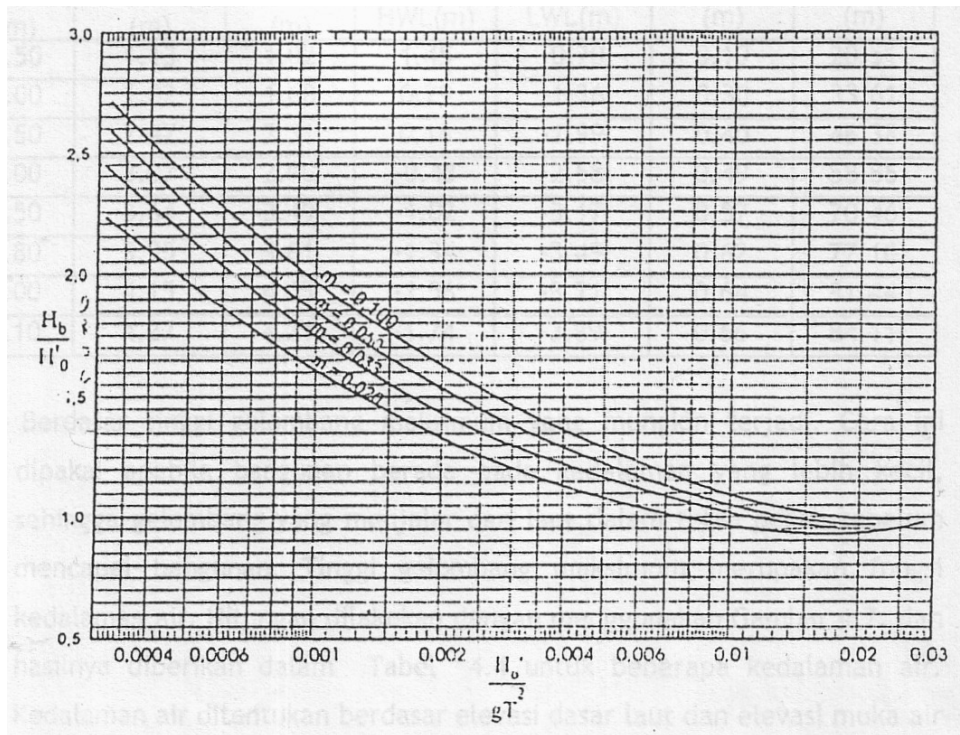
- MHWL : + 2,10 m
- MSL : + 1,12 m
- LWL : + 0,60 m



Gambar 5.1 Elevasi Muka Air

b. Wave Setup

Untuk mencari kedalaman gelombang pecah menggunakan Gambar 5.2 dan Gambar 5.3



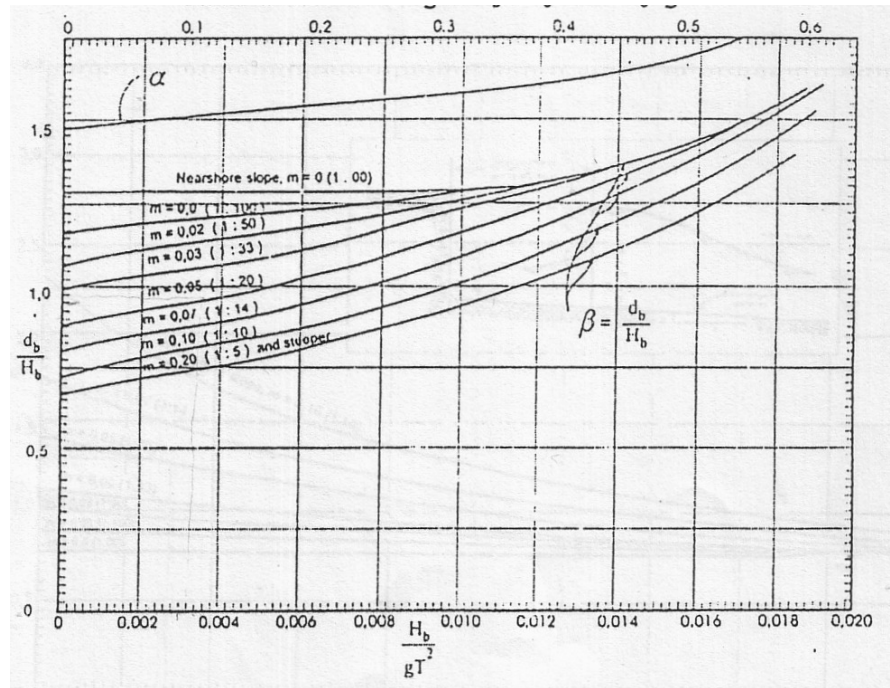
Gambar 5.2 Hubungan  $H_b/H'_o$  dan  $H'_o/gT^2$

Untuk kedalaman dasar laut  $m = 0,05$  diperoleh

$$\frac{H'_o}{gT^2} = \frac{2.8}{9.81 * 11^2} = 0.00236$$

$$\frac{H_b}{H'_o} = 1,41 \rightarrow H_b = 3,95$$

Selanjutnya dengan menggunakan gambar 5.3 untuk mencari kedalaman gelombang pecah :



Gambar 5.3 Hubungan  $\alpha$  dan  $\beta$  dengan  $H/gT^2$

Wave setup dapat dihitung dengan rumus berikut :

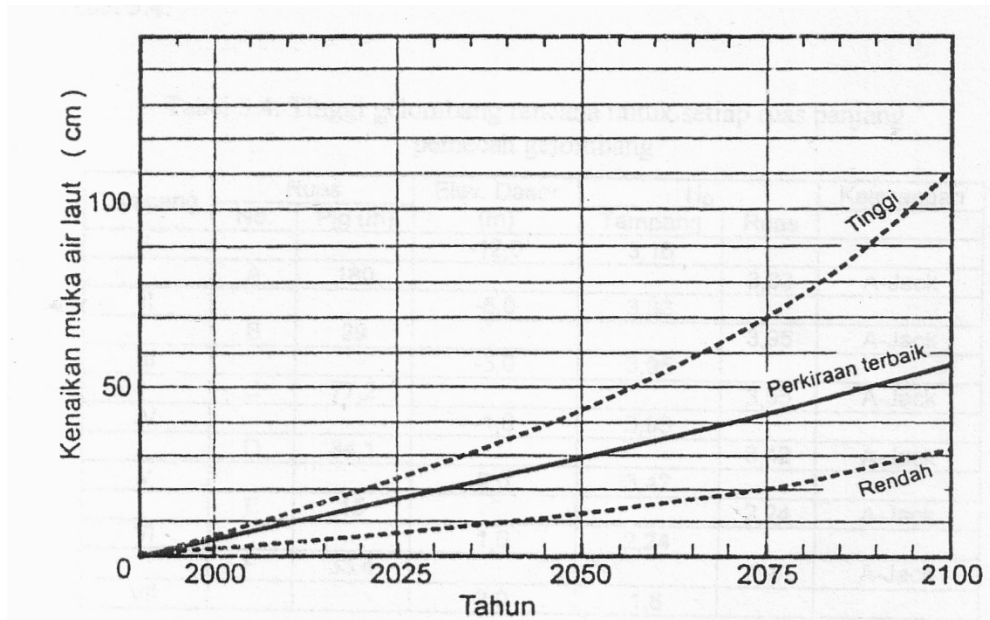
$$SW = 0,19 \left( 1 - 2,82 \sqrt{\frac{Hb}{gT^2}} \right) Hb$$

$$SW = 0,19 \left( 1 - 2,82 \sqrt{\frac{3,95}{188,76}} \right) 3,95$$

$$= 0,62m$$

c. Kenaikan Muka Air Laut Karena Pemanasan Global

Kenakalan air laut karena pemanasan global (sea level rise, SLR) diperkirakan dari Gambar 5.3 apabila umur bangunan 25 tahun berarti pada tahun 2032 besar kenaikan muka air laut adalah 0,2 m.



Gambar 5.4 Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut Akibat Pemanasan Global

Elevasi muka air rencana (Design Water Level, DWL) ditetapkan berdasarkan ketiga faktor tersebut sehingga :

- Berdasarkan MHWL

$$\begin{aligned} \text{DWL} &= \text{MHWL} + \text{SW} + \text{SLR} \\ &= 2,10 + 0,62 + 0,2 \\ &= 2,92 \text{ m} \end{aligned}$$

- Berdasarkan MLWL

Kedalaman air pada kondisi ini berdasarkan pada kondisi muka air rendah rerata dan wave setup :

$$\begin{aligned} \text{DWL} &= \text{MLWL} + \text{SW} \\ &= 0,6 + 0,62 \\ &= 1,22 \text{ m} \end{aligned}$$

### 5.2.3 Penentuan Gelombang Rencana ( $H_D$ )

Dari analisis gelombang pecah dan kedua elevasi muka air rencana, dapat ditentukan tinggi gelombang disepanjang pemecah gelombang seperti yang diberikan dalam Gambar 5.4

Tabel 5.1 Gelombang Rencana

Elevasi dasar (m)	Gelombang rencana (m)
-12.00	3.16
-5.00	3.33
-3.00	3.95

### 5.2.4 Penentuan Elevasi Puncak Pemecah Gelombang

Elevasi puncak pemecah gelombang ditetapkan dengan menggunakan persamaan dibawah ini dengan kebebasan 0,5 m elevasi puncak = DWL + RU

Kemiringan sisi pemecah gelombang direncanakan 1:2

Panjang gelombang di laut dalam (Bambang Triatmodjo, hal. 133)

$$L_o = 1,56 \cdot T^2 \\ = 1,56 \cdot 11^2 = 188,76 \text{ m}$$

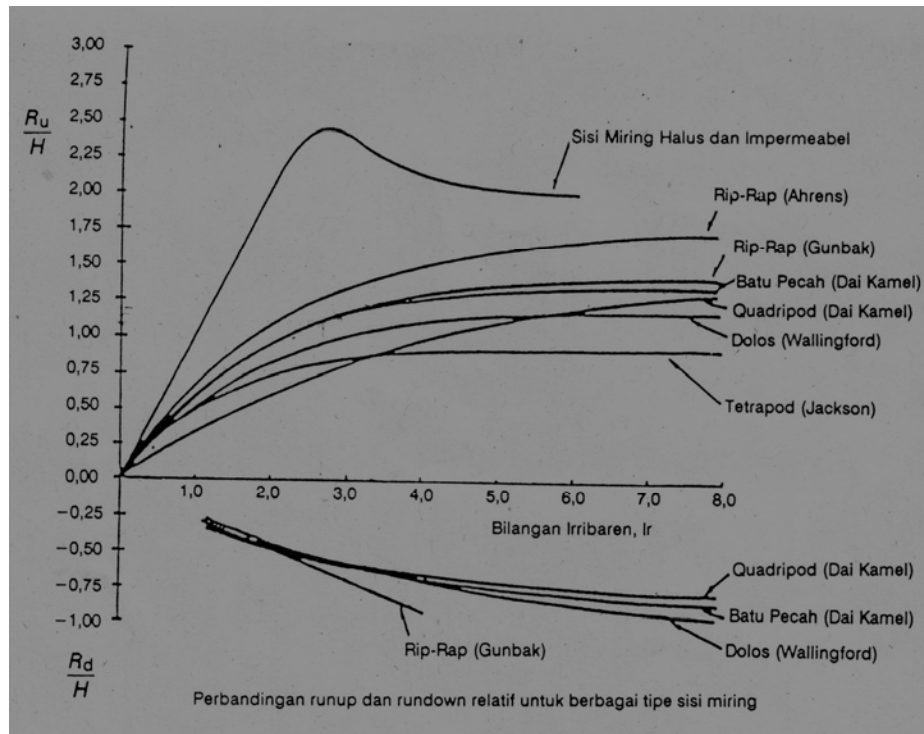
Dengan RU adalah runup gelombang yang dihitung dengan menggunakan gambar 5.5. Dalam gambar tersebut bilangan irribaren diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_r = \frac{tg \theta}{(H / L_o)^{0,5}} \\ I_r = \frac{0,5}{(2,8 / 188,76)^{0,5}} = 5,06$$

