

BAB VI

PERENCANAAN PELABUHAN PERIKANAN

6.1. Faktor - Faktor Perencanaan

Faktor-faktor perencanaan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan bangunan laut, khususnya pelabuhan perikanan dapat dijelaskan sebagai berikut :

6.1.1. Karakteristik Teknik Lapangan.

Karakteristik teknik lapangan adalah kondisi spesifik alam yang ada, meliputi aspek-aspek :

- Topografi
- Bathimetri
- Gelombang
- Angin
- Pasang surut
- Mekanika tanah
- Ketersediaan material konstruksi

6.1.2. Karakteristik Kapal

Karakteristik kapal yang akan dilayani di pelabuhan perikanan merupakan *input* yang sangat menentukan perencanaan yang meliputi bobot kapal, panjang (LOA, *length overall*), lebar (B, *breadth*), tinggi (D, *depth*) dan sarat (d, *draft*).

Dalam perencanaan pengembangan Pelabuhan Perikanan Morodemak sampai tahun 2017 direncanakan mampu melayani kapal dengan ukuran maksimum 30 GT dengan data dimensi kapal sebagai berikut :

- ⇒ Panjang = 18,5 meter
- ⇒ Lebar = 4,5 meter
- ⇒ Draft = 1,5 meter

6.1.3. Tingkat Layanan Operasional Pelabuhan Perikanan.

Agar diperoleh hasil perencanaan yang optimal, pelabuhan perikanan harus direncanakan sesuai dengan tingkat layanan yang bisa diberikan, terutama untuk kapal pengguna jasa pelabuhan.

Dalam hal ini perlu diperhatikan:

- Dapatkan pelabuhan perikanan memberikan pelayanan operasional sepanjang tahun dengan kondisi cuaca/musim yang berubah-ubah; atau pada musim tertentu (angin kencang dan gelombang besar) tidak dapat memberikan pelayanan.
- Apakah pelabuhan perikanan dapat memberikan pelayanan setiap saat meskipun pada kondisi pasang surut; atau pada saat pasang saja dapat melayani kapal besar dengan *draft* yang dalam. Hal ini terutama pada kemampuan penyediaan kedalaman kolam pelabuhan.
- Apakah pelabuhan perikanan dapat memberikan pelayanan kemudahan manuver kapal, dalam arti kapal dapat berputar di kolam putar di dalam perairan pelabuhan atau di luar pelabuhan dengan penyediaan jasa kapal tunda.
- Apakah pelabuhan perikanan dapat memberikan pelayanan kemudahan lalu lintas kapal satu arah atau dua arah pada alur pelayaran.

6.1.4. Jenis Layanan Pelabuhan Perikanan.

Pelabuhan perikanan yang lengkap jenis layanannya dapat memberikan kemudahan bagi kapal untuk bongkar dan muat. Layanan pelabuhan perikanan yang lengkap untuk kapal bongkar meliputi : pendaratan ikan, pencucian, penyortiran, pelelangan, penyimpanan, pemuatan ke angkutan darat, pengolahan pengeringan, pengasinan, pengalengan, dan pembuatan tepung.

Layanan kapal muat meliputi : pengisian bahan bakar, air bersih, pemuatan es batu, perbekalan makanan, pelayanan perbaikan alat tangkap, perbaikan kapal, dan penjualan alat tangkap dan umpan.

6.1.5 Pertimbangan Ekonomi Teknik.

Pertimbangan ekonomi teknik berkait erat dengan biaya pelaksanaan dan ketersediaan dana yang ada. Hal-hal yang berpengaruh meliputi : jenis konstruksi, material konstruksi, umur konstruksi dan pentahapan pelaksanaan konstruksi.

6.2 Perencanaan Alur Pelayaran.

Alur pelayaran merupakan gerbang masuk kapal menuju kolam pelabuhan. Ukuran kedalaman dan lebarnya mempengaruhi arus lalu lintas kapal yang keluar masuk pelabuhan.

6.2.1. Kedalaman Alur.

Sebagai kapal perencanaan untuk merencanakan alur pelayaran digunakan kapal 30 GT. Kapal tersebut banyak terdapat pada Pelabuhan Perikanan lain di sekitar Morodemak. Apabila alur dilalui oleh kapal tersebut, maka potensi kedatangannya adalah 4 buah/hari, suatu potensi yang cukup untuk diperhitungkan.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kedalaman alur ideal yaitu:

$$\mathbf{H = d + S + C}$$

(Sumber: Dinas Perikanan dan Kelautan Jawa Tengah)

di mana :

H = Kedalaman alur (m)

S = Gerak vertikal kapal karena gelombang (m)

Toleransi maksimum 0,5 m

C = Ruang kebebasan bersih antar kapal dengan dasar laut

⇒ Pantai pasir = 0,50 m

⇒ Pantai batu = 0,75 m

⇒ Pantai karang = 1,00 m

d = Draft kapal (m)

Draft kapal ditentukan oleh karakteristik kapal terbesar (Kapal dengan ukuran 30 GT, draft = 1,5 m).

Jadi kedalaman alur pelayaran direncanakan:

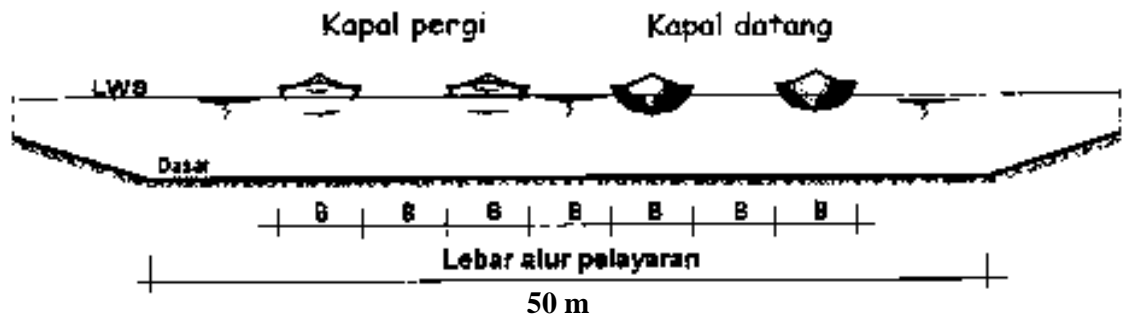
$$\begin{aligned} H &= 1,5 + 0,5 + 0,5 \\ &= 2,50 \text{ meter} \end{aligned}$$

6.2.2. Lebar Alur.

Pada perencanaan Pelabuhan Perikanan Morodemak lebar alur direncanakan untuk dua jalur kapal atau disebut juga dua jalur lalu lintas. Pada buku “Pelabuhan” karangan Ir. Bambang Triatmodjo halaman 117 disebutkan jika kapal boleh bersimpangan maka lebar alur adalah 6-7 kali lebar kapal. Pada perencanaan Pelabuhan Perikanan Morodemak ini diambil $B = 7$ kali lebar kapal, dengan tujuan untuk mengantisipasi terjadinya benturan antar kapal pada waktu simpangan.

Dengan lebar kapal = 4.5 m, maka direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Lebar alur pelayaran} \quad (B) &= 7 \times 4,5 \text{ m} \\ &= 31,5 \text{ m} \cong 50 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 6.1 Dimensi Alur Pelayaran.

6.2.3. Kelengkungan Alur.

Jari-jari kelengkungan alur yang aman adalah >10 panjang kapal atau dengan panjang kapal 18,5 meter, maka radius kelengkungan adalah 185 meter.

6.3. Bangunan Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

6.3.1 Data Teknis

Dari perhitungan analisis data pada Bab IV telah didapatkan data sebagai pedoman perhitungan perencanaan *breakwater*, yaitu :

- Kedalaman = - 3,0 m. (bagian ujung).
- 2,0 m. (bagian lengan).
- Tinggi gelombang (H) = 1,08 m.
- Periode gelombang (T) = 5,4 detik.
- Elevasi muka air rencana = + 1,47 LWL.

6.3.2 Perhitungan Perencanaan

Langkah-langkah perhitungan *breakwater* adalah sebagai berikut :

- a. Penentuan elevasi puncak *breakwater*.

Kemiringan sisi *breakwater* direncanakan 1 : 2.

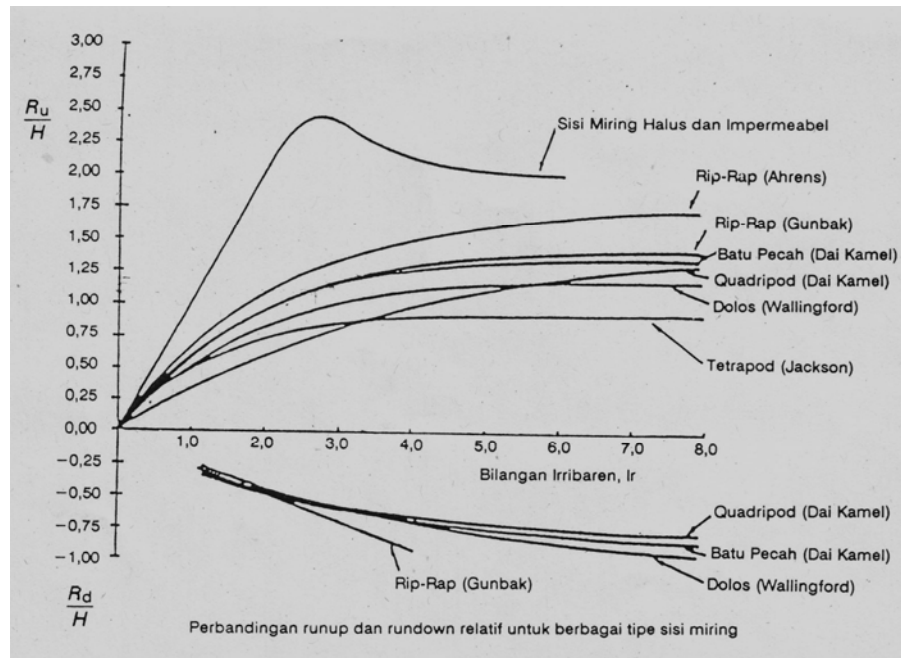
Panjang gelombang di laut dalam (Bambang Triadmodjo, hal 133 , 1996).

$$\begin{aligned}L_o &= 1,56 \cdot T^2 \\ &= 1,56 \cdot 5,4^2 = 45,49 \text{ m.}\end{aligned}$$

Bilangan Iribaren didapatkan :

$$\begin{aligned}I_r &= Tg \theta / (H / L_o)^{0,5} \\ &= 0,5 / (1,08 / 45,49)^{0,5} = 3,24.\end{aligned}$$

Dari grafik (lihat gambar 5.1) untuk lapis lindung dari batu pecah pada $I_r = 3,24$ didapatkan nilai *run up* :



Gambar 6.2 Grafik Run Up Gelombang.

$$R_u / H = 1,2 \text{ maka,}$$

$$R_u = 1,2 \times 1,08 = 1,29 \text{ m.}$$

Didapatkan elevasi puncak *breakwater* dengan tinggi kebebasan 0,5 meter yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Elevasi} &= \text{DWL} + R_u + 0,5 \\ &= + 1,47 + 1,29 + 0,5 \\ &= + 3,26 \text{ m.} \end{aligned}$$

Tinggi *breakwater* :

- Bagian ujung (kepala) :

$$\begin{aligned} H_{\text{break water}} &= \text{Elv}_{\text{break water}} - \text{Elv}_{\text{dasar laut}} \\ &= + 3,26 - (-3,0) \\ &= 6,26 \text{ m.} \end{aligned}$$

- Bagian lengan (badan) :

$$\begin{aligned} H_{\text{break water}} &= \text{Elv}_{\text{break water}} - \text{Elv}_{\text{dasar laut}} \\ &= + 3,26 - (-2,0) \\ &= 5,26 \text{ m.} \end{aligned}$$

- b. Berat butir lapis pelindung dari batu pecah.

