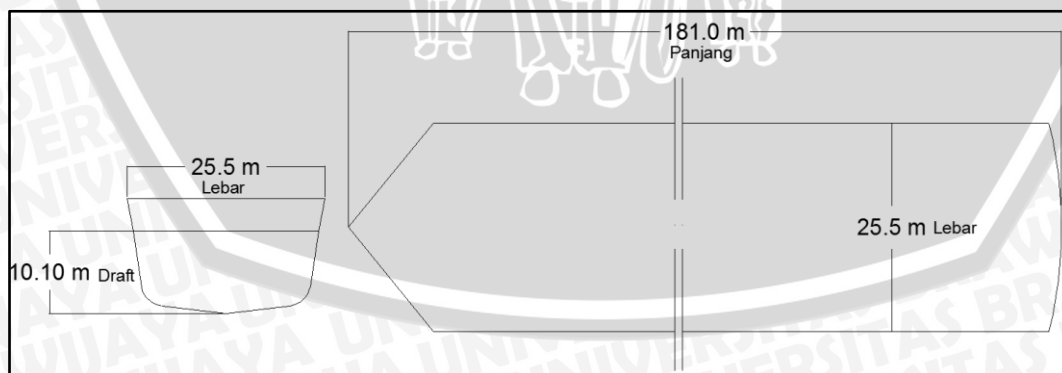


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kriteria Desain Dermaga

Pada tugas akhir ini struktur dermaga dipilih tipe *open pier* karena sesuai dengan kondisi lapangan. Konstruksi *open pier* dikenal juga sebagai *jetty pier* yang merupakan bangunan dermaga yang didukung tiang pancang yang menonjol di atas tanah dasar laut hingga di bawah balok atau *poer*. Struktur *open pier* dibedakan antara yang seluruhnya ditopang tiang pancang tegak dan kombinasi antara tiang tegak dan miring. Dengan tipe struktur *open pier* diharapkan pekerjaan pengerukan dapat dikurangi sehingga biaya struktur relatif lebih murah, relatif lebih mudah pelaksanaannya. Selain itu dengan tipe struktur *open pier* akan sedikit menimbulkan gangguan terhadap kestabilan garis pantai dan biaya mudah pemeliharannya. Bentuk dermaga yang digunakan adalah bentuk L sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan.

- a. Tinggi muka air laut rencana diperoleh dari tinggi gelombang pecah, ditambah dengan pasang tertinggi, *wave set up*, pemanasan global 50 tahun mendatang, serta tinggi jagaan. Diperoleh DWL yaitu + 6.137 m (Setiawan,2014 : 100).
- b. Kapal rencana 25.000 DWT dengan spesifikasi :
 - Panjang = 181 m
 - Lebar = 25,5 m
 - Draft = 10,1 m



Gambar 4.1. Dimensi Kapal

- c. Dermaga TUKS baru ini direncanakan dapat disandari oleh dua buah kapal dengan tonase maksimal 25.000 DWT. Kapal dengan berat tersebut memiliki panjang 181 m.

Dari data kapal terbesar yang direncanakan sandar tersebut, perhitungan panjang dermaga baru sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L_p &= n \text{ Loa} + (n-1) 15,00 + 50,00 \\ &= 2 \times 181 + (2-1) 15,00 + 50,00 \\ &= 427 \approx 430 \text{ m} \end{aligned}$$

dengan:

- L_p = panjang dermaga
- n = jumlah kapal yang direncanakan sandar
- Loa = panjang kapal

Lebar dermaga TUKS direncanakan dengan mempertimbangkan kebutuhan, yaitu perlengkapan apa saja yang akan diletakkan diatas dermaga. Dengan perincian:

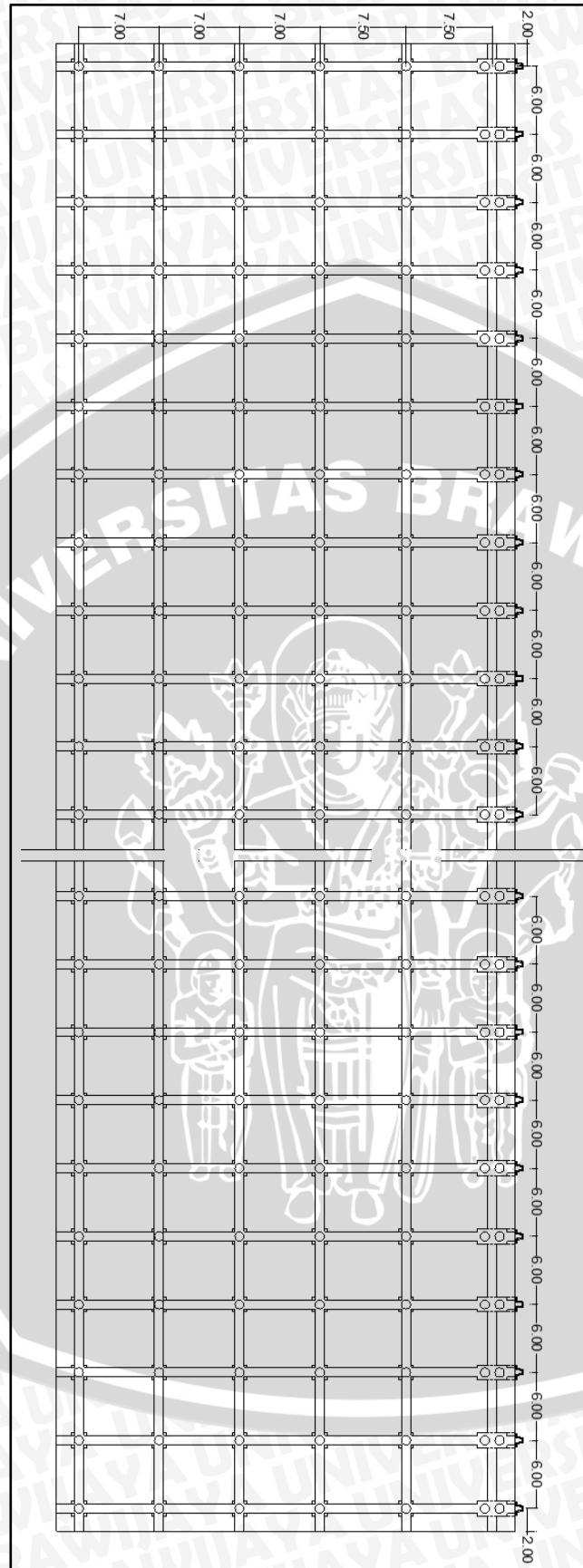
- Lebar apron depan = 2 m
- Lebar *Crane* = 15 m
- Lebar apron belakang = 2 m
- Lebar tempat bongkar muat = 12 m
- Lebar jalan = 9 m

Maka lebar dermaga adalah sebagai berikut:

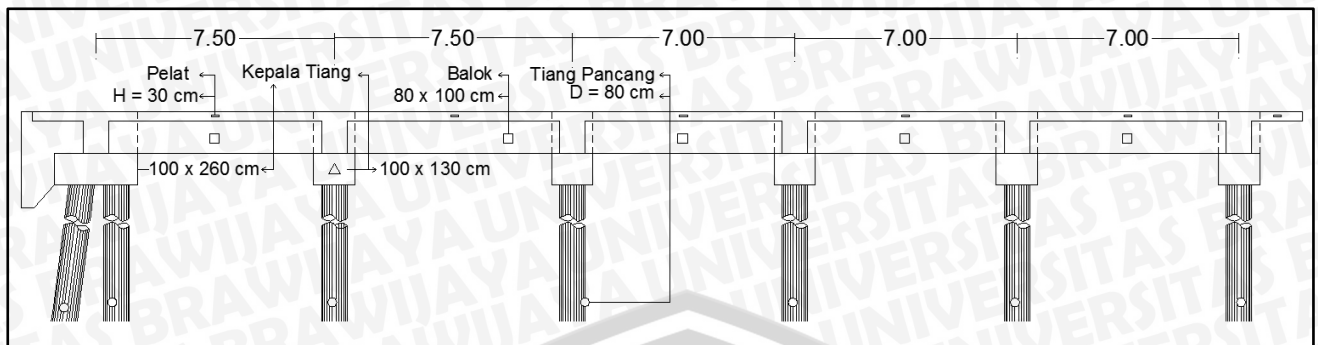
$$\begin{aligned} \text{Lebar dermaga} &= 2 + 15 + 2 + 12 + 9 \\ &= 40 \text{ m} \end{aligned}$$

Dermaga direncanakan dapat disandari dua kapal secara bersamaan. Dari kapal terbesar yang sandar dapat ditentukan dimensi dermaga yaitu :

- Panjang = 430 m
- Lebar = 40 m
- Tebal plat = 30 cm
- balok melintang = 80 x 100 cm
- balok memanjang = 80 x 100 cm
- balok fender = 50 x 100 cm
- diameter tiang pancang beton = 80 cm
- Kepala tiang tunggal = 130 x 100 cm
- Kepala tiang ganda = 260 x 100 cm



Gambar 4.2. Denah Pembalokan



Gambar 4.3. Desain Penampang Dermaga

4.2. Analisis Beton Bertulang

Beton bertulang terdiri atas campuran semen, agregat halus/pasir, agregat kasar dan air. Bahan beton mempunyai sifat kuat menahan gaya tekan tetapi lemah terhadap gaya tarik, sehingga untuk penggunaan dalam bidang struktur dipakai secara bersamaan dengan baja tulangan.

Menurut peraturan beton di Indonesia (PBI 1971, diperbaiki dengan SK SNI T-15-1991-03 dan SNI 03-2847-2002), kuat tekan beton diberi notasi dengan f_c' , yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada waktu berumur 28 hari. Mutu beton dibedakan atas 3 macam menurut kuat tekannya, yaitu:

- Mutu beton dengan f_c' kurang dari 10 MPa, digunakan untuk beton non struktur (misalnya: kolom praktis, balok praktis).
- Mutu beton dengan f_c' antara 10 MPa sampai 20 MPa, digunakan untuk beton struktur (misalnya: balok, kolom, pelat maupun pondasi).
- Mutu beton dengan f_c' sebesar 20 MPa ke atas, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

Jenis baja tulangan menurut SNI 03-2847-2002, tulangan yang dapat digunakan pada elemen dan kawat baja saja. Belum ada peraturan yang mengatur penggunaan tulangan lain, selain dari baja tulangan atau kawat baja. Baja tulangan yang tersedia dipasaran ada 2 jenis, yaitu baja tulangan polos (BJTP) dan baja tulangan ulir atau *deform* (BJTD). Tegangan leleh (f_y) minimal sebesar 240 MPa.

Penggabungan antara dua jenis bahan dengan kuat tekan beton $f_c' = 20$ MPa dan tegangan leleh baja $f_y = 240$ MPa telah memenuhi persyaratan keamanan dalam perancangan struktur beton. Untuk memperoleh hasil yang maksimal, perlu diperhatikan dalam proses pencampuran, pengecoran dan pematangan di lapangan perlu diperhatikan. Dalam perawatan beton setelah konstruksi selesai dibangun juga harus diperhatikan.

Untuk beton bertulang pada bangunan yang dianalisis pada studi ini menggunakan:

f'_c (tegangan tekan beton)	= 35 MPa
E_c	= 1.2×10^5 kg/cm ²
f_y (tegangan tarik baja tulangan)	= 400 MPa
Tegangan leleh karakteristik (baja)	= 3200 kg/cm ²
E_s	= 2.1×10^6
β_1 (faktor pembentuk tegangan Benton)	= 0,85

4.3. Perencanaan Pembebanan

4.3.1. Beban Vertikal

4.3.1.1. Beban Mati (*dead load*)

Beton bertulang = 2,4 t/m³

Dimensi plat = 0,3 m

Dimensi balok (memanjang dan melintang) = 0,8 x 1 m

Sehingga berat sendiri konstruksi dermaga adalah sebagai berikut:

- berat plat : 0,3 x 2,4 = 0,72 t/m²
- berat balok memanjang : 1 x 0,80 x 2,4 = 1,92 t/m²
- berat balok melintang : 1 x 0,80 x 2,4 = 1,92 t/m²
- berat balok fender : 0,8 x 3,4 x 2,4 = 6,53 t/m²

4.3.1.2. Beban Hidup Merata (*life load*)

- beban merata akibat muatan (beban pangkalan), diambil :

- untuk keadaan normal , q_p = 3 t/m²

Diambil dari :

Berat petikemas 2 tumpukan

Berat w = 30,4 t

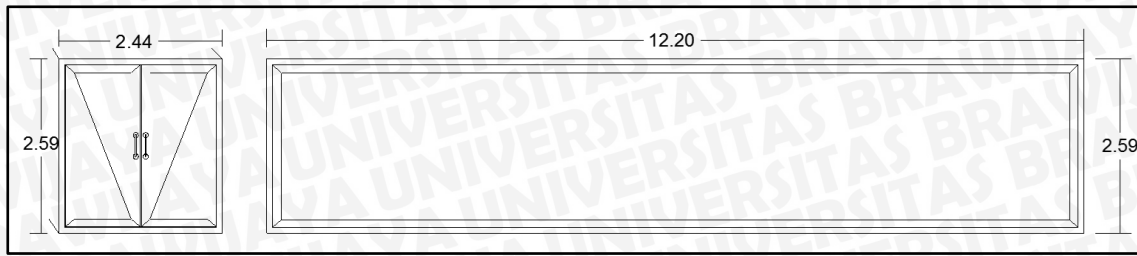
Lebar = 2,438 m

Panjang = 12,2 m

= 60,8 t / 12,2 x 2,438 m

= 2,044 t/m² diambil 3 t/m² dengan asumsi penambahan aktifitas pangkalan

di atas dermaga.



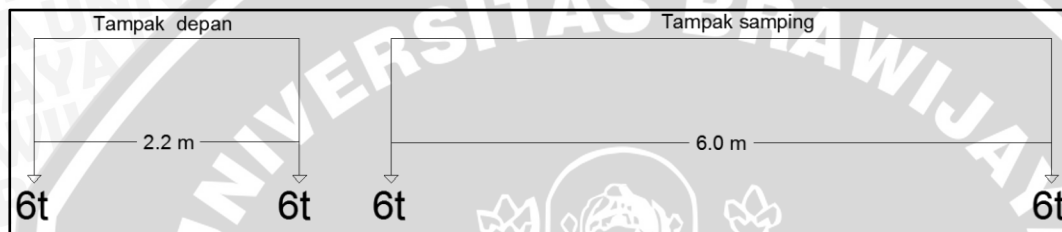
Gambar 4.4. Dimensi Peti Kemas

- beban air hujan = $1 \text{ t/m}^3 \times 0.03 = 0.03 \text{ t/m}^2$

4.3.1.3. Beban Terpusat

- Beban Roda Truk

Truk rencana adalah berkapasitas 6 ton



Gambar 4.5. Ilustrasi Pembebanan Roda Truk

- Crane, dengan beban maksimum : 240 ton

4.3.1.4. Beban Vertikal Akibat tarikan kapal

Beban vertikal tarikan kapal adalah setengah dari beban horisontal tarikan kapal. Untuk kapal dengan tonase 25.000 DWT, memiliki beban horisontal tarikan kapal 150 ton. Maka untuk beban vertikalnya adalah: $(150 \times 0.5) = 75 \text{ ton}$

4.3.2. Beban Horisontal

4.3.2.1. Gaya Benturan Kapal

Gaya benturan kapal direncanakan berdasar kecepatan bertambat kapal, untuk kapal dengan DWT 25.000 ton, maka $W = 42.000 \text{ ton}$, serta $v = 0.15 \text{ m/s}$. Energi tumbukan dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Ef = (W \cdot \frac{V^2}{2g}) \cdot C_H \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S$$

dengan :

$W = displacement$ (berat) kapal = 42.000 ton

$C_H = koefisien$ massa = 1,654

$C_E = koefisien$ eksentrisitas = $1 + \frac{L}{(L + (l/r)^2)}$

$C_E = 0,434$

$C_C = koefisien$ konfigurasi = 1 (untuk *jetty, open pier*)

C_s = koefisien *softness* = 1 (kapal baja)

V = kecepatan kapal pada saat merapat = 0,15 m/s

Jadi nilai $E_f = (42.000 \times \frac{0,15^2}{2 \times 9,81}) \times 1,654 \times 0,434 \times 1 \times 1 = 34,599$ tm

- Pemilihan Jenis *Fender*

Pemilihan *fender* ditentukan berdasar kebutuhan untuk penggunaan material yang mudah dibongkar dan dipasang serta tahan lama. Material *fender* yang memenuhi syarat untuk kriteria ini adalah *fender* dari karet. Berdasarkan beban benturan kapal $E_f = 34,599$ tm. Perencanaan *fender* dipilih menggunakan *Rubber Fender Bridgestone Super-Arch* Tipe FV005-5-2, dengan 10 lubang baut dan jarak antar lubang 72,5 cm, gaya reaksi *fender* = 90 ton, dan energi = 12 tm, serta berdimensi panjang x lebar = 320 x 80 cm.

E_f = energi x panjang *fender*

= 12 x 3,20

= 38,4 tm

E_f *fender* > E_f benturan kapal = 38,4 > 34,599 OK

R = E_f benturan kapal / panjang *fender* x gaya reaksi *fender*

= (34,599 / 3,20) x 90

= 973,097 ton

Maka untuk jarak antar *fender* ditentukan dalam fungsi kedalaman air menurut OCDE (1991), yaitu:

Kedalaman air/kedalaman kolam = 11,5 m

- Pemasangan *Fender*

- **Arah Vertikal**

Pemasangan *fender* arah vertikal didasarkan pada ukuran kapal yang akan bertambat pada saat pasang maupun surut

- **Arah Horizontal**

Untuk kedalaman air 11,5 m, maka jarak antar *fender* adalah 15 m. Sehingga pada dermaga sepanjang 430 meter terdapat 20 buah *fender*. Untuk gambar detail *fender* dapat dilihat pada lampiran.

4.3.2.2. Gaya *Boulder*

Untuk dapat melayani kapal dengan bobot 25.000 DWT akan dipakai *bollard* dengan gaya tarik 150 ton. Dengan jarak maksimum 35 m dan jumlah min 8 buah, maka dipilih 10 buah agar tidak mengganggu kelancaran kegiatan bongkar muat pada dermaga.

4.3.2.3. Gaya Akibat Arus

Arah arus dominan terjadi pada arah timur utara dengan kecepatan arus 0,15 m/s. Sehingga gaya arus yang terjadi membentuk sudut 24^0 terhadap sumbu memanjang kapal. Tetapi dalam perhitungan gaya arus ini diambil kondisi yang paling kritis yaitu tegak lurus (90^0) terhadap sumbu memanjang kapal. Perhitungan tekanan arus menggunakan persamaan seperti di bawah ini:

$$P_c = C_c \cdot \gamma_c \cdot A_c \cdot \frac{V_c^2}{2g}$$

dengan:

$$\gamma_c = \text{berat jenis air laut} = 1,025 \text{ t/m}^3$$

$$A_c = \text{luasan kapal dibawah air (panjang kapal x draft kapal)}$$

$$V_c = \text{kecepatan arus} = 0,15 \text{ m/s}$$

$$(V \cos 24^0 = 0,15 \times \cos 24^0 = 0,137 \text{ m/s})$$

$$C_c = \text{koefisien arus} = 1,25$$

(karena arus tegak lurus sumbu memanjang kapal)

$$g = \text{percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Maka } P_c = 1,25 \times 1,025 \times 1828,1 \times \left(\frac{0,137^2}{2 \times 9,81} \right) = 2,396 \text{ t}$$

4.3.2.4. Gaya Akibat Angin

Angin yang berhembus ke badan kapal yang ditambat akan menyebabkan gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya pada dermaga. Pada lokasi dibangunnya dermaga, frekuensi angin tertinggi yang berhembus adalah 40 knot atau 17,867 m/s. Perhitungan tekanan arus menggunakan rumus seperti di bawah ini:

$$R_w = 1,1 Q_a A_w$$

dengan:

$$R_w = \text{gaya akibat angin (kg)}$$

$$V = \text{kecepatan angin (m/s)}$$

$$= 17,867 \text{ m/s}$$

$$Q_a = \text{tekanan angin (kg/m}^2\text{)}$$

$$= 0,063 V^2$$

$$= 0,063 \times 17,867^2$$

$$= 20,111 \text{ kg/m}^2$$

$$A_w = \text{proyeksi bidang yang tertiuip angin (m}^2\text{)}$$

$$= \text{panjang kapal} \times \text{tinggi kapal}$$

$$= 181 \times 11.3$$

$$= 2045,3 \text{ m}^2$$

maka:

$$R_w = 1,1 \times 20,111 \times 2045,3$$

$$= 45245,87 \text{ kg}$$

$$= 45,24587 \text{ ton}$$

- **Pemilihan Boulder**

Besarnya gaya tarik boulder sendiri ditentukan menurut *Standard Design Criteria for Port in Japan, 1991*. Untuk kapal 20.001 – 50.000 GRT, maka gaya boulder (Pa) yang bekerja adalah **150 ton**.

Gaya tarik *boulder* direncanakan sebesar 150 ton, setelah dicek terhadap gaya arus dan angin yang terjadi maka gaya tarik boulder rencana masih jauh lebih besar.