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

$$R_u = 2,24$$

Dengan H adalah tinggi gelombang di lokasi bangunan, Lo adalah panjang gelombang di laut dalam dan  $\theta$  adalah sudut kemiringan sisi pemecah gelombang



Gambar 5.5 Grafik runup gelombang

Maka elevasi puncak pemecah gelombang adalah

$$\begin{aligned} \text{elevasi puncak} &= 2,92 + 2,24 \\ &= 5,16 \text{ m} \end{aligned}$$

### 5.2.5 Penentuan Berat Batu Lapis Lindung

Berat batu lapis lindung ditentukan berdasarkan persamaan dibawah ini :

$$W = \frac{\gamma r \cdot H^3}{K_d (Sr - 1)^3 \text{ctg} \theta}$$

$$Sr = \frac{\gamma r}{\gamma a}$$

Dimana :

W = Berat Butir batu pelindung

$\gamma_r$  = Berat jenis batu = 2,40 ton/m<sup>3</sup>

$\gamma_a$  = Berat jenis air laut = 1, 025 ton/m<sup>3</sup>

H = Tinggi gelombang rencana (m)

$\theta$  = Sudut kemiringan pemecah gelombang

KD = koefisien lapis pelindung dengan :

KD Bagian kepala : 5.5

KD Bagian lengan : 8

$$W = \frac{(2.4 * 3.16^3)}{\left(5.5 * \left(\left(\frac{2.4}{1.025}\right) - 1\right)^3 * 0.5\right)} = 11.47Ton$$

Hasilnya secara lengkap untuk rencana berat lapis batu pelindung pemecah gelombang dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Berat Batu Pelindung Pemecah Gelombang

Elevasi dasar ( m )	H <sub>p</sub> (m)	Berat Tetrapod (ton)
-12.00	3.16	11.47
-5.00	3.33	9.23
-3.00	3.95	7.04

### 5.2.6 Dimensi Pemecah Gelombang

Lebar puncak pemecah gelombang tergantung pada limpasan yang diijinkan. Pada kondisi limpasan diijinkan, lebar puncak minimum adalah sama dengan lebar dari tiga butir batu pelindung yang disusun berdamping (n=3). Untuk bangunan tanpa terjadi limpasan, lebar puncak pemecah gelombang bisa lebih kecil. Selain batasan tersebut, lebar puncak harus cukup lebar untuk keperluan operasi peralatan pada waktu pelaksanaan dan perawatan.

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus



berikut ini.

$$B = nk\Delta \left[ \frac{W}{\gamma r} \right]$$

dengan :

- B : lebar puncak (m)  
 n : jumlah butir batu ( $n_{\min} = 3$ )  
 $k_{\Delta}$  : koefisien lapis (tabel 5.3)  
 W : berat butir pelindung (ton)  
 $\gamma_r$  : berat jenis batu pelindung ( $\text{ton/m}^3$ )

Kadang-kadang di puncak pemecah gelombang tumpukan batu dibuat dinding dan lapis beton yang dicor di tempat.

Lapis beton ini mempunyai tiga fungsi yaitu

- 1) memperkuat puncak bangunan
- 2) menambah tinggi puncak bangunan
- 3) sebagai jalan untuk perawatan.

Tabel 5.3. Koefisien Lapis Batu Pelindung

Batu Pelindung	n	Penempatan	Koef. Lapis ( $k_{\Delta}$ )	Porositas P (%)
Batu alam (halus)	2	random (acak)	1,02	38
Batu alam (kasar)	2	random (acak)	1,15	37
Batu alam (kasar)	>3	random (acak)	1,10	40
Kubus	2	random (acak)	1,10	47
<b>Tetrapod</b>	<b>2</b>	<b>random</b>	<b>1,04</b>	<b>50</b>
Quadripod	2	(acak)	0,95	49
Hexapod	2	random (acak)	1,15	47
Tribard	2	random (acak)	1,02	54
Dolos	2	random (acak)	1,00	63
Tribar	2	random (acak)	1,13	47
Batu alam	1	seragam random (acak)		37

$$B = 3 * 1.04 * \left[ \frac{11.47}{2.4} \right] = 4.97m \approx 5.00m$$

Tebal lapis pelindung dan jumlah butir batu tiap satu luasan diberikan oleh rumus berikut ini.

$$t = nk\Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

Jumlah butir batu untuk satuan luas permukaan

$$N = Ank\Delta \left[ 1 - \frac{p}{100} \right] \left[ \frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3}$$

dengan :

- t : tebal lapis pelindung (m)
- n : jumlah lapis batu dalam lapis pelindung
- $k_{\Delta}$  : koefisien lapis (tabel 5.4.)
- A : luas permukaan
- p : Porosita rerata dari lapis pelindung (%) yang diberikan dalam tabel 5.4.
- N : jumlah butir batu untuk satu satuan luas permukaan A
- $\gamma_r$  : berat jenis batu pelindung

Dengan menggunakan persamaan-persamaan tersebut maka dapat dihitung beberapa parameter berikut ini:

$$T = 2x1.04 \left[ \frac{11.47}{2.4} \right]^{1/3} = 3.33m$$

- Jumlah tetrapod :

Jumlah butir tetrapod tiap satuan luas ( $10 \text{ m}^2$ ) dihitung dengan rumus berikut :

$$N = 10 \times 2 \times 1,04(1 - 0,5) \times (2,4/11,47)^{2/3} \\ = 4 \text{ buah/ } 10 \text{ m}^2$$

Hasilnya secara lengkap hasilnya hitungan dimensi pemecah gelombang secara lengkap dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Dimensi Pemecah Gelombang

Elevasi dasar (m)	Lebar puncak(B) (m) lapis lindung	Tebal lapis lindung (m)	Jumlah butir (N) (buah)
-12.00	5	3.33	4
-5.00	4	2.65	5
-3.00	3	2.04	8

### 5.2.7 Penentuan Berat Batu Pelindung Kaki

Berat batu pelindung kaki ditentukan berdasarkan persamaan dibawah ini :

$$W = \frac{\gamma r. H^3}{Ns^3(Sr-1)^3}$$

Untuk Elv : -12m

$$\text{Lebar pelindung kaki} = 3H - 4,5H = 3(3,16) - 4,5(3,16)$$

$$= 9,48 - 14,22 \text{ m dipakai} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} = r - 2r = 3,33 - 2(3,33) = 3,33 - 6,66 \text{ m dipakai} = 4 \text{ m}$$

Dari perbandingan  $d1/ds = 0,26$  didapat nilai  $Ns = 300$

Sehingga berat pelindung kaki

$$W = \frac{2,4.3,16^3}{300(2,341-1)^3}$$

$$W = 0,104 \text{ T}$$

Hasilnya secara lengkap untuk rencana berat lapis batu pelindung pemecah gelombang dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Berat batu pelindung kaki

Elevasi dasar ( m )	$H_D$ (m)	Berat Pelindung Kaki (ton)
-12.00	3.16	0,104
-5.00	3.33	0,458
-3.00	3.95	0,510

### 5.3. Alur Pelayaran

Perencanaan alur pelayaran dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal berikut ini :

- Navigasi yang mudah
- Kemudahan gerak kapal (manufer)
- Batimetri laut ( kedalaman perairan)
- Iklim dan cuaca
- Koordinasi dengan fasilitas lainnya
- Alur jarak antara dua kapal yang berpapasan harus cukup lebar

Alur pelayaran menuju pelabuhan memanfaatkan alur muara Sungai Serang dengan melakukan pengerukan lidah pasir dan membuat jetty (breakwater) dikedua sisi mulut sungai. Lebar dan kedalaman alir pelayaran dan mulut pelabuhan dihitung berdasarkan dimensi kapal terbesar yang menggunakan, yaitu kapal berbobot 30 GT.

➤ Lebar alur pelayaran

Lebar alur pelayaran ditentukan berdasarkan persamaan yang diberikan oleh OCDI ( 1991) dan dengan memperhatikan lebar alur sungai, yang mempunyai bentuk berikut :

$$W = 7.6 B$$

Atau

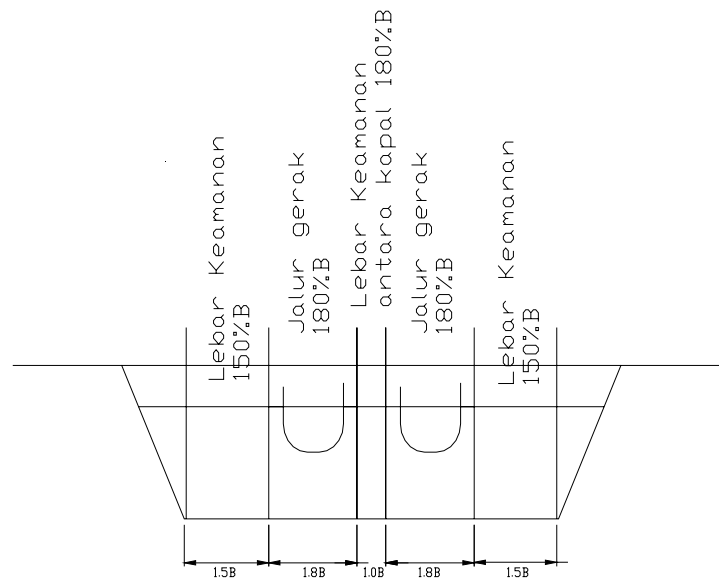
$$W = 1.5 L$$

Dengan :

W : lebar alur

B : lebar kapal

L : panjang kapal



Gambar 5.6. Lebar Alur Pelayaran

Untuk kapal 30 GT :

$$\text{Loa} = 18.5 \text{ m}$$

$$B = 4.5 \text{ m}$$

$$D = 1.5 \text{ m}$$

Lebar alur untuk kapal yang berlabuh adalah :

$$W = 7.6 \times 4.5 = 34.20 \text{ m}$$

Atau

$$W = 1.5 \times 18.5 = 27.75 \text{ m}$$

#### 5.4. Kolam Putar

Kolam putar berfungsi sebagai tempat berputarnya kapal yang akan masuk atau keluar pelabuhan

Kapal yang akan masuk ke pelabuhan harus berbelok. Untuk mengubah arah gerak kapal perlu dilengkapi kolam putar. Supaya kapal dapat bergerak dengan mudah, diameter kolam putar adalah :

$$R = 4 \times L$$

$$R = 4 \times 18.5 = 74 \text{ m}$$

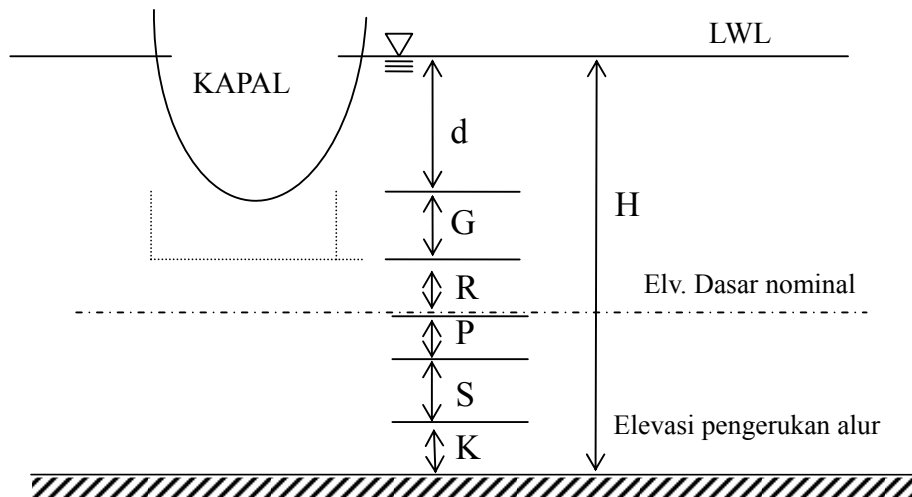
Mengingat bahwa lebar muara Sungai Serang antara 80 m sampai 100 m, maka ditetapkan lebar alur pelayaran adalah 100 m.