Koefisien stabilitas dari tabel (Bambang Triadmodjo, hal 135, 1996) :

- Jumlah susunan butir batu n = 2.
- Pada bagian ujung (kepala) $K_{D1} = 2,8$.
- Pada bagian lengan (badan) $K_{D2} = 4,0$.

Berat butir lapis pelindung dihitung dengan rumus Hudson berikut ini :

Pada bagian ujung (kepala) :

$$\begin{aligned} W &= \gamma_r \cdot H^3 / [K_D (S_r - 1)^3 \text{ctg } \theta] \\ &= 2,65 \times 1,08^3 / [2,8 \times ((2,65/1,03) - 1)^3 \times 2] \\ &= 0,152 \text{ ton} = 152 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pada bagian lengan (badan) :

$$\begin{aligned} W &= \gamma_r \cdot H^3 / [K_D (S_r - 1)^3 \text{ctg } \theta] \\ &= 2,65 \times 1,08^3 / [4,0 \times ((2,65/1,03) - 1)^3 \times 2] \\ &= 0,107 \text{ ton} = 107 \text{ kg} \end{aligned}$$

- c. Lebar puncak *breakwater*.

Lebar puncak *breakwater* untuk n = 3 (minimum) :

Pada bagian ujung (kepala) :

$$\begin{aligned} B &= n \cdot k \Delta \cdot [W / \gamma_r]^{1/3} \\ &= 3 \times 1,15 \times [0,152 / 2,65]^{1/3} \\ &= 1,34 \text{ m.} \rightarrow \text{dibulatkan } B = 1,40 \text{ m.} \end{aligned}$$

Pada bagian lengan (badan) :

$$\begin{aligned} B &= n \cdot k \Delta \cdot [W / \gamma_r]^{1/3} \\ &= 3 \times 1,15 \times [0,107 / 2,65]^{1/3} \\ &= 1,19 \text{ m.} \rightarrow \text{dibulatkan } B = 1,20 \text{ m.} \end{aligned}$$

- d. Tebal lapis pelindung.

Pada bagian ujung (kepala) :

$$\begin{aligned} t &= n \cdot k \Delta \cdot [W / \gamma_r]^{1/3} \\ &= 2 \times 1,15 \times [0,152 / 2,65]^{1/3} \\ &= 0,89 \text{ m.} \rightarrow \text{dibulatkan } t = 1,00 \text{ m.} \end{aligned}$$

Pada bagian lengan (badan) :

$$\begin{aligned}t &= n \cdot k \Delta \cdot [W/\gamma r]^{1/3} \\ &= 2 \times 1,15 \times [0,107/2,65]^{1/3} \\ &= 0,79 \text{ m.} \rightarrow \text{dibulatkan } t = 1,00 \text{ m.}\end{aligned}$$

e. Jumlah batu pelindung.

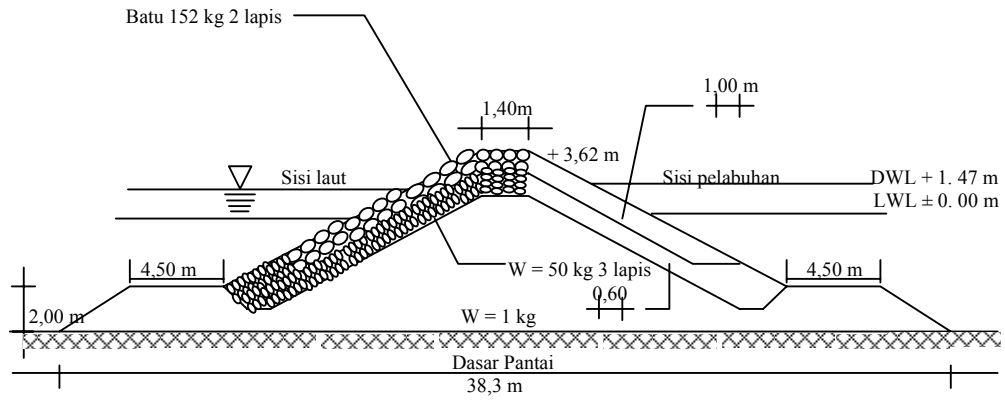
Jumlah butir batu pelindung tiap satuan luas (10 m^2) dihitung dengan rumus berikut :

Pada bagian ujung (kepala) :

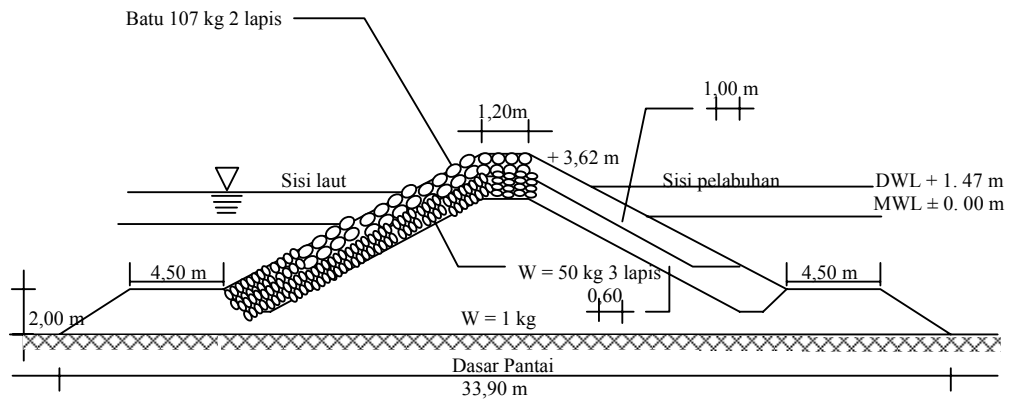
$$\begin{aligned}N &= A \cdot n \cdot k \Delta [1 - (P/100)] [\gamma r / W]^{2/3} \\ &= 10 \times 2 \times 1,15 \times [1 - (37/100)] \times [2,65/0,152]^{2/3} \\ &= 133,01 \rightarrow \text{dibulatkan } N = 133 \text{ buah.}\end{aligned}$$

Pada bagian lengan (badan) :

$$\begin{aligned}N &= A \cdot n \cdot k \Delta [1 - (P/100)] [\gamma r / W]^{2/3} \\ &= 10 \times 2 \times 1,15 \times [1 - (37/100)] \times [2,65/0,107]^{2/3} \\ &= 120,26 \rightarrow \text{dibulatkan } N = 120 \text{ buah.}\end{aligned}$$



Potongan melintang *breakwater* ujung



Potongan melintang *breakwater* lengan

Gambar 6.3. Potongan Melintang *Breakwater*

6.4. Perencanaan Kolam Pelabuhan

Perairan yang menampung kegiatan kapal perikanan untuk bongkar muat, berlabuh, mengisi persediaan, dan memutar kapal dinamakan kolam pelabuhan.

Dasar pertimbangan bagi perencanaan kolam pelabuhan adalah sebagai berikut :

- Perairan yang relatif tenang (terhadap gelombang dan arus)
- Lebar dan kedalaman perairan disesuaikan dengan kebutuhan
- Kemudahan gerak kapal (manuver)

Meskipun batas lokasi kolam pelabuhan sulit ditentukan secara tepat, tetapi biasanya dibatasi oleh daratan, penahan gelombang, konstruksi dermaga, atau batas administrasi pelabuhan.

Kolam harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Cukup luas sehingga dapat menampung semua kapal yang datang berlabuh dan masih dapat bergerak dengan bebas.
- Cukup lebar sehingga kapal dapat bermanuver dengan bebas, kalau bisa merupakan gerak melingkar yang tidak terputus.
- Cukup dalam sehingga kapal terbesar masih bisa masuk di dalam kolam pelabuhan pada saat air surut.

Dasar perairan di pelabuhan harus cukup dalamnya agar kapal dapat masuk dan keluar dengan lancar pada saat muka air rencana (LWL). Kedalaman kolam pelabuhan direncanakan sama dengan kedalaman alur pelayaran, yaitu : **H = 2,5 meter.**

Luas kolam putar yang digunakan untuk mengubah arah kapal minimum adalah :

$$\text{Luas Kolam Putar} = \pi * (1.5 \times r)^2$$

di mana:

r = Panjang kapal total (L_{oa}) dr kapal terbesar yang ada ($L_{oa} = 18,5$ m)

$$\begin{aligned} \text{Luas kolam Putar} &= \pi * (1.5 \times 18,5)^2 \\ &= 2418 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Pada Perencanaan Pelabuhan Perikanan Morodemak ini digunakan **luas kolam putar = 2418 m²**.

6.5. Perhitungan Kontruksi Dermaga

6.5.1. 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*.

$$\begin{aligned}\text{Elevasi lantai dermaga} &= \text{DWL} + \text{tinggi jagaan} \\ &= + 1,47 + 1,0 \\ &= + 2,47 \text{ LWL.}\end{aligned}$$

6.5.2 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 :

$$\boxed{LD = M \cdot B + (M - 1) \cdot B / W}$$

di mana :

LD = Panjang dermaga (meter)

M = Frekuensi pendaratan kapal / hari

(Prediksi pendaratan kapal ikan untuk tahun 2017 adalah 5 kapal per hari)

W = Waktu atau periode penggunaan dermaga, (1 kapal sampai 2 hari)

B = Lebar kapal untuk kapal 30 GT adalah 4,5 meter

Sehingga di dapat panjang dermaga :

$$\begin{aligned}LD &= 5 \times 4,5 + (5 - 1) \times 5 / (4,5 / 1,5) \\ &= 23,30 \text{ m} \quad \longrightarrow \text{dibulatkan menjadi } 30,0 \text{ m}\end{aligned}$$

Pada perencanaan Pelabuhan Perikanan Morodemak ini panjang dermaga adalah :
Panjang Dermaga *Existing* + Panjang Dermaga Hasil Perencanaan.

di mana :

Panjang Dermaga *Existing* = 383 m.

