

BAB IV

PERHITUNGAN STRUKTUR REDESAIN

4.1 STRUKTUR ATAP GEDUNG

Pada perhitungan struktur atap gedung dari kuda-kuda baja konvensional dalam perencanaan konstruksinya dibuat sesuai dengan Pedoman Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI), dan SK SNI untuk baja tahun 2002 sedangkan untuk perhitungan struktur atap gedung dari baja ringan (*smartruss*) dalam perencanaan konstruksi perhitungannya menggunakan program AS-4600-96 (Australian/NZ limit state).

4.1.1. PENENTUAN MATERIAL

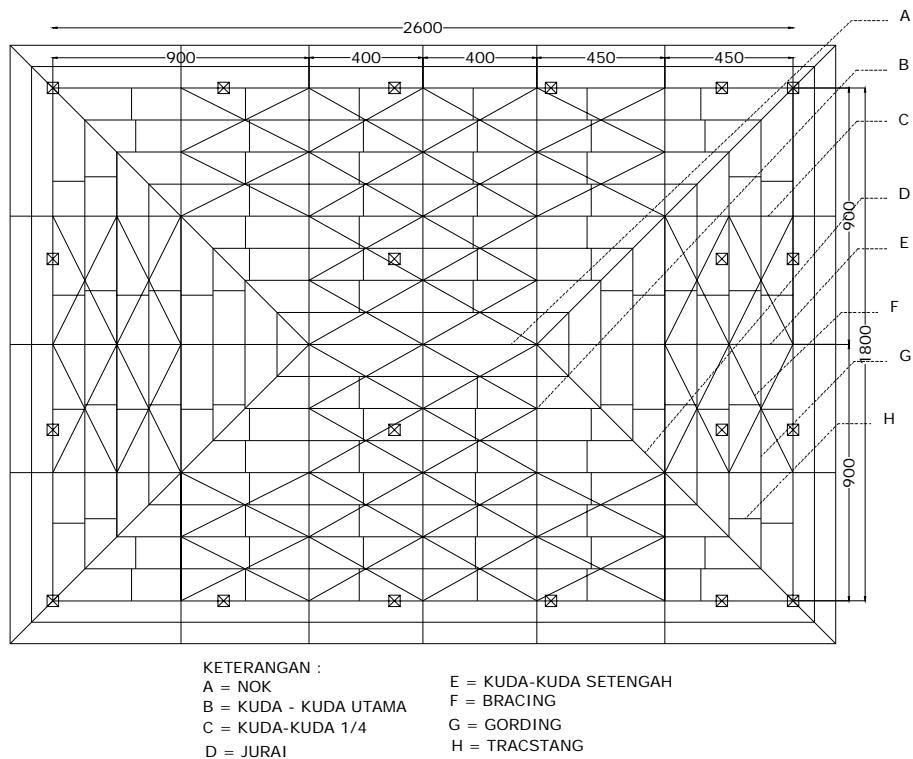
Pada struktur atap gedung ini memiliki bentang kuda-kuda 18 m. Baja dipilih sebagai material struktur atap dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

- a) Dengan bentang yang sama, jika menggunakan material kayu tidaklah efektif, dikarenakan memerlukan dimensi yang besar, sambungan untuk batang tarik dan tekannya berbeda dan cukup rumit, selain itu pula keterbatasan material kayu di pasaran yang menyebabkan harga kayu mahal, pemasangannya yang memerlukan waktu yang cukup lama.
- b) Dengan bentang yang sama, jika menggunakan material beton kesulitan pelaksanaan pengecoran menjadi perhatian utama. Yaitu sesuai dengan bentuk kuda-kuda pengecoran miring cukup sulit dikerjakan di lapangan. Selain itu pula memerlukan perancah, pemasangan bekisting, menunggu beton kering, pembongkaran bekisting sehingga kurang efisien terhadap waktu dan biaya.
- c) Untuk bentang 18 m, pemilihan material baja sangatlah tepat karena sambungan untuk batang tekan dan tariknya sama sehingga memudahkan dalam pelaksanaannya.

- d) Dengan panjang di pasaran umumnya 12 meter, dapat meminimalkan sambungan yang diperlukan.
- e) Pelaksanaan yang lebih mudah dan praktis, lebih efisien dalam waktu dan biaya.

Pada perhitungan struktur kuda-kuda baja ini, kami membandingkan perhitungan struktur menggunakan bahan baja konvensional dengan baja ringan (*smartruss*).

Berikut ini adalah gambar perencanaan denah atap Gedung Laboratorium dan Ruang Kuliah Universitas Semarang Jl. Sukarno Hatta Semarang.



Gambar 4.1. Denah Atap

Struktur atap rangka baja dalam perencanaan menggunakan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) atau desain beban dan faktor

resistensi, dimana cek tegangan yang terjadi terhadap tegangan leleh (f_y), dan kombinasi beban untuk atap sebagai berikut :

- $w = 1,2 D + 1,6 L$
- $w = 1,2 D + 0,5 L \pm 1,3 W$

Keterangan:

D = Beban mati

L = Beban hidup (akibat pekerja dan air hujan)

W = Beban angin

4.1.2. PERENCANAAN GORDING

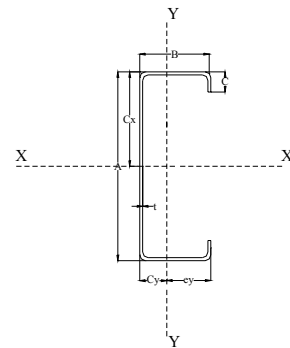
a. Data :

Kemiringan atap (α)	:	30°
Bentang Gording	:	4 m
Jarak gording yang ditinjau (L_c)	:	1,299 m
Penutup atap (genteng keramik + usuk + reng)	:	50 kg/m ²
Plafond + penggantung (11 + 7)	:	18 kg/m ²
Beban angin	:	25 kg/m ²
Beban hidup	:	100 kg/m
Berat gording <i>Channel</i> 200x75x20x3,2	:	9,27 kg/m
Tegangan leleh (f_y)	:	2400 kg/m

Menggunakan 1 (satu) buah *trackstang*

Digunakan profil *Canal* 200x75x20x3,2 dengan mutu baja BJ 37, dan karakteristik penampangnya :

- $A = 10,34 \text{ cm}^2$ $w = 9,27 \text{ kg/m}$
- $I_x = 721 \text{ cm}^4$ $I_y = 87,5 \text{ cm}^4$
- $W_x = 72,1 \text{ cm}^3$ $W_y = 16,8 \text{ cm}^3$



Pembebanan

- **Beban mati (qD)**
 Berat gording *Channel* 200x75x20x3,2 = 9,27 kg/m
 Berat atap = 50 kg/m² x 1,299 m = 64,95 kg/m
 Berat *trackstang* (10% x 9,27) = 0,927 kg/m +

$$q \text{ tot} = 75,147 \text{ kg/m}$$

- **Beban hidup (qL)**
 Pekerja di tengah bentang (P) = 100 kg
 Air hujan (qR) = (40 – (0,8 x a)) x Lc

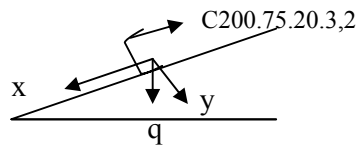
$$= (40 – (0,8 \times 30)) \times 1,299 = 20,784 \text{ kg/m}$$

- **Beban angin (qA = 25 kg/m²)**
 Koefisien angin tekan (ct) = ((0,02 x a) – 0,4)

$$= ((0,02 \times 30) – 0,4) = 0,2$$

 Koefisien angin hisap (ch) = – 0,4
 Beban angin tekan = 0,2 x 25 x 1,299 = 6,495 kg/m
 Beban angin hisap = -0,4 x 25 x 1,299 = -12,99 kg/m

b. Kombinasi Beban



Gambar 4.2 Arah Gaya pada Gording Profil C 200x75x20x3,2

- **Beban Mati**
 (qD = 75,147 kg/m)
 $qD_x = 75,147 \times \sin 30^\circ = 37,574 \text{ kg/m}$
 $qD_y = 75,147 \times \cos 30^\circ = 65,079 \text{ kg/m}$