➤ Kedalaman Alur Pelayaran

Kedalaman alur pelayaran ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$H = d + G + R + P + S + K$$

- Dengan :
- H : Kedalaman alur
  - d : Draft kapal
  - G : Gerak vertical kapal karena gelombang dan *squat*
  - R : Ruang kebebasan bersih
  - P : ketelitian pengukuran
  - K : Toleransi pengerukan
  - S : Ruang pengendapan sediment antara dua pengerukan



Gambar 5.7. Kedalaman Alur Pelayaran

Di mulut pelabuhan dengan gelombang besar, Brunn (1991) memberikan ruang kebebasan bryto ( G+R) sebesar 20 % draft kapal, atau sebesar 0,5 m.

Mengingat pelabuhan berada didaerah dengan gelombang dan angkutan sediment besar, nilai ketelitian pengukuran, ruang pengendapan dan toleransi pengukuran masing-masing 0,5 m.

Kedalaman alur pelayaran dapat dihitung sebagai berikut :

$$H = 1,5 + (0.2 \times 1,5) + 0.5 + 0.5 + 0.5 = 3,3 \text{ m .}$$

Kedalaman tersebut adalah terhadap elevasi LWL, sehingga elevasi muka dasar alur pelayaran dan kolam pelabuhan adalah -3.3 m

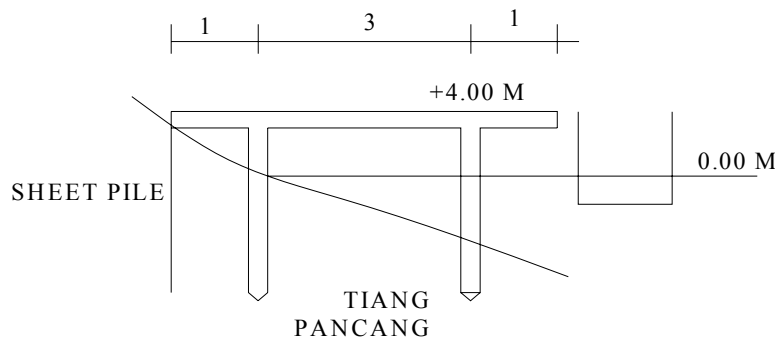
## 5.5 Dermaga

Dermaga merupakan fasilitas pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan berbagai kegiatan dipelabuhan, seperti membongkar muatan (hasil tangkapan ikan), pengisian bahan bakar dan bekal untuk melaut. Dimensi dermaga didasarkan pada ukuran kapal yang bertambat, jumlah kapal dan waktu yang diperulakan untuk menurunkan hasil tangkapan ikan.

### 5.5.1 Penentuan Elevasi Dermaga

Elevasi dermaga diperhitungkan terhadap besarnya DWL. (*Design Water Level*), yaitu untuk mengantisipasi terhadap kenaikan air karena pasang air laut dan *wave setup*.

$$\begin{aligned}\text{Elevasi lantai dermaga} &= \text{DWL} + \text{tinggi jagaan} \\ &= 2.92 + 1.00 \\ &= 3.92 \text{ m} \sim 4,00 \text{ m}\end{aligned}$$



Gambar 5.8. Elevasi Dermaga

### 5.5.2 Panjang Dermaga

Dermaga direncanakan sebagai tempat bersandarnya kapal ukuran maksimal 30 GT dengan waktu penggunaan dermaga selama 8 jam per hari dan tiap kapal bersandar selama  $\pm 1,5$  jam. Maka panjang dermaga dengan menggunakan rumus :

$$LD = (M \times B) + (M - 1) \times B / W$$

*Dinas Kelautan dan Perikanan Jateng.*

Dimana:

LD = Panjang dermaga (meter).

M = Frekuensi pendaratan kapal / hari.

W = Waktu atau periode penggunaan dermaga tiap kapal 8 jam/hari

B = Lebar kapal untuk kapal 30 GT adalah 4.5 meter.

$$\begin{aligned} LD &= (20 \times 4.5) + (20 - 1) \times 4.5 / (8 / 1,5) \\ &= 106.93 \text{ m} \sim 107 \text{ m} \end{aligned}$$

### 5.5.3 Lebar Dermaga

Lebar dermaga diakomodasikan untuk tempat bongkar muat kapal dan lalu lintas alat angkut (gerobak dan truk) pembawa ikan dari kapal menuju tempat pelelangan ikan. Untuk keperluan tersebut dermaga direncanakan dengan lebar 5 meter.

Dengan perhitungan sebagai berikut:

- Perhitungan jumlah keranjang per kapal

Produksi ikan 5 tahun ke depan = 27.971 kg/hari.

Jumlah kapal yang masuk dermaga 5 tahun ke depan = 20 buah kapal/hari

Jumlah ikan per kapal =  $27.971 / 20 = 1398.55$  kg/hari

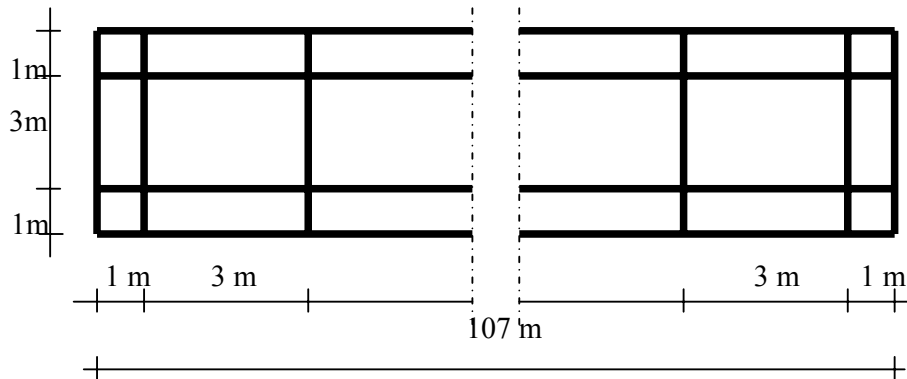
Diasumsikan untuk 1 keranjang = 30 kg

Maka jumlah keranjang per kapal =  $1398.55 / 30 = 46.67$  bh  $\approx 47$  bh.

Untuk 1 m<sup>2</sup> dapat menampung 16 keranjang, dimana ukuran keranjang tersebut 0,5 m x 0,5 m sehingga 1,5 m<sup>2</sup> dapat menampung 24 keranjang.



- Lebar truk 1,5 m.
- Lebar gerobak 1 m.
- Lalu lintas orang 1,5 m.
- Total lebar = 1 + 1,5 + 1 + 1,5 = 5 m.



Gambar 5.9. Denah Dermaga

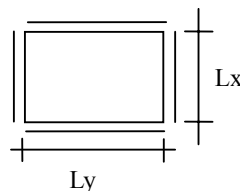
#### 5.5.4. Perhitungan plat Lantai

Untuk konstruksi plat lantai dermaga dipakai beton bertulang dengan data teknis sebagai berikut :

- Mutu beton bertulang  $f^c$  = 30 Mpa = 300 kg/cm<sup>2</sup>
- Mutu Baja  $f_y$  = 240 Mpa = 2400 kg/cm<sup>2</sup>
- Berat jenis beton  $\gamma_c$  = 2400 Kg/m<sup>3</sup>
- Modulus elastisitas  $E_s$  =  $2 \cdot 10^6$  kg/cm<sup>2</sup> =  $2 \cdot 10^5$  Mpa

Plat yang dihitung (terlihat pada denah ) adalah plat A,B dan C.

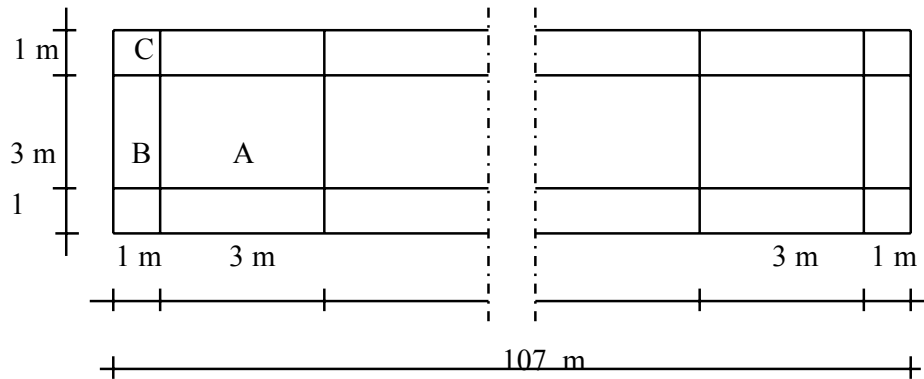
##### 5.5.4.1. Penentuan Tebal Plat Lantai



Gambar 5.10. Skema Plat lantai

$$\beta = Ly/Lx$$

$Ly/Lx < 3$  termasuk konstruksi penulangan 2 arah



Gambar. 5.11 Denah plat lantai

Menurut skema tersebut di atas plat lantai dianggap terjepit keempat sisinya.

Untuk plat solid 2 arah maka tebal plat menggunakan rumus menurut SK. SNI T-15-1991-03 yaitu :

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{l_x (0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \\ &= \frac{3000 (0,8 + \frac{240}{1500})}{36 + (9 * 1)} \\ &= 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\max} &= \frac{l_x (0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36} \\ &= \frac{3000 (0,8 + \frac{240}{1500})}{36} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini lantai dermaga direncanakan sebesar  $h = 150 \text{ mm}$ , tebal plat  $120 \text{ mm}$ .