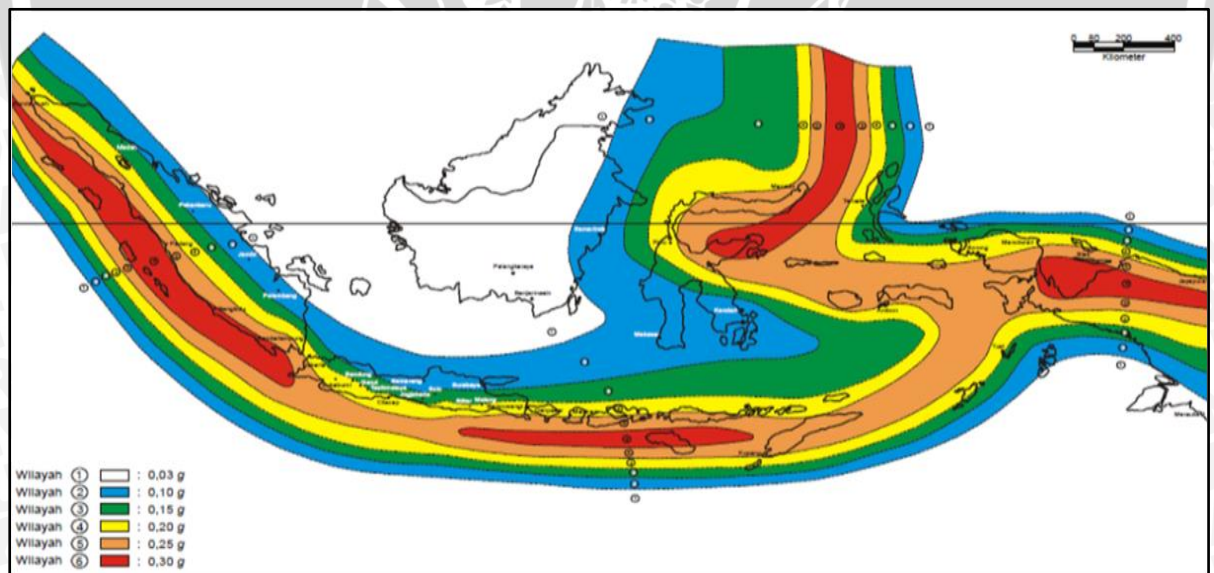
$$= \text{gaya arus} + \text{gaya angin}$$

$$= 2,396 \text{ ton} + 45,24587 \text{ ton}$$

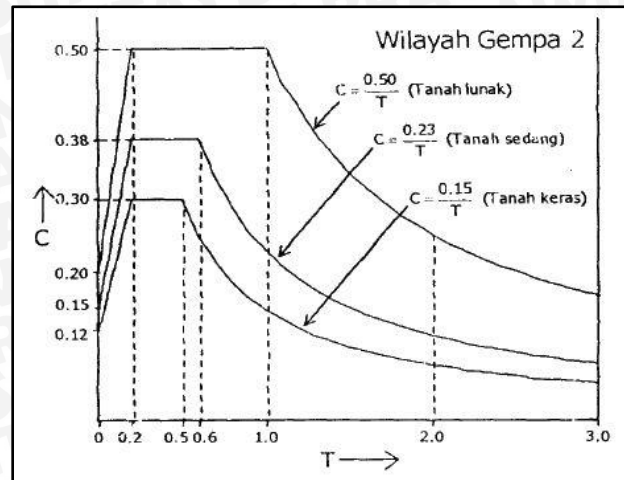
$$= 47.64187 \text{ ton} < 150 \text{ ton}$$

4.3.2.5. Beban Gempa

Wilayah gempa di Indonesia dibagi menjadi 6 zona berdasarkan percepatan puncak batuan dasarnya, pembagian zona ini dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6. Wilayah Gempa Indonesia
(Sumber : SNI-1726-2002)



Gambar 4.7. Respon Spektrum Gempa Rencana Untuk Wilayah Gempa 2
(Sumber : SNI-1726-2002)

Berdasarkan pembagian wilayah gempa pada Gambar 4.6 terlihat bahwa wilayah Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur termasuk dalam zona gempa 2. Nilai faktor respon gempa bisa ditentukan berdasarkan grafik berikut ini.

Jenis tanah lokasi dermaga adalah tanah sedang berdasarkan nilai rata-rata N-SPT pada tiap kedalaman. Nilai waktu getar bangunan $T_x = T_y = 0,085 H^{3/4}$ dengan tinggi bangunan adalah 11.5 m. Dari pembacaan grafik diatas, maka untuk perencanaan diambil nilai koefisien gempa dasar C_i sebesar 0,31 untuk struktur dermaga.

$$V = \frac{C_i}{R} W_t$$

C_i = koefisien gempa

R = faktor daktalitas = 8.5

W_t = total beban sendiri

I = faktor keutamaan = 1

Perhitungan getar alami dimana $T = 0.06 H^{3/4}$ dimana $H = Z_f +$ kedalaman dasar laut.

Perhitungan letak titik jepit tanah terhadap tiang pancang untuk tanah *normally consolidated clay dan granular soil*, dipergunakan $Z_f = 1.8T$, dimana $T = T_x = T_y$

Perhitungan letak titik jepit tanah terhadap tiang pancang untuk tanah *normally consolidated clay dan granular soil*, dipergunakan $Z_f = 1.8T$, dimana $T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$, dengan:

$$\begin{aligned}
 E &= \text{modulus elastisitas beton} && = 2.531 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \\
 \Phi &= \text{diameter tian pancang beton} && = 80 \text{ cm}, t = 12 \text{ cm} \\
 I, \text{ momen inersia} &&& = 1/64 \times \pi \times (d^4 - (d - t)^4) \\
 &&& = 1/64 \times \pi \times (80^4 - (80 - 2 \times 10)^4) \\
 &&& = 960576.24 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$nh = 350 - 700 \text{ kN/m}^3$, untuk *soft normally consolidated clay* (lempung) diambil $500 \text{ kN/m}^3 = 0.05 \text{ kg/cm}^3$.

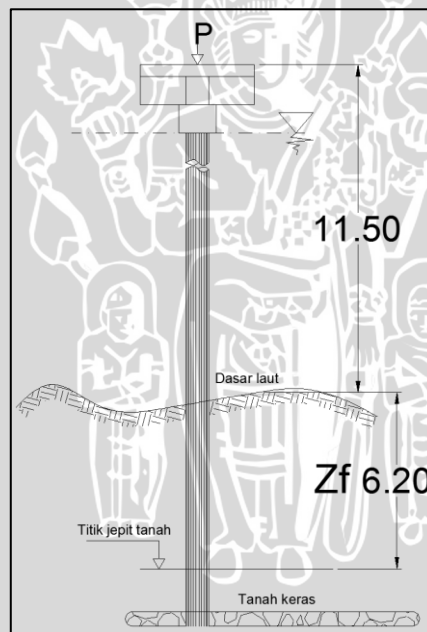
$$T = \sqrt[5]{\frac{2.531 \times 10^5 \times 960576.24}{0.05}} = 344.64 \text{ cm}$$

$$\text{Jadi } Z_f = 1.8 \times 344.64 = 620.36 \text{ cm} \approx 6.2 \text{ m}$$

Kedalaman dasar laut di dermaga adalah elevasi dermaga + kedalaman perairan = 11.5 m

$$H = Z_f + \text{kedalaman dasar laut} = 6.2 + 11.5 = 17.70 \text{ m}$$

$$T_x = T_y = 0.06 \times (17.70)^{3/4} = 0.73 \text{ detik.}$$



Gambar 4.8. Posisi Titik Jepit Tiang

- **Beban mati (W_D)**

Tabel 4.1. Perhitungan Beban Mati

Penampang	P(panjang)	L(lebar)	T(tebal)	Volume m^3	Total kg
plat A	7.5	6.0	0.3	32400	4600800
plat B	7.0	6.0	0.3	30240	6441120
plat C	6.0	2.0	0.3	8640	1226880
plat D	2.0	2.0	0.3	2880	11520
plat E	7.5	2.0	0.3	10800	43200
plat F	7.0	2.0	0.3	10080	60480
balok memanjang	430	0.8	1.0	825600	4953600
balok melintang	40	0.8	1.0	76800	5529600
pile cap tunggal	1.3	1.3	1.0	4056	1460160
pile cap ganda	2.6	1.3	1.0	8112	584064
balok fender	1.0	0.8	3.4	6528	130560
				1016136	25041984

Sumber : Perhitungan , 2015

- **Beban Hidup (W_L)**

Beban merata akibat muatan (beban pangkalan), diambil : $q = 3000 \text{ kg/m}^2$, maka

$$\text{Berat pangkalan} = 3 \times 430 = 1290 \text{ ton}$$

$$\text{Berat air hujan} = 0.05 \times 430 \times 40 = 860 \text{ ton}$$

$$\text{Beban Hidup (W_L)} = 2150 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Total berat konstruksi (W_t)} &= W_D + W_L \\ &= 25041.98 + 2150 = 27191.98 \text{ ton} \end{aligned}$$

perhitungan nilai koefisien gempa :

$$C = \frac{0.23}{T} \quad C = \frac{0.23}{0.73}$$

$$C = 0.31$$

$$V = \frac{C_i}{R} W_t$$

$$V = \frac{0.31 \times 1}{8.5} 27191.98$$

$$V = 991.71 \text{ ton}$$

$$\text{Untuk portal memanjang, } F_{iy} = (6/430) \times 991.71 = 13.84 \text{ ton}$$

$$\text{melintang, } F_{ix} = (6/40) \times 991.71 = 148.76 \text{ ton}$$

4.3.2.6. Gaya Gelombang Pada Tiang

Gaya gelombang yang terjadi pada tiang dermaga merupakan gaya gelombang pecah. Hal ini diketahui berdasarkan perbandingan kedalaman air dan panjang gelombang pada analisis refraksi gelombang.

Gaya yang diakibatkan gelombang yaitu gaya inersia dan gaya *drag*. Untuk menghitung kedua gaya ini, terlebih dahulu harus mengetahui berapa kecepatan maksimum dari partikel air yang dihitung dari suatu titik pengukuran tinggi gelombang pada jarak dan kedalam. Dengan diketahuinya gaya inersia dan gaya drag maka momen maksimum akibat gaya tersebut dapat diketahui,

- Data yang diperoleh

periode gelombang $T = 10,506$ detik (Setiawan, 2014 : 100).

kedalaman air $d = 11,5$ m

tinggi gelombang (50^{th}) $H = 4,349$ m

jarak yang ditinjau $= 6$ m

kedalaman yang ditinjau (y) $= +4$

$= 0$

$= -2$

waktu $t_0 = 0$; $t_1 = T/2$; $t_3 = T4$; $t_4 = 3T/8$

- Kecepatan partikel air dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$U = \left(\frac{\pi H}{T}\right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t)$$

$$= \frac{\pi \times 1}{10,5} \frac{\cosh 2\pi(d+y)}{\sinh 2\pi(11,5)/11,5} \cos\left(\frac{2\pi x - \sigma t}{11,5} - \frac{2\pi x - t}{11,5}\right)$$

Tabel 4.2. kecepatan partikel air terhadap (x,t) dan y

u	t1 = 0	t2 = 0.5	t3 = 1	t4 = 1.5
y1 = 4.5	1.808451	1.739894	1.48396414	1.00987653
y2 = 0	1.299824	1.250549	1.10862636	0.88456465
y3 = -2	1.073768	1.033062	0.91582178	0.73072732

Sumber : Perhitungan , 2015

- Penentuan koefisien hidrodinamis C_D dan C_M adalah sebagai berikut :

Penentuan koefisien inersia C_M

$$R_e = \left(\frac{U_{MAX} D}{V}\right) = \frac{1,8 \times 0,8}{9,3 \times 10^{-7}} = 1,56 \times 10^6$$

$$R_e > 5 \times 10^5 \rightarrow C_M = 1.5$$

Penentuan koefisien drag C_D

$Re > 1.56 \times 10^6 \rightarrow$ dari grafik $Re - C_D$ didapat $C_D = 0.7$

- Momen dan gaya horisontal dan drag horisontal :
- Untuk mendesain struktur tiang pancang tidak perlu mengetahui secara rinci distribusi gaya dan momen sepanjang tiang pancang, biasanya yang perlu kita ketahui adalah harga maksimumnya. Harga maksimum dari gaya dan momen horisontal yang diperkirakan komponen *mud line* (garis tanah dasar) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{d}{g T^2} = \frac{16}{9.81 \cdot (10.506)} = 0.0148$$

Harga K_{im} , K_{dm} , S_{im} , dan S_{dm} dapat diperoleh dengan menggunakan grafik pada lampiran.

$$K_{im} = 0.5 \quad S_{im} = 0.53$$

$$K_{Dm} = 0.12 \quad S_{Dm} = 0.55$$

$$F_{im} = CM \frac{\gamma \pi D^2}{4} HK_{im}$$

$$= 1.5 \times \frac{1025,182 \times 3,14 \times 0.8^2}{4} \times 4,349 \times 0,5$$

$$= 1679,67 \text{ kg}$$

$$F_{dm} = Cd \frac{1}{2} \gamma DH^2 K_{dm}$$

$$= 0,7 \times \frac{1}{2} \times 1025,182 \times 0.8^2 \times 0,12$$

$$= 651,391 \text{ kg}$$

$$M_{im} = F_{im} d S_{im}$$

$$= 1679,67 \times 16 \times 0.53$$

$$= 14243.6082$$

$$M_{dm} = F_{dm} d S_{Dm}$$

$$= 651,391 \times 16 \times 0.55$$

$$= 5732.2435$$

Dimana :

d = jarak antara *still water level* terhadap *mud line*

F_{im} = Total gaya inersia horisontal maksimum pada tiang

F_{dm} = Total gaya drag horisontal maksimum pada tiang pancang

M_{im} = Momen maksimum pada mud line akibat komponen inersia

M_{Dm} = Momen maksimum pada mud line komponen gaya drag

K_{Dm} = Parameter nondimensionel untuk total gaya drag

S_{im} = Parameter nondimensionel untuk momen gaya inersia

S_{Dm} = Parameter nondimensionel untuk momen gaya drag

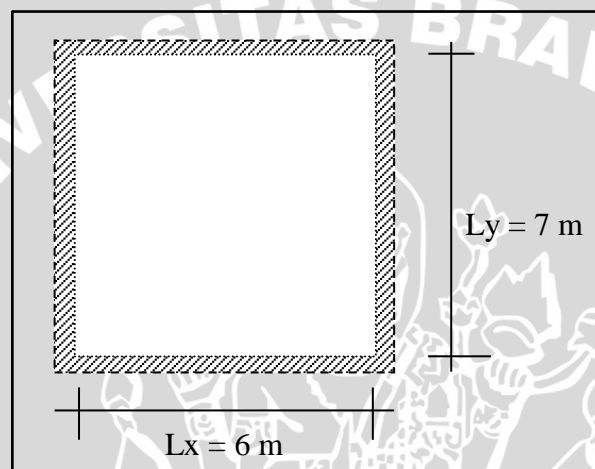
4.4.1. Pembebanan Pelat

- Beban Mati : Berat pelat sendiri = $0.3 \times 2400 = 720 \text{ kg/m}^2 = 0.72 \text{ t/m}^2$
- Beban hidup : Berat pangkalan = $3000 \text{ kg/m}^2 = 3 \text{ t/m}^2$
- Beban hidup terpusat : Beban roda truk $w = 6000 \text{ kg/m}^2 = 6 \text{ t/m}^2$

4.4.2. Perhitungan Momen Pelat

Pada perhitungan plat dermaga akan dibagi menjadi 6 tipe pelat, yaitu pelat tipe A,B,C,D,E,F sesuai dengan ukuran dan letak masing masing lantai pelat dermaga. Pada pelat B direncanakan terjadi beban hidup roda yang akan dilewati oleh truk, beban mati dan hidup dari pangkalan.

- **Tipe Pelat B**



Gambar 4.10. Plat Tipe B

Bentang panjang dibagi dengan bentang pendek $L_y/L_x = 1.2 < 2 \rightarrow$ tulangan dua arah

$$M_{Lx} = X = 28$$

$$M_{tx} = X = 20$$

$$M_{Ly} = X = 59$$

$$M_{ty} = X = 54$$

Dari PBI 1971 berlaku ketentuan untuk plat pada keempat sisinya akibat beban terbagi rata, menentukan :

$$M_{lx} = +0.001 \times qD \times L_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = -0.001 \times qD \times L_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0.001 \times qD \times L_y^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0.001 \times qD \times L_y^2 \times X$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Sendiri pelat} &= 0.30 \times 2.40 = 0.720 \text{ t/m}^2 \\
 \text{lantai} &= \\
 \text{Berat pangkalan} &= 3 \text{ t/m}^2 \\
 \text{Berat air hujan} &= 0.03 \times 1.00 = 0.030 \text{ t/m}^2 \\
 \hline
 q_D &= 0.750 \text{ t/m}^2 + 3 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh momen lapangan dan momen tumpuan arah x dan y untuk berat sendiri sebagai berikut :

- **Akibat Beban Sendiri**

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= +0.001 \times 0.75 \times 6^2 \times 28 \\
 &= 0.76 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= -0.001 \times 0.75 \times 6^2 \times 20 \\
 &= -0.54 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} &= +0.001 \times 0.75 \times 7^2 \times 59 \\
 &= 2.17 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= -0.001 \times 0.75 \times 7^2 \times 54 \\
 &= -1.98 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

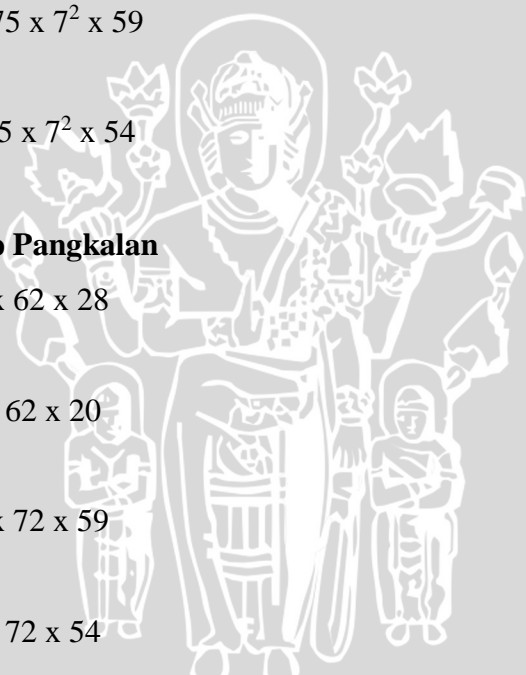
- **Akibat Beban Hidup Pangkalan**

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= +0.001 \times 3 \times 62 \times 28 \\
 &= 3.02 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= -0.001 \times 3 \times 62 \times 20 \\
 &= -2.16 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

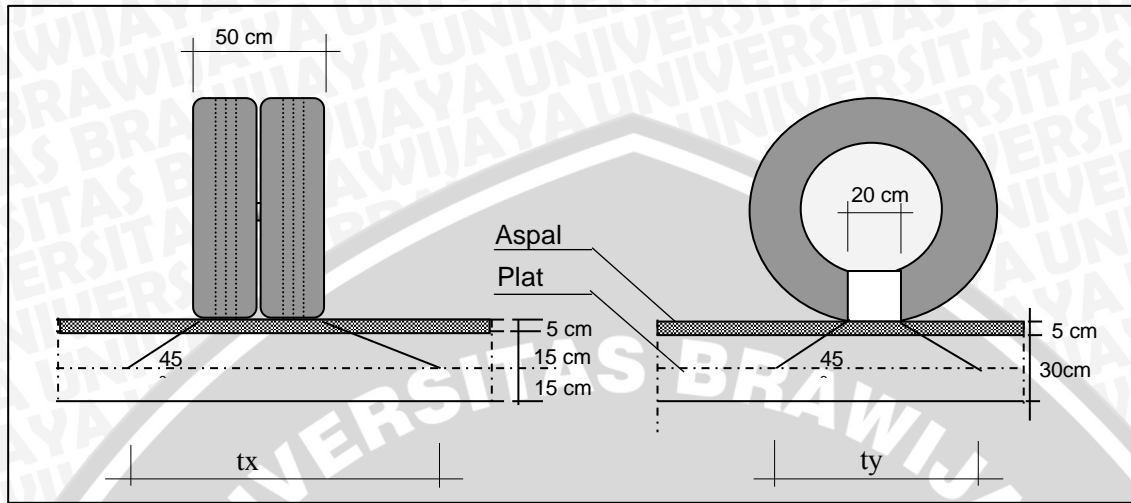
$$\begin{aligned}
 M_{ly} &= +0.001 \times 3 \times 72 \times 59 \\
 &= 8.67 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= -0.001 \times 3 \times 72 \times 54 \\
 &= -7.94 \text{ tm}
 \end{aligned}$$



- **Akibat Beban Hidup Bergerak**

Menempatkan posisi roda truk yang mengakibatkan momen lapangan maksimum yaitu pada saat sebuah ban truk terletak di tengah pelat atau bentang.

