

## BAB 4

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Perencanaan Plat Lantai

##### 1. Pembebanan

###### a. Beban mati

- Plat beton :  $0,2 \times 15 \times 2400$  : 7.200 kg/m
  - Aspal :  $0,1 \times 15 \times 2200$  : 3.300 kg/m
  - Kerb :  $0,2 \times 0,4 \times 2400$  : 192 kg/m
- : 10692 kg/m

###### b. Beban Hidup

- B. roda kendaraan (T) : 1000 kg
- B. Garis (P) : 12000 kg
- B. Merata (q) untuk  $L > 60$

$$Q : \{1,1 (1 + (30/L))\} + t/m$$

$$L : 225 \text{ m}$$

$$\text{jadi } q = \{ 1,1 (1+(30/225))\}$$

$$q = 1,246 \text{ t/m}$$

$$q = 1246 \text{ kg/m}$$

##### 2. Koefisien kejut

$$K = 1 + (20/(50+L))$$

$$= 1 + (20/(50+225)) = 5,501$$

$$\text{Maka tebal garis P} = P \times K$$

$$= 12000 \times 5,501 = 66.012$$

##### 3. Lantai kendaraan

$$\text{B. Merata} : \frac{q}{2,75} \times L$$

$$: \frac{1246}{2,75} \times 15 = 6796,363 \text{ kg/m}$$

$$B. \text{Garis} : \frac{p}{2,75} \times L$$

$$: \frac{12000}{2,75} \times 15 = 65454,545 \text{ kg}$$

Tulangan plat lantai bagian dalam di tinjau per 1 meter, dengan T. slab 20 cm.

a. Pembebanan pada plat lantai akibat beban mati berat.

- Aspal :  $0,1 \times 2200 : 220 \text{ kg/m}$
- Berat Lantai Kendaraan :  $0,2 \times 2400 : 480 \text{ kg/m}$
- Berat air Hujan :  $0,05 \times 1000 : 50 \text{ kg/m}$

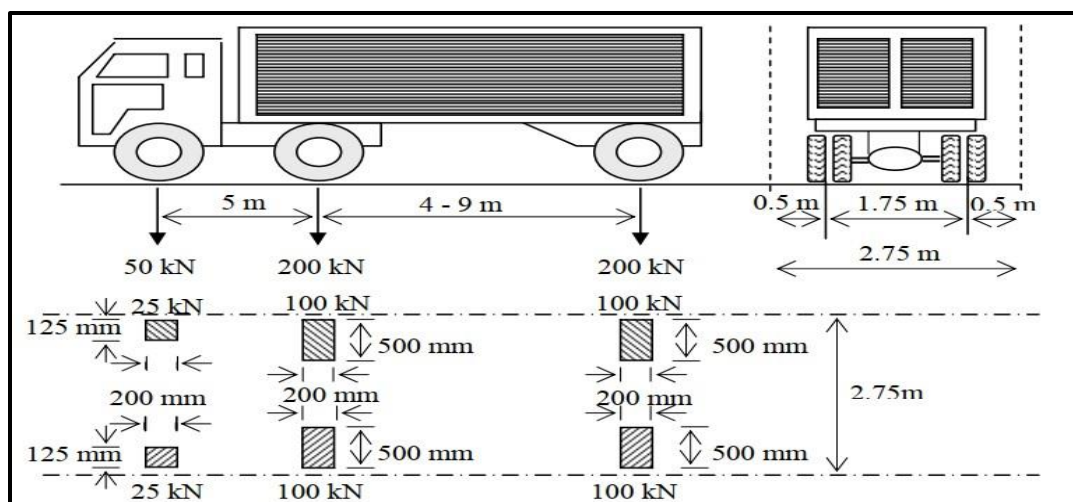
$$D : 750 \text{ kg/m}$$

Besar momen Lentur plat 2 arah ( $L_x$ ) dan ( $L_y$ ) yang bekerja akibat beban mati :

$$M_{xm} = \frac{1}{10} q l^2 = = \frac{1}{10} \times 750 \times 1^2 = 75 \text{ kg/m}$$

$$M_{ym} = = \frac{1}{3} M_{xm} = \frac{1}{3} 75 = 25 \text{ kg/m}$$

b. Akibat beban hidup dengan factor reduksi 70% berdasarkan PU :

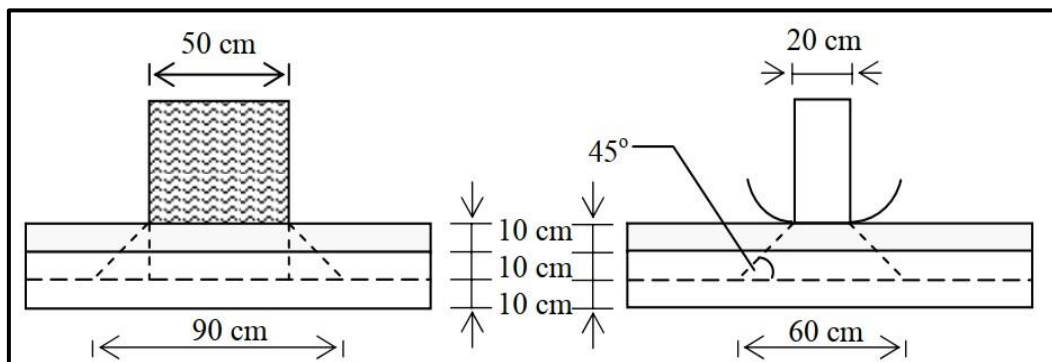


Gambar 4.1 beban jalur truk 500 kN  
(Sumber : RSNI T-02-2005 standart pembebanan)

Beban muatan T : 10 ton → 10.000 kg  
 Beban roda 70% : 0,7 x T : 0,7 x 10000 : 7000 kg  
 Bidang kotak (A) : Tx : 50 + 2 (10+10) = 90 cm → 0,9 m  
 Ty : 20 + 2 (10+10) = 60 cm → 0,6 m

Penyebaran B.roda T :  $\frac{(PxK)}{A}$   

$$: \frac{(7000 \times 5,501)}{0,9 \times 0,6} : 71309,2593 \text{ kg/m}$$

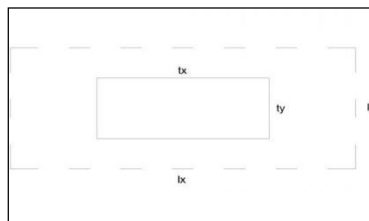


Gambar 4.2 penyebaran muatan T pada plat lantai  
 (Sumber : RSNi T-02-2005 standart pembebanan)

Besar momen arah X dan Y dengan ketentuan table bitner yaitu :

Lx : 1,85 ; Ly : - (lantai tidak menumpu pada diafragma)

Momen Lentur pada saat 1 roda berada di tengah



Gambar 4.3 Dimensi roda T  
 (Sumber : RSNi T-02-2005 standart pembebanan)

Tx : 90 cm Lx: 185 cm

Ty : 60 cm Ly : -

a.  $\frac{Tx}{Lx} : \frac{90}{185} : 0,486$

b.  $\frac{Ty}{Lx} : \frac{60}{185} : 0,324$

Digunakan data table *Bitner* ( DR. Ernst Bittner) didapatkan nilai :

Fxm : 0,1477

Fym : 0,0927

Jadi momen pada saat 1 roda berada di tengah plat :

Mxm :  $0,1477 \times 71309,2593 \times 0,6 \times 0,9 : 5687,48 \quad \text{kg/m}$

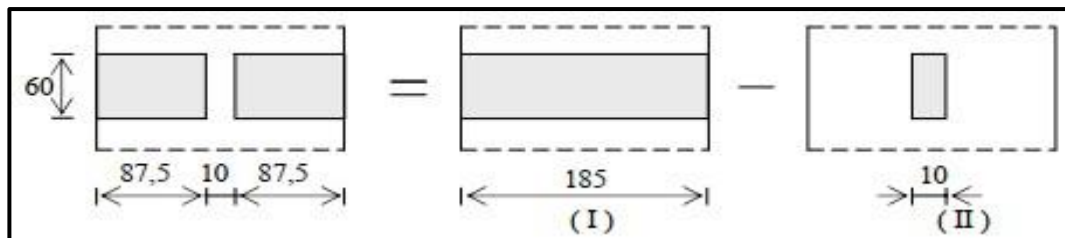
Mym :  $0,0927 \times 71309,2593 \times 0,6 \times 0,9 : 3569,59 \quad \text{kg/m}$

Momen total beban hidup yang terbesar yaitu pada saat 1 roda di tengah plat :

( B. Mati + Muatan T )

Arah Mxm :  $75 + 5687,48 : 5762,48 \text{ kg/m}$

Arah Mym :  $25 + 3569,59 : 3594,59 \text{ kg/m}$



Gambar 4.4 bidang kontak di hitung atas 2 bagian  
(Sumber : RSNi T-02-2005 standart pembebanan)

Momen lentur pada saat 2 roda pada daerah yang berdekatan dengan jarak antar As ke As minimum 1 m. luas bidang kotak dapat di hitung atas 2 bagian (I dan II) :

Bagian I

Bagian II

Tx : 185

Tx : 10

Lx : 185

Lx : 185

Ty : 60

Ty : 60

$$T_x/L_x : 185/185 : 1$$

$$T_x/L_x : 10/185 : 0,054$$

$$T_y/L_x : 60/185 : 0,324$$

$$T_y/L_x : 60/185 : 0,324$$

Digunakan data table *Bitner* ( DR. Ernst Bittner) didapatkan nilai :

Bagian I

Bagian II

$$F_{xm} : 0,0910$$

$$F_{xm} : 0,2539$$

$$F_{ym} : 0,0608$$

$$F_{ym} : 0,1161$$

Momen pada saat 2 roda di tengah plat lantai :

Bagian I

$$M_{xm} : 0,0910 \times 71309,2593 \times 0,6 \times 1,85 : 7202,9482 \text{ kg/m}$$

$$M_{ym} : 0,0608 \times 71309,2593 \times 0,6 \times 1,85 : 4812,5192 \text{ kg/m}$$

Bagian II

$$M_{xm} : 0,2539 \times 71309,2593 \times 0,6 \times 0,1 : 1086,3252 \text{ kg/m}$$

$$M_{ym} : 0,1161 \times 71309,2593 \times 0,6 \times 0,1 : 496,7403 \text{ kg/m}$$

Jadi momen akibat beban hidup pada saat 2 roda berdekatan antar As ke As dengan jarak minimum 1 m.

$$M_{xm} : \text{bagian I} - \text{Bagian II} : 7202,9482 - 1086,3252 : 6116,623 \text{ kg/m}$$

$$M_{ym} : \text{bagian I} - \text{Bagian II} : 4812,5192 - 496,7403 : 4315,7789 \text{ kg/m}$$

Momen total beban hidup yang terbesar yaitu pada saat 2 roda di tengah plat.