#### 5.5.4.2. Pembebanan plat lantai

- Beban Mati ( Dead Load = DL )
  - Berat sendiri lantai  $= 0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup ( Life Load = LL )
  - Beban keranjang berisi ikan
    - Setiap  $\text{m}^2$  lantai dermaga dapat menampung 4 buah keranjang ikan dan 4 tumpukan dengan berat per keranjang ikan 30 kg. Sehingga total berat

$$\text{keranjang ikan} = 4 \times 1 \times 30 = 120 \text{ kg/m}^2$$

- Beban berguna lantai dermaga =  $1000 \text{ kg/m}^2$

- Beban truk + muatan  $\left[ \frac{1500 + 1190}{1.5 \times 3} \right] = 600 \text{ kg/m}^2$

- Beban orang =  $200 \text{ kg/m}^2$

- Beban Gerobak =  $50 \text{ kg/m}^2$

$$\text{Total Beban Hidup (LL)} = 1970 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Ultimate (WU)

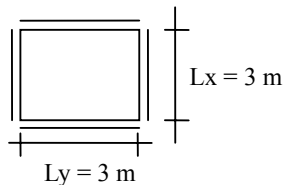
Beban ultimate (WU) yang bekerja pada plat lantai sebesar

$$\text{WU} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= (1,2 \times 360) + (1,6 \times 1970) = 3584 \text{ kg/m}^2 = 35.84 \text{ kN/m}^2$$

- a) Momen-momen yang menentukan

#### Plat A



$$\beta = L_y/L_x = 3/3 = 1$$

Menurut buku “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SK.SNI T-15-1991-03, hal 26, skema tersebut di atas termasuk skema II sehingga didapatkan Momen per meter lebar yaitu :

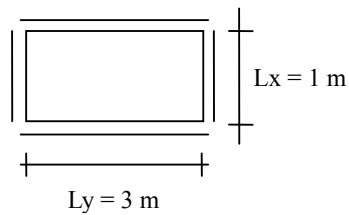
$$M_{lx} = 0,001 \cdot \text{WU} \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 35,84 \cdot 3^2 \cdot 25 = 8,064 \text{ kN m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot \text{WU} \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 35,84 \cdot 3^2 \cdot 25 = 8,064 \text{ kN m}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot \text{WU} \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 35,84 \cdot 3^2 \cdot 51 = -16,45 \text{ kN m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot \text{WU} \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 35,84 \cdot 3^2 \cdot 51 = -16,45 \text{ kN m}$$

### Plat B



$$\beta = L_y/L_x = 3/1 = 3$$

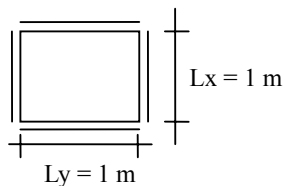
$$M_{lx} = 0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 35,84 \cdot 1^2 \cdot 65 = 2,32 \text{ kN m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 35,84 \cdot 1^2 \cdot 14 = 0,50 \text{ kN m}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 35,84 \cdot 1^2 \cdot 83 = -2,974 \text{ kN m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 35,84 \cdot 1^2 \cdot 49 = -1,756 \text{ kN m}$$

### Plat C



$$\beta = L_y/L_x = 1/1 = 1$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 35,84 \cdot 1^2 \cdot 25 = 0,896 \text{ kN m}$$

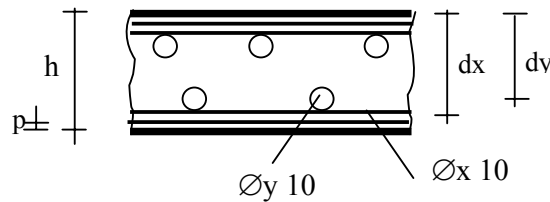
$$M_{ly} = 0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 35,84 \cdot 1^2 \cdot 25 = 0,896 \text{ kN m}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 35,84 \cdot 1^2 \cdot 51 = -1,827 \text{ kN m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 35,84 \cdot 1^2 \cdot 51 = -1,827 \text{ kN m}$$

#### b) Perhitungan penulangan

- tebal plat  $h = 150 \text{ mm}$
- tebal penutup beton  $p = 40 \text{ mm}$  (plat berhubungan langsung dengan tanah)
- diameter tulangan rencana  $\varnothing 10 \text{ mm}$  untuk 2 arah



Gambar 5.12 Tinggi efektif

$$dx = h - p - \frac{1}{2} \varnothing_x = 150 - 40 - 5 = 105 \text{ mm}$$

$$dy = h - p - \varnothing_x - \frac{1}{2} \varnothing_y = 150 - 40 - 10 - 5 = 95 \text{ mm}$$

Menurut Buku (Gideon H. Kusuma, Hal. 51, 1997), dengan  $f_y = 240 \text{ Mpa}$  dan  $f'_c = 30 \text{ Mpa}$  untuk plat, didapat :

$$\rho_{min} = 0,0025$$

$$\rho_{maks} = 0,0484$$

#### Plat A

- Penulangan Lapangan Arah X

$$M_{lx} = 8,064 \text{ kN m}$$

$$M_u = \frac{8,064}{0.8} = 10,08 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot dx^2} = \frac{10,08}{1 \cdot (0,105)^2} = 914,285 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997)

$$\rho = 0,0043 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho_{max}$ , sehingga digunakan  $\rho_{min}$

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot dx = 0,0043 \cdot 1000 \cdot 105 = 451,5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 150$  dengan  $A_s$  terpasang =  $524 \text{ mm}^2$

- Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = \frac{8,064}{0.8} = 10,08 \text{ kN m}$$

$$\frac{Mu}{b \cdot dx^2} = \frac{10,08}{1 \cdot (0,095)^2} = 1116,897 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997)

$$\rho = 0,0047 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho_{max}$ , sehingga digunakan  $\rho_{min}$

$$As = \rho_{min} \cdot b \cdot dx = 0,0047 \cdot 1000 \cdot 95 = 446.5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 150$  dengan As terpasang = 524 mm<sup>2</sup>

- Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = 16.45 \text{ kN m}$$

$$Mu = \frac{816.45}{0.8} = 20.56 \text{ kN m}$$

$$\frac{Mu}{b \cdot dx^2} = \frac{20.56}{1 \cdot (0,105)^2} = 1865.07 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997)

$$\rho = 0,0082 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho_{max}$ , sehingga digunakan  $\rho_{min}$

$$As = \rho_{min} \cdot b \cdot dx = 0,0082 \cdot 1000 \cdot 105 = 861 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 100$  dengan As terpasang = 785 mm<sup>2</sup>

- Penulangan Tumpuan Arah Y

$$M_{ty} = 16.45 \text{ kN m}$$

$$Mu = \frac{816.45}{0.8} = 20.56 \text{ kN m}$$

$$\frac{Mu}{b \cdot dx^2} = \frac{20.56}{1 \cdot (0,95)^2} = 2278.39 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997)

$$\rho = 0,00124 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho_{max}$ , sehingga digunakan  $\rho_{min}$

$$As = \rho_{min} \cdot b \cdot dx = 0,0124 \cdot 1000 \cdot 95 = 1178 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 100$  dengan As terpasang = 785 mm<sup>2</sup>

### Plat B

- Penulangan Lapangan Arah X

$$M_{lx} = 2.329 \text{ kN m}$$

$$M_u = \frac{2.329}{0.8} = 2.912 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot dx^2} = \frac{2.912}{1 \cdot (0,105)^2} = 264.12 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (*Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997*)

$$\rho = 0,0013 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho_{max}$ , sehingga digunakan  $\rho_{min}$

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot dx = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 105 = 136.5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 250$  dengan  $A_s$  terpasang = 201 mm<sup>2</sup>

- Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = \frac{0.26}{0.8} = 0.325 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot dx^2} = \frac{0.325}{1 \cdot (0,105)^2} = 36.011 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (*Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997*)

$$\rho = 0,0004 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho_{max}$ , sehingga digunakan  $\rho_{min}$

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot dx = 0,0053 \cdot 1000 \cdot 95 = 503.5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 150$  dengan  $A_s$  terpasang = 524 mm<sup>2</sup>

- Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = 8.675 \text{ kN m}$$

$$M_u = \frac{8.675}{0.8} = 10.84 \text{ kN m}$$

$$\frac{Mu}{b \cdot dx^2} = \frac{10.84}{1 \cdot (0,105)^2} = 1201.10 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997)

$$\rho = 0,0051 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho \text{ max}$ , sehingga digunakan  $\rho \text{ min}$

$$As = \rho \text{ min} \cdot b \cdot dx = 0,0053 \cdot 1000 \cdot 105 = 556.55 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 125$  dengan As terpasang = 628 mm<sup>2</sup>

- Penulangan Tumpuan Arah Y

$$Mty = 0.93 \text{ kN m}$$

$$Mu = \frac{0.93}{0.8} = 1.16 \text{ kN m}$$

$$\frac{Mu}{b \cdot dx^2} = \frac{1.16}{1 \cdot (0,105)^2} = 128.80 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997)

$$\rho = 0,0008 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho \text{ max}$ , sehingga digunakan  $\rho \text{ min}$

$$As = \rho \text{ min} \cdot b \cdot dx = 0,0053 \cdot 1000 \cdot 95 = 503.5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 150$  dengan As terpasang = 524 mm<sup>2</sup>

### Plat C

- Penulangan Lapangan Arah X

$$Mlx = 0.47 \text{ kN m}$$

$$Mu = \frac{0.47}{0.8} = 0.58 \text{ kN m}$$

$$\frac{Mu}{b \cdot dx^2} = \frac{0.58}{1 \cdot (0,105)^2} = 53.28 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997)

$$\rho = 0,0004 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho \text{ max}$ , sehingga digunakan  $\rho \text{ min}$

$$As = \rho \text{ min} \cdot b \cdot dx = 0,0053 \cdot 1000 \cdot 105 = 556.55 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 125$  dengan As terpasang = 628 mm<sup>2</sup>



- Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = \frac{0.47}{0.8} = 0.58 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d x^2} = \frac{0.58}{1 \cdot (0,105)^2} = 53.28 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (*Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997*)

$$\rho = 0,0004 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho_{max}$ , sehingga digunakan  $\rho_{min}$

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d x = 0,0053 \cdot 1000 \cdot 95 = 503.5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 150$  dengan  $A_s$  terpasang =  $524 \text{ mm}^2$

- Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = 0.96 \text{ kN m}$$

$$M_u = \frac{0.96}{0.8} = 1.2 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d x^2} = \frac{1.2}{1 \cdot (0,105)^2} = 108.84 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (*Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997*)

$$\rho = 0,0008 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho_{max}$ , sehingga digunakan  $\rho_{min}$

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d x = 0,0053 \cdot 1000 \cdot 105 = 556.55 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 125$  dengan  $A_s$  terpasang =  $628 \text{ mm}^2$

- Penulangan Tumpuan Arah Y

$$M_{ty} = 0.96 \text{ kN m}$$

$$M_u = \frac{0.96}{0.8} = 1.2 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d x^2} = \frac{1.2}{1 \cdot (0,105)^2} = 108.84 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Tabel 5.1.i (*Gideon H. Kusuma, Hal 52,1997*)

$$\rho = 0,0008 \text{ (diinterpolasi)}$$

$\rho > \rho_{max}$ , sehingga digunakan  $\rho_{min}$

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d_x = 0,0053 \cdot 1000 \cdot 95 = 503,5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan  $\varnothing 10 - 150$  dengan  $A_s$  terpasang =  $524 \text{ mm}^2$

Hasil Rekap penulangan plat

	Plat A	Plat B	Plat C
Momen Lapangan X	$\varnothing 10 - 150$	$\varnothing 10 - 250$	$\varnothing 10 - 250$
Momen Lapangan Y	$\varnothing 10 - 150$	$\varnothing 10 - 250$	$\varnothing 10 - 250$
Momen Tumpuan X	$\varnothing 10 - 100$	$\varnothing 10 - 250$	$\varnothing 10 - 250$
Momen Tumpuan Y	$\varnothing 10 - 100$	$\varnothing 10 - 250$	$\varnothing 10 - 250$

Untuk perhitungan beban masing-masing balok :

