

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Mutu Baja

Baja merupakan salah satu komponen utama yang digunakan di dalam suatu perencanaan jembatan rangka baja. Menurut peraturan, mutu baja dapat dibedakan menjadi beberapa golongan. Namun pada kenyataannya, kita tidak dapat mengetahui secara detail spesifikasi mutu baja yang di jual di pasaran. Oleh sebab itu, dalam perencanaan jembatan ini diperlukan pengujian Tarik baja agar dapat mengetahui mutu baja secara pasti.

Dalam tugas akhir ini, penulis hanya menguji baja tulangan polos diameter 12, yang direncanakan akan digunakan untuk penulangan pelat lantai kendaraan. Sedangkan untuk baja profil, penulis menggunakan data yang didapatkan dari uji tarik yang pernah dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Bangunan, Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya. Hal ini dikarenakan penulis kesulitan untuk mencari sampel baja profil untuk digunakan sebagai sampel uji laboratorium.

Berikut merupakan hasil uji tarik baja profil yang didapatkan dari uji Tarik yang pernah dilakukan di Lab. Bahan Konstruksi dan Bangunan. Antara lain:

Tabel 4.1 Hasil Uji Tarik Baja Profil

No	Benda Uji	Luas mm <sup>2</sup>	Kekuatan Tarik Mpa				Panjang		Regangan (%)	Kualitas	
			LELEH		PUTUS		Lo	Lu			
			KN	Kg/mm <sup>2</sup>	KN	Kg/mm <sup>2</sup>	mm	mm			
1	a	WF 350	305.92	78	25.50	133	43.48	225	292.5	23.08	Bj P 41
	b	WF 350	305.92	78	25.50	136	44.46	225	296	23.99	
2	a	WF 250	249.99	80	32.00	117	46.80	225	287.5	21.74	Bj P 41
	b	WF 250	249.99	80	32.00	116	46.40	225	290.5	22.55	
3	a	L 60.60.6	235.17	90	38.27	135	57.41	200	252	20.63	Bj 50
	b	L 60.60.7	235.17	86	36.57	136	57.83	200	239	16.32	
4	a	L 70.70.7	272.96	107	39.20	153	56.05	200	243	17.70	Bj 50
	b	L 70.70.7	272.96	102	37.37	153	56.05	200	248	19.35	



Berikut merupakan hasil pengujian tarik baja tulangan polos  $\phi 12$ .

Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik Baja Tulangan Polos

No	Diameter		Luas		Kekuatan Tarik				Panjang		Regangan (%)	Mutu
	Do	Du	Aso	Asu	Leleh		Putus		Lo	Lu		
	mm	mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	KN	Mpa	KN	Mpa	mm	mm		
1	11.78	6.85	109.03	36.87	34	311.83	50	458.58	120	172	43.33	BjTP 24
2	11.78	6.85	109.03	36.87	32	293.49	52	476.92	121	167.5	38.43	

Dengan adanya referensi tentang sifat mekanis baja yang ada di atas, maka penulis melakukan perencanaan Jembatan Betek dengan menggunakan data uji Tarik baja sesuai hasil yang telah didapatkan.

## 4.2 Perhitungan Stuktur Atas Jembatan

### 4.2.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

#### a. Data yang diketahui :

- Tebal pelat lantai = 20 cm
- Tebal perkerasan aspal = 5 cm
- Tebal air hujan = 5 cm
- Jarak gelagar memanjang = 1,0 m
- Jarak gelagar melintang = 2,1 m
- Bentang jembatan = 21 m
- Lebar jembatan = 3 m
- Lebar lantai kendaraan = 3 m

#### b. Data bahan struktur :

- Mutu Beton = K-250
- Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) =  $0,83 \cdot \frac{k}{10}$   
= 20,75 MPa
- Modulus elastis ( $E_c$ ) =  $4700 * \sqrt{f'_c}$   
= 21409,5 MPa
- Angka poisson ( $\nu$ ) = 0,2

- Modulus geser (G) =  $E_c / (2 \cdot (1 + \nu))$   
=  $23453 / (2 \cdot (1 + 0,2))$   
= 8920,6 Mpa
- Koefisien muai panjang ( $\alpha$ ) =  $10^{-5} / ^\circ\text{C}$

### c. Pembebanan :

#### 1. Berat Sendiri (MS)

Besarnya nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan menurut **PPPJJR'87 Bab**

##### III Pasal 1 (1)

Beton bertulang / pratekan ..... 2,50 t/m<sup>3</sup>

- Faktor beban ultimit = 1,3 (**RSNI T-02-2005 hal 10 Tabel 2**)
- Berat sendiri pelat

$$Q_{MS} = b \cdot h \cdot \gamma_{\text{beton}} = 1 \times 0,2 \times 2500 = 500 \text{ kg/m}$$

#### 2. Beban Mati Tambahan (MA)

Besarnya nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan menurut **PPPJJR'87 Bab**

##### III Pasal 1 (1)

Perkerasan jalan beraspal ..... 2,00 – 2,50 t/m<sup>3</sup>

Air ..... 1,00 t/m<sup>3</sup>

- Faktor beban ultimit = 2,0 (**Sumber : RSNI T-02-2005 hal 12 Tabel 4**)
- Berat Perkerasan Aspal

$$Q_{MA} = b \cdot h \cdot \gamma_{\text{aspal}} = 1 \times 0,05 \times 2250 = 112,5 \text{ kg/m}$$

- Berat Air Hujan

$$Q_{MA} = b \cdot h \cdot \gamma_{\text{air}} = 1 \times 0,05 \times 1000 = 50 \text{ kg/m} +$$

$$Q_{MA} = 162,5 \text{ kg/m}$$



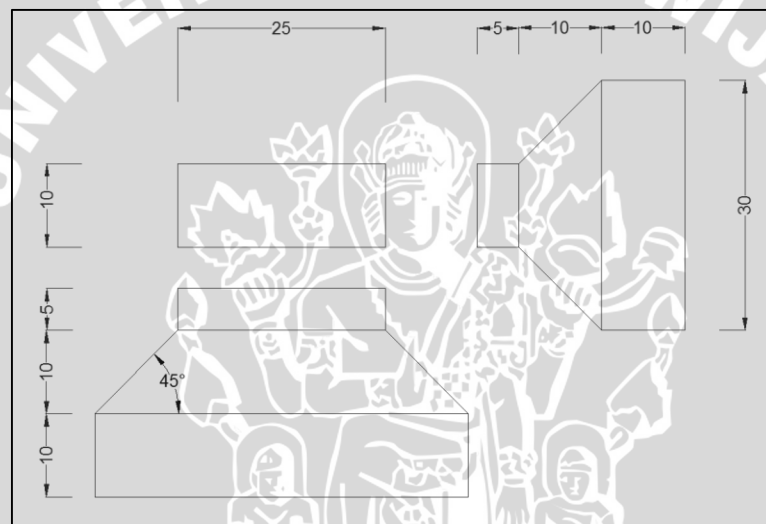
### 3. Beban Truk "T" (TT)

- Faktor beban ultimit = 1,8 (*Sumber : RSNI T-02-2005 hal 22 Tabel 12*)

*Menurut PPPJJR'87 Bab III Pasal 1 (2) 2.3*

*Untuk perhitungan lantai kendaraan atau sistem lantai kendaraan jembatan, harus digunakan beban "T". Beban "T" adalah beban yang merupakan kendaraan truck yang mempunyai beban roda ganda (dual wheel load) sebesar 10 ton.*

Karena pada jembatan ini hanya direncanakan untuk kendaraan roda 2, maka diambil pendekatan beban T sebesar 1,5 ton.



Gambar 4.1 Penyebaran roda pada beban "T"

- Luas bidang penyebaran = 45 cm x 30 cm = 1350 cm<sup>2</sup> = 0.135 m<sup>2</sup>
- Beban Merata akibat beban T

$$Q_{TT} = \frac{1,5 \text{ ton} \times 1\text{m}}{0,135 \text{ m}^2} = 11,111 \text{ t/m} = 11111 \text{ kg/m}$$

### 4. BEBAN ANGIN (EW)

Faktor beban ultimit = 1,2 (*Sumber : RSNI T-02-2005 hal 36 Tabel 26*)

*Beban garis merata tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas jembatan dihitung dengan rumus. (Sumber : RSNI T-02-2005 hal 37)*



Diketahui :

- $C_w$  (koefisien seret) = 1,20 (bangunan atas rangka)
- $V_w$  (Kecepatan angin rencana) = 30 m/s (>5km dari pantai (ultimit))

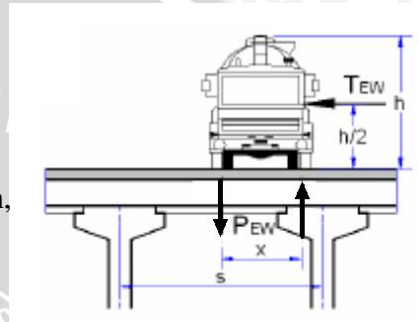
Sehingga,

$$\begin{aligned} T_{EW} &= 0,0012 * C_w * (V_w)^2 * A_b \\ &= 0,0012 * 1,20 * (30)^2 * 19,31 \\ &= 25,02 \text{ kN} = 2552 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 m di atas lantai jembatan.

- Tinggi kendaraan (h) = 2 m
- Jarak antara roda kendaraan  $x = 1,75$  m
- Transfer beban angin ke lantai jembatan,

$$\begin{aligned} P_{EW} &= [ \frac{1}{2} * h/x * T_{EW} ] \\ &= [ \frac{1}{2} * 2/1,75 * 2552 ] \\ &= 1458,3 \text{ kg} \end{aligned}$$



## 5. PENGARUH TEMPERATUR (ET)

- Faktor beban ultimit = 1,2 (*Sumber : RSNI T-02-2005 hal 29 Tabel 19*)
- Koefisien muai panjang untuk beton ( $\alpha$ ) =  $10^{-5} / ^\circ\text{C}$
- Modulus elastis beton ( $E_c$ ) = 25.000 Mpa  
(*Sumber : RSNI T-02-2005 hal 30 Tabel 21*)

*Lantai beton di atas gelagar, books atau rangka baja.*

- Temperatur maksimum rata-rata ( $T_{\max}$ ) = 40  $^\circ\text{C}$
- Temperatur minimum rata-rata ( $T_{\min}$ ) = 15  $^\circ\text{C}$   
(*Sumber : RSNI T-02-2005 hal 30 Tabel 21*)

$$\begin{aligned} \Delta T &= ( T_{\max} - T_{\min} ) / 2 \\ &= (40 - 15) / 2 \\ &= 12,5 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

## 6. BEBAN PEJALAN KAKI

Faktor beban ultimit = 1,8 (*Sumber : RSNI T-02-2005 hal 27 Tabel 16*)

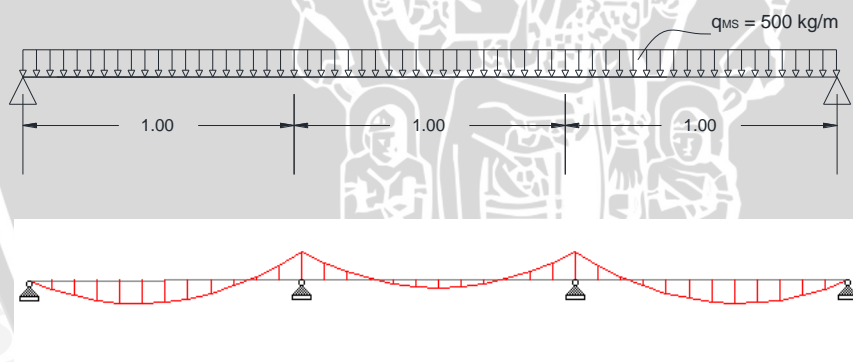
Karena pada jembatan ini tidak dilengkapi dengan trotoar, maka untuk beban pejalan kaki dibebankan pada lantai kendaraan. Konstruksi tersebut diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar  $500 \text{ kg/m}^2$ .

### d. Perhitungan Momen Maksimum :

Momen maksimum pada pelat lantai dihitung berdasarkan beban sebagai berikut :

- $Q_{MS} = 500 \text{ kg/m}$
- $Q_{MA} = 162,5 \text{ kg/m}$
- $q_{TT} = 11111 \text{ kg/m}$
- $P_{EW} = 1458.3 \text{ kg}$
- $\Delta T = 12,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = 500 \text{ kg/m}$

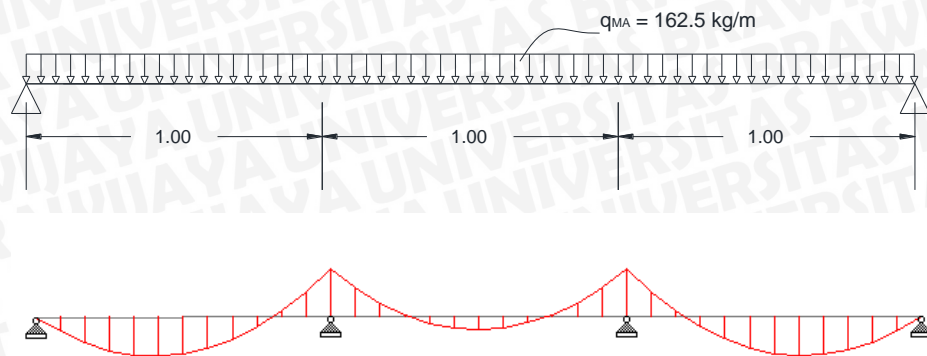
#### 1. Momen akibat berat sendiri (MS)



Momen Tumpuan,  $M_{MS} = 49,455 \text{ kgm}$

Momen Lapangan,  $M_{MS} = 40,157 \text{ kgm}$

## 2. Momen akibat beban mati tambahan (MA)

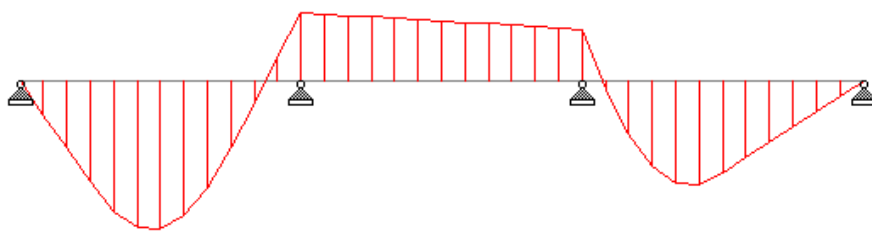
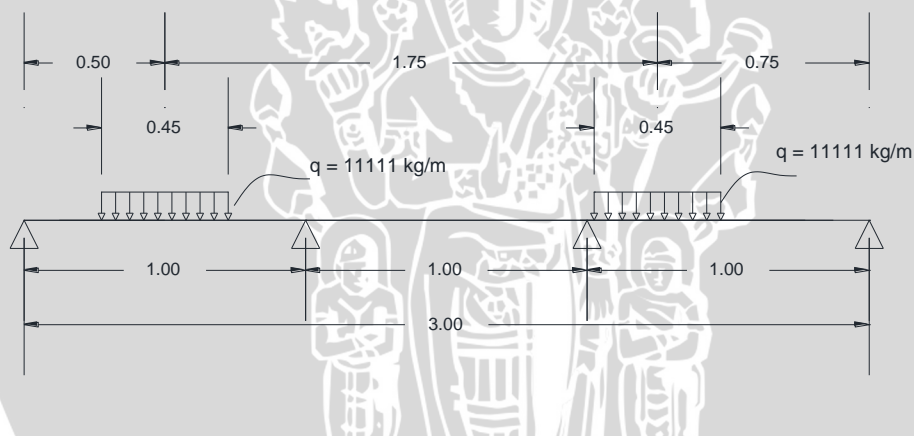


Momen Tumpuan,  $M_{MA} = 16,073 \text{ kgm}$

Momen Lapangan,  $M_{MA} = 13,051 \text{ kgm}$

## 3. Momen akibat beban truk (TT)

### Kondisi 1

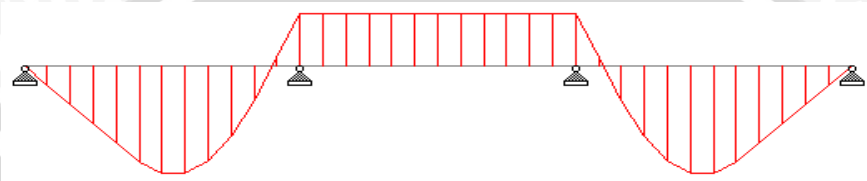
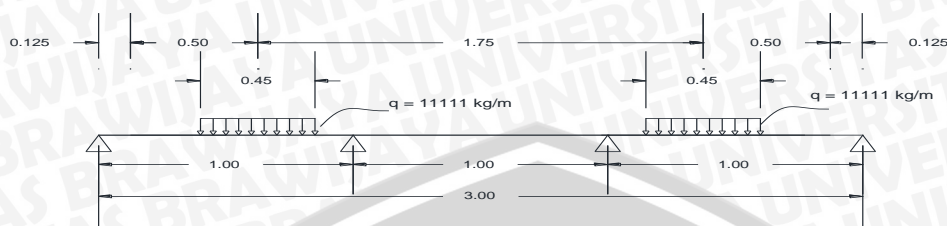


Momen Tumpuan,  $M_{TT} = 362,342 \text{ kgm}$

Momen Lapangan,  $M_{TT} = 787,570 \text{ kgm}$



**Kondisi 2**



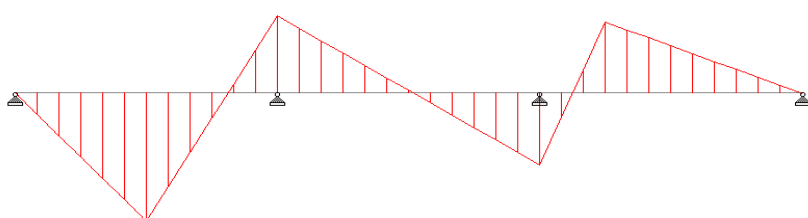
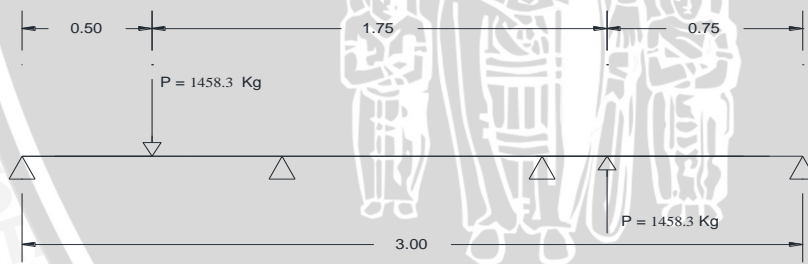
Momen Tumpuan,  $M_{TT} = 347,913 \text{ kgm}$

Momen Lapangan,  $M_{TT} = 707,979 \text{ kgm}$

**Dipilih kondisi 1**

**4. Momen akibat beban angin (EW)**

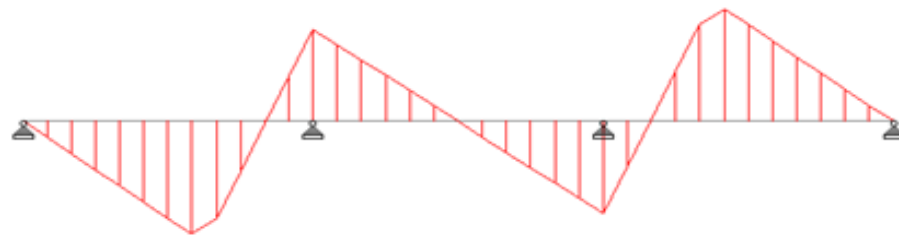
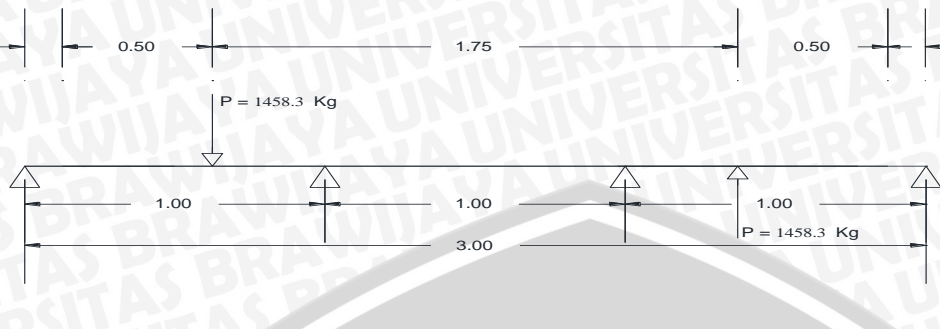
**Kondisi 1**



Momen Tumpuan,  $M_{EW} = 169,182 \text{ kgm}$

Momen Lapangan,  $M_{EW} = 279,984 \text{ kgm}$

**Kondisi 2**

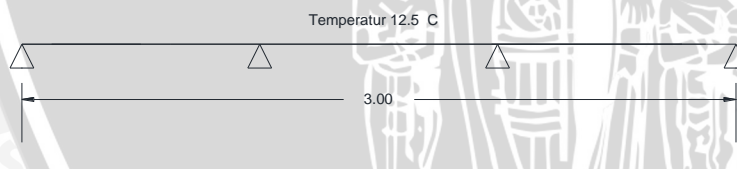


Momen Tumpuan,  $M_{EW} = 176,961 \text{ kgm}$

Momen Lapangan,  $M_{EW} = 215,776 \text{ kgm}$

Dipilih: kondisi 1 untuk momen lapangan  
kondisi 2 untuk momen tumpuan

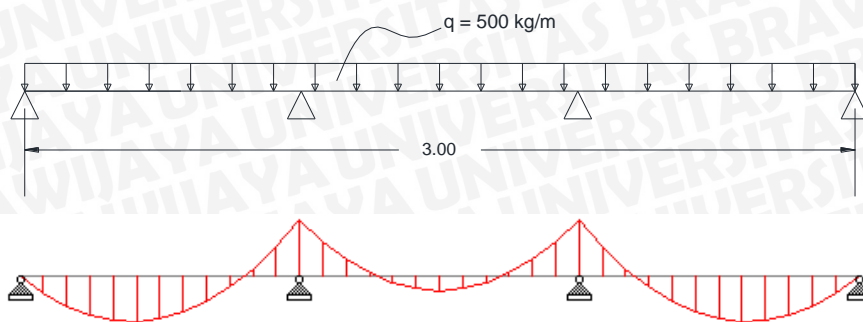
**5. Momen akibat temperatur (ET)**



Momen Tumpuan,  $M_{ET} = 219,055 \text{ kgm}$

Momen Lapangan,  $M_{ET} = 219,055 \text{ kgm}$

## 6. Momen akibat Beban Pejalan Kaki



Momen Tumpuan,  $M = 49,455 \text{ kgm}$

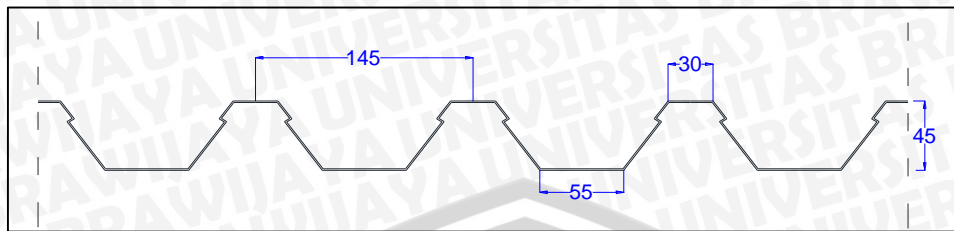
Momen Lapangan,  $M = 40,157 \text{ kgm}$

### e. Perhitungan Momen Ultimit

No.	Jenis Beban	Faktor Beban Ultimit	Momen Tumpuan (kgm)	Momen Lapangan (kgm)	Mu Tumpuan (kgm)	Mu Lapangan (kgm)
1	Berat sendiri	1,3	49.455	40.157	64.292	52.204
2	Berat mati tmbhn	2,0	16.073	13.051	32.146	26.102
3	Berat truk "T"	1,8	362.342	787.57	652.216	1417.626
4	Beban Angin	1,2	176.961	279.984	212.353	335.981
5	Temperatur	1,2	219.055	219.055	262.866	262.866
6	Pejalan Kaki	1,8	49.455	40.157	89.019	72.283
<b>TOTAL</b>					1312.891	2167.062



## f. Analisis Dek Baja

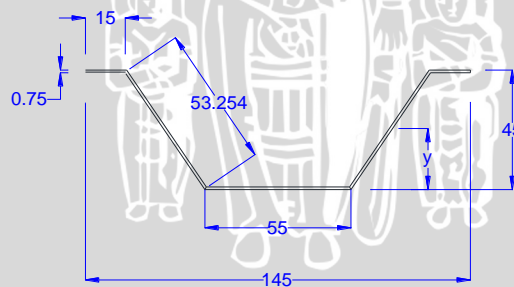


Gambar 4.2 Penampang Dek Baja

Direncanakan Pelat lantai kendaraan menggunakan dek baja merk combideck dengan tebal = 0.75 mm. Spesifikasi dek baja sebagai berikut:

- Tinggi Profil (h) = 45 mm
- Lebar Efektif Profil = 870 mm
- Berat Profil ( $W_x$ ) = 8.03 kg/m<sup>2</sup>
- As = 981.96 mm<sup>2</sup> / m
- Momen Inersia = 300000 mm<sup>4</sup> / m
- $F_y$  minimum = 320 Mpa

Berikut merupakan perhitungan titik berat dek baja:



Gambar 4.3 Penampang Dek Baja

$$A = (15 \times 0.75 + 53.354 \times 0.75) \times 2 + (55 \times 0.75)$$

$$= 143.781 \text{ mm}^2$$

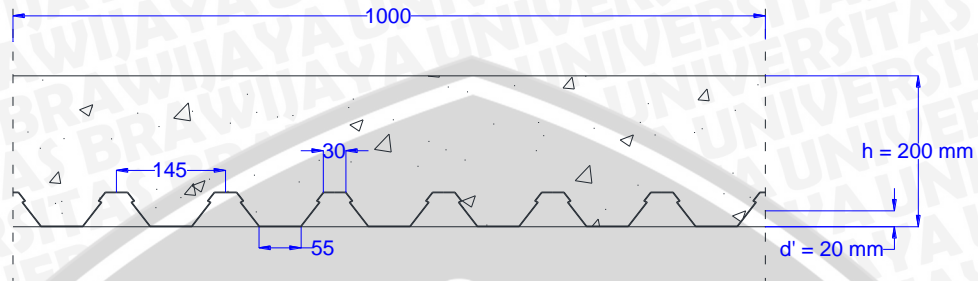
$$y = \frac{\sum(A_i \times y_i)}{A}$$

$$= \frac{2(15 \times 0.75) \times 45.375 + 2(53.254 \times 0.75) \times 22.875 + (55 \times 0.75) \times 0.375}{143.781}$$

$$= 19.917 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$

g. **Rencana Penulangan (Lentur Positif)**

Tulangan bawah pelat lantai kendaraan direncanakan menggunakan dek baja merk Combideck dengan tebal 0.75mm.