- **Beban Hidup**
 (P = 100 kg)
 $P_x = 100 \times \sin 30^\circ = 50 \text{ kg}$
 $P_y = 100 \times \cos 30^\circ = 86,602 \text{ kg}$

$$(qL = 20,784 \text{ kg/m})$$

$$qLx = 20,784 \times \sin 30^\circ = 10,392 \text{ kg/m}$$

$$qLy = 20,784 \times \cos 30^\circ = 17,999 \text{ kg/m}$$

- **Beban Angin**

$$qA = qAy = 6,495 \text{ kg/m}$$

c. KOMBINASI MOMEN

$$\begin{aligned} M_x &= \left\{ \frac{1}{8} \times (1,2q_{Dx} + 1,6q_{Lx}) \times l^2 \right\} + \left\{ \frac{1}{4} \times 1,6Px \times l \right\} \\ &= \left\{ \frac{1}{8} \times (1,2 \times 37,574 + 1,6 \times 10,392) \times 4^2 \right\} + \left\{ \frac{1}{4} \times 1,6 \times 50 \times 4 \right\} \\ &= 203,433 \text{ kgm} = 20\,343,3 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y1} &= \left\{ \frac{1}{8} \times (1,2q_{Dy} + 1,6q_{Ly}) \times l^2 \right\} + \left\{ \frac{1}{4} \times 1,6Py \times l \right\} \\ &= \left\{ \frac{1}{8} \times (1,2 \times 65,079 + 1,6 \times 17,999) \times 4^2 \right\} + \left\{ \frac{1}{4} \times 1,6 \times 86,602 \times 4 \right\} \\ &= 352,3496 \text{ kgm} = 35\,234,96 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y2} &= \left\{ \frac{1}{8} \times (1,2 \times q_{Dy} + 0,5 \times q_{Ly}) \times \left(\frac{l}{2}\right)^2 \right\} + \left\{ \frac{1}{4} \times 0,5 \times Py \times \left(\frac{l}{2}\right) \right\} \\ &\quad + \left\{ \frac{1}{8} \times 1,3 \times q_{Ay} \times \left(\frac{l}{2}\right)^2 \right\} \\ &= \left\{ \frac{1}{8} \times (1,2 \times 65,079 + 0,5 \times 17,999) \times \left(\frac{4}{2}\right)^2 \right\} + \left\{ \frac{1}{4} \times 0,5 \times 86,602 \times \left(\frac{4}{2}\right) \right\} \\ &\quad + \left\{ \frac{1}{8} \times 1,3 \times 6,495 \times \left(\frac{4}{2}\right)^2 \right\} \\ &= 69,4194 \text{ kgm} = 6\,941,94 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Dari kombinasi 1 & 2 dipilih My max yaitu My1 = 35 234,96 kgcm

d. Kontrol Tegangan

BJ 37 ($f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$)

$$f = \left(\frac{M_x}{W_y} \right) + \left(\frac{M_y}{W_x} \right) = \left(\frac{20\,343,3}{16,8} \right) + \left(\frac{35\,234,96}{72,1} \right)$$

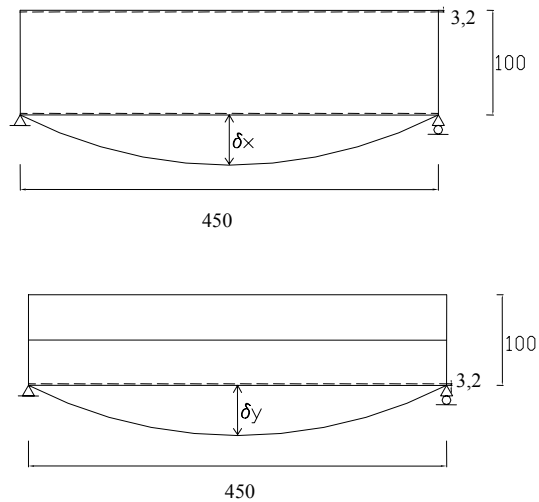
$$= 1699,606 \text{ kg/cm}^2 \quad 1210,910$$

Syarat, $f \leq f_y$

$$1699,606 \text{ kg/cm}^2 \leq 2400 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Oke !}$$

e. Kontrol Lendutan

Keterangan :Pemasangan *trackstang* antar gording pada tengah bentang gording, memberikan kekakuan tambahan padanya terhadap sumbu y.



Gambar 4.3. Lendutan gording

$$\delta_{ijin} = \frac{1}{240} \times L = \frac{1}{240} \times 400 = 1,667 \text{ cm}$$

Sumbu X

$$\begin{aligned}\delta_X &= \left\{ \frac{5}{384} \times \frac{q_{Dx} + q_{Lx}}{Es \times I_y} \times l^4 \right\} + \left\{ \frac{1}{48} \times \frac{Px}{Es \times I_y} \times l^3 \right\} \\ &= \left\{ \frac{5}{384} \times \frac{(37,574 + 10,392) \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^6 \times 87,5} \times 400^4 \right\} + \left\{ \frac{1}{48} \times \frac{50}{2 \cdot 10^6 \times 87,5} \times 400^3 \right\} \\ &= 1,2945 \text{ cm}\end{aligned}$$

Sumbu Y

$$\begin{aligned}\delta_Y &= \left\{ \frac{5}{384} \times \frac{q_{Dy} + q_{Ly}}{Es \times I_x} \times \left(\frac{l}{2}\right)^4 \right\} + \left\{ \frac{1}{48} \times \frac{Py}{Es \times I_x} \times \left(\frac{l}{2}\right)^3 \right\} \\ &= \left\{ \frac{5}{384} \times \frac{(65,079 + 17,999) \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^6 \times 721} \times 200^4 \right\} + \left\{ \frac{1}{48} \times \frac{86,602}{2 \cdot 10^6 \times 721} \times 200^3 \right\} \\ &= 0,022 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{(1,2945)^2 + (0,022)^2}$$

$$\delta = 1,2946 \text{ cm} \leq \delta_{ijin} = 1,667 \text{ cm} \dots \dots \dots \text{Oke !}$$

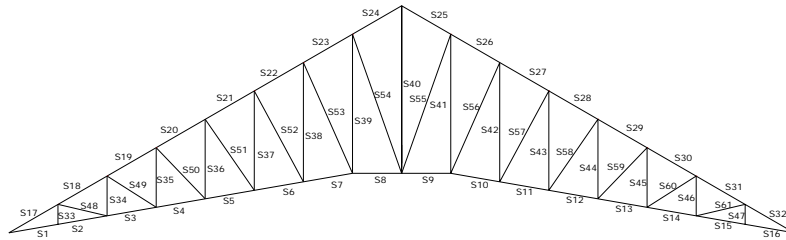
4.1.3. PERHITUNGAN STRUKTUR REDESAIN KUDA-KUDA

Perhitungan Struktur Redesain Kuda-Kuda Utama

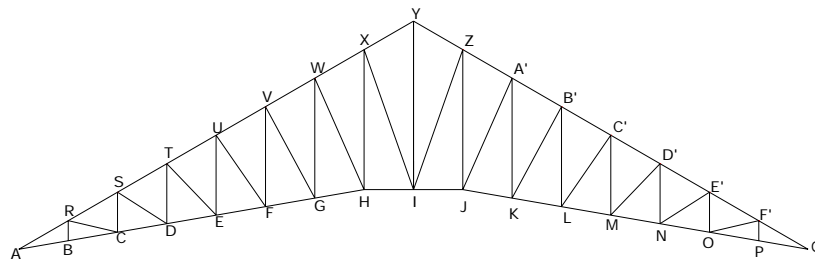
1. Data Perencanaan

o Bentang kuda-kuda	:	18,00 m
o Jarak kuda-kuda / bentang gording (Lk)	:	4,00 m
o Jarak gording (Lc)	:	1,299 m
o Sudut kemiringan atap (a)	:	30°
o Penutup atap (genteng keramik + usuk + reng)	:	50 kg/m ²
o Plafond + penggantung	:	18 kg/m
o Beban angin	:	25 kg/m
o Beban hidup	:	100 kg/m