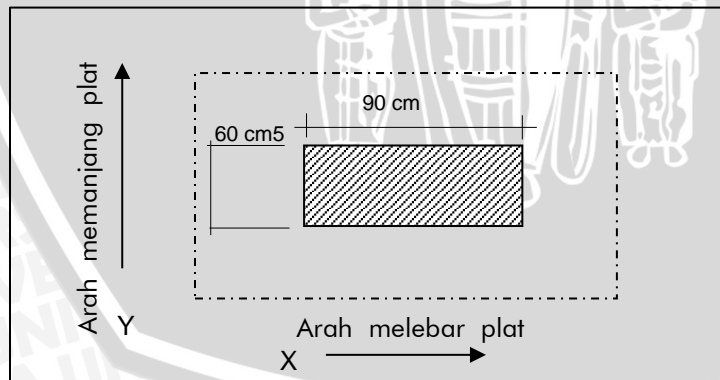


Gambar 4.11. Dimensi Beban Pada Roda

$$\begin{aligned}
 a &= 50 + \left\{ 2 \times \left(\frac{5+15}{\operatorname{tg} 45^\circ} \right) \right\} \\
 &= 50 + \left\{ 2 \times \left(\frac{5+15}{1} \right) \right\} \\
 &= 90 \text{ cm} = 0.9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= 20 + \left\{ 2 \times \left(\frac{5+15}{\operatorname{tg} 45^\circ} \right) \right\} \\
 &= 20 + \left\{ 2 \times \left(\frac{5+15}{1} \right) \right\} \\
 &= 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka luas bidang tekanan penyebaran (90 x 60)



Gambar 4.12. Luas Bidang Penyebaran Beban Untuk 1 Roda

Diperoleh harga – harga koefisien momen sebagai berikut : (Tabel VI “Konstruksi Beton Bertulang” oleh Ir. Sutami)

Tabel 4.3. Harga Koefisien Momen

Momen	Koefisien			
	a ₁	a ₂	A ₃	a ₄
M _{lx}	-0.062	-0.017	0.130	0.390
M _{ly}	-0.017	-0.062	0.130	0.390
M _{tx}	0.062	0.136	-0.355	1.065
M _{ty}	0.136	0.062	-0.355	1.065

Sumber : konstruksi beton bertulang ‘Ir.Sutami

Perumusan yang digunakan menurut Buku Konstruksi Beton Indonesia (Ir.Sutami,1974, hal 362) adalah sebagai berikut dan perhitungan akan di sajikan dalam tabel perhitungan momen beban roda :

$$M = \frac{a_1 \frac{bx}{lx} + a_2 \frac{by}{ly} + a_3}{\frac{bx}{lx} + \frac{by}{ly} + a_4} \cdot x \cdot w$$

dengan :

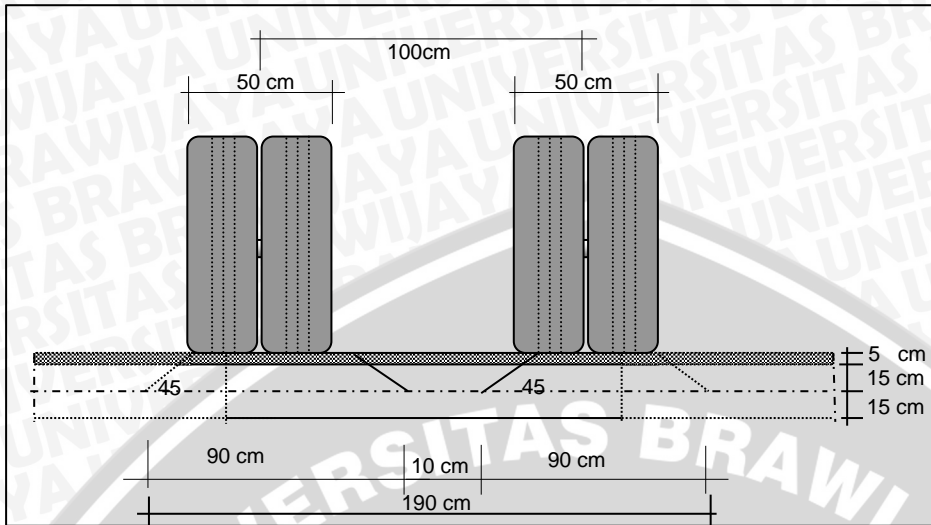
$$\begin{aligned} bx &= 0.90 & by &= 0.60 & w &= 6 \text{ t} \\ lx &= 6 & ly &= 7 \end{aligned}$$

Tabel 4.4. Perhitungan Momen Beban 1 (satu) Roda pada Lantai Dermaga

Momen	Koefisien				Perhitungan Momen				
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	bx/lx	by/ly	a ₁ (bx/lx)	a ₂ (by/ly)	M
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
M _{lx}	-0.062	-0.017	0.130	0.390	0.150	0.086	-0.009	-0.001	1.143
M _{ly}	-0.017	-0.062	0.130	0.390	0.150	0.086	-0.003	-0.005	1.171
M _{tx}	0.062	0.136	-0.355	1.065	0.150	0.086	0.009	0.012	-1.541
M _{ty}	0.136	0.063	-0.355	1.065	0.150	0.086	0.020	0.005	-1.519

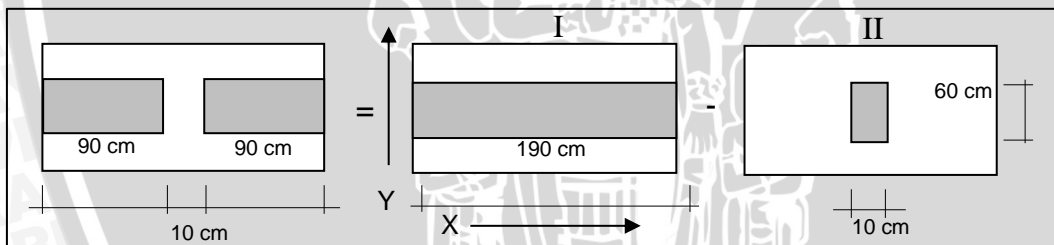
Sumber : Perhitungan, 2015

- Pada Saat 2 Roda Berdekatan dengan Jarak Antara Sumbu ke Sumbu Minimum 1 Meter :



Gambar 4.13. Penyebaran Beban T pada saat 2 Roda Berdekatan

Pada gambar 4.13. penyebaran beban roda berdekatan menempatkan 2 roda berdekatan pada sumbu minimum 1 meter, sehingga dapat digambarkan pada gambar 4.14 luas bidang yang terbagi menjadi 2 dan akan menjadi 2 kombinasi untuk mendapatkan momen maksimum pada plat terhadap beban hidup Truk yang tersaji pada tabel 4.5 untuk kombinasi I dan 4.6 kombinasi II.



Gambar 4.14. Luas Bidang Kontak Bagian I dan II

dengan :

$$bx' = 0.90 \quad by' = 0.60 \quad bx = 1.9 \quad by = 0.60 \quad w = 6 t$$

$$lx = 6 \quad ly = 7$$

$$\begin{aligned} W &= (bx \times by) / (bx' \times by') \times w \\ &= (1.90 \times 0.60) / (0.90 \times 0.6) \times 6 \\ &= 12.667 \end{aligned}$$

Tabel 4.5. Perhitungan Momen Bagian I

Momen	Koefisien				Perhitungan Momen				
	a1	a2	a3	a4	bx/lx	by/ly	a1(bx/lx)	a2(by/ly)	M
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Mlx	-0.062	-0.017	0.130	0.390	0.317	0.086	-0.020	-0.001	1.741
Mly	-0.017	-0.062	0.130	0.390	0.317	0.086	-0.005	-0.005	1.907
Mtx	0.062	0.136	-0.355	1.065	0.317	0.086	0.020	0.012	-2.794
Mty	0.136	0.063	-0.355	1.065	0.317	0.086	0.043	0.005	-2.646

Sumber : Perhitungan 2015

dengan :

$$bx' = 0.90 \quad by' = 0.60 \quad bx = 0.10 \quad by = 0.60 \quad w = 6 t$$

$$lx = 6 \quad ly = 7$$

$$\begin{aligned} W &= (bx \times by) / (bx' \times by') \times w \\ &= (0.10 \times 0.60) / (0.90 \times 0.60) \times 6 \\ &= 0.667 \end{aligned}$$

Tabel 4.6. Perhitungan Momen Bagian II

Momen	Koefisien				Perhitungan Momen				
	a1	a2	a3	a4	bx/lx	by/ly	a1(bx/lx)	a2(by/ly)	M
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Mlx	-0.062	-0.017	0.130	0.390	0.017	0.086	-0.001	-0.001	0.173
Mly	-0.017	-0.062	0.130	0.390	0.017	0.086	0.000	-0.005	0.168
Mtx	0.062	0.136	-0.355	1.065	0.017	0.086	0.001	0.012	-0.195
Mty	0.136	0.063	-0.355	1.065	0.017	0.086	0.002	0.005	-0.198

Sumber : Perhitungan,2015

Sehingga didapatkan momen lapangan maksimum arah x dan arah y, yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan penulangan beton pada plat lantai dermaga.

$$M_{LX} = M_{LX(I)} - M_{LX(II)} = 1741 - 0.173 = 1.568$$

$$M_{Ly} = M_{Ly(I)} - M_{Ly(II)} = 1.907 - 0.168 = 1.738$$

Tabel 4.7. Momen Akibat Beban Mati dan Hidup Pada Pelat Tipe B

Jenis Momen	Beban Sendiri	Beban Pangkalan	Beban Truk
Mlx	0.756	3.024	1.568
Mly	2.168	8.673	1.739
Mtx	-0.540	-2.160	-2.599
Mty	-1.985	-7.938	-2.448

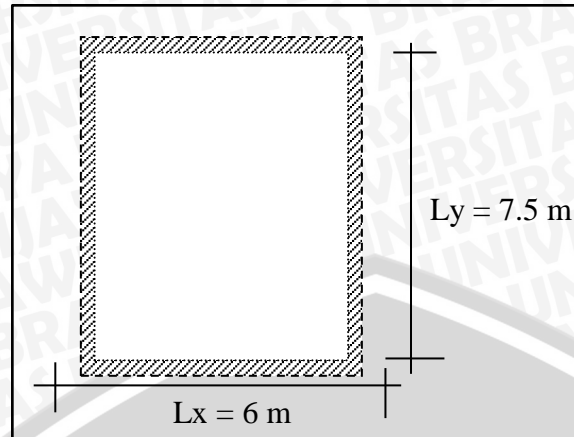
Sumber : Perhitungan,2015

Kombinasi pembebanan : $1.2 M_D + 1.6 M_L$

$$MU_x = 1.2 \times 0.756 + 1.6 \times 4.592 = 8.2549 \text{ tm}$$

$$MU_y = 1.2 \times 2.168 + 1.6 \times 10.411 = 19.2606 \text{ tm}$$

- **Pelat Tipe A**



Gambar 4.15. Pelat Tipe A

Bentang panjang dibagi dengan bentang pendek $L_y/L_x = 1.3 < 2 \rightarrow$ tulangan dua arah

$$M_{Lx} = X = 31$$

$$M_{tx} = X = 19$$

$$M_{Ly} = X = 69$$

$$M_{ty} = X = 57$$

Dari PBI 1971 berlaku ketentuan untuk plat pada keempat sisinya akibat beban terbagi rata, menentukan :

$$M_{lx} = +0.001 \times q_D \times L_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = -0.001 \times q_D \times L_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0.001 \times q_D \times L_y^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0.001 \times q_D \times L_y^2 \times X$$

Sehingga diperoleh momen lapangan dan momen tumpuan arah x dan y sebagai berikut :

- **Akibat Beban Sendiri**

$$\begin{aligned} M_{lx} &= +0.001 \times 0.75 \times 6^2 \times 31 \\ &= 0.84 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \times 0.75 \times 6^2 \times 19 \\ &= -0.51 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= +0.001 \times 0.75 \times 7.5^2 \times 69 \\ &= 2.91 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \times 0.75 \times 7.5^2 \times 57 \\ &= -2.40 \text{ tm} \end{aligned}$$

- **Akibat Beban Hidup Pangkalan**

$$M_{lx} = +0.001 \times 3 \times 6^2 \times 28$$

$$= 3.35 \text{ tm}$$

$$M_{tx} = -0.001 \times 3 \times 6^2 \times 20$$

$$= -2.05 \text{ tm}$$

$$M_{ly} = +0.001 \times 3 \times 7.5^2 \times 59$$

$$= 11.64 \text{ tm}$$

$$M_{ty} = -0.001 \times 3 \times 7.5^2 \times 54$$

$$= -9.62 \text{ tm}$$

Tabel 4.8. Momen akibat beban mati dan hidup pada pelat tipe A.

Jenis Momen	Beban Sendiri	Beban Pangkalan	Beban Truk
M _{lx}	0.837	3.348	1.568
M _{ly}	2.911	11.644	1.739
M _{tx}	-0.513	-2.052	-2.599
M _{ty}	-2.405	-9.619	-2.448

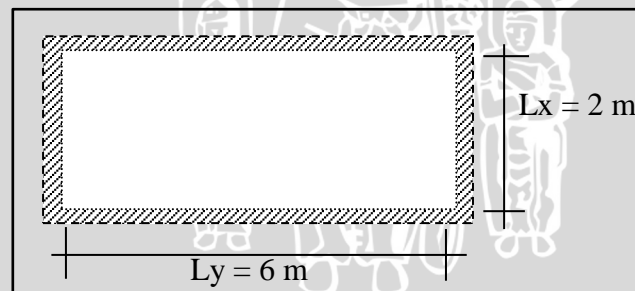
Sumber : Perhitungan, 2015

Kombinasi pembebanan : $1.2 M_D + 1.6 M_L$

$$M_{U_x} = 1.2 \times 0.837 + 1.6 \times 4.9163 = 8.8705 \text{ tm}$$

$$M_{U_y} = 1.2 \times 2.9109 + 1.6 \times 13.3824 = 19.2606 \text{ tm}$$

- **Pelat Tipe C**



Gambar 4.16. Pelat Tipe C

Bentang panjang dibagi dengan bentang pendek $L_y/L_x = 3 > 2 \rightarrow$ tulangan satu arah

$$M_{Lx} = X = 63$$

$$M_{tx} = X = 13$$

$$M_{Ly} = X = 125$$

$$M_{ty} = X = 79$$

Dari PBI 1971 berlaku ketentuan untuk plat pada keempat sisinya akibat beban terbagi rata, menentukan :

$$M_{lx} = +0.001 \times q_D \times L_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = -0.001 \times q_D \times L_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0.001 \times q_D \times L_y^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0.001 \times q_D \times L_y^2 \times X$$

Sehingga diperoleh momen lapangan dan momen tumpuan arah x dan y sebagai berikut :

- **Akibat Beban Sendiri**

$$\begin{aligned} M_{lx} &= +0.001 \times 0.75 \times 2^2 \times 63 \\ &= 0.19 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \times 0.75 \times 2^2 \times 13 \\ &= -0.04 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= +0.001 \times 0.75 \times 6^2 \times 125 \\ &= 3.38 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \times 0.75 \times 6^2 \times 79 \\ &= -2.13 \text{ tm} \end{aligned}$$

- **Akibat Beban Hidup Pangkalan**

$$\begin{aligned} M_{lx} &= +0.001 \times 3 \times 2^2 \times 63 \\ &= 0.76 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \times 3 \times 2^2 \times 13 \\ &= -0.16 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= +0.001 \times 3 \times 6^2 \times 125 \\ &= 13.50 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \times 3 \times 6^2 \times 79 \\ &= -8.53 \text{ tm} \end{aligned}$$

Tabel 4.9. Momen Akibat Beban Mati dan Hidup Pada Plat Tipe C

Jenis Momen	Beban Sendiri	Beban Pangkalan	Beban Truk
M _{lx}	0.189	0.756	1.568
M _{ly}	3.375	13.500	1.739
M _{tx}	-0.039	-0.156	-2.599
M _{ty}	-2.133	-8.532	-2.448

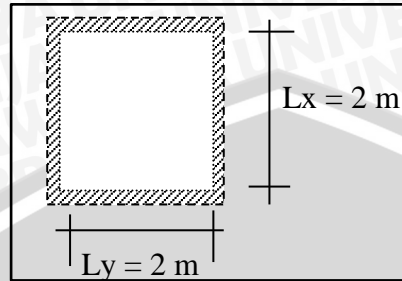
Sumber : Perhitungan,2015

Kombinasi pembebanan : $1.2 M_D + 1.6 M_L$

$$MU_x = 1.2 \times 0.189 + 1.6 \times 2.324 = 3.945 \text{ tm}$$

$$MU_y = 1.2 \times 3.375 + 1.6 \times 15.238 = 28.431 \text{ tm}$$

- **Pelat Tipe D**



Gambar 4.17. Pelat Tipe D

Bentang panjang dibagi dengan bentang pendek $L_y/L_x = 1 < 2 \rightarrow$ tulangan dua arah

$$M_{Lx} = X = 28$$

$$M_{tx} = X = 28$$

$$M_{Ly} = X = 68$$

$$M_{ty} = X = 68$$

Dari PBI 1971 berlaku ketentuan untuk plat pada keempat sisinya akibat beban terbagi rata, menentukan :

$$M_{lx} = +0.001 \times q_D \times L_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = -0.001 \times q_D \times L_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0.001 \times q_D \times L_y^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0.001 \times q_D \times L_y^2 \times X$$

Sehingga diperoleh momen lapangan dan momen tumpuan arah x dan y sebagai berikut :

- **Akibat Beban Sendiri**

$$\begin{aligned} M_{lx} &= +0.001 \times 0.75 \times 2^2 \times 28 \\ &= 0.08 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \times 0.75 \times 2^2 \times 28 \\ &= -0.08 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= +0.001 \times 0.75 \times 2^2 \times 68 \\ &= 0.20 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \times 0.75 \times 2^2 \times 68 \\ &= -0.20 \text{ tm} \end{aligned}$$

- **Akibat Beban Hidup Pangkalan**

$$M_{lx} = +0.001 \times 3 \times 2^2 \times 28$$

$$= 0.34 \text{ tm}$$

$$M_{tx} = -0.001 \times 3 \times 2^2 \times 28$$

$$= -0.34 \text{ tm}$$

$$M_{ly} = +0.001 \times 3 \times 6^2 \times 68$$

$$= 0.82 \text{ tm}$$

$$M_{ty} = -0.001 \times 3 \times 6^2 \times 68$$

$$= -0.82 \text{ tm}$$

Tabel 4.10. Momen Akibat Beban Mati dan Hidup Pada Plat Tipe D

Jenis Momen	Beban Sendiri	Beban Pangkalan	Beban Truk
M_{lx}	0.084	0.336	1.568
M_{ly}	0.204	0.816	1.739
M_{tx}	-0.084	-0.336	-2.599
M_{ty}	-0.204	-0.816	-2.448

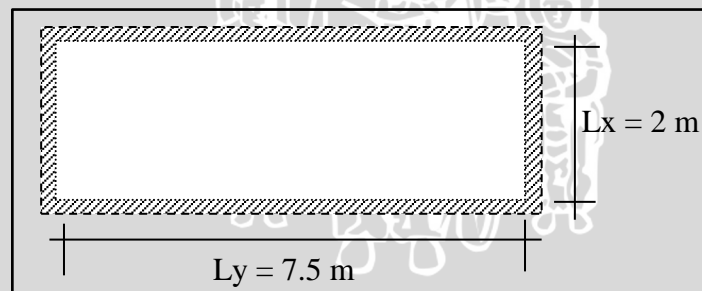
Sumber : Perhitungan, 2015

Kombinasi pembebanan : $1.2 M_D + 1.6 M_L$

$$MU_x = 1.2 \times 0.084 + 1.6 \times 1.9043 = 3.1477 \text{ tm}$$

$$MU_y = 1.2 \times 0.204 + 1.6 \times 2.554 = 28.3323 \text{ tm}$$

- **Pelat Tipe E**



Gambar 4.18. Pelat Tipe E

Bentang panjang dibagi dengan bentang pendek $L_y/L_x = 3.8 > 2 \rightarrow$ tulangan satu arah

$$M_{Lx} = X = 63$$

$$M_{Tx} = X = 13$$

$$M_{Ly} = X = 125$$

$$M_{Ty} = X = 79$$

Dari PBI 1971 berlaku ketentuan untuk plat pada keempat sisinya akibat beban terbagi rata, menentukan :

$$M_{lx} = +0.001 \times qD \times L_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = -0.001 \times qD \times L_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0.001 \times qD \times L_y^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0.001 \times qD \times L_y^2 \times X$$

Sehingga diperoleh momen lapangan dan momen tumpuan arah x dan y sebagai berikut :

- **Akibat Beban Sendiri**

$$\begin{aligned} M_{lx} &= +0.001 \times 0.75 \times 2^2 \times 63 \\ &= 0.16 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \times 0.75 \times 2^2 \times 13 \\ &= -0.03 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= +0.001 \times 0.75 \times 7.5^2 \times 125 \\ &= 4.43 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \times 0.75 \times 7.5^2 \times 79 \\ &= -2.80 \text{ tm} \end{aligned}$$

- **Akibat Beban Hidup Pangkalan**

$$\begin{aligned} M_{lx} &= +0.001 \times 3 \times 2^2 \times 63 \\ &= 0.76 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \times 3 \times 2^2 \times 13 \\ &= -0.16 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= +0.001 \times 3 \times 7.5^2 \times 125 \\ &= 21.09 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \times 3 \times 7.5^2 \times 79 \\ &= -13.33 \text{ tm} \end{aligned}$$

Tabel 4.11. Momen Akibat Beban Mati dan Hidup Pada Plat Tipe E

Jenis Momen	Beban Sendiri	Beban Pangkalan	Beban Truk
M _{lx}	0.159	0.756	1.568
M _{ly}	4.430	21.094	1.739
M _{tx}	-0.033	-0.156	-2.599
M _{ty}	-2.800	-13.331	-2.448