- Beban mati (*dead load* = DL)
  - Berat sendiri lantai =  $0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup ( Life Load = LL )
  - Beban keranjang berisi ikan
    - Setiap  $\text{m}^2$  lantai dermaga dapat menampung 4 buah keranjang ikan dan 4 tumpukan dengan berat per keranjang ikan 30 kg. Sehingga total berat keranjang ikan =  $4 \times 1 \times 30 = 120 \text{ kg/m}^2$
  - Beban berguna lantai dermaga =  $1000 \text{ kg/m}^2$
  - Beban truk + muatan  $\left[ \frac{1500 + 1190}{1,5 \times 3} \right] = 600 \text{ kg/m}^2$
  - Beban orang =  $200 \text{ kg/m}^2$
  - Beban Gerobak =  $50 \text{ kg/m}^2$
  - Total Beban Hidup (LL) =  $1970 \text{ kg/}$

#### 5.5.4 Perhitungan Pembebanan Struktur

- **Gaya Horisontal**

- a) **Gaya benturan kapal**

Dalam perencanaan, dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga dengan sudut  $10^\circ$  terhadap sisi depan dermaga.

$$E = \frac{W.V^2}{2g} C_m.C_e.C_s.C_c$$

(Bambang Triatmodjo. 1996 hal.170)

Dimana :

E = energi kinetik yang timbul akibat benturan kapal ( ton meter )

V = kecepatan kapal saat merapat (meter/detik)

W = bobot kapal ( ton)

C<sub>m</sub> = koefisien massa

C<sub>e</sub> = koefisien eksentrisitas

C<sub>s</sub> = koefisien kekerasan (diambil 1)

C<sub>c</sub> = koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

Menghitung W :

$$W = k \times \frac{LxBxD}{35} \text{ (ton)}$$

Dimana :

K = koefisien kapal besar = 0.7

L = panjang kapal

B = lebar kapal

D = draft kapal

Menghitung C<sub>m</sub> :

$$C_m = 1 + \frac{\pi.d}{2Cb.B}$$

(Bambang Triatmodjo. 1996 hal.170)

$$C_m = 1 + \frac{3.14 * 1.5}{2 * 0.786 * 4.5} = 1.681$$

$$C_b = \frac{W}{L_{pp}.B.d.\gamma_o}$$

(Bambang Triatmodjo. 1996 hal.171)

$$= \frac{88,042}{16.558 * 4.5 * 4.5 * 1.025} = 0.768$$

Dimana :  $C_b$  = koefisien blok kapal

$C_m$  = koefisien massa

$C_e$  = koefisien eksentrisitas

$L$  = jarak sepanjang permukaan air dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal

$$= \frac{1}{4} \text{Loa (dermaga) (m)}$$

$$= \frac{1}{4} \times 98 = 24,5 \text{ m}$$

$R$  = jari- jari putaran disekeliling pusat berat kapal pada permukaan air

$$= \text{berat jenis air laut (t/m)}$$

$$= 1,025 \text{ (t/m)}$$

Dari grafik hubungan  $r/\text{Loa}$  dan  $C_b$  didapat

$$r/\text{Loa} = 0.786$$

$$R = 0.244 * 18.5$$

$$= 4.514$$

$$C_e = \frac{1}{1 + (l/r)^2}$$

(Bambang Triatmodjo. 1996 hal.171)

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{4.625}{4.514}\right)^2} = 0.478$$

Kecepatan merapat kapal dapat dilihat pada tabel kecepatan merapat kapal pada dermaga yaitu sebesar 0.25 m/dt. Kecepatan merapat kapal diambil dalam arah  $10^\circ$  terhadap sisi dermaga.

$$V = 0.25 * \sin 10^\circ$$

$$V = 0.043 \text{ m/dt}$$

$$E = \frac{88.042 * 0.043^2}{2 * 9.81} * 1.681 * 0.487 * 1 * 1$$

$$= 0.156 \text{ Tm} \sim 156 \text{ kg m}$$

Dengan energi benturan sebesar 156 kg m, maka untuk setiap fender yang dipasang setiap 3 m, menyerap energi sebesar  $156/3 = 52 \text{ kg}$ .

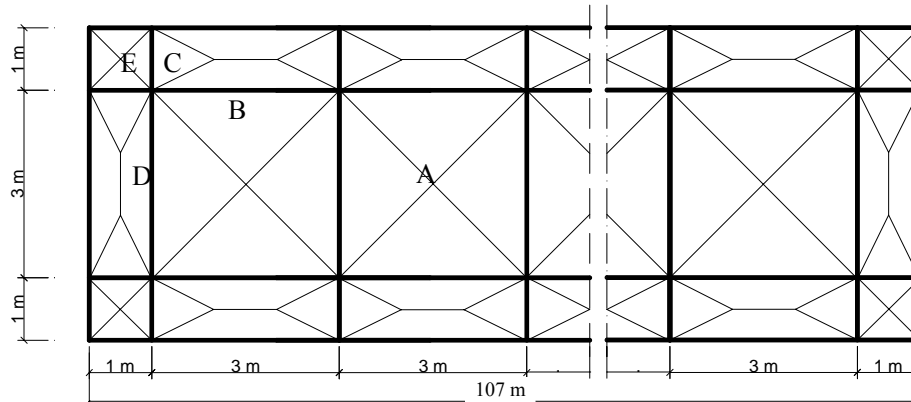
#### b) Gaya tarikan pada bolder

Gaya tarikan pada tambatan/Bolder pada waktu kapal berlabuh. Untuk kapal dengan bobot 30 GT adalah sebesar 1500 kg dari tabel 6.2.

Gaya tarikan kapal (Bambang Triatmodjo, 1996). Gaya ini terjadi disamping dermaga.

#### • Gaya Vertikal

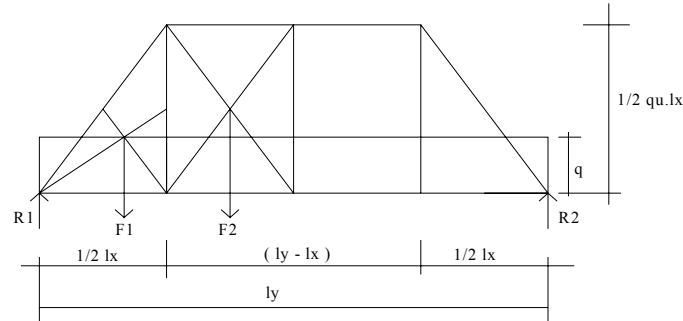
Gaya vertikal berupa gaya yang dihasilkan oleh distribusi beban plat yang bekerja pada balok. Pembebanan pada balok dermaga menggunakan sistem amplop yang dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5.13 denah pembebanan sistem amplop pada dermaga

Perataan beban dilaksanakan sebagai berikut :

### 1. Beban Trapesium



$$F1 = \frac{1}{2} * (\frac{1}{2} . qu . lx) * (\frac{1}{2} lx) = \frac{1}{8} . qu . lx^2$$

$$F2 = \frac{1}{2} (ly-lx) * (\frac{1}{2} . qu . lx) = \frac{1}{4} qu.lx.ly - \frac{1}{4} qu.lx^2$$

$$R1 = R2 = F1 + F2 = \frac{1}{4} qu.lx.ly - \frac{1}{8} . qu . lx^2$$

$$Mmaks \text{ trap} = R1 . \frac{1}{2}y - F1.X1 - F2.X2$$

$$= (\frac{1}{4} qu.lx.ly - \frac{1}{8} . qu . lx^2) \frac{1}{2} ly - \frac{1}{8} . qu . lx^2(\frac{1}{2} ly - \frac{1}{3} lx) -$$

$$(\frac{1}{4} qu.lx.ly - \frac{1}{4} qu.lx^2) (\frac{1}{4} ly - \frac{1}{4} lx)$$

$$= \frac{1}{16} qu.lx.ly^2 - \frac{1}{48} qu lx^3$$

$$Mmaks \text{ segi empat} = \frac{1}{8} q ly^2$$

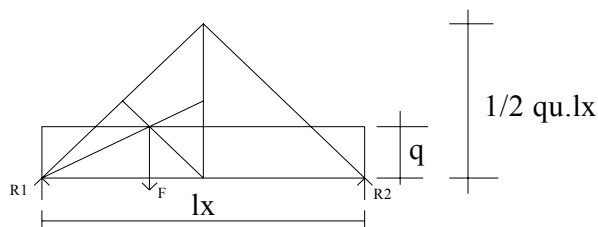
$$Mmaks \text{ trap.} = Mmaks \text{ segi empat}$$

$$\frac{1}{16} qu.lx.ly^2 - \frac{1}{48} qu lx^3 = \frac{1}{8} q ly^2$$

$$q = (\frac{1}{2} . qu . lx) - (\frac{1}{6} qu lx^3/ly^2)$$

$$q = \frac{1}{2} qu lx \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{lx}{ly} \right)^2 \right\}$$

### 1. Bentuk segitiga



$$F = \frac{1}{2} * (\frac{1}{2} qu lx) * (\frac{1}{2} lx) = \frac{1}{8} qu lx^2$$

$$R1 = F$$

$$\begin{aligned} M_{\text{maks segitiga}} &= R1 \cdot \frac{1}{2} l x - F \cdot \frac{1}{3} l x \cdot \frac{1}{2} \\ &= \frac{1}{8} q u l x^2 \cdot \frac{1}{2} l x - \frac{1}{8} q u l x^2 \cdot \frac{1}{6} l x \\ &= \frac{1}{24} q u l x^3 \end{aligned}$$

$$M_{\text{maks segi empat}} = \frac{1}{8} q l x^2$$

$$M_{\text{maks segitiga}} = M_{\text{maks segi empat}}$$

$$\frac{1}{24} q u l x^3 = \frac{1}{8} q l x^2$$

$$q = \frac{1}{3} \cdot q u \cdot l x$$

Untuk perhitungan beban masing-masing balok :

- Beban mati (*dead load* = DL)
  - Berat sendiri lantai =  $0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup ( Life Load = LL )
  - Beban keranjang berisi ikan
    - Setiap  $\text{m}^2$  lantai dermaga dapat menampung 4 buah keranjang ikan dan 4 tumpukan dengan berat per keranjang ikan 30 kg. Sehingga total berat keranjang ikan =  $4 \times 1 \times 30 = 120 \text{ kg/m}^2$
  - Beban berguna lantai dermaga =  $1000 \text{ kg/m}^2$
  - Beban truk + muatan  $\left[ \frac{1500 + 1190}{1.5 \times 3} \right] = 600 \text{ kg/m}^2$
  - Beban orang =  $200 \text{ kg/m}^2$
  - Beban Gerobak =  $50 \text{ kg/m}^2$
  - Total Beban Hidup (LL) =  $1970 \text{ kg/m}^2$

### ➤ Balok A

Balok tersebut mempunyai bentang  $l = 3 \text{ m}$  dan menerima beban berupa :

$$\begin{aligned} Q_{DL} &= 2x \text{ beban segitiga} \\ &= 2 \times \frac{1}{3} W_u \cdot l = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 360 \cdot 3 = 719.99 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{Berat sendiri balok}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 2,88 \text{ kg/m}$$

$$Q_{DL \text{ total}} = 820 + 288 = 1007.99 \text{ kg/m}$$

$$Q_{LL} = 2x \text{ beban segitiga}$$

$$= 2 \times \frac{1}{3} W_u \cdot l = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1970 \cdot 3 = 3939.99 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{Berat sendiri balok}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{LL total}} = 2960 + 288 = 4198.99 \text{ kg/m}$$