- Beban air hujan = $(40-0,8 \times a) \times Lc$: 20,784 kg/m
- Berat gording profil C 200.75.20.3,2 : 9,27 kg/m
- Tegangan leleh baja (f_y) : 2400 kg/cm²



Gambar 4.4. No. Frame Kuda – Kuda Utama



Gambar 4.5. No. Joint Kuda – Kuda Utama

BEBAN MATI

a). Beban Atap genteng keramik (BA).

$$BA = q \times L_k \times L_c$$
$$= 50 \times 4,00 \times 1,299 = 259,8 \text{ kg.}$$

Berat atap dilimpahkan ke tiap buhul bagian atas konstruksi yaitu :

$$bA = bQ = (259,8) / 2 = 129,9 \text{ kg}$$
$$bR = bS = bT = bU = bV = bW = bX = bY = bZ = bA' = bB' = bC' = bD' =$$
$$bE' = bF' = 259,8 \text{ kg.}$$

Keterangan : b = buhul (joint)

b). Beban Gording (BG).

$$BG = q \times L_k = 9,27 \times 4,00 = 37,08 \text{ kg}$$

Beban gording dilimpahkan ke tiap buhul bagian atas konstruksi yaitu :

$$bA = bS = bU = bW = bY = bA' = bC' = bE' = bQ = 37,08 \text{ kg}$$

c). Beban Bracing / Ikatan Angin (BB)

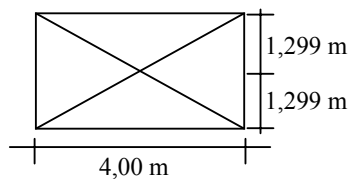
Bracing menggunakan baja $\phi 18 \text{ mm}$

$$\text{Beban Bracing} = A \cdot \gamma_{\text{baja}}$$
$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \gamma_{\text{baja}} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,018)^2 \cdot 7850 = 1,996 \text{ kg/m}$$

$$(\gamma_{\text{baja}} = 7850 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Panjang Bracing} = \sqrt{4,0^2 + 2,598^2} = 4,7696 \text{ m}$$

BRACING



Gambar 4. 6. Bracing

Keterangan :

Tinjau jarak antar kuda-kuda max = 4,00 m

Beban bracing pada buhul / joint :

$$\begin{aligned} bA, \& bQ &= 1/2 \times 4,7696 \text{ m} \times 1,996 \text{ kg/m} \\ &= 4,76 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} bS, bU, bW, bY, bA', bC', \& bE' &= 4,7696 \text{ m} \times 1,996 \text{ kg/m} \\ &= 9,520 \text{ kg.} \end{aligned}$$

d). Beban Angin

$$\begin{aligned} \text{Beban muatan angin (q)} &= 25 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Jarak antar kuda – kuda (Lk)} &= 4,00 \text{ m} \\ \text{Jarak antar gording (Lc)} &= 1,299 \text{ m} \\ \text{Sudut kemiringan atap (a)} &= 30^\circ \\ \text{Koefisien angin tekan (Ct)} &= 0,2 \\ \text{Koefisien angin hisap (Ch)} &= -0,4 \\ \text{Beban air hujan} &= (40-0,8 \times a) \times Lc = 20,784 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Gaya tekan tiap buhul

$$\begin{aligned} P_t &= C_t \times q \times L_k \times L_c \\ &= 0,2 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 4,00 \text{ m} \times 1,299 \text{ m} \\ &= 25,98 \text{ kg.} \\ P_{tx} &= P_t \times \sin 30^\circ \\ &= 12,99 \text{ kg} \\ P_{ty} &= P_t \times \cos 30^\circ \\ &= 22,499 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya hisap tiap buhul

$$\begin{aligned} P_h &= C_h \times q \times L_k \times L_c \\ &= -0,4 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 4,00 \text{ m} \times 1,299 \text{ m} \\ &= -51,96 \text{ kg.} \\ P_{hx} &= P_h \times \sin \alpha \\ &= -51,96 \text{ kg} \times \sin 30^\circ \\ &= -25,98 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{hy} = P_h \times \cos \alpha$$

$$= - 51,96 \text{ kg} \times \text{Cos } 30^\circ$$

$$= - 44,999 \text{ kg}$$

e). Beban Plafond dan Penggantung (BP).

$$q \text{ plafond dan penggantung} = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$BP = q \times L_k \times L_c$$

$$= 18 \text{ kg/m}^2 \times 4,00 \text{ m} \times 1,299 \text{ m}$$

$$= 93,528 \text{ kg.}$$

Berat plafond dan penggantung dipikul oleh tiap buhul bagian bawah konstruksi, yaitu sebagai berikut :

$$BP - A, \& Q = 1/2 \times BP$$

$$= 1/2 \times 93,528 \text{ kg} = 46,764 \text{ kg.}$$

$$BP - B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,\&P = 93,528 \text{ kg.}$$

f). Beban Hidup (BH).

$$\text{Beban orang (P)} = 100 \text{ kg.}$$

$$\text{Beban air hujan (q)} = (40-0,8 \times a) \times L_c = 20,784 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban hujan} = q \times L_k$$

$$= 20,784 \text{ kg/m} \times 4,00 \text{ m} = 83,136 \text{ kg}$$

karena asumsi beban orang dan beban hujan tidak bersamaan, maka diambil beban yang paling besar diantaranya, yaitu beban orang sebesar 100 kg.

g). Beban Kuda – kuda (BK).

Pada struktur rangka atap ini dipakai profil siku *double L*, dengan perincian sebagai berikut:

- gording : profil C 200.75.20.3,2
- frame vertikal & diagonal : 2L.50.50.5 @ q = 3,77 kg/m
- frame atas : 2L. 60.60.6 @ q = 5,42 kg/m
- frame bagian rangka bawah : 2L.70.70.7 @ q = 7,38 kg/m
- tegangan ijin leleh baja (fy): 2400 kg/cm²

$$\text{Beban Kuda – kuda (BK)} = q \times \text{panjang batang}$$

$$q \text{ untuk profil ganda} = q \times 2$$

Tabel 4.1. Berat Tiap Batang Kuda-kuda Utama

Batang	Profil	q (kg/m)	2q/double (kg/m)	Panjang (m)	Berat (kg)
S1	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S2	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S3	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S4	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S5	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S6	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S7	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S8	L.70.70.7	7.38	14.76	1.125	16.605
S9	L.70.70.7	7.38	14.76	1.125	16.605
S10	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S11	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S12	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S13	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S14	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S15	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S16	L.70.70.7	7.38	14.76	1.142	16.851
S17	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S18	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S19	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S20	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S21	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S22	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S23	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S24	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S25	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S26	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081

Tabel 4.2. Berat Tiap Batang Kuda-kuda Utama

Batang	Profil	q (kg/m)	2q/double (kg/m)	Panjang (m)	Berat (kg)
S27	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S28	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S29	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S30	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S31	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S32	L.60.60.6	5.42	10.84	1.299	14.081
S33	L.50.50.5	3.77	7.54	0.455	3.432
S34	L.50.50.5	3.77	7.54	0.910	6.864
S35	L.50.50.5	3.77	7.54	1.366	10.297
S36	L.50.50.5	3.77	7.54	1.821	13.729
S37	L.50.50.5	3.77	7.54	2.276	17.161
S38	L.50.50.5	3.77	7.54	2.731	20.593
S39	L.50.50.5	3.77	7.54	3.186	24.025
S40	L.50.50.5	3.77	7.54	3.641	27.457
S41	L.50.50.5	3.77	7.54	4.096	30.889
S42	L.50.50.5	3.77	7.54	4.551	34.321
S43	L.50.50.5	3.77	7.54	5.006	37.753
S44	L.50.50.5	3.77	7.54	5.461	41.185
S45	L.50.50.5	3.77	7.54	5.916	44.617
S46	L.50.50.5	3.77	7.54	6.371	48.049
S47	L.50.50.5	3.77	7.54	6.826	51.481
S48	L.50.50.5	3.77	7.54	7.281	54.913
S49	L.50.50.5	3.77	7.54	7.736	58.345
S50	L.50.50.5	3.77	7.54	8.191	61.777
S51	L.50.50.5	3.77	7.54	8.646	65.209
S52	L.50.50.5	3.77	7.54	9.101	68.641
S53	L.50.50.5	3.77	7.54	9.556	72.073
S54	L.60.60.6	5.42	10.84	3.379	36.628
S55	L.60.60.6	5.42	10.84	3.379	36.628
S56	L.50.50.5	3.77	7.54	2.775	20.924
S57	L.50.50.5	3.77	7.54	2.366	17.840
S58	L.50.50.5	3.77	7.54	1.978	14.914
S59	L.50.50.5	3.77	7.54	1.624	12.245
S60	L.50.50.5	3.77	7.54	1.336	10.073
S61	L.50.50.5	3.77	7.54	1.155	8.709