Gambar 4.4 Penampang Pelat Lantai Kendaraan

Diketahui:

$$\begin{aligned} M_u \text{ lapangan} &= 2167,062 \text{ kgm} \\ b &= 1000 \text{ mm (diambil per 1 m)} \\ d &= 200 - 20 = 180 \text{ mm} \\ f'_c &= 20,75 \text{ Mpa} \\ f_y &= 320 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2167,062 \times 9,8 \times 10^3}{0,85 \times 1000 \times 180^2} = 0,771 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{0,85 f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = 0,75 \frac{0,85 \times 20,75}{320} \times 0,85 \frac{600}{600 + 320} = 0,0229$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{320}{0,85 \times 20,75} = 18,143$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{18,143} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,143 \times 0,771}{320}} \right) = 0,002465$$

Karena  $\rho < \rho_{\min}$ , maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0044$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0044 \times 1000 \times 180 = 787,5 \text{ mm}^2$$

**Digunakan MetalDeck dengan  $A_s = 981,96 \text{ mm}^2$**

### h. Rencana Penulangan (Lentur Negatif)

$$M_u \text{ tumpuan} = 1312.891 \text{ kgm}$$

$$b = 1000 \text{ mm (diambil per 1 m)}$$

$$d = 200 - 40 = 160 \text{ mm}$$

$$f'_c = 20,75 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 293 \text{ Mpa}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1312.891 \times 9,8 \times 10^3}{0,85 \times 1000 \times 160^2} = 0,591 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{293} = 0,00478$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{0,85 f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = 0,75 \frac{0,85 \times 20,75}{293} \times 0,85 \frac{600}{600 + 293} = 0,0258$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{293}{0,85 \times 20,75} = 16,612$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{16,612} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,612 \times 0,895}{293}} \right) = 0,002053$$

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

Maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,00478$

#### Tulangan atas

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00478 \times 1000 \times 160 = 764.5051 \text{ mm}^2 = 7.645 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan Ø12 – 100,  $A_s = 11,31 \text{ cm}^2$

#### Tulangan bagi

$$A_s' = 0,5 \cdot A_s = 0,5 \times 7.654 = 3.83 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan Ø8 – 100,  $A_s' = 5.03 \text{ cm}^2$



### i. Kontrol Lendutan Slab

Data yang diperlukan dalam perhitungan Lendutan slab, antara lain:

- **Mutu Beton**

$$\text{Kuat tekan beton } (f'_c) = 20,75 \text{ Mpa}$$

- **Mutu Baja (Deck Baja)**

$$\text{Tegangan leleh baja } (f_y) = 320 \text{ MPa}$$

- Modulus elastic ( $E_c$ ) =  $4700 * \sqrt{f'_c}$   
= 21409,5 Mpa

- Modulus elastis baja ( $E_s$ ) =  $2 \times 10^5$  MPa

- Tebal slab ( $h$ ) = 0,2 m = 200 mm

- Jarak tulangan terhadap sisi luar beton ( $d'$ ) = 40 mm

- Tebal efektif slab ( $d$ ) =  $h - d' = 200 - 20 = 180$  mm

- Luas tulangan slab ( $A_s$ ) = 981.96 mm<sup>2</sup>

- Panjang bentang slab ( $L_x$ ) = 1,00 m = 1000 mm

- Ditinjau slab selebar ( $b$ ) = 1.00 m = 1000 mm

- Beban terpusat ( $P$ ) = "TT" = 1500 kg = 14715 N

- Beban merata ( $Q$ ) =  $P_{MS} + P_{MA}$   
= 500 + 162,5  
= 662,5 kg/m = 6,499 N/mm

- Lendutan total yang terjadi ( $L_{tot}$ ) harus  $< L_x / 800 = 1.25$  mm

$$\begin{aligned} \text{Inersia bruto penampang plat } (I_g) &= 1/12 * b * h^3 \\ &= 1/12 * 1000 * 200^3 \\ &= 6,67 \times 10^8 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus keruntuhan lentur beton } (f_r) &= 0.7 * \sqrt{f'_c} \\ &= 0.7 * \sqrt{20,75} \\ &= 3,19 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{Nilai perbandingan modulus elastis } (n) = E_s / E_c = \frac{200000}{21409,5} = 9,342$$

Sehingga,

$$n * A_s = 9,342 \times 981.96 = 9229,52 \text{ mm}^2$$

**Jarak garis netral terhadap sisi atas beton ( $c$ )**

$$C = n * A_s / b = 9229,52 / 1000 = 9,23 \text{ mm}$$

**Inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton dihitung :**

$$\begin{aligned} I_{cr} &= 1/3 * b * c^3 + n * A_s * (d - c)^2 \\ &= (1/3 \times 1000 \times 9,23^3) + (9229,52 \times (160 - 9,23)^2) \\ &= 2,097 \times 10^8 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$y_t = h/2 = 200/2 = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen retak (M}_{cr}) &= f_r * (I_g/y_t) = 3,19 * (6,67 \times 10^8/100) \\ &= 2,128 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban)**

$$\begin{aligned} M_a &= 1/8 * Q * L_x^2 + 1/4 * P * L_x \\ &= (1/8 * 662,5 * 100^2) + (1/4 * 1500 * 100) \\ &= 865625 \text{ kg.cm} = 8,492 \times 10^7 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

**Inersia efektif untuk perhitungan lendutan**

$$\begin{aligned} I_e &= (M_{cr}/M_a)^3 * I_g + [1 - (M_{cr}/M_a)^3] * I_{cr} \\ &= (2,128 \times 10^7 / 8,492 \times 10^7)^3 \times 6,67 \cdot 10^8 + [1 - (2,128 \times 10^7 / 8,492 \times 10^7)^3] \\ &\quad \times 2,097 \times 10^8 = 3,243 \times 10^8 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$Q = 6,499 \text{ kN/m} = 6,499 \text{ N/mm}$$

$$P = 1500 \text{ kg} = 14715 \text{ N}$$

**Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup**

$$\begin{aligned} \delta_e &= \frac{\frac{5}{384} x Q x Lx^4 + \frac{1}{48} x P x Lx^3}{E_c x I_e} \\ &= \frac{\frac{5}{384} x 6,499 x 1000^4 + \frac{1}{48} x 14715 x 1000^3}{21409,5 x 5,797 x 10^8} = 0,056 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Rasio tulangan slab lantai jembatan :**

$$\begin{aligned} \rho &= A_s / (b*d) \\ &= 981,96 / (1000*160) = 0,00614 \end{aligned}$$

**Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati**

**nilai ( $\zeta$ ) = 2,0**

$$\begin{aligned} \lambda &= \zeta / (1 + 50*\rho) \\ &= 2 / (1 + 50*0,00614) \\ &= 1,53 \end{aligned}$$

**Lendutan jangka panjang akibat rangkak dan susut :**

$$\delta_g = \frac{\lambda x \frac{5}{384} x Q x Lx^4}{E_c x I_e} = \frac{1,53 x \frac{5}{384} x 6,499 x 1000^4}{21409,5 x 3,243 x 10^8}$$

$$= 0.018 \text{ mm}$$

**Lendutan total pada plat lantai jembatan**  $\rightarrow \delta_{total} = \delta_e + \delta_g$

$$= 0,056 + 0.018$$

$$= 0,074 \text{ mm}$$

**KONTROL**

Lendutan total <  $L_x / 800$

0,074 mm < 1,25 mm  $\rightarrow$  AMAN (OK !!)

**4.2.2 Perencanaan Gelagar Memanjang****a. Data yang diketahui :**

- Bentang jembatan = 21 m
- Jarak gelagar memanjang = 1.0 m
- Jarak gelagar melintang = 2.1 m
- Lebar jembatan = 3 m
- Lebar lantai kendaraan = 3 m
- Tebal pelat lantai = 20 cm
- Tebal perkerasan aspal = 5 cm
- Tebal air hujan = 5 cm

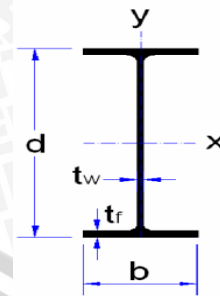
**b. Data bahan struktur :**

- Mutu beton = K-250
- $f'_c$  = 20.75 Mpa
- Mutu baja = BJ-41
- $f_y$  = 320 Mpa
- $f_r$  = 70 Mpa



### Direncanakan gelagar memanjang dengan Profil Baja WF 250.125.5.8

- Berat profil baja = 25.7 kg/m
- Tinggi (d) = 248 mm
- Lebar (b) = 124 mm
- Tebal badan ( $t_w$ ) = 5 mm
- Tebal sayap ( $t_f$ ) = 8 mm
- Luas penampang (A) = 3268 mm<sup>2</sup>
- Modulus Penampang ( $S_x$ ) = 285000 mm<sup>3</sup>
- Momen inersia ( $I_x$ ) = 35400000 mm<sup>4</sup>
- Momen inersia ( $I_y$ ) = 2550000 mm<sup>4</sup>
- Radius girasi ( $r_y$ ) = 27.9 mm
- $r_o$  = 12 mm
- $H = d - 2(t_f + r_o)$  = 208 mm



#### c. Pembebanan :

##### 1. BERAT MATI

Besarnya nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan menurut PPPJJR'87 Bab III Pasal 1 (1)

Beton bertulang / pratekan ..... 2,50 t/m<sup>3</sup>

Perkerasan jalan beraspal ..... 2,00 – 2,50 t/m<sup>3</sup>

Air ..... 1,00 t/m<sup>3</sup>

- Berat Pelat Lantai =  $b \times h \times \gamma_{\text{beton}}$   
= 1 x 0,20 x 2500 = 500 kg/m
  - Berat Perkerasan Aspal =  $b \times h \times \gamma_{\text{aspal}}$   
= 1 x 0,05 x 2250 = 112.5 kg/m
  - Berat Air Hujan =  $b \times h \times \gamma_{\text{air}}$   
= 1 x 0,05 x 1000 = 50 kg/m
  - Berat Sendiri Profil = q = 25.7 kg/m
  - Dek Baja = 8.03 x 1 = 8.03 kg/m
- $q_D = \underline{\underline{696.23 \text{ kg/m}}}$

## 2. BEBAN HIDUP

### *Beban “D”*

*Beban “D” atau beban jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata “q” ton per meter panjang per jalur, dan beban garis “P” ton per jalur lalu lintas tersebut.*

*(PPPJJR’87 Bab III Pasal 1 (2) 2.4.a)*

$$q = 2,2 \text{ t/m} \quad \text{untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$q = 2,2 \text{ t/m}' - \frac{1,1}{60}(L-30) \text{ t/m}' \quad \text{untuk } 30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$$

$$q = 1,1 \left(1 + \frac{30}{L}\right) \text{ t/m}' \quad \text{untuk } L > 60 \text{ m}$$

Sesuai peraturan Beban “D”, maka untuk bentang dengan panjang 21 m digunakan beban terbagi rata (q) dan beban garis (P) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Untuk } L < 30 \text{ m, maka :} \quad q &= 2,2 \text{ t/m}'/\text{jalur} \\ &= 2200 \text{ kg/m}'/\text{jalur} \\ P &= 12 \text{ ton}/\text{jalur} \\ &= 12000 \text{ kg}/\text{jalur} \end{aligned}$$

Karena jembatan hanya direncanakan dengan beban 50%, maka nilai beban terbagi rata (q) dan beban garis (P) menjadi:

$$\begin{aligned} q &= 1100 \text{ kg/m}'/\text{jalur} \\ P &= 6000 \text{ kg}/\text{jalur} \end{aligned}$$

### *Faktor distribusi (PPPJJR’87 Bab III Pasal 4 (2) 2.2.a)*

*Untuk gelagar tengah*

$$\alpha = 0.75 \quad \text{bila kekuatan gelagar melintang diperhitungkan}$$

$$\alpha = 1.00 \quad \text{bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan}$$

*Untuk gelagar pinggir*

*beban hidup yang diterima oleh gelagar pinggir adalah beban hidup tanpa memperhitungkan faktor distribusi ( $\alpha = 1.00$ )*

### Perhitungan momen akibat beban hidup

(sesuai dengan PPPJJR'87 Bab III Pasal 4 (2) 2.2.a)

- Beban hidup yang dapat diterima oleh tiap gelagar tengah

$$\text{Beban merata} = q' = \frac{q}{2,75} \cdot \alpha \cdot s$$

$$\text{Beban garis} = P' = \frac{P}{2,75} \cdot \alpha \cdot s$$

$$\text{dengan : } \alpha = 1$$

$$s = \text{jarak antar gelagar yang berdekatan}$$

$$= 1 \text{ m}$$

$$q' = \frac{1100}{2,75} \times 1 \times 1 = 400 \text{ kg/m}$$

$$P' = \frac{6000}{2,75} \times 1 \times 1 = 2182 \text{ kg}$$

- Beban hidup yang diterima oleh gelagar tepi

$$\text{Beban merata} = q' = \frac{q}{2,75} \cdot \alpha \cdot s'$$

$$\text{Beban garis} = P' = \frac{P}{2,75} \cdot \alpha \cdot s'$$

$$\text{dengan : } s' = \text{lebar pengaruh beban hidup pada gelagar pinggir}$$

$$q' = \frac{1100}{2,75} \times 1 \times 0,5 = 200 \text{ kg/m}$$

$$P' = \frac{6000}{2,75} \times 1 \times 0,5 = 1091 \text{ kg}$$

### Koefisien kejut(PPPJJR'87 Bab III Pasal 1 (3))

$$K = 1 + \frac{20}{50 + L} = 1 + \frac{20}{50 + 2,1} = 1,384$$

Untuk memperhitungkan pengaruh-pengaruh getaran-getaran dan pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akibat beban garis "P" harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum, sedangkan beban merata "q" dan beban "T" tidak dikalikan dengan koefisien kejut



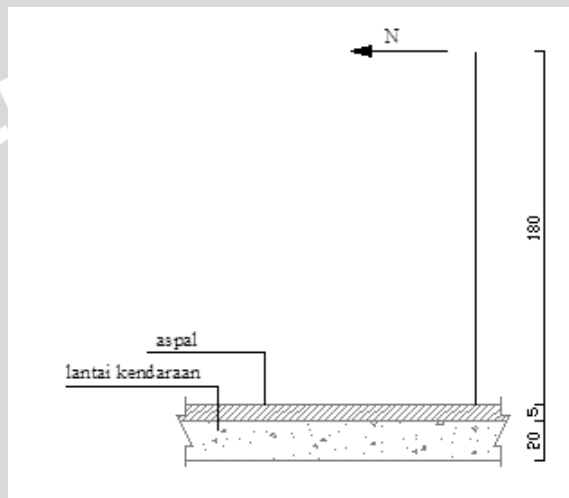
Beban "P" untuk gelagar tengah =  $2182 \times 1,384 = 3020 \text{ kg}$

Beban "P" untuk gelagar tepi =  $1091 \times 1,384 = 1610 \text{ kg}$

Beban hidup untuk gelagar memanjang digunakan data gelagar tengah.

### 3. BEBAN REM

Pengaruh gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau gaya rem sebesar 5% dari beban "D" tanpa koefisien kejut. Gaya rem bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 meter diatas permukaan lantai kendaraan. (PPPJJR'87 Bab III Pasal 2(4))



Gambar 4.5 Gaya yang bekerja pada Beban Rem

- Jarak antar titik dimana rem bekerja dengan tepi atas gelagar :

$$z = 1,80 + 0,05 + 0,20 = 2,05 \text{ m}$$

- Beban merata (q)

$$\begin{aligned} q &= 5\% \times \text{beban D (q')} \\ &= 5\% \times 400\text{kg/m} = 20\text{kg/m} \end{aligned}$$

Momen akibat gaya rem (q) terhadap gelagar memanjang:

$$\begin{aligned} M &= q \times z \times L \\ &= 20 \text{ kg/m} \times 2.05\text{m} \times 1\text{m} \\ &= 41 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Beban tepusat (P)

$$\begin{aligned} P &= 5\% \times \text{beban D (P')} \\ &= 5\% \times 2182 = 109.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen akibat gaya rem (P) terhadap gelagar memanjang:

$$\begin{aligned} M &= P \times z \\ &= 109.1 \times 2.05 \text{ m} \\ &= 223.7 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Momen Akibat gaya Rem} = 41 \text{ kg.m} + 223.7 \text{ kg.m} = 264.7 \text{ kg.m}$$

#### 4. BEBAN ANGIN

*Keadaan dengan beban hidup :*

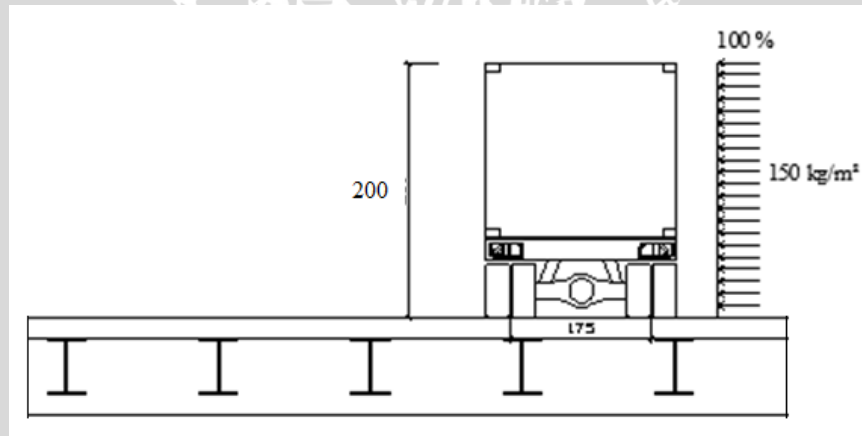
- Untuk jembatan diambil sebesar 50% terhadap luas bidang
- Untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin. (PPPJJR'87 Bab III Pasal 2 (1) 1.2)

*Gaya tekan angin 150 kg/m<sup>2</sup>*

*Beban angin untuk beban hidup diambil 100%*

*Beban angin untuk bidang sisi yang langsung terkena angin 100%*

*Beban angin untuk bidang sisi yang lainnya 50%*



Gambar 4.6 Gaya yang bekerja pada beban angin

Tekanan angin pada beban hidup (kendaraan) menimbulkan tekanan vertikal pada gelagar memanjang sebesar:

$$q_w = \frac{Q_1 \cdot X_1}{a} = \frac{(150 \times 2) \times (1 + 0,2 + 0,05)}{1,75} = 214,29 \text{ kg/m}$$

$H_1$  = tekanan angin pada kendaraan

$X_1$  = jarak ke gelagar memanjang

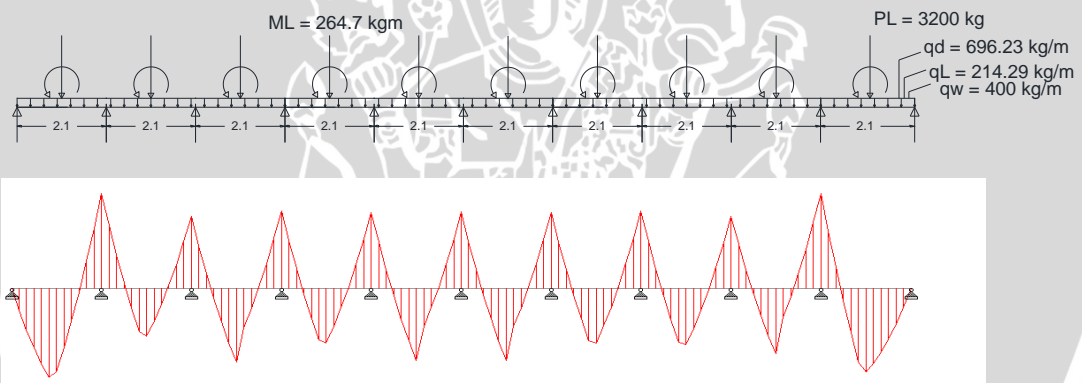
$a$  = jarak as roda kendaraan

**d. Analisis Pembebanan :** $q_D = 696.23 \text{ kg/m}$  (Beban Mati) $q_L = 400 \text{ kg/m}$  (beban "D") $q_w = 214.29 \text{ kg/m}$  (beban Angin) $P_L = 3020 \text{ kg}$  (beban "D") $M$  (akibat beban rem) = 264.7 kgm

Tabel 4.3 Faktor Beban Ultimit pada pembebanan Gelagar memanjang

No.	Jenis Beban	Faktor Beban Ultimit
1	Beban Mati	1,3
2	Berat truk "D"	1,8
3	Beban Angin	1,2
4	Beban Rem	1,8

(RSNI T-02-2005 Hal. 9)



Hasil perhitungan dengan menggunakan program STAAD.Pro didapatkan:

No.	Jenis Beban	Faktor Beban	Momen (kg.m)	Geser (Kg)	$M_u$ (Kg.m)	$D_u$ (Kg)
1	Beban Mati	1.3	313.632	880.396	407.72	1144.51
2	Berat truk "D"	1.8	1151.923	2478.535	2073.46	4461.36
3	Beban Angin	1.2	96.532	270.972	115.84	325.17
4	Beban Rem	1.8	132.35	126.048	238.23	226.89
					2835.25	6157.93



e. Kontrol Penampang :

**Kontrol kelangsingan penampang (RSNI T-03-2005 Tabel 4)**

- Tekuk Lokal Sayap (*flange*)

$$\lambda = \frac{bf}{2.tf} = \frac{124}{2.8} = 7.75$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{320}} = 9,50$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{fy - fr}} = \frac{370}{\sqrt{320 - 70}} = 23.40$$

Kontrol:

$$\lambda < \lambda_p < \lambda_r \rightarrow \text{PENAMPANG KOMPAK !!}$$

- Tekuk Lokal Badan (*web*)

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{320}} = 93.91$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{fy}} = \frac{2550}{\sqrt{320}} = 142.55$$

Kontrol:

$$\lambda < \lambda_p < \lambda_r \rightarrow \text{PENAMPANG KOMPAK !!}$$

Jadi, penampang kompak terhadap sayap dan badan, sehingga  $M_n = M_p$ .