( B. mati + Muatan T )

$$M_{xm} : 75 + 6116,623 : 6191,623 \text{ kg/m}$$

$$M_{ym} : 25 + 4315,7789 : 4340,7789 \text{ kg/m}$$

### Perhitungan batang tulangan

#### Arah Melintang (tx)

$$P_{\min} : 1,4/f_y : 1,4/410 : 0,00341463$$

$$\begin{aligned} p_{\max} &= 0,75 \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,75 \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{410} \times \frac{600}{600 + 410} \\ &= 0,023554 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lapangan}} &: (M_{xm} \text{ Mati} + M_{xm} \text{ Hidup terbesar}) \\ &: 75 + 7202,9482 \\ &: 7277,9482 \text{ kg/m} \rightarrow 72,779482 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Dik} : h = 200$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$b = 100$$

$$R_n : \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{7277,9482 \times 10^6}{0,8 \times 100 \times 170^2} = 0,00031479$$

$$\omega : 0,85 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times R_n}{f_c'}} \right)$$

$$: 0,85 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times 0,00031479}{30}} \right) = 0,0084922$$

$$P : \omega \frac{f'c}{f_y} = 0,0084922 \times \frac{30}{410} = 0,00062138 < p \text{ min} : 0,00341463$$

$$\text{As} : p \times b \times d$$

$$: 0,00341463 \times 100 \times 170 = 58,04871 \text{ mm}^2 = 5,804871 \text{ cm}^2$$

Maka direncanakan tulangan yang di pakai yaitu D10–100(7,13 cm<sup>2</sup> > 5,804871 cm<sup>2</sup>)

$$M \text{ tumpuan} : 1/3 \times M.lap$$

$$: 1/3 \times 72,779482 = 242,5982 \text{ kg/m} \rightarrow 2,4259 \text{ KN/m}$$

$$\text{Dik} : h = 200$$

$$d = 170$$

$$b = 100$$

$$Rn : \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{2,4259 \times 10^6}{0,8 \times 100 \times 170^2} = 0,10492$$

$$\omega : 0,85 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times Rn}{f'c}} \right)$$

$$: 0,85 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times 0,10492}{30}} \right) = 0,00699484$$

$$P : \omega \frac{f'c}{f_y} = 0,00699484 \times \frac{30}{410} = 0,000511817 < p \text{ min} : 0,00341463$$

$$\text{As} : p \times b \times d$$

$$: 0,00341463 \times 100 \times 170 = 58,04871 \text{ mm}^2 = 5,804871 \text{ cm}^2$$

Maka direncanakan tulangan yang di pakai yaitu D10–100(7,13 cm<sup>2</sup> > 5,804871 cm<sup>2</sup>)

Arah Memanjang (ty)

M lapangan : Mym Mati + Mym Hidup

$$: 25 + 4812,5192$$

$$: 4837,5192 \text{ kg/m} \rightarrow 48,375192 \text{ KN/m}$$

Dik : h = 200

$$d = 170$$

$$b = 100$$

$$Rn : \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{48,375192 \times 10^6}{0,8 \times 100 \times 170^2} = 0,209235$$

$$\omega : 0,85 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times Rn}{f'c}} \right)$$

$$: 0,85 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times 0,209235}{30}} \right) = 0,01394934$$

$$P : \omega \frac{f'c}{fy} = 0,01394934 \times \frac{30}{410} = 0,00102068 < p \text{ min} : 0,00341463$$

As : p x b x d

$$: 0,00341463 \times 100 \times 170 = 58,04871 \text{ mm}^2 = 5,804871 \text{ cm}^2$$

Maka direncanakan tulangan yang di pakai yaitu D12–125 (9,05 cm<sup>2</sup> > 5,804871 cm<sup>2</sup>)

M Tumpuan : 1/3 . Mlap



$$: 1/3 \times 48,375192$$

$$: 161,25064 \text{ kg/m} \rightarrow 1,6125064 \text{ KN/m}$$

$$\text{Dik} : h = 200 \quad d = 170 \quad b = 100$$

$$R_n : \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{48,375192 \times 10^6}{0,8 \times 100 \times 170^2} = 0,209235$$

$$\omega : 0,85 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times R_n}{f_{c'}}} \right)$$

$$: 0,85 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times 0,209235}{30}} \right) = 0,01394934$$

$$P : \omega \frac{f_{c'}}{f_y} = 0,01394934 \times \frac{30}{410} = 0,00102068 < p_{\text{min}} : 0,00341463$$

$$\text{As} : p \times b \times d$$

$$: 0,00341463 \times 100 \times 170 = 58,04871 \text{ mm}^2 = 5,804871 \text{ cm}^2$$

Maka direncanakan tulangan yang di pakai yaitu D12–125 (9,05 cm<sup>2</sup> > 5,804871 cm<sup>2</sup>)

#### 4.2 Gaya Rem

$$\text{Htb} : 200 \rightarrow \text{untuk } L \leq 80 \text{ m}$$

$$\text{Htb} : 250 + 2,5 (L-80) \rightarrow \text{untuk } 80 \text{ m} \leq L \leq 180 \text{ m}$$

$$\text{Htb} : 500 \rightarrow \text{untuk } L > 180 \text{ m}$$

Diketahui : Panjang bentang L : 225 m, Gaya rem (Htb) : 500 KN, Jumlah gelagar (n) : 13 buah, Jarak gelagar (s) : 1 m.

$$\text{Jadi} : \frac{Htb}{n} = \frac{500}{13} = 38,46 \text{ KN}$$

Jumlah join pada gelagar : 60

Maka gaya rem yang bekerja :  $\frac{38,46}{60} = 0,641 \text{ KN}$

### 4.3 Perencanaan Trotoar

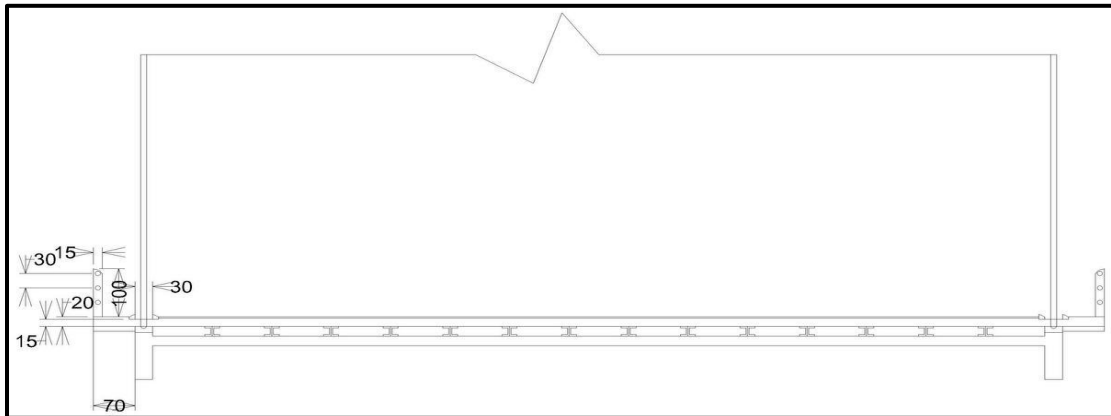
#### 1. Pembebanan plat lantai trotoar (T x L x M)

- Plat beton 20 cm :  $0,2 \times 0,7 \times 2400$  : 336 kg/m
  - Plat beton 15 cm :  $0,15 \times 0,3 \times 2400$  : 108 kg/m
  - Kerb :  $0,2 \times 0,3 \times 2400$  : 144 kg/m
  - Beban tambahan: 500 : 500 kg/m
- Q : 1088 kg/m

Mu Tumpuan:  $\frac{1}{2} \cdot ql^2$

:  $\frac{1}{2} \cdot 1088 \times 0,7^2$

: 266,56 kg/m



Gambar 4.5 potongan arah melintang trotoar  
(Sumber : RSNI T-02-2005 standart pembebanan)

#### Penulangan trotoar

$P \text{ min} : 1,4/f_y : 1,4/410 : 0,00341463$

$$\begin{aligned}
 p_{max} &= 0,75 \frac{0,85 \times f_{c'} \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= 0,75 \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{410} \times \frac{600}{600 + 410} \\
 &= 0,023554
 \end{aligned}$$

Tumpuan :

$$Mu : 266,56 \text{ kg/m} \rightarrow 2,6656 \text{ KN/m}$$

$$d : 170 \text{ mm}$$

$$b : 0,7 \text{ m} \rightarrow 700 \text{ mm}$$

$$\Theta : 0,8$$

$$Rn : \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{2,6656 \times 10^6}{0,8 \times 700 \times 170^2} = 0,164705$$

$$\omega : 0,85 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times Rn}{f_{c'}}} \right)$$

$$: 0,85 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times 0,164705}{30}} \right) = 0,0109806078$$

$$P : \omega \frac{f_{c'}}{f_y} = 0,01394934 \times \frac{30}{410} = 0,000803459 < p_{min} : 0,00341463$$

$$As : p \times b \times d$$

$$: 0,00341463 \times 100 \times 170 = 58,04871 \text{ mm}^2 = 5,804871 \text{ cm}^2$$

Maka direncanakan tulangan yang di pakai yaitu D10–120(5,94 cm<sup>2</sup> > 5,804871 cm<sup>2</sup>)

### Beban pejalan kaki

Luas bidang trotoar yang dibebani : m<sup>2</sup>

Beban hidup merata pada trotoar :

Q : 5 kpa → untuk  $A \leq 10 \text{ m}^2$

Q :  $5 - 0,033 \times (A - 10)$  → untuk  $10 \text{ m}^2 \leq A \leq 100 \text{ m}^2$

Q : 2 kpa → untuk  $A \geq 100 \text{ m}^2$

Diketahui :

Panjang bentang ( $\frac{1}{2}L$ ) : 112,5 m

Lebar trotoar (bt) : 1 m

Luas bidang trotoar :  $A = L \times bt$

$$: A = 112,5 \times 1 = 112,5 \text{ m}$$

Maka beban merata yang bekerja :

Q :  $2 - 0,033 \times (A - 100)$

:  $2 - 0,033 \times (112,5 - 100)$

: 24,5875 KN/m

#### **4.4 Perencanaan Gelagar *Kantilever***

##### 1. Pembebanan

- Plat beton 20 cm :  $0,2 \times 0,7 \times 2400$  : 336 kg/m
- Plat beton 15 cm :  $0,15 \times 0,3 \times 2400$  : 108 kg/m
- Kerb :  $0,2 \times 0,3 \times 2400$  : 144 kg/m
- Air hujan :  $0,05 \times 0,7 \times 1000$  : 84 kg/m
- Beban tambahan : 500 : 500 kg/m

- Tiang sandaran :  $(0,2 \times 1 \times 2400)/3,75$  : 128  
kg/m

• : 1300 kg/m

Momen :  $\frac{1}{2} \cdot ql^2$

:  $\frac{1}{2} \cdot 1300 \times 0,7^2$

: 318,5 kg/m

Momen berat sendiri

:  $\frac{1}{10} \cdot ql^2$  :  $\frac{1}{10} \times 1300 \times 0,7^2$  : 63,7 kg/m

Momen akibat beban D dengan P : 2 t, dan factor distribusi 1/1,65.