Beban kuda – kuda dilimpahkan ke tiap buhul / joint :

$$P-A = \frac{1}{2} (S1+S17) = \frac{1}{2} (16,851+ 14,081) = 15,466 \text{ kg}$$

Tabel 4.3. Berat Profil Tiap Batang

BUHUL	GAYA BATANG	SEPARUH GAYA	JUMLAH GAYA	TOTAL BERAT (Kg)
A	S1 S17	0.5	30.933	15.466
B	S1 S2 S33	0.5	37.135	18.568
C	S2 S3 S34 S48	0.5	49.276	24.638
D	S3 S4 S35 S49	0.5	54.073	27.037
E	S4 S5 S36 S50	0.5	59.677	29.838
F	S5 S6 S37 S51	0.5	65.778	32.889
G	S6 S7 S38 S52	0.5	72.136	36.068
H	S7 S8 S39 S53	0.5	78.405	39.203
I	S8 S9 S40 S54 S55	0.5	135.389	67.695
J	S9 S10 S41S56	0.5	78.405	39.203
K	S10 S11 S42 S57	0.5	72.136	36.068
L	S11 S12 S43 S58	0.5	65.778	32.889
M	S12 S13 S44 S59	0.5	59.677	29.838
N	S13 S14 S45 S60	0.5	54.073	27.037
O	S14 S15 S46 S61	0.5	49.276	24.638
P	S15 S16 S47	0.5	37.135	18.568
Q	S16 S32	0.5	30.933	15.466
R	S17 S18 S33 S48	0.5	40.303	20.152
S	S18 S19 S34 S49	0.5	45.100	22.550
T	S19 S20 S35 S50	0.5	50.704	25.352
U	S20 S21 S36 S51	0.5	56.805	28.403
V	S21 S22 S37 SS52	0.5	63.163	31.582
W	S22 S23 S38 S53	0.5	69.679	34.840
X	S23 S24 S39 S54	0.5	88.816	44.408
Y	S24 S25 S40 S54 S55	0.5	130.342	65.171
Z	S25 S26 S41 S55	0.5	88.816	44.408
A'	S26 S27 S42 S56	0.5	69.679	34.840
B'	S27 S28 S43 S57	0.5	63.163	31.582
C'	S28 S29 S44 S58	0.5	56.805	28.403
D'	S29 S30 S45 S59	0.5	50.704	25.352
E'	S30 S31 S46 S60	0.5	45.100	22.550
F'	S31 S32 S47 S61	0.5	40.303	20.152

BEBAN PLAT BUHUL

Beban = 10 % x Berat per buhul (beban ini dilimpahkan ke tiap buhul)

Tabel 4.4. Berat Plat Buhul Tiap Batang

BUHUL	BERAT/BUHUL (Kg)	10%	PLAT BUHUL (Kg)
A	15.466	10%	1.547
B	18.568	10%	1.857
C	24.638	10%	2.464
D	27.037	10%	2.704
E	29.838	10%	2.984
F	32.889	10%	3.289
G	36.068	10%	3.607
H	39.203	10%	3.920
I	67.695	10%	6.769
J	39.203	10%	3.920
K	36.068	10%	3.607
L	32.889	10%	3.289
M	29.838	10%	2.984
N	27.037	10%	2.704
O	24.638	10%	2.464
P	18.568	10%	1.857
Q	15.466	10%	1.547
R	20.152	10%	2.015
S	22.550	10%	2.255
T	25.352	10%	2.535
U	28.403	10%	2.840
V	31.582	10%	3.158
W	34.840	10%	3.484
X	44.408	10%	4.441
Y	65.171	10%	6.517
Z	44.408	10%	4.441
A'	34.840	10%	3.484
B'	31.582	10%	3.158
C'	28.403	10%	2.840
D'	25.352	10%	2.535
E'	22.550	10%	2.255
F'	20.152	10%	2.015

Tabel 4.5. Rekapitulasi Analisa Pembebanan (Kg)

BUHUL	B.ATAP	B.PLAFON/	B.	B.	B.	B.PLAT	B.	B.
-------	--------	-----------	----	----	----	--------	----	----

		PENGGANTUNG	GORDING	KUDA-KUDA	BRACING	BUHUL	HIDUP	MATI
A	146.1	52.610	41.715	15.466	3.886	1.547	100	261.361
B	-	93.528	-	18.568	-	1.857	-	113.952
C	-	93.528	-	24.638	-	2.464	-	120.630
D	-	93.528	-	27.037	-	2.704	-	123.268
E	-	93.528	-	29.838	-	2.984	-	126.350
F	-	93.528	-	32.889	-	3.289	-	129.706
G	-	93.528	-	36.068	-	3.607	-	133.203
H	-	93.528	-	39.203	-	3.920	-	136.651
I	-	93.528	-	67.695	-	6.769	-	167.992
J	-	93.528	-	39.203	-	3.920	-	136.651
K	-	93.528	-	36.068	-	3.607	-	133.203
L	-	93.528	-	32.889	-	3.289	-	129.706
M	-	93.528	-	29.838	-	2.984	-	126.350
N	-	93.528	-	27.037	-	2.704	-	123.268
O	-	93.528	-	24.638	-	2.464	-	120.630
P	-	93.528	-	18.568	-	1.857	-	113.952
Q	146.1	52.610	41.715	15.466	3.886	1.547	-	261.361
R	292.3	-	41.715	20.152	-	2.015	100	356.157
S	292.3	-	41.715	22.550	7.772	2.255	100	366.567
T	292.3	-	41.715	25.352	-	2.535	100	361.877
U	292.3	-	41.715	28.403	7.772	2.840	100	373.005
V	292.3	-	41.715	31.582	-	3.158	100	368.730
W	292.3	-	41.715	34.840	7.772	3.484	100	380.086
X	292.3	-	41.715	44.408	-	4.441	100	382.839
Y	292.3	-	41.715	65.171	7.772	6.517	100	413.450
Z	292.3	-	41.715	44.408	-	4.441	100	382.839
A'	292.3	-	41.715	34.840	7.772	3.484	100	380.086
B'	292.3	-	41.715	31.582	-	3.158	100	368.730
C'	292.3	-	41.715	28.403	7.772	2.840	100	373.005
D'	292.3	-	41.715	25.352	-	2.535	100	361.877
E'	292.3	-	41.715	22.550	7.772	2.255	100	366.567
F'	292.3	-	41.715	20.152	-	2.015	100	356.157

BEBAN ANGIN KANAN

Koefisien Angin Muka = $(0,02 \times \alpha - 0,4)$

Untuk $\alpha = 45^\circ$ maka $C_t = (0,02 \times 30 - 0,4) = 0,2$

Koefisien Angin Belakang = $-0,4$ dimana $q_w = 25 \text{ kg/m}^2$

$$W = c \times q_w \times L_k \times L_c$$

Beban akibat angin muka (tekan)

Buhul Q & Y

$$\begin{aligned}W &= 0,2 \times 25 \times (0,5 \times 4,00) \times 1,299 \\ &= 12,99 \text{ kg.} \\ W_x &= 12,99 \text{ kg} \times \sin 30^\circ \\ &= 6,495 \text{ kg} \\ W_y &= 12,99 \text{ kg} \times \cos 45^\circ \\ &= 11,2497 \text{ kg}\end{aligned}$$