➤ **Balok B**

Balok tersebut mempunyai bentang  $l = 3 \text{ m}$  dan menerima beban berupa :

$$\begin{aligned} Q_{\text{DL}} &= \text{beban segitiga} + \text{beban trapesium} \\ &= \left(\frac{1}{3} W_{u_{\text{DL}}} \cdot l\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot W_{u_{\text{DL}}} \cdot l \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{l_x}{l_y}\right)^2\right)\right) \\ &= 607.4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{Berat sendiri balok}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{DL total}} = 607.40 + 288 = 895.40 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{LL}} &= \left(\frac{1}{3} W_{u_{\text{LL}}} \cdot l\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot W_{u_{\text{LL}}} \cdot l \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{l_x}{l_y}\right)^2\right)\right) \\ &= 1940.50 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{Berat sendiri balok}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{LL total}} = 1940.50 + 288 = 2192.50 \text{ kg/m}$$

➤ **Balok C**

Balok tersebut mempunyai bentang  $l = 1 \text{ m}$  dan menerima beban berupa :

$$\begin{aligned} Q_{\text{DL}} &= 2x \text{ beban segitiga} \\ &= 2 \times \frac{1}{3} W_u \cdot l = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 360 \cdot 1 = 239.99 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{Berat sendiri balok}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{DL total}} = 273.33 + 288 = 527.99 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{LL}} &= 2x \text{ beban segitiga} \\ &= 2 \times \frac{1}{3} W_u \cdot l = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1970 \cdot 1 = 986.67 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{Berat sendiri balok}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{LL total}} = 986.67 + 288 = 1274.67 \text{ kg/m}$$

➤ **Balok D**

Balok tersebut mempunyai bentang  $l = 1 \text{ m}$  dan menerima beban berupa :

$$\begin{aligned} Q_{\text{DL}} &= \text{beban trapesium} \\ &= \left(\frac{1}{2} \cdot W_{u_{\text{DL}}} \cdot l \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{l_x}{l_y}\right)^2\right)\right) \\ &= 197.40 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



$$Q_{\text{Berat sendiri balok}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{DL total}} = 197.40 + 288 = 485.40 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{LL}} = (1/3 W_{\text{uLL}} \cdot l) + (1/2 * W_{\text{uLL}} * l * (1 - 1/3(lx/ly))^2)$$
$$= 424.49 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{Berat sendiri balok}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{LL total}} = 424.49 + 288 = 712.49 \text{ kg/m}$$

### ➤ **Balok E**

Balok tersebut mempunyai bentang  $l = 1 \text{ m}$  dan menerima beban berupa :

$$Q_{\text{DL}} = \text{beban segitiga}$$
$$= 1/3 W_{\text{u}} \cdot l = 2 \cdot 1/3 \cdot 410 \cdot 1 = 136.7 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{Berat sendiri balok}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{DL total}} = 136.7 + 288 = 424.70 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{LL}} = \text{beban segitiga}$$
$$= 1/3 W_{\text{u}} \cdot l = 1/3 \cdot 1480 \cdot 1 = 493.33 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{Berat sendiri balok}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{LL total}} = 493.33 + 288 = 708.33 \text{ kg/m}$$

### **5.5.5. Perhitungan Balok**

DL = Beban Mati

- untuk balok A = 1108 kg/m
- untuk balok B = 895.40 kg/m
- untuk balok C = 561.40 kg/m
- untuk balok D = 485.40 kg/m
- untuk balok E = 424.70 kg/m

LL = Beban Hidup

- untuk balok A = 3248 kg/m
- untuk balok B = 2192.5 kg/m
- untuk balok C = 1274.67 kg/m
- untuk balok D = 712.49 kg/m
- untuk balok E = 708.33 kg/m

---

Gaya Benturan	= 52 kg
Gaya Tarikan	= 1500 kg

Dengan menggunakan Program SAP 2000, maka akan didapatkan output berupa Momen dan Shear maksimum yang akan dipergunakan untuk menghitung tulangan balok ( lihat lampiran ).

#### 5.5.5.1. Data Teknis Balok

Konstruksi direncanakan menggunakan ukuran penampang, yaitu  $b \times h = 300 \times 500$  mm.

- Mutu Beton  $f'c = 30$  Mpa =  $300 \text{ kg/cm}^2$
- Mutu Baja  $f_y = 240$  Mpa =  $2400 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal penutup beton  $p = 20$  mm
- Dipilih  $\varnothing$  tul utama = 16 mm  
 $\varnothing$  tul sengk = 8 mm

$$\begin{aligned} \text{tinggi efektif } dx &= h - p - \varnothing \text{ tul sengk} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul utama} \\ &= 500 - 20 - 8 - \frac{1}{2} * 16 = 464 \text{ mm} \\ d' &= h - d = 500 - 464 = 36 \text{ mm} \\ d'/d &= 36 / 464 = 0,077 \end{aligned}$$

:

#### 5.5.5.2. Perhitungan Tulangan Utama Balok

##### ► Perhitungan Balok A

Dari hasil perhitungan Program SAP 2000 didapatkan Gaya :

##### • Momen pada Lapangan

$$\begin{aligned} M_u &= 1220.29 \text{ kg/m} \\ M &= \frac{1220.29}{0.8} = 1365.6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$K_{\max} = 0.33 ; F_{\max} = 0.416$$

$$\begin{aligned} M_1 &= K_{\max} \cdot b \cdot d^2 \cdot R_I \\ &= 0.33 \times 300 \times 464^2 \times 255 \\ &= 54451 \text{ kg mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M2 &= M - M1 \\ &= 1365600 - 54451 \\ &= 82109 \text{ kg mm} \\ As1 &= F_{\max} \cdot b \cdot d^2 \cdot RI / f_y \\ &= 0,416 \times 300 \times 464^2 \times 255 / 24000 \\ &= 221,74 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As2 &= \frac{M2}{f_y \cdot (d - d')} \\ &= \frac{82109}{2400 \cdot (464 - 36)} = 79.94 \text{ mm}\end{aligned}$$

Menurut buku grafik dan tabel perencanaan beton bertulang Tabel 2.2a  
CUR-4 hal.15 maka :

Dipilih tulangan 2Ø16 dengan As terpasang = 402 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}AS &= As1 + As2 \\ &= 221,74 + 79.94 \\ &= 301,68 \text{ mm}\end{aligned}$$

Menurut buku grafik dan tabel perencanaan beton bertulang Tabel 2.2a  
CUR-4 hal.15 maka :

Dipilih tulangan 2Ø16 dengan As terpasang = 402 mm<sup>2</sup>

- **Momen pada Tumpuan**

$$\begin{aligned}Mu &= 3696.62 \text{ kg/m} \\ M &= \frac{3696.62}{0.8} = 2823,83 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$K_{\max} = 0.33 ; F_{\max} = 0.416$$

$$\begin{aligned}M1 &= K_{\max} \cdot b \cdot d^2 \cdot RI \\ &= 0.33 \times 300 \times 464^2 \times 255 \\ &= 54451 \text{ kg mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M2 &= M - M1 \\ &= 2823830 - 54451 \\ &= 227932 \text{ kg mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As1 &= F_{max} \cdot b \cdot d^2 \cdot RI / f_y \\ &= 0,416 \times 300 \times 464^2 \times 255 / 24000 \\ &= 221,74 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As2 &= \frac{M2}{f_y \cdot (d - d')} \\ &= \frac{227932}{2400 \cdot (464 - 36)} = 221,896 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut buku grafik dan tabel perencanaan beton bertulang Tabel 2.2a CUR-4 hal.15 maka :

Dipilih tulangan 2Ø16 dengan As terpasang = 402 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} AS &= As1 + As2 \\ &= 221,74 + 221,896 \\ &= 443,636 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut buku grafik dan tabel perencanaan beton bertulang Tabel 2.2a CUR-4 hal.15 maka :

Dipilih tulangan 2Ø16 dengan As terpasang = 402 mm<sup>2</sup>

balok	arah	Mu	As2	As
A	Tumpuan	3696.62	2 Ø 16	2 Ø 16
	Lapangan	1220.29	2 Ø 16	2 Ø 16
B	Tumpuan	922.90	2 Ø 16	2 Ø 16
	Lapangan	729.40	2 Ø 16	2 Ø 16
C	Tumpuan	411.66	2 Ø 16	2 Ø 16
	Lapangan	99.68	2 Ø 16	2 Ø 16
D	Tumpuan	734.73	2 Ø 16	2 Ø 16
	Lapangan	629.25	2 Ø 16	2 Ø 16
E	Tumpuan	374.25	2 Ø 16	2 Ø 16
	Lapangan	75.93	2 Ø 16	2 Ø 16

➤ Perhitungan tulangan geser

	Balok A	Balok B	Balok C	Balok D	Balok E
Gaya Lintang (kN)	66,12	50,099	16,613	19,199	4,873

Untuk perhitungan tulangan geser diambil gaya lintang yang terbesar yaitu pada balok A dengan  $V_U = 66,12$  kN

$$\begin{aligned} V_n &= V_U / \theta \\ &= 66,12 / 0,6 \\ &= 110,20 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \sqrt{f_c} b \cdot d \\ &= 0,17 \sqrt{30} 300 \cdot 344 \\ &= 96092,44 \text{ N} = 96,092 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (V_n - V_c) = (110,2 - 96,092) \\ &= 14,108 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ maks} &= 0,667 \sqrt{f_c} b \cdot d \\ &= 0,667 \sqrt{30} 300 \cdot 344 \\ &= 377.021,536 \text{ N} = 377,02 \text{ kN} \end{aligned}$$

$V_s \text{ maks} > V_s$  , penampang cukup

$$0,5 V_c = 0,5 \cdot 96,092 = 48,046 \text{ kN}$$

$V_n > 0,5 V_c$  , perlu tulangan geser

dipakai tulangan sengkang  $\emptyset 8$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \\ &= 1,005 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jarak sengkang

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_n - V_c)} = \frac{100,5 \cdot 240 \cdot 344}{14.108} = 588,126 \text{ mm}$$

syarat  $S_{\text{maks}} = d / 2$

$$S_{\text{maks}} = 344 / 2$$

$$S_{\text{maks}} = 172 \text{ cm}$$

dipakai sengkang  $\emptyset 8 - 150$

Cek terhadap lebar balok :

Jmlah tulangan	= 4 x 16	= 64 mm
Selimit Beton	= 2 x 40	= 80 mm
Tulangan sengkang	= 2 x 8	= 16 mm
Jarak antar tulangan	= 3 x 40	=120 mm
Total	= 280 mm	< 300 mm .....ok

➤ Cek terhadap Lendutan

$$\delta = \frac{M}{EI} = \frac{3696.62}{2.10^5 \times 3124} = 0.591 \text{ kg/cm}$$

syarat  $\delta < \delta$

0.591 kg/cm < 0.625 kg/cm.....aman

➤ Cek terhadap tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{N}{A}$$

$$\sigma = \frac{3696.62}{125000} + \frac{1752}{1500} = 412.5 \text{ kg/cm}$$

syarat  $\sigma < \sigma$

412.5 kg/cm < 1600 kg/cm.....aman

### 5.5.5.3. Dilatasi

Pada perencanaan Pelabuhan Perikanan Glagah ini mempunyai dermaga yang sangat panjang, yaitu 107 m. Mengingat panjangnya konstruksi dermaga yang dari beton maka diperlukan dilatasi pada pelat dan balok dermaga. Tujuan dilatasi yaitu untuk membebaskan tegangan pada perkerasan beton yang diakibatkan oleh pemuaian beton.

Dilatasi yang direncanakan dermaga sepanjang 107 m berjarak setiap 15 m.