P :  $(\frac{1}{1,65}) \times (\frac{2}{2,75})$  : 0,440771 t  $\rightarrow$  440,771 kg/m

Mtot : M berat sendiri + M beban D + M  $\frac{1}{2} \cdot ql^2$   
 : 63,7 + 440,771 + 318,5 = 882,971 kg/m

Maka dipakai profil baja WF dengan ukuran

100 x 100 x 0,65 x 0,9

H = 6,4 cm      A = 21,9 cm<sup>2</sup>      iy = 2,47 cm

B = 10 cm      Ix = 383 cm<sup>4</sup>      BV = 23,8 kg/m

Tw = 0,6 cm      Iy = 134 cm<sup>4</sup>      Zx = 84 cm<sup>3</sup>

Tf = 0,8cm      ix = 4,18 cm      Zy = 41 cm<sup>3</sup>

## 2. Syarat balok penampang

$$\text{a. } \frac{h}{tw} < 75 \quad \rightarrow \quad \frac{6,4}{0,6} \leq 75 \quad = 10,67 < 75 \quad (\text{OK})$$

$$\text{b. } \frac{L}{h} > 1,25 \frac{b}{tf} \quad \rightarrow \quad \frac{375}{6,4} > 1,25 \frac{10}{0,8} = 58,59 > 15,625 \quad (\text{OK})$$

## 3. Kontrol stabilitas lipat sayap dan badan, menurut (SNI – 03 -1729 2002)

### a. Elemen sayap

$$\lambda \quad : \quad \frac{b}{2tf} : \frac{10}{2 \times 0,8} = 6,25 \quad \text{cm}$$

$$\lambda_p \quad : \quad \frac{170}{\sqrt{fy}} : \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,39 \quad \text{cm}$$

$\lambda$  (6,25 cm) <  $\lambda_p$  (8,39 cm) → maka penampang kompak (OK)

### b. Elemen badan

$$\lambda \quad : \quad \frac{h}{tw} : \frac{6,4}{0,6} = 10,67 \quad \text{cm}$$

$$\lambda_p \quad : \quad \frac{1680}{\sqrt{fy}} : \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,969 \quad \text{cm}$$

$\lambda$  (10,67 cm) <  $\lambda_p$  (82,969 cm) → maka penampang kompak (OK)

### c. Momen

$$\begin{aligned} M_n & : Z_x \cdot F_y \\ & : 84.10^3 \times 410 = 34440 \quad \text{KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n & : 0,9 \times M_n \\ & : 0,9 \times 34440 = 30996 \quad \text{KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u & : 882,971 \text{ kg/m} \rightarrow 8,82971 \text{ KN/m} + M \text{ beban merata } 24,5875 \\ & \text{KN/m} + M \text{ trotoar } 2,6656 \text{ KN/m} = 36,08281 \quad \text{KN/m} \end{aligned}$$

Jadi  $M_u$  (36,08281 KN/m) <  $\phi M_n$  (54,981 KN/m), maka profil dapat digunakan.

4. Kontrol terhadap geser dengan (SNI 03-1729-2002)

a. E : 200000

$$\lambda : \frac{h}{tw} : \frac{6,4}{0,6} = 10,67 \quad \text{cm}$$

$$Kn : 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \rightarrow a : h - 2 \cdot ix$$

$$: 5 + \frac{5}{\left(\frac{1,96}{6,4}\right)^2} : 6,4 - (2 \times 4,18) = 1,96 \text{ cm}$$

$$: 58,311 \quad \text{cm}$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{Kn \cdot E}{fy}}$$

$$\frac{6,4}{0,6} \leq 1,10 \sqrt{\frac{58,311 \times 200000}{410}}$$

$$10,67 \text{ cm} \leq 185,520 \text{ cm}$$

b. Vn : 0,6 x fy x Aw

$$Aw : (h - 2 \cdot tf) \cdot tw$$

$$: (6,4 - 2 \times 0,8) \times 0,6 = 2,88 \text{ cm}^2$$

$$Vn : 0,6 \times 4100 \times 2,88$$

$$: 7084,8$$

$$\phi Vn : 0,9 \times 7084,8$$

$$: 6376,32$$

Jadi, Vu ( 440,771 ) < φVn (6376,32) → maka profil baja yang di gunakan kuat terhadap geser (OK)

5. Kontrol lendutan

$$: \frac{L}{300} > \frac{5 \cdot ML^2}{48 \cdot EIx}$$

$$: \frac{70}{300} > \frac{5 \times 440,771 \times 0,7^2}{48 \times 2000 \times 383}$$

: 0,233 > 0,00000293703 → Maka profil bisa di gunakan (OK)

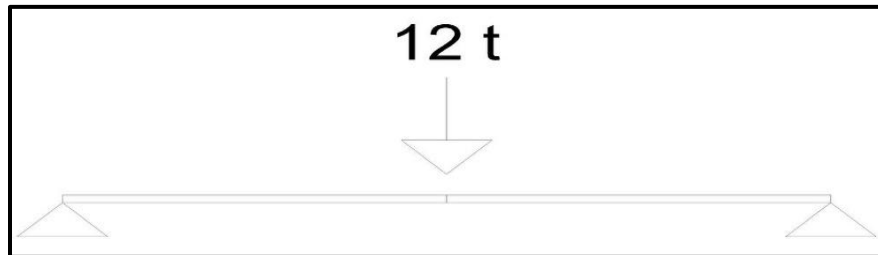
#### 4.5 Perencanaan Gelagar Memanjang

##### 1. Pembebanan

- Plat lantai : 0,2 x 1,36 x 2400 : 652,8 kg/m
  - Aspal : 0,1 x 1,36 x 2200 : 299,2 kg/m
  - Air hujan : 0,05 x 1,36 x 1000 : 68 kg/m
  - Berat gelagar : 200 : 200 kg/m
- Q : 1220 kg/m

Momen akibat berat sendiri

$$\frac{1}{10}ql^2 = \frac{1}{10} \times 1220 \times 3,75^2 = 1715,625 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.6 beban terpusat gelagar memanjang  
(Sumber : RSNi T-02-2005 standart pembebanan)

Momen beban terpusat pada gelagar memanjang

$$\frac{1}{4} \times 12 \times 3,75 = 11,25 \text{ t/m} \rightarrow 11250 \text{ kg/m}$$

2. Momen akibat beban hidup (D), dengan P = 12 t, q = 2,2 t dengan jarak gelagar memanjang 1 m factor distribusi 1/1,65. (PPPJJR)

- Akibat beban merata

$$Q : \left(\frac{1}{1,65}\right) \times \left(\frac{q}{2,75}\right) = \left(\frac{1}{1,65}\right) \times \left(\frac{2,2}{2,75}\right) = 0,484848 \text{ t/m} \rightarrow 484,848 \text{ kg/m}$$

- Akibat beban terpusat

$$P : \left(\frac{1}{1,65}\right) \times \left(\frac{p}{2,75}\right) = \left(\frac{1}{1,65}\right) \times \left(\frac{12}{2,75}\right) = 2,644628 \text{ t/m} \rightarrow 2644,628 \text{ kg/m}$$



- Momen akibat beban q dan p

$$\begin{aligned}M &: \frac{1}{4} pl + \frac{1}{8} ql^2 \\ &: \frac{1}{4} \times 2644,628 \times 3,75 + \frac{1}{8} \times 484,848 \times 3,75^2 \\ &: 2479,338 + 852,271 \\ M &: 3331,609 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Koefisien kejut

$$K : 1 + \frac{20}{50 + L} = 1 + \frac{20}{50 + 3,75} = 1,37$$

Momen 2 tumpuan akibat beban D.

$$\begin{aligned}M &: K \times M \\ &: 1,37 \times 3331,609 = 4564,3043 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Jadi momen akibat 2 tumpuan beban D dan M terpusat yaitu, D (4564,3043 kg/m < M terpusat (11250 kg/m). dikarenakan gelagar memanjang memiliki gelagar menerus dengan bentang yang sama maka M/80% :

$$\begin{aligned}M &: 80\% \times 11250 \text{ kg/m} \\ &: 9000 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Maka momen total gelagar memanjang yaitu :

$$\begin{aligned}Mu &: M \text{ berat sendiri} + M \text{ bentang menerus} \\ &: 1715,625 \text{ kg/m} + 9000 \text{ kg/m} \\ &: 10715,625 \text{ kg/m} \rightarrow 105.08 \text{ KN/m}\end{aligned}$$

### 3. Profil gelagar memanjang

Diasumsikan profil kompak dengan BJ = 55, fy = 410 Mpa dan fu = 550 Mpa.

$$Mn : \frac{Mu}{\phi} = \frac{10715,625 \text{ kg/m}}{0,9} = 11906,25 \text{ kg/m} \rightarrow 1190625 \text{ kg/cm}$$

$$Mn : Zx \cdot fy$$

$$1190625 : Zx \times 4100$$

$$Zx = 290,39634 \text{ cm}^3$$

Maka dicari profil yang memiliki Zx diatas 290,39634 cm<sup>3</sup> dengan fy = 410

Mpa, maka profil yang dipilih adalah : WF 250 x 125 x 6 x 9

WF 250 x 125 x 6 x 9

$$H = 25 \text{ cm} \quad A = 37,66 \text{ cm}^2 \quad iy = 2,79 \text{ cm}$$

$$b = 12,5 \text{ cm} \quad Ix = 4050 \text{ cm}^4 \quad BV = 29,58 \text{ kg/m}$$

$$tw = 0,6 \text{ cm} \quad Iy = 294 \text{ cm}^4 \quad Zx = 352 \text{ cm}^3$$

$$tf = 0,9 \text{ cm} \quad ix = 10,37 \text{ cm} \quad Zy = 72 \text{ cm}^3$$

Tegangan Tarik (T) :

$$T : \frac{Mu}{Zx} : \frac{1071562,5}{3520} = 304,4211 \text{ kg/cm}^2$$

1. Kontrol penampang WF

a. Balok penampang tidak berubah bentuk dengan syarat :

$$1. \frac{h}{tw} < 75$$

$$\frac{25}{0,6} < 75$$

$$41,66 < 75 \rightarrow \text{OK}$$

$$2. \frac{L}{h} > 1,25 \frac{b}{tf}$$

$$\frac{11250}{25} > 1,25 \frac{12,5}{0,9}$$

$$450 > 17,361 \rightarrow \text{OK}$$

b. Stabilitas terhadap sayap dan badan (SNI 03-1729-2002)