Buhul Z, A', B', C', D', E', & F'

$$\begin{aligned}W &= 0,2 \times 25 \times 4,00 \times 1,299 \\ &= 25,98 \text{ kg.} \\ W_x &= 25,98 \text{ kg} \times \sin 30^\circ \\ &= 12,99 \text{ kg.} \\ W_y &= 25,98 \text{ kg} \times \cos 30^\circ \\ &= 22,499 \text{ kg.}\end{aligned}$$

Beban akibat angin belakang (hisap)**Buhul A & Y**

$$\begin{aligned}W &= -0,4 \times 25 \times 0,5 \times 4,00 \times 1,299 \\ &= -25,98 \text{ kg.} \\ W_x &= -25,98 \text{ kg} \times \sin 30^\circ \\ &= -12,99 \text{ kg.} \\ W_y &= -25,98 \text{ kg} \times \cos 30^\circ \\ &= -22,499 \text{ kg.}\end{aligned}$$

Buhul R, S, T, U, V, W, & X

$$\begin{aligned}W &= -0,4 \times 25 \times 4,00 \times 1,299 \\ &= -51,96 \text{ kg.} \\ W_x &= -51,96 \text{ kg} \times \sin 30^\circ \\ &= -25,98 \text{ kg.} \\ W_y &= -51,96 \text{ kg} \times \cos 30^\circ \\ &= -44,999 \text{ kg}\end{aligned}$$

BEBAN ANGIN KIRI

$$\text{Koefisien Angin Muka} = (0,02 \times \alpha - 0,4)$$

$$\text{Untuk } \alpha = 45^\circ \text{ maka } C_t = (0,02 \times 30 - 0,4) = 0,2$$

$$\text{Koefisien Angin Belakang} = -0,4 \text{ dimana } q_w = 25 \text{ kg/m}^2$$

Beban akibat angin muka (tekan)

Buhul A & Y

$$W = 0,2 \times 25 \times (0,5 \times 4,00) \times 1,299$$

$$= 12,99 \text{ kg.}$$

$$W_x = 12,99 \text{ kg} \times \sin 30^\circ$$

$$= 6,495 \text{ kg}$$

$$W_y = 12,99 \text{ kg} \times \cos 45^\circ$$

$$= 11,2497 \text{ kg}$$

Buhul R, S, T, U, V, W, & X

$$W = 0,2 \times 25 \times 4,50 \times 1,299$$

$$= 25,98 \text{ kg.}$$

$$W_x = 25,98 \text{ kg} \times \sin 30^\circ$$

$$= 12,99 \text{ kg.}$$

$$W_y = 25,98 \text{ kg} \times \cos 30^\circ$$

$$= 22,499 \text{ kg.}$$

Beban akibat angin belakang (hisap)

Buhul Q & Y

$$W = -0,4 \times 25 \times 0,5 \times 4,00 \times 1,299$$

$$= -25,98 \text{ kg.}$$

$$W_x = -25,98 \text{ kg} \times \sin 30^\circ$$

$$= -12,99 \text{ kg.}$$

$$W_y = -25,98 \text{ kg} \times \cos 30^\circ$$

$$= -22,499 \text{ kg.}$$

Buhul Z, A', B', C', D', E', & F'

$$W = -0,4 \times 25 \times 4,00 \times 1,299$$

$$= -51,96 \text{ kg.}$$

$$W_x = -51,96 \text{ kg} \times \sin 30^\circ$$

$$= -25,98 \text{ kg.}$$

$$W_y = -51,96 \text{ kg} \times \cos 30^\circ$$

$$= -44,999 \text{ kg.}$$

Beban-belan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Analisa Struktur dengan menggunakan SAP 2000.

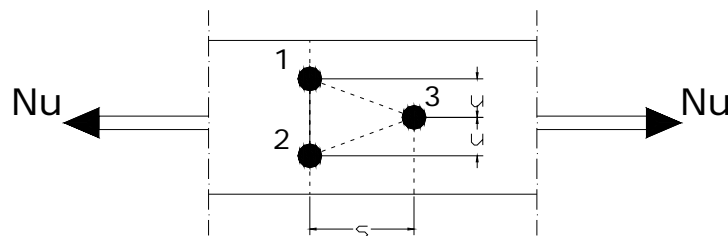
4.1.4. PENGECEKAN PROFIL KUDA – KUDA

Pemeriksaan keamanan profil berdasarkan konsep LRFD. Keadaan batas kekuatan yang berpengaruh bagi suatu batang tarik dapat berupa pelepasan penampang lintang bruto batang pada tempat yang jauh dari titik sambungan dan retakan dari luas bersih efektif (yaitu melalui lubang-lubang) pada sambungan. Sedangkan pada batang tekan untuk profil ganda perlu diperiksa faktor tekuk pada sumbu bahan dan sumbu bebas bahan.

4.1.5. KONTROL DIMENSI PROFIL KUDA-KUDA UTAMA

Menurut peraturan tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung standar nasional Indonesia (SNI) 03–1729–2002, perencanaan dimensi batang harus memenuhi syarat :

1). BATANG TARIK



Gambar 4.7. Gaya Aksial N_u pada Batang Tarik

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N_u harus memenuhi:

$$Nu \leq \phi Nn$$

Dengan ϕNu adalah kuat tarik rencana yang besarnya diambil sebagai nilai terendah diantara dua perhitungan menggunakan harga-harga ϕ dan Nn di bawah ini :

$\phi = 0,9$ $Nn = Ag \times fy$	dan	$\phi = 0,75$ $Nn = Ae \times fy$
----------------------------------	-----	-----------------------------------

Keterangan :

- Ag = luas penampang bruto, mm^2
- Ae = luas penampang efektif, mm^2
- fy = tegangan tarik leleh, MPa
- fu = tegangan tarik putus, MPa

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik ditentukan sebagai berikut :

$$Ae = A \times U$$

A = adalah luas penampang netto tekecil antara potongan 1-3 dan 1-2-3

Potongan 1 - 3 : $Anetto = Ag - n d t$

Potongan 1 - 2 - 3 : $Anetto = Ag - n d t - \sum \frac{s^2 t}{4u}$

Keterangan :

- Ag = luas penampang bruto, mm^2
- t = tebal penampang, mm
- d = diameter lubang , mm
- n = banyaknya lubang dalam garis potongan
- s = jarak antara sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur, mm

u = jarak antara sumbu lubang pada arah tegak lurus sumbu komponen struktur, mm

$$U \text{ adalah faktor reduksi} = 1 - \left(\frac{x}{L} \right) \leq 0,9$$

\underline{x} adalah eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan bidang sambung, mm.

2). BATANG TEKAN

Perencanaan Akibat Gaya Tekan

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor, N_u harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

a) $N_u \leq \phi N_n$

Keterangan :

ϕ = faktor reduksi kekuatan (0,85)

faktor reduksi adalah suatu faktor yang dipakai untuk mengalikan kuat nominal untuk mendapatkan kuat rencana.

N_n = kuat tekan nominal komponen struktur yang ditentukan sebagai berikut :

Dimana: untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada λr (SNI 2002 pada tabel 7.5 – 1) daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut :

$$N_n = A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega}$$

$$F_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{L_k}{r} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad \text{untuk } \lambda_c \leq 0,25 \text{ maka } \omega = 1$$

$$\text{untuk } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\text{untuk } \lambda_c \geq 1,2 \text{ maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

b) Perbandingan Kelangsingan

* Kelangsingan elemen penampang $< \lambda r$

Dimana $\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}}$ (tabel 7.5 -1, hal 30 dari 183) untuk elemen profil siku.

Kelangsingan komponen struktur tekan

$$\lambda = \frac{Lk}{r} \leq 200$$

Lk = panjang efektif

r = jari – jari girasi

c) Komponen struktur tekan yang elemen penampangnya mempunyai perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar daripada nilai λ_r yang ditentukana dalam tabel 7.5 – 1 harus direncanakan dengan analisis rasional yang dapat diterima.

Komponen struktur tersusun prismatis dengan elemen yang dihubungkan oleh pelat melintang dan memikul gaya sentris.