**Kontrol pengaruh tekuk lokal (RSNI T-03-2005 pasal 7.2.3)**

$$\begin{aligned} M_n &= M_p \\ &= fy \times Z_x \\ &= fy \times 1,5 \times S_x \\ &= 320 \times 1,5 \times 285000 \\ &= 136800000 \text{Nmm} = 13953.6 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Kontrol momen terhadap tekuk lokal:

$$\phi M_n > M_u$$

$$0,9 M_n > M_u$$

$$12558.2 \text{ kgm} > 2835.25 \text{ kgm} \rightarrow \text{OK !!}$$

Jadi, profil kuat menahan momen terhadap tekuk lokal.

**Kontrol pengaruh tekuk lateral (RSNI T-03-2005 pasal 7.3.1)**

Diketahui :

- Mutu baja = BJ-41
- $F_y$  = 320MPa
- $f_r$  = 70MPa
- $E$  = 200000 Mpa
- $G$  = 80000 Mpa

$$J = \frac{1}{3} ((2 \times b \times t_f^3) + (d \times t_w^3))$$

$$= \frac{1}{3} ((2 \times 124 \times 8^3) + (248 \times 5^3)) = 52658.67 \text{ mm}^4$$

$$I_w = \frac{I_y \times h^2}{4} = \frac{2550000 \times 208^2}{4} = 2,76.10^{10} \text{ mm}^6$$

$$F_L = f_y - f_r = 320 - 70 = 250 \text{ MPa}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E \times G \times J \times A}{2}} = \frac{\pi}{285000} \sqrt{\frac{2.10^5 \times 8.10^4 \times 52658,67 \times 3268}{2}}$$

$$= 12939 \text{ mm}$$

$$X_2 = 4 \times \left(\frac{S_x}{G \times J}\right)^2 \frac{I_w}{I_y} = 4 \times \left(\frac{285000}{8.10^4 \times 52658.67}\right)^2 \frac{2,76.10^{10}}{2550000}$$

$$= 1,98.10^{-4} \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

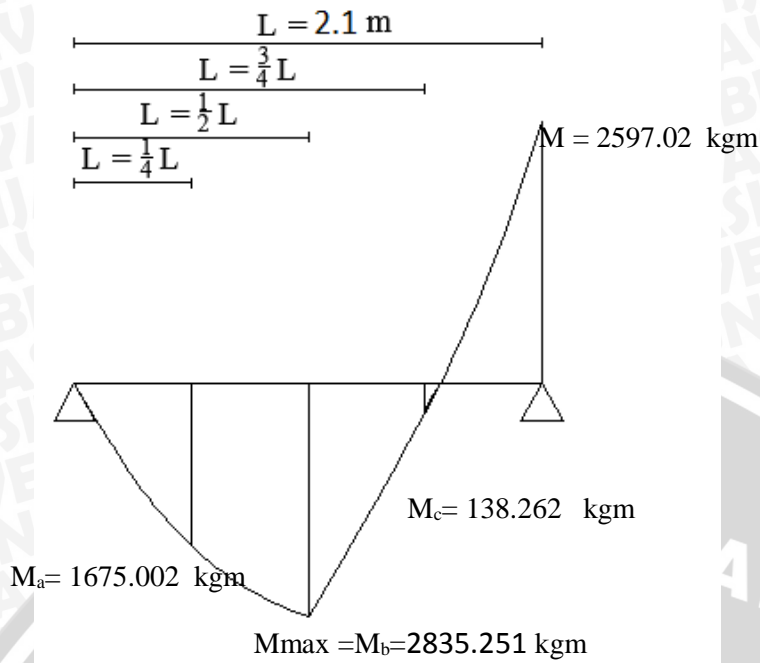
$$= 1,76 \times 27,9 \times \sqrt{\frac{200000}{320}} = 1227,60 \text{ mm}$$

$$L = 2.1 \text{ m} = 2100 \text{ mm}$$

$$L_r = \frac{r_y \times X_1}{F_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_L)^2}} = \frac{27.91 \times 12939}{250} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 1,98.10^{-4} (250)^2}}$$

$$= 3069.27 \text{ mm}$$

$L_p \leq L \leq L_r \rightarrow$  Bentang menengah (RSNI T-03-2005 pasal 7.3.4)



$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} \leq 2,3$$

$$= \frac{12,5(2835,251)}{2,5(2835,251) + 3(1675.002) + 4(2835,251) + 3(138.262)} \leq 2,3$$

$$= 1,485 \leq 2,3 \rightarrow \text{OK !!}$$

$$M_p = f_y \times Z_x$$

$$= f_y \times 1,5 \times S_x$$

$$= 320 \times 1,5 \times 285000$$

$$= 136800000 \text{ Nmm} = 13953.6 \text{ kgm}$$

$$M_r = (f_y - f_r) \times S_x$$

$$= (320 - 70) \times 285000$$

$$= 71250000 \text{ Nmm}$$

$$= 7267.5 \text{ kgm}$$



$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

(RSNI T-03-2005 pasal 7.3.4)

$$= 1,485 \left[ 7267.5 + (13953.6 - 7267.5) \frac{3069.27 - 2100}{3069.5 - 1227.60} \right] \leq M_p$$

$$= 16015.66 \text{ kgm} \geq 13953.6 \text{ kgm} \rightarrow \text{TIDAK OK !!}$$

Karena  $M_n \geq M_p$ , maka  $M_n = M_p$

Kontrol momen terhadap tekuk lateral:

$$\phi M_n > M_u$$

$$0,9 M_n > M_u$$

$$12558.24 \text{ kgm} > 2835.25 \text{ kgm} \rightarrow \text{OK !!}$$

Jadi, profil kuat menahan momen terhadap tekuk lateral.

**Kontrol pengaruh geser (RSNI T-03-2005 pasal 7.8.2)**

$$k_n = 5 + \frac{5}{(h/d)^2} = 5 + \frac{5}{(208/248)^2} = 12.108$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n x E}{f_y}}$$

$$\frac{208}{5} \leq 1,10 \sqrt{\frac{12,108 \cdot 10^5}{320}}$$

$$41.6 \leq 95.69 \rightarrow \text{OK !!}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \rightarrow A_w = \text{Luas kotor pelat badan} = h \times t_w$$

$$= 0,6 \times 320 \times (208 \times 5)$$

(RSNI T-03-2005 pasal 7.8.3)

$$= 199680 \text{ kg}$$

Kontrol terhadap pengaruh geser:

$$\phi V_n > V_u$$

$$0,9 V_n > V_u$$

$$179712 \text{ kg} > 6157.93 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !!}$$

Jadi, profil kuat menahan pengaruh geser.

**f. Kontrol pengaruh lendutan (RSNI T-03-2005 pasal 4.7.2)**

Syarat lendutan maksimum balok:

$$\frac{L}{800} = \frac{2100}{800} = 2.625 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{5}{384} \frac{q_L L^4}{EI_x} + \frac{1}{48} \frac{P_L L^3}{EI_x} + \frac{5}{48} \frac{M_L L^2}{EI_x} \\ &= \frac{5}{384} \frac{400.9,8.2100^4}{2.10^5.3540.10^4.10^3} + \frac{3020.9,8.2100^3}{48.2.10^5.3540.10^4.10^3} + \frac{264,7.9,8.2100^2.10^3}{16.2.10^5.3540.10^4} \\ &= (0.1402 + 0.8065 + 0.1683) \text{ mm} \\ &= 1.115 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol terhadap pengaruh lendutan :

$$\frac{L}{800} > \Delta$$

$$2.625 \text{ mm} > 1.115 \text{ mm} \rightarrow \text{OK !!}$$

Jadi, profil kuat menahan pengaruh lendutan.

**Jadi, dapat disimpulkan bahwa profil WF 250.125.5.8 dapat digunakan pada gelagar memanjang.**

### 4.2.3 Perhitungan Komposit

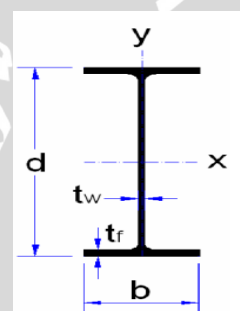
Perhitungan Komposit yang dihitung merupakan aksi komposit yang terjadi pada gelagar manganjang dan pelat lantai kendaraan

#### a. Data bahan struktur :

- Mutu beton = K-250
- $f'_c$  = 20.75 MPa
- Mutu baja = BJ-41
- $f_y$  = 320 MPa
- $f_r$  = 70 MPa

#### Data Teknis Profil Baja WF 250.125.5.8

- Berat profil baja = 25.7 kg/m
- Tinggi (d) = 248 mm
- Lebar (b) = 124 mm
- Tebal badan ( $t_w$ ) = 5 mm
- Tebal sayap ( $t_f$ ) = 8 mm
- Luas penampang (A) = 3268 mm<sup>2</sup>
- Modulus Penampang ( $S_x$ ) = 285000 mm<sup>3</sup>
- Momen inersia ( $I_x$ ) = 35400000 mm<sup>4</sup>
- Momen inersia ( $I_y$ ) = 2550000 mm<sup>4</sup>
- Radius girasi ( $r_y$ ) = 27.9 mm
- $r_o$  = 12 mm
- $H = d - 2(t_f + r_o)$  = 208 mm

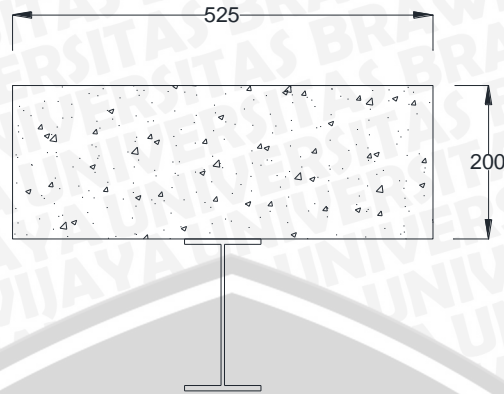


#### b. Lebar Efektif Penampang Beton

Syarat :

- $b_{eff} \leq \frac{1}{4}$  Bentang =  $\frac{1}{4} \cdot 2.1 \text{ m} = 0.525 \text{ m}$
- $b_{eff} \leq$  Jarak antar gelagar = 1,0 m
- $b_{eff} \leq 12 \times$  Tebal pelat =  $12 \times 0,2 = 2,4 \text{ m}$





Gambar 4.7 Lebar efektif pada penampang beton komposit

Diambil nilai  $b_{eff}$  yang terkecil,  $b_{eff} = 0.525 \text{ m} = 52,5 \text{ cm}$

c. Perhitungan Komposit

- Angka Ekuivalen ( n ) :

$$E_s = 2,0 \times 10^5 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{20.75} = 21409.52 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{21409.52} = 9.34$$

- Luas ekuivalen ( A Ekuivalen ) :

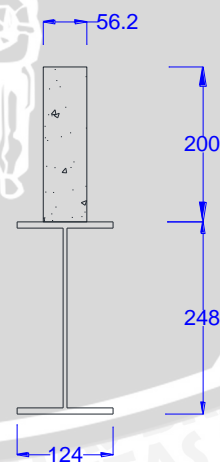
$$b' = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{52.5}{9.34} = 5.62 \text{ cm}$$

$$A_e = b' \times t = 5.62 \times 20 = 112.4 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 32.68 \text{ cm}^2$$

- Luas penampang komposit (  $A_{KOMPOSIT}$  ) :

$$A = A_e + A_{baja} = 112.4 \text{ cm}^2 + 32.68 \text{ cm}^2 = 145.08 \text{ cm}^2$$

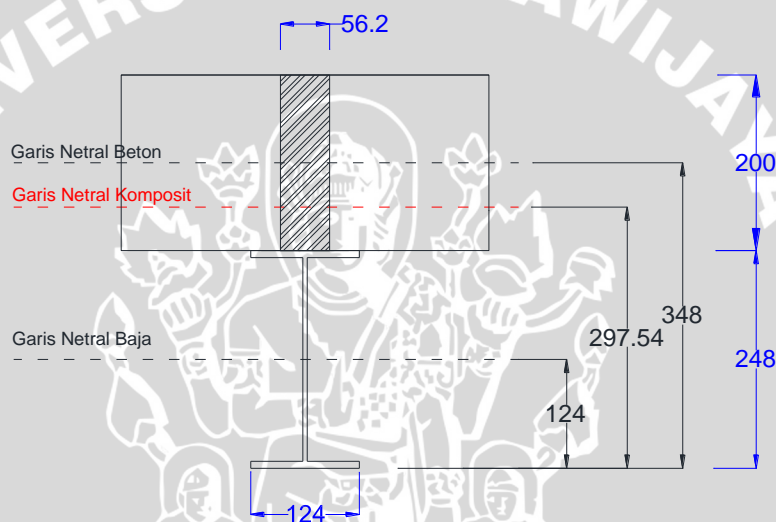


- Titik Berat Penampang Komposit

$$y_{\text{baja}} = 0.5 \times 248 = 124 \text{ mm} = 12.4 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} y_{\text{beton}} &= h_{\text{profil}} + \frac{1}{2} \times h_{\text{beton}} \\ &= 24.8 + \frac{1}{2} \times 20 = 34.8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{(A_s \cdot h/2) + (A_e \cdot (h+t/2))}{A} \\ &= \frac{(32,68 \times 24,8/2) + (112,4 \times (24,8+20/2))}{145,08} \\ &= 29,754 \text{ cm (Garis Netral ada pada penampang Beton)} \end{aligned}$$



Gambar 4.8 Titik Berat Penampang Komposit

- Momen inersia penampang komposit ( $I_k$ ) :

$$I_k = \left( I_x + \left( A_s \cdot \left( y - \frac{h}{2} \right) \right) \right) + \left( \left( \frac{1}{12} \cdot b' \cdot t^3 \right) + \left( A_e \cdot t \cdot \left( h + \frac{t}{2} - y \right)^2 \right) \right)$$

$$= \left( 3540 + \left( 32.68 \cdot \left( 29,754 - \frac{24.8}{2} \right) \right) \right) +$$

$$\left( \left( \frac{1}{12} \cdot 5,62 \cdot 20^3 \right) + \left( 112,4 \cdot 20 \cdot \left( 24,8 + \frac{20}{2} - 29,754 \right)^2 \right) \right)$$

$$= 13382.277 + 6608.282$$

$$= 19990.559 \text{ cm}^4$$

#### d. Perhitungan Terhadap Tegangan

- Kontrol Terhadap Tegangan Lentur

- Sebelum Komposit (Prakomposit)

Tegangan yang terjadi di profil baja:

$$\sigma = \frac{M \cdot \left(\frac{h}{2}\right)}{I_x} = \frac{40302 \times \left(\frac{24,8}{2}\right)}{3540} = 141,17 \text{ kg/cm}^2$$

- Sesudah Komposit (Post Komposit)

1. Pada bagian atas pelat beton

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{M_{Post} \times (h+t-y)}{n \times I_k} && \leq \bar{\sigma}_c = 0,45 \times f'c \\ &= \frac{283055 \times (24,8+20-29,754)}{9,32 \times 19990,559} && \leq \bar{\sigma}_c = 0,45 \times 207,5 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 22,86 \text{ kg/cm}^2 && \leq \bar{\sigma}_c = 93,375 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Pada bagian bawah pelat beton

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{M_{Post} \times (y-h)}{n \times I_k} && \leq \bar{\sigma}_c = 0,45 \times f'c \\ &= \frac{283055 \times (29,754-24,8)}{9,32 \times 19990,559} && \leq \bar{\sigma}_c = 0,45 \times 207,5 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7,53 \text{ kg/cm}^2 && \leq \bar{\sigma}_c = 93,375 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Pada sayap atas profil baja

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{M_D \times \left(\frac{h}{2}\right)}{I_x} + \frac{M_L \times (y-h)}{I_k} && \leq \bar{\sigma}_s = \frac{2}{3} \times f_y \\ &= \frac{40302 \times \left(\frac{24,8}{2}\right)}{3540} + \frac{242753 \times (29,754-24,8)}{19990,559} && \leq \bar{\sigma}_s = \frac{2}{3} \times 3200 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 201,33 \text{ kg/cm}^2 && \leq \bar{\sigma}_s = 2133,33 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4. Pada sayap bawah profil baja

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{M_D \times \left(\frac{h}{2}\right)}{I_x} + \frac{M_L \times (y)}{I_k} && \leq \bar{\sigma}_s = \frac{2}{3} \times f_y \\ &= \frac{40302 \times \left(\frac{24,8}{2}\right)}{3540} + \frac{242753 \times (29,754)}{19990,559} && \leq \bar{\sigma}_s = \frac{2}{3} \times 3200 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 502,48 \text{ kg/cm}^2 && \leq \bar{\sigma}_s = 2133,33 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



➤ Diagram tegangan sebelum dan sesudah komposit

• Tegangan sebelum komposit ( pra komposit )

Pada sayap atas profil baja = 141.17 kg/cm<sup>2</sup>

Pada sayap bawah profil baja = 141.17 kg/cm<sup>2</sup>

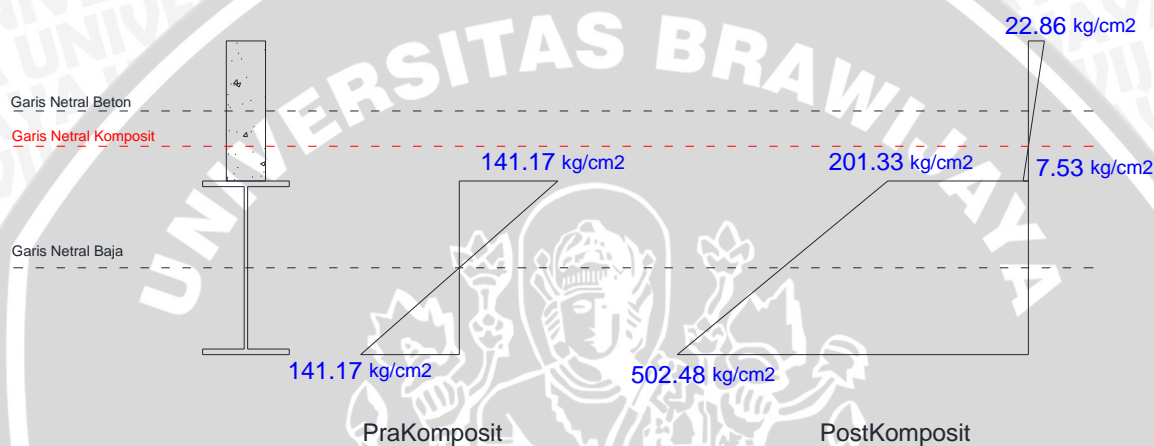
• Tegangan sesudah komposit ( post komposit )

Pada bagian atas pelat beton = 22,86 kg/cm<sup>2</sup>

Pada bagian bawah pelat beton = 7,53 kg/cm<sup>2</sup>

Pada sayap atas profil baja = 201,33 kg/cm<sup>2</sup>

Pada sayap bawah profil baja = 502,48 kg/cm<sup>2</sup>

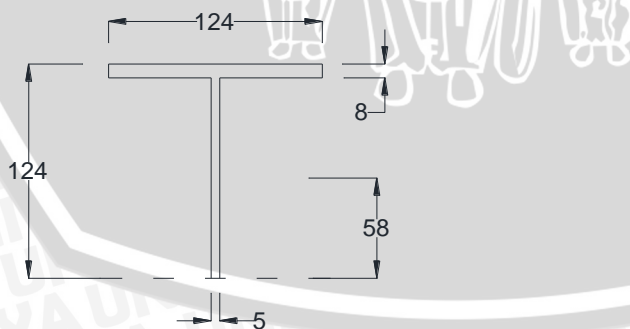


Gambar 4.9 Diagram tegangan pada penampang komposit

• Kontrol Terhadap Geser

➤ Sebelum Komposit

Tegangan yang terjadi di profil baja:



$$S_x = (0,8 \times 12,4 \times 12) + (0,5 \times 11,6 \times 5,8)$$

$$= 152,68 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{D \cdot S}{b \cdot I_x} = \frac{1131,31 \times 152,68}{0,5 \times 3540} = 97,59 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Sesudah Komposit

Statis momen terhadap garis netral komposit:

✓ Pelat Beton

$$\begin{aligned} S_{x1} &= b' \times t \times ek \\ &= 5.62 \times 20 \times 5,046 \\ &= 567.17 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

✓ Pelat Baja Profil

$$\begin{aligned} S_{x2} &= A_s \times e_s \\ &= 32,68 \times 22,4 \\ &= 732,03 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Tegangan Geser yang terjadi:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{D_{Post} \times (S_{x1} + S_{x2})}{b \times I_c} \leq \bar{\tau} = 0.58 \times \sigma \\ &= \frac{6144,72 \times (567,17 + 732,03)}{5,62 \times 3746,67} \leq \bar{\tau} = 0.58 \times 1666,67 \\ &= 379,14 \text{ kg/cm}^2 \leq \bar{\tau} = 966,67 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

e. **Perhitungan Shear Connector**

Shear connector direncanakan menggunakan stud  $\emptyset 1/2'' = 12.7 \text{ mm}$  dengan tinggi stud (H) = 100 mm dan  $f_u = 400 \text{ MPa}$ . Jumlah stud dalam arah tegak lurus sumbu gelagar memanjang = 2 buah.

- Gaya Geser yang terjadi

$$D_u = 6157.93 \text{ Kg}$$

- Luas Permukaan Stud ( $A_{sc}$ )

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12,7^2 \\ &= 126.73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kekuatan nominal satu penghubung jenis paku/stud untuk perencanaan penghubung geser dari 'Stud' baja berkepala.