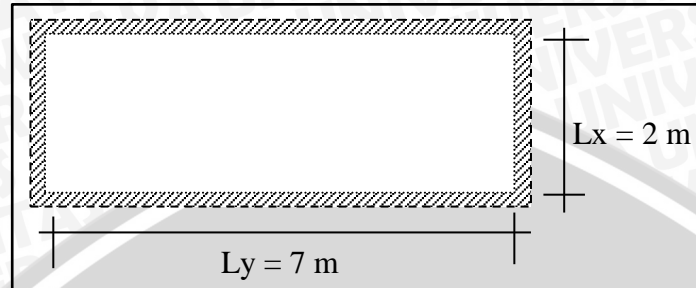
Sumber : Perhitungan,2015

Kombinasi pembebanan : $1.2 M_D + 1.6 M_L$

$$MU_x = 1.2 \times 0.159 + 1.6 \times 2.324 = 3.9095 \text{ tm}$$

$$MU_y = 1.2 \times 4.429 + 1.6 \times 22.8324 = 41.8475 \text{ tm}$$

- **Pelat Tipe F**



Gambar 4.19. Pelat Tipe F

Bentang panjang dibagi dengan bentang pendek $L_y/L_x = 3.5 > 2 \rightarrow$ tulangan satu arah

$$M_{Lx} = X = 63$$

$$M_{tx} = X = 13$$

$$M_{Ly} = X = 125$$

$$M_{ty} = X = 79$$

Dari PBI 1971 berlaku ketentuan untuk plat pada keempat sisinya akibat beban terbagi rata, menentukan :

$$M_{lx} = +0.001 \times q_D \times L_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = -0.001 \times q_D \times L_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0.001 \times q_D \times L_y^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0.001 \times q_D \times L_y^2 \times X$$

Sehingga diperoleh momen lapangan dan momen tumpuan arah x dan y sebagai berikut :

- **Akibat Beban Sendiri**

$$\begin{aligned} M_{lx} &= +0.001 \times 0.75 \times 2^2 \times 63 \\ &= 0.19 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \times 0.75 \times 2^2 \times 13 \\ &= -0.04 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= +0.001 \times 0.75 \times 7^2 \times 125 \\ &= 4.59 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \times 0.75 \times 7^2 \times 79 \\ &= -2.90 \text{ tm} \end{aligned}$$

- **Akibat Beban Hidup Pangkalan**

$$M_{lx} = +0.001 \times 3 \times 2^2 \times 63$$

$$= 0.76 \text{ tm}$$

$$M_{tx} = -0.001 \times 3 \times 2^2 \times 13$$

$$= -0.16 \text{ tm}$$

$$M_{ly} = +0.001 \times 3 \times 7^2 \times 125$$

$$= 18.38 \text{ tm}$$

$$M_{ty} = -0.001 \times 3 \times 7^2 \times 79$$

$$= -11.61 \text{ tm}$$

Tabel 4.12. Momen Akibat Beban Mati dan Hidup Pada Plat tipe F

Jenis Momen	Beban Sendiri	Beban Pangkalan	Beban Truk
M _{lx}	0.189	0.756	1.568
M _{ly}	4.594	18.375	1.739
M _{tx}	-0.039	-0.156	-2.599
M _{ty}	-2.903	-11.613	-2.448

Sumber : Perhitungan,2015

Kombinasi pembebanan : $1.2 M_D + 1.6 M_L$

$$M_{U_x} = 1.2 \times 0.189 + 1.6 \times 2.324 = 3.9457 \text{ tm}$$

$$M_{U_y} = 1.2 \times 4.5938 + 1.6 \times 20.1137 = 37.6944 \text{ tm}$$

4.4.3. Perhitungan Penulangan Pelat

Direncanakan Tebal pelat $h = 30 \text{ cm} = 300 \text{ mm}$

$b = 1000 \text{ mm}$ (diambil per meter)

$D = 13$

Selimut beton = 75 mm

$f'_c = 35$ $f_y = 400$

$\phi = 0.8$ $\beta_1 = 0.85$

$d_{\text{efektif arah x}} = h - \text{selimut btm} - \frac{1}{2} D \text{ tulangan arah x}$

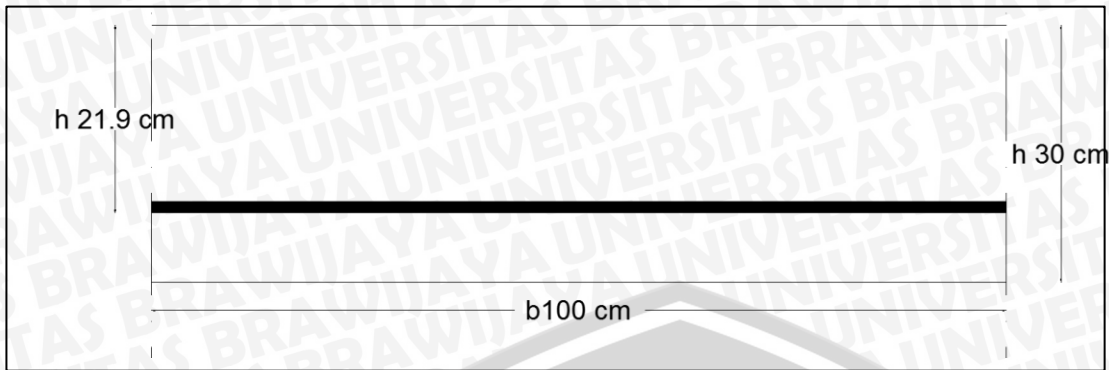
$$= 300 - 75 - \frac{1}{2} \times 13$$

$$= 219 \text{ mm}$$

$d_{\text{efektif arah x}} = h - \text{selimut btm} - D \text{ tulangan arah x} - \frac{1}{2} D \text{ tulangan arah y}$

$$= 300 - 75 - \frac{1}{2} \times 13$$

$$= 206 \text{ mm}$$



Gambar 4.20. Penempatan Tinggi Efektif

- **Pelat Tipe B**
 - **Mux = 82.549 KNm (Penulangan Arah x)**
- a. Menghitung koefisien tahanan Pelat (K)

$$\begin{aligned}
 K &= M_{ux} / \phi \cdot b \cdot d^2 \\
 &= 82.549 \times 10^6 / 0.8 \times 1000 \times 219^2 \\
 &= 2.161 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung rasio tulangan Pelat

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.85 f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 f_c}} \right) \\
 &= \frac{0.85 \times 35.0}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.161}{0.85 \times 35.0}} \right) \\
 &= 0.00562
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{mak}} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= 0.75 \times 0.85 \times \frac{0.85 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0.0284
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{\sqrt{f_c}}{4 \times f_y} \\
 &= \frac{\sqrt{35}}{4 \times 400} \\
 &= 0.00370
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}}$$

$$0.0037 \leq 0.00562 \leq 0.0284$$

c. Menghitung luas tulangan perlu (A_s perlu)

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0056 \times 1000 \times 219$$

$$= 1226.9436 \text{ mm}^2$$

➤ dengan menggunakan tulangan diameter (D) = 13 mm

$$D \ 13 \rightarrow A_{S1} = \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 13^2$$

$$= 132.665 \text{ mm}^2$$

➤ menghitung jarak tulang (s)

$$s = A_{S1} \times b / A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$= 132.665 \times 1000 / 1226.9436$$

$$= 108.1264 \text{ mm}$$

➤ digunakan D 13 – 100 dengan $A_{S_{\text{aktual}}} 132.7 \text{ mm}^2$

$$A_{S_{\text{aktual}}} = D \times 1000 / 100 (\text{sesuai dengan perhitungan hasil } s)$$

$$= 132.665 \times 1000 / 100$$

$$= 1327 \text{ mm}^2$$

d. menghitung momen tersedia (M_t)

$$a = A_{S_{\text{aktual}}} \times f_y / 0.85 \times f'_c \times b$$

$$= 1326.650 \times 400 / 0.85 \times 35 \times 1000$$

$$= 17.837 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{S_{\text{aktual}}} \times f_y \times (d - a/2)$$

$$= 1326.650 \times 400 \times (219 - 17.837 / 2)$$

$$= 111216436.3 \times 10^{-6} \text{ Nmm}$$

$$= 111.216 \text{ KNm}$$

$$\phi M_t = \phi \cdot M_n$$

$$= 0.8 \times 111.216$$

$$= 88.973 \text{ KNm} > 82.549 \text{ (Mux)} \dots \text{ oke}$$

- **Muy = 192.606 KNm (penulangan arah y)**

a. Menghitung koefisien tahanan Pelat (K)

$$\begin{aligned} K &= M_{uy} / \phi \cdot b \cdot d^2 \\ &= 192.606 \times 10^6 / 0.8 \times 1000 \times 206^2 \\ &= 5.701 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b. Menghitung rasio tulangan Pelat

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 f'_c}} \right) \\ &= \frac{0.85 \cdot 35.0}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 5.701}{0.85 \cdot 35.0}} \right) \\ &= 0.01597 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\begin{aligned} &= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0.75 \times 0.85 \times \frac{0.85 \cdot 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \end{aligned}$$

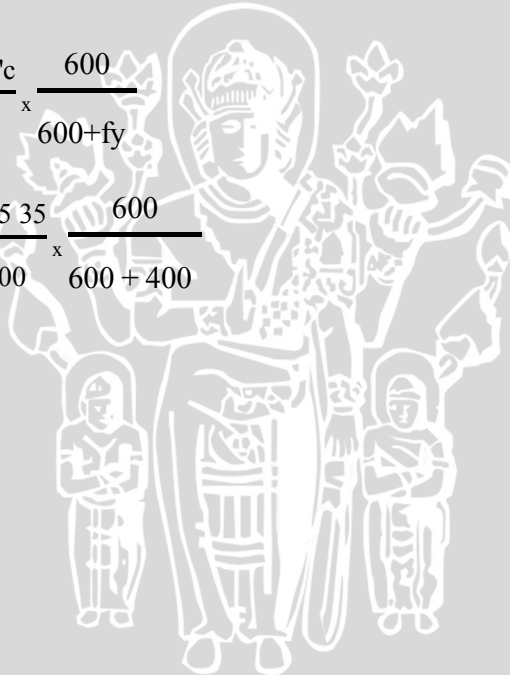
$$= 0.0284$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \times f_y}$$

$$= \frac{\sqrt{35}}{4 \times 400}$$

$$= 0.00370$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}} \\ 0.0037 &\leq 0.016 \leq 0.0284 \end{aligned}$$



c. Menghitung luas tulangan perlu (A_s perlu)

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.056 \times 1000 \times 206 \\ &= 3281.1079 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

➤ dengan menggunakan tulangan diameter (D) = 13 mm

$$\begin{aligned} D \ 13 \rightarrow A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 13^2 \\ &= 132.665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

➤ menghitung jarak tulang (s)

$$\begin{aligned} s &= A_{s1} \ b / A_{s\text{perlu}} \\ &= 132.665 \times 1000 / 3281.1079 \\ &= 40.43299 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ digunakan D 13 – 40 dengan $A_{s\text{aktual}}$ 1327 mm²

$$\begin{aligned} A_{s\text{aktual}} &= D \times 1000 / 40 (\text{sesuai dengan perhitungan hasil } s) \\ &= 132.665 \times 1000 / 40 \\ &= 3317 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

d. menghitung momen tersedia (M_t)

$$\begin{aligned} a &= A_{s\text{aktual}} \times f_y / 0.85 \ f'c \times b \\ &= 3316.625 \times 400 / 0.85 \times 35 \times 1000 \\ &= 44.593 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s\text{aktual}} \times f_y \ (d - a/2) \\ &= 1326.650 \times 400 \ (206 - 44.593 / 2) \\ &= 243046739.3 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\ &= 243.047 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_t &= \phi \cdot M_n \\ &= 0.8 \times 243.047 \\ &= 194.437 \text{ KNm} > 192.606 \text{ (Mux)} \text{ .. oke} \end{aligned}$$

Tabel 4.13. Tabel Penulangan Pelat Dermaga

Tipe Pelat	Momen	ρ_{min}	ρ_{perlu}	ρ_{mak}	Asperlu	S	Mn	Mt	Tulangan yang dipakai	
Pelat A	Mux	88.705	0.0037	0.0061	0.028	100.315	100.315	111.216	88.973	13 - 100
	Muy	249.050	0.0037	0.0216	0.028	4428.964	29.954	310.916	248.733	13 - 30
Pelat B	Mux	82.549	0.0037	0.0056	0.028	1226.944	108.126	111.216	88.973	13 - 100
	Muy	192.606	0.0037	0.0160	0.028	3281.108	40.433	243.047	194.437	13 - 40
Pelat C	Mux	39.457	0.0037	0.0026	0.028	807.915	164.207	49.518	39.614	13 -230
	Muy	284.319	0.0037	0.0254	0.028	5212.384	25.452	360.478	288.383	13 - 25
Pelat D	Mux	31.477	0.0037	0.0021	0.028	807.915	164.207	40.807	32.645	13 - 280
	Muy	43.323	0.0037	0.0033	0.028	759.846	174.594	59.123	47.298	13 - 180
Pelat E	Mux	39.095	0.0037	0.0026	0.028	807.915	164.207	49.518	39.614	13 - 230
	Muy	418.475	0.0037	0.0440	0.028	9032.902	14.687	537.465	429.972	13 - 14
Pelat F	Mux	39.457	0.0037	0.0026	0.028	807.915	164.207	40.807	32.645	13 - 280
	Muy	376.944	0.0037	0.0372	0.028	7643.215	17.357	477.710	382.168	13 - 17

Sumber : Perhitungan,2015



4.5. Perhitungan Balok

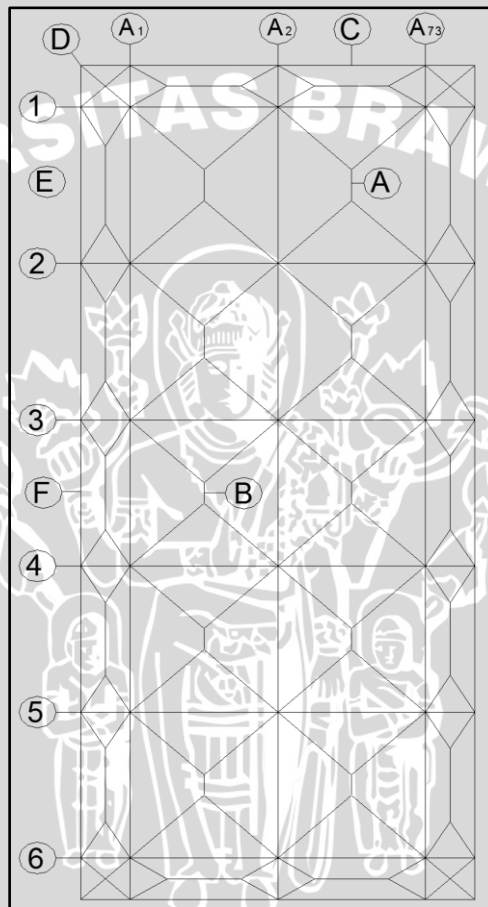
4.5.1. Distribusi Beban Pelat Pada Balok Dermaga

a. Akibat Beban Mati (qDL)

Perhitungan beban *equivalen* mengikuti perumusan distribusi sebagai berikut :

$$qDL_{\text{segitiga}} = q_{eq} = \frac{1}{2} \cdot P = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x = \frac{1}{3} \cdot q \cdot l_x$$

$$qDL_{\text{trapesium}} = q_{eq} = P \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{l_x^2}{l_y^2} \right] = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{l_x^2}{l_y^2} \right]$$



Gambar 4.21. Beban Bentuk Segitiga dan Trapesium

Dimana l_x dan l_y adalah bentang bersih pelat.

Beban mati terdiri dari :

$$\text{Berat sendiri pelat} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0.3 \text{ m} = 720 \text{ kg/m}^2$$

Denah pembagian tipe pelat dapat dilihat pada gambar 4.21, yaitu pelat tipe A, B, C, D, E dan F

Contoh Perhitungan :

Beban oleh pelat tipe A

$$L_y = 7.5 - 0.4 = 7.1 \text{ m}$$

$$L_x = 6 - 0.4 = 5.6 \text{ m}$$

$$qDL_{\text{segitiga}} = \frac{1}{3} \times 720 \times 5.6 = 4.928 \text{ t/m}$$

$$qDL_{\text{trapesium}} = \frac{1}{2} \times 720 \times (1 - \frac{1}{3} \times \frac{L_x^2}{L_y^2}) = \frac{1}{2} \times 720 \times (1 - \frac{1}{3} \times \frac{5.6^2}{7.1^2}) = 1.6 \text{ t/m}$$

Hasil perhitungan selengkapnya ditampilkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 4.14. Beban Ekuivalen Akibat Beban Mati

Pelat	qDL (t/m)	Dimensi Balok (cm)	Lx (m)	Ly (m)	qDL (t/m)	
					Segitiga	Trapesium
A	0.72	80/100	5.6	7.1	4.928	1.598
x = 6 m						
y = 7.5						
B	0.72	80/100	5.6	6.6	4.928	1.532
x = 6 m						
y = 7 m						
C	0.72	80/100	1.6	5.6	1.408	0.560
x = 2 m						
y = 6 m						
D	0.72	80/100	1.6	1.6	0.384	-
x = 6 m						
y = 7.5						
E	0.72	80/100	1.6	7.1	1.408	0.566
x = 6 m						
y = 7.5						
F	0.72	80/100	1.6	6.6	1.408	0.565
x = 2 m						
y = 7.5						

Sumber : Perhitungan, 2015

b. Akibat Beban Hidup (qLL)

Beban hidup yang diterima oleh pelat adalah = 3 t/m^2

Contoh Perhitungan :

Beban oleh pelat type A

$$L_y = 7.5 - 0.4 = 7.1 \text{ m}$$

$$L_x = 6 - 0.4 = 5.6 \text{ m}$$

$$qDL_{\text{segitiga}} = \frac{1}{3} \times 3 \times 5.6 = 5.6 \text{ t/m}$$

$$qDL_{\text{trapesium}} = \frac{1}{2} \times 3 \times (1 - \frac{1}{3} \times L_x^2 / L_y^2) = \frac{1}{2} \times 3 \times (1 - \frac{1}{3} \times 5.6^2 / 7.1^2) = 6.658 \text{ t/m}$$

Hasil perhitungan selengkapnya ditampilkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 4.15. Beban Ekuivalen Akibat Beban Hidup

Pelat	qDL (t/m)	Dimensi Balok (cm)	Lx (m)	Ly (m)	qDL (t/m)	
					Segitiga	Trapesium
A	3	80/100	5.6	7.1	5.6	6.658
x = 6 m						
y = 7.5						
B	3	80/100	5.6	6.6	5.6	6.384
x = 6 m						
y = 7 m						
C	3	80/100	1.6	5.6	1.6	2.335
x = 2 m						
y = 6 m						
D	3	80/100	1.6	1.6	1.6	-
x = 6 m						
y = 7.5						
E	3	80/100	1.6	7.1	1.6	2.359
x = 6 m						
y = 7.5						
F	3	80/100	1.6	6.6	1.6	2.353
x = 2 m						
y = 7.5						

Sumber : Perhitungan, 2015

Distribusi penyebaran beban diatur sesuai dengan penampang balok yang terbebani oleh beban merata dari pelat contoh penyebaran beban ke balok adalah.

- balok memanjang 2 beban mati = $q_{\text{segitiga}} \text{ pelat A} + q_{\text{segitiga}} \text{ pelat A} = 4.928 + 4.928 = 9.856 \text{ t/m}$
- balok memanjang 2 beban hidup = $q_{\text{segitiga}} \text{ pelat A} + q_{\text{segitiga}} \text{ pelat A} = 5.2 + 5.2 = 11.2 \text{ t/m}$

Tabel 4.16. Penyebaran Beban Pelat Sesuai dengan Balok Terbebani

Penyebaran Beban	No	Beban Mati t/m	Beban Hidup t/m
Balok Memanjang	1	5.488	7.935
	2	9.856	11.2
	3	9.856	11.2
	4	9.856	11.2
	5	9.856	11.2
	6	5.488	7.935
Balok Melintang 7.5	A1	2.164	9.017
	A2	3.196	13.316
Balok Melintang 7	A1	2.097	8.737
	A2	3.064	12.768
Memanjang Tepi		1.792	3.2
Melintang Tepi		1.792	3.2
Balok melintang A1 = A72			
Balok Melintang A2 - A71			
Balok memanjang crane		13.189	11.2

Sumber : Perhitungan, 2015

Apabila balok beton di cor monolit dengan lantai / pelat maka dianggap sebagai balok " T "

$$b_m < b_o + l_o/5 = 80 + 750/5 = 230 \text{ cm}$$

$$b_m < b_o + l_o/10 + b_k/2 = 80 + 750/10 + 750/2 = 530 \text{ cm}$$

$$b_m < b = 750 \text{ cm}$$

Sehingga nilai b_m adalah 230 cm

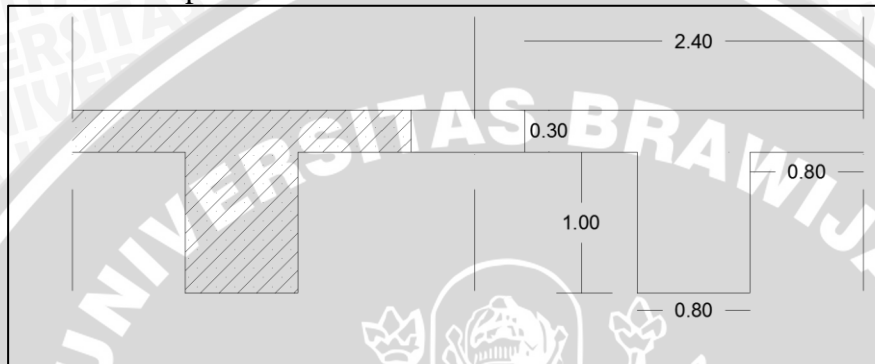
pada SNI 03-2847-2002 tata cara struktur beton konstruksi balok T :

1. Pada konstruksi balok-T , bagian sayap dan badan balok harus dibuat menyatu (monolit) atau harus dilekatkan secara efektif sehingga menjadi kesatuan.
2. Lebar pelat efektif sebagai bagian sayap balok-T tidak boleh melebihi seperempat bentang balok, dan lebar efektif sayap dari masing masing sisi badan balok tidak

boleh melebihi –delapan kali tebal plat, dan setengah jarak bersih antara balok-balok yang besebelahan .