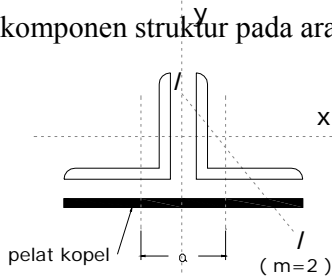
Kelangsingan pada arah tegak lurus *sumbu x-x* dihitung dengan persamaan :

$$\lambda_x = \frac{Lk_x}{r_x} \leq 200 \dots\dots\dots (SNI 2002 hal 29)$$

Keterangan :

Lkx = panjang tekuk komponen tersusun pada arah tegak lurus *sumbu x-x*, dengan memperhatikan pengekang lateral yang ada, dan kondisi ujung-ujung komponen struktur, mm

rx = jari – jari girasi komponen struktur pada arah *sumbu x – x*



Gambar 4.8. Penampang Melintang Pelat Kopel

Pada arah tegak lurus sumbu *y – y* , harus dihitung kelangsingan ideal λ_{iy} dengan persamaan :

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda l^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\lambda_y = \frac{Lk_y}{r_y} \leq 200 \dots\dots\dots (2)$$

$$\lambda l = \frac{Ll}{r_{\min}} \leq 50 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

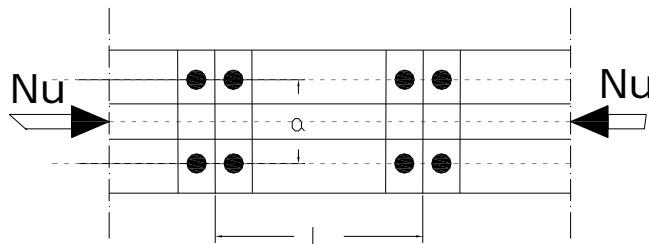
m = 2

L_{k_y} = panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu y – y, dengan memperhatikan pengekang lateral dan kondisi jepitan ujung – ujung komponen struktur, mm

R_y = jari – jari girasi komponen struktur pada arah *sumbu y – y*

L_l = spasi antara pelat kopel pada arah komponen struktur tekan,mm

r_{min} = jari – jari girasi komponen struktur terhadap sumbu yang memberikan nilai terkecil



Gambar 4.9. Arah Gaya Nu pada Profil Tekan

1.) CEK TARIK

Perhitungan ditinjau pada batang tarik yang memiliki jumlah baut terbanyak, dicoba dengan gaya batang tarik terbesar.

Cek profil \perp 70.70.7

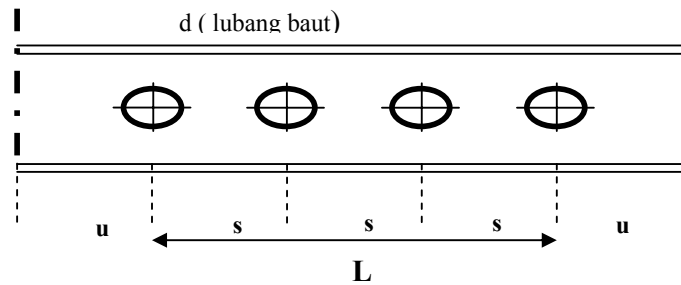
f_y = 240 MPa

f_u = 370 Mpa

$N_u = 140,965 \text{ KN}$ (Hasil Output SAP 2000)

ϕ (diameter baut) = 23 mm

d (lubang baut) = $\phi + 1 = 24 \text{ mm}$



Gambar 4.10. Jarak Antar Baut (s) pada Profil

Dengan syarat

$\begin{aligned} u &\geq 1,5 d \\ s &\geq 3d \end{aligned}$ (SNI 2002)
---	--------------------

$s = 70 \text{ mm}$

$u = 40 \text{ mm}$

$t_1 = (2 \times 6) = 12 \text{ mm}$ (elemen profil)

$A_o = 9,40 \text{ cm}^2 = 940 \text{ mm}^2$

$A_g = 2 \times A_o = 1880 \text{ mm}^2$

$e = \bar{x} = 19,7 \text{ mm}$

Pengecekan Kapasitas Tarik Murni

$A_e = A_n \times U \longrightarrow A = A_{netto}$

$$\begin{aligned} A_{netto} &= A_g - n \times d \times t \\ &= 1880 - 1 \times 24 \times 14 = 1544 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{19,7}{220} = 0,912$$

Keterangan:

L = Jarak antar baut, mm

$$A_e = 1544 \times 0,892$$

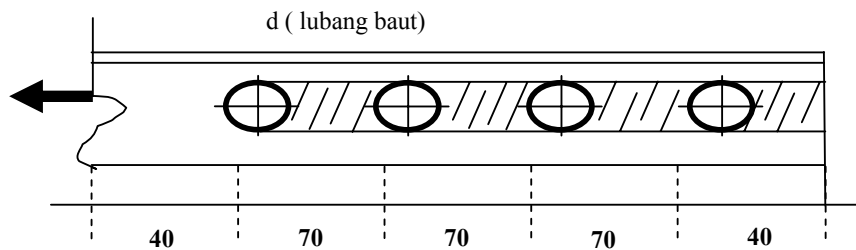
$$= 1\,408,8 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Leleh} &= \Phi N_n = \Phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 240 \times 1880 \\ &= 406\,080 \text{ N} = 406,08 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Fraktur} &= \Phi N_n = \Phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 370 \times 1\,408,8 \\ &= 390\,950 \text{ N} = 390,95 \text{ KN} \end{aligned}$$

Selain kekuatan tarik ini pada batang tarik juga dibutuhkan pengecekan blok ujung dimana terdapat sambungan.

Pengecekan Blok Ujung



Gambar 4.11. Area Hancur Blok Ujung pada Sambungan

- **Geser Murni**

$$A_v = \{ 2 \times (220 + 40) \times 7 \} \times 2 \text{ bh} = 7420 \text{ mm}^2$$

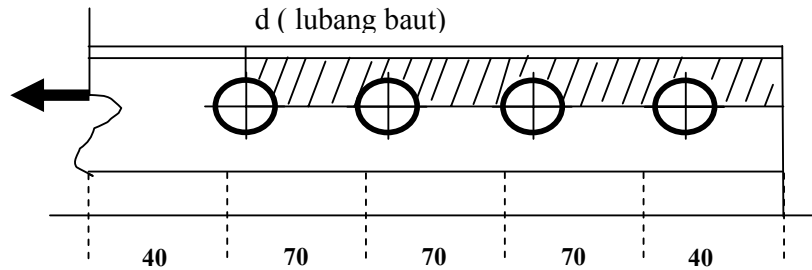
$$\begin{aligned} \Phi N_n &= \Phi \times (0,6 \times f_u) \times A_v \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 370) \times 7420 \\ &= 1\,235\,430 \text{ N} = 1\,235,43 \text{ KN} \end{aligned}$$

- **Kombinasi Geser dan Tarik**

$$A_{nv} = (\sum S_x - 3,5 \times d) \times t = \left\{ (275 - 3,5 \times 24) \right\} \times 7 \times 2 \text{ bh} = 2534 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = S \times t = (70 - 19,7) \times 7 \times 2 \text{ bh} = 704,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (S \times t - d/2 \times t) = ((70 - 19,7) - 24/2) \times 7 \times 2 \text{ bh} = 536,2 \text{ mm}^2$$



Gambar 4.12. Hancur Akibat Geser dan Tarik

Geser Fraktur

$$N_n = 0,6 \times f_u \times A_{nv}$$

$$= 0,6 \times 370 \times 2534 = 562\,548 \text{ N} = 562,548 \text{ KN}$$

Tarik Fraktur

$$N_n = f_u \times A_{nt}$$

$$= 370 \times 536,2 = 198\,394 \text{ N} = 198,394 \text{ KN}$$

Karena Geser fraktur > Tarik fraktur maka terjadi kombinasi Geser fraktur + Tarik leleh sehingga :

$$N_n = (f_y \times A_{nt}) + (0,6 \times f_u \times A_{nv})$$

$$= (240 \times 536,2) + (0,6 \times 370 \times 2\,534)$$

$$= 689\,304 \text{ N} = 689,304 \text{ KN}$$

$$\Phi N_n = 0,75 \times 689,304 = 516,978 \text{ KN}$$

Dari hasil-hasil tersebut didapatkan :

- $\Phi N_n = 406,08 \text{ KN}$ (Leleh tarik)
- $\Phi N_n = 390,95 \text{ KN}$ (Fraktur tarik)
- $\Phi N_n = 1\,235,43 \text{ KN}$ (Geser murni, blok ujung)
- $\Phi N_n = 516,978 \text{ KN}$ (Kombinasi blok ujung)

N_u dibandingkan terhadap nilai terkecil di atas, yaitu terhadap **Nilai Fraktur Tarik**, $\Phi N_n \geq N_u$ ($390,95 \text{ KN} > 140,965 \text{ KN}$)ok!