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \sqrt{20.75} \\ &= 21409.52 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c \cdot E_c} && \leq A_{sc} F_{bu} \\ &= 0,5 \cdot 126.73 \sqrt{20,75 \cdot 21409.52} && \leq 126.73 \cdot 400 \\ &= 42234 \text{ N} && \leq 50692 \text{ N} \\ &= 4309.6 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Cek koefisien reduksi ( $r_s$ ) karena pengaruh pelat dek baja yang dipasang tegak lurus terhadap balok gelagar memanjang. (SNI 03-1729–2002 hal 88)

$$r_s = \frac{0.85}{\sqrt{N_r}} \left( \frac{W_r}{h_r} \right) \left[ \left( \frac{H_s}{h_r} \right) - 1 \right] \leq 1$$

Keterangan:

$r_s$  : faktor reduksi

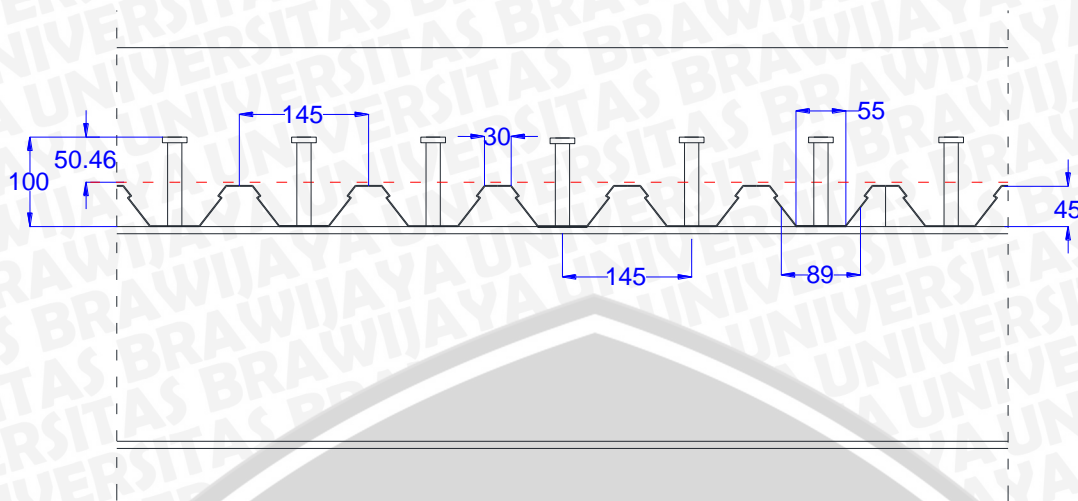
$N_r$  : jumlah penghubung geser jenis paku pada setiap gelombang pelat berprofil di perpotongannya dengan balok

$h_s$  : tinggi penghubung geser jenis paku  $\leq (h_r + 75 \text{ mm})$

$h_r$  : tinggi nominal gelombang pelat baja berprofil

$W_r$  : lebar efektif gelombang pelat baja berprofil





Gambar 4.10 Shear Connector pada gelagar memanjang

Besar Koefisien Reduksi:

$$\begin{aligned}
 r_s &= \frac{0.85}{\sqrt{N_r}} \left( \frac{W_r}{h_r} \right) \left[ \left( \frac{H_s}{h_r} \right) - 1 \right] \leq 1 \\
 &= \frac{0.85}{\sqrt{2}} \left( \frac{89}{45} \right) \left[ \left( \frac{50.46}{45} \right) - 1 \right] \leq 1 \\
 &= 0,144 < 1
 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } Q_n = Q \cdot r_s = 0,144 \cdot 4309,6 \text{ Kg} = 620.58 \text{ Kg}$$

➤ **Banyak Stud yang dibutuhkan**

Banyaknya stud:

$$N = \frac{Du}{Q_n} = \frac{6144.72 \text{ Kg}}{620.58 \text{ Kg}} = 9.9 \approx 10 \text{ (Untuk Setengah bentang)}$$

$$N = 2 \times 10 = 20 \text{ buah. (Untuk 1 bentang dengan } L = 2.1 \text{ m)}$$

Jika pada setiap 1 gelombang deck dipasang 2 stud, maka jumlah Shear-Connector Stud yang dibutuhkan di sepanjang bentang gelagar: (L=2.1 m)

$$N = \frac{L}{145} \times 2 = \frac{2100}{145} \times 2 = 28.96 \approx 28 \text{ buah untuk bentang 2.1 meter}$$

#### 4.2.4 Perencanaan Gelagar Melintang

##### a. Data yang diketahui:

- Jarak antar gelagar memanjang = 1 m
- Jarak antar gelagar melintang = 2.1 m
- Lebar jembatan = 3 m
- Lebar jalan = 3 m
- Tebal lantai kendaraan = 20 cm
- Tebal aspal (rata-rata) = 5 cm
- Tinggi air hujan = 5 cm
- Direncanakan profil WF.350.175.7.11;  $q = 49.6 \text{ kg/m}$

##### b. Pembebanan

###### ▪ Beban Mati

Beban merata terdiri dari berat sendiri gelagar melintang.

$$q = 49.6 \text{ kg/m}$$

Faktor Beban Ultimit = 1.1

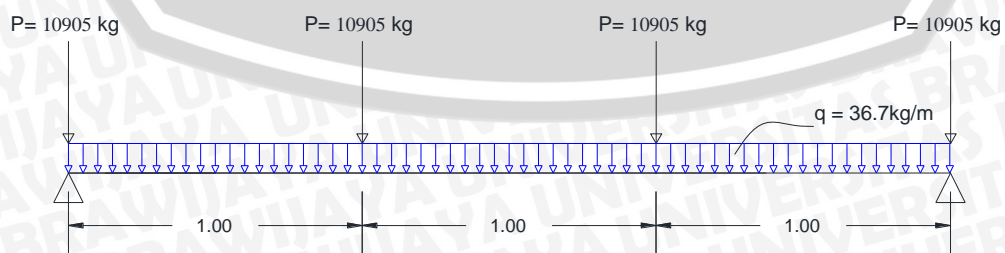
(Berat Sendiri untuk Baja Aluminium RSNi T-02-2005 hal. 10)

###### ▪ Beban dari gelagar Memanjang

Beban terpusat yang terdiri dari lantai kendaraan, aspal, air hujan dan berat gelagar memanjang, diambil dari reaksi pada gelagar memanjang.

$$P_u = 10905 \text{ kg}$$

##### Pembebanan Gelagar Melintang



Gambar 4.11 Pembebanan Gelagar Melintang

### c. Perhitungan Statika Gelagar Melintang

1. Momen maksimum akibat beban mati ( $M_D$ ):

$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{1}{2} (3 \times q) \\ &= \frac{1}{2} (3 \times 49.6) \\ &= 74.4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_D &= 74.4 \cdot 1.5 - \frac{1}{2} \cdot 49.6 \cdot (1.5)^2 \\ &= 55.8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

2. Momen maksimum akibat beban ultimate dari gelagar memanjang:

$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{1}{2} (4 \times P) \\ &= \frac{1}{2} (4 \times 10905) \\ &= 21810 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 21810 \cdot 1.5 - 10905 \cdot 1.5 - 10905 \cdot 0.5 \\ &= 10905 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Kombinasi pembebanan :

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 M_D + M_u \\ &= 10966.38 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,1 V_D + V_u \\ &= 21891.840 \text{ kg} \end{aligned}$$

### d. Dimensi Gelagar Melintang

Dicoba menggunakan baja profil WF.350.175.7.11

Berat profil baja	=	49.6	kg/m
Tinggi (d)	=	350	mm
Lebar (b)	=	175	mm
Tebal badan ( $t_w$ )	=	7	mm
Tebal sayap ( $t_f$ )	=	11	mm
Luas penampang (A)	=	6314	mm <sup>2</sup>
Modulus penampang ( $S_x$ )	=	775000	mm <sup>3</sup>
Momen inersia ( $I_x$ )	=	136000000	mm <sup>4</sup>
Momen inersia ( $I_y$ )	=	9840000	mm <sup>4</sup>
Radius girasi ( $r_y$ )	=	39.5	mm
ro	=	14	mm



$h$	$=$	300	mm
$E$	$=$	200000	Mpa
$G$	$=$	80000	Mpa
$f_y$	$=$	255	Mpa
$f_r$	$=$	70	Mpa

- ✓ Kuat Nominal Lentur Penampang dengan pengaruh tekuk lokal

Kontrol Kekompakan Profil

- Tekuk Lokal Sayap (*flange*)

$$\lambda = \frac{bf/2}{tf} = \frac{175/2}{11} = 7.95$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{255}} = 10,6$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{255 - 70}} = 27.20$$

Kontrol:

$$\lambda < \lambda_p < \lambda_r \text{ penampang kompak}$$

- Tekuk Lokal Badan (*web*)

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{300}{7} = 42.86$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{255}} = 105,21$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{255}} = 159.687$$

Kontrol:

$$\lambda < \lambda_p < \lambda_r \text{ penampang kompak}$$

Jadi penampang kompak terhadap sayap dan badan, sehingga:

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = f_y \times Z \quad (Z = 1,2 - 1,5 S) \\ &= f_y \times 1,5 \times S_x \\ &= 255 \times 1,5 \times 775000 \\ &= 296437500 \text{ Nmm} = 30236.6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Kontrol momen terhadap batas tekuk lokal:

$$\phi M_n > M_u$$

$$0,9 \times 30236,6 > 10956,38$$

$$27213 > 10966,38 \quad \text{..... OK}$$

Jadi profil kuat menahan momen terhadap tekuk lokal

✓ Kuat Nominal Lentur Penampang dengan pengaruh tekuk lateral

$$J = \frac{1}{3} ((2 \times b \times t_f^3) + (d \times t_w^3))$$

$$= \frac{1}{3} (2(175 \cdot 11^3) + (350 \cdot 7^3))$$

$$= 195300 \text{ mm}^4$$

$$I_w = \frac{I_y \times h^2}{4} = \frac{9840000 \times 300^2}{4} = 22,1 \cdot 10^{10} \text{ mm}^6$$

$$F_L = f_y - f_r = 255 - 70 = 185 \text{ MPa}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E \times G \times J \times A}{2}} = \frac{\pi}{775000} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 \times 8 \cdot 10^4 \times 195300 \times 6314}{2}}$$

$$= 12737,12 \text{ mm}$$

$$X_2 = 4 \times \left( \frac{S_x}{G \times J} \right)^2 \frac{I_w}{I_y}$$

$$= 4 \times \left( \frac{775000}{8 \cdot 10^4 \times 195300} \right)^2 \frac{22,1 \cdot 10^{10}}{9840000} = 2,21 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 39,5 \times \sqrt{\frac{200000}{255}} = 1946,95 \text{ mm}$$

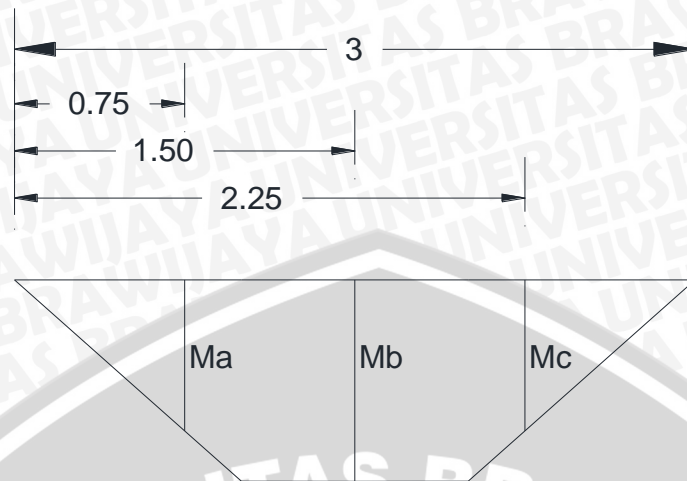
$$L = 3 \text{ m} = 3000 \text{ mm}$$

$$L_r = \frac{r_y \times X_1}{F_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_L)^2}}$$

$$= \frac{39,5 \times 12737,12}{185} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 2,21 \cdot 10^{-4} (185)^2}}$$

$$= 5268,47 \text{ mm}$$

$L_p \leq L \leq L_r \rightarrow$  Bentang menengah (RSNI T-03-2005 pasal 7.3.4)



- $M_a = 8224.786 \text{ kgm}$
- $M_b = 10966.38 \text{ kgm}$
- $M_c = 8224.786 \text{ kgm}$
- $M_{\max} = 10966.38 \text{ kgm}$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \leq 2,3$$

$$= \frac{12,5 (10966.38)}{2,5 (10966.38) + 3(8224.786) + 4(10966.38) + 3(8224.786)} \leq 2,3$$

$$= 1,14 \leq 2,3 \dots \text{ok!}$$

$$M_p = f_y \times Z_x$$

$$= f_y \times 1,5 \times S_x$$

$$= 255 \times 1,5 \times 775000$$

$$= 296437500 \text{ Nmm}$$

$$= 30236.625 \text{ kgm}$$

$$M_r = (f_y - f_r) \times S_x$$

$$= (255 - 70) \times 775000$$

$$= 14337500 \text{ Nmm}$$

$$= 14624.25 \text{ kgm}$$



$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \quad (\text{RSNI T-03-2005 pasal 7.3.4}) \\
 &= 1,14 \left[ 14624.25 + (30236.625 - 14625.25) \frac{5268.47 - 3000}{5268.47 - 1946.95} \right] \leq M_p \\
 &= 28735.112 \text{ kgm} \leq 30236.625 \text{ kgm} \rightarrow \text{OK !!}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai  $M_n = 28735.112 \text{ kg.m}$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &\geq M_u \\
 0,9 \times 28735.112 &\geq 10966.38 \\
 25861.6 &> 10966.38 \dots\dots\dots \text{OK !}
 \end{aligned}$$

Jadi profil kuat menahan momen terhadap tekuk lateral

✓ **Kontrol pengaruh geser (RSNI T-03-2005 pasal 7.8.2)**

$$k_n = 5 + \frac{5}{(h/d)^2} = 5 + \frac{5}{(300/350)^2} = 11.81$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{7} \leq 1,10 \sqrt{\frac{11,81 \times 200000}{255}}$$

$$42.86 \leq 105.85 \rightarrow \text{OK !!}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \quad \rightarrow A_w = \text{Luas kotor pelat badan} = h \times t_w \\
 &= 0,6 \times 255 \times (300 \times 11) \quad (\text{RSNI T-03-2005 pasal 7.8.3}) \\
 &= 321300 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap pengaruh geser:

$$\phi V_n > V_u$$

$$0,9 V_n > V_u$$

$$289170 \text{ kg} > 21871.8 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !!}$$

Jadi, profil kuat menahan pengaruh geser.

e. Kontrol pengaruh lendutan (RSNI T-03-2005 pasal 4.7.2)

Syarat lendutan maksimum balok:

$$\frac{L}{800} = \frac{300}{800} = 3.75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{1}{48} \frac{P.b_1(3L^2 - 4b^2)}{EI_x} + \frac{1}{48} \frac{P.b_2(3L^2 - 4b^2)}{EI_x} \\ &= \frac{10905.9.8.1000.(3.3000^2 - 4.1000^2)}{48.2.10^5.13600.10^4} + \frac{10905.9.8.2000.(3.3000^2 - 4.2000^2)}{48.2.10^5.13600.10^4} \\ &= 1.8826 + 1.8008 \\ &= \mathbf{3.6834 \text{ mm}} \end{aligned}$$

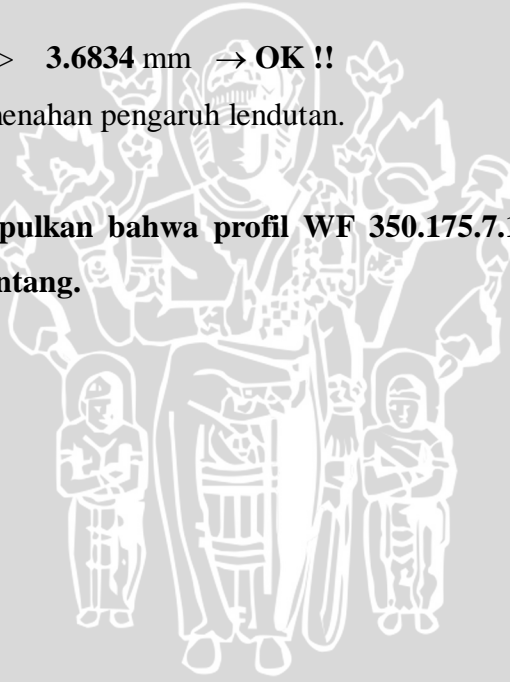
Kontrol terhadap pengaruh lendutan :

$$\frac{L}{800} > \Delta$$

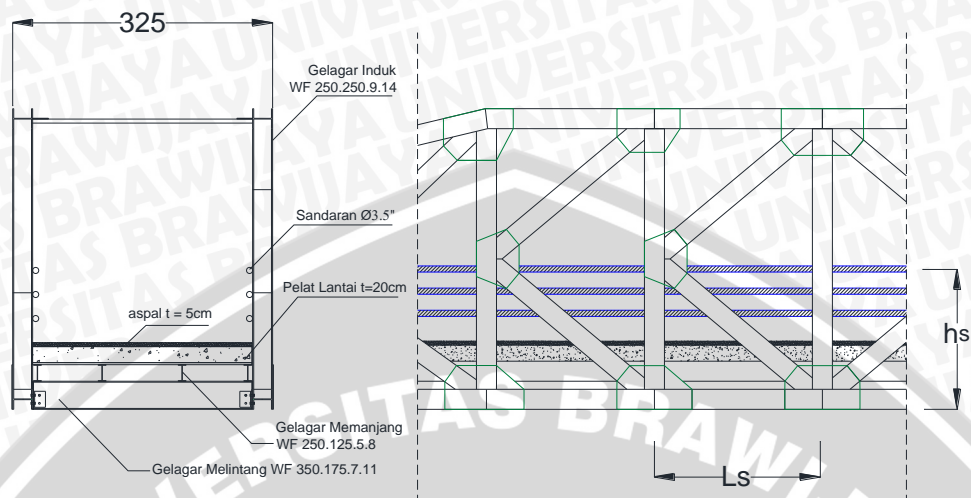
$$3.75 \text{ mm} > \mathbf{3.6834 \text{ mm}} \rightarrow \mathbf{OK !!}$$

Jadi, profil kuat menahan pengaruh lendutan.

**Jadi, dapat disimpulkan bahwa profil WF 350.175.7.11 dapat digunakan pada gelagar melintang.**



#### 4.2.5 Perencanaan Sandaran



Gambar 4.12 Sandaran pada jembatan

Sandaran (railing) merupakan pagar untuk pengaman pengguna jembatan khususnya pejalan kaki. Namun pada perencanaan jembatan betek, tidak terdapat kreb dan trotoar, sehingga sandaran juga digunakan untuk untuk pengamanan kendaraan roda dua.

Menurut *PPPJJR '87 Bab III Pasal 1 (2) 2.5*, disebutkan bahwa Tiang-tiang sandaran pada setiap tepi trotoar harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horisontal sebesar  $100 \text{ kg/m}^1$  yang bekerja pada tinggi 90 cm di atas trotoar. Karena pada jembatan ini tidak memiliki trotoar dan kerb, maka sandaran jembatan juga didesain agar mampu menahan beban horisontal sebesar 50% beban tumbukan terhadap kerb, yaitu sebesar  $250 \text{ kg/m}$  dan juga beban  $100 \text{ kg/m}$ .

##### a. Tinggi Sandaran

Jika gelagar melintang menggunakan profil WF 350.175 dengan ketinggian profil 35 cm, gelagar memanjang dengan profil WF 250.125, sedangkan tinggi pelat lantai 20 cm dan perkerasan aspal setebal 5 cm, maka tinggi sandaran dari titik terbawah rangka induk :

$$h_s = 0.35 + 0.25 + 0.2 + 0.05 + 0.9 = 1,75 \text{ m}$$

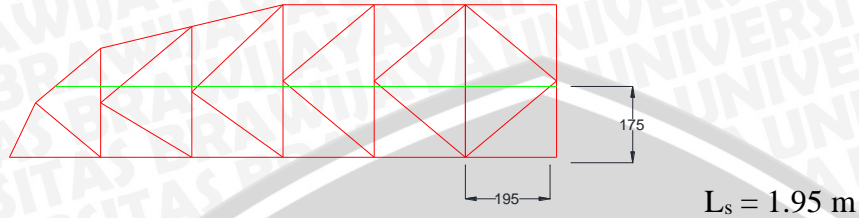
sedangkan tinggi total rangka :

$$h_{\text{total rangka}} = 3.5 + 0,125 + 0.125 = 3,75 \text{ m}$$



### b. Panjang Bentang Sandaran

Sandaran diasumsikan menumpu sendi pada rangka utama, dengan panjang sandaran yang bentang sandaran sebesar:

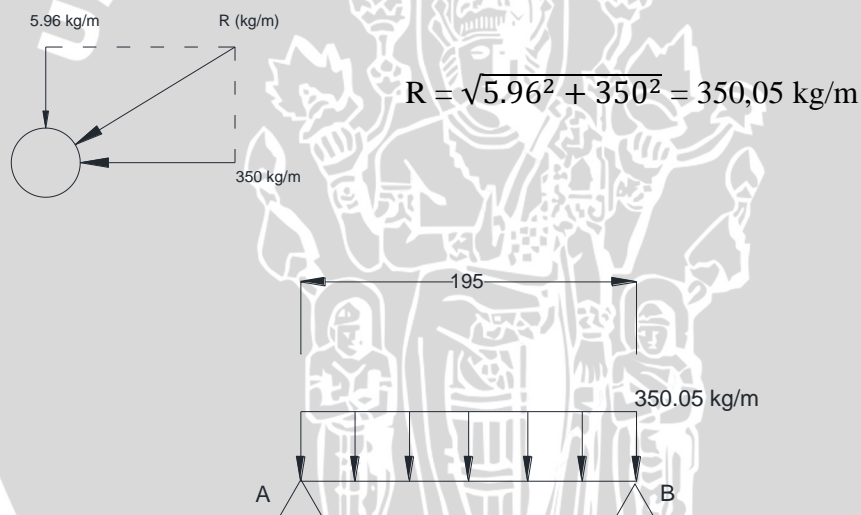


### c. Pembebanan

Gaya yang terjadi:

akibat beban mati pipa baja  $\phi 3,5'' = 5,96 \text{ kg/m}'$

akibat beban hidup  $= 350 \text{ kg/m}'$



Gambar 4.13 Pembebanan pada sandaran

### d. Data Sandaran

Sandaran direncanakan menggunakan pipa baja  $\phi 3,5''$ ,  $t = 2,8 \text{ mm}$

Tabel 4.4 Spesifikasi profi pipa baja  $\phi 3,5''$ ,  $t = 2,8 \text{ mm}$

$f_y$	$\sigma_{ijin}$	d	t	A	W	$I_x=I_y$	$i_x=i_y$	$W_x=W_y$
Mpa	Mpa	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	mm	cm <sup>3</sup>
240	160	89,1	2,8	7,591	5,96	70,7	3,05	15,9

### e. Analisis struktur

$$R_A = R_B = \frac{q \times Ls}{2} = \frac{(350.05) \times 1,950}{2} = 341.3 \text{ kg} = 3344.8 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= \frac{1}{8} \times q \times Ls^2 = \frac{1}{8} \times (350.04) \times 1,95^2 \\ &= 166,383 \text{ kgm} = 1630504,78 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

### f. Cek kekuatan dan kekakuan

- Terhadap Momen

$$\sigma = \frac{M_{\text{maks}}}{W} < \bar{\sigma} = \frac{2}{3} \cdot f_y$$

$$\sigma = \frac{1630504,78 \text{ Nmm}}{15900 \text{ mm}^3} < \bar{\sigma} = \frac{2}{3} \cdot 240 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 102,55 \text{ MPa} < \bar{\sigma} = 160 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$$

- Terhadap Geser

$$\tau = \frac{D}{A} < \tau = 0,58 \times \bar{\sigma}$$

$$\tau = \frac{3344.8 \text{ N}}{759.1 \text{ mm}^2} = 4,41 \text{ MPa} < \bar{\tau} = 0,58 \times 160 = 92,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$$

- Terhadap Lendutan

$$\Delta = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} < \frac{L}{300}$$

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{350,05 \cdot 9,8 \cdot 1950^4}{2 \cdot 10^5 \cdot 70,7 \cdot 10^4 \cdot 10^3} < \frac{1950}{300}$$

$$\Delta = 4.57 \text{ mm} < 6,5 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Jadi, pipa baja  $\phi 3,5''$  dapat digunakan sebagai pipa sandaran.