## 5.6. Pondasi Tiang Pancang

Data teknis perencanaan pondasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

- Tiang pancang bulat dengan :
  - Diameter luar ( $D_L$ ) = 50 cm
  - Diameter dalam ( $D_D$ ) = 34 cm
- Panjang total tiang pancang = 28 m
- $f_c$  tiang pancang = 60 Mpa

### 5.6.1 Daya dukung tiang pancang.

a. Terhadap kekuatan bahan

$$P \text{ tiang} = \sigma_b \times A \text{ tiang}$$

$$\begin{aligned}\sigma_b &= 0.33 \sigma_{bk} \\ &= 0.33 \times 60 \text{ Mpa} = 19,8 \text{ Mpa} = 19,8 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$A \text{ tiang} = \frac{1}{4} \pi D^2 = 1962,5 \text{ cm}^2 = 196250 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}P \text{ tiang} &= 19,8 \text{ N/mm}^2 \times 196250 \text{ mm}^2 \\ &= 3885750 \text{ N} \\ &= 388,575 \text{ ton}\end{aligned}$$

b. Terhadap pemancangan

Dengan rumus pancang A. Hiley dengan tipe *single acting drop hammer*.

$$R_u = \frac{E_f \times W \times H}{\delta + \frac{1}{2}(C_1 + C_2 + C_3)} \times \frac{W + e^2 \times W_p}{W + W_p}$$

Dimana:

$$E_f = \text{efisiensi alat pancang} = 0.9$$

$$\begin{aligned}W_p &= \text{berat sendiri tiang pancang} \\ &= 0,19625 \cdot 28 \cdot 24 = 13,88 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W &= \text{berat hammer} \\ &= 0,5 W_p + 0,6 = (0,5 \times 13,88) + 0,6 = 7,194 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$e = \text{koefisien pengganti beton} = 0.25$$

$$H = \text{tinggi jatuh hammer} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\delta &= \text{penurunan tiang akibat pukulan terakhir} = 0.015 \text{ m} \\ C1 &= \text{tekanan izin sementara pada kepala tiang dan penutup} = 0.01 \text{ m} \\ C2 &= \text{simpangan tiang akibat tekanan izin sementara} = 0.005 \\ C3 &= \text{tekanan izin sementara} = 0.003 \\ Ru &= \text{batas maksimal beban (ton)} \\ Ru &= \frac{0,9 \times 7,194 \times 2}{0,015 + \frac{1}{2}(0,01 + 0,005 + 0,003)} \times \frac{7,194 + 0,25^2 \times 13,188}{7,194 + 13,185} \\ &= 212,258 \text{ ton}\end{aligned}$$

Batas beban izin yang diterima tiang (Pa):

$$\begin{aligned}Pa &= 1/n \times Pu \quad (n = \text{angka keamanan} = 1.5) \\ &= 1/1,5 \times 212,258 \text{ ton} \\ &= 141,505 \text{ ton}\end{aligned}$$

c. Terhadap kekuatan tanah

Meyerhof (1956) mengusulkan formula untuk menentukan daya dukung pondasi tiang pancang sebagai berikut :

$$P_{ult} = 40 N_b \cdot A_b + 0,2 \cdot \underline{N} \cdot A_s$$

Dimana :

$$\begin{aligned}P_{ult} &= \text{Daya dukung batas pondasi tiang pancang (ton)} \\ N_b &= \text{Nilai N-SPT pada elevasi dasar tiang } N_b = 60 \\ A_b &= \text{Luas penampang dasar tiang (m}^2\text{)} = 0,19625 \text{ m}^2 \\ \underline{N} &= \text{Nilai N-SPT rata-rata} = 38,7 \\ A_s &= \text{Luas selimut tiang (m}^2\text{)} = 3,14 \cdot 0,5 \cdot 2,8 = 43,96 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Maka didapat nilai

$$\begin{aligned}P_{ult} &= (40 \cdot 60 \cdot 0,19625) + (0,2 \cdot 38,7 \cdot 43,96) \\ &= 811,25 \text{ ton}\end{aligned}$$



### 5.6.2 Perhitungan Efisiensi Tiang

Dari perhitungan daya dukung tiang pancang diatas didapatkan nilai terkecil pada daya dukung tiang pancang terhadap pemancangan yaitu sebesar = 141,505 ton

Efisiensi grup tiang pancang :

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n} \right\}$$

Dimana :

m = jumlah baris = 1

n = jumlah tiang dalam satu baris = 1

$\theta = \arctan (d/s) = \arctan (50/300) = 9,462$

d = diameter tiang

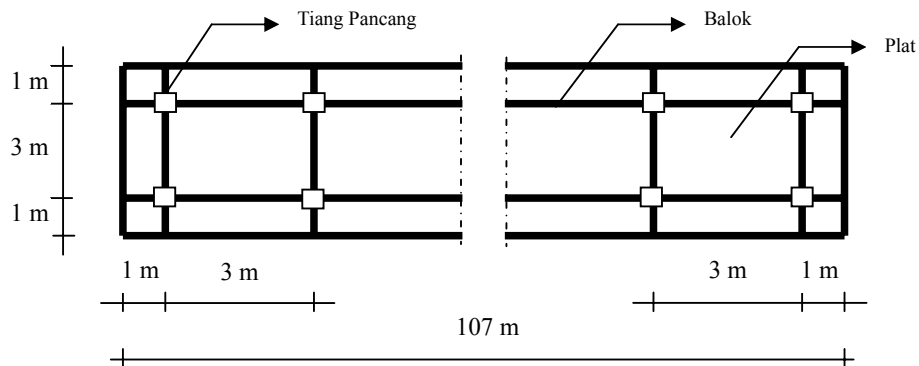
s = jarak antar tiang (as ke as)

Maka didapat nilai :

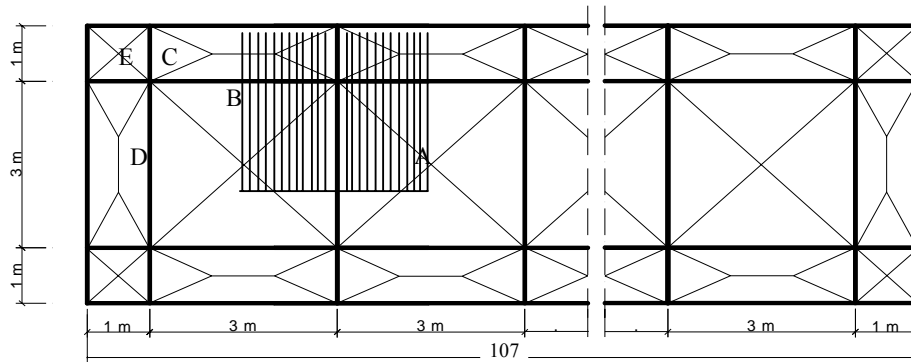
$$Eff = 1 - \frac{9,462}{90} \left\{ \frac{(2-1)1 + (1-1)2}{1.2} \right\} = 0,9474$$

Karena jumlah tiang pancang hanya satu (tidak dalam bentuk grup) maka Eff = 1. Dengan menggunakan efisiensi, maka daya dukung tiang pancang tunggal menjadi :

$$\begin{aligned} P_{all} &= Eff \times Q \text{ tiang} \\ &= 1 \times 141,505 \\ &= 141,505 \text{ ton} \end{aligned}$$



Gambar 5.14. Letak Pondasi tiang



Gambar 5.15 Pembebanan pada tiang pancang

- **Pembebanan pada tiang pancang.**

Beban yang bekerja adalah  $q$  pada balok.

Balok A didapat  $q = 3248 \text{ kg/m}$

Balok B didapat  $q = 2192,5 \text{ kg/m}$

Balok C didapat  $q = 1274,67 \text{ kg/m}$

Dengan demikian beban yang diterima oleh tiang pancang:

$$P = (q_A \cdot 1,5) + (q_B \cdot 3) + (q_C \cdot 1) + \text{berat tiang pancang.}$$

$$= (3248 \times 1,5) + (2192,5 \times 3) + (1274,67 \times 1) + (0,0992 \times 28 \times 2400)$$

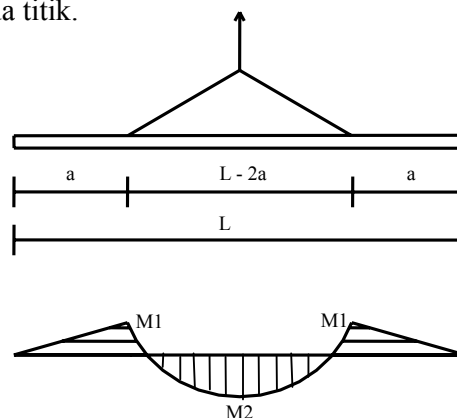
$$= 24.262,41 \text{ kg}$$

$$P (24.262,41 \text{ kg}) < Q (811.250 \text{ kg}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

- **Penulangan tiang pancang.**

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan. Pengangkatan tiang pancang bisa dilaksanakan dengan dua cara yang berbeda yaitu dengan dua titik dan satu titik pengangkatan.

1. Pengangkatan dua titik.



Gambar 5.16 Pengangkatan tiang pancang dengan dua titik

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2} q a^2 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot (L - 2a)^2 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2$$

$$4 a^2 + 4 a L - L^2 = 0$$

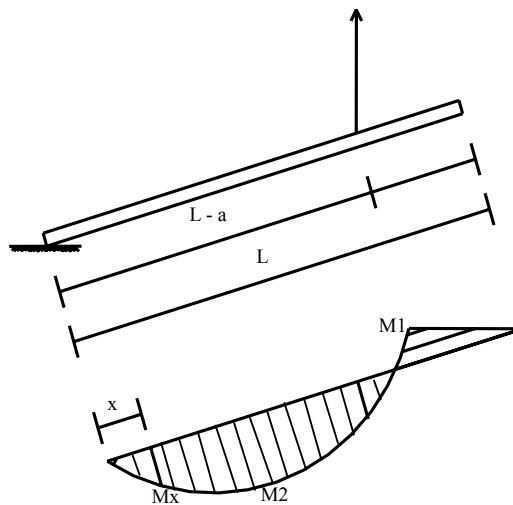
$$a = 0,209 L \rightarrow (L = 28 \text{ m})$$

$$a = 5,852 \text{ m}$$

$$\text{Berat tiang pancang (q)} = 0,0992 \cdot 2,4 = 0,238 \text{ ton/m}$$

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} \cdot 0,238 \cdot 5,852^2 = 6,58 \text{ tm.}$$

2. Pengangkatan satu titik.



Gambar 5.17 Pengangkatan tiang pancang dengan satu titik

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot \left[ \frac{(L^2 - 2aL)^2}{2 \cdot (L - a)} \right]^2$$

$$a^2 = \left[ \frac{(L^2 - 2aL)^2}{2 \cdot (L - a)} \right]^2$$

$$a = \left[ \frac{(L^2 - 2aL)^2}{2 \cdot (L - a)} \right]$$

$$2 a^2 - 4 aL + L^2 = 0$$

$$a = 0,29L \rightarrow (L = 28 \text{ m})$$

$$a = 8,12 \text{ m}$$

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} \cdot 0,238 \cdot 8,12^2 = 7,846 \text{ tm.}$$

Posisi kritis adalah momen pengangkatan satu titik yaitu 7,846 tm.