- Elemen sayap

$$\lambda : \frac{b}{2tf} : \frac{12,5}{2 \times 0,9} = 6,94 \text{ cm}$$

$$\lambda_p : \frac{170}{\sqrt{f_y}} : \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,395 \text{ cm}$$

$$\lambda (6,94 \text{ cm}) < \lambda_p (8,395 \text{ cm}) \rightarrow \text{maka penampang kompak (OK)}$$

- Elemen badan

$$\lambda : \frac{h}{tw} : \frac{25}{0,6} = 41,66 \text{ cm}$$

$$\lambda_p : \frac{1680}{\sqrt{f_y}} : \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,969 \text{ cm}$$

$$\lambda (41,66 \text{ cm}) < \lambda_p (82,969 \text{ cm}) \rightarrow \text{maka penampang kompak (OK)}$$

Momen

$$M_n : Z_x \cdot F_y$$

$$: 352 \cdot 10^3 \times 410 = 144,32 \text{ KN/m}$$

$$\phi M_n : 0,9 \times M_n$$

$$: 0,9 \times 144,32 = 129,888 \text{ KN/m}$$

$$M_u : 10715,625 \text{ kg/m} \rightarrow 105,08 \text{ KN/m}$$

Jadi  $M_u (105,08 \text{ KN/m}) \leq \phi M_n (129,888 \text{ KN/m})$  maka profil dapat digunakan.

2. Kontrol terhadap geser (SNI 03-1729-2002)

a.  $E : 200000$

$$\lambda : \frac{h}{tw} : \frac{25}{0,6} = 41,66 \text{ cm}$$

$$K_n : 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \rightarrow a : h - 2 \cdot ix$$

$$: 5 + \frac{5}{\left(\frac{4,26}{25}\right)^2} \quad : 25 - (2 \times 10,37) = 4,26 \text{ cm}$$

$$: 177,199 \text{ cm} \rightarrow 177,2 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{Kn.E}{fy}}$$

$$\frac{25}{0,6} \leq 1,10 \sqrt{\frac{177,2 \times 200000}{410}}$$

$$41,66 \text{ cm} \leq 323,405 \text{ cm}$$

b.  $V_n$  :  $0,6 \times f_y \times A_w$        $\rightarrow A_w$  :  $(h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w$   
:  $0,6 \times 4100 \times 13,92$       :  $(25 - (2 \times 0,9)) \times 0,6 = 13,92 \text{ cm}^2$   
: 3424,32  
 $\phi V_n$  :  $0,9 \times 3424,32$   
: 3081,888

Jadi,  $V_u$  (2644,628) <  $\phi V_n$  (3081,888)  $\rightarrow$  maka profil baja yang di gunakan kuat terhadap geser (OK)

### 3. Kontrol lendutan

$$: \frac{L}{300} > \frac{5 \cdot M L^2}{48 \cdot E I x}$$

$$: \frac{3,75}{300} > \frac{5 \times 10715,625 \times 3,75^2}{48 \times 2000 \times 4050}$$

$$: 0,233 > 0,0006752387$$

Maka profil bisa di gunakan (OK)

## 4.6 Kontrol Sambungan Balok

Asumsi dari kekangkangan lateral pada profil 700x300

Diketahui :

P : 12 ton  $\rightarrow$  120000 N

$$\begin{aligned}
\mu &: 10715,625 \text{ kg/m} \rightarrow 105,08 \text{ KN/m} \rightarrow 10508000000 \text{ N/mm} \\
L &: 7,5 \text{ m} \rightarrow 7500 \text{ mm} \\
L_1 &: 3,75 \text{ m} \rightarrow 3750 \text{ mm} \\
sL_2 &: 3,75 \text{ m} \rightarrow 3750 \text{ mm} \\
F_y &: 410 \text{ Mpa} \\
F_u &: 510 \text{ Mpa} \\
Q_u &: 0,66 \frac{n}{\text{mm}^2}
\end{aligned}$$

Reaksi tumpuan

$$\sum M_a = 0$$

$$-R_b L + P(L_1) = 0$$

$$-R_b 7500 + 120000 \cdot 3750 = 0$$

$$R_b = 60000 \text{ N}$$

$$R_b = R_a = 60000 \text{ N}$$

$$M_a = 0$$

$$M_b = 0$$

$$M_c = M_{\text{maks}} = R_a \times L_1$$

$$= 60000 \times 3750 = 225000000 \text{ Nmm}$$

$$D_{ac} = D_{\text{max}} = 60000 \text{ N}$$

$$M_u = M_{\text{Max}} = 120000 \text{ Nm} \rightarrow 120000000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = D_{\text{max}} = 60000 \text{ N}$$

$$F_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$F_u = 510 \text{ Mpa}$$

Kelangsingan sayap sambungan

$$\lambda : \frac{b}{2tf} = \frac{300}{2 \times 24} = 6,25$$

$$\lambda_p : 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 8,3927$$

$$\lambda_r : 1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,0 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 22,0863$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang dikatakan kompak

cek kelangsingan badan

$$\lambda : \frac{hw}{tw} = \frac{h-2(tf+r1)}{tw} = \frac{700-2(24+28)}{13} = 45,846$$

$$\lambda_p : 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 83,044$$

$$\lambda_r : 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,70 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 125,891$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

kontrol lentur sambungan

kuat lentur akibat pelelehan material

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$\begin{aligned} Z_x & : 2 \times (b \times t_f) \times \left(\frac{1}{2} \times h_t\right) + \left\{2 \times \left(\frac{h}{2} - t_f\right) \times t_w \times \left(\frac{h}{2} - t_f\right) / 2\right\} \\ & : 2 \times (300 \times 24) \times \left(\frac{1}{2} \times 676\right) + \left\{2 \times \left(\frac{700}{2} - 24\right) \times 13 \times \left(\frac{700}{2} - 24\right) / 2\right\} \\ & : 4867200 + 1381588 \end{aligned}$$

$$Z_x : 6248788$$

Maka :

$$M_n = M_p = Z_x \times f_y$$

$$M_n = 6248788 \times 410 = 2562003080 \text{ Nmm}$$

$$\Phi_b M_n = 0,9 \times 2562003080 = 2305802772 \text{ Nmm}$$

$$M_u \leq \Phi_b M_n$$

$$225000000 \text{ Nmm} \leq 2305802772 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Maka profil aman (OK)}$$

Kontrol kuat geser sambungan

$$V_n : 0,6 f_y A_w$$

$$A_w : h.t_w$$

$$: 700 \times 13 = 9100 \text{ mm}$$

$$V_n : 0,6.f_y.A_w$$

$$: 0,6 \times 410 \times 9100$$

$$: 2238600 \text{ N}$$

$$\Phi_v V_n : 0,9.v_n$$

$$: 0,9 \times 2238600 = 2014740 \text{ N}$$

Gaya geser Max yang terjadi pada tumpuan ( $V_u = D_{ac}$ ) = 60000 N,

Kontrol gaya lintang yang terjadi pada balok dengan kuat geser profil

$$V_u \leq \phi V_n = 60000 \text{ N} \leq 2014740 \text{ N} \rightarrow \text{Maka profil aman.}$$

Kontrol desain sambungan terhadap (sayap dan badan)

$$P : 12 \text{ ton} \rightarrow 120000 \text{ N}$$

$$Mu : 10715,625 \text{ kg/m} \rightarrow 105.08 \text{ KN/m}$$

$$L : 7,5 \text{ m} \rightarrow 750 \text{ mm}$$

$$L1 : 3,75 \text{ m} \rightarrow 375 \text{ mm}$$

$$sL2 : 3,75 \text{ m} \rightarrow 375 \text{ mm}$$

$$F_y : 410 \text{ Mpa}$$

$$F_u : 510 \text{ Mpa}$$

$$Q_u : 0,66 \frac{n}{mm^2}$$

Reaksi tumpuan

$$\sum Ma = 0$$

$$-R_b l + P(L1) + \frac{1}{2} q_u (L)^2 = 0$$

$$-R_b 750 + 120000.375 + \frac{1}{2} 0.66 \frac{n}{mm^2} (750)^2 = 0$$

$$-R_b 750 = 45000000 + 185625 \text{ Nmm}$$

$$R_b = 60247,5 \text{ N}$$

$$R_b = R_a = 60247,5 \text{ N}$$

Gaya dalam yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned} M_c &: R_a (L_1) - \frac{1}{2} q_u (L_1)^2 \\ &: 60247,5 (375) - \frac{1}{2} 0,66 (375)^2 \end{aligned}$$

$$M_c : 22546406,25 \text{ N}$$

Gaya lintang di sambung

$$D_c = R_a = 60247,5 \text{ N}$$

Maka gaya – gaya pada sambungan

$$M_u = M_c = 22546406,25 \text{ N}$$

$$V_u = D_c = 60247,5 \text{ N}$$

$$Q_e = 90 \text{ mm}$$

Pembagi beban momen

Asumsi momen terjadi pada sayap dan badan sebanding dengan inersia

$$\frac{M_{profil}}{I_{profil}} = \frac{M_{flens}}{I_{flens}} = \frac{M_{web}}{I_{web}}$$

$$\begin{aligned} I_{x \text{ eb}} &= \frac{1}{12} \times t_w \times (h - 2t_f)^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 12 \times (300 - (2 \times 24))^3 \\ &= 16003008 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u \text{ web}} &: \frac{I_{x \text{ badan}}}{I_{x \text{ profil}}} \times M_c \\ &: \frac{16003008}{201000000} \times 22546406,25 \\ &: 179507,6217 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{u \text{ flens}} : M_u - M_{u \text{ web}}$$



: 22546406,25 - 179507,6217

: 22366898,63 Nmm

Kontrol sambungan sayap

Direncanakan sambungan baut dengan menggunakan baut A-325

Dengan :

d : 16 mm

d<sub>1</sub> : 18 mm

f<sub>nv</sub> : 457 Mpa (baut)

f<sub>nt</sub> : 620 Mpa (baut)

n<sub>s</sub> : 1

f<sub>y</sub> : 410 Mpa

f<sub>pu</sub> : 550 Mpa

t<sub>pf</sub> : 24 mm

n<sub>f</sub> : di rencanakan 8 buah

l<sub>p</sub> : 220 mm

A<sub>b</sub> :  $\frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} 3,14 \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$