#### 4.2.6. Perencanaan Ikatan Angin

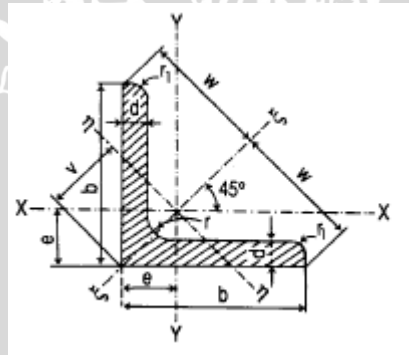
##### a. Data yang diketahui :

- Bentang jembatan = 21 m
- Jarak gelagar memanjang = 1 m
- Jarak gelagar melintang = 2,1 m
- Lebar jembatan = 3 m
- Lebar lantai kendaraan = 3 m
- Tebal pelat lantai = 20 cm
- Tebal perkerasan aspal = 5 cm
- Tebal air hujan = 5 cm

##### b. Data bahan struktur :

- Mutu baja = BJ-50
- $f_y$  = 290 MPa
- $f_u$  = 500 MPa

##### c. Direncanakan ikatan angin dengan profil baja L 50.50.5



Gambar 4.14 Penampang profil siku

- Berat profil baja = 4,95 kg/cm
- Tinggi atau lebar (b) = 50 mm
- Tebal (d atau t) = 5 mm
- Luas penampang (A) = 4,80 cm<sup>2</sup>
- Momen Inersia ( $I_x = I_y$ ) = 11,0 cm<sup>4</sup>
- Radius girasi ( $r_x = r_y = r_{\min}$ ) = 1,51 cm



#### d. Pembebanan :

- $C_w$  (koefisien seret) = 1,20
- $V_w$  (Kecepatan angin rencana) = 30 m/s
- $A_b$  (luas ekuivalen samping jembatan) = 64,372 m<sup>2</sup>

➤ Beban angin pada sisi rangka langsung terkena angin (tekan) :

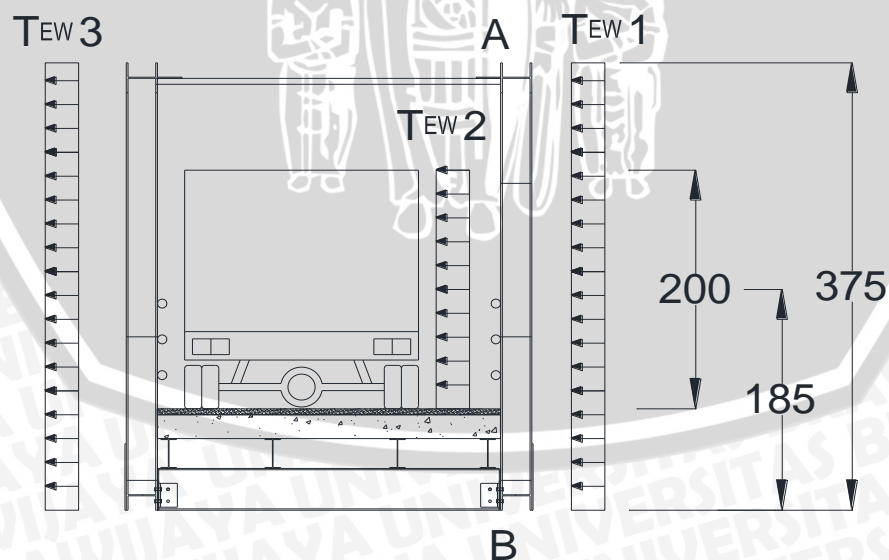
$$\begin{aligned} T_{EW1} &= 0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \\ &= 0,0006 \times 1,20 \times (30)^2 \times (30\% \times 64,372) \\ &= 12,514 \text{ kN} \\ &= 1275,629 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Beban angin pada beban hidup (kendaraan) setinggi 2 meter:

$$\begin{aligned} T_{EW2} &= 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \\ &= 0,0012 \times 1,20 \times (30)^2 \times (30\% \times 64,372) \\ &= 25,029 \text{ kN} \\ &= 2551,257 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Beban angin pada sisi rangka tidak langsung terkena angin (hisap) :

$$\begin{aligned} T_{EW3} &= 50\% \times 0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \\ &= 50\% \times 0,0006 \times 1,20 \times (30)^2 \times (30\% \times 64,372) \\ &= 6,257 \text{ kN} \\ &= 637,814 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.15 Beban yang bekerja pada ikatan angin

➤ Akibat Angin Tekan

- Distribusi beban angin yang diterima ikatan angin atas :

$$\Sigma M_B = 0$$

$$(V_A \times 3,75) - (T_{EW1} \times 1,875) - (T_{EW2} \times 1,85) = 0$$

$$(V_A \times 3,75) - (1275,629 \times 1,875) - (2551,257 \times 1,85) = 0$$

$$V_A = 1896,434 \text{ kg}$$

$$P_1 = \frac{V_A}{4} = \frac{1896,434}{4} = 474,109 \text{ kg}$$

- Distribusi beban angin yang diterima ikatan angin bawah :

$$\Sigma M_A = 0$$

$$(V_B \times 3,75) - (T_{EW1} \times 1,875) - (T_{EW2} \times (3,75 - 1,85)) = 0$$

$$(V_B \times 3,75) - (1275,629 \times 1,875) - (2551,257 \times (3,75 - 1,85)) = 0$$

$$V_B = 1930,451 \text{ kg}$$

$$P_1 = \frac{V_B}{10} = \frac{2004,559}{10} = 193,045 \text{ kg}$$

➤ Akibat Angin Hisap

- Distribusi beban angin yang diterima ikatan angin hisap :

$$\Sigma M_B = 0$$

$$(V_A \times 3,75) - (T_{EW3} \times 1,875) = 0$$

$$(V_A \times 3,75) - (637,814 \times 1,875) = 0$$

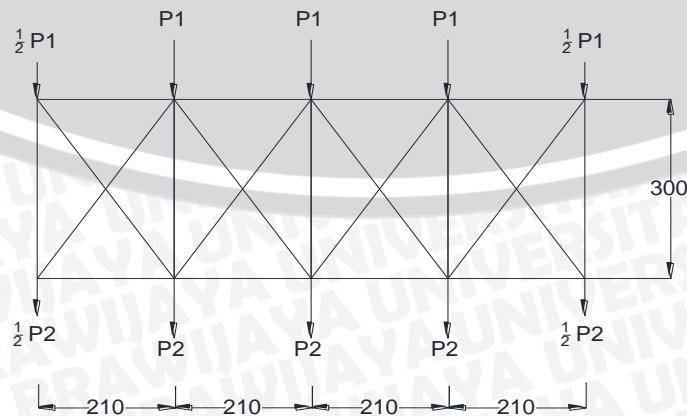
$$V_A = V_B = 318,907 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{V_A}{4} = \frac{318,907}{4} = 79,727 \text{ kg (ikatan angin hisap atas)}$$

$$P_2 = \frac{V_B}{10} = \frac{318,907}{10} = 31,891 \text{ kg (ikatan angin hisap bawah)}$$

e. Analisis Pembebanan :

1. Reaksi pada ikatan angin atas :



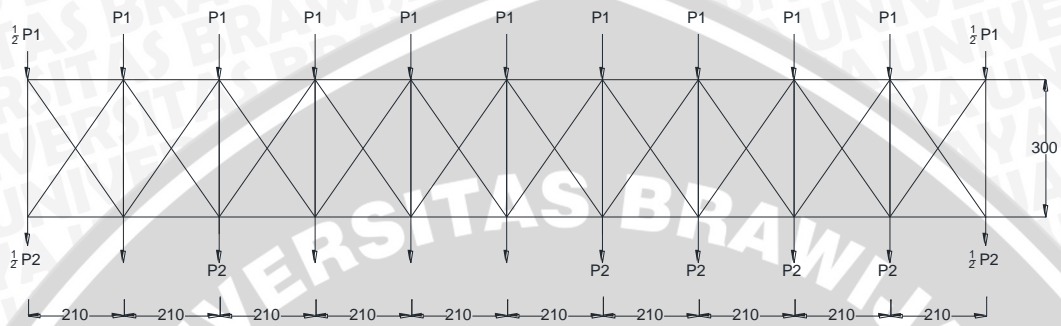
Gambar 4.16 Beban yang bekerja pada ikatan angin atas

Dari hasil perhitungan Staad.Pro diperoleh :

Batang tarik maks = 325.226 kg

Batang tekan maks = 670.201 kg

## 2. Reaksi pada ikatan angin bawah :



Gambar 4.16 Beban yang bekerja pada ikatan angin bawah

Dari hasil perhitungan Staad.Pro diperoleh :

Batang tarik maks = 405.120 kg

Batang tekan maks = 936.481 kg

## f. Kontrol Penampang :

### Kontrol batang tarik (RSNI T-03-2005 pasal 5)

Diketahui :

Profil Baja L 50.50.5

- Mutu baja = BJ-50
- $f_y$  = 290 Mpa
- $f_u$  = 500 Mpa
- E = 200000 Mpa
- L = 1831 mm
- $N_u$  = 405.120 kg



Kondisi leleh:

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$N_u \leq \phi A_g f_y$$

$$405.120 \text{ kg} \leq 0,9 \times 480 \times 290$$

$$405.120 \text{ kg} \leq 125280 \text{ N}$$

$$405.120 \text{ kg} \leq 12783.67 \text{ kg} \rightarrow \text{Aman}$$

Kondisi fraktur:

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$N_u \leq \phi A_e f_u$$

$$N_u \leq \phi (A_g - n d t) U f_u$$

$$405.120 \text{ kg} \leq 0,75 \times (480 - 2 \times (12,7+2) \times 5) \times 0,75 \times 500$$

$$405.120 \text{ kg} \leq 0,75 \times 249.75 \times 500$$

$$405.120 \text{ kg} \leq 93656.25 \text{ N}$$

$$405.120 \text{ kg} \leq 9556.76 \text{ kg} \rightarrow \text{Aman}$$

**Kontrol batang tekan (RSNI T-03-2005 pasal 6.2)**

Diketahui :

Profil Baja L 50.50.5

- Mutu baja = BJ-50
- $f_y$  = 290 Mpa
- E = 200000 Mpa
- L = 1831 mm
- k = 1 (sendi-send)
- $N_u$  = 936.481 kg
- Periksa kelangsingan penampang (RSNI T-03-2005 pasal 6.1 Tabel 4)

- Sayap (*flange*)

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{50}{5} = 10$$

$$\lambda_r = \frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{290}} = 11,744$$

$$\frac{b}{t} < \frac{200}{\sqrt{f_y}} \quad (\text{Stabilitas Penampang OK!})$$

- Badan (*web*)

Tak ada syarat

- Arah sumbu-x

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_x}{r_x} = \frac{1,0 \times 1831}{15,1} = 121,258$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{121,258}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,469$$

$$\lambda_{cx} < 1,5$$

$$N_n = (0,66^{\lambda_{cx}^2}) A_g \cdot f_y$$

$$= (0,66^{1,469^2}) 480.290 = 56783,49 \text{ N} = 5788,33 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{936,481 \text{ kg}}{0,85 \times 5788,33} = 0,20 < 1 \rightarrow \text{Aman}$$

- Arah sumbu-y

$$\lambda_y = \frac{k \cdot L_y}{r_y} = \frac{1,0 \times 1831}{15,1} = 121,258$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{121,258}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,469$$

$$\lambda_{cy} > 1,5$$

$$N_n = (0,66^{\lambda_{cy}^2}) A_g \cdot f_y$$

$$= (0,66^{1,469^2}) 480.290 = 56783,49 \text{ N} = 5788,33 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{936,481 \text{ kg}}{0,85 \times 5788,33} = 0,20 < 1 \rightarrow \text{Aman}$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa profil L 50.50.5 dapat digunakan pada ikatan angin atas dan ikatan angin bawah.

#### 4.2.7 Perencanaan Rangka Jembatan

##### a. Data yang diketahui :

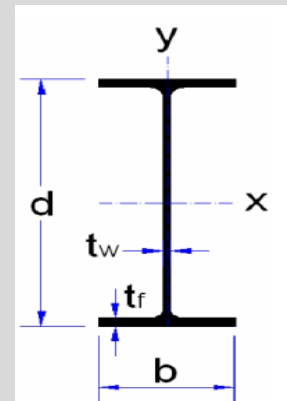
- Bentang jembatan = 21 m
- Jarak gelagar memanjang = 1 m
- Jarak gelagar melintang = 2.1 m
- Lebar jembatan = 3 m
- Lebar lantai kendaraan = 3 m
- Tebal pelat lantai = 20 cm
- Tebal perkerasan aspal = 5 cm
- Tebal air hujan = 5 cm

##### b. Data bahan struktur :

- Mutu baja = BJ-41
- $f_y$  = 320 MPa
- $f_u$  = 464 MPa

##### c. Direncanakan Rangka Baja dengan Profil Baja WF 250.250.9.14

- Berat profil baja = 72.4 kg/m
- Tinggi (d) = 250 mm
- Lebar (b) = 250 mm
- Tebal badan ( $t_w$ ) = 9 mm
- Tebal sayap ( $t_f$ ) = 14 mm
- Luas penampang (A) = 9218 mm<sup>2</sup>
- Modulus penampang ( $S_x$ ) = 867000 mm<sup>3</sup>
- Momen inersia ( $I_x$ ) = 108000000 mm<sup>4</sup>
- Momen inersia ( $I_y$ ) = 36500000 mm<sup>4</sup>
- Radius girasi ( $r_y$ ) = 62.9 mm
- Radius girasi ( $r_x$ ) = 108 mm
- $r_o$  = 16 mm
- $H = d - 2(t_f + r_o)$  = 190 mm

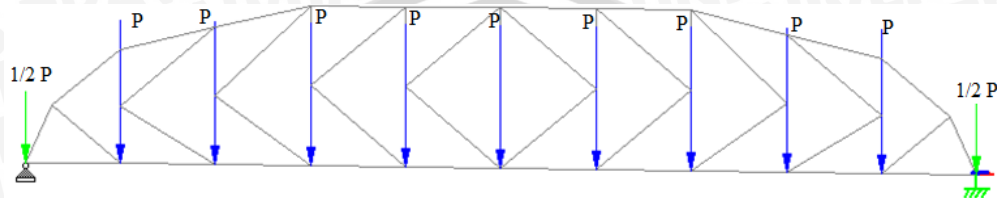




d. **Pembebanan :**

- **Beban dari gelagar Melintang**

Beban terpusat yang terdiri dari lantai kendaraan, aspal, air hujan, berat gelagar memanjang, dan gelagar melintang yang diambil dari reaksi pada gelagar melintang yaitu sebesar  $P = 21892 \text{ kg}$



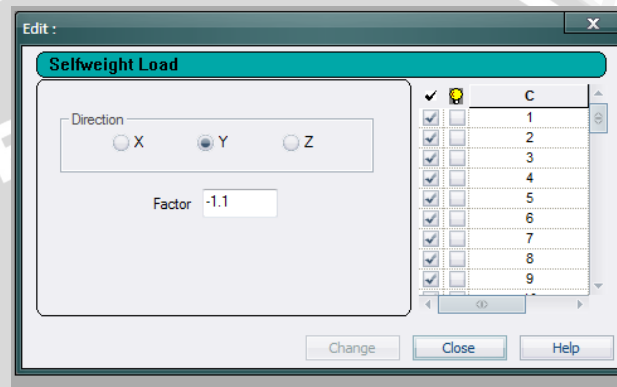
- **Berat sendiri Profil dan Sambungan pada Rangka Induk**

Direncanakan dengan profil WF 250.250.9.14 dengan berat 18.2 kg/m

No. Batang	Panjang (cm)	Berat (kg)	No. Batang	Panjang (cm)	Berat (kg)
1	210	152.040	31	195.26	141.368
2	210	152.040	32	125	90.500
3	210	152.040	33	273.36	197.913
4	210	152.040	34	150	108.600
5	210	152.040	35	290	209.960
6	210	152.040	36	175	126.700
7	210	152.040	37	273.36	197.913
8	210	152.040	38	175	126.700
9	210	152.040	39	273.36	197.913
10	210	152.040	40	273.36	197.913
11	138.65	100.383	41	175	126.700
12	195.26	141.368	42	273.36	197.913
13	125	90.500	43	175	126.700
14	244.39	176.938	44	290	209.960
15	150	108.600	45	150	108.600
16	258.07	186.843	46	273.36	197.913
17	175	126.700	47	125	90.500
18	273.36	197.913	48	195.26	141.368
19	175	126.700	49	215.87	156.290
20	273.36	197.913	50	215.87	156.290
21	273.36	197.913	51	210	152.040
22	175	126.700	52	210	152.040
23	273.36	197.913	53	210	152.040
24	175	126.700	54	210	152.040
25	258.07	186.843	55	215.87	156.290
26	150	108.600	56	215.87	156.290
27	244.39	176.938	57	350	253.400
28	125	90.500			
29	195.26	141.368			
30	138.65	100.383			

$$\begin{aligned}
 \text{Total Berat profil} &= 8709.966 \text{ kg} \\
 \text{Berat sambungan} &= 10\% \times 2189.52 = \underline{870.997 \text{ kg}} + \\
 \text{Jumlah} &= 9580.963 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Untuk analisis gaya batang, berat sendiri profil dihitung dengan menggunakan bantuan software Staadpro. Berat sambungan diasumsi sebesar 10% dari berat total. Sehingga pada pembebanan ini dimasukkan Load factor sebesar 1.1



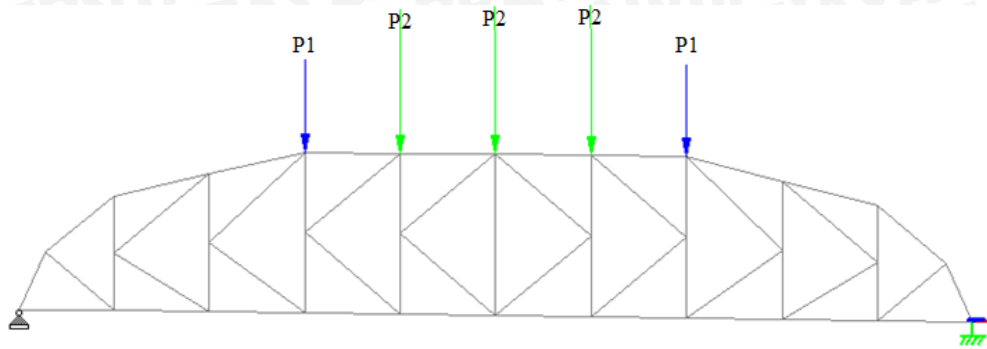
- **Berat ikatan angin atas** = 3.77 kg/m

Panjang (cm)	Jumlah	Berat (Kg)
366.1967	8	110.445
300	5	56.550

$$\begin{aligned}
 \text{Total Berat yang ditahan oleh struktur} &= \frac{1}{2} (110.445 + 56.55) \\
 &= 83.498 \text{ Kg} + 10\% (\text{sambungan}) \\
 &= 91.85 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Besarnya } P_1 (\text{untuk titik buhul di pinggir}) &= 1.1 \times \frac{1}{2} (3 + 3.66) \times 3.77 \\
 &= 13.82 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Besarnya } P_2 (\text{untuk titik buhul di Tengah}) &= 1.1 \times \frac{1}{2} (3 + 2 \times 3.66) \times 3.77 \\
 &= 21.41 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



- **Berat ikatan angin bawah** = 3.77 kg/m

Panjang (cm)	Jumlah	Beban (kg)
366.1967	20	276.112

Total Berat yang ditahan oleh struktur =  $\frac{1}{2}$  (276.11)

= 138.056 Kg + 10% ( sambungan)

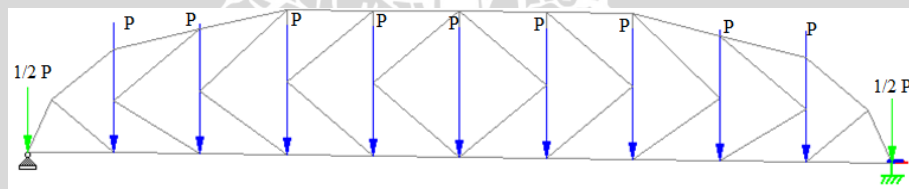
= 151.9 Kg

Besar P untuk titik buhul di Tengah =  $1.1 \times \frac{1}{2} (2 \times 3.66 \times 3.77)$

= 15.19 Kg

Besar P untuk titik buhul di Pinggir =  $\frac{1}{2} P$

= 7.595 Kg



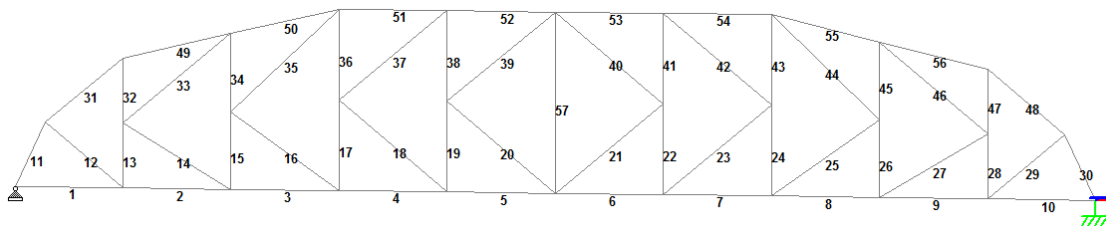
- **Berat Sandaran**

Sandaran direncanakan menggunakan pipa baja  $\phi 3,5$ ". Dipasang 3 pipa pada setiap sisi jembatan sepanjang bentang jembatan (21 meter).

Berat pipa sandaran=  $3 \times 5,96 \text{ kg/m} = 17.88 \text{ kg/m}$



### e. Analisis Pembebanan :



Gambar 4.18 Penomoran Batang jembatan

- Reaksi tumpuan :

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} (10 \times 21892 + 9580.963 + 91.85 + 151.9 + 21 \times 17.88) \\ = 114560.1 \text{ kg}$$

- Berdasarkan hasil Analisa StaadPro, didapatkan gaya batang sbb:

Tabel 4.5 Gaya Batang Rangka Jembatan

No. Batang	Gaya Batang (Kg)	Panjang (cm)	Keterangan	Posisi Batang
1	49631.444	210	tarik	Bawah
2	86729.963	210	tarik	Bawah
3	128583.280	210	tarik	Bawah
4	144716.650	210	tarik	Bawah
5	165419.800	210	tarik	Bawah
6	165419.800	210	tarik	Bawah
7	144716.650	210	tarik	Bawah
8	128583.260	210	tarik	Bawah
9	86729.982	210	tarik	Bawah
10	49631.494	210	tarik	Bawah
11	114742.760	138.65	tekan	Atas
12	48340.688	195.26	tarik	Diagonal
13	8629.854	125	tekan	Tegak
14	48755.941	244.39	tarik	Diagonal
15	2588.066	150	tekan	Tegak
16	19885.432	258.07	tarik	Diagonal
17	10688.012	175	tarik	Tegak
18	27018.400	273.36	tarik	Diagonal
19	4965.240	175	tarik	Tegak
20	9052.088	273.36	tarik	Diagonal
21	9052.089	273.36	tarik	Diagonal
22	4965.240	175	tarik	Tegak
23	27018.400	273.36	tarik	Diagonal

24	10688.005	175	tarik	Tegak
25	19885.448	258.07	tarik	Diagonal
26	2706.234	150	tekan	Tegak
27	48755.913	244.39	tarik	Diagonal
28	8629.832	125	tekan	Tegak
29	48242.171	195.26	tarik	Diagonal
30	114644.300	138.65	tekan	Atas
31	112847.880	195.26	tekan	Atas
32	51463.037	125	tarik	Tegak
33	54411.880	273.36	tekan	Diagonal
34	24634.936	150	tarik	Tegak
35	22200.620	290	tekan	Diagonal
36	45546.492	175	tarik	Tegak
37	26880.529	273.36	tekan	Diagonal
38	16820.220	175	tarik	Tegak
39	8914.217	273.36	tekan	Diagonal
40	8914.218	273.36	tekan	Diagonal
41	16820.220	175	tarik	Tegak
42	26880.532	273.36	tekan	Diagonal
43	45546.486	175	tarik	Tegak
44	22200.638	290	tekan	Diagonal
45	24516.786	150	tarik	Tegak
46	54411.855	273.36	tekan	Diagonal
47	51463.043	125	tarik	Tegak
48	112847.910	195.26	tekan	Atas
49	89174.096	215.87	tekan	Atas
50	132197.410	215.87	tekan	Atas
51	144716.650	210	tekan	Atas
52	165419.800	210	tekan	Atas
53	165419.800	210	tekan	Atas
54	144716.650	210	tekan	Atas
55	132197.370	215.87	tekan	Atas
56	89174.127	215.87	tekan	Atas
57	11099.535	350	tarik	Tegak

#### Gaya Batang Maksimum

- Batang Tarik = 165419.8 Kg (batang 5)
- Batang Tekan = 165419.8 Kg (batang 52)

f. **Kontrol Penampang :**

Kontrol batang tarik (RSNI T-03-2005 pasal 5)

Diketahui :

Profil Baja WF 250.250.9.14

- Mutu baja = BJ-41
- $f_y$  = 320 MPa
- $f_u$  = 464 MPa
- E = 200000 MPa
- L = 2100 mm
- $N_u$  = 165419.8 Kg (batang 5)

Cek kelangsingan:

$$\lambda (= L / r_y) < 240$$

$$2100 / 62.9 < 240$$

$$33.39 < 240 \rightarrow \text{OK !!}$$

Kondisi leleh:

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$N_u \leq \phi A_g f_y$$

$$165419.8 \text{ Kg} \leq 0,9 \times (9218) \times 320$$

$$165419.8 \text{ Kg} \leq 2654784 \text{ N}$$

$$165419.8 \text{ Kg} \leq 270692.4 \text{ Kg} \rightarrow \text{OK !!}$$

Kondisi fraktur:

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$N_u \leq \phi A_e f_u$$

$$N_u \leq \phi (A_g \cdot n.d.t) f_u$$

$$165419.8 \text{ Kg} \leq 0,85 \times (9218 - 4(22+2) \cdot 14) \times 464$$

$$165419.8 \text{ Kg} \leq 2794955.04 \text{ N}$$

$$165419.8 \text{ Kg} \leq 284984.8 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !!}$$

Jadi, profil WF 250.250.9.14 dapat digunakan.