3. Untuk plat yang hanya mempunyai satu sisi, lebar efektif sayap dari ssi badan tidak boleh lebih dari
 - seperduabelas dari bentang balok
 - senam kali tebal pelat dan
 - setengah jarak bersih antara balok-balok yang bersebelahan.

Sehingga direncanakan pada balok –T :



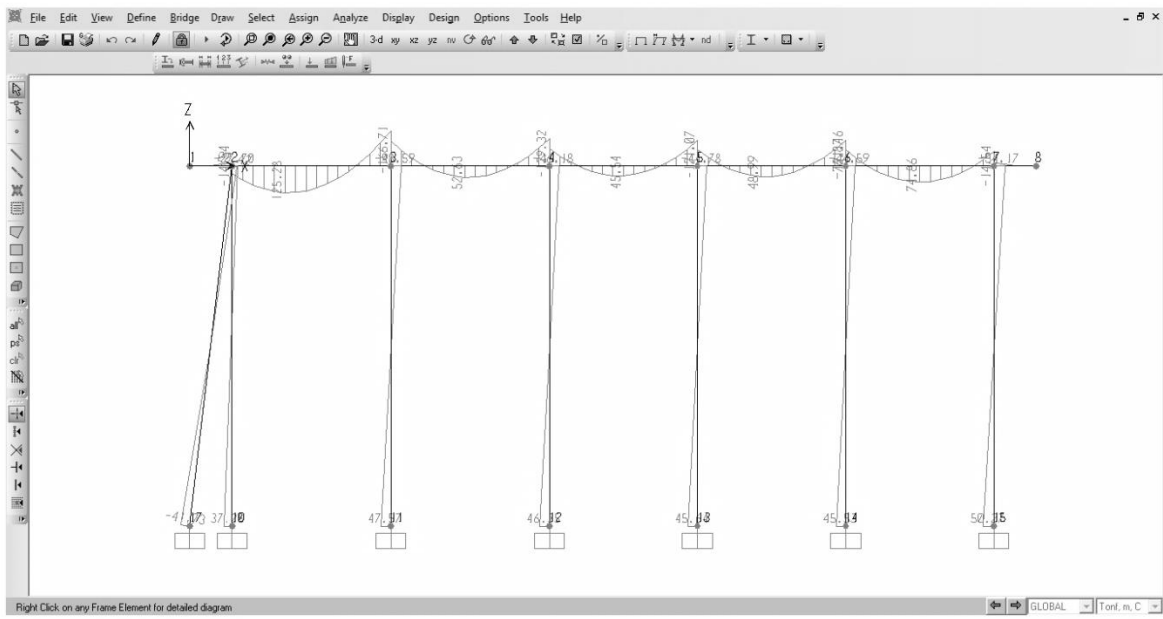
Gambar 4.22. Lebar Efektif Balok T

4.5.2. Perhitungan Elemen Struktur

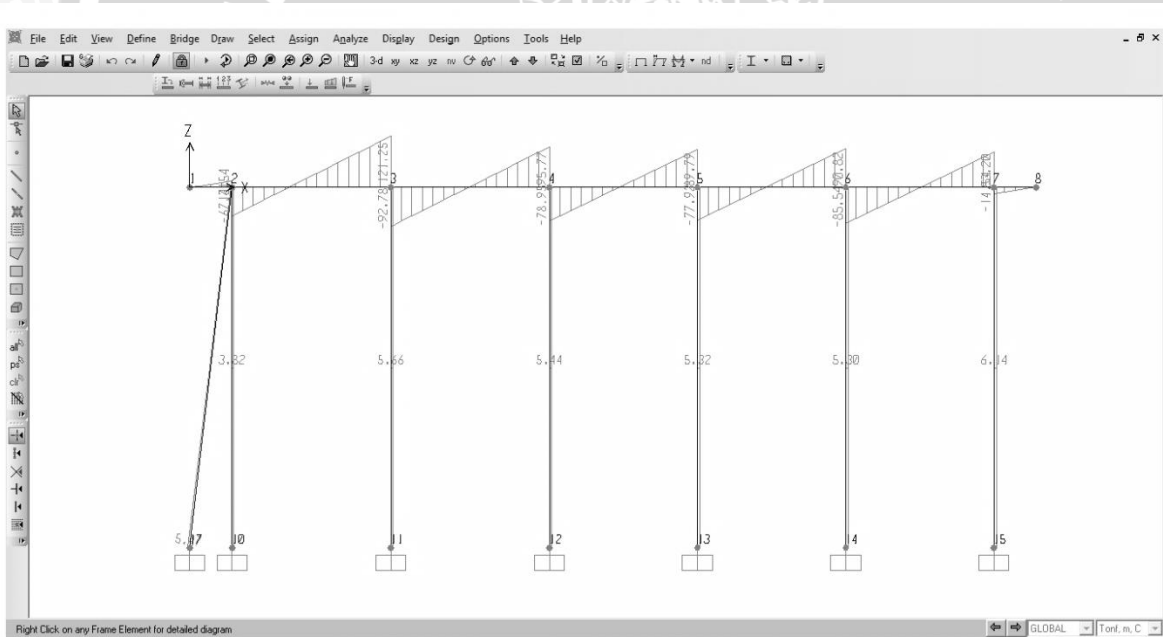
Menggunakan program aplikasi SAP2000, dengan input sebagai berikut :

- Beban gempa :
 - Beban gempa tepi fiy = 13.84 tm
 - Beban gempa tepi fix = 148.76 tm
- Gaya boulder = 47.64 tm
- Gaya fender = 34,59 tm
- Dengan dimensi rangka :
 - Balok Memanjang 80 cm x 10 cm
 - Balok melintang 80 cm x 100 cm
 - Tiang pancang beton dengan Φ 80 cm , t = 12 cm
 - Pelat beton t = 30 cm
- Kombinasi pembebanan :
 - 1.2D + 1.6L
 - 1.2D + 1L + 1EQ(gempa)
 - 1.2D + 1.6L + 1Fender + 1 Boulder
 - 1.2D + 1.6L + 1Fender + 1 Boulder + 1EQ(gempa)
 - 1.2D + 1L + 1Gelombang

4.5.3. Perhitungan Penulangan Balok Melintang



Gambar 4.23. Bidang Momen



Gambar 4.24. Bidang Geser

Analisa Struktur balok digunakan Software Sap2000 dengan hasil sebagai berikut

$$MU+ = 125.28 \text{ tm}$$

$$MU- = 166.71 \text{ tm}$$

$$VU+ = 121.25 \text{ tm}$$

Tabel 4.17. Gaya - gaya Maksimum Pada Balok

Frame	Station	OutputCase	CaseType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Tonf	Tonf-m	Text	m
2	0	DL + LL + F + B + EQ	Combination	-67.306	35.576	2-1	0
2	0.5	DL + LL + F + B + EQ	Combination	-54.736	66.087	2-1	0.5
2	1	DL + LL + F + B + EQ	Combination	-42.165	90.312	2-1	1
2	1.5	DL + LL + F + B + EQ	Combination	-29.595	108.252	2-1	1.5
2	2	DL + LL + F + B + EQ	Combination	-17.025	119.907	2-1	2
2	2.5	DL + LL + F + B + EQ	Combination	-4.454	125.277	2-1	2.5
2	3	DL + LL + F + B + EQ	Combination	8.116	124.361	2-1	3
2	3.5	DL + LL + F + B + EQ	Combination	20.687	117.160	2-1	3.5
2	4	DL + LL + F + B + EQ	Combination	33.257	103.675	2-1	4
2	4.5	DL + LL + F + B + EQ	Combination	45.827	83.903	2-1	4.5
2	5	DL + LL + F + B + EQ	Combination	58.398	57.847	2-1	5
2	5.5	DL + LL + F + B + EQ	Combination	70.968	25.506	2-1	5.5
2	6	DL + LL + F + B + EQ	Combination	83.539	-13.121	2-1	6
2	6.5	DL + LL + F + B + EQ	Combination	96.109	-58.033	2-1	6.5
2	7	DL + LL + F + B + EQ	Combination	108.679	-109.230	2-1	7
2	7.5	DL + LL + F + B + EQ	Combination	121.250	-166.712	2-1	7.5

Sumber : Perhitungan,2015

1. Perhitungan Tulangan Pokok Lapangan

Data – data :

- MU = 125.276 tm x 10 = 1252.766 KNm
- h = 1000 mm
- b = 800 mm
- f'c = 35 Mpa
- fy = 400 Mpa
- ϕ = 0.8
- β_1 = 0.85
- D_{tulangan} = 25 mm
- Selimut beton = 50 mm
- d efektif = h - selimut beton
= 1000 – 50
= 950 mm

a. Menghitung koefisien tahanan (K)

$$\begin{aligned} K &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{1252.766 \times 10^6}{0.8 \times 800 \times 950^2} \\ &= 2.169 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b. Menghitung rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 35}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.169}{0.85 \times 35}} \right) \\ &= 0.00564 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\begin{aligned} &= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0.75 \times 0.85 \times \frac{0.85 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0.0284 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}} \\ 0.0035 &\leq 0.00564 \leq 0.0284 \end{aligned}$$

c. Menghitung luas tulangan perlu (A_s perlu)

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00564 \times 800 \times 950 \\ &= 4283.22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

direncanakan dengan tulangan diameter (D)

$$\begin{aligned} D 25 \rightarrow A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \\ &= 490.86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

jumlah tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} n &= A_s / A_{s1} \\ &= \frac{4283.22}{490.86} = 8.73 \text{ dipilih } 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{Saktual}} &= A_{s1} \times n \\ &= 490.86 \times 10 \\ &= 4908.594 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{aktual}} &= \frac{A_{\text{Saktual}}}{b \times d} \\ &= \frac{4908.594}{800 \times 950} \\ &= 0.0065 \end{aligned}$$

>> ρ_{min} oke

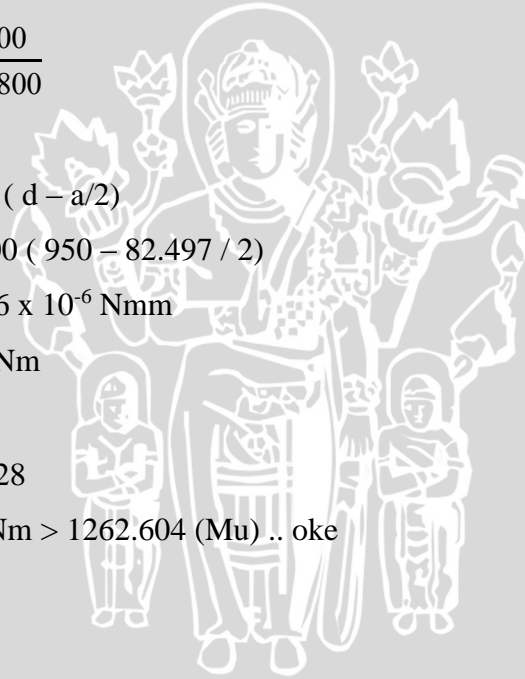
<< ρ_{mak} oke

d. Kontrol momen tersedia (Mt)

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_{\text{Saktual}} \times f_y}{0.85 f'_c \times b} \\ &= \frac{4908.59 \times 400}{0.85 \times 35 \times 800} \\ &= 82.497 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{\text{Saktual}} \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 4908.6 \times 400 \left(950 - \frac{82.497}{2} \right) \\ &= 1784276406 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\ &= 1784.28 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_t &= \phi \cdot M_n \\ &= 0.8 \times 1784.28 \\ &= 1427.42 \text{ KNm} > 1262.604 \text{ (Mu)} \dots \text{ oke} \end{aligned}$$



2. Perhitungan Tulangan Pokok Tumpuan

Data – data :

- $M_U = 166.7123 \text{ tm} \times 10 = 1667.123 \text{ KNm}$
- $h = 1000 \text{ mm}$
- $b = 800 \text{ mm}$
- $f'_c = 35 \text{ Mpa}$
- $f_y = 400 \text{ Mpa}$
- $\phi = 0.8$
- $\beta_1 = 0.85$
- $D_{\text{tulangan}} = 25 \text{ mm}$
- Selimut beton = 50 mm
- $d \text{ efektif} = h - \text{selimut beton}$
 $= 1000 - 50$
 $= 950 \text{ mm}$

a. Menghitung koefisien tahanan (K)

$$K = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$= \frac{1667.123 \times 10^6}{0.8 \times 800 \times 950^2}$$

$$= 2.886 \text{ Mpa}$$

b. Menghitung rasio tulangan perlu

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 \times f'_c}} \right)$$

$$= \frac{0.85 \times 35}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.886}{0.85 \times 35}} \right)$$

$$= 0.00760$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0.75 \times 0.85 \times \frac{0.85 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0.0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}} \\ 0.0035 &\leq 0.0076 \leq 0.0284 \end{aligned}$$

c. Menghitung luas tulangan perlu (A_s perlu)

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0076 \times 800 \times 950 \\ &= 5779.42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

direncanakan dengan tulangan diameter (D)

$$\begin{aligned} D \ 25 \rightarrow A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \\ &= 490.86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

jumlah tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} n &= A_s / A_{s1} \\ &= \frac{5779.42}{490.86} = 11.77 \text{ dipilih } 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{aktual}} &= A_{s1} \times n \\ &= 490.86 \times 12 \\ &= 5890.313 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

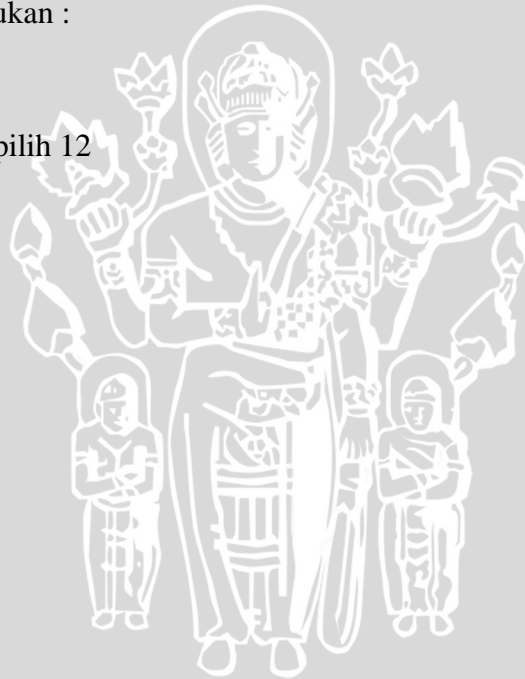
$$\begin{aligned} \rho_{\text{aktual}} &= \frac{A_{s\text{aktual}}}{b \times d} \\ &= \frac{5890.313}{800 \times 950} \\ &= 0.0078 \end{aligned}$$

>> ρ_{\min} oke

<< ρ_{mak} oke

d. Kontrol momen tersedia (M_t)

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_{s\text{aktual}} \times f_y}{0.85 f'_c \times b} \\ &= \frac{5890.31 \times 400}{0.85 \times 35 \times 800} \\ &= 98.997 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 M_n &= A_{s_{\text{aktual}}} \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 5890.31 \times 400 \left(950 - \frac{98.997}{2} \right) \\
 &= 2121694275 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\
 &= 2121.69 \text{ KNm} \\
 M_t &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0.8 \times 2121.69 \\
 &= 1697.36 \text{ KNm} > 1667.123 \text{ (Mu)} \dots \text{ oke}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Tulangan Geser Tumpuan

- a. menghitung gaya geser berdasarkan beban yang bekerja

$$V_u = 121.2498 \times 10 = 1212.498 \text{ kN}$$

- b. menghitung kekuatan/kemampuan beton untuk menahan gaya geser tanpa tulangan geser (V_c)

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 800 \times 950 \\
 &= 749370.1 \times 10^{-3} \\
 &= 749.37 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 749.37 \\
 &= 224.81 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena $224.81 \text{ kN} < V_u$, maka diperlukan sengkang

- c. Menghitung gaya geser yang di sumbangkan oleh tulangan geser / sengkang pada tempat dukungan balok (V_s).

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ perlu} &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{1212.5}{0.6} - 749.37 \\
 &= 1271.459 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

- d. menghitung jarak sengkang dengan menggunakan tulangan D 13

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= 132.67 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_{\text{perlu}}} \\
 &= \frac{(265.33 \times 400 \times 950) \times 10^{-3}}{1271.460} \\
 &= 79.299 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan jarak spasi 80 mm

4. Perhitungan Tulangan Geser Lapangan

- a. menghitung gaya geser berdasarkan beban yang bekerja

$$V_u = 121.2498 \times 10 = 1212.498 \times 2/3 = 808.332 \text{ kN}$$

- b. menghitung kekuatan/kemampuan beton untuk menahan gaya geser tanpa tulangan geser (V_c)

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \sqrt{F'_c} \times b \times d \\ &= 1/6 \sqrt{35} \times 800 \times 950 \\ &= 749370.1 \times 10^{-3} \\ &= 749.37 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 749.37 \\ &= 224.81 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena $224.81 \text{ kN} < V_u$, maka diperlukan sengkang

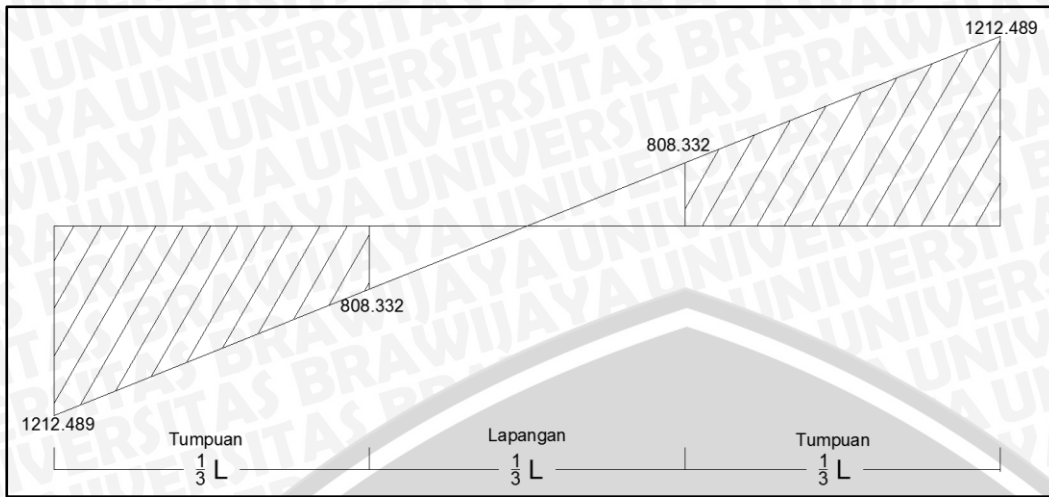
- c. Menghitung gaya geser yang di sumbangkan oleh tulangan geser / sengkang pada tempat dukungan balok (V_s).