Syarat jarak baut

$1,5 \leq S_1 \leq (4t_p + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm

S<sub>1</sub> yang digunakan 30, 45 dan 60 mm (memenuhi persyaratan)

$3d \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

Maka :

S<sub>1</sub> :  $(1,5 \times d_b) - (3 \times d_b) : (1,5 \times 16) - (3 \times 16) = 24 \text{ mm} - 48 \text{ mm}$

S :  $(2,5 \times d_b) - (7 \times d_b) : (2,5 \times 16) - (7 \times 16) = 40 \text{ mm} - 112 \text{ mm}$

S yang di gunakan adalah nilai minimum sehingga digunakan S<sub>1</sub> = 48 mm dan jarak vertical baut, g = 90 mm dan 100 (memenuhi persyaratan)

Perhitungan jumlah baut

Kekuatan geser baut 1 irisan

$$R_n : N_s F_{nv} A_b : 1 \times 457 \times 200,96 = 91839 \text{ N}$$

$$\phi R_n : 0,75 \times R_n : 0,75 \times 91839 = 68879,04 \text{ N}$$

$$\text{Mu flens} : 22366898,63 \text{ Nmm}$$

Gaya Koppel akibat momen terhadap sayap

$$T_u : \frac{\text{Mu flens}}{(h+T_p f)} : \frac{22366898,63}{(700+24)} = 308935,064 \text{ N}$$

Jumlah baut yang di pakai

$$N : \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{308935,064}{68879,04} = 4,485 \leq 8 \text{ buah (maka dapat di gunakan)}$$

Jumlah baut yang digunakan pada flens (sayap) sebanyak 8 buah, maka distribusi beban yang di terima 1 baut yaitu :

$$\begin{aligned} R_u \text{ (1baut)} &: \frac{T_u}{n} \\ &: \frac{308935,064}{8} = 38616,883 \text{ N} \end{aligned}$$

#### 4.7 Perencanaan Gelagar Melintang

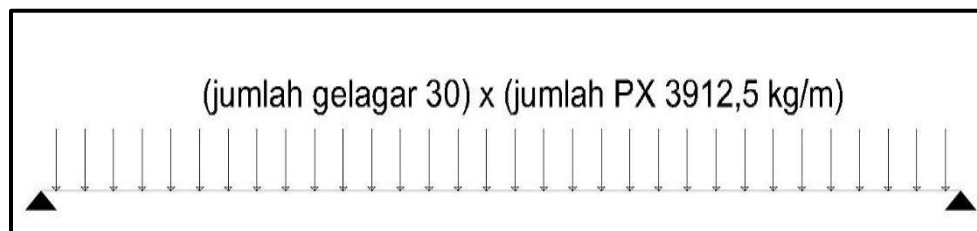
1. Data yang di gunakan :

Jarak antar gelagar melintang : 3,75 m

Panjang gelagar melintang: 15 m

$\Sigma P$  : 30 buah gelagar melintang dengan bentang 112,5 m.

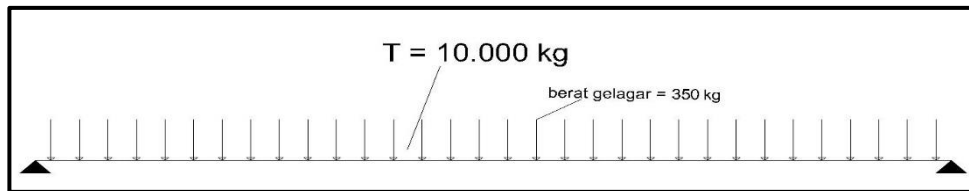
Berat gelagar melintang diperkirakan sebesar 350 kg/m



Gambar 4.7 potongan memanjang dan jumlah gelagar  
(Sumber : RSNI T-02-2005 standart pembebanan)

## 2. Pembebanan (T. Jarak. masa)

- Plat beton :  $0,2 \times 3,75 \times 1 \times 2400$  : 1800 kg/m
- Aspal :  $0,1 \times 3,75 \times 1 \times 2200$  : 825 kg/m
- Air hujan :  $0,05 \times 3,75 \times 1 \times 1000$  : 187,5 kg/m
- Berat gelagar memanjang :  $200 \times 3,75$  : 750 kg/m
- Berat gelagar melintang :  $350 \times 1$  : 350 kg/m
- Px : 3912,5 kg/m



Gambar 4.8 Muatan beban hidup T (10 ton) pada gelagar melintang  
(Sumber : RSNi T-02-2005 standart pembebanan)

$$R_a = R_b : \frac{Px \sum P}{2} = \frac{3912,5 \times 30}{2} = 58687,5 \quad \text{kg/m}$$

$$M_{\max} : (R_a \cdot \frac{1}{2} \cdot L) - (1/8 \cdot q \cdot L^2)$$

$$: (58687,5 \times \frac{1}{2} \times 15) - (1/8 \times 350 \times 15^2)$$

$$: 440156,25 - 9843,75$$

$$: 430312,5 \text{ kg/m}$$

## 3. Momen akibat beban T sebesar 10.000 kg

$$\sum M_b : 0$$

$$: R_a \cdot 15 - (q \cdot 15 \cdot (15/2)) - (10000 \cdot (15/2))$$

$$: R_a \cdot 15 - 5250 - 7500$$

$$-15R_a : -77250$$

$$R_a : \frac{77250}{15}$$

$$R_a : 5150 \text{ kg}$$

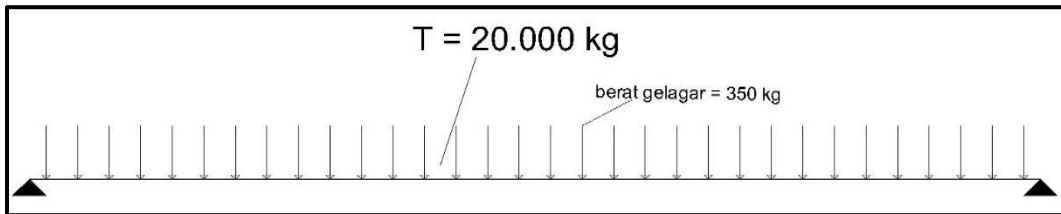
$$M_{\max} : (R_a \cdot \frac{1}{2} \cdot L) - (1/8 \cdot q \cdot L^2)$$

$$: (5150 \times \frac{1}{2} \times 15) - (1/8 \times 350 \times 15^2)$$

$$: 38625 - 9843,75$$

$$: 28781,25 \text{ kg/m}$$

4. Momen akibat beban hidup T sebesar 20.000 kg pada saat 2 roda berdekatan di tengah-tengah plat.



Gambar 4.9 Muatan beban hidup T (20 ton) pada gelagar melintang  
(Sumber : RSNi T-02-2005 standart pembebanan)

$$\sum M_b : 0$$

$$: R_a \cdot 15 - (q \cdot 15 \cdot (15/2)) - (10000 \cdot (15/2))$$

$$: R_a \cdot 15 - 5250 - 150000$$

$$-15R_a : - 155250$$

$$R_a : 10350 \text{ kg}$$

$$M_{\max} : (R_a \cdot \frac{1}{2} \cdot L) - (1/8 \cdot q \cdot L^2)$$

$$: (10350 \times \frac{1}{2} \times 15) - (1/8 \times 350 \times 15^2)$$

$$: 77625 - 9843,75$$

$$: 67781,25 \text{ kg/m}$$

Maka momen terbesar yang di gunakan adalah beban hidup T saat 2 roda berada di tengah-tengah plat.

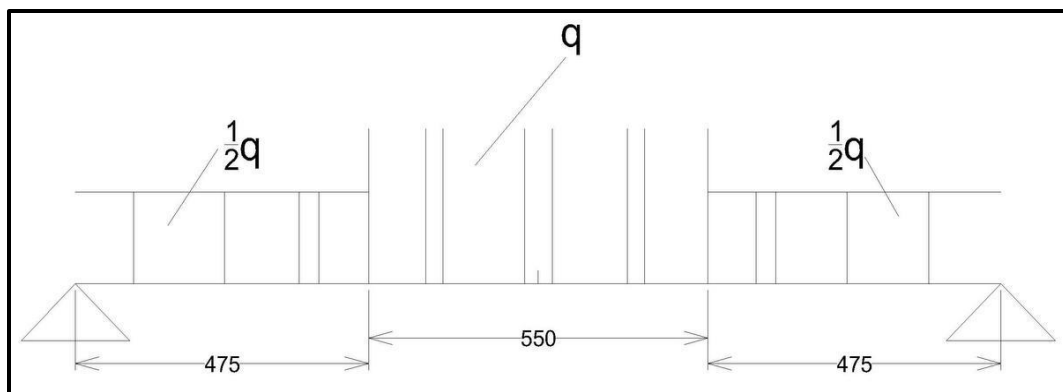
#### 5. Beban D

Beban yang bekerja yaitu :

- Beban garis P : 12 t
- Beban merata q : 2,2 t/m

Syarat yang digunakan untuk jembatan dengan lebar kendaraan lebih dari 5,5 m. maka beban D sepenuhnya (100%) di bebaskan pada jalur 5,5 m, sedangkan selebihnya hanya di bebani  $\frac{1}{2}$  dari beban D (50%). (menurut, PMJJR 1970).