Panjang Dermaga Hasil Perencanaan = 30 m

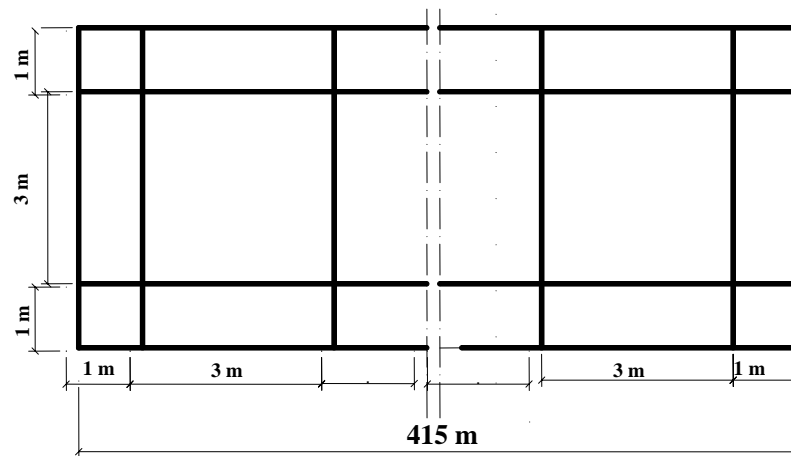
Jadi panjang dermaga pelabuhan Perikanan Morodemak :

= 383 m + 30 m = 413 m

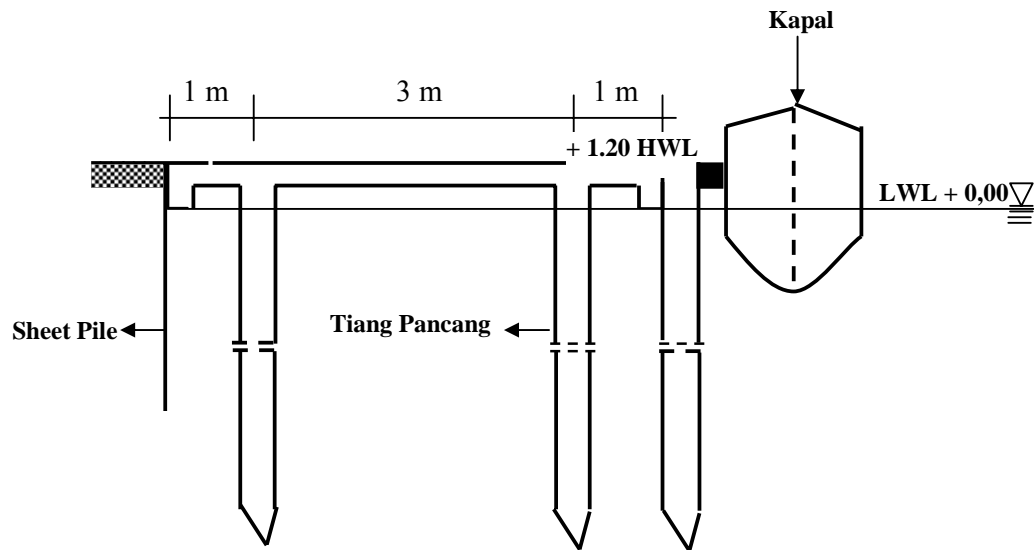
dengan kelebihan sebesar 1 meter disisi kanan maupun kiri dermaga sebagai pengaman. Sehingga panjang keseluruhan dermaga adalah 415 meter.

6.5.3 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.



Gambar 6.4 Denah Dermaga Pelabuhan Perikanan Morodemak.

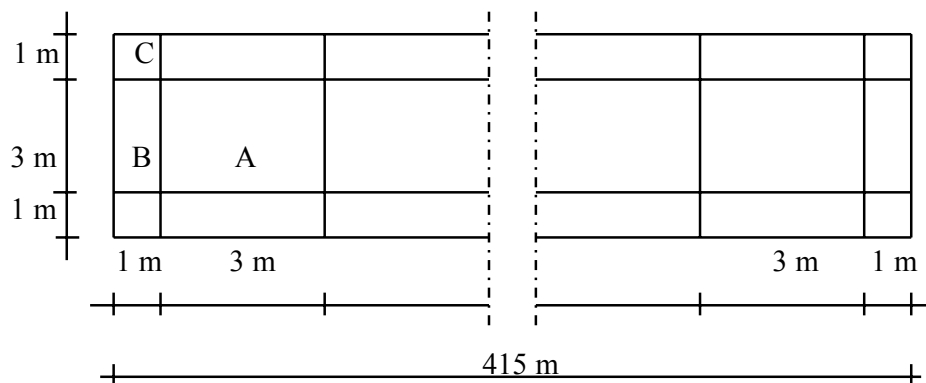


Gambar 6.5 Tampak Samping Dermaga Pelabuhan Perikanan Morodemak.

6.5.4 Perhitungan Plat Lantai

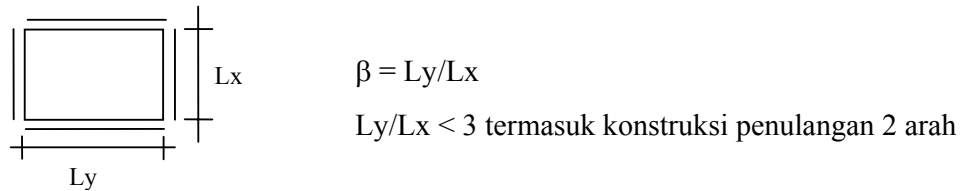
Konstruksi direncanakan menggunakan :

- Mutu beton bertulang $f'c = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$
- Mutu Baja $f_y = 240 \text{ Mpa} = 2400 \text{ kg/cm}^2$
- Berat jenis beton $\gamma_c = 2400 \text{ Kg/m}^3$



Gambar 6.6. Denah Plat Lantai

a) Penentuan tebal plat lantai



Gambar. 6.7. Skema tumpuan pada 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 :

$$h_{\min} = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta}$$

$$h_{\max} = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36}$$

$$= \frac{3000(0,8 + \frac{240}{1500})}{36 + (9 * 1)} = 64 \text{ mm}$$

$$= \frac{3000(0,8 + \frac{240}{1500})}{36} = 80 \text{ mm}$$

Pada perencanaan ini lantai dermaga direncanakan sebesar $h = 150 \text{ mm}$

b) Pembebanan plat lantai

- Beban Mati (*Dead Load* = DL)

⇒ Berat sendiri lantai = $0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$

⇒ Beban air hujan = $0,05 \times 1000 = 50 \text{ kg/m}^2$

Total Beban Mati (DL) = $360 + 50 = 410 \text{ kg/m}^2$

- Beban Hidup (*Life Load* = LL)

⇒ Beban keranjang berisi ikan

Setiap m^2 lantai dermaga dapat menampung 4 buah keranjang ikan dengan berat per keranjang ikan 30 kg. Sehingga total berat keranjang ikan = $4 \times 30 = 120 \text{ kg/m}^2$

⇒ Beban berguna lantai dermaga dengan beban di atasnya adalah :

Berat orang = 200 kg/m^2

Berat gerobak = 50 kg/m^2

Total beban berguna lantai diasumsikan = 250 kg/m^2

Total Beban Hidup (LL) = $120 + 250 = 370 \text{ kg/m}^2$

⇒ Beban Ultimate (WU)

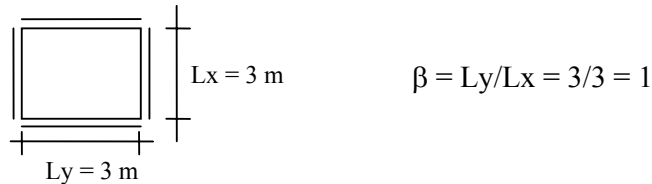
Beban ultimate (WU) yang bekerja pada plat lantai sebesar

$$WU = 1,2 DL + 1,6 LL$$

$$= (1,2 \times 410) + (1,6 \times 370) = 2668 \text{ kg/m}^2 = 26,68 \text{ kN/m}^2$$

c) Momen-momen yang menentukan

Plat A



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

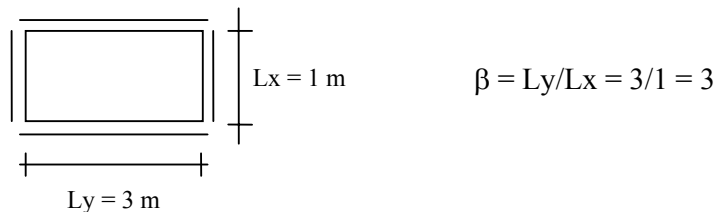
$$M_{lx} = 0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 26,68 \cdot 3^2 \cdot 25 = 6,003 \text{ kN m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 26,68 \cdot 3^2 \cdot 25 = 6,003 \text{ kN m}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 26,68 \cdot 3^2 \cdot 51 = -12,246 \text{ kN m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 26,68 \cdot 3^2 \cdot 51 = -12,246 \text{ kN m}$$

Plat B



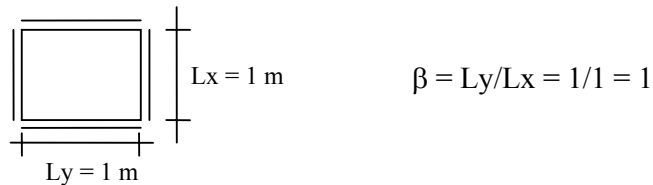
$$M_{lx} = 0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 26,68 \cdot 1^2 \cdot 65 = 1,734 \text{ kN m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 26,68 \cdot 1^2 \cdot 14 = 0,374 \text{ kN m}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 26,68 \cdot 1^2 \cdot 83 = -2,214 \text{ kN m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot WU \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 26,68 \cdot 1^2 \cdot 49 = -1,307 \text{ kN m}$$

Plat C



$$M_{lx} = 0,001 \cdot WU \cdot lx^2 \cdot X = 0,001 \cdot 26,68 \cdot 1^2 \cdot 25 = 0,667 \text{ kN m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot WU \cdot lx^2 \cdot X = 0,001 \cdot 26,68 \cdot 1^2 \cdot 25 = 0,667 \text{ kN m}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot WU \cdot lx^2 \cdot X = -0,001 \cdot 26,68 \cdot 1^2 \cdot 51 = -1,361 \text{ kN m}$$

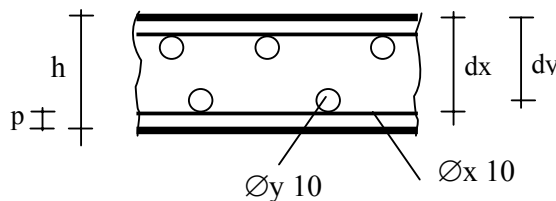
$$M_{ty} = -0,001 \cdot WU \cdot lx^2 \cdot X = -0,001 \cdot 26,68 \cdot 1^2 \cdot 51 = -1,361 \text{ kN m}$$

d) 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 6.7. 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 Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang (*Gideon H. Kusuma, Hal. 51-52, 1997, Tabel 7 dan 8*), 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

$$M_{lx} = M_u = 6,003 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot dx^2} = \frac{6,003}{1 \cdot (0,105)^2} = 544,50 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Buku Grafik dan Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.1.i

(Gideon H. Kusuma, Hal 52, 1997)

$$\rho = 0,0021 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot dx = 0,0021 \cdot 1000 \cdot 105 = 220,50 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih tulangan } \varnothing 10 - 250 \text{ dengan } A_s \text{ terpasang} = 314 \text{ mm}^2$$

- Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_{ly} = M_u = 6,003 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot dy^2} = \frac{6,003}{1 \cdot (0,095)^2} = 665,152 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 0,0028 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

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

$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot dy = 0,0028 \cdot 1000 \cdot 95 = 266 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih tulangan } \varnothing 10 - 250 \text{ dengan } A_s \text{ terpasang} = 314 \text{ mm}^2$$

- Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_{lx} = M_u = 12,246 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot dx^2} = \frac{12,246}{1 \cdot (0,105)^2} = 1110,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 0,00474 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

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

$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_y = 0,00474 \cdot 1000 \cdot 105 = 497,7 \text{ mm}^2$$

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

- Penulangan Tumpuan Arah Y

$$M_{lx} = M_u = 12,246 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d_y^2} = \frac{12,246}{1 \cdot (0,095)^2} = 1356,898 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 0,0058 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

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

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_y = 0,0058 \cdot 1000 \cdot 95 = 551 \text{ mm}^2$$

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

Gambar lihat pada halaman 194.