Kontrol batang tekan (RSNI T-03-2005 pasal 6.2)

Diketahui :

Profil Baja WF 250.250.9.14

- Mutu baja = BJ-41
- $f_y$  = 320 MPa
- $f_u$  = 464 MPa
- E = 200000 MPa
- L = 2100 mm
- k = 1 (sendi-sendiri)
- $N_u$  = 165419.8 Kg (batang 52)

- Tekuk Lokal Sayap (*flange*)

$$\lambda = \frac{bf}{2 \cdot tf} = \frac{250}{2 \cdot 14} = 8,93$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{320}} = 9,50$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{320 - 70}} = 23,40$$

Kontrol:

$$\lambda < \lambda_r \rightarrow \text{Stabilitas Penampang OK !!}$$

- Tekuk Lokal Badan (*web*)

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{190}{9} = 21,11$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{320}} = 93,91$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{320}} = 142,55$$

Kontrol:

$$\lambda < \lambda_r \rightarrow \text{Stabilitas Penampang OK !!}$$

- Arah sumbu-x

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_x}{r_x} = \frac{1,0 \times 2100}{108} = 19,44$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{19,44}{\pi} \sqrt{\frac{320}{200000}} = 0,247$$

$$\lambda_{cx} < 1,5$$

$$\begin{aligned} N_n &= (0,66^{\lambda_{cx}^2}) A_g \cdot f_y \\ &= (0,66^{0,247^2}) 9218 \times 320 = 287.592 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{165,4198}{0,85 \times 287,592} = 0,68 < 1$$

- Arah sumbu-y

$$\lambda_y = \frac{k \cdot L_y}{r_y} = \frac{1,0 \times 2100}{62,9} = 33,386$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{33,386}{\pi} \sqrt{\frac{320}{200000}} = 0,429$$

$$\lambda_{cy} < 1,5$$

$$\begin{aligned} N_n &= (0,66^{\lambda_{cy}^2}) A_g \cdot f_y \\ &= (0,66^{0,429^2}) 9218 \times 320 = 273.259 \text{ ton} \end{aligned}$$

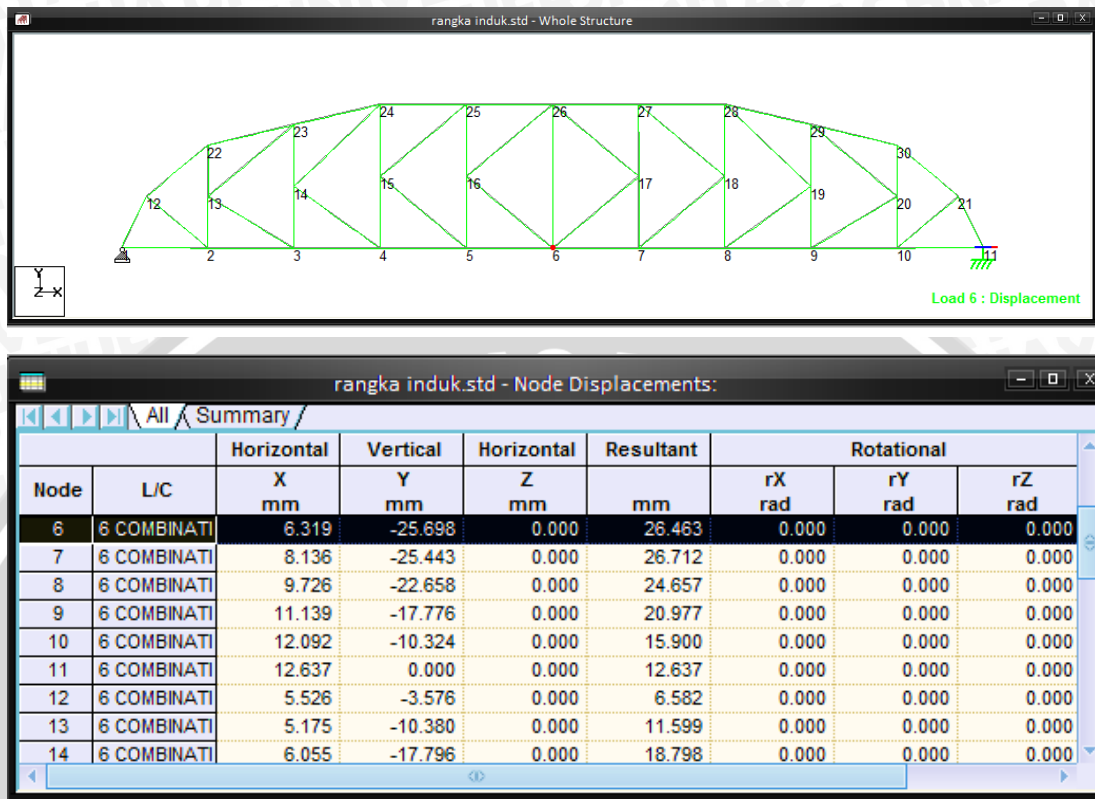
$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{165,4198}{0,85 \times 273,259} = 0,838 < 1$$

Jadi, profil WF 250.250.9.14 kuat menahan tekuk lentur.

**Jadi, dapat disimpulkan bahwa profil WF 250.250.9.14 dapat digunakan pada rangka jembatan.**

### g. Kontrol Lendutan

(berdasarkan RSNI T-03-2005 pasal 4.7.2)



Gambar 4.19 Hasil Analisis Lendutan Rangka Batang

- Berdasarkan Analisis StaadPro, didapatkan lendutan arah vertical pada setengah bentang sebesar 25,698 mm .
- Syarat Lendutan Maksimum =  $\frac{L}{800} = \frac{2100}{800} = 26,25 \text{ mm}$
- **Kontrol terhadap pengaruh lendutan :**

$$\frac{L}{800} > \Delta$$

$$26,25 \text{ mm} > 25,698 \text{ mm} \rightarrow \text{OK !!}$$

Jadi, lendutan pada profil di bawah lendutan izin maksimum.



#### 4.2.8 Perencanaan Sambungan Rangka

##### a. Data yang direncanakan :

Sambungan dengan menggunakan baut mutu tinggi ASTM tipe A325

- $\phi$  baut 7/8 " = 22 mm
- $A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 380.285 \text{ mm}^2$
- $f_u^b = 825 \text{ Mpa}$
- $t_p = 10 \text{ mm}$
- Mutu pelat = BJ-37
- $f_u^p = 370 \text{ MPa}$

##### • Jarak antar baut :

$$3d_b < S < 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$3.22 < S < 15.10 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 < S < 150 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

S diambil 100 mm

##### • Jarak baut ke tepi sambungan :

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

$$1,5.22 < S_1 < (4.10 + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$32 < S_1 < 140 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$S_1$  diambil 60 mm

##### b. Tahanan nominal baut :

##### • Tahanan geser baut :

$$R_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot m \cdot A_b \rightarrow r_1 = 0,5 \text{ (untuk baut tanpa ulir)}$$

$$R_n = 0,75 \cdot (0,5) \cdot (825) \cdot 2 \cdot 380,285$$

$$= 23530 \text{ kg/baut}$$

##### • Tahanan tumpu baut :

$$R_n = \phi \cdot 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u^p$$

$$R_n = 0,75 \times 2,4 \times 22 \times 10 \times 370$$

$$= 14652 \text{ kg/baut}$$

### c. Jumlah Baut

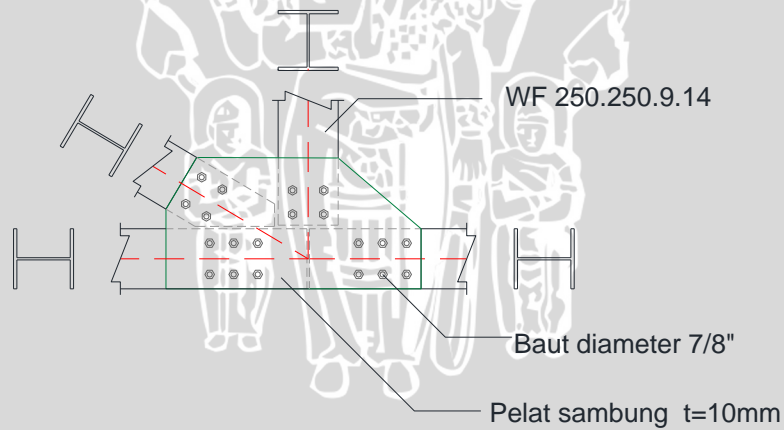
Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{\text{Gaya batang}}{R_n} = \frac{\text{Gaya batang}}{14652 \text{ kg}}$$

Tabel 4.6 Kebutuhan Baut pada setiap batang

No. Batang	Gaya Batang (Kg)	Keterangan	Baut Perlu	Baut Pasang
1	49631.444	tarik	3.387	8
2	86729.963	tarik	5.919	8
3	128583.280	tarik	8.776	12
4	144716.650	tarik	9.877	12
5	165419.800	tarik	11.290	12
6	165419.800	tarik	11.290	12
7	144716.650	tarik	9.877	12
8	128583.260	tarik	8.776	12
9	86729.982	tarik	5.919	8
10	49631.494	tarik	3.387	8
11	114742.760	tekan	7.831	8
12	48340.688	tarik	3.299	8
13	8629.854	tekan	0.589	8
14	48755.941	tarik	3.328	8
15	2588.066	tekan	0.177	8
16	19885.432	tarik	1.357	8
17	10688.012	tarik	0.729	8
18	27018.400	tarik	1.844	8
19	4965.240	tarik	0.339	8
20	9052.088	tarik	0.618	8
21	9052.089	tarik	0.618	8
22	4965.240	tarik	0.339	8
23	27018.400	tarik	1.844	8
24	10688.005	tarik	0.729	8
25	19885.448	tarik	1.357	8
26	2706.234	tekan	0.185	8
27	48755.913	tarik	3.328	8
28	8629.832	tekan	0.589	8
29	48242.171	tarik	3.293	8
30	114644.300	tekan	7.824	8
31	112847.880	tekan	7.702	8
32	51463.037	tarik	3.512	8
33	54411.880	tekan	3.714	8
34	24634.936	tarik	1.681	8
35	22200.620	tekan	1.515	8
36	45546.492	tarik	3.109	8

37	26880.529	tekan	1.835	8
38	16820.220	tarik	1.148	8
39	8914.217	tekan	0.608	8
40	8914.218	tekan	0.608	8
41	16820.220	tarik	1.148	8
42	26880.532	tekan	1.835	8
43	45546.486	tarik	3.109	8
44	22200.638	tekan	1.515	8
45	24516.786	tarik	1.673	8
46	54411.855	tekan	3.714	8
47	51463.043	tarik	3.512	8
48	112847.910	tekan	7.702	8
49	89174.096	tekan	6.086	8
50	132197.410	tekan	9.022	12
51	144716.650	tekan	9.877	12
52	165419.800	tekan	11.290	12
53	165419.800	tekan	11.290	12
54	144716.650	tekan	9.877	12
55	132197.370	tekan	9.022	12
56	89174.127	tekan	6.086	8
57	11099.535	tarik	0.758	8



Gambar 4.20 Contoh pemasangan baut untuk join 3 (batang 2,3,14,15)



#### 4.2.9 Sambungan Batang Ikatan Angin

##### a. Data yang direncanakan :

- Sambungan dengan menggunakan baut mutu tinggi ASTM tipe A325
- $\phi$  baut  $\frac{1}{2}$  " = 12,7 mm
- $A_b$  = 126,6126 mm<sup>2</sup>
- $f_u^b$  = 825 Mpa
- $t_p$  = 10 mm
- Mutu pelat = BJ-37
- $f_u^p$  = 370 Mpa
- Jarak antar baut :
  - $3d_b < S < 15t_p$  atau 200 mm
  - $3.12,7 < S < 15.10$  atau 200 mm
  - $38,1 < S < 150$  mm atau 200 mm
  - S diambil 40 mm
- Jarak baut ke tepi sambungan :
  - $1,5d_b < S_1 < (4t_p + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm
  - $1,5.12,7 < S_1 < (4.10 + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm
  - $19,05 < S_1 < 140$  atau 200 mm
  - $S_1$  diambil 20 mm

##### b. Tahanan nominal baut :

- Tahanan geser baut :
 
$$R_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot m \cdot A_b \rightarrow r_1 = 0,5 \text{ (untuk baut tanpa ulir)}$$

$$R_n = 0,75 \cdot (0,5) \cdot (825) \cdot 1 \cdot 126,6126$$

$$= 3917,077 \text{ kg/baut}$$
- Tahanan tumpu baut :
 
$$R_n = \phi \cdot 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u^p$$

$$R_n = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 12,7 \cdot 10 \cdot 370$$

$$= 8458,2 \text{ kg/baut}$$

##### c. Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{\text{Gaya batang}}{R_n} = \frac{\text{Gaya batang}}{3917,077 \text{ kg}}$$

**d. Jumlah baut yang diperlukan :**

$$\text{Batang tekan, } n = \frac{936.481}{3917,077} = 0,24 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut}$$

$$\text{Batang tarik, } n = \frac{405.120}{3917,077} = 0,1 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut}$$

**4.2.10 Sambungan Gelagar Memanjang – Gelagar Melintang****a. Data yang diketahui :**

- Jarak gelagar memanjang = 1 m
- Jarak gelagar melintang = 2,1 m
- Profil gelagar memanjang = WF 200.100.4,5.7
- Profil gelagar melintang = WF 350.175.7.11
- Profil ikatan angin = L 50.50.5
- Profil rangka jembatan = WF 250.250.13.21

**b. Data yang direncanakan :**

Sambungan dengan menggunakan baut mutu tinggi ASTM tipe A325

- $\phi$  baut 1/2 “ = 12,7 mm
- $A_b$  = 126,728 mm<sup>2</sup>
- $f_u^b$  = 825 Mpa
- $t_p$  gel.melintang = 11 mm
- Mutu pelat = BJ-37
- $f_t^p$  = 370 MPa

**c. Tahanan nominal baut :**

- Tahanan geser baut :

$$R_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot m \cdot A_b \rightarrow r_1 = 0,5 \text{ (untuk baut tanpa ulir)}$$

$$R_n = 1 \times 0,5 \times 825 \times 126,728$$

$$= 52275,241 \text{ N/baut}$$

$$= 5334,208 \text{ kg/baut}$$

- Tahanan tumpu baut :

$$R_n = \phi \cdot 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u^p$$

$$R_n = 2,4 \times 12,7 \times 11 \times 370$$

$$= 124054 \text{ N/baut}$$

$$= 12658,531 \text{ kg/baut}$$

**d. Jumlah baut yang diperlukan :**

$D_{\text{maks}}$  pada gel.memanjang = 6157.93 kg

$$\text{Jumlah baut, } n = \frac{6157.93}{0,75 \times 5334,208} = 1,539 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut}$$

**e. Jarak baut :**

Jarak dari baut ke tepi, minimum  $1,5 d = 19,05 \text{ mm}$

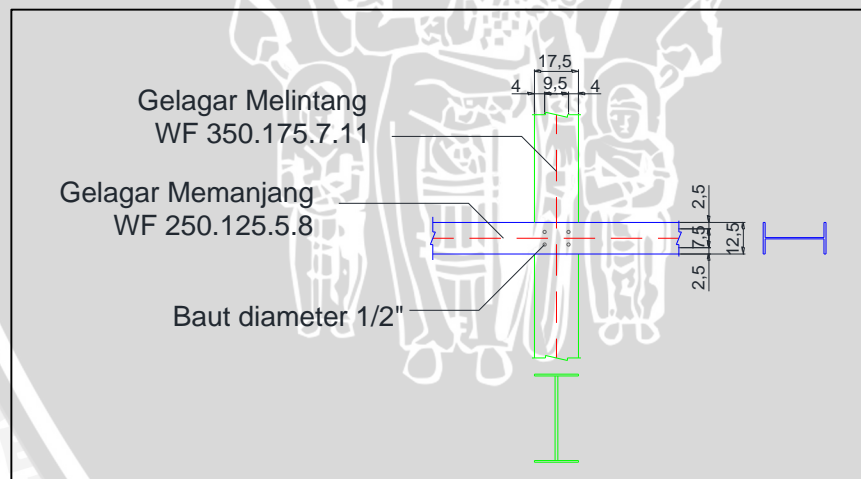
Arah x = 40 mm

Arah y = 25 mm

Jarak antar baut, minimum  $3 d = 38,1 \text{ mm}$

Arah x = 95 mm

Arah y = 50 mm



Gambar 4.21 Tampak atas sambungan gelagar memanjang dan melintang



#### 4.2.11 Sambungan Gelagar Melintang dan Rangka Induk

##### a. Data yang digunakan:

- Besarnya  $D_{\max}$  gelagar melintang (P) = 21892 kg = 21.892 Ton
- Untuk penyambungan antara gelagar melintang dan induk digunakan pelat penyambung profil L 150.150.15
- Sambungan direncanakan menggunakan baut  $\phi 7/8'' = 22.2$  mm
- Jarak antar baut :

$$3d_b < S < 15 t_p \quad \text{atau } 200 \text{ mm}$$

$$3.22.2 < S < 15.15 \quad \text{atau } 200 \text{ mm}$$

$$66.6 < S < 225 \text{ mm} \quad \text{atau } 200 \text{ mm}$$

S diambil 100 mm

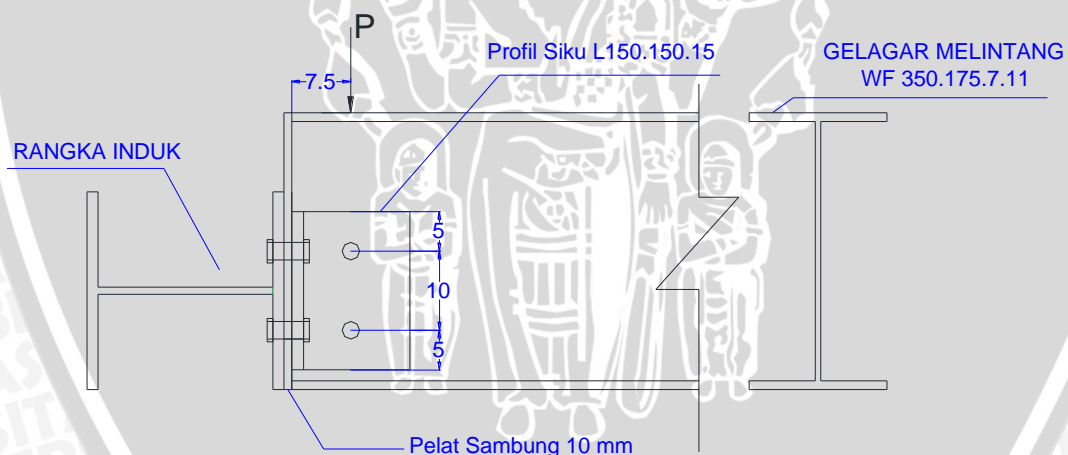
- Jarak baut ke tepi sambungan :

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

$$1,5.20 < S_1 < (4.15 + 100 \text{ mm}) \quad \text{atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 < S_1 < 160 \quad \text{atau } 200 \text{ mm}$$

$S_1$  diambil 50 mm



Gambar 4.22 Tampak samping sambungan gelagar melintang dan Rangka Induk

##### b. Kekuatan pelat sambung:

$$A_g = 15(150) = 2250 \text{ mm}^2$$

$$A_n = 2250 - 1.(22.2 + 3.2).15 = 1869 \text{ mm}^2 < 0,85 A_g = 1912.5 \text{ mm}^2$$

$$A_e = A_n = 1869 \text{ mm}^2$$

$$\text{Leleh} \quad : \phi.T_n = \phi.f_y.A_g = 0,90(240)(1869) = 40,37 \text{ ton} > T_u$$

$$\text{Fraktur} \quad : \phi.T_n = \phi.f_u.A_e = 0,75(370)(1869) = 51.86 \text{ ton} > T_u$$

**c. Tahanan baut:**

$$\begin{aligned}\text{Geser: } \phi.R_n &= \phi \cdot 0,5 \cdot f_u^b \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75(0,5)(825)(1)(1/4 \cdot \pi \cdot 22 \cdot 2^2) = 11,975 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tumpu: } \phi.R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u^p \\ &= 0,75(2,4)(22 \cdot 2)(15)(370) = 22,18 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

Tahanan geser untuk 4 baut:

$$\phi.T_n = 4 \times 11,975 = 47,9 \text{ ton}$$

$$\phi.T_n (47,9 \text{ ton}) > T_u (21,892 \text{ ton}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

**d. Perhitungan sambungan gelagar melintang dengan profil siku:**

$$P_u = 21,892 \text{ ton}$$

$$T_u = \frac{6 \cdot M_u \cdot p}{d^2} \left[ \frac{d-p}{d} \right] = \frac{6 \times 21,892 \times 75 \times 100}{200^2} \left[ \frac{200-100}{200} \right] = 12,314 \text{ ton}$$

$$V_u = \frac{P_u}{N} = \frac{21,892}{2} = 10,946 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}\phi.R_{nv} &= 0,75(0,5 \cdot f_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75(0,5)(825)(2)(1/4 \cdot \pi \cdot 22 \cdot 2^2) \\ &= 23,95 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi.f_{ut} \cdot A_b &= \phi \cdot A_b \cdot (807 - 1,5 \cdot f_{uv}) < \phi \cdot 621 \cdot A_b \\ &= 0,75(807)A_b - 0,75(1,5 \cdot f_{uv} \cdot A_b) < 0,75(621)A_b \\ &= 0,75(807)(1/4)(\pi)(22 \cdot 2^2) - 0,75(1,5 \cdot f_{uv} \cdot A_b) < 0,75(621)(1/4 \cdot \pi \cdot 22 \cdot 2^2) \\ &= 23,43 - 1,125 \cdot 5,468 < 18,03 \text{ ton} \\ &= 17,2785 \text{ ton} < 18,03 \text{ ton}\end{aligned}$$

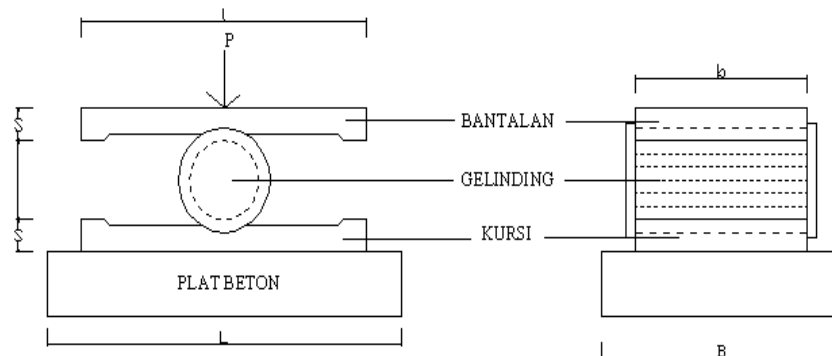
**Kontrol**

$$V_u (10,946 \text{ ton}) < \phi.R_{nv} (23,95 \text{ ton}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$T_u (12,314 \text{ ton}) < \phi.f_{ut} \cdot A_b (17,2785 \text{ ton}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

### 4.2.12 Perencanaan Tumpuan

#### a. Tumpuan Roll



Gambar 4.23 Tumpuan Roll

$P_{maks} = 114560.1 \text{ kg}$

Material (mutu baja) =  $2200 \text{ kg/cm}^2$

Bahan yang digunakan :

Bantalan dan kursi dari baja (BJ – 37) :  $\sigma_s = 2400 \text{ kg/cm}^2$

Gelinding baja tuang :  $\sigma_d = 2200 \text{ kg/cm}^2$

Blok beton ( $f'_c = 25 \text{ Mpa}$ ) :  $\sigma_b = 75 \text{ kg/cm}^2$

Pasangan batu pecah :  $\sigma_p = 15 \text{ kg/cm}^2$

- **Ukuran Bantalan & Kursi**

✓ Lebar bantalan = Lebar kursi  
 $b = \text{lebar flens profil gelagar induk} + \text{spelling}$   
 $= 25 + 2 \times 5 \text{ (asumsi lebar spelling 5 cm)}$   
 $= 35 \text{ cm}$

✓ Luas bantalan / kursi (A)  
 $A = P / \sigma_b = 114560.1 / 75$   
 $= 1527.5 \text{ cm}^2$

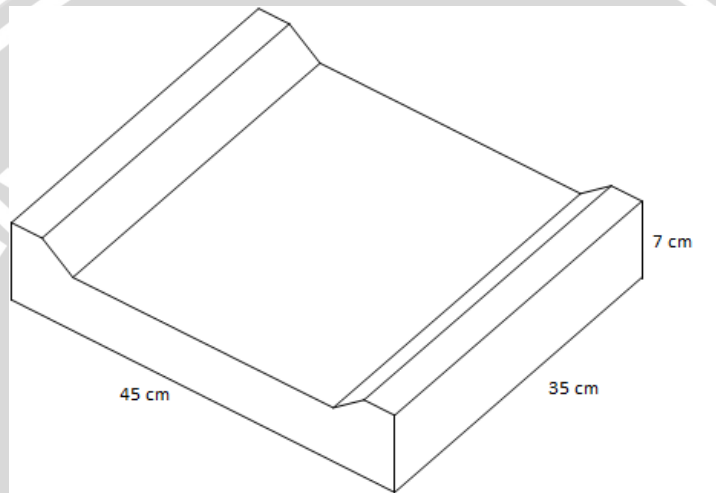
✓ Panjang bantalan / kursi (l)  
 $l = A / b$   
 $= 1527.5 / 35$   
 $= 43.64 \approx 45 \text{ cm}$



✓ Tebal bantalan / kursi (S)

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{3 \cdot P \cdot l}{b \cdot \sigma_b}} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{3 \times 114560.1 \times 45}{35 \times 2400}} \right) \\
 &= 6,78 \approx 7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