$$\begin{aligned}
 Q & : \left( \frac{q}{2,75} \times L \right) + \left( \frac{P}{2,75} \right) \\
 & : \left( \frac{2,2}{2,75} \times 3,75 \right) + \left( \frac{12}{2,75} \right) \\
 & : 3 + 4,363636 \\
 & : : 7,363636 \text{ t/m} \rightarrow 7363,636 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



gambar 4.10 beban D pada gelagar melintang  
(Sumber : RSNI T-02-2005 standart pembebanan)

$$\sum Mb : 0$$

$$: Ra \cdot 15 - \left\{ \frac{1}{2} \cdot q \cdot 4,75 \cdot \left[ \left( \frac{1}{2} \cdot 4,75 \right) + 2 \cdot 4,75 \right] \right\} - \left\{ q \cdot 5,5 \cdot \left[ \left( \frac{1}{2} \cdot 5,5 \right) + 4,75 \right] \right\} - \left\{ \left( \frac{1}{2} \cdot q \cdot 4,75 \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot 4,75 \right\}$$

$$: Ra \cdot 15 - \left\{ \frac{1}{2} \times 7363,63 \times 4,75 \times \left[ \left( \frac{1}{2} \times 4,75 \right) + 2 \cdot 4,75 \right] \right\} - \left\{ 7363,63 \times 5,5 \times \left[ \left( \frac{1}{2} \times 5,5 \right) + 4,75 \right] \right\} - \left\{ \left( \frac{1}{2} \times 7363,63 \times 4,75 \right) \times \frac{1}{2} \times 4,75 \right\}$$

$$Ra \cdot 15 : 207677,3773 - 303749,7375 - 41535,4754$$

$$Ra : \frac{-552962,5902}{-15} = 36864,17 \text{ kg}$$

Momen max akibat beban D

$$\begin{aligned} M_{\max} & : Ra \cdot 7,5 - \left\{ \frac{1}{2} \cdot q \cdot 4,75 \cdot \left[ \left( \frac{1}{2} \cdot 4,75 \right) + \frac{1}{2} \cdot 5,5 \right] \right\} - \left\{ q \cdot \frac{1}{2} \cdot 5,5 \cdot \frac{1}{4} \cdot 5,5 \right\} \\ & : 36864,17 \times 7,5 - \left\{ \frac{1}{2} \times 7363,63 \times 4,75 \times \left[ \left( \frac{1}{2} \times 4,75 \right) + \frac{1}{2} \times 5,5 \right] \right\} - \left\{ 7363,63 \times \frac{1}{2} \times 5,5 \times \frac{1}{4} \times 5,5 \right\} \\ & : 46115,097 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Koefisien kejut :

$$\begin{aligned} K & : 1 + \frac{20}{50 + L} \\ & : 1 + \frac{20}{50 + 15} = 1,307 \end{aligned}$$

Maka momen total : Mmax beban sendiri + Mmax beban Hidup D x Koefisien kejut)

$$: 67781,25 \text{ kg/m} + (46115,097 \text{ kg/m} \times 1,307)$$

$$: 128053,68 \text{ kg/m} \rightarrow 12805368 \text{ kg/cm}$$

6. Desain gelagar melintang :

$$Mn \times \phi \quad : Zx \cdot fy$$

$$12805368 \times 0.9 \quad : Zx \times 4100$$

$$Zx \quad : 3123,26 \text{ cm}^3$$

Maka dicari profil yang memiliki Zx diatas 3123,26 cm<sup>3</sup>, maka profil yang dipilih adalah :

Profil Baja WF 400 x 400

$$h = 31,4 \text{ cm} \quad A = 218,7 \text{ cm}^2 \quad iy = 10,12 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm} \quad Ix = 66600 \text{ cm}^4 \quad BV = 89,5 \text{ kg/m}$$

$$tw = 1,3 \text{ cm} \quad Iy = 22400 \text{ cm}^4 \quad Zx = 3600 \text{ cm}^3$$

$$tf = 2,6 \text{ cm} \quad ix = 17,45 \text{ cm} \quad Zy = 1695 \text{ cm}^3$$

$$\text{Tegangantarik} \quad : \frac{Mu}{Zx} = \frac{12805368}{3600} = 3557,046 \text{ kg/cm}^2$$

1. Syarat balok penampang

$$\text{a. } \frac{h}{tw} < 75 \quad \rightarrow \quad \frac{31,4}{1,3} \leq 75 \quad = 24,15 < 75 \quad (\text{OK})$$

$$\text{b. } \frac{L}{h} > 1,25 \frac{b}{tf} \quad \rightarrow \quad \frac{11250}{31,4} > 1,25 \frac{40}{2,6} = 358,28 > 19,23 \quad (\text{OK})$$

2. Kontrol stabilitas lipat sayap dan badan, menurut (SNI – 03 -1729 2002).

a. Elemen sayap

$$\lambda : \frac{b}{2tf} : \frac{40}{2 \times 2,6} = 7,69 \text{ cm}$$

$$\lambda_p : \frac{170}{\sqrt{fy}} : \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,395 \text{ cm}$$

$\lambda$  (7,69 cm) <  $\lambda_p$  (8,395 cm) → maka penampang kompak (OK)

b. Elemen badan

$$\lambda : \frac{h}{tw} : \frac{31,4}{1,3} = 24,15 \text{ cm}$$

$$\lambda_p : \frac{1680}{\sqrt{fy}} : \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,96 \text{ cm}$$

$\lambda$  (24,15 cm) <  $\lambda_p$  (82,96 cm) → maka penampang kompak (OK)

c. Momen

$$\begin{aligned} M_n &: Z_x \cdot F_y \\ &: 3600 \cdot 10^3 \times 410 = 1476 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &: 0,9 \times M_n \\ &: 0,9 \times 1476 = 1328,4 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$M_u : 128053,68 \text{ kg/m} \rightarrow 1255,7779 \text{ KN/cm}$$

Jadi  $M_u$  (1255,7779) ≤  $\phi M_n$  (1328,4), maka profil dapat digunakan.

3. Kontrol terhadap geser dengan (SNI 03-1729-2002)

a. E : 200000

$$\lambda : \frac{h}{tw} : \frac{31,4}{1,3} = 24,15 \text{ cm}$$

$$K_n : 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \rightarrow a : h - 2 \cdot ix$$

$$: 5 + \frac{5}{\left(\frac{3,5}{31,4}\right)^2} : 31,4 - (2 \times 17,45) = 3,5 \text{ cm}$$

$$: 407,57 \text{ cm}$$

Maka :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{Kn \cdot E}{fy}}$$



$$\frac{29,4}{0,8} \leq 1,10 \sqrt{\frac{407,57 \times 200000}{410}}$$

$$24,15 \text{ cm} \leq 490,47 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } V_n & : 0,6 \times f_y \times A_w & \rightarrow A_w & : (h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ & : 0,6 \times 4100 \times 34,06 & & : (31,4 - 2 \times 2,6) \times 1,3 = 34,06 \text{ cm}^2 \\ & : 83787,6 \\ \phi V_n & : 0,9 \times 83787,6 \\ & : 75408,84 \end{aligned}$$

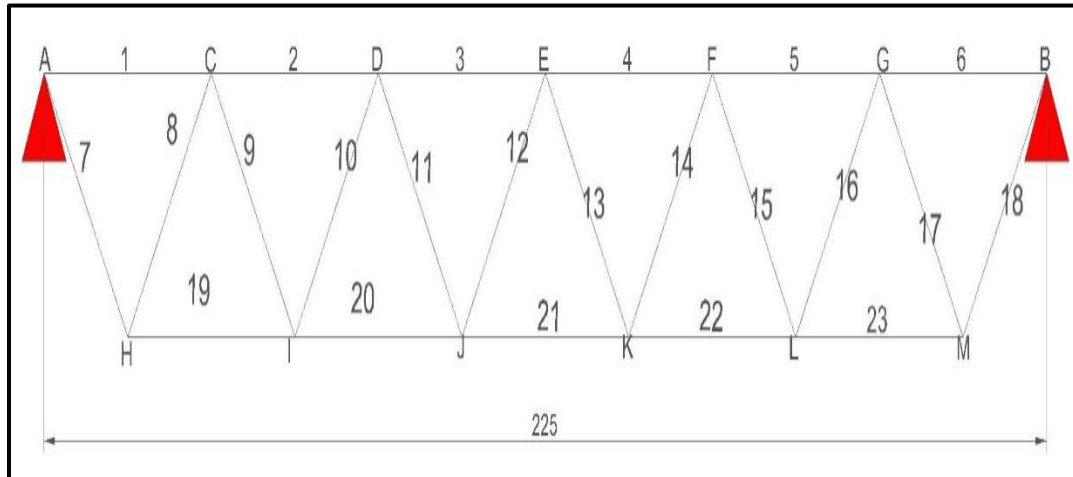
Jadi,  $V_u (7363,636) < \phi V_n (75408,84) \rightarrow$  maka profil baja yang di gunakan kuat terhadap geser (OK)

## 4.8 Perhitungan Rangka Bawah

### 1. Pembebanan

- Plat slab	: $0,2 \times 3,75 \times 7,5 \times 2400$	= 13500	kg
- Aspal	: $0,1 \times 6,5 \times 3,75 \times 2200$	= 5362,5	kg
- Air hujan	: $0,05 \times 6,5 \times 3,75 \times 1000$	= 1218,75	kg
- Gelagar meanjang	: $22,5 \times 3,75 \times 185$	= 15609,37	kg
- Profil trotoar	: $0,7 \times 23,8$	= 16,66	kg
- Plat trotoar	: $(0,2 \times 0,7 \times 3,75) + (0,15 \times 0,5 \times 3,75) \times 2400$	= 675,525	kg
- Kerb	: $2 \times (0,2 \times 0,5 \times 3,75 \times 2400)$	= 1800	kg
- Tiang sandaran	: $1,5 \times 0,15 \times 0,15 \times 2 \times 2400$	= 39,007	kg
- Pipa sandaran	: $3 \times 3,3 \times 3,7$	= <u>37,125</u>	kg
		o = 38258,93	kg

o = 38,25893 ton



Gambar 4.11 rangka atau diagonal ara memanjang  
(Sumber : hasil perhitungan autocad 2013)

## 2. Perencanaan rangka

Tinggi : 3 m

P. rangka :  $30 \times 3,75 = 112,5 \rightarrow \frac{1}{2}$  bentang total

:  $6 \times 3,75 = 22,5 \rightarrow$  bentang perkabel

Profil : direncanakan menggunakan profil baja WF 125 x 125

125 x 125 x 0,65 x 0,9

H = 8,7 cm      A = 30,31 cm<sup>2</sup>      iy = 3,11 cm

b = 12,5 cm      Ix = 847 cm<sup>4</sup>      BV = 23,8 kg/m

tw = 0,65 cm      Iy = 293 cm<sup>4</sup>      Zx = 149 cm<sup>3</sup>

tf = 0,9 cm      ix = 5,29 cm      Wy = 47 cm<sup>3</sup>

Dari data simulasi sap2000 didapatkan gaya rangka batang seperti berikut :

Tabel nilai gaya aksial pada aplikasi sap2000

Tabel 4.1 Gaya aksial sap2000

No. rangka	Gaya yang Dikeluarkan	
	Gaya Tarik	Gaya tekan
1	21,41	
2		21,41
3		21,41
4	21,41	
5	56,53	
6		56,53
7	18,74	
8		18,8
9		18,8
10	18,74	
11		56,32
12	56,53	
13	64,29	
14	85,74	
15		64,29
16	39,63	
17		37,50
18		39,63
19	47,90	0
20	55,87	0
21	47,90	0
22	85,75	0
23	37,22	0

(Sumber : hasil perhitungan Sap200)