**Penulangan didasarkan pada Analisa Penampang**

Momen yang terjadi diambil yang paling besar yaitu :

$$Mu = 7,846 \text{ tm}$$

$$P_{\max} = Pu = 56,966 \text{ ton} = 569660 \text{ N}$$

a. Data Teknis

Tiang pancang direncanakan menggunakan beton prategang dengan data-data teknis sbb :

$$f_c = 60 \text{ Mpa}$$

$$f_{pu} = 1.860 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \sqrt{60} = 36.406,044 \text{ Mpa}$$

$$D_L = 500 \text{ mm}$$

$$D_D = 340 \text{ mm}$$

$$R = 0,83$$

Batasan tegangan :  $f_c = f_c = 60 \text{ Mpa}$  ( tekan )

$$F_t = -0,5 \sqrt{f_c} = -3,873 \text{ Mpa} \text{ ( tarik )}$$

b. Properties Penampang

- Titik berat penampang ( beton ) / ege

$$Y_{bwh} = Y_{ats} = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} \times 50 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

$$X_{kr} = X_{kn} = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} \times 50 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

- Momen inersia dan Statis momen

$$I = (1/64)\pi D^4 = (1/64) \pi (500^4 - 340^4) = 2410766400 \text{ mm}^4$$

$$S_{x_{bwh}} = S_{x_{ats}} = I / Y_{bwh} = 2410766400/250 = 9643065,6 \text{ mm}^4$$

c. Mencari Gaya Prategang (  $T_i$  )

Direncanakan 7 *wire strand* derajat 1860 Mpa

$$\theta \text{ 1 strand} = 15,24 \text{ mm}$$

$$A \text{ 1 strand} = 138,7 \text{ mm}^2$$

Kekuatan-patah minimum gaya prategang = 100 %

Gaya prategang tendon 1 *strand* dengan 100 % kekuatan patah

minimum = 260,7 KN

$$f_{pu} = 260700 \text{ N} / 138,7 \text{ mm}^2 = 1862,143 \text{ Mpa}$$

$T_i$  dicari dengan mengecek beberapa kemungkinan tegangan yang terjadi.

### Kondisi 1

$$\frac{R \times T_i + P_u \max}{A} + \frac{M_u \max}{S} \leq f_c$$

$$\frac{0,83xTi + 569660}{1/4\pi(500^2 - 340^2)} + \frac{65530000}{9643065,6} \leq 60 \text{ Mpa}$$

$$7,867 \times 10^{-6} T_i + 5,399 + 6,796 \leq 60 \text{ Mpa}$$

$$7,867 \times 10^{-6} T_i \leq 47,805 \text{ Mpa}$$

$$T_i \leq 6076649,295 \text{ N} = 6076,649 \text{ kN}$$

### Kondisi 2

$$\frac{R \times T_i + P_u \max}{A} - \frac{M_u \max}{S} \leq f_t$$

$$\frac{0,83xTi + 569660}{1/4\pi(500^2 - 340^2)} + \frac{65530000}{9643065,6} \leq -3,873 \text{ MPa}$$

$$7,867 \times 10^{-6} T_i + 5,399 - 6,796 \leq -3,873 \text{ MPa}$$

$$7,867 \times 10^{-6} T_i \leq -2,476 \text{ MPa}$$

$$T_i \leq -314732 \text{ N} = -314,732 \text{ kN}$$

### Keterangan :

Untuk kondisi 2,  $T_i$  bernilai negative ( tarik ). Kondisi ini tidak boleh terjadi pada  $T_i$  tiang pancang.

Berdasarkan kedua nilai  $T_i$  tersebut, maka gaya prategang  $T_i$  harus diambil sebesar :  $T_i \leq 6076,649 \text{ kN}$

Maka direncanakan menggunakan gaya prategang  **$T_i = 1500 \text{ KN}$**

d. Menghitung Jumlah Tendon

Jumlah tendon yang diperlukan =  $T_i$  / gaya prategang tendon

$$= 1500 \text{ KN} / 260,7 \text{ KN}$$

= 5,75 ~ 8 buah tendon

Rencana dipakai 8 buah tendon = 8 x 260,7 KN = 2085,6 KN

2085,6 KN ≤ 6076,649 KN.....ok

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tendon} &= \left[ (\pi \times D_D) - (8 \times \theta_{\text{tendon}}) \right] / 8 \\ &= \left[ (3,14 \times 340 \text{ mm}) - (8 \times 15,24 \text{ mm}) \right] / 8 \\ &= 118,21 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2002, syarat jarak antar tendon > 4 θ tendon

$$4 \times 15,24 \text{ mm}$$

118,21 mm > 60,96 mm.....OK

Dipasang tulangan geser praktis, berupa tulangan geser spiral yang rencana digunakan tulangan geser spiral θ 6-150 mm.

## 5.7 Fender

Dalam perencanaan fender ini ditetapkan memakai fender karet. Dianggap bahwa sudut datang kapal yang merapat adalah 10<sup>0</sup> terhadap sisi dermaga. Dari perencanaan sebelumnya diketahui data kapal :

- Bobot kapal (W) = 30 ton
- Panjang kapal (Loa) = 18,5 m
- Lebar kapal (B) = 4,5 m
- Draft kapal (d) = 1,5 m

### 5.7.1 Perhitungan Fender

➤ Panjang garis air (Lpp)

$$\begin{aligned} L_{pp} &= 0,846 L^{1,0193} \\ &= 0,846 \cdot (18,5)^{1,0193} = 16,56 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan besarnya koefisien massa (Cm)

$$C_m = 1 + \frac{\pi \cdot d}{2Cb \cdot B}$$

Dimana :

$$\gamma_0 = 1,025 \text{ ton/m}^3$$

$$C_b = \frac{W}{Lpp \cdot B \cdot d \cdot \gamma_o}$$

$$\frac{30}{15,56 \cdot 4,5 \cdot 1,5 \cdot 1,025} = 0,262$$

$$\text{Jadi } C_m = 1 + \frac{3,14 \cdot 1,5}{2,0 \cdot 262 \cdot 4,5} = 1,997$$

Perhitungan besarnya koefisien eksentrisitas ( $C_e$ )

$$C_e = \frac{1}{1 + (l/r)^2}$$

Dimana :

$$l = \frac{1}{4} \cdot \text{Loa} = \frac{1}{4} \cdot 18,5 = 4,625 \text{ m}$$

Besarnya nilai  $r$  didapat dari gambar 6.19 (*Bambang Triatmodjo, hal. 172, 1996*)

dengan nilai  $C_b = 0,5$  (minimum) didapat :

$$r/\text{Loa} = 0,205$$

$$r = \text{Loa} \cdot 0,205 = 18,5 \cdot 0,205 = 3,792 \text{ m}$$

$$\text{Jadi } C_e = \frac{1}{1 + (l/r)^2} = 0,451$$

➤ Kecepatan merapat kapal

Kecepatan merapat kapal dapat dilihat pada tabel 6.1 (*Bambang Triatmodjo, hal. 170, 1996*), yaitu sebesar 0,25 m/dt. Kecepatan merapat kapal diambil dalam arah  $10^0$  terhadap sisi dermaga.

$$V = 0,25 \cdot \sin 10^0$$

$$= 0,043 \text{ m/dt}$$

➤ Energi benturan yang terjadi ( $E$ )

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

$$= \frac{30 \cdot 0,043^2}{2,9,81} \cdot 1,997 \cdot 0,451 \cdot 1,1$$

$$= 0,00254 \text{ tm} = 254 \text{ kgcm}$$

➤ Gaya perlawanan

Energi yang membentur dermaga adalah  $\frac{1}{2} E$ . Gaya perlawanan yang ada akibat benturan tersebut diberikan oleh dermaga sebesar  $F \cdot \frac{1}{2} \cdot d$ , dengan demikian :

$$F \cdot \frac{1}{2} \cdot d = \frac{1}{2} E$$

$$F \cdot d = E$$

$$F \cdot d = 254 \text{ kgcm}$$

➤ Fender yang Dipakai

Fender yang dipakai adalah fender karet “*Sumitomo Hyper Ace (V Shape)*” Type HA 150H x 1000L (CV4), karena dipenuhi persyaratan bahwa :

E benturan < E yang diijinkan.....OK

0,00245 ton m < 0,34 ton m ( lihat lampiran tabel fender sumitomo )

Dengan data-data sebagai berikut :

*Rate deflection* = 45 % dengan :

*Energi absorbtion (E)* = 0,34 ton m

*Reaction Load (R)* = 6,8 ton

*Maximum Deflection* = 47,50 % dengan :

*Energi absorbtion (E)* = 0,37 ton m

*Reaction Load (R)* = 7,8 ton

Untuk lebih aman, maka gaya yang diterima dermaga diambil pada saat terjadi

*maximum deflection* (47,50 %) yaitu sebesar 7,8 ton.

Jarak Maksimum Antar *Fender*

Jarak maksimum antar *fender* ( L ) bisa dihitung dengan rumus :

( New Selection of Fender, Sumitomo Fender )

$$L \leq 2 \sqrt{h \left[ \frac{B}{2} + \frac{L^2}{8B} - h \right]} = 2 \sqrt{1,075 \left[ \frac{4,5}{2} + \frac{18,5^2}{8 \times 4,5} - 1,075 \right]}$$

dimana diketahui :

$$B \text{ (lebar kapal)} = 4,5 \text{ m}$$



$$L \text{ (panjang kapal)} = 18,5 \text{ m}$$
$$h \text{ (tinggi fender)} = 900 \text{ mm} + (2 \times 87,5) \text{ mm} = 1075 \text{ mm} = 1,075 \text{ m}$$

Maka dapat dicari Jarak Maksimum antar fender (L) yaitu,

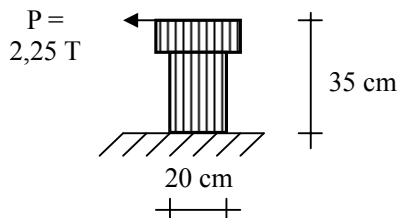
$$L \leq 2 \sqrt{11,486}$$

$$L \leq (2 \times 3,389)$$

$$L \leq 6,778 \text{ m, maka diambil jarak antar fender} = 3 \text{ m}$$

### 5.8 Bolder

Fungsi *bolder* adalah untuk menambatkan kapal agar tidak mengalami pergerakan yang dapat mengganggu baik pada aktivitas bongkar maupun lalu lintas kapal lainnya. *Bolder* yang digunakan pada perencanaan dermaga ini menggunakan bahan dari beton. *Bolder* dipasang dengan jarak 3 meter. Jenis *bolder* ditentukan berdasarkan besarnya gaya tarik kapal yaitu sebesar  $(15/200) \times 30 = 2,25$  Ton (*Bambang Triatmodjo, hal.174, 2003*) direncanakan untuk kapal ukuran 30 GT. *Bolder* direncanakan menggunakan bentuk silinder dengan tinggi 35 cm berdiameter 20 cm, tetapi asumsi perhitungan sebagai balok. Untuk kekuatan *Bolder* pengecorannya dilakukan monolit dengan lantai dermaga.



Gambar 5.18 Gaya yang bekerja pada *bolder*

Perhitungan sebagai balok bujur sangkar:

$$M = P * 0,4 = 2,25 * 0,25 = 0,5625 \text{ tm} = 56250 \text{ kg cm}$$

$$d = h - p - \text{Ø sengk} - \frac{1}{2} \cdot \text{Ø tul. utama} = 200 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 144 \text{ mm}$$

$$f'c = 30 \text{ Mpa}$$

$$fy = 240 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{min} = 0,0056$$

$$\rho_{maks} = 0,0484$$

Penulangan

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{0,5625}{0,2 \cdot 0,144^2} = 135,869 \text{ kNm}$$

Menurut Tabel 5.3d (*Gideon H. Kusuma, Hal. 62, 1997*)

$$\rho = 0,0313$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks} \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0313 \cdot 200 \cdot 144 = 902,71 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 5Ø16 dengan  $A_s$  terpasang = 1005 mm<sup>2</sup>