Plat B

- Penulangan Lapangan Arah X

$$M_{lx} = M_u = 1,734 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{1,734}{1 \cdot (0,105)^2} = 157,28 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Buku Grafik dan Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.1.i
(Gideon H. Kusuma, Hal 52, 1997)

$$\rho = 0,0006 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d_x = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 105 = 220,50 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $\varnothing 10 - 250$ dengan A_s terpasang = 314 mm^2

- Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_{ly} = M_u = 0,374 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d_y^2} = \frac{0,374}{1 \cdot (0,095)^2} = 41,44 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 0,0004$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d_y = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 95 = 237,5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $\emptyset 10 - 250$ dengan A_s terpasang = 314 mm^2

- Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = M_u = 2,214 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d_x^2} = \frac{2,214}{1 \cdot (0,105)^2} = 200,82 \text{ kN/m}^2$$

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

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d_x = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 105 = 220,50 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $\emptyset 10 - 250$ dengan A_s terpasang = 314 mm^2

- Penulangan Tumpuan Arah Y

$$M_{ty} = M_u = 1,307 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d_y^2} = \frac{1,307}{1 \cdot (0,095)^2} = 144,82 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 0,00058 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d_y = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 95 = 237,5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $\emptyset 10 - 250$ dengan A_s terpasang = 314 mm^2

Gambar lihat pada halaman 194.

Plat C

- Penulangan Lapangan Arah X

$$M_{lx} = M_u = 0,667 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{0,667}{1 \cdot (0,105)^2} = 60,5 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Buku Grafik dan Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.1.i
(Gideon H. Kusuma, Hal 52, 1997)

$$\rho = 0,0004$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d_x = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 105 = 220,50 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $\varnothing 10 - 250$ dengan A_s terpasang = 314 mm^2

- Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_{ly} = M_u = 0,667 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d_y^2} = \frac{0,667}{1 \cdot (0,095)^2} = 73,91 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 0,0004$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d_y = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 95 = 237,5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $\varnothing 10 - 250$ dengan A_s terpasang = 314 mm^2

- Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = M_u = 1,361 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d_x^2} = \frac{1,361}{1 \cdot (0,105)^2} = 123,45 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 0,0005 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d_x = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 105 = 220,50 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $\varnothing 10 - 250$ dengan A_s terpasang = 314 mm^2

- Penulangan Tumpuan Arah Y

$$M_{ty} = M_u = 1,361 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d_y^2} = \frac{1,361}{1 \cdot (0,095)^2} = 150,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 0,0006 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

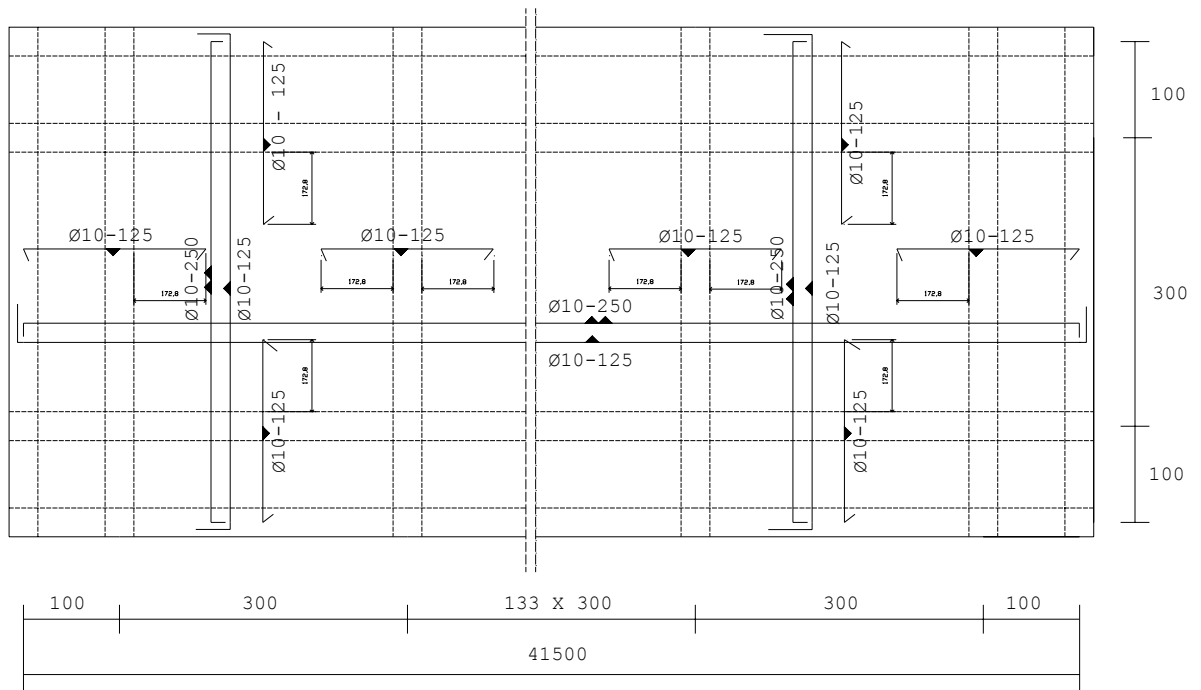
$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d_y = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 95 = 237,5 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $\emptyset 10 - 250$ dengan A_s terpasang = 314 mm^2

Hasil Rekap penulangan plat

	Plat A	Plat B	Plat C
Momen Lapangan X	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
Momen Lapangan Y	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
Momen Tumpuan X	$\emptyset 10 - 125$	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$
Momen Tumpuan Y	$\emptyset 10 - 125$	$\emptyset 10 - 250$	$\emptyset 10 - 250$

Karena plat B dan C mempunyai ukuran yang lebih kecil dari plat A maka penulangannya disesuaikan dengan tulangan dari plat A.



Gambar 6.8. Penulangan Plat Lantai.

6.5.5 Perhitungan Balok

Konstruksi direncanakan menggunakan ukuran penampang, yaitu $b \times h = 300 \times 400$ mm.

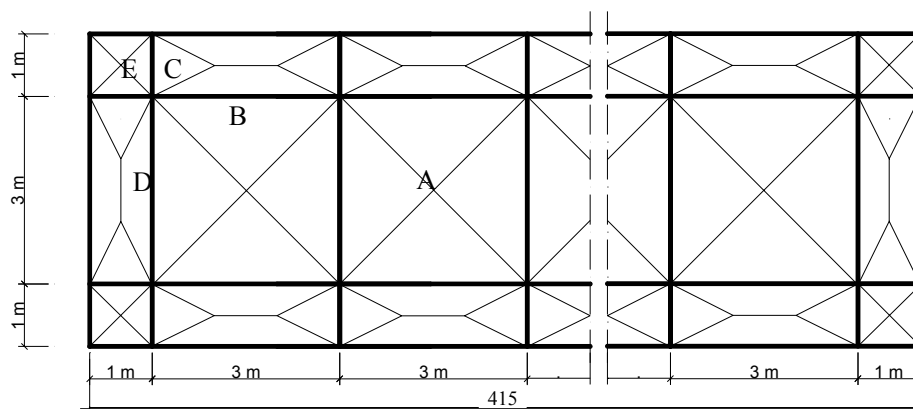
- Mutu Beton $f'_c = 30$ Mpa = 300 kg/cm^2
- Mutu Baja $f_y = 240$ Mpa = 2400 kg/cm^2
- Tebal penutup beton $p = 40$ mm
- Dipilih \varnothing tul utama = 16 mm
 \varnothing tul sengk = 8 mm

$$\begin{aligned} \text{tinggi efektif } d &= h - p - \varnothing \text{ tul sengk} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul utama} \\ &= 400 - 40 - 8 - \frac{1}{2} * 16 = 344 \text{ mm} \\ d' &= h - d = 400 - 344 = 56 \text{ mm} \\ d'/d &= 56 / 344 = 0,16 \end{aligned}$$

Menurut Buku (*Gideon H. Kusuma, Hal. 51, 1997*), dengan $f_y = 240$ Mpa dan $f'_c = 30$ Mpa untuk balok, didapat :

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

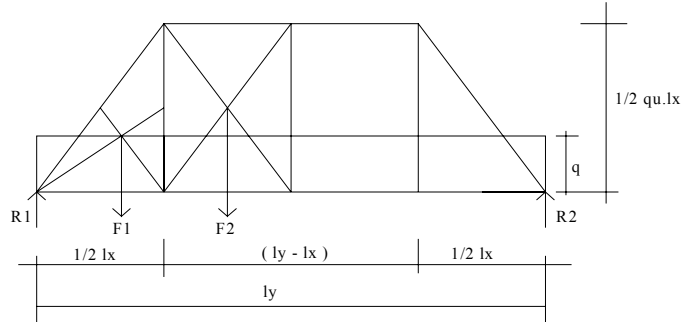
$$\rho_{\max} = 0,0484$$



Gambar 6.9. Skema Pembebanan Plat.

➤ Analisis beban

1. Bentuk trapesium



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

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

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

$$M_{maks \text{ trap}} = R1 \cdot \frac{1}{2}y - F1 \cdot X1 - F2 \cdot X2$$

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

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

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

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

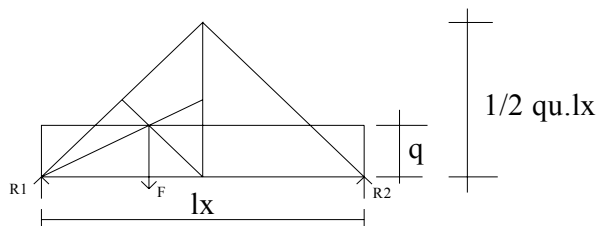
$$M_{maks \text{ trap.}} = M_{maks \text{ segi empat}}$$

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

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

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

2. Bentuk segitiga



$$F = \frac{1}{2} * (\frac{1}{2} q_u l_x) * (\frac{1}{2} l_x) = \frac{1}{8} q_u l_x^2$$

$$R_1 = F$$

$$\begin{aligned} M_{\text{maks segitiga}} &= R_1 \cdot \frac{1}{2} l_x - F \cdot \frac{1}{3} l_x \cdot \frac{1}{2} \\ &= \frac{1}{8} q_u l_x^2 \cdot \frac{1}{2} l_x - \frac{1}{8} q_u l_x^2 \cdot \frac{1}{6} l_x \\ &= \frac{1}{24} q_u l_x^3 \end{aligned}$$

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

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

$$\frac{1}{24} q_u l_x^3 = \frac{1}{8} q l_x^2$$

$$q = \frac{1}{3} \cdot q_u \cdot l_x$$

keterangan bahwa $q_u = W_u = 2060 \text{ kg/m} = 20,6 \text{ kN/m}$

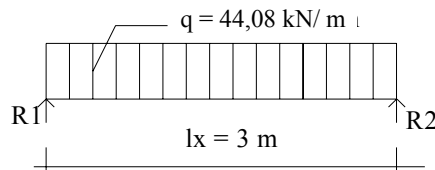
➤ **Balok A**

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

$$2 \times \text{beban segitiga} = 2 \times \frac{1}{3} W_u \cdot l = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 20,6 \cdot 3 = 41,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \times 0,4 \times 24 = 2,88 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jadi } q = 41,2 + 2,88 = 44,08 \text{ kN/m}$$



Perhitungan momen balok disederhanakan dengan menggunakan tabel.