### 3. Kontrol profil

Dari analisa perhitungan aplikasi sap2000 didapatkan nilai gaya terbesar, dengan gaya sebesar 85,74 ton → 85740 kg

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 hal 70 yaitu :

$$N_u \leq \phi N_n \rightarrow 0,9 \rightarrow N_n = A_g \cdot f_y$$

$$\rightarrow 0,75 \rightarrow N_n = A_e \cdot f_n$$

Diketahui :  $N_u$  = kuat Tarik ultimit

$N_n$  = kuat Tarik normal

Maka dari itu digunakan profil WF 125 x 125 dengan  $A = 30,31 \text{ cm}^2$

$$P_u : 85750 \text{ kg}$$

$$F_y : 410 \text{ Mpa} \rightarrow 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{P_u}{A} \leq \phi \sigma : \frac{85750}{30,31} \leq 0,9 \times 4100$$

$$: 2828,769 \leq 3690 \rightarrow \text{Ok}$$

### 4. Kontrol tekuk (batang tekan)

Mengacu berdasarkan SNI 03-1729-2002 hal 27

$$N_n = A_g \cdot F_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{w}$$

$$\text{Untuk } \lambda_c \leq 0,25 \quad w = 1$$

$$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2 \quad w = 1 \frac{1,43}{1,6 \times 0,67 \times \lambda_c}$$

$$\lambda_c \geq 1,2 \quad w = 1,2 \lambda_c^2$$

Pada profi WF 125 x 125 diambil nilai :

$$A : 30,31 \text{ cm}^2$$

$$i_x : 5,29 \text{ cm}$$

$i_y$  : 3,11 cm

$r$  : 1 cm

Perletakkan pada sendi – sendi :

$K$  : 1

$P_u$  : 85750 kg

$F_y$  : 4100 kg

$E$  : 200000 kg/cm<sup>2</sup>

Panjang batang : 3,75 m

Jadi panjang rasio kelangsingan yaitu :

$$\lambda_c : \frac{K \cdot l}{r} \rightarrow \frac{k \times l}{\pi \times r} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 375}{5,29 \times 1} \sqrt{\frac{4100}{200000}} = 10,14$$

$$W : \frac{1,43}{1,6 \times 0,67 \times 10} = 0,13339$$

$$P_n : A \times \frac{f_y}{W} \rightarrow 30,31 \times \frac{4100}{0,13339} = 931329,185 \text{ kg}$$

$$\phi P_n : 0,85 \times p_n \rightarrow 0,85 \times 931329,185 = 791629,8073 \text{ kg}$$

jadi  $P_u (85750) \leq \phi P_n (791629,8073) \rightarrow$  Ok, maka profil bias digunakan.

Lendutan :  $L/300 >$  Lendutan

$$: 22,5/300 > 0,04357$$

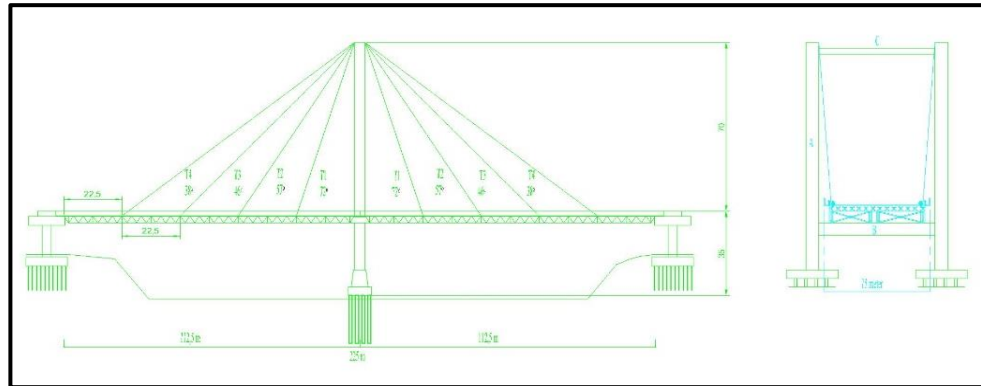
$$: 0,075 \text{ m} > 0,04357 \text{ m} \rightarrow \text{OK}$$

#### 4.9 Perhitungan Kabel (*Tendon*)

##### 1. Menghitung jumlah kabel

Pada bab sebelumnya sudah di jelaskan bahwa jarak kabel (*tendon*) di bedakan menjadi 2, untuk jarak pada gelagar baja (*WF*) yaitu antara

15 m – 25 m sedangkan pada gelagar beton (*Girder*) yaitu 5 m – 10 m. dikarenakan pada perencanaan ini menggunakan gelagar baja (*WF*) jadi jarak yang diambil adalah  $6 \times 3,75 = 22,5 \text{ m}$ , dengan jumlah kabel yang di pakai sebanyak 4 buah kabel.



Gambar 4.12 jembatan cable stayed arah memanjang dan melintang  
(Sumber : hasil perhitungan autocad 2013)

## 2. Tinggi pylon

Untuk menghitung tinggi pylon ada beberapa metode yang bias di gunakan yaitu :

- Menurut Troitsky 1977 hal 33

$$h \geq L/6$$

$$h = 0,465 \times n.a$$

diketahui :

L = bentang jembatan

n = jumlah kabel

a = jarak kabel antar gelagar

h = tinggi pylon

jadi :

$$h \geq 112,5/6$$

$$h \geq 18,75 \text{ m}$$

$$h : 0,465 \times n.a$$

$$: 0.465 \times 4 \times 22,5 = 41,85 \text{ m}$$

- Menurut Gimsing 2012 hal 353

$$h : 0,291 \times L$$

$$: 0,291 \times 112,5 = 32,73 \text{ m}$$

Dalam perencanaan tinggi pylon harus benar – benar teliti dan faham dengan beban yang akan dipikul. dikarenakan semakin pendek pylon yang di rencanakan maka semakin besar pula gaya aksial atau beban yang akan dipikul oleh gelagar utama dan sebaliknya, jika pylon semakin tinggi gaya aksial yang dipikul oleh gelagar utama akan semakin kecil. Jadi tinggi pylon yang direncanakan yaitu  $45 \text{ m} \geq 18,75 \text{ m} \leq 41,85 \text{ m} \leq 45 \text{ m}$ , maka pylon dapat digunakan.

### 3. Perhitungan dimensi kabel

Table 4.2 jenis kabel dan angker

Standart	ASTM A 416-74 grade 270	Euronorme 138-79
Ø (mm)	15,2	15,7
As (mm)	140	150
Fu (fi = 0,74 fu) (Mpa)	1860 (1302)	1770 (1239)

(Sumber : Data RSNI Kabel/angker)

Ukuran standart angker 7,12,19,31,37,61 dan 91 standart

Dalam perencanaan ini yang akan digunakan adalah kabel tipe ASTM A 416-74, yang telah disyaratkan oleh SNI T-03-2005 yaitu dengan mutu kabel yang digunakan memiliki tegangan putus sebesar 1800 Mpa dengan tegangan putus fu : 0,74 Mpa.

Menghitung dimensi kabel menggunakan metode persamaan (Gimsing 2012 hal 205), yaitu :

$$ASC = \frac{P \cdot \cos\emptyset}{(0,74 \cdot fu) \cdot (\sin\emptyset \cdot \cos\emptyset) - \gamma \cdot a}$$

Diketahui : ASC : luas penampang kabel  
P : beban yang bekerja  
 $\emptyset$  : sudut kabel terhadap horisontal  
 $\gamma$  : berat jenis kabel (77 KN/m<sup>3</sup>)  
a : jarak mendatar atau jarak anatar kabel pada gelagar  
fu : tegangan putus kabel (1860 Mpa)

#### 4. Pembebanan :

- Plat slab : 0,2 x 3,75 x 6,8 x 2400 x 4 : 48960 kg
- Aspal : 0,1 x 6,5 x 3,75 x 2200 x 4 : 21450 kg
- Gelagar melintang : 7,5 x 283 x 4 : 8490 kg
- Gelagar memanjang : 22,5 x 3,75 x 56,8 x 4 : 19170 kg
- Profil trotoar : 0,7 x 9,3 x 4 : 26,04 kg
- Plat trotoar : (0,2 x 0,7 x 3,75) + (0,15 x 0,5 x 3,75) x 2400 x 4 : 7740 kg
- Kerb : 2.(0,2 x 0,5 x 3,75 x 2400).4 : 7200 kg



- Pipa sandaran :  $3 \times 3,3 \times 3,75 \times 4$  : 148,5  
kg
  - Tiang sandaran :  $1,5 \times 0,15^2 \times 2 \times 2400 \times 4$  : 648  
kg
  - Rangka :  $(3,75 \times 11) + (2,925 \times 12) \times 23,8$  :  
458,94 kg
- : 114291,48 kg  
○ : 114,29148 ton

Beban angin :

$Tew : 0,0006 \cdot Cw \cdot (Vw)^2 \cdot Ab \rightarrow \{KN\}$  (RSNI T-02-2005)  
 $Ab : (A \cdot 5,207 \cdot 30\%)$

Diketahui :  $Tew$  : beban angin (KN)

$Cw$  : koefisien seret (2,1)

$Vw$  : kecepatan angin (30 m/s)

$Ab$  : luas koefisien bagian samping

Jadi  $Ab : 22,5 \times 5,207 \times 30\% = 35,147 \text{ m}^2$

$Tew : 0,0006 \cdot Cw \cdot (Vw)^2 \cdot Ab$

:  $0,0006 \times 2,1 \times 30^2 \times 35,147$

: 39,8566 KN  $\rightarrow$  4064,24 kg

Beban D :

- Beban garis P : 12 t

- Beban merata q : 2,2 t/m

Beban total yang bekerja pada kabel :

$$P : (q \times 22,5) + (Tew \times 22,5) + (P1 + P)$$

$$P : (2,2 \times 22,5) + (4,06424 \times 22,5) + (114,29148 + 12)$$

$$P : 267,23688 \text{ ton} \rightarrow 2620,71 \text{ KN}$$

Perhitungan Tendon :