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{803.3}{0.6} - 749.37 \\ &= 597.849 \text{ KN} \end{aligned}$$

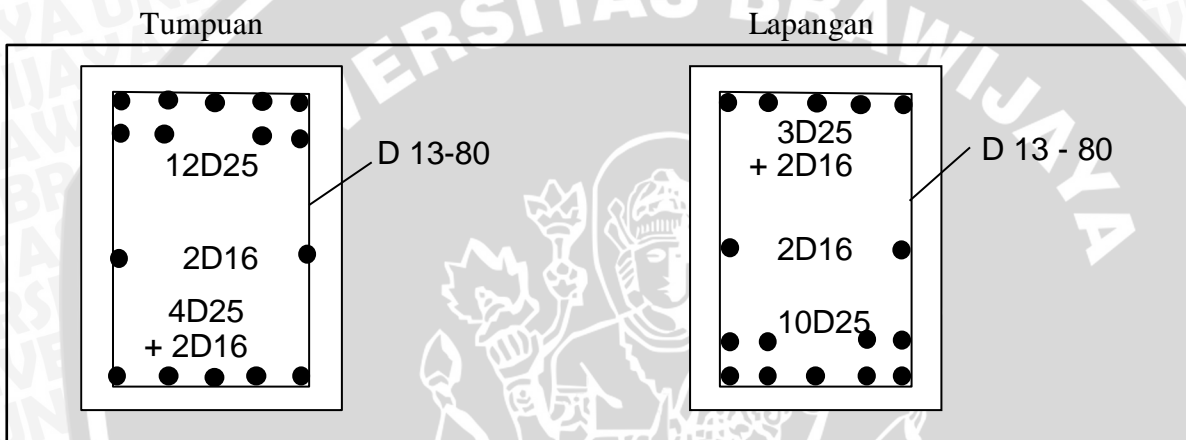
- d. menghitung jarak sengkang dengan menggunakan tulangan D 13

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 132.67 \text{ mm}^2 \\ S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_{\text{sperlu}}} \\ &= \frac{(265.33 \times 400 \times 950) \times 10^{-3}}{597.850} \\ &= 168.65 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan jarak spasi 170 mm

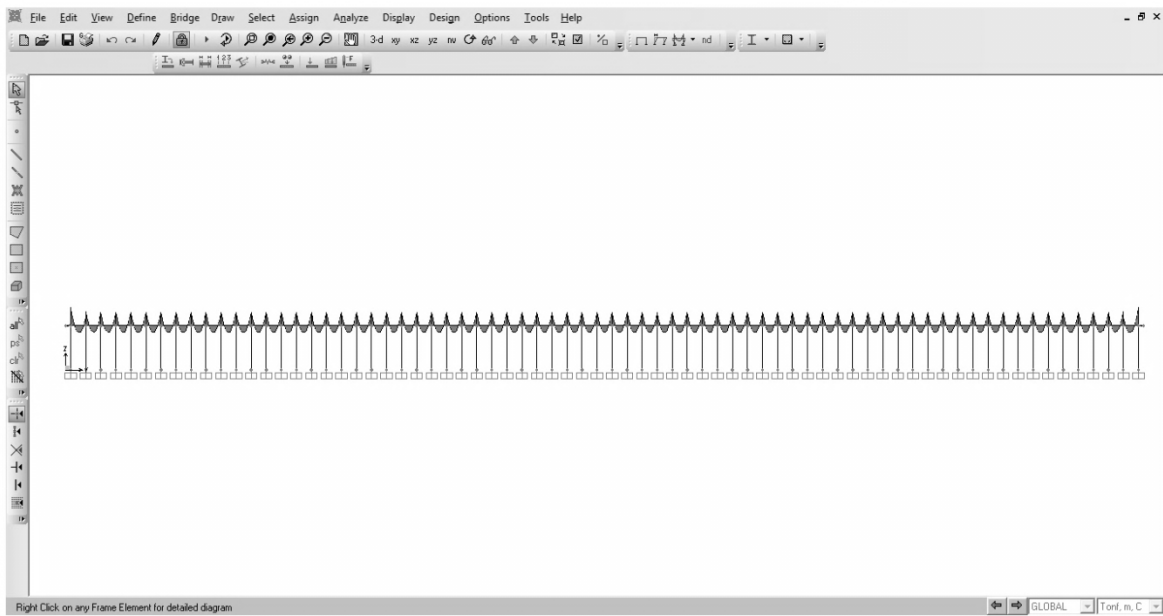


Gambar 4.25. Gaya Geser Balok Melintang

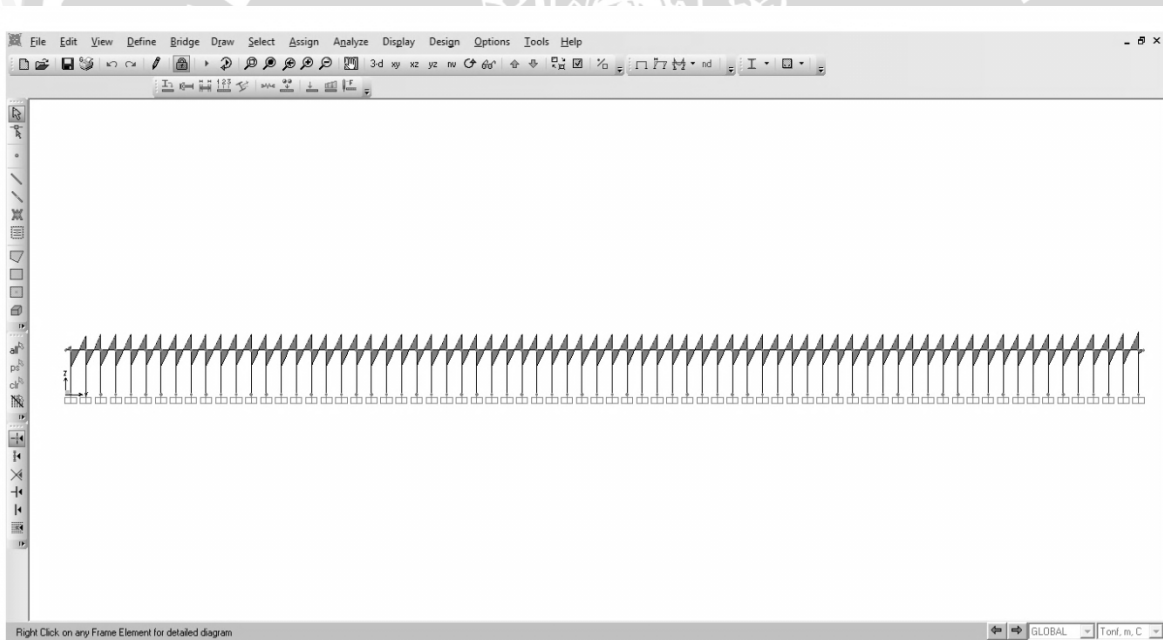


Gambar 4.26. Penulangan Balok Melintang

4.5.4. Penulangan Balok Memanjang



Gambar 4.27. Bidang Momen



Gambar 4.28. Bidang Geser

Analisa Struktur balok digunakan *Software Sap2000* dengan hasil sebagai berikut

$$MU+ = 54.87 \text{ tm}$$

$$MU- = 144.85 \text{ tm}$$

$$VU+ = 118.53 \text{ tm}$$

Tabel 4.18. Gaya-gaya Maksimum Pada Balok

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	CaseType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Tonf	Tonf-m	Text	m
2	0	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	-118.529	-144.848	2-1	0
2	0.5	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	-100.968	-89.974	2-1	0.5
2	1	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	-83.406	-43.881	2-1	1
2	1.5	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	-65.844	-6.568	2-1	1.5
2	2	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	-48.283	21.964	2-1	2
2	2.5	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	-30.721	41.715	2-1	2.5
2	3	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	-13.160	52.685	2-1	3
2	3.5	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	4.402	54.874	2-1	3.5
2	4	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	21.964	48.283	2-1	4
2	4.5	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	39.525	32.911	2-1	4.5
2	5	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	57.087	8.758	2-1	5
2	5.5	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	74.648	-24.176	2-1	5.5
2	6	DL + LL + FENDER + BOULDER	Combination	92.210	-65.891	2-1	6

Sumber : Perhitungan, 2015

1. Perhitungan Tulangan Pokok Lapangan

Data – data :

- MU = 54.87 x 10 = 548.742 KNm
- h = 1000 mm
- b = 800 mm
- f'c = 35 Mpa
- fy = 400 Mpa
- φ = 0.8
- β₁ = 0.85
- D_{tulangan} = 25 mm
- Selimut beton = 50 mm
- d efektif = h - selimut beton
= 1000 – 50
= 950 mm

a. Menghitung koefisien tahanan (K)

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{548.742 \times 10^6}{0.8 \times 800 \times 950^2} \\
 &= 0.950 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

b. Menghitung rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 35}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.950}{0.85 \times 35}} \right) \\ &= 0.00241\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0.75 \times 0.85 \times \frac{0.85 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0.0284$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}} \\ 0.0035 &\leq 0.00241 \leq 0.0284\end{aligned}$$

c. Menghitung luas tulangan perlu ($A_{s \text{ perlu}}$)

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0035 \times 800 \times 950 \\ &= 2660.00 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

direncanakan dengan tulangan diameter (D)

$$\begin{aligned}D \ 25 \rightarrow A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \\ &= 490.86 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

jumlah tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned}n &= A_s / A_{s1} \\ &= \frac{2660}{490.86} = 5.42 \text{ dipilih } 7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ aktual}} &= A_{s1} \times n \\ &= 490.86 \times 7 \\ &= 3436.016 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{aktual}} &= \frac{A_{\text{Saktual}}}{b \times d} \\ &= \frac{3436.016}{800 \times 950} \\ &= 0.0045\end{aligned}$$

>> ρ_{min} oke

<< ρ_{mak} oke

d. Kontrol momen tersedia (M_t)

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_{\text{Saktual}} \times f_y}{0.85 f'_c \times b} \\ &= \frac{3436.0 \times 400}{0.85 \times 35 \times 800} \\ &= 57.748 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= A_{\text{Saktual}} \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 3436.02 \times 400 \left(950 - \frac{57.748}{2} \right) \\ &= 1266001220 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\ &= 1266 \text{ KNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_t &= \phi \cdot M_n \\ &= 0.8 \times 1266.00 \\ &= 1012.8 \text{ KNm} > 548.742 (M_u) \dots \text{ oke}\end{aligned}$$

1. Perhitungan Tulangan Pokok Tumpuan

Data – data :

- M_U = $144.848 \times 10 = 1448.484 \text{ KNm}$
- h = 1000 mm
- b = 800 mm
- f'_c = 35 Mpa
- f_y = 400 Mpa
- ϕ = 0.8
- β_{\square} = 0.85
- D_{tulangan} = 25 mm
- Selimut beton = 50 mm
- d efektif = $h - \text{selimut beton}$
= $1000 - 50$
= 950 mm

a. Menghitung koefisien tahanan (K)

$$\begin{aligned} K &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{1448.484 \times 10^6}{0.8 \times 800 \times 950^2} \\ &= 2.508 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b. Menghitung rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 35}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.508}{0.85 \times 35}} \right) \\ &= 0.00656 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\begin{aligned} &= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0.75 \times 0.85 \times \frac{0.85 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0.0284 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}} \\ 0.0035 &\leq 0.00656 \leq 0.0284 \end{aligned}$$

c. Menghitung luas tulangan perlu ($A_{s \text{ perlu}}$)

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0066 \times 800 \times 950 \\ &= 4984.52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

direncanakan dengan tulangan diameter (D)

$$\begin{aligned} D \ 25 \rightarrow A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \\ &= 490.86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

jumlah tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} n &= A_s / A_{s1} \\ &= \frac{4984.52}{490.86} = 10.15 \text{ dipilih } 11 \text{ batang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{aktual}} &= A_{s1} \times n \\ &= 490.86 \times 11 \\ &= 5399.453 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{aktual} &= \frac{A_{S_{aktual}}}{b \times d} \\ &= \frac{5399.453}{800 \times 950} \\ &= 0.0071 \end{aligned}$$

>> ρ_{min} oke

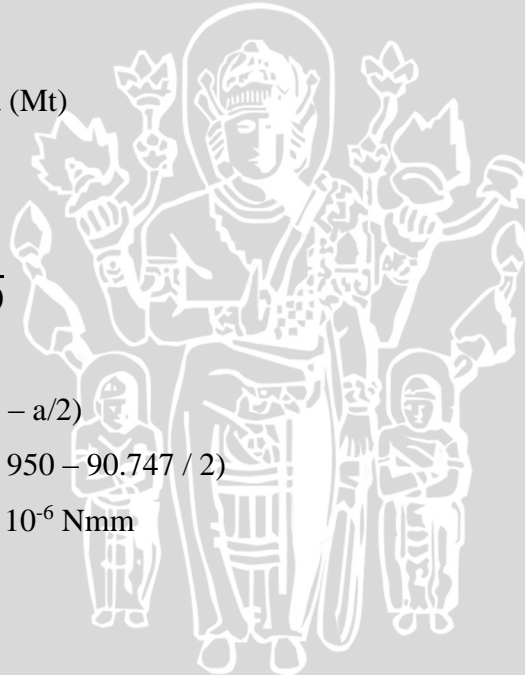
<< ρ_{mak} oke

d. Kontrol momen tersedia (Mt)

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_{S_{aktual}} \times f_y}{0.85 f'_c \times b} \\ &= \frac{5399.5 \times 400}{0.85 \times 35 \times 800} \\ &= 90.747 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{S_{aktual}} \times f_y (d - a/2) \\ &= 5399.5 \times 400 (950 - 90.747 / 2) \\ &= 1953795233 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\ &= 1953.8 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_t &= \phi \cdot M_n \\ &= 0.8 \times 1953.795 \\ &= 1563.04 \text{ KNm} > 1448.484 (M_u) \dots \text{ oke} \end{aligned}$$



2. Perhitungan Tulangan Geser Tumpuan

- a. menghitung gaya geser berdasarkan beban yang bekerja

$$V_u = 1185.292 \text{ kN}$$

- b. menghitung kekuatan/kemampuan beton untuk menahan gaya geser tanpa tulangan geser (V_c)

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 1/6 \sqrt{35} \times 800 \times 950 \\ &= 749370.1 \times 10^{-3} \\ &= 749.37 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 749.37 \\ &= 224.81 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena $224.81 \text{ kN} < V_u$, maka diperlukan sengkang

- c. Menghitung gaya geser yang di sumbangkan oleh tulangan geser / sengkang pada tempat dukungan balok (V_s).

$$\begin{aligned} V_{s \text{ perlu}} &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{1185.3}{0.6} - 749.37 \\ &= 1226.116 \text{ KN} \end{aligned}$$

- d. menghitung jarak sengkang dengan menggunakan tulangan D 13

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 132.67 \text{ mm}^2 \\ S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_{\text{perlu}}} \\ &= \frac{(265.33 \times 400 \times 950) \times 10^{-3}}{1226.117} \\ &= 82.231 \text{ mm} \end{aligned}$$

digunakan jarak spasi 80 mm

3. Perhitungan tulangan geser lapangan

- a. menghitung gaya geser berdasarkan beban yang bekerja

$$V_u = 1185.292 = 1185.292 \times 2/3 = 790.195 \text{ kN}$$

- b. menghitung kekuatan/kemampuan beton untuk menahan gaya geser tanpa tulangan geser (V_c)

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 1/6 \sqrt{35} \times 800 \times 950 \\ &= 749370.1 \times 10^{-3} \\ &= 749.37 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 749.37 \\ &= 224.81 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena $224.81 \text{ kN} < V_u$, maka diperlukan sengkang

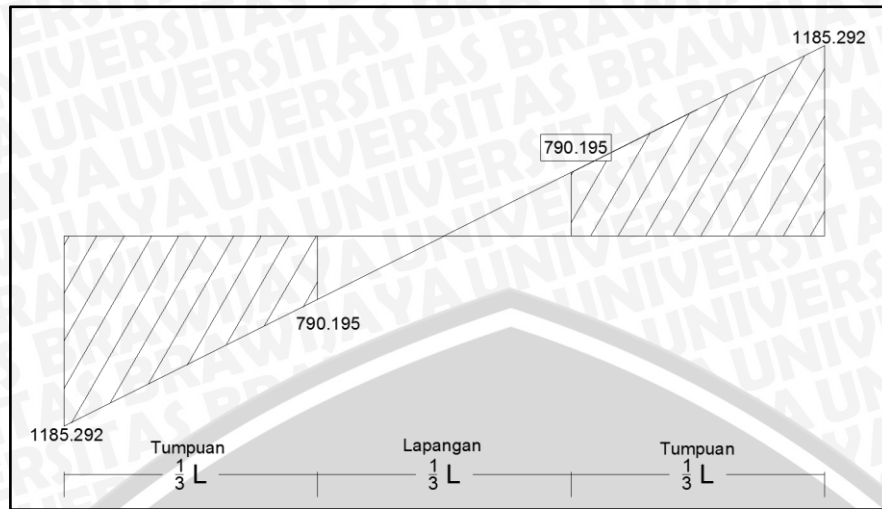
- c. Menghitung gaya geser yang di sumbangkan oleh tulangan geser / sengkang pada tempat dukungan balok (V_s).

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{790.195}{0.6} - 749.37 \\ &= 567.621 \text{ KN} \end{aligned}$$

- d. menghitung jarak sengkang dengan menggunakan tulangan D 13

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 132.67 \text{ mm}^2 \\ S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_{S\text{perlu}}} \\ &= \frac{(265.33 \times 400 \times 950) \times 10^{-3}}{567.621} \\ &= 177.628 \text{ mm} \end{aligned}$$

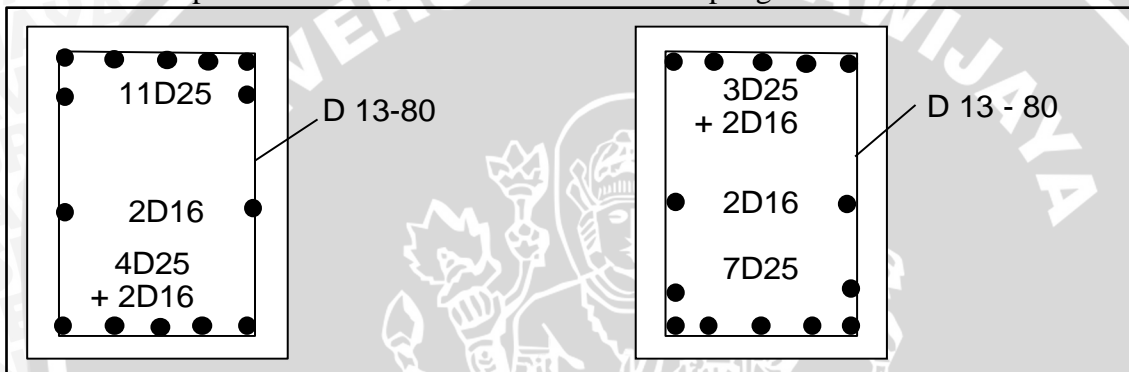
digunakan jarak spasi 180 mm



Gambar 4.29. Gaya Geser Pada Balok Memanjang

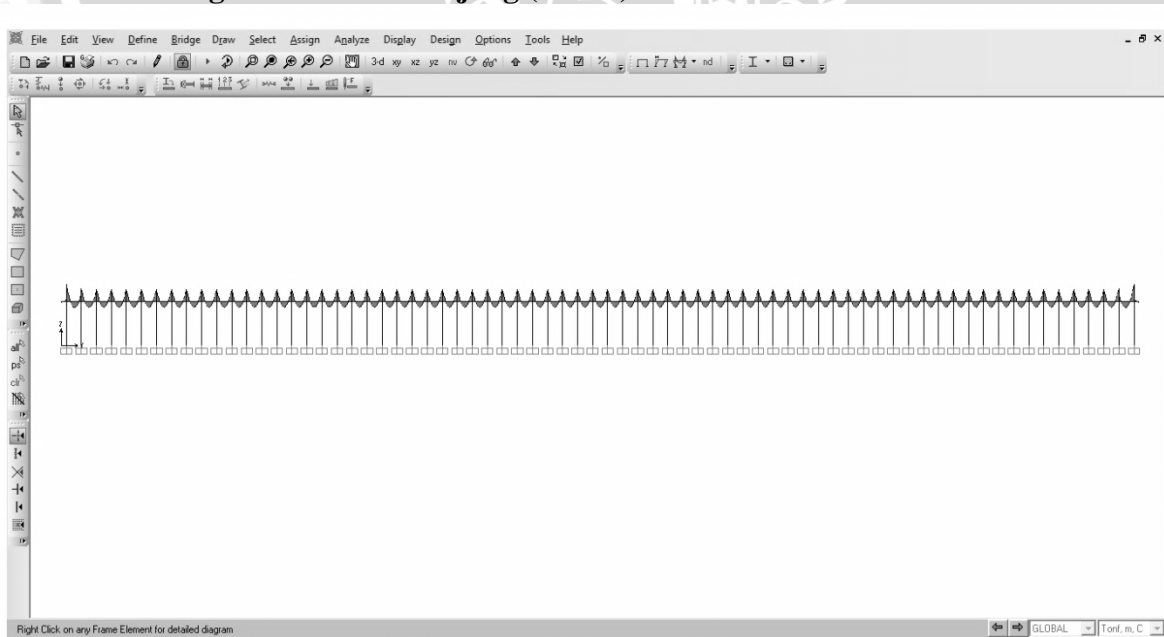
Tumpuan

Lapangan



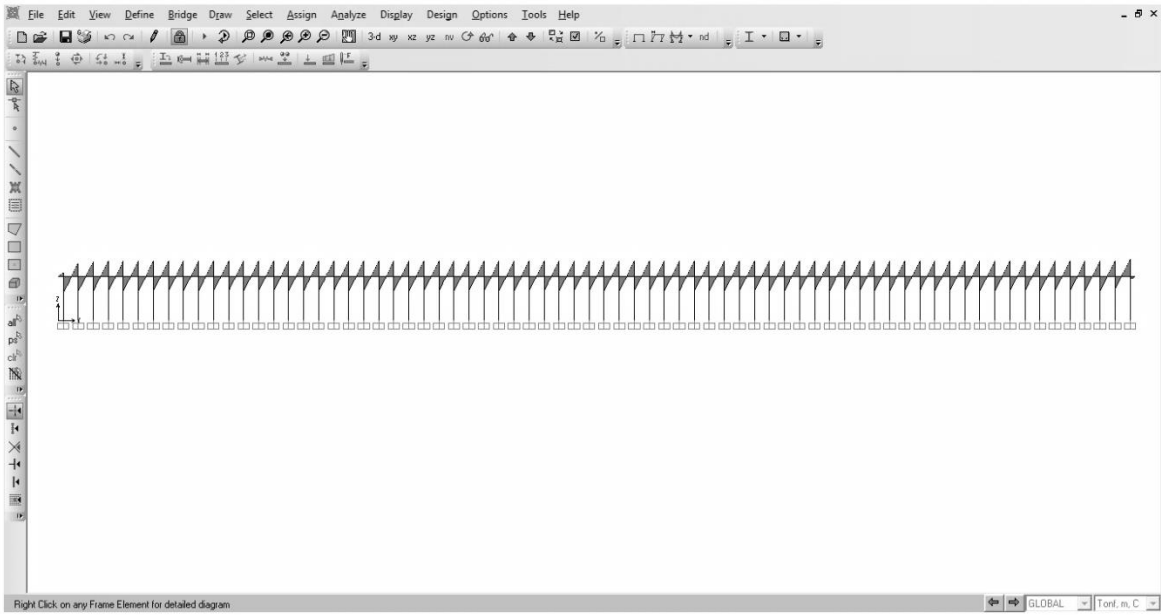
Gambar 4.30. Penulangan Balok Memanjang

4.5.5. Penulangan Balok Memanjang (Crane)



Gambar 4.31. Bidang Momen





Gambar 4.32. Bidang Geser

Analisa Struktur balok digunakan Software Sap2000 dengan hasil sebagai berikut

MU+ = 71.28 tm

MU- = 169.47 tm

VU+ = 141.9 tm

Tabel 4.19. Gaya-gaya Maksimum Pada Balok

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	CaseType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Tonf	Tonf-m	Text	m
2	0	DL + LL + CRANE 3	Combination	-138.580	-169.475	2-1	0
2	0.5	DL + LL + CRANE 3	Combination	-118.058	-105.315	2-1	0.5
2	1	DL + LL + CRANE 3	Combination	-97.536	-51.417	2-1	1
2	1.5	DL + LL + CRANE 3	Combination	-77.014	-7.780	2-1	1.5
2	2	DL + LL + CRANE 3	Combination	-56.492	25.596	2-1	2
2	2.5	DL + LL + CRANE 3	Combination	-35.970	48.712	2-1	2.5
2	3	DL + LL + CRANE 3	Combination	-15.448	61.566	2-1	3
2	3.5	DL + LL + CRANE 3	Combination	5.075	64.159	2-1	3.5
2	4	DL + LL + CRANE 3	Combination	25.597	56.492	2-1	4
2	4.5	DL + LL + CRANE 3	Combination	46.119	38.563	2-1	4.5
2	5	DL + LL + CRANE 3	Combination	66.641	10.373	2-1	5
2	5.5	DL + LL + CRANE 3	Combination	87.163	-28.078	2-1	5.5
19	0	DL + LL + CRANE 3	Combination	-134.359	-131.713	19-1	0
19	0.495	DL + LL + CRANE 3	Combination	-114.042	-70.233	19-1	0.495
19	0.99	DL + LL + CRANE 3	Combination	-93.726	-18.811	19-1	0.99
19	1.485	DL + LL + CRANE 3	Combination	-73.409	22.555	19-1	1.485
19	1.98	DL + LL + CRANE 3	Combination	-53.092	53.864	19-1	1.98
19	1.98	DL + LL + CRANE 3	Combination	-38.092	53.864	19-1	1.98
19	2.388	DL + LL + CRANE 3	Combination	-21.346	65.990	19-1	2.388