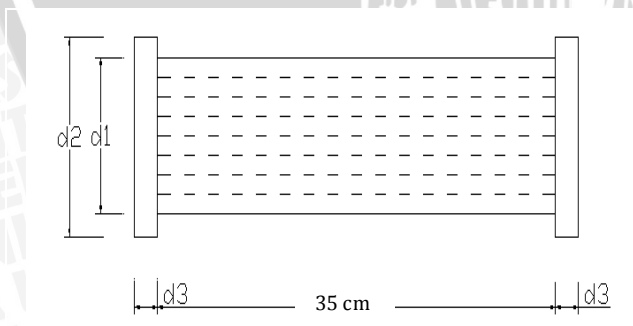
• **Gambar Bantalan Kursi**



Gambar 4.24 Bantalan Tumpuan Roll

• **Ukuran Gelinding**

Dihitung dengan rumus Hertz



$$\begin{aligned}
 d_1 &= \frac{0,75 \cdot P}{h \cdot \sigma_d} \\
 &= \frac{0,75 \cdot 114560.1}{35 \cdot 2200} \\
 &= 1.12 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

(ditentukan diameter = 10cm)

$$\begin{aligned}
 d_2 &= d_1 + \text{spelling} \\
 &= 10 + 2 \cdot 2 \\
 &= 14 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$d_3 = \text{spelling} = 2 \text{ cm}$$

- **Ukuran Balok Beton**

$$\text{Berat landasan (asumsi)} = 1000 \text{ kg}$$

$$\text{Reaksi perletakan} = 114560.1 \text{ kg}$$

$$R_{\text{total}} = 115560.1 \text{ kg}$$

Luas block beton (A)

$$A = \frac{R_{\text{total}}}{\bar{\sigma}_p}$$

$$= \frac{115560.1}{15} = 7705 \text{ cm}^2$$

diambil :  $L = 1 + 2 \times D$

$$B = b + 2 \times D$$

Dimana :  $L$  = panjang blok

$$B$$
 = lebar blok

$$D$$
 = tebal blok

$$l$$
 = panjang kursi

$$b$$
 = lebar kursi

$$A = L \times B$$

$$= (1 + 2D) \times (b + 2D)$$

$$= lb + (1 + b) \times 2D + 4D^2$$

$$7705 = (45 \times 35) + (45 + 35) \times 2D + 4D^2$$

$$7705 = 1575 + 160D + 4D^2$$

$$6130 = 160D + 4D^2$$

$$1532.5 = 40D + D^2$$

$$0 = D^2 + 40D - 1532.5 \rightarrow \text{Rumus ABC}$$

$$D = 23,96 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

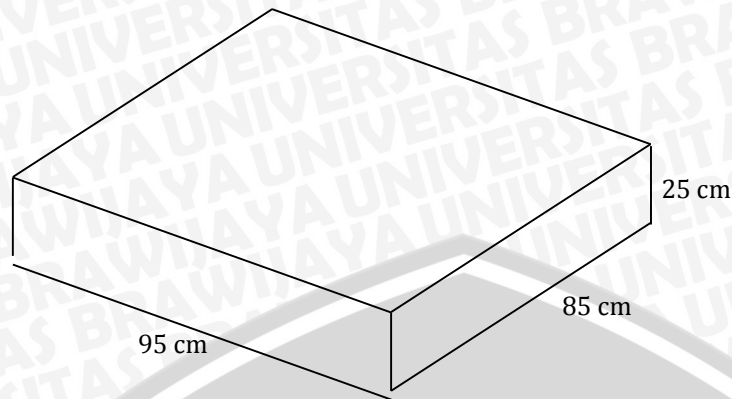
Maka :  $L = 1 + 2 \times D$

$$= 45 + 2 \times 25 = 95 \text{ cm}$$

$$B = b + 2 \times D$$

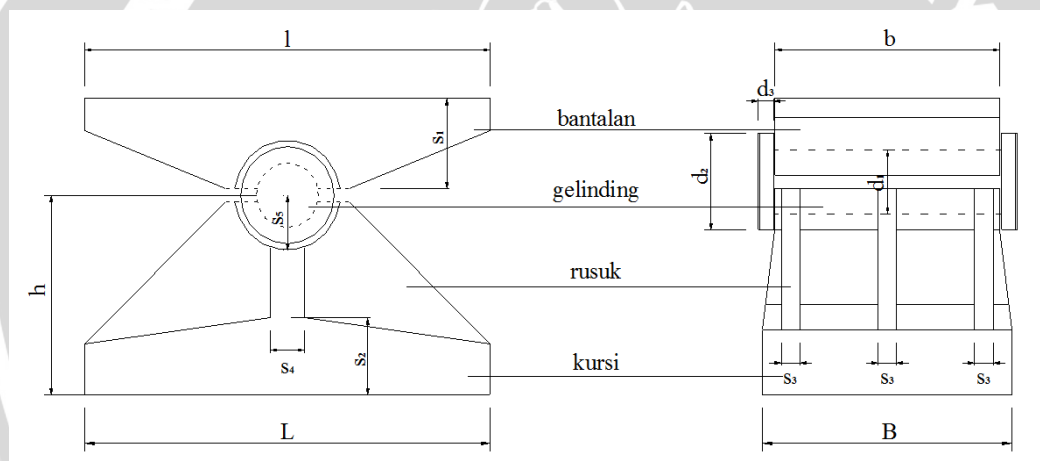
$$= 35 + 2 \times 25 = 85 \text{ cm}$$

- **Gambar Balok Beton**



Gambar 4.25 Balok Beton sebagai alas tumpuan

**b. Tumpuan Sendi**



Gambar 4.26 Tumpuan Sendi

- **Ukuran Bantalan dan Kursi**

Ukuran bantalan dan kursi direncanakan sama dengan tumpuan rol

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$l = 45 \text{ cm}$$

$$S_1 = 7 \text{ cm}$$



### Detail Ukuran Bantalan/Kursi

Digunakan tabel "Muller Breslau"

$h/S_2$	$b/(a.S_3)$	w
3	4	$0,2222 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
4	4,2	$0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
5	4,6	$0,2286 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
6	5	$0,2315 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$

a : Jumlah rusuk diambil = 3

w : Momen total tahanan terhadap gelinding

Diambil  $h/S_2 = 3$  ;  $b/(a \times S_3) = 4$

Jika a = 3, maka  $S_3 = \frac{b}{4 \cdot a} = \frac{35}{4 \cdot 3} = 2.92 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} w &= 0,222 \times a \times h^2 \times S_3 \\ &= 0,222 \times 3 \times h^2 \times 2.92 \\ &= 1.95 \times h^2 \dots (\text{persamaan 1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{M}{\bar{\sigma}} \\ &= \frac{1/8 \cdot P \cdot L}{\bar{\sigma}} \\ &= \frac{1/8 \cdot 114560,1 \cdot 45}{2200} \\ &= 292,91 \text{ cm}^2 \dots (\text{persamaan 2}) \end{aligned}$$

$$1.95 \times h^2 = 292.91$$

$$h = 12,26 \text{ cm} \approx 12.5 \text{ cm}$$

$$h/S_2 = 3$$

$$12.5/S_2 = 3$$

$$S_2 = \approx 4.5 \text{ cm}$$

$$S_4 \text{ diambil} = 1/6 \times L = 1/6 \times 45 = 7.5 \text{ cm}$$

$$S_5 \text{ diambil} = 1/9 \times L = 1/9 \times 45 = 5 \text{ cm}$$

• **Ukuran Gelinding**

$$r = \frac{0,8.P}{\bar{\sigma}.b}$$

$$\frac{1}{2} d_1 = \frac{0,8.P}{\bar{\sigma}.b}$$

$$= \frac{0,8.114560,1}{2400.35}$$

$$= 1,09 \text{ cm}$$

$d_1$  minimum diasumsikan : 10 cm  $\rightarrow r_{\min} = 5$  cm

Maka ukuran :

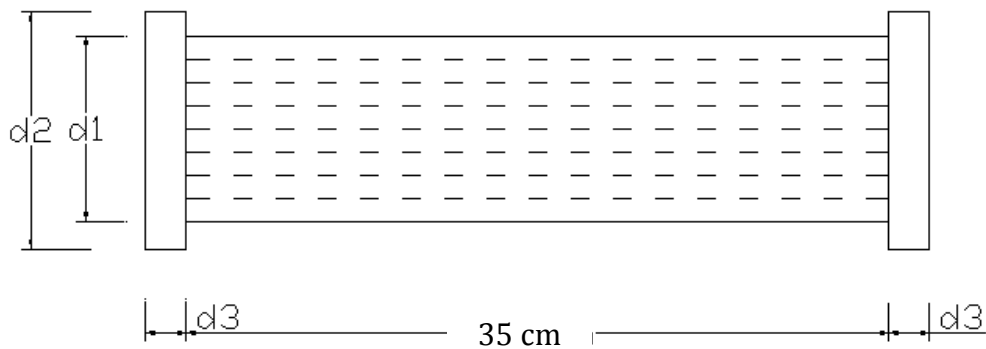
$$d_1 = 2 \times r = 10 \text{ cm.}$$

$$d_2 = d_1 + 2.\text{spelling (diasumsi spelling} = 2 \text{ cm)}$$

$$= 10 + 4$$

$$= 14 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{1}{4} \times d_1 = \frac{1}{4} \times 10 = 2,5 \text{ cm}$$



Gambar 4.27 Dimensi Gelinding Tumpuan Sendi

c. **Angker Perletakan**

Gaya-gaya horizontal yang bekerja pada perletakan yang ditahan angker adalah:

- ◆ Gaya rem dan traksi.
- ◆ Gaya geser pada tumpuan .

• **Gaya Rem dan Traksi**

Menurut PPJJR hal. 15, besarnya GR adalah 5% dari besar gaya lintang.

$$GR_{\text{total}} = 114560,1 \times 5\%$$

$$GR_{\text{total}} = 5728 \text{ kg}$$

- **Gaya Gesek Akibat Tumpuan Bergerak**

Menurut PPPJRR'87 Bab III Pasal 2 (6)

Jembatan harus pula ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat perbedaan suhu atau akibat-akibat lain.

Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau akibat beban mati saja, sedang besarnya ditentukan berdasarkan koefisien gesek pada tumpuan yang bersangkutan dengan nilai sebagai berikut :

6.1 Tumpuan rol baja :

- a. dengan satu atau dua rol.....0,01
- b. dengan tiga atau lebih rol.....0,05

6.2 Tumpuan gesekan :

- a. antara baja dengan campuran tembaga keras & baja 0,15
- b. antara baja dengan baja atau besi tuang ..... 0,25
- c. antara karet dengan baja/beton ..... 0,15 – 0,18

Jadi koefisien gesek adalah :

- ✓ untuk tumpuan rol = 0,01
- ✓ untuk tumpuan sendi = 0,25

Reaksi Tumpuan akibat beban Mati = 24600 Kg

Jadi :

Gaya gesek pada tumpuan rol ( $GS_{\text{roll}}$ ) = 0,01 x 24600 = 246 kg

Gaya gesek pada tumpuan sendi ( $GS_{\text{sendi}}$ ) = 0,25 x 24600 = 6150 kg

→ **Tumpuan Roll**

- Gaya total yang bekerja ( $G_{\text{total}}$ ) =  $GR + GS_{\text{roll}}$   
= 5728 + 246  
= 5974 kg

- Digunakan 4 buah baut

$$f_y = 2200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{\text{total baja}} > \frac{G_{\text{total}}}{\bar{\tau}} = \frac{5874}{0,58 \cdot 2200} = 4,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{baut (perlu)}} = \frac{4,68}{4} = 1,17$$



- $\varnothing \text{ baut} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{baut}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,17}{\pi}} = 1,22 \text{ cm}$

diambil baut  $\varnothing 1'' = 2,54 \text{ cm}$

$$\varnothing \text{ Lubang} = 2,74 \text{ cm}$$

- Panjang angker

$\tau$  = tegangan lekat beton

$$= 0,65 \times \sqrt{f'c}$$

$$= 0,65 \times \sqrt{250}$$

$$= 10,28 \text{ kg/cm}^2 \dots (1)$$

$$\tau = \frac{G_{\text{total}}}{\pi \cdot d \cdot L}$$

$$\tau = \frac{5728}{\pi \cdot 2,74 \cdot L} \dots (2)$$

Substitusi persamaan 1 & 2

$$10,28 = \frac{5728}{\pi \cdot 2,74 L}$$

$$L = 65 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan panjang angker 65 cm

#### → TUMPUAN SENDI

- Gaya total yang bekerja ( $G_{\text{total}}$ ) =  $G_R + G_{S_{\text{sendi}}}$   
 $= 5728 + 6150$   
 $= 11878 \text{ kg}$

- Digunakan 4 buah baut

$$f_y = 2200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{\text{total baja}} \left\{ \frac{G_{\text{total}}}{\bar{\tau}} = \frac{11878}{0,58 \cdot 2200} = 9,31 \text{ cm}^2 \right.$$

$$A_{\text{baut (perlu)}} = \frac{9,31}{4} = 2,33 \text{ cm}$$

- $\varnothing \text{ baut} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{baut}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,33}{\pi}} = 1,72 \text{ cm}$

diambil baut  $\varnothing 1'' = 2,54 \text{ cm}$

$$\text{Ø Lubang} = 2.74 \text{ cm}$$

- Panjang angker

$$\tau = \text{tegangan lekat beton.}$$

$$= 0,65 \cdot \sqrt{f'c}$$

$$= 0,65 \cdot \sqrt{250}$$

$$= 10,28 \text{ kg/cm}^2 \dots (\text{persamaan 1})$$

$$\tau = \frac{G_{total}}{\pi \cdot d \cdot L}$$

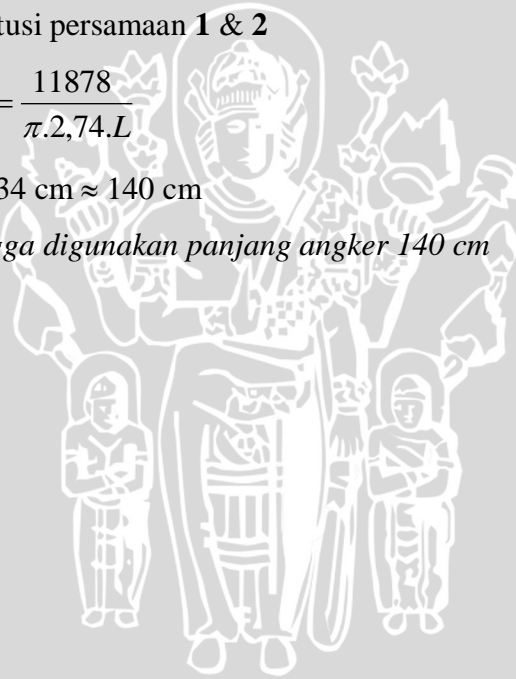
$$\tau = \frac{11878}{\pi \cdot 2,74 \cdot L} \dots (2)$$

Substitusi persamaan 1 & 2

$$10,28 = \frac{11878}{\pi \cdot 2,74 \cdot L}$$

$$L = 134 \text{ cm} \approx 140 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan panjang angker 140 cm





### 4.3 Metode Konstruksi

Suatu pembangunan harus direncanakan secara sistematis, baik dari sisi perencanaan desain strukturnya maupun juga metode pelaksanaan yang akan digunakan. Beberapa faktor penting yang mendasari pemilihan metode konstruksi adalah pertimbangan mengenai kemudahan pelaksanaan, kecepatan, biaya dan keamanan konstruksi selama pelaksanaan. Selain itu, metode pelaksanaan yang digunakan dalam pembangunan harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan yang ada di sekitar wilayah proyek tersebut.

#### 4.3.1 Kondisi Wilayah

Pada proyek pembangunan jembatan Betek ini, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan untuk aspek pelaksanaannya. Hal ini dikarenakan jembatan Betek berada di tengah pemukiman padat penduduk, dimana jarak antara jembatan dengan rumah penduduk sangat kurang memenuhi syarat. Pada tepi sungai Brantas bagian selatan, daerah sempadan sungai yang seharusnya berupa tanggul ataupun tanah kosong, telah berupa pemukiman penduduk. Sehingga lahan yang tersedia untuk mendukung pelaksanaan pembangunan jembatan Betek sangat terbatas pada sisi utara dari jembatan yang masuk wilayah kelurahan Jatimulyo.



Gambar 4.28 sisi Selatan Jembatan Betek





Gambar 4.29 Sisi Utara Jembatan Betek

Berdasarkan hasil survey lapangan yang pernah dilakukan, akses jalan yang bisa digunakan untuk menuju lokasi jembatan juga kurang memadai. Dua jalan yang terhubung oleh jembatan memiliki lebar yang cukup sempit, sehingga tidak memungkinkan kendaraan roda empat untuk memasuki wilayah tersebut. Selain sempit, perbedaan elevasi di sekitar jembatan tersebut juga menjadi masalah, karena jalan yang ada di dua sisi jembatan tersebut sangat curam.



Gambar 4.30 Akses jalan jembatan Betek sisi Utara

Proyek jembatan Betek ini merupakan proyek pengabdian masyarakat yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang bekerja sama dengan Radar Malang sebagai koordinator penggalangan dana. Karena dana untuk pembangunan jembatan ini didapatkan secara swadaya dari masyarakat, maka dana yang terkumpul pun sangat terbatas. Sehingga, besar pengeluaran yang digunakan harus seminimal mungkin. Dan hal ini mempengaruhi peralatan yang akan digunakan.



Gambar 4.31 Plakat yang telah dipasang di lokasi Proyek

#### 4.3.2 Pekerjaan Persiapan

Sebelum kita membangun jembatan akan dilakukan pekerjaan persiapan, pekerjaan persiapan ini dilakukan untuk mengurangi resiko yang ada. Yang termasuk pekerjaan persiapan antara lain yaitu pendistribusian bahan dan peralatan ke lokasi proyek. Pada proyek jembatan Betek ini, peralatan dan bahan diletakkan di sisi utara jembatan, hal ini dikarenakan lahan yang tersedia hanya ada di sisi utara jembatan.



Gambar 4.32 Timbunan pasir dan batu diletakkan pada sisi utara jembatan

Pada proses distribusi bahan, truk pengangkut bahan tidak bisa masuk hingga ke lokasi proyek, karena jalan menuju terlalu sempit dan curam, sehingga sangat berisiko jika memaksakan kendaraan masuk ke lokasi. Oleh sebab itu, bahan konstruksi hanya diletakkan di jalan raya sebelum memasuki pemukiman warga. Selanjutnya, proses



distribusi dilanjutkan dengan menggunakan tenaga manusia. Bahan – bahan tersebut diangkut dengan menggunakan gerobak ataupun diangkat secara langsung oleh pekerja.



Gambar 4.33 Pemindahan material dengan menggunakan gerobak

Pada pekerjaan persiapan harus dilakukan pengecekan pada bahan yang akan digunakan, antara lain pengecekan kondisi baja yang akan digunakan. Baja yang digunakan harus sesuai dengan yang digunakan pada perencanaan. Mutu baja dan dimensi baja yang digunakan harus dicek agar tidak terjadi kesalahan pada saat perekitan dilakukan.

#### 4.3.3 Pekerjaan Abutment

Pekerjaan Abutment pada jembatan betok hanya bertujuan untuk memperkuat abutment yang sudah ada pada jembatan gantung yang lama. Abutment yang ada, dinilai masih dalam kondisi baik. Namun karena adanya perbedaan berat sendiri jembatan yang awalnya jembatan gantung dirubah menjadi jembatan rangka baja yang memiliki beban lebih besar, dan dengan beberapa pertimbangan untuk memperbesar factor keamanan, maka abutment yang ada diperbesar dimensinya.





Gambar 4.34 Proses pekerjaan abutment

#### 4.3.4 Perakitan Jembatan

Perakitan jembatan direncanakan menggunakan sistem perancah. Perancah digunakan sebagai tumpuan sementara selama pelaksanaan konstruksi. Ada beberapa alasan mengapa metode perancah lebih dipilih dibandingkan dengan metoda lainnya, antara lain:

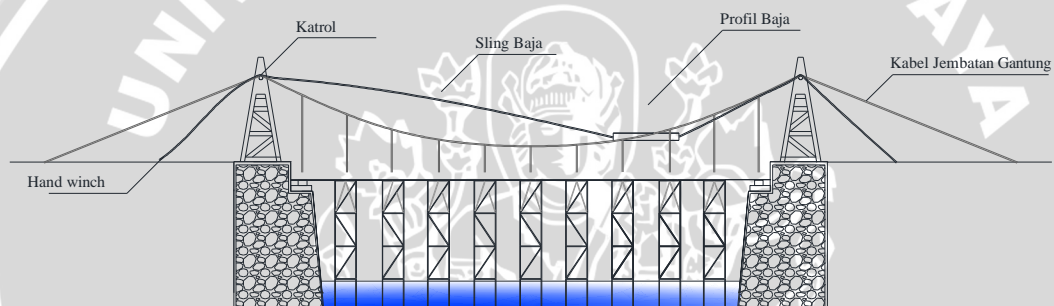
1. Dasar sungai berupa berpasir, atau tanah keras, Sehingga memudahkan pemasangan tiang perancah.
2. Kedalaman sungai dapat dijangkau perancah/temporary support.
3. Kecepatan arus sungai rendah, yang akan mengurangi gaya – gaya datar terhadap tiang perancah
4. Terdapat bangunan lama yang bisa di pakai penyangga sementara bagi jembatan yang baru. Dalam hal ini, Pilar dan kabel pada struktur jembatan gantung yang lama dapat dimanfaatkan untuk menahan beban sendiri profil baja pada saat proses perakitan.

Hal pertama yang dilakukan sebelum proses perakitan jembatan yaitu memastikan aliran air sungai tidak mengganggu stabilitas perancah. Apabila air sungai terlalu deras, maka harus dilakukan pengalihan arus atau menahan laju arus sungai dengan menggunakan karung yang bersisi pasir sehingga tidak mengganggu perancah yang akan dipasang.

Selanjutnya yang harus dilakukan yaitu pemasangan perancah. Perancah yang digunakan direncanakan dengan menggunakan perancah yang terbuat dari baja agar kuat

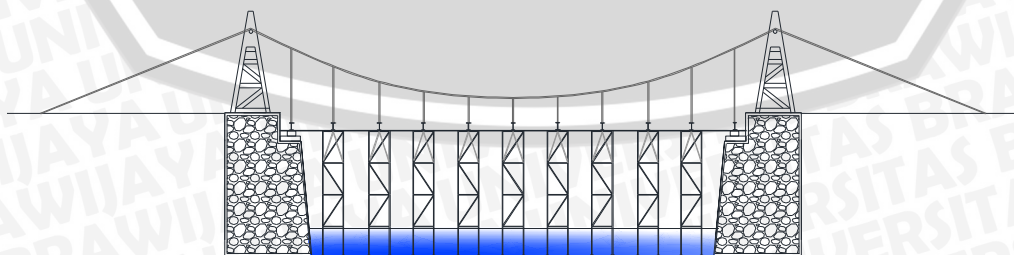
menahan beban sendiri jembatan sebelum jembatan tersambung secara sempurna. Perancah baja yang sudah disiapkan akan diletakkan di setiap titik buhul bagian bawah struktur rangka utama atau di setiap gelagar melintang jembatan. Apabila semua perancah telah berdiri pada posisi yang tepat, maka perakitan dapat dimulai. Sebelum perakitan dimulai, semua komponen yang akan dirakit harus disiapkan dan disesuaikan dengan perencanaan.

Dalam proses pemindahan material profil baja dari ujung jembatan ke tengah bentang jembatan, digunakan sling baja atau kabel baja yang dihubungkan dengan katrol yang diletakkan pada profil melintang yang berada di antara pilar kiri dan kanan pada setiap ujung jembatan gantung. Pada ujung seling, dipasang handwinch pada ke dua sisi jembatan yang digunakan untuk mengangkat profil baja pada saat pemindahan material.



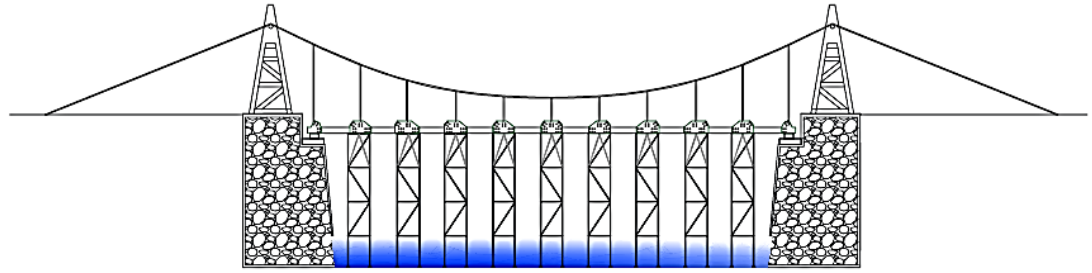
Adapun urutan perakitan jembatan rangka baja dengan menggunakan sistem perancah adalah sebagai berikut :

1. Letakkan semua gelagar melintang di atas perancah termasuk kedua gelagar ujung melintang dengan ketinggian yang sesuai. Setelah itu ikat penampang baja ke kabel jembatan gantung. Untuk gelagar melintang pada posisi ujung, ditambahkan balok kayu dibawah gelagar untuk memudahkan pemasangan tumpuan setelah jembatan selesai dirangkai.