Tumpuan 1 dan 2 adalah jepit-jepit

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$R_1 \cdot L - \frac{1}{2} q L^2 = 0$$

$$R_1 \cdot 3 = \frac{1}{2} * 44,08 * 3^2$$

$$R_1 = 66,12 \text{ kN}$$

$$M_1 = M_2 = \pm \frac{1}{12} q l^2 = \frac{1}{12} \cdot 44,08 \cdot 3^2 = \pm 33,06 \text{ kN m}$$

M ditengah bentang $x = 1,5 \text{ m}$

$$M_x = R_1 \cdot x - \frac{1}{2} q_u x^2 - M_1$$

$$= 66,12 * 1,5 - \frac{1}{2} * 44,08 * 1,5^2 - 33,06 = 16,53 \text{ kN m}$$

Momen maks terjadi di tumpuan

- Momen pada Tumpuan

$$Mu = 33,06 \text{ kN m}$$

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{33,06}{0,3 \cdot 0,344^2} = 923,247 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Buku Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.3d

$$\rho = 0,0053 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

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

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

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0056 \cdot 300 \cdot 344 = 577,92 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih tulangan } 3\varnothing 16 \text{ dengan } As \text{ terpasang} = 603 \text{ mm}^2$$

- Momen pada Lapangan

$$Mu = 16,53 \text{ kN m}$$

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{16,53}{0,3 \cdot 0,344^2} = 465,623 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Buku Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.3d

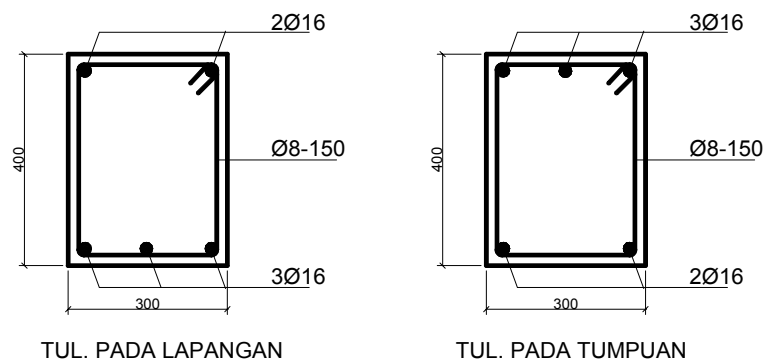
$$\rho = 0,0027 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

$$\rho < \rho_{min}, \text{ sehingga digunakan } \rho_{min}$$

$$As = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0056 \cdot 300 \cdot 344 = 577,92 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih tulangan } 3 \varnothing 16 \text{ dengan } As \text{ terpasang} = 603 \text{ mm}^2$$



Gambar 6.10.a. Penulangan Balok A

Cek terhadap lebar balok :

$$\text{Jumlah tulangan } 3\phi 16 = 4 \times 16 = 64 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang } \phi 8 = 2 \times 8 = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = 2 \times 25 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Total} = 194 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

➤ **Balok B**

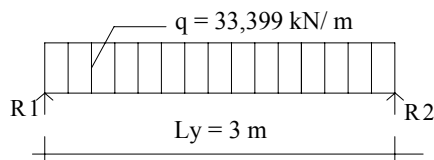
Balok tersebut mempunyai bentang $l = 3 \text{ m}$ dan menerima beban berupa :

$$\text{beban segitiga} = \frac{1}{3} \cdot 20,6 \cdot 3 = 20,6 \text{ kN/m}$$

$$\text{beban trapezium} = q = \frac{1}{2} \cdot 20,6 \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1}{3} \right)^2 \right\} = 9,919 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \times 0,4 \times 24 = 2,88 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jadi } q = 20,6 + 9,919 + 2,88 = 33,399 \text{ kN/m}$$



Perhitungan momen balok disederhanakan dengan menggunakan tabel.

Tumpuan 1 dan 2 adalah jepit-jepit

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$R_1 \cdot L - \frac{1}{2} q L^2 = 0$$

$$R_1 \cdot 3 = \frac{1}{2} \cdot 33,399 \cdot 3^2$$

$$R_1 = 50,099 \text{ kN}$$

$$M_1 = M_2 = \pm \frac{1}{12} q l^2 = \frac{1}{12} \cdot 33,399 \cdot 3^2 = \pm 25,049 \text{ kN m}$$

M terjadi ditengah bentang $x = 1,5 \text{ m}$

$$M_x = R_1 \cdot x - \frac{1}{2} q x^2 - M_1$$

$$= 50,099 \cdot 1,5 - \frac{1}{2} \cdot 33,399 \cdot 1,5^2 - 25,049$$

$$= 12,526 \text{ kN m}$$

Momen maks terjadi di tumpuan

- Momen pada Tumpuan

$$M_u = 25,049 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{25,049}{0,3 \cdot 0,344^2} = 705,09 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Buku Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.3d

$$\rho = 0,0040 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0056 \cdot 300 \cdot 344 = 577,92 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan 3Ø16 dengan A_s terpasang = 603 mm²

- Momen pada Lapangan

$$M_u = 12,526 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{12,526}{0,3 \cdot 0,344^2} = 352,837 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Buku Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.3d

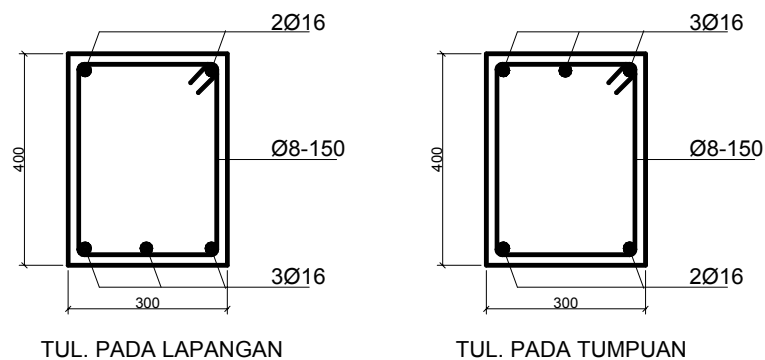
$$\rho = 0,0020 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0056 \cdot 300 \cdot 344 = 577,92 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan 3Ø16 dengan A_s terpasang = 603 mm²



Gambar 6.10.b. Penulangan Balok B

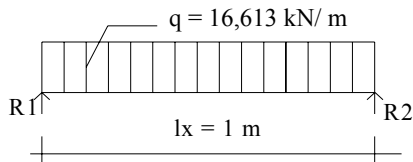
➤ Balok C

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

$$2 \times \text{beban segitiga} = 2 \times \frac{1}{3} W_u \cdot l = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 20,6 \cdot 1 = 13,733 \text{ kN/m}$$

Berat sendiri balok = $0,3 \times 0,4 \times 24 = 2,88 \text{ kN/m}$

Jadi $q = 13,733 + 2,88 = 16,613 \text{ kN/m}$



Perhitungan momen balok disederhanakan dengan menggunakan tabel.

Tumpuan 1 dan 2 adalah sendi-jepit

$$M_2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{2} \cdot 16,613 \cdot 1^2 = 8,307 \text{ kN m}$$

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$R_1 \cdot L - \frac{1}{2} q L^2 + M_2 = 0$$

$$R_1 \cdot 1 = \frac{1}{2} * 16,613 * 1^2 - 8,307$$

$$R_1 = 0$$

$$\Sigma M_1 = 0$$

$$- R_2 \cdot L + \frac{1}{2} q L^2 + M_2 = 0$$

$$R_2 \cdot 1 = \frac{1}{2} * 16,613 * 1^2 + 8,307$$

$$R_2 = 16,613 \text{ kN}$$

Momen maks terjadi di tumpuan

$$M_u = 8,307 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{8,307}{0,3 \cdot 0,344^2} = 233,995 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Buku Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.3d

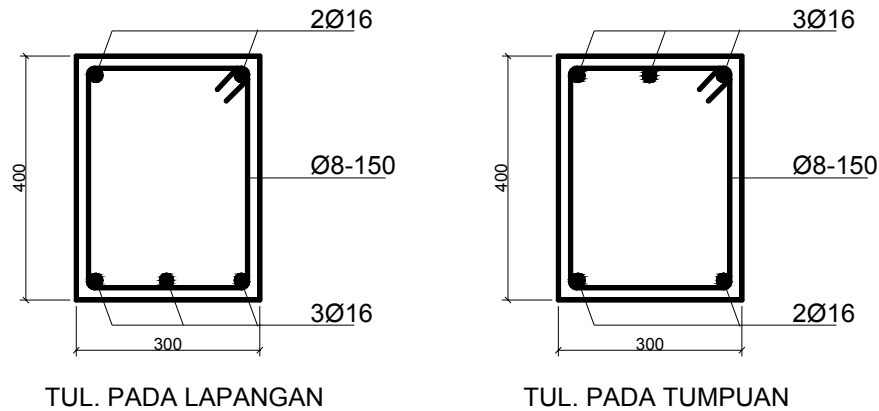
$$\rho = 0,0013 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0056 \cdot 300 \cdot 344 = 577,92 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $3\varnothing 16$ dengan A_s terpasang = 603 mm^2



Gambar 6.10.c. Penulangan Balok C

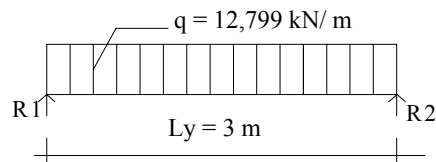
➤ **Balok D**

Balok tersebut mempunyai bentang $l = 3$ m dan menerima beban berupa :

$$\text{beban trapezium} = q = \frac{1}{2} 20,6 \cdot 1 \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1}{3} \right)^2 \right\} = 9,919 \text{ kN/m}$$

Berat sendiri balok = $0,3 \times 0,4 \times 24 = 2,88$ kN/m

Jadi $q = 9,919 + 2,88 = 12,799$ kN/m



Perhitungan momen balok disederhanakan dengan menggunakan tabel.