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
19	2.796	DL + LL + CRANE 3	Combination	-4.600	71.283	19-1	2.796
19	3.204	DL + LL + CRANE 3	Combination	12.146	69.743	19-1	3.204
19	3.612	DL + LL + CRANE 3	Combination	28.892	61.372	19-1	3.612
19	4.02	DL + LL + CRANE 3	Combination	45.638	46.168	19-1	4.02
19	4.02	DL + LL + CRANE 3	Combination	60.638	46.168	19-1	4.02
19	4.515	DL + LL + CRANE 3	Combination	80.955	11.124	19-1	4.515
19	5.01	DL + LL + CRANE 3	Combination	101.271	-33.977	19-1	5.01
19	5.505	DL + LL + CRANE 3	Combination	121.588	-89.135	19-1	5.505
19	6	DL + LL + CRANE 3	Combination	141.905	-154.349	19-1	6

Sumber : Perhitungan, 2015

1. Perhitungan tulangan pokok lapangan

Data – data :

- MU = 71.28tm x 10 = 712.826 KNm
- h = 1000 mm
- b = 800 mm
- f'_c = 35 Mpa
- f_y = 400 Mpa
- ϕ = 0.8
- β_{sq} = 0.85
- $D_{tulangan}$ = 25 mm
- Selimut beton = 50 mm
- d efektif = h - selimut beton
= 1000 – 50
= 950 mm

a. Menghitung koefisien tahanan (K)

$$K = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$= \frac{712.826 \times 10^6}{0.8 \times 800 \times 950^2}$$

$$= 1.234 \text{ Mpa}$$

b. Menghitung rasio tulangan perlu

$$\rho_{perlu} = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 \times f'_c}} \right)$$

$$= \frac{0.85 \times 35}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.062}{0.85 \times 35}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.00315 \\
 \rho_{\text{mak}} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= 0.75 \times 0.85 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600 + 400}
 \end{aligned}$$

$$= 0.0284$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}} \\
 0.0035 &\leq 0.00315 \leq 0.0284
 \end{aligned}$$

c. Menghitung luas tulangan perlu (A_s perlu)

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0035 \times 800 \times 950 \\
 &= 2660.00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

direncanakan dengan tulangan diameter (D)

$$\begin{aligned}
 D \ 25 \rightarrow A_{s1} &= \frac{1}{4} p \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \\
 &= 490.86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

jumlah tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 n &= A_s / A_{s1} \\
 &= \frac{2660}{490.86} = 5.42 \text{ dipilih } 7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{saktual}} &= A_{s1} \times n \\
 &= 490.86 \times 7 \\
 &= 3436.016 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{aktual}} &= \frac{A_{\text{saktual}}}{b \times d} \\
 &= \frac{3436.016}{800 \times 950} \\
 &= 0.0045
 \end{aligned}$$

>> ρ_{min} oke << ρ_{mak} oke

d. Kontrol momen tersedia (M_t)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_{s\text{aktual}} \times f_y}{0.85 f'_c \times b} \\
 &= \frac{3436.02 \times 400}{0.85 \times 35 \times 800} \\
 &= 57.748 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_{s\text{aktual}} \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 3436.02 \times 400 \left(950 - \frac{57.748}{2} \right) \\
 &= 1266001220 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\
 &= 1266 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0.8 \times 1266.00 \\
 &= 1012.8 \text{ KNm} > 613.615 \text{ (Mu)} \dots \text{ oke}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan tulangan pokok tumpuan

Data – data :

- MU = 169.47 tm x 10 = 1694.747KNm
 - h = 1000 mm
 - b = 800 mm
 - f'_c = 35 Mpa
 - f_y = 400 Mpa
 - ϕ = 0.8
 - β_1 = 0.85
 - D_{tulangan} = 25 mm
 - Selimut beton = 50 mm
 - d efektif = h - selimut beton
- $$\begin{aligned}
 &= 1000 - 50 \\
 &= 950 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

a. Menghitung koefisien tahanan (K)

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{1627.681 \times 10^6}{0.8 \times 800 \times 950^2} \\
 &= 2.934 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

b. Menghitung rasio tulangan perlu

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 \times f'_c}} \right)$$

$$= \frac{0.85 \times 35}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.934}{0.85 \times 35}} \right)$$

$$= 0.00774$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0.75 \times 0.85 \times \frac{0.85 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0.0284$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}}$$

$$0.0035 \leq 0.00774 \leq 0.0284$$

c. Menghitung luas tulangan perlu ($A_{s \text{ perlu}}$)

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0.00774 \times 800 \times 950$$

$$= 5880.73 \text{ mm}^2$$

direncanakan dengan tulangan diameter (D)

$$D 25 \rightarrow A_{s1} = \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2$$

$$= 490.86 \text{ mm}^2$$

jumlah tulangan yang diperlukan :

$$n = A_s / A_{s1}$$

$$= \frac{5880.73}{490.86} = 11.98 \text{ dipilih } 12 \text{ batang}$$

$$A_{s \text{ aktual}} = A_{s1} \times n$$

$$= 490.86 \times 12$$

$$\begin{aligned}
 &= 5890.313 \text{ mm}^2 \\
 \rho_{\text{aktual}} &= \frac{A_{\text{Saktual}}}{b \times d} \\
 &= \frac{5890.313}{800 \times 950} \\
 &= 0.0078
 \end{aligned}$$

>> ρ_{min} oke

<< ρ_{mak} oke

d. Kontrol momen tersedia (Mt)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_{\text{Saktual}} \times f_y}{0.85 f'_c \times b} \\
 &= \frac{5890.31 \times 400}{0.85 \times 35 \times 800} \\
 &= 98.997 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_{\text{Saktual}} \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 5890.3 \times 400 \left(950 - \frac{98.997}{2} \right) \\
 &= 2121694275 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\
 &= 2121.69 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0.8 \times 2121.69 \\
 &= 1697.36 \text{ KNm} > 1694.747 \text{ (Mu)} \dots \text{ oke}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Tulangan Geser

a. menghitung gaya geser berdasarkan beban yang bekerja

$$V_u = 1419.048 \text{ kN}$$

b. menghitung kekuatan/kemampuan beton untuk menahan gaya geser tanpa tulangan geser (V_c)

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 800 \times 950 \\
 &= 749370.1 \times 10^{-3} \\
 &= 749.37 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 749.37 \\
 &= 224.81 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena $224.81 \text{ kN} < V_u$, maka diperlukan sengkang

- c. Menghitung gaya geser yang di sumbangkan oleh tulangan geser / sengkang pada tempat dukungan balok (V_s).

$$\begin{aligned} V_{s \text{ perlu}} &= \frac{V_u}{\Phi} - V_c \\ &= \frac{1419.0}{0.6} - 749.37 \\ &= 1615.709 \text{ KN} \end{aligned}$$

- d. menghitung jarak sengkang dengan menggunakan tulangan D 13

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 132.67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_{\text{perlu}}} \\ &= \frac{(265.33 \times 400 \times 950) \times 10^{-3}}{1615.71} \\ &= 62.403 \text{ mm} = \text{digunakan jarak spasi } 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Tulangan Geser Lapangan

- a. menghitung gaya geser berdasarkan beban yang bekerja

$$V_u = 141.9048 \times 10 = 1419.048 \times 2/3 = 946.032 \text{ kN}$$

- b. menghitung kekuatan/kemampuan beton untuk menahan gaya geser tanpa tulangan geser (V_c)

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 1/6 \sqrt{35} \times 800 \times 950 \\ &= 749370.1 \times 10^{-3} \\ &= 749.37 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 749.37 \\ &= 224.81 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena $224.81 \text{ kN} < V_u$, maka diperlukan sengkang

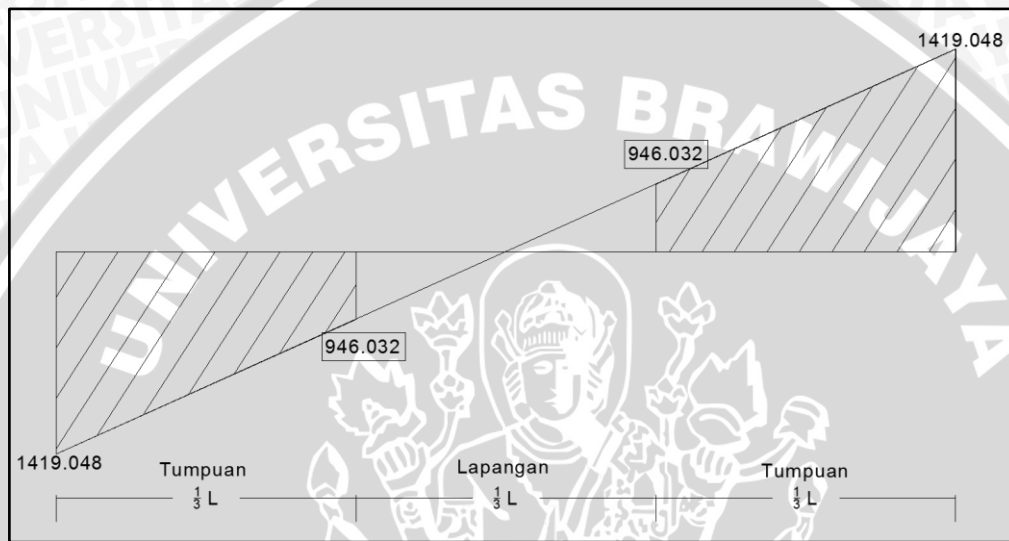
- c. Menghitung gaya geser yang di sumbangkan oleh tulangan geser / sengkang pada tempat dukungan balok (V_s).

$$\begin{aligned} V_{s \text{ perlu}} &= \frac{V_u}{\Phi} - V_c \\ &= \frac{946.0}{0.6} - 749.37 \\ &= 827.349 \text{ KN} \end{aligned}$$

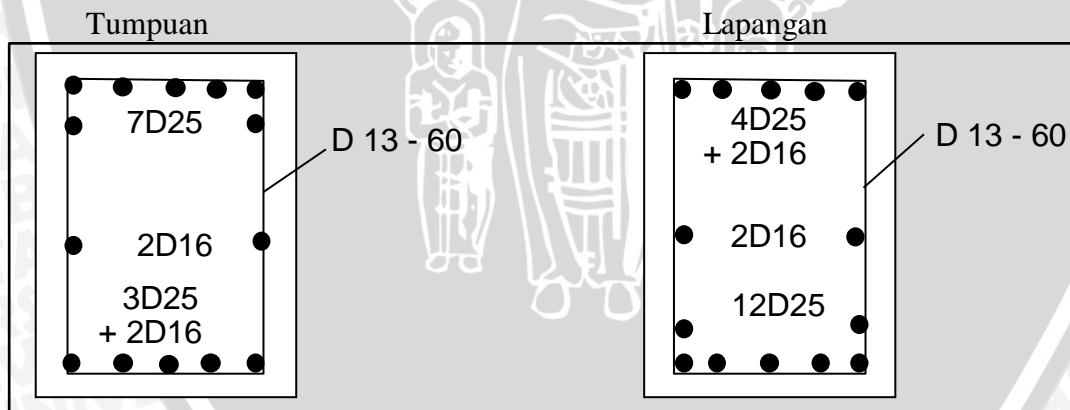
- d. menghitung jarak sengkang dengan menggunakan tulangan D 13

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= 132.67 \text{ mm}^2 \\
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_{\text{Sperlu}}} \\
 &= \frac{(265.33 \times 400 \times 950) \times 10^{-3}}{827.350} \\
 &= 121.87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

digunakan jarak spasi 120 mm



Gambar 4.33. Gaya Geser Pada Balok Crane



Gambar 4.34. Penulangan Balok Memanjang Crane

Tabel 4.20. Rekapitulasi Penulangan Balok

Tipe Balok	Momen	As	Asakt	ρ_{akt}	n	Mn	Mt	As bagi	jumlah n	D	
Balok Melintang	Lapangan	1252.766	4283.223	4908.594	0.0065	10	1784.276	1427.421	981.7188	3	25
	Tumpuan	1667.123	5779.416	5890.313	0.0078	12	2121.694	1697.355	1178.063	4	25
Balok Memanjang	Lapangan	548.742	2660.000	3436.016	0.0045	7	1266.001	1012.801	687.2031	3	25
	Tumpuan	1448.484	4984.522	5399.453	0.0071	11	1953.795	1563.036	1079.891	4	25
Balok Crane	Lapangan	712.826	2660.000	3436.016	0.0045	7	1266.001	1012.801	687.2031	3	25
	Tumpuan	1694.747	5880.733	5890.313	0.0078	12	2121.694	1697.355	1178.063	4	25

Sumber : Perhitungan, 2015

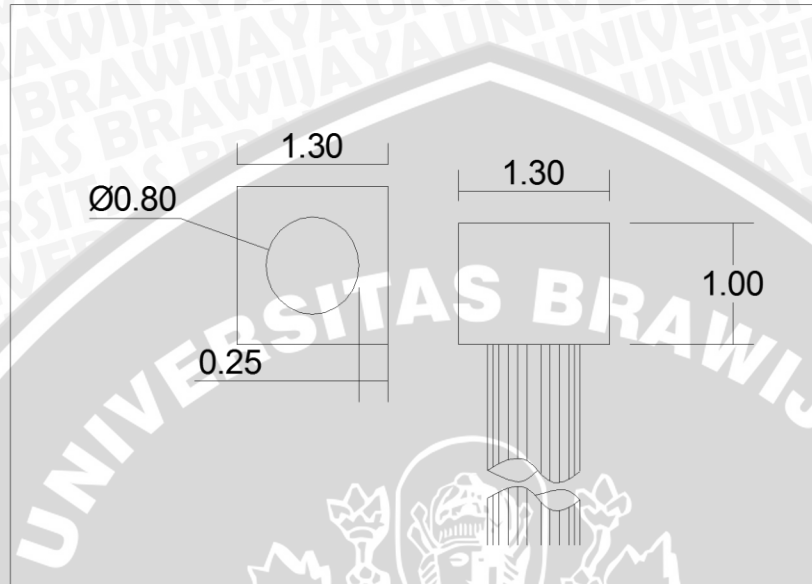


4.6. Perencanaan kepala Tiang

Kepala tiang pada perencanaan dermaga ini terdiri atas 2 jenis, yaitu :

- Kepala Tiang Pancang

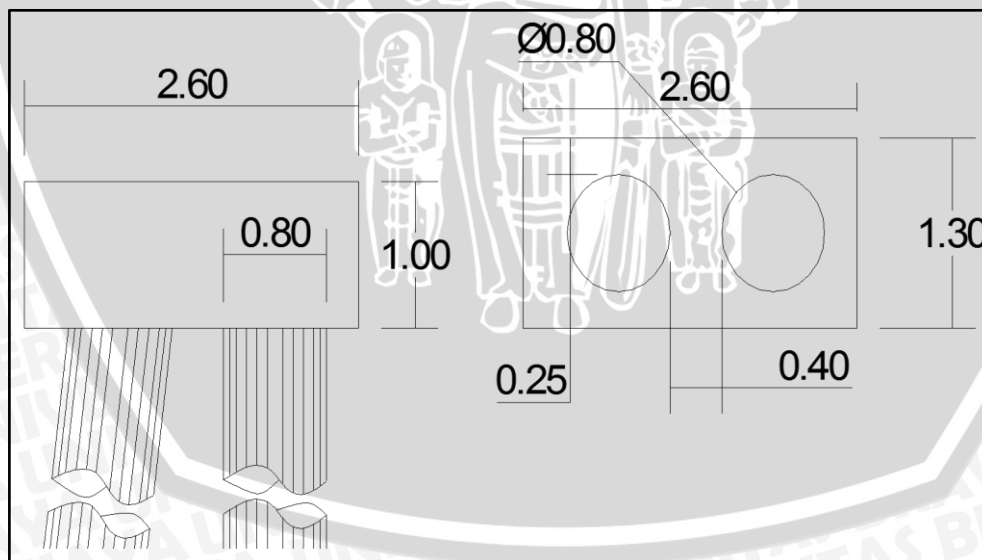
Dengan ukuran : panjang x lebar x tinggi = 130 cm x 130 cm 100 cm



Gambar 4.35. Kepala Tiang Tunggal

- Kepala Tiang Pancang ganda

Dengan ukuran : panjang x lebar x tinggi = 260cm x 130 cm x 100 cm



Gambar 4.36. Kepala Tiang Ganda

Momen maksimum diperoleh dari momen maksimum portal memanjang dan melintang untuk arah X dan Y tulangan pada kepala tiang.

1. Perhitungan kepala tiang tunggal

Perhitungan tulangan arah X

Data - data :

$$MU = 1448.484 \text{ KNm}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$b = 1300 \text{ mm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0.8$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$D_{\text{tulangan}} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$d \text{ efektif} = h - \text{selimut beton}$$

$$= 1000 - 50$$

$$= 950 \text{ mm}$$

a. Menghitung koefisien tahanan (K)

$$\begin{aligned} K &= Mu / \phi \times b \times d^2 \\ &= \frac{1448.484 \times 10^6}{0.8 \times 1300 \times 950^2} \\ &= 1.543 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b. Menghitung rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 35}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.543}{0.85 \times 35}} \right) \\ &= 0.00396 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{mak}} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0.75 \times 0.85 \times \frac{0.85 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0.0284\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}}$$

$$0.0035 \leq 0.00396 \leq 0.0284$$

c. Menghitung luas tulangan perlu (A_s perlu)

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0040 \times 1300 \times 950 \\ &= 4895.19 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

direncanakan dengan tulangan diameter (D)

$$\begin{aligned}D 25 \rightarrow A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \\ &= 490.86 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

jumlah tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned}n &= A_s / A_{s1} \\ &= \frac{4895.19}{490.86} = 9.97 \text{ dipilih } 10 \text{ batang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{\text{Saktual}} &= A_{s1} \times n \\ &= 490.86 \times 10 \\ &= 4895.19 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{aktual}} &= \frac{A_{\text{Saktual}}}{b \times d} \\ &= \frac{4908.594}{1300 \times 950} \\ &= 0.0040\end{aligned}$$

>> ρ_{min} oke

<< ρ_{mak} oke

d. Kontrol momen tersedia (M_t)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_{S_{\text{aktual}}} \times f_y}{0.85 f'_c \times b} \\
 &= \frac{4908.6 \times 400}{0.85 \times 35 \times 1300} \\
 &= 50.768 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_{S_{\text{aktual}}} \times f_y (d - a/2) \\
 &= 4908.6 \times 400 (950 - 50.768 / 2) \\
 &= 1815426106 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\
 &= 1815.43 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0.8 \times 1815.43 \\
 &= 1452.340 \text{ KNm} > 1448.484 (M_u) \dots \text{oke}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan tulangan geser

a. menghitung gaya geser berdasarkan beban yang bekerja

$$V_u = 1185.292 \text{ kN}$$

b. menghitung kekuatan/kemampuan beton untuk menahan gaya geser tanpa tulangan geser (V_c)

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= 1/6 \sqrt{35} \times 1300 \times 950 \\
 &= 1217726.4 \times 10^{-3} \\
 &= 1217.7 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 1217.7264 \\
 &= 365.32 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena $365.32 < V_u$, maka diperlukan sengkang

c. Menghitung gaya geser yang di sumbangkan oleh tulangan geser / sengkang pada tempat dukungan balok (V_s).