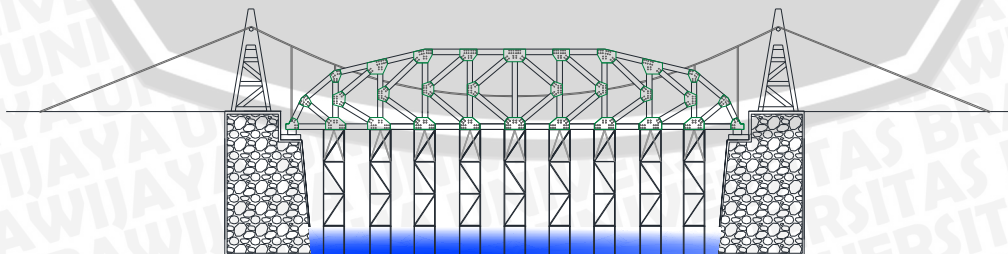
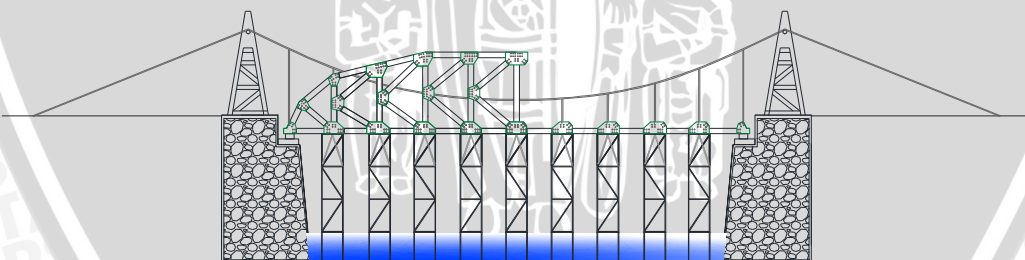
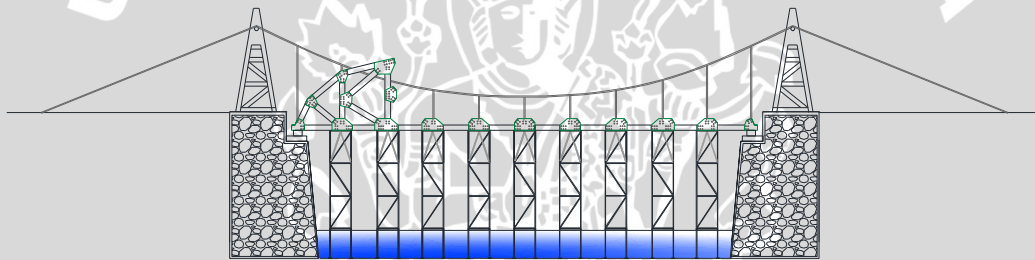




2. Pasang semua batang Rangka datar bagian bawah dihubungkan ke ujung gelagar melintang dan pelat penghubung.

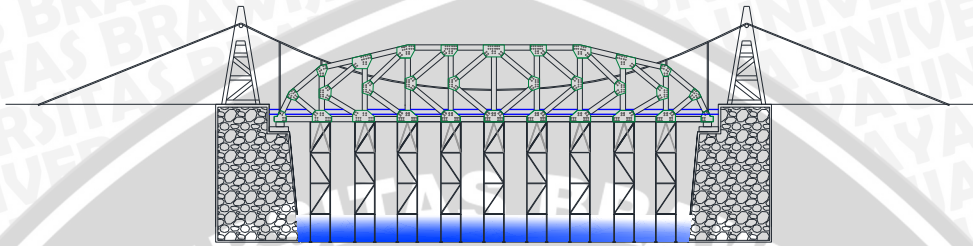


3. Setelah gelagar melintang dan batang datar bawah tersambung, periksa kembali posisi dan elevasi pada titik sambungan apakah sudah sesuai.
4. Perakitan dilanjutkan dengan memasang batang tegak, batang diagonal, dan juga batang rangka bagian atas dari ujung salah satu sisi jembatan bertahap hingga ujung sisi lainnya.

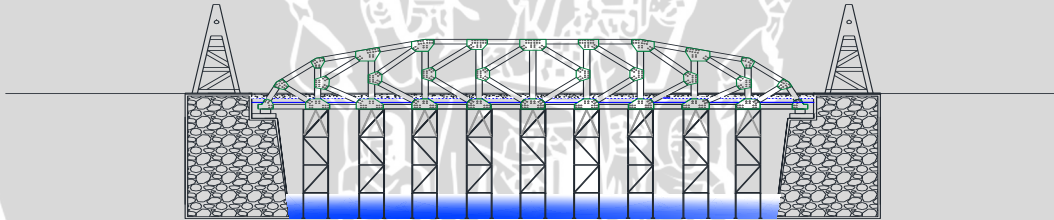




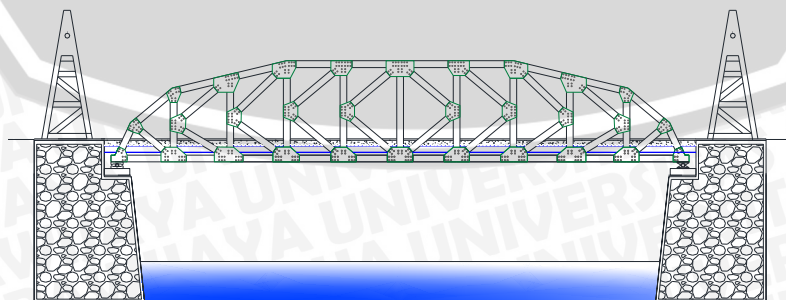
5. Pasang batang ikatan angin atas/bracing atas dan juga bracing bawah sehingga rangka batang akan membentuk frame yang kaku.
6. Pasangkan dan kencangkan semua baut yang ada.
7. Apabila semua batang rangka jembatan sudah tersambung, dilanjutkan dengan pemasangan gelagar memanjang yang diletakkan di atas gelagar melintang dan disambung dengan baut.



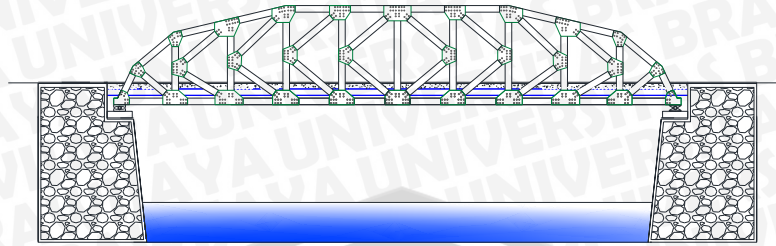
8. Pelepasan Kabel penggantung
9. Proses pemasangan Dek Baja dan bekisting untuk pengecoran pelat lantai kendaraan.
10. Pengecoran Pelat lantai kendaraan



11. Apabila beton sudah mengering, bekisting dilepas.
12. Pelepasan perancah dan dilanjutkan dengan pemasangan tumpuan / perletakan jembatan dengan cara jembatan didongkrak.



13. Pembongkaran pilar jembatan gantung lama.

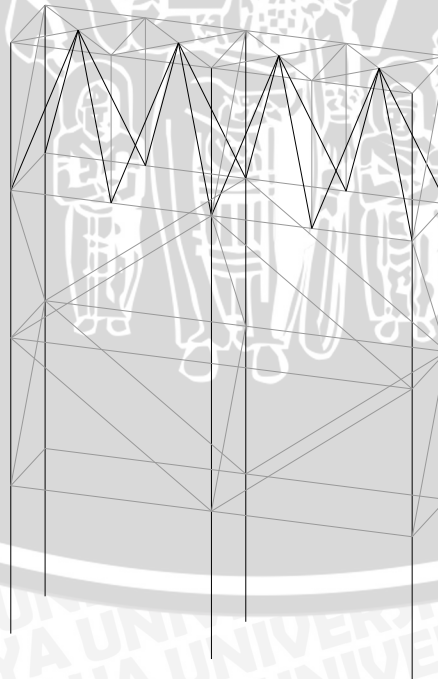


14. Pemasangan pipa sandaran pada sisi dalam rangka jembatan.

15. Pekerjaan pengaspalan pada lapisan permukaan jalan.

#### 4.3.5 Detail Perancah

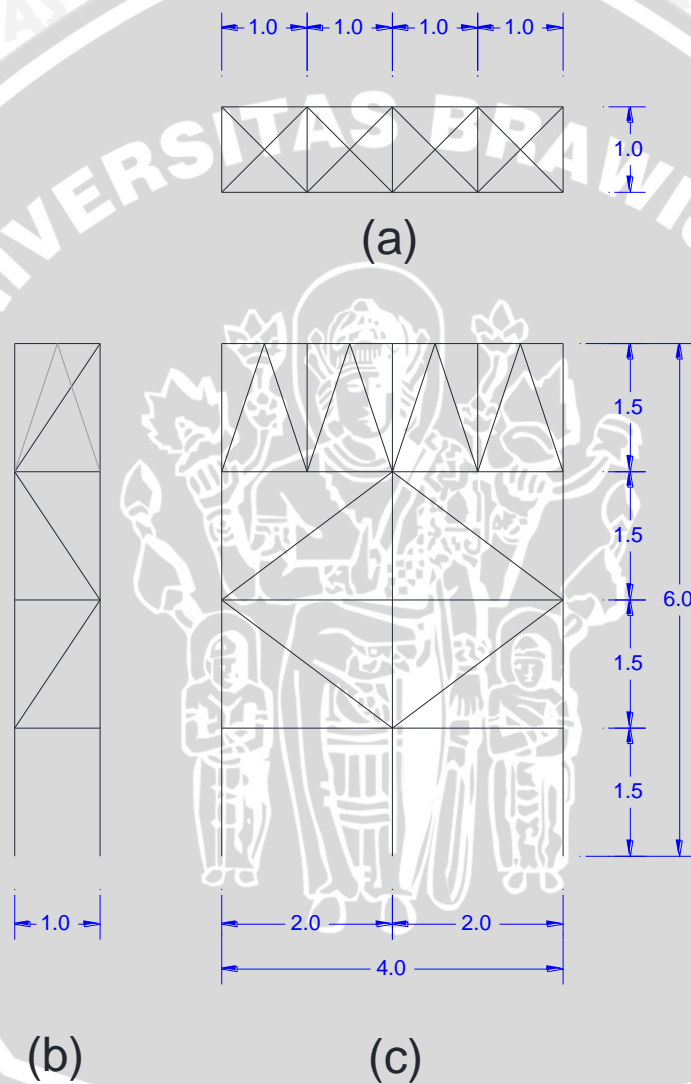
Metode yang digunakan dalam pembangunan Betek direncanakan menggunakan metode perancah. Perancah yang digunakan terbuat dari profil baja yang berbentuk pipa yang diletakkan pada setiap gelagar melintang jembatan. Berikut merupakan detail perancah yang akan digunakan:



Gambar 4.35 Tampak Perspektif Perancah Baja

### a. Dimensi Perancah

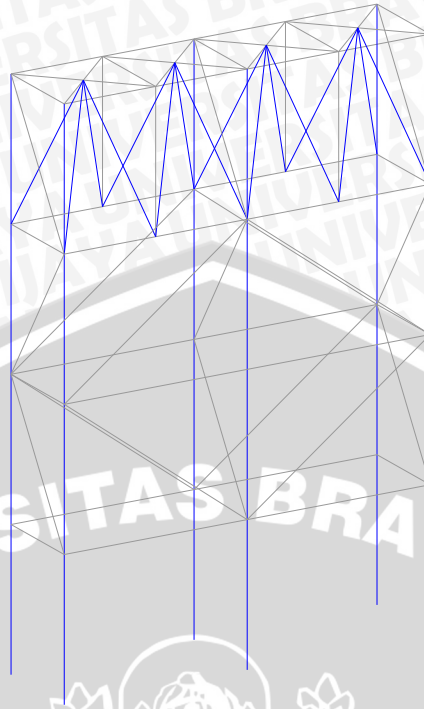
Dimensi perancah direncanakan sesuai kebutuhan jembatan. Jembatan betek yang direncanakan lebar 3 meter, maka digunakan perancah panjang dengan arah tegak lurus jembatan sepanjang 4 meter. Sedangkan lebar perancah direncanakan dengan ukuran 1 meter, dan tinggi perancah diasumsikan setinggi 6 meter yang disesuaikan dengan kontur tanah pada dasar sungai.



Gambar 4.36 Gambar tampak perancah baja

(a) Tampak atas, (b) tampak samping, dan (c) tampak depan





Gambar 4.37 Posisi dimensi profil baja yang digunakan

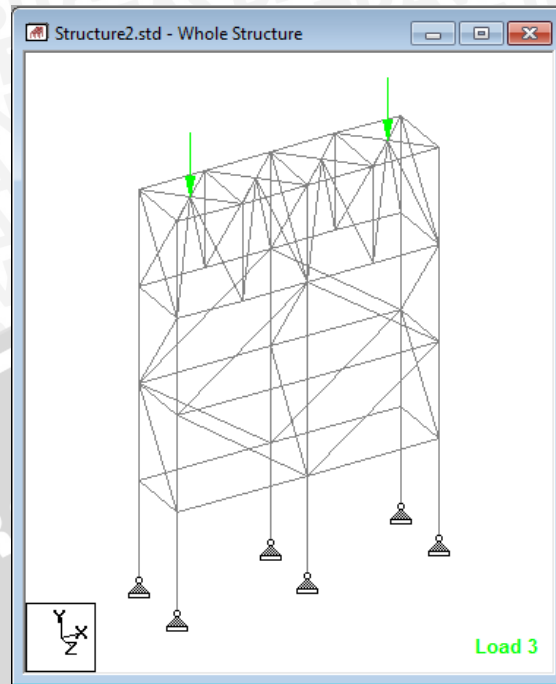
Pada gambar 4.9, terdapat dua warna yang berbeda garis kerja perancah. Yang berwarna biru, direncanakan menggunakan pipa baja diameter 21.7 mm dengan tebal 2 mm, sedangkan pada garis kerja warna hitam, direncanakan pipa baja diameter 34 mm dengan tebal 2.3 mm.

#### b. Analisis struktur Perancah

Perancah direncanakan menahan berat sendiri jembatan sebelum rangka jembatan terangkai sepenuhnya. Sehingga, perancah harus dapat menahan struktur rangka jembatan dan gelagar melintang jembatan. Analisis struktur menggunakan bantuan program Staadpro.

- **Pembebanan perancah**

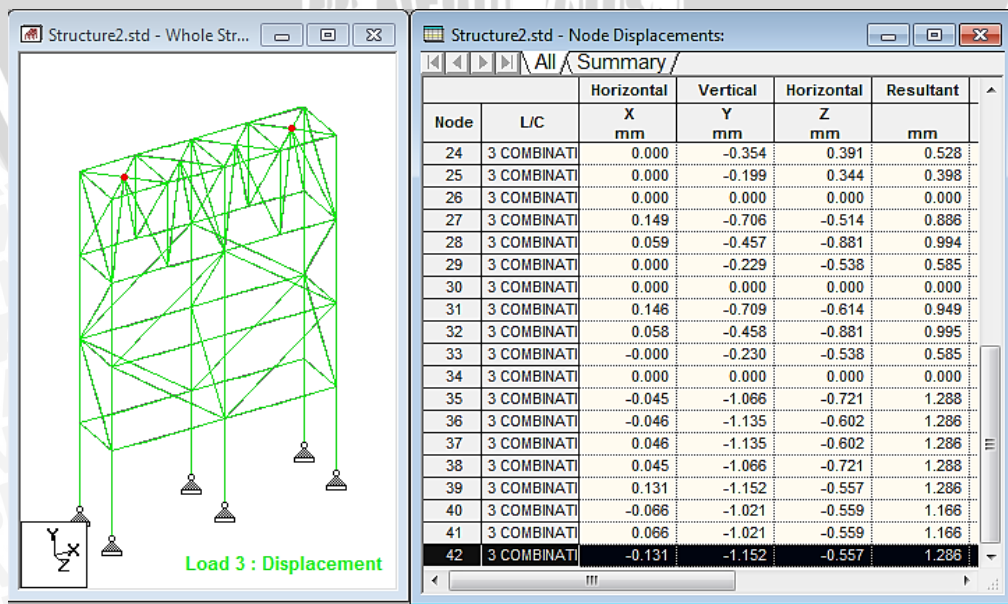
Beban pada setiap perancah digunakan sebesar 4 ton, yang berasal berat rangka jembatan, dan gelagar melintang dan ditambah beban hidup berupa pekerja. Beban tersebut diasumsikan sebagai beban terpusat yang berada di titik buhul bagian bawah jembatan, atau pada ujung gelagar melintang. Sehingga pada satu titik, beban yang bekerja sebesar 2 ton.



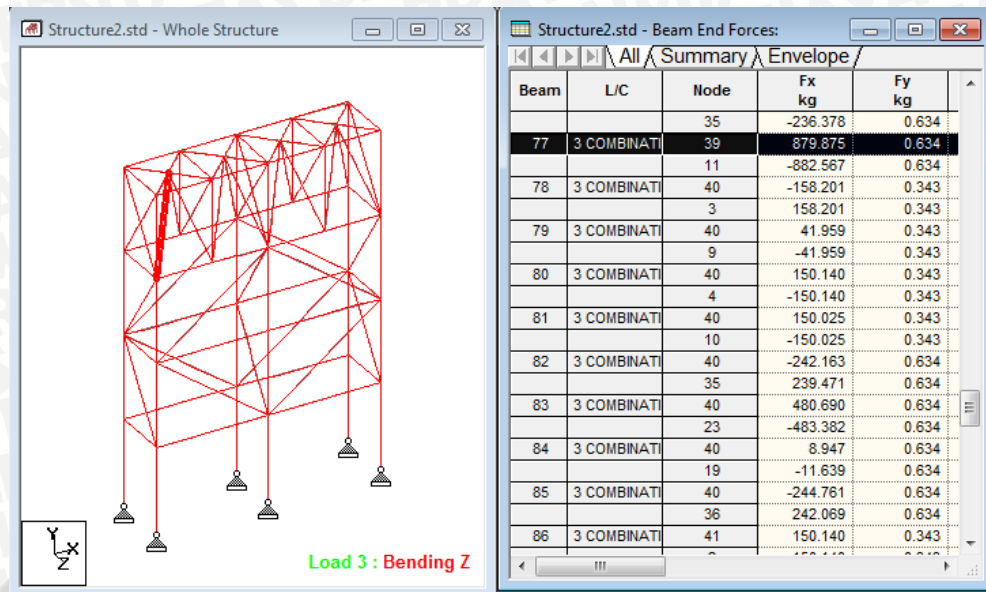
Gambar 4.38 Posisi pembebanan pada perancah

- **Hasil Analisis**

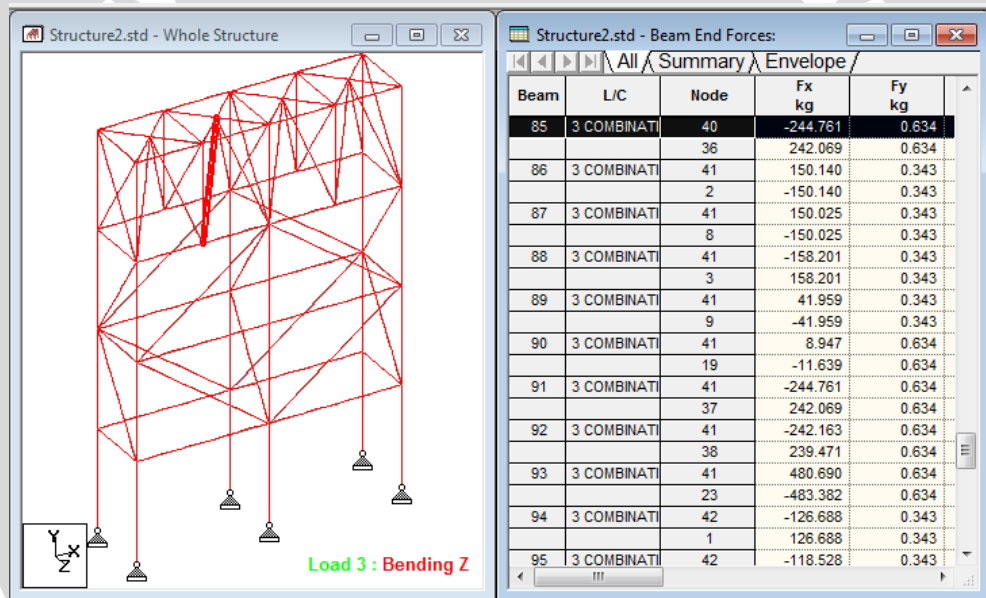
Dengan menggunakan bantuan program staadpro, didapatkan hasil lendutan arah vertikal yang terjadi pada posisi pembebanan yaitu sebesar 1.152 mm. Sedangkan untuk analisis gaya batang, didapatkan gaya batang maksimum tekan senilai 882,567 kg dan gaya batang maksimum tarik sebesar 244,761 kg.



Gambar 4.39 Hasil Analisis Lendutan



(a)



(b)

Gambar 4.40 Analisis Gaya Batang Maksimum akibat pembebanan  
 (a) Batang tekan dan (b) Batang tarik





- **Kontrol Penampang**

**Kontrol batang tarik (SNI 03-1729-2002)**

Diketahui :

Profil baja yang digunakan pipa baja  $\phi$  34 mm,  $t = 2,3$  mm

- Mutu baja= BJ-37
- $f_y = 240$  Mpa
- $f_u = 370$  Mpa
- $E = 200000$  Mpa
- $L = 1658,3$  mm
- $N_u = 244,761$  kg
- $A_g = 229,1$  mm<sup>2</sup>
- $I_x = I_y = 28900$  mm<sup>4</sup>
- $r_x = r_y = 11,2$  mm

Kondisi leleh:

$$\begin{aligned}
 N_u &\leq \phi N_n \\
 N_u &\leq \phi A_g f_y \\
 244,761 \text{ kg} &\leq 0,9 \times 229,1 \times 240 \\
 244,761 \text{ kg} &\leq 49485,6 \text{ N} \\
 244,761 \text{ kg} &\leq 5044,4 \text{ kg} \rightarrow \text{Aman}
 \end{aligned}$$

Kondisi fraktur:

$$\begin{aligned}
 N_u &\leq \phi N_n \\
 N_u &\leq \phi A_e f_u \\
 N_u &\leq \phi A_g U f_u \\
 244,761 \text{ kg} &\leq 0,75 \times 229,1 \times 0,75 \times 370 \\
 244,761 \text{ kg} &\leq 47681,4 \text{ N} \\
 244,761 \text{ kg} &\leq 4860,5 \text{ kg} \rightarrow \text{Aman}
 \end{aligned}$$

**Kontrol batang tekan (SNI 03-1729-2002)**

Diketahui :

Profil baja yang digunakan pipa baja  $\phi$  34 mm,  $t = 2,3$  mm

- Mutu baja= BJ-37
- $f_y = 240$  Mpa
- $f_u = 370$  Mpa
- $E = 200000$  Mpa
- $L = 1658,3$  mm
- $A_g = 229,1$  mm<sup>2</sup>
- $I_x = I_y = 28900$  mm<sup>4</sup>
- $r_x = r_y = 11,2$  mm
- $N_u = 244,761$  kg

- Periksa kelangsingan penampang

$$\lambda = \frac{d}{t} = \frac{34}{2.3} = 14.78$$

$$\lambda_r = \frac{22000}{f_y} = \frac{22000}{240} = 91.67$$

$$\lambda < \lambda_r \quad (\text{Stabilitas Penampang OK!})$$

- Arah sumbu-x dan arah sumbu-y

$$\lambda = \frac{k.L}{r} = \frac{1,0 \times 1658,3}{11,2} = 148,06$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{148,06}{\pi} \sqrt{\frac{240}{200000}} = 1,63262$$

$$\begin{aligned} \lambda_c > 1,2 \quad \rightarrow \quad \omega_x &= 1,25 \lambda_c^2 \\ &= 1,25 \cdot 1,63262^2 \\ &= 3,3318 \end{aligned}$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 229,1 \cdot \frac{240}{3,3318} = 1682,24 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} = \frac{882,567 \text{ kg}}{0,85 \times 1682,24} = 0,62 < 1 \quad \rightarrow \text{Aman}$$

**Jadi, dapat disimpulkan bahwa perancah dapat digunakan.**