Tumpuan 1 dan 2 adalah sendi – sendi

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$R_1 \cdot L - \frac{1}{2} q L^2 = 0$$

$$R_1 \cdot 3 = \frac{1}{2} * 12,799 * 3^2$$

$$R_1 = 19,199 \text{ kN}$$

M terjadi ditengah bentang $x = 1,5$ m

$$\begin{aligned} M_x &= R_1 \cdot x - \frac{1}{2} q x^2 \\ &= 19,199 * 1,5 - \frac{1}{2} * 12,799 * 1,5^2 \\ &= 14,40 \text{ kN m} \end{aligned}$$

Momen maks terjadi di tengah bentang

$$M_u = 14,40 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{14,40}{0,3 \cdot 0,344^2} = 425,625 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Buku Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.3d

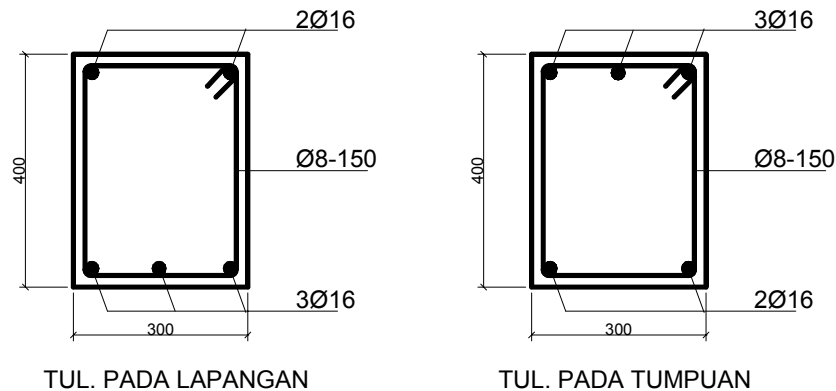
$$\rho = 0,0023 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0056 \cdot 300 \cdot 344 = 577,92 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $3\varnothing 16$ dengan A_s terpasang = 603 mm^2



Gambar 6.10.d. Penulangan Balok D

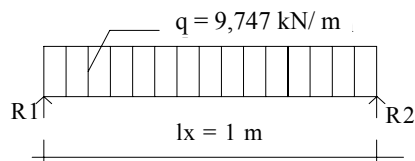
➤ Balok E

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

$$\text{beban segitiga} = \frac{1}{3} W_u \cdot l = \frac{1}{3} \cdot 20,6 \cdot 1 = 6,867 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \times 0,4 \times 24 = 2,88 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jadi } q = 6,867 + 2,88 = 9,747 \text{ kN/m}$$



Perhitungan momen balok disederhanakan dengan menggunakan tabel.

Tumpuan 1 dan 2 adalah sendi – sendi

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$R_1 \cdot L - \frac{1}{2} q L^2 = 0$$

$$R_1 \cdot 1 = \frac{1}{2} * 9,747 * 1^2$$

$$R_1 = 4,873 \text{ kN}$$

Mmaks terjadi ditengah bentang $x = 0,5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} M_{maks} &= R_1 \cdot x - \frac{1}{2} q x^2 \\ &= 4,873 * 0,5 - \frac{1}{2} * 9,747 * 0,5^2 \\ &= 1,218 \text{ kN m} \end{aligned}$$

$$M_u = 1,218 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{1,218}{0,3 \cdot 0,344^2} = 34,309 \text{ kN/m}^2$$

Menurut Buku Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.3d

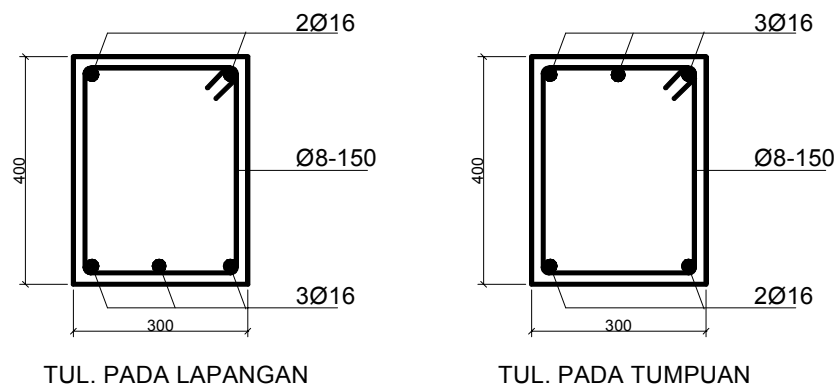
$$\rho = 0,0011$$

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

$\rho < \rho_{min}$, sehingga digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0056 \cdot 300 \cdot 344 = 577,92 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan $3\text{Ø}16$ dengan A_s terpasang = 603 mm^2



Gambar 6.10.e. Penulangan Balok E

➤ 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 $V_U = 66,12 \text{ kN}$

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

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

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

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

$V_s \text{ maks} > V_s$, 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

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

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

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

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

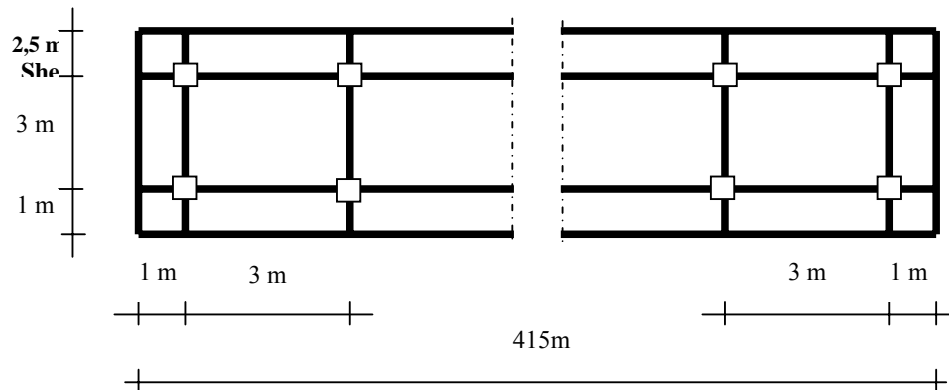
dipakai sengkang $\emptyset 8 - 150$

6.5.6. Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan direncanakan dengan dimensi 40 x 40 cm² dengan panjang @ 15 m.

Data teknis perencanaan pondasi tiang pancang:

- Kedalaman sondir = 30 m
- Nilai *konus* / jumlah hambatan lekat (q_u) = 90 kg/cm²
- *Total friction* (Tf) = 1632 kg/cm



Gambar 6.11 Denah Tiang Pancang

- Daya dukung tiang pancang.

1. Terhadap kekuatan bahan

$$A \text{ tiang} = 40 \times 40 = 1600 \text{ cm}^2$$

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

$$\sigma_b = 0.33 \sigma_{bk}$$

$$= 0.33 \times 300 = 100$$

$$P \text{ tiang} = 100 \cdot 1600 = 160.000 \text{ kg}$$

2. Terhadap pemancangan

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

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

di mana :

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

$$W_p = \text{berat sendiri tiang pancang}$$

$$\begin{aligned} &= 0,4 \cdot 0,4 \cdot 15 \cdot 2400 = 5760 \text{ kg} \\ W &= \text{berat } \textit{hammer} \\ &= 0,5 W_p + 0,6 = (0,5 \times 5760) + 600 = 3480 \text{ kg} \\ e &= \text{koefisien pengganti beton} = 0,25 \\ H &= \text{tinggi jatuh } \textit{hammer} = 2 \text{ m} \\ \delta &= \text{penurunan tiang akibat pukulan terakhir} = 0,02 \text{ m} \\ C1 &= \text{tekanan izin sementara pada kepala tiang dan penutup} = 0,01 \text{ m} \\ C2 &= \text{simpangan tiang akibat tekanan izin sementara} = 0,005 \\ C3 &= \text{tekanan izin sementara} = 0,003 \\ Ru &= \text{batas maksimal beban (ton)} \\ Ru &= \frac{0,9 \times 3480 \times 2}{0,02 + \frac{1}{2}(0,01 + 0,005 + 0,003)} \times \frac{3480 + 0,25^2 \times 5760}{3480 + 5760} \\ &= 106.253,91 \text{ kg} \end{aligned}$$

Batas beban izin yang diterima tiang (Pa):

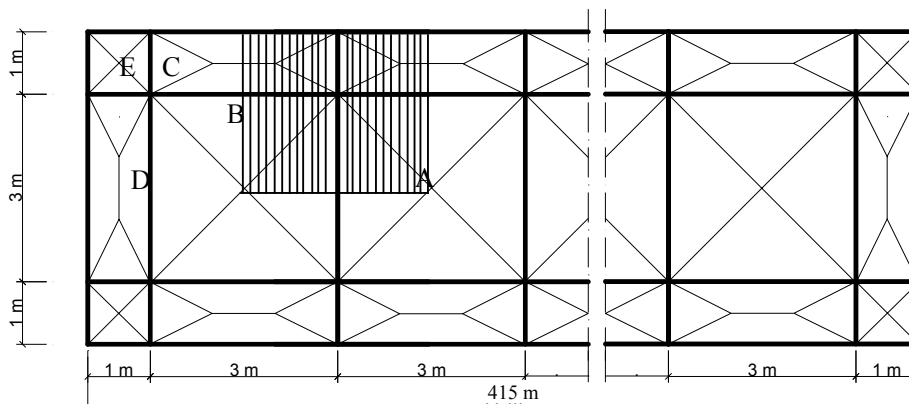
$$\begin{aligned} Pa &= 1/n \times Pu \quad (n = \text{angka keamanan} = 1,5) \\ &= 1/1,5 \times 106.253,91 \\ &= 70835,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Terhadap kekuatan tanah

$$Q = \frac{A \cdot q_c}{3} + \frac{JHL \cdot k}{5}$$

di mana :

$$\begin{aligned} A &= \text{luas tiang pancang} = 40 \times 40 = 1600 \text{ cm}^2 \\ q_c &= \text{nilai konus pada kedalaman } -30 \text{ m} = 90 \text{ kg/cm}^2 \\ JHL &= \text{total friction} = 1632 \text{ kg/cm} \\ k &= \text{keliling tiang pancang} = 4 \cdot 40 = 160 \text{ cm} \\ Q &= \frac{1600 \cdot 90}{3} + \frac{1632 \cdot 160}{5} = 100.224 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 6.12. Pembebanan Pada Tiang Pancang.

- **Pembebanan pada tiang pancang.**

Beban yang bekerja adalah q pada balok.6

Balok A didapat $q = 4408 \text{ kg/m}$

Balok B didapat $q = 3339,9 \text{ kg/m}$

Balok C didapat $q = 1661,3 \text{ kg/m}$

Dengan demikian beban yang diterima oleh tiang pancang:

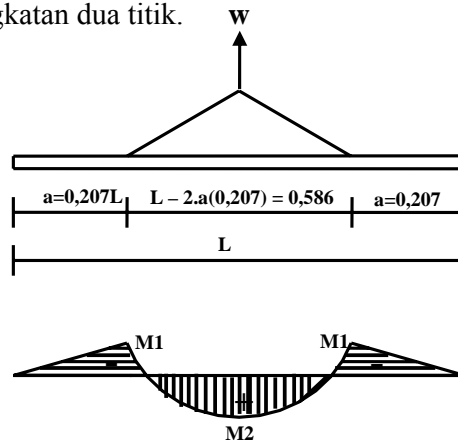
$$\begin{aligned}
 P &= (q_A \cdot 1,5) + (q_B \cdot 3) + (q_C \cdot 1) + \text{berat tiang pancang.} \\
 &= (4408 \times 1,5) + (3339,9 \times 3) + (1661,3 \times 1) + (0,4 \times 0,4 \times 15 \times 2400) \\
 &= 28.143,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P \quad (24.053 \text{ kg}) < Q (100.224 \text{ kg}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

- **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 6.13.a. Pengangkatan Tiang Pancang Dengan Dua Titik

$$M_1 = M_2$$

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

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

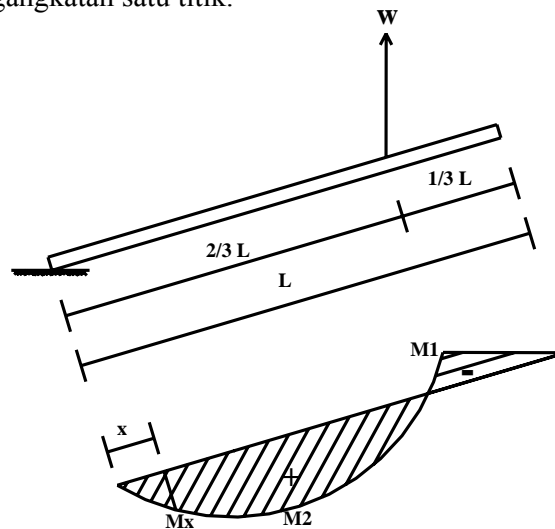
$$a = 0,209 L \rightarrow (L = 15 \text{ m})$$

$$a = 3,135 \text{ m}$$

$$\text{Berat tiang pancang (q)} = 0,4^2 \cdot 2,4 = 0,384 \text{ ton/m}$$

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} \cdot 0,384 \cdot 3,135^2 = 1,887 \text{ tm.}$$

2. Pengangkatan satu titik.



Gambar 6.13.b. Pengangkatan Tiang Pancang Dengan Satu Titik.

$$M_1 = M_2$$

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

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

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

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

$$a = 0,29L \rightarrow (L = 15 \text{ m})$$

$$a = 4,35 \text{ m}$$

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} \cdot 0,384 \times 4,35^2 = 3,633 \text{ tm.}$$

Posisi kritis adalah momen pengangkatan satu titik yaitu 3,633 tm.