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ perlu}} &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{1185.3}{0.6} - 1217.7 \\
 &= 757.760 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

d. menghitung jarak sengkang dengan menggunakan tulangan D 13

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 132.67 \text{ mm}^2 \\ S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_{\text{perlu}}} \\ &= \frac{(265.33 \times 400 \times 950) \times 10^{-3}}{757.760} \\ &= 133.06 \text{ mm} \end{aligned}$$

digunakan jarak spasi 130 mm

1. Perhitungan tulangan arah Y

Data - data :

$$MU = 1667.123 \text{ KNm}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$b = 1300 \text{ mm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0.8$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$D_{\text{tulangan}} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{efektif}} &= h - \text{selimut beton} \\ &= 1000 - 50 \\ &= 950 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Menghitung koefisien tahanan (K)

$$\begin{aligned} K &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{1667.123 \times 10^6}{0.8 \times 1300 \times 950^2} \\ &= 1.776 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b. Menghitung rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x k}{0.85 x f'_c}} \right) \\ &= \frac{0.85 x 35}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 1.776}{0.85 x 35}} \right)\end{aligned}$$

$$= 0.00458$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.75 x \rho_b$$

$$= 0.75 x \beta_1 x \frac{0.85 f'_c}{f_y} x \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0.75 x 0.85 x \frac{0.85 x 35}{400} x \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0.0284$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}} \\ 0.0035 &\leq 0.00458 \leq 0.0284\end{aligned}$$

c. Menghitung luas tulangan perlu ($A_{s \text{ perlu}}$)

$$\begin{aligned}A_s &= \rho x b x d \\ &= 0.0046 x 1300 x 950 \\ &= 5658.23 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

direncanakan dengan tulangan diameter (D)

$$\begin{aligned}D 25 \rightarrow A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi x d^2 \\ &= \frac{1}{4} x 3.14 x 25^2 \\ &= 490.86 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

jumlah tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned}n &= A_s / A_{s1} \\ &= \frac{5658.23}{490.86} = 11.53 \text{ dipilih } 12\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ aktual}} &= A_{s1} x n \\ &= 490.86 x 12 \\ &= 5890.313 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{aktual}} &= \frac{A_{\text{Saktual}}}{b \times d} \\ &= \frac{5890.313}{1300 \times 950} \\ &= 0.0048\end{aligned}$$

>> ρ_{min} oke

<< ρ_{mak}oke

d. Kontrol momen tersedia (Mt)

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_{\text{Saktual}} \times f_y}{0.85 f'_c \times b} \\ &= \frac{5890.31 \times 400}{0.85 \times 35 \times 1300} \\ &= 60.921 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= A_{\text{Saktual}} \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 5890.3 \times 400 \left(950 - \frac{60.921}{2} \right) \\ &= 2166549842 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\ &= 2166.55 \text{ KNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_t &= \phi \cdot M_n \\ &= 0.8 \times 2166.549 \\ &= 1733.24 \text{ KNm} > 1667.123 \text{ (Mu) .. oke}\end{aligned}$$

2. Perhitungan tulangan geser

- a. menghitung gaya geser berdasarkan beban yang bekerja

$$V_u = 1023.926 \text{ kN}$$

- b. menghitung kekuatan/kemampuan beton untuk menahan gaya geser tanpa tulangan geser (V_c)

$$\begin{aligned}V_c &= 1/6 \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 1/6 \sqrt{35} \times 1300 \times 950 \\ &= 1217726.4 \times 10^{-3} \\ &= 1217.7 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{1}{2} \phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 1217.7264 \\ &= 365.32 \text{ kN}\end{aligned}$$

Karena $365.32 < V_u$, maka diperlukan sengkang

- c. Menghitung gaya geser yang di sumbangkan oleh tulangan geser / sengkang pada tempat dukungan balok (V_s).

$$\begin{aligned} V_{s \text{ perlu}} &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{1212.5}{0.6} - 1217.7 \\ &= 803.103 \text{ KN} \end{aligned}$$

- d. menghitung jarak sengkang dengan menggunakan tulangan D 13

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 132.67 \text{ mm}^2 \\ S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_{\text{Sperlu}}} \\ &= \frac{(265.33 \times 400 \times 950) \times 10^{-3}}{903.104} \\ &= 125.54 \text{ mm} \end{aligned}$$

digunakan jarak spasi 125 mm

1. Perhitungan Kepala Tiang Ganda

Perhitungan tulangan arah X

Data - data :

$$\begin{aligned} M_U &= 1448.484 \text{ KNm} \\ h &= 1000 \text{ mm} \\ b &= 2600 \text{ mm} \\ f'_c &= 35 \text{ Mpa} \\ f_y &= 400 \text{ Mpa} \\ \phi &= 0.8 \\ \beta_1 &= 0.85 \\ D_{\text{tulangan}} &= 25 \text{ mm} \\ \text{Selimut beton} &= 50 \text{ mm} \\ d_{\text{efektif}} &= h - \text{selimut beton} \\ &= 1000 - 50 \\ &= 950 \text{ mm} \end{aligned}$$



a. Menghitung koefisien tahanan (K)

$$\begin{aligned} K &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{1448.484 \times 10^6}{0.8 \times 2600 \times 950^2} \\ &= 0.772 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b. Menghitung rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 35}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.772}{0.85 \times 35}} \right) \\ &= 0.00195 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\begin{aligned} &= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0.75 \times 0.85 \times \frac{0.85 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0.0284 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}} \\ 0.0035 &\leq 0.000195 \leq 0.0284 \end{aligned}$$

c. Menghitung luas tulangan perlu ($A_{s \text{ perlu}}$)

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0035 \times 2600 \times 950 \\ &= 8645.00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

direncanakan dengan tulangan diameter (D)

$$\begin{aligned} D \ 25 \rightarrow A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \\ &= 490.86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

jumlah tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} n &= A_s / A_{s1} \\ &= \frac{8645}{490.86} = 17.61 \text{ dipilih } 18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{aktual}} &= A_{s1} \times n \\ &= 490.86 \times 18 \\ &= 8835.469 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{aktual}} &= \frac{A_{s\text{aktual}}}{b \times d} \\ &= \frac{8835.469}{2600 \times 950} \\ &= 0.0036 \end{aligned}$$

>> ρ_{min} oke

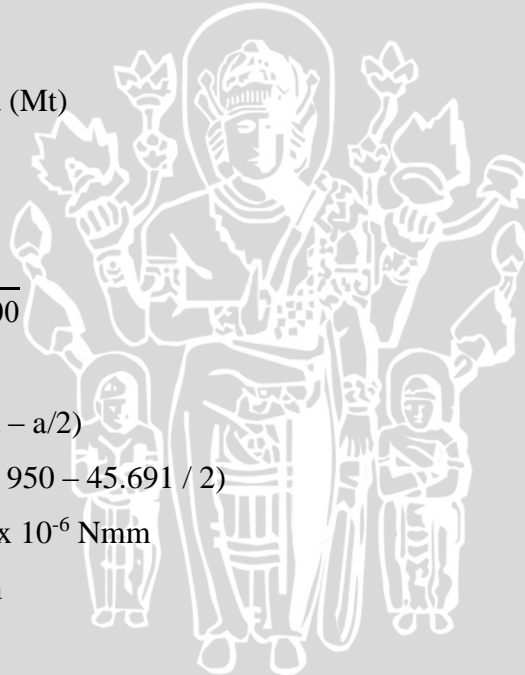
<< ρ_{mak} oke

d. Kontrol momen tersedia (Mt)

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_{s\text{aktual}} \times f_y}{0.85 f'_c \times b} \\ &= \frac{8835.47 \times 400}{0.85 \times 35 \times 2600} \\ &= 45.691 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s\text{aktual}} \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 8835.5 \times 400 \left(950 - \frac{45.691}{2} \right) \\ &= 32766738104 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\ &= 3276.74 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_t &= \phi \cdot M_n \\ &= 0.8 \times 3276.738 \\ &= 2621.39 \text{ KNm} > 446.208 \text{ (Mu) .. oke} \end{aligned}$$



2. Perhitungan tulangan geser

- a. menghitung gaya geser berdasarkan beban yang bekerja

$$V_u = 1185.292 \text{ kN}$$

- b. menghitung kekuatan/kemampuan beton untuk menahan gaya geser tanpa tulangan geser (V_c)

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 1/6 \sqrt{35} \times 2600 \times 950 \\ &= 2435452.8 \times 10^{-3} \\ &= 2435.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 2435.4528 \\ &= 487.091 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena $487.091 < V_u$, maka diperlukan sengkang

- c. Menghitung gaya geser yang di sumbangkan oleh tulangan geser / sengkang pada tempat dukungan balok (V_s).

$$\begin{aligned} V_{s \text{ perlu}} &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{1185.3}{0.6} - 487.091 \\ &= 2476.1394 \text{ KN} \end{aligned}$$

- d. menghitung jarak sengkang dengan menggunakan tulangan D 13

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 132.67 \text{ m}^2 \\ S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_{s \text{ perlu}}} \\ &= \frac{(265.33 \times 400 \times 950) \times 10^{-3}}{2476.139} \\ &= 40.719 \text{ mm} \end{aligned}$$

digunakan jarak spasi 40 mm

1. Perhitungan tulangan arah Y

Data - data :

$$M_U = 1667.123 \text{ KNm}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$b = 2600 \text{ mm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0.8$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$D_{\text{tulangan}} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{efektif}} &= h - \text{selimut beton} \\ &= 1000 - 50 \\ &= 950 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Menghitung koefisien tahanan (K)

$$\begin{aligned} K &= M_u / \phi \times b \times d^2 \\ &= \frac{1667.123 \times 10^6}{0.8 \times 2600 \times 950^2} \\ &= 0.888 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b. Menghitung rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0.85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 35}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.888}{0.85 \times 35}} \right) \\ &= 0.00225 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$= 0.75 \times \beta_1 \times \frac{0.85 f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0.75 \times 0.85 \times \frac{0.85 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0.0284$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{mak}}$$

$$0.0035 \leq 0.00225 \leq 0.0284$$

c. Menghitung luas tulangan perlu (A_s perlu)

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0035 \times 2600 \times 950$$

$$= 8645.00 \text{ mm}^2$$

direncanakan dengan tulangan diameter (D)

$$D \ 25 \rightarrow A_{s1} = \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2$$

$$= 490.86 \text{ mm}^2$$

jumlah tulangan yang diperlukan :

$$n = A_s / A_{s1}$$

$$= \frac{8645}{490.86} = 17.61 \text{ dipilih } 18$$

$$A_{s\text{aktual}} = A_{s1} \times n$$

$$= 490.86 \times 18$$

$$= 8835.469 \text{ mm}^2$$

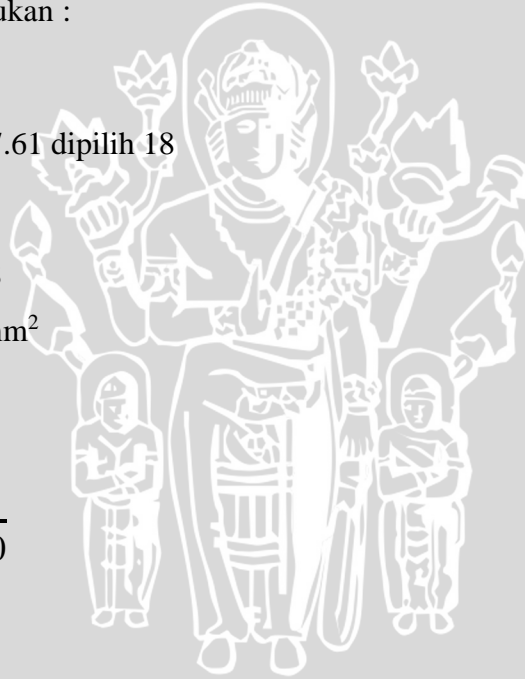
$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{A_{s\text{aktual}}}{b \times d}$$

$$= \frac{8835.469}{2600 \times 950}$$

$$= 0.0036$$

>> ρ_{\min} oke

<< ρ_{mak} oke



d. Kontrol momen tersedia (M_t)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_{S_{\text{saktual}}} \times f_y}{0.85 f'_c \times b} \\
 &= \frac{8835.47 \times 400}{0.85 \times 35 \times 2600} \\
 &= 45.691 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_{S_{\text{saktual}}} \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 8835.5 \times 400 \left(950 - \frac{45.691}{2} \right) \\
 &= 3276738104 \times 10^{-6} \text{ Nmm} \\
 &= 3276.74 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0.8 \times 3276.74 \\
 &= 2621.39 \text{ KNm} > 1667.123 \text{ (Mu)} \dots \text{ oke}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan tulangan geser

a. menghitung gaya geser berdasarkan beban yang bekerja

$$V_u = 1212.498 \text{ kN}$$

b. menghitung kekuatan/kemampuan beton untuk menahan gaya geser tanpa tulangan geser (V_c)

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 2600 \times 950 \\
 &= 2435452.8 \times 10^{-3} \\
 &= 2435.5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 2435.5 \\
 &= 487.091 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena $730.64 < V_u$, maka diperlukan sengkang

c. Menghitung gaya geser yang di sumbangkan oleh tulangan geser / sengkang pada tempat dukungan balok (V_s).

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ perlu}} &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{1212.498}{0.6} - 487.09 \\
 &= 2544.1544 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

menghitung jarak sengkang dengan menggunakan tulangan D 13

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 132.67 \text{ mm}^2 \\ S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_{\text{perlu}}} \\ &= \frac{(265.33 \times 400 \times 950) \times 10^{-3}}{2544.154} \\ &= 39.63 \text{ mm} \end{aligned}$$

digunakan jarak spasi 40 mm

4.7. Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

4.7.1. Perhitungan Gaya Vertikal dan Horisontal yang Bekerja Pada Tiang

Dari hasil perhitungan SAP2000 diperoleh gaya aksial maksimum tiang pancang pada dermaga. Untuk lebih jelasnya lihat tabel 4.21 di bawah ini :

Tabel 4.21. Gaya Aksial Maksimum Pada Tiang Pancang (SAP2000)

TABLE: Element Forces - Frames				
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P
Text	m	Text	Text	Tonf
24	0	MD + ML	Combination	-390.5017
24	8.5	MD + ML	Combination	-390.5017
24	17	MD + ML	Combination	-390.5017
24	0	MD + ML + EQ	Combination	-291.3027
24	8.5	MD + ML + EQ	Combination	-291.3027
24	17	MD + ML + EQ	Combination	-291.3027
24	0	DL + LL + F + B	Combination	-390.5553
24	8.5	DL + LL + F + B	Combination	-390.5553
24	17	DL + LL + F + B	Combination	-390.5553
24	0	DL + LL + F + B + EQ	Combination	-390.2512
24	8.5	DL + LL + F + B + EQ	Combination	-390.2512
24	17	DL + LL + F + B + EQ	Combination	-390.2512
24	0	DL + LL + GELOMBANG	Combination	-313.4556
24	8.5	DL + LL + GELOMBANG	Combination	-313.4556
24	17	DL + LL + GELOMBANG	Combination	-313.4556

Sumber : Perhitungan, 2015

4.7.2. Analisis Terhadap Kekuatan Bahan Tiang

Analisis daya dukung tiang dapat dianalisis dari berbagai cara. Kemampuan tiang dapat dianalisis dengan mempertimbangkan kekuatan bahan tiang. Untuk mengetahui kekuatan yang diijinkan pada tiang maka perlu mengetahui tegangan tekan pada bahan tiang dan luas penampang tiang. Adapun perhitungan kekuatan bahan tiang sebagai berikut (sesuai spesifikasi yang dikeluarkan oleh waskita beton *precast*):

Dipakai tiang pancang pondasi dengan kriteria untuk dermaga :

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (m)	Bending Moment		Allowable Axial Load (ton)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)	
800	120	A1	2,564	641	6 - 24	40,00	60,00	412,00
		A2				45,00	67,50	408,20
		A3				49,00	73,50	400,70
		B				55,00	99,00	385,20
		C				65,00	117,00	373,10

Gambar 4.37. Spesifikasi Tiang Pancang
(sumber: brosur beton *precast* PT waskita beton *precast*)

Syarat, $P_{max} < P_{tiang}$. Dalam perhitungan didapat p yang paling maksimal ada pada *frame* 24 yakni 390.5553 ton. Oleh karena tiang sudah memenuhi angka aman, maka $390.5553 < 412.00$ OK

4.7.3. Perhitungan Kapasitas Dukung Tanah Terhadap Tiang Tunggal

Karena digunakan point bearing pile maka daya dukung friksi sangat kecil (Q_s).

Jadi $Q_u = Q_p$

Kapasitas ultimit tiang dapat dihitung secara empiris dari nilai N hasil uji SPT.

Digunakan rumus Meyerhof (1956) sebagai berikut:

Daya dukung *ultimit* tanah (Q_u)

$$Q_u = 4 N_b A_b + 1/50 N A_s$$

dengan:

N_b = Nilai N dari uji SPT pada tanah di sekitar dasar tiang

N = Nilai N rata-rata uji SPT di sepanjang tiang

A_s = Luas selimut tiang (m²)

A_b = Luas dasar tiang (m²)

maka:

$$\begin{aligned} Q_u &= (4 \times 80 \times 5.024) + (1/50 \times 37.67 \times 2.512) \\ &= 1609.4047 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan faktor aman $F = 3$, diperoleh kapasitas dukung ijin tiang:

$$Q_u = 1609.4047/3$$

$$= 536.468 \text{ ton}$$

Oleh karena $Q_{\text{Utana}} > Q_{\text{Ptiang}}$, yaitu $536.468 \text{ ton} > 412.00 \text{ ton}$ maka AMAN.

4.7.4. Gaya Tarik (*Pull Out Force*)

Gaya tarik (*Pull Out Force*) didapat dari penjumlahan antara gaya geser dinding tiang dengan berat tiang. Perhitungan gaya geser dinding tiang adalah sebagai berikut:

$$Q_s = U \cdot l_i \cdot f_i$$

dengan:

$$U = \text{keliling tiang (m)}$$

f_i = intensitas gaya geser dinding tiang. Digunakan $N/5$ dengan N adalah harga rata-rata N sepanjang tiang.

$$l_i = \text{ketebalan lapisan tanah (m)}$$

maka:

$$f_i = N/5$$

$$= 37.67/5$$

$$= 7.53$$

$$U = 2\pi r$$

$$= 2 \times 3,14 \times 0,4$$

$$= 2.512 \text{ m}$$

$$l_i = 9.28 \text{ m}$$

$$Q_s = 2.512 \times 9.28 \times 7.53$$

$$= 175.534 \text{ ton}$$

Kapasitas tarik ijin tiang dengan mengambil faktor aman $F=3$:

$$Q_t = (Q_s + W_p)/3$$

$$= (175.534 + 11.84)/3$$

$$= 62.458 \text{ ton} < 67.50 \text{ ton (} Q_u \text{ ultimate pile)}$$

4.7.5. Perhitungan Defleksi Tiang

Perhitungan defleksi tiang diberikan dalam Metode Broms. Metode Broms dapat digunakan untuk menghitung defleksi tiang lateral yang berada pada lapisan tanah homogen dan murni berupa tanah kohesif atau granuler. Dalam studi diketahui pada lokasi bahwa lapisan tanah adalah lapisan tanah granuler.

$$E_p = \text{modulus elastisitas beton tiang} = 2.531 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 253100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 2531000 \text{ kN/m}^2$$

$$\Phi = \text{diameter tiang pancang beton} = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$$

$$I_p = \frac{s^4}{12} = \frac{0,8^4}{12} = 0,0341 \text{ m}^4$$

$$E_p I_p = 2531000 \times 0.0341 = 86307.1 \text{ kNm}^2$$

$$L = Z_f + \text{kedalaman dasar laut} = 6.2 + 11.5 = 17.70 \text{ m}$$

$$n_h = 11779 \text{ (Setiawan, 2014 : 100).}$$

- Penentuan jenis pondasi tiang

$$\frac{L}{T} < 4 = \text{short pile}$$

$$\frac{L}{T} > 4 = \text{long pile}$$

$$\frac{L}{T} = \frac{17.70}{3.44} = 5.14 > 4 = \text{long pile}$$

$$H = 0,004 \text{ ton} = 0,04 \text{ kN}$$

$$y_o = \frac{0,93H}{(n_h)^{3/5} (E_p I_p)^{2/5}} = \frac{0,93 \times 0,04}{(11779)^{3/5} (86307.1)^{2/5}} = 0.000001423 \text{ m} = 0.001423 \text{ mm}$$

- Kontrol Tekuk

$$\text{Fixed headed pile : } H_u = 2 \text{ Mu} / (e + Z_f) , \text{ untuk single pile}$$

$$\text{Mu} = 60 \text{ tm (Waskita Pile classification)}$$

$$\text{Dimana : } e = \text{panjang tiang pondasi diatas seabed}$$

$$Z_f = 6.2 \text{ m}$$

$$\text{Gaya horisontal } H = 0.909 \text{ ton}$$

$$H_u = 60 / 17.7 = 6.78$$

$$H_u = 6.78 : 2 \text{ (SF)} = 3.38 > H = 0.909 \dots \text{ok!}$$

4.7.6. Untuk tiang miring

- Daya dukung tiang miring = $Q_u \times \sin \alpha$
= 536.468×0.985
= 528.420 ton .. aman
- Daya dukung tarik = $Q_t \times \sin \alpha$
= 62.458×0.985
= 61.521 ton .. aman
- Daya dukung lateral = $H_u \times \sin \alpha$
= 3.38×0.985
= 3.33 ton .. aman