Ten1 : P = 2620,71 KN ,  $\emptyset = 65$  ,  $\gamma = 77 \text{ KN/m}^3$  , a = 22,5 m , fu = 1860 Mpa

$$ASC = \frac{2620,71 \cdot \cos \emptyset^\circ}{(0,74 \cdot fu) \cdot (\sin \emptyset^\circ \cdot \cos \emptyset^\circ) - \gamma \cdot a}$$

$$ASC = \frac{2620,71 \cdot \cos 65^\circ}{(0,74 \cdot 186000) \cdot (\sin 65^\circ \cdot \cos 65^\circ) - 77 \cdot 22,5}$$

$$ASC = 0,021722534 \text{ m}^2 \rightarrow 21722,534 \text{ mm}^2$$

Digunakan kabel tipe 1 ( $\emptyset = 15,2 \text{ mm}$  ;  $As = 140 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah Kabel (n)} : \frac{ASC}{AS} = \frac{21722,534}{140} = 155,16 \rightarrow 155$$

$$Asc : n \times As \rightarrow 155 \times 140 = 21700 \text{ mm}^2$$

Ten2 : P = 2620,71 KN ,  $\emptyset = 45$  ,  $\gamma = 77 \text{ KN/m}^3$  , a = 45 m , fu = 1860 Mpa

$$ASC = \frac{2620,71 \cdot \cos \emptyset^\circ}{(0,74 \cdot fu) \cdot (\sin \emptyset^\circ \cdot \cos \emptyset^\circ) - \gamma \cdot a}$$

$$ASC = \frac{2620,71 \cdot \cos 45^\circ}{(0,74 \cdot 186000) \cdot (\sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ) - 77 \cdot 45}$$

$$ASC = 0,02835470 \text{ m}^2 \rightarrow 28354,7 \text{ mm}^2$$

Digunakan kabel tipe 1 ( $\emptyset = 15,2 \text{ mm}$  ;  $A_s = 140 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah Kabel (n)} : \frac{A_{sc}}{A_s} = \frac{28354,7}{140} = 202,53 \rightarrow 203$$

$$A_{sc} : n \times A_s \rightarrow 203 \times 140 = 28420 \text{ mm}^2$$

Ten3 :  $P = 2620,71 \text{ KN}$  ,  $\emptyset = 34$  ,  $\gamma = 77 \text{ KN/m}^3$  ,  $a = 67,5 \text{ m}$  ,  $f_u = 1860 \text{ Mpa}$

$$A_{sc} = \frac{2620,71 \cdot \cos \emptyset^\circ}{(0,74 \cdot f_u) \cdot (\sin \emptyset^\circ \cdot \cos \emptyset^\circ) - \gamma \cdot a}$$

$$A_{sc} = \frac{2620,71 \cdot \cos 34^\circ}{(0,74 \cdot 186000) \cdot (\sin 34^\circ \cdot \cos 34^\circ) - 77 \cdot 67,5}$$

$$A_{sc} = 0,037069086 \text{ m}^2 \rightarrow 37069,086 \text{ mm}^2$$

Digunakan kabel tipe 1 ( $\emptyset = 15,2 \text{ mm}$  ;  $A_s = 140 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah Kabel (n)} : \frac{A_{sc}}{A_s} = \frac{37069,086}{140} = 264,77 \rightarrow 265$$

$$A_{sc} : n \times A_s \rightarrow 265 \times 140 = 37100 \text{ mm}^2$$

Ten4 :  $P = 2620,71 \text{ KN}$  ,  $\emptyset = 27$  ,  $\gamma = 77 \text{ KN/m}^3$  ,  $a = 90 \text{ m}$  ,  $f_u = 1860 \text{ Mpa}$

$$A_{sc} = \frac{2620,71 \cdot \cos \emptyset^\circ}{(0,74 \cdot f_u) \cdot (\sin \emptyset^\circ \cdot \cos \emptyset^\circ) - \gamma \cdot a}$$

$$A_{sc} = \frac{2620,71 \cdot \cos 27^\circ}{(0,74 \cdot 186000) \cdot (\sin 27^\circ \cdot \cos 27^\circ) - 77 \cdot 90}$$

$$A_{sc} = 0,047902256 \text{ m}^2 \rightarrow 47902,256 \text{ mm}^2$$

Digunakan kabel tipe 1 ( $\emptyset = 15,2 \text{ mm}$  ;  $A_s = 140 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah Kabel (n)} : \frac{A_{sc}}{A_s} = \frac{47902,256}{140} = 342,15 \rightarrow 342$$

$$A_{sc} : n \times A_s \rightarrow 342 \times 140 = 47880 \text{ mm}^2$$

Table 4.3 perhitungan standart Tendon

No.	Ø (°)	a (m)	P (KN)	Asc (mm <sup>2</sup> )	n kabel	n pakai kabel	Asc pakai (mm <sup>2</sup> )
Ten1	65°	22,5	2620,71	21722,534	155,16	155	21700
Ten2	45°	45	2620,71	28354,7	202,53	203	28420
Ten3	34°	67,5	2620,71	37069,086	264,77	265	37100
Ten4	27°	90	2620,71	47902,256	342,15	342	47880
Ten5	65°	22,5	2620,71	21722,534	155,16	155	21700
Ten6	45°	45	2620,71	28354,7	202,53	203	28420
Ten7	34°	67,5	2620,71	37069,086	264,77	265	37100
Ten8	27°	90	2620,71	47902,256	342,15	342	47880

(Sumber : Hasil Perhitungan)

#### 4.10 Struktur Pylon

Menghitung dimensi menara (*pylon*) dibuat berdasarkan besarnya gaya aksial tekan kabel untuk satu sisi kolom vertical (*pylon*). Struktur menara (*pylon*) akan direncanakan dengan menggunakan tipe *pylon two vertical* atau menara ganda, dan matrial yang akan di gunakan ialah beton bertulang dengan  $f_c' = 55 \text{ Mpa}$  ;  $f_y = 410 \text{ Mpa}$  dan  $T = P_{total}$  (dimana T adalah gaya aksial).

Table 4.4 perhitungan gaya aksial pada pylon

No. Tendon	P (KN)
Ten1	2620,71
Ten2	2620,71
Ten3	2620,71
Ten4	2620,71
Ten5	2620,71
Ten6	2620,71
Ten7	2620,71
Ten8	2620,71
$\Sigma T$	20965.68 KN

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Jadi gaya aksial  $\Sigma T = 20965.68 \text{ KN}$

Maka :  $h = 1,5 \cdot b$

$$A_{\text{perlu}} = \frac{T}{f_{c'}}$$

Diketahui  $h$  : tinggi penampang

$b$  : lebar penampang

$T$  : gaya aksial keseluruhan

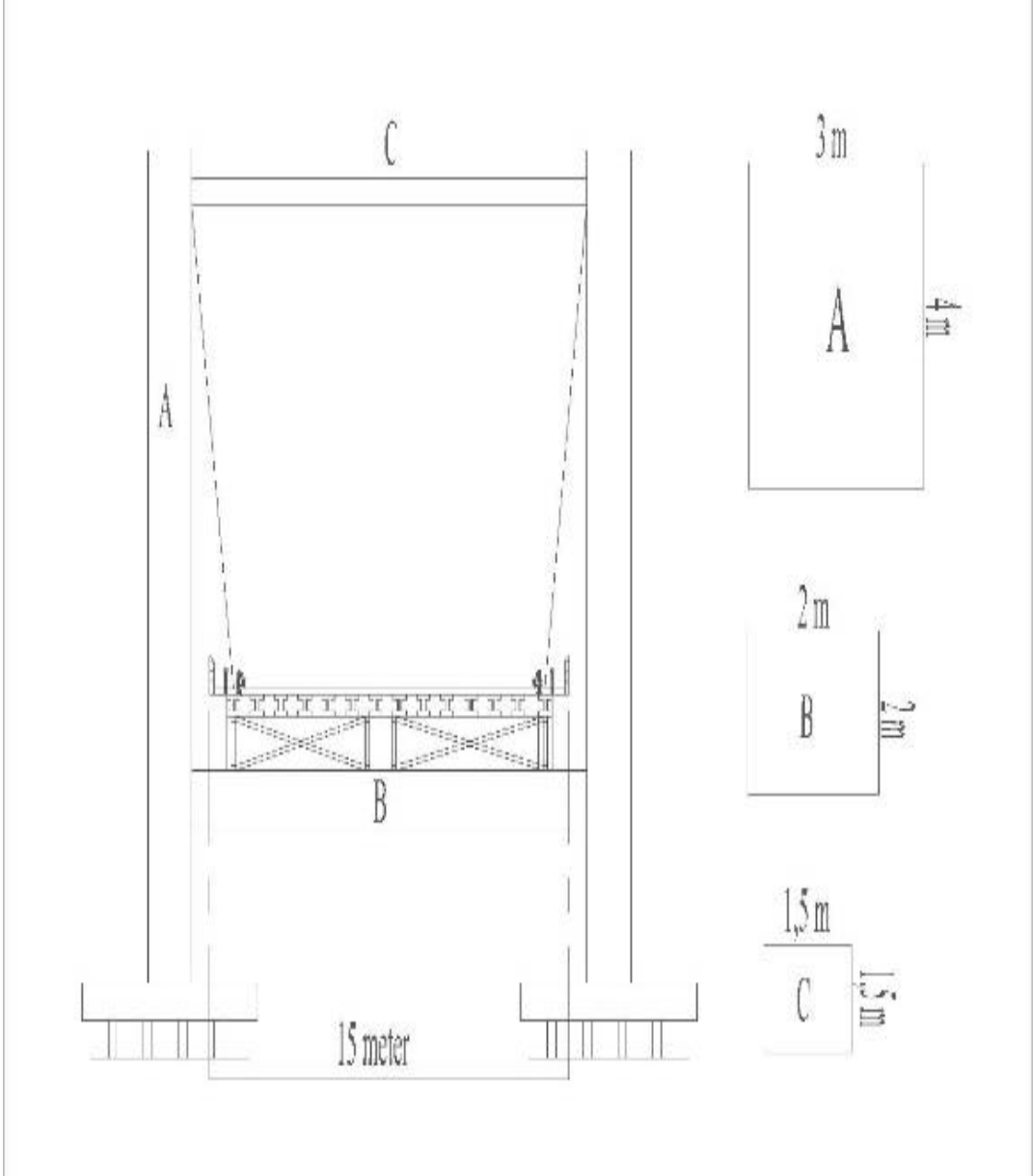
$A$  : luas penampang

$$A_{\text{perlu}} = \frac{T}{f_{c'}} \rightarrow \frac{20965.68 \text{ KN}}{55 \times 10^3} = 381194,18 \text{ mm}^2 \rightarrow 3811,9418 \text{ cm}^2$$

Luas penampang  $A : b \times 1,5 b = 1,5 \cdot b^2$

$$b : \sqrt{\frac{381194,18}{1,5}} = 171,411 \text{ cm} \rightarrow \text{balok yang direncanakan } 300 \text{ cm}$$

$h : 1,5 \times 250 = 375 \text{ cm} \rightarrow$  balok yang direncanakan 400 cm



Gambar 4.13 struktur *pylon* (arah melintang)  
(Sumber : hasil perhitungan autocad 2013)