Perhitungan penulangan tiang pancang:

$$d = 400 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 344 \text{ mm} = 34,4 \text{ cm.}$$

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{36,33}{0,4 \cdot 0,344^2} = 767,5$$

$$\rho = 0,0033 \text{ (diinterpolasi)}$$

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

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

$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, sehingga digunakan ρ

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0033 \cdot 400 \cdot 344 = 450,72 \text{ mm}^2$$

Dipilih tulangan 3 \emptyset 16 dengan As terpasang = 603 mm²

Tulangan 3 \emptyset 16 dipasang pada setiap sisinya sehingga luas total tulangan adalah 8 \emptyset 16 (1608 mm²).

Kontrol penampang:

$$\begin{aligned} \rho_{terpasang} &= As_{terpasang} / bd \\ &= 16,08 / (40 \cdot 34,4) = 0,0117 \end{aligned}$$

Syarat $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

$$0,0025 < 0,0117 < 0,0484 \dots \dots \dots \text{OK}$$

Tulangan geser:

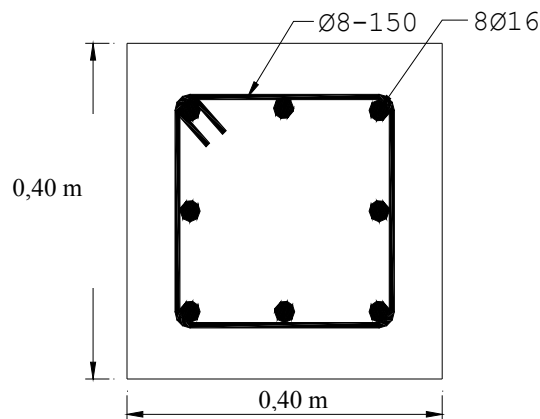
$$D = \frac{q(L^2 - 2aL)}{2(L-a)} = \frac{384(15^2 - 2.4.35.15)}{2(15 - 4,35)} = 1703,662 \text{ kg}$$

$$V_u = 1703,662 / 0,6 = 2839,437 \text{ kg} = 28,394 \text{ kN}$$

$$v_u = \frac{V_u}{bd} = \frac{2839,437}{400.344} = 0,0206$$

$\phi_{vc} = 0,548$ (*Gideon H. Kusuma Hal. 115*, Tabel 8.2a) dengan f_c 30 Mpa

$\phi_{vc} > v_u$, berarti tiak perlu tulangan geser. Dengan demikian digunakan tulangan $\emptyset 8 - 150$.



Gambar 6.14. Penulangan Tiang Pancang

6.5.7. Turap

Turap direncanakan menggunakan beton bertulang (*sheet pile concrete*).

Langkah-langkah perhitungan *sheet pile* :

➤ Data-data tanah

Tanah lapis I

- Berat jenis tanah (γ_1) = 1,168 gr/cm³
- Sudut geser tanah (ϕ_1) = 9,7^o
- Kohesi tanah (C_1) = 0,14 kg/cm²
- Berat jenis tanah submerged (γ_{sub1}) = 1,635 gr/cm³

Tanah lapis II

- Berat jenis tanah (γ_2) = 1,142 gr/cm³
- Sudut geser tanah (ϕ_2) = 7,5⁰
- Kohesi tanah (C_2) = 0,1 kg/cm²
- Berat jenis tanah submerged (γ_{sub2}) = 1,142 gr/cm³

M.A.T pada kedalaman -1.20 m dari permukaan tanah.

➤ Pembebanan pada *sheet pile*

Beban Mati (*Dead Load* = DL)

- Berat sendiri lantai = 0,15 x 2400 = 360 kg/m²
- Beban air hujan = 0,05 x 1000 = 50 kg/m²
- Total Beban Mati (DL) = 360 + 50 = 410 kg/m²

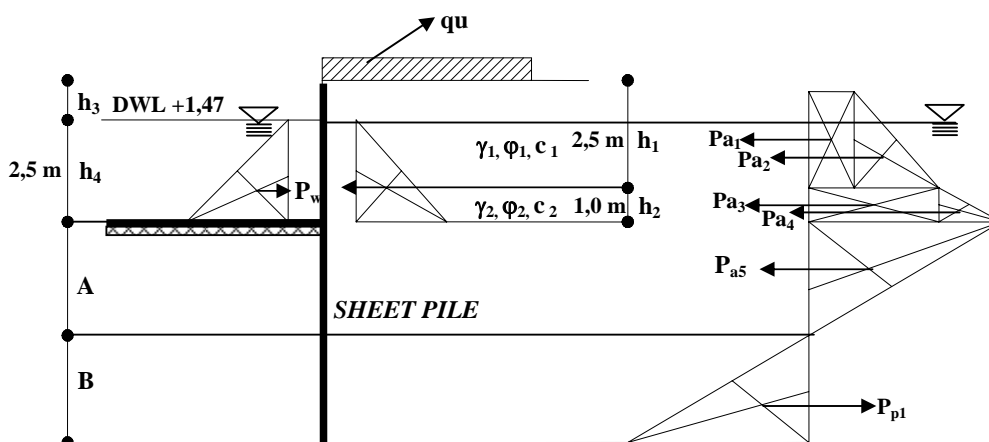
Beban Hidup (*Life Load* = LL)

- Beban keranjang berisi ikan = 4 x 4 x 30 = 480 kg/m²
- Beban berguna lantai dermaga = 500 kg/m²
- Total Beban Hidup (LL) = 480 + 500 = 980 kg/m²

Beban ultimate (qu) pada *sheet pile*, yaitu:

$$WU = 1,2 DL + 1,6 LL$$

$$= (1,2 \times 410) + (1,6 \times 980) = 2060 \text{ kg/m}^2$$



Gambar 6.15. Diagram Tekanan Tanah Pada Turap

➤ Koefisien tekanan tanah

Koefisien tekanan tanah menurut *Rankine* :

$$K_{a1} = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 9,7^\circ/2) = 0,843$$

$$K_{a2} = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 7,5^\circ/2) = 0,876$$

$$K_{p1} = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + 7,5^\circ/2) = 0,876$$

➤ Tegangan tanah dan air laut

$$\begin{aligned} \sigma_{a1} &= q_u \cdot K_{a1} = 2060 \times 0,843 \\ &= 1736,58 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a2} &= \gamma_1 \cdot h_3 \cdot K_{a1} - 2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{K_{a1}} = 1168 \cdot 1,0 \cdot 0,843 - 2 \cdot 1000 \cdot \sqrt{0,843} \\ &= 851,376 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a3} &= (q_u + \gamma_1 \cdot h_3) \cdot K_{a1} = (2060 + 1168 \cdot 1,0) \cdot 0,843 \\ &= 2721,204 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a4} &= \gamma_{1\text{sub}} \cdot (h_1 - h_3) \cdot K_{a1} - 2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{K_{a1}} \\ &= 1635 \cdot (2,500 - 1,0) \cdot 0,843 - 2 \cdot 1000 \cdot \sqrt{0,843} \\ &= 231,149 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a5} &= [q_u + \gamma_1 \cdot h_3 + \gamma_{1\text{sub}} \cdot (h_1 - h_3)] \cdot K_{a2} \\ &= [2060 + 1168 \cdot 1,0 + 1635 \cdot (2,500 - 1,0)] \cdot 0,876 = 5376,39 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= (K_p - K_{a2}) \cdot \gamma_2 \cdot B + 2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{(K_p - K_{a2})} \\ &= (0,876 - 0,843) \cdot 1142 \cdot B + 2 \cdot 1500 \cdot \sqrt{(0,876 - 0,843)} \\ &= 3701,99 B + 3506,28 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_w &= \gamma_{\text{air laut}} \cdot h_4 \cdot K_w = 1030 \cdot 2,95 \cdot 1,0 \\ &= 3038,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

➤ Tekanan tanah dan air laut

$$Pa_1 = \sigma_{a1} \cdot h_3 = 1736,58 \cdot 1,0 = 1213,34 \text{ kg}$$

$$Pa_2 = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{a2} \cdot h_3 = \frac{1}{2} \cdot 851,376 \cdot 1,0 = 111,796 \text{ kg}$$

$$Pa_3 = \sigma_{a3} \cdot (h_1 - h_3) = 2721,204 \cdot (2,475 - 1,0) = 4157,088 \text{ kg}$$

$$Pa_4 = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{a4} \cdot (h_1 - h_3) = \frac{1}{2} \cdot 231,149 \cdot (2,475 - 1,0) = 210,929 \text{ kg}$$

$$Pa_5 = \sigma_{a5} \cdot h_2 = 5376,39 \cdot 1,475 = 6055,924 \text{ kg}$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \sigma_p \cdot B = \frac{1}{2} \cdot (3701,99B + 3506,28) \cdot B = 1850,995B^2 + 1753,14B \text{ kg}$$

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \sigma_w \cdot h_4 = \frac{1}{2} \cdot 3038,5 \cdot 2,95 = 4481,788 \text{ kg}$$

➤ Kedalaman *sheet pile*

$$\Sigma M_B = 0$$

$$- Pa_1(4,3+B) - Pa_2(4,13+B) - Pa_3(3,06+B) - Pa_4(2,82+B) - Pa_5(1,59+B) - P_w \cdot \frac{1}{3}(1,83+B) + P_p(1/3 \cdot B) = 0$$

$$-1213,34(4,3+B) - 111,796(4,13+B) - 4157,088(3,06+B) - 210,929(2,82+B) - 5931,316(1,59+B) + 4481,788(1,83+B) + (1850,995B^2 + 1753,14B) \cdot (1/3 \cdot B) = 0$$

$$- (5217,36+1213,34B) - (461,72+111,796B) - (12720,69+4157,088B) - (594,82+210,929B) - (9430,7+5931,36B) + 8201,67 + 4481,788B + 616,99B^3 + 584,38B^2 = 0$$

$$616,99B^3 + 584,38B^2 - 7839,96B - 8676,43 = 0$$

Dengan cara coba-coba didapatkan :

$$B = 3,6263 \text{ m}$$

Maka dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \sigma_p &= 3701,99 B + 3506,28 = 3701,99 (7,8) + 3506,28 \\ &= 16930,81 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_p &= 1850,995B^2 + 1753,14B = 1850,995(3,6263)^2 + 1753,14(3,6263) \\ &= 30698,09 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dalamnya pemancangan *sheet pile* :

$$D = A + B = 0,85 + 3,6263 = 4,4763 \text{ m}$$

Faktor keamanan 10%

$$D' = D + 10\% \cdot D = 4,4763 + 0,1 \cdot 4,4763 = 4,93 \text{ m}$$

Jadi panjang *sheet pile* (D_{sp}):

$$\begin{aligned} D_{sp} &= \text{Elv. Dermaga} + \text{Elv. Tanah dasar} + D' \\ &= 1,47 + 4,5 + 4,93 \\ &= 10,9 \text{ m} \approx 11 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Momen maksimum

$$\begin{aligned} \sigma_p' &= 16930,81(X - 4,8)/3,6263 \\ &= 4668,89(X - 4,8) \end{aligned}$$

$$Pp' = \frac{1}{2} \cdot 4668,89(X - 4,8)^2$$

$$\Sigma Mx = - Pa1(X - 1/2.1) - Pa2(X - 2/3.1) - Pa3(X - 1 + 1/2.1,475) - Pa4(X - 1 + 2/3.1,475) + Pw (X - 1 + 2/3.2,95) + Pp'.1/3(X - 4,8).$$

$$\Sigma Mx = - 1213,34(X - 0,5) - 111,796(X - 0,667) - 4157,088(X - 1,7375) - 210,929(X - 1,983) - 5931,316(X - 3,2125) - 4481,788(X - 2,967) + \frac{1}{2} \cdot 4668,89(X - 4,8)^2 \cdot \frac{1}{3} (X - 6,116).$$

$$\Sigma Mx = - 1213,34 X + 606,67 - 111,796X + 74,568 - 4157,088 X + 7222,94 - 210,929X + 418,27 - 5931,316X + 19054,35 + 641,888X - 2219 + 1564,08X^3 - 22485,42X^2 + 107750,74X - 172114,34.$$

$$\Sigma Mx = 1564,08X^3 - 22485,42X^2 + 90947,25X - 127995,24$$

Momen maksimum terjadi jika:

$$\frac{dMx}{dx} = 0$$

$$4692,24X^2 - 44970,84X + 90947,25 = 0$$

Didapatkan $X = 6,6845$ m

$$\begin{aligned} M \text{ maks} &= 1564,08X^3 - 22485,42X^2 + 90947,25X - 127995,24 \\ &= 1564,08 (6,6845)^3 - 22485,42 (6,6845)^2 + 90947,25 (6,6845) - 127995,24 \\ &= - 57.603,93 \text{ kg m} \end{aligned}$$

➤ Dimensi dan tipe *sheet pile*

$$\sigma = M/W \longrightarrow \sigma_{\text{beton}} = 700 \text{ kg/cm}^2$$

dimana nilai $M_{\text{maks}} = 5.760.393 \text{ kg cm}$

$$W = M/\sigma = 5.760.393 / 700 = 8229,13 \text{ cm}^3$$

Jadi digunakan *sheet pile* beton : W-325 A 1000

dimana :

$$W = 8262 \text{ cm}^3$$

$$A = 1315 \text{ cm}^2$$

6.6. Fender

Dalam perencanaan *fender* ini ditetapkan memakai *fender* kayu. Dianggap bahwa sudut datang kapal yang merapat adalah 10^0 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

6.6.1. Perhitungan Fender

➤ Panjang garis air (Lpp)

$$L_{pp} = 0,846 L^{1,0193} \text{ (untuk kapal barang)}$$
$$= 0,846.(18,5)^{1,0193} = 16,56 \text{ m}$$

➤ Perhitungan besarnya koefisien massa (Cm)

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

di mana :

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

$$C_b = \frac{W}{L_{pp}.B.d.\gamma_0} = \frac{30}{16,56.4,5.1,5.1,025} = 0,26$$

$$\text{Jadi } C_m = 1 + \frac{\pi.d}{2C_b.B} = 1 + \frac{3,14.1,5}{2.0,26.4,5} = 3,01$$

Perhitungan besarnya koefisien eksentrisitas (Ce)

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

di mana :

$$l = \frac{1}{4}.Loa = \frac{1}{4}.18,5 = 4,62 \text{ m}$$

Besarnya nilai r didapat dari gambar 3.6 dengan nilai $C_b = 0,5$ (minimum) didapat :

$$r/Loa = 0,205$$

$$r = L_oa \cdot 0,205 = 18,5 \cdot 0,205 = 3,79 \text{ m}$$

$$\text{Jadi } C_e = \frac{1}{1 + (l/r)^2} = \frac{1}{1 + (4,62/3,79)^2} = 0,402$$

➤ 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)

$$E = \frac{W \cdot V^2}{2g} C_m \cdot C_e \cdot C_s \cdot C_c \\ = \frac{30 \cdot 0,043^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 3,01 \cdot 0,402 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 342,1 \text{ kgcm}$$

➤ 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 :

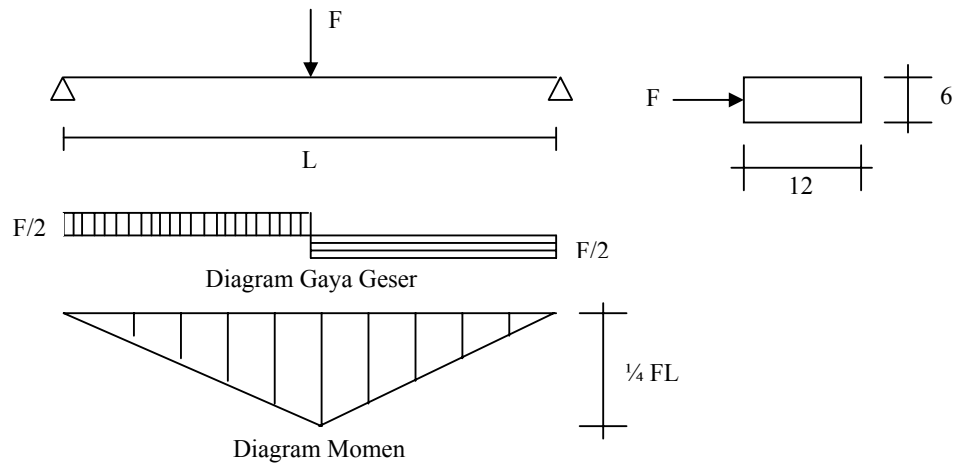
$$F \cdot \frac{1}{2} \cdot d = \frac{1}{2} E$$

$$F \cdot d = E$$

$$F \cdot d = 342,1 \text{ kgcm}$$

Dengan F adalah gaya benturan yang menekan balok melintang, maka besarnya pemampatan diperkirakan sebesar $d_1 = \text{tebal}/20$ atau $d_1 = b/20$.

➤ Perhitungan kekuatan kayu



Gambar 6.16. Diagram Momen dan Geser Pada Fender

Direncanakan menggunakan kayu kelas I

$$E = 125 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{12} \times 6 \times 12^3 = 864 \text{ cm}^4$$

Pada kondisi di atas besarnya d_2 digunakan rumus :

$$\begin{aligned} d_2 &= (FL^3)/48 EI && (\text{Sunggono kh, hal. 68 , 1995}) \\ &= (F \cdot 300^3)/(48 \cdot 125 \times 10^3 \cdot 864) = 0,0123F \end{aligned}$$

Pemampatan balok :

$$d_1 = 2 \times (b/20) = 2 \times (6/20) = 0,6 \text{ cm} \quad (\text{Bambang Triatmodjo, hal.221, 2003})$$

Defleksi total :

$$d = d_1 + d_2 = 0,0123F + 0,6$$

Dari persamaan $F \cdot d = E$, untuk nilai d diatas :

$$F \cdot (0,0123F + 0,6) = 342,1 \text{ kgcm}$$

$$0,0123F^2 + 0,6F - 342,1 = 0$$

$$\frac{-0,6 \pm \sqrt{(0,6^2 - 4 \cdot 0,0123 \cdot (-342,1))}}{2 \cdot 0,0123} = 0$$

$$F = (-0,6 + 4,1528)/0,0246$$

$$F = 143,96 \text{ kg} \approx 144 \text{ kg}$$

Jadi didapatkan $F = 144 \text{ kg}$

Kontrol tegangan yang terjadi pada kayu

Kayu kelas I (*Sumber Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia, hal 6, 1961*):

- Kuat tekan (σ_{tn}) = 40 kg/cm²
- Kuat lentur kayu (σ_{lt}) = 150 kg/cm²
- Tegangan geser kayu (τ) = 20 kg/cm²

Tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} \text{Tekan } (\sigma_{tn}) &= F/(\frac{1}{2}.b.h) \\ &= 144/(\frac{1}{2}.6.12) = 4 \text{ kg/cm}^2 < 40 \text{ kg/cm}^2 \text{OK.} \end{aligned}$$

Lentur (σ_{lt})

$$A_v = \frac{1}{2}.F = \frac{1}{2}.144 = 72 \text{ kg}$$

$$M_{max} = A_v. \frac{1}{2}.L = 72.\frac{1}{2}.300 = 14400 \text{ kgcm}$$

$$W = I/(\frac{1}{2}.b) = 864/(\frac{1}{2}.6) = 288 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{lt} = M/W$$

$$= 14400/288 = 50 \text{ kg/cm}^2 < 150 \text{ kg/cm}^2 \text{OK.}$$

$$\text{Geser } (\tau) = \frac{1}{2}.F/b.h$$

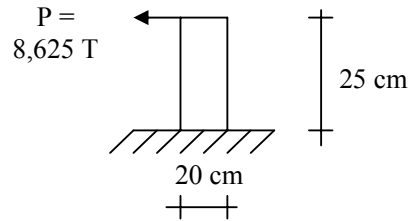
$$= \frac{1}{2}.144/6.12 = 1 \text{ kg/cm}^2 < 20 \text{ kg/cm}^2 \text{OK.}$$

6.7 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 $\frac{15}{200} \times 115$

= 8,625 Ton (*Bambang Triatmodjo, hal.174, 2003*) direncanakan untuk kapal ukuran 30 GT. *Bolder* direncanakan menggunakan bentuk silinder dengan tinggi 25 cm berdiameter 20 cm, tetapi asumsi perhitungan sebagai balok. Untuk perkuatan *Boulder* pengecorannya dilakukan monolit dengan lantai dermaga.



Gambar 6.17 Gaya yang bekerja pada bolder

Perhitungan sebagai balok bujur sangkar:

$$M = P \cdot 0,25 = 8,625 \cdot 0,25 = 2,156 \text{ tm} = 215600 \text{ kg cm}$$

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

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

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

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

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

Penulangan

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{21,56}{0,2 \cdot 0,144^2} = 5198,688 \text{ kN m}$$

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

$$\rho = 0,0313$$

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

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

Digunakan tulangan 5Ø16 dengan As terpasang = 1005 mm^2