2.) TEKAN

Direncanakan menggunakan profil *2L60.60.6*

$$\text{diameter baut } (d) = 23 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pelat buhul } (t) = 10 \text{ mm}$$

$$A_o = 6,91 \text{ cm}^2 = 691 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 2 \times 691 = 1382 \text{ mm}^2$$

PERENCANAAN AKIBAT GAYA TEKAN

$$Nu \leq \Phi Nn$$

Φ = faktor reduksi kekuatan (0,85)

$$Nu = - 159,436 \text{ N}$$

Jenis Baja BJ 37 :

$$fu = 370 \text{ MPa}$$

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

$$Nn = A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega}$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

• Batang Tekan (Arah X)

$$Lkx = L = 1,299 \text{ m} = 1299 \text{ mm}$$

$$rx = 1,82 \text{ cm} = 18,2 \text{ mm}$$

$$e = 1,69 \text{ cm} = 16,9 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$a = e + (0,5 \times t) = 16,9 + (0,5 \times 10) = 21,90 \text{ mm}$$

$$Ix = 22,8 \text{ cm}^4 = 228 \text{ 000 mm}^4$$

$$\begin{aligned} I_{x'} &= 2 \times I_x + 2 \times A_o \times (a)^2 \\ &= 2 \times 228 \text{ 000} + 2 \times 691 \times (21,90)^2 \\ &= 1 \text{ 118 821 mm}^4 \end{aligned}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{Ix'}{Ag}} = \sqrt{\frac{1118821}{1382}} = 28,453 \text{ mm}$$

Perbandingan kelangsingan :

A. Kelangsingan elemen penampang $< \lambda_r$

Dimana $\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}}$ (tabel 7.5 -1, hal 30 dari 183) untuk elemen profil siku

$$\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16,137$$

Profil elemen : L.60.60.6

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$d = 6 \text{ mm}$$

Maka kelangsingan elemen penampang adalah :

$$\frac{b}{d} = 10 < \lambda_r$$

$$= 10 < 16,137 \dots\dots\dots \text{Oke!}$$

B. Kelangsingan komponen struktur tekan

$$\lambda_x = \frac{Lkx}{rx} \leq 200 \dots\dots\dots (\text{SNI 2002 hal 29})$$

$$= \frac{1299}{28,453} = 45,654 \leq 200 \dots \text{Oke!}$$

Mencari nilai $\omega_x = ?$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \times \frac{Lkx}{r_x} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad \text{untuk } \lambda_c \leq 0,25 \text{ maka } \omega = 1$$

$$\text{untuk } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\text{untuk } \lambda_c \geq 1,2 \text{ maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

$$\lambda_c = \frac{1}{3,14} \times \frac{1299}{28,453} \times \sqrt{\frac{240}{2.10^5}}$$

$$\lambda_c = 0,504 \text{ maka } \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - (0,67 \times 0,504)}$$

$$\omega_x = 1,133$$

- **Batang Tekan (Arah Y)**

Mencari Lky :

$$Lky = \sum Lx \left[0,75 + \left(0,25x \frac{N_A}{N_B} \right) \right]$$

Keterangan :

N = Gaya di ujung – ujung batang

N_A = Gaya tekan pada batang (yang lebih kecil)

N_B = Gaya tekan pada batang (yang lebih besar)

Namun pada perhitungan ini, direncanakan $Lky = Lkx = L =$ jarak antar gording.

Pada arah tegak lurus sumbu y-y, harus dihitung kelangsingan ideal (λ_{iy}) dengan persamaan :

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda l^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\lambda_y = \frac{Lky}{r_y} \leq 200 \dots\dots\dots (2)$$

$$\lambda l = \frac{Ll}{r_{\min}} \leq 50 \dots\dots\dots (3)$$

$$Ll = \frac{Lk}{3}$$

Profil *double L60.60.6 – 5,42*

$$r_{yo} = 1,82 \text{ cm} = 18,2 \text{ mm}$$

$$Lky = L = 1\,299 \text{ mm}$$

$$e = 1,69 \text{ cm} = 16,9 \text{ mm}$$

$$A_o = 6,91 \text{ cm}^2 = 691 \text{ mm}^2$$

$$I_Y = 22,8 \text{ cm}^4 = 228\,000 \text{ mm}^4$$

$$a = e + (0,5 \times t)$$

$$= 1,69 + (0,5 \times 10)$$

$$= 21,90 \text{ mm}$$

$$Ag = 2 \times A_o = 1382 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} I_{Y'} &= 2 \times I_y + 2 \times A_o \times (a)^2 \\ &= 2 \times 228\,000 + 2 \times 691 \times (21,90)^2 \\ &= 1\,118\,821 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y'}{Ag}} = \sqrt{\frac{1118821}{1382}} = 28,453 \text{ mm}$$

Kelangsingan komponen struktur tekan

$$\lambda_y = \frac{Lky}{r_y} \leq 200$$

$$= \frac{1299}{28,453} = 45,654 \leq 200 \dots\dots\dots \text{Oke!}$$

Kelangsingan ideal (λ_{iy})

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda l^2} \quad m = 2 \dots\dots\dots \text{(SNI 2002 hal 57)}$$

$$\lambda_y = \frac{Lky}{r_y}$$

$$= \frac{1299}{28,453} = 45,654$$

$$\lambda l = \frac{Ll}{r_{\min}} \leq 50 \dots\dots\dots \text{(SNI 2002 HAL 59)}$$

$$r_{\min} = i_{\eta} = 1,17 \text{ cm} = 11,7 \text{ mm}$$

Ll = spasi antar pelat kopel pada arah komponen struktur tekan, mm
(SNI 2002 hal 58)

$$Ll = \frac{Lk}{3}$$

Banyaknya pembagian batang minimum adalah 3..... (SNI 2002 hal 59)

$$\lambda l = \frac{1299}{11,7} = 37,009 \leq 50 \dots\dots\dots \text{Oke !}$$

jadi pembagian batang minimum adalah 3 / batang

$$\lambda_{iy} = \sqrt{45,654^2 + \frac{2}{2} \times 37,009^2}$$

$$\lambda_{iy} = 58,770$$

Syarat Kestabilan Batang :

$$\lambda_x \geq 1,2 \lambda l$$

$$45,654 \geq 1,2 \times 37,009$$

$$45,654 \geq 44,4108 \dots\dots\dots \text{Oke!}$$

$$\lambda_{iy} \geq 1,2 \lambda_l$$

$$58,770 \geq 1,2 \times 37,009$$

$$58,770 \geq 44,4108 \dots\dots\dots \text{Oke!}$$

Mencari nilai $\omega_{iy} = ?$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{L_{ky}}{r_y} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad \text{untuk } \lambda_c \leq 0,25 \text{ maka } \omega = 1$$

$$\text{untuk } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\text{untuk } \lambda_c \geq 1,2 \text{ maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

$$\lambda_c = \frac{1}{3,14} \times \frac{1299}{28,453} \times \sqrt{\frac{240}{2.10^5}}$$

$$\lambda_c = 0,504 \quad \text{maka } \omega_{iy} = \frac{1,43}{1,6 - (0,67 \times 0,504)}$$

$$\omega_{iy} = 1,133$$

$$Nn = Ag \times f_{cr} = Ag \times \frac{f_y}{\omega}$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

$$Nnx = \frac{Agx f_y}{\omega_x}$$

$$Nny = \frac{Agx f_y}{\omega_{iy}}$$

$$Nnx = \frac{1382 \times 240}{1,133}$$

$$Nny = \frac{1382 \times 240}{1,133}$$

$$= 292\,841 \text{ N}$$

$$= 292\,841 \text{ N}$$

$$= 292,841 \text{ KN}$$

$$= 292,841 \text{ KN}$$

Dicari nilai Nn yang terkecil, namun hasil perhitungan $Nnx = Nny = 292,841 \text{ KN}$

$$Nu \leq \Phi Nn$$

$$(Nn = Nny = Nnx = 292,841 \text{ KN})$$

Φ = faktor reduksi kekuatan (0,85)

$$\Phi N_n = 248,915 \text{ KN}$$

$$N_u = - 159,436 \text{ KN} = 159,436 \text{ KN (Batang Tekan)}$$

Maka $N_u \leq \Phi N_n$

$$159,436 \text{ KN} < 248,915 \text{ KN} \dots\dots\dots\text{Oke}$$

Untuk pengecekan tekan dan tarik pada kuda-kuda utama disajikan dalam bentuk tabel pemeriksaan dibawah ini:

Tabel 4.6. Pemeriksaan Tegangan Pada Batang Tarik

No. Btg	L mm	Profil	t1 mm	Ae mm2	Anetto mm2	U	φNn leleh KN	φNn fraktur KN	Av mm2	φNn Geser murni	Anv mm2	Agt mm2	Ant mm2	φNn Geser fraktur KN	φNn tarik fraktur KN	φNn komb geser&tarik Kn	Nb KN
1	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	139.774
2	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	140.965
3	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	134
4	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	124.857
5	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	115.659
6	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	106.315
7	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	96.895
8	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	86.007
9	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	86.007
10	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	96.895
11	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	106.315
12	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	115.659
13	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	124.857
14	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	134
15	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	140.965
16	1,141.70	L.70.70.7	14	1408.8	1544	0.912	406.08	390.95	7420	1235.43	2534	704.2	536.2	421.911	148.7955	516.978	139.774
33	455.20	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	0.339
34	910.40	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	4.773
35	1,365.60	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	8.64
36	1,820.80	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	12.461
37	2,276.00	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	16.289
38	2,731.20	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	20.426
39	3,186.40	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	38.372
40	3,835.90	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	76.557
41	3,186.40	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	38.372
42	2,731.20	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	20.426
43	2,276.00	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	16.289
44	1,820.80	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	12.461
45	1,365.60	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	8.64
46	910.40	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	4.773
47	455.20	L.50.50.5	10	675.2	720	0.938	207.36	187.37	5300	882.45	1810	360	240	301.365	66.6	366.165	0.339

Tabel 4.7. Pemeriksaan Tegangan Pada Batang Tekan

No. Btg	L mm	Profil	a mm	Ix' mm ⁴	rx mm	λ_r	λ_x	λ_c	ω_x	Iy' mm ⁴	ry mm	λ_y	λ_{iy}	λ_l	LI mm	ϕN_{ny} KN	ϕN_{nx} KN	N ₀ KN
17	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	159.436
18	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	152.478
19	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	142.053
20	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	131.592
21	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	120.95
22	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	110.27
23	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	99.354
24	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	84.046
25	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	84.046
26	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	99.354
27	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	110.27
28	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	120.95
29	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	131.592
30	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	142.053
31	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	152.478
32	1,299	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	45.654	0.504	1.133	1,118,821	28.453	45.654	58.770	37.009	433.00	248.915	248.915	159.436
48	1,155	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	47.540	0.524	1.145	566,560	24.293	47.540	61.670	39.282	384.97	170.998	170.998	6.85
49	1,336	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	54.994	0.607	1.198	566,560	24.293	54.994	71.340	45.442	445.33	163.452	163.452	10.641
50	1,624	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	66.854	0.738	1.293	566,560	24.293	66.854	86.724	55.241	541.37	151.447	151.447	12.989
51	1,978	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	81.405	0.898	1.432	566,560	24.293	81.405	105.600	67.265	659.20	136.717	136.717	16.092
52	2,366	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	97.401	1.075	1.625	566,560	24.293	97.401	126.351	80.483	788.73	120.524	120.524	19.307
53	2,775	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	114.233	1.260	1.985	566,560	24.293	114.233	148.185	94.391	925.03	98.648	98.648	23.172
54	3,379	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	118.765	1.310	2.146	1,118,821	28.453	118.765	152.884	96.274	1,126.40	131.381	131.381	38.71
55	3,379	L.60.60.6	21.90	1,118,821	28.453	16.137	118.758	1.310	2.146	1,118,821	28.453	118.758	152.884	96.274	1,126.40	131.381	131.381	38.71
56	2,775	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	114.229	1.260	1.985	566,560	24.293	114.229	148.185	94.391	925.03	98.648	98.648	23.172
57	2,366	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	97.393	1.075	1.625	566,560	24.293	97.393	126.351	80.483	788.73	120.524	120.524	19.307
58	1,978	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	81.421	0.898	1.432	566,560	24.293	81.421	105.600	67.265	659.20	136.717	136.717	16.092
59	1,624	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	66.850	0.738	1.293	566,560	24.293	66.850	86.724	55.241	541.37	151.447	151.447	12.989
60	1,334	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	54.912	0.607	1.198	566,560	24.293	54.994	71.340	45.442	445.33	163.452	163.452	10.641
61	1,155	L50.50.5	19.00	566,560	24.293	16.137	47.540	0.524	1.145	566,560	24.293	47.540	61.670	39.282	384.97	170.998	170.998	6.85

4.1.4.2. Perhitungan Sambungan

Pada perhitungan sambungan ini digunakan dengan baut hitam, dimana menurut konsep LFRD kekuatan ditinjau atas :

- **Kekuatan Geser Baut**
- **Kekuatan Tumpu pada Lubang Baut**

Spesifikasi Baut :

M16 (tidak diulir penuh / tidak ada ulir pada bidang geser)

$$f_{ub} = 4200 \text{ kg/cm}^2 = 411,88 \text{ N/mm}^2$$

$$dn = 15,87 \text{ mm (5/8")}$$

Spesifikasi Pelat Buhul :

$$f_{up} = 4060 \text{ kg/cm}^2 = 398,15 \text{ N/mm}^2$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

Kekuatan Geser Baut

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut :

$$Vd = \phi f Vn = \phi f r_1 f_b^u A_b$$

Keterangan :

$$Vd = \text{Kuat Geser Rencana Baut, } N$$

$$Vn = \text{Kuat Geser Nominal Baut, } N$$

$$\phi f = 0,75 - \text{Faktor Reduksi Kekuatan Untuk Fraktur}$$

$$f_b^u = \text{Tegangan Tarik Putus Baut}$$

$$A_b = \text{Luas Bruto Penampang Baut pada Daerah Tak Berulir}$$

$$r_1 = 0,4 - \text{untuk Baut Ulir pada Bidang Geser}$$

maka :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \pi (dn)^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (15,87)^2 \\ &= 197,70 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

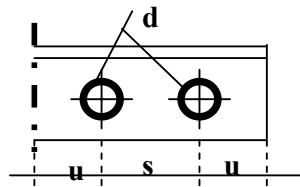
Karena digunakan *double* profil maka :

$$2 \times A_b = 395,415 \text{ mm}^2$$

$$f_b^u = 411,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi f &= 0,75 \\ r_1 &= 0,4 \\ Vd &= \phi f r_1 f_b^u A_b \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 411,88 \times 395,415 \\ &= 48\,859,100 \text{ N / baut} \end{aligned}$$

Kekuatan Tumpu Baut



Dengan syarat

$\begin{aligned} U &\geq 1,5 d \\ s &\geq 3d \end{aligned}$ (SNI 2002)
---	--------------------

Maka Kuat Tumpu pada Lubang Baut :

$$R_d = \phi f R_n = 2,0 \phi f d_b t_P f_u$$

Keterangan :

R_d = Kuat Rencana, N

R_n = Kuat Nominal, N

ϕf = 0,75 – faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

d_b = diameter baut pada daerah tak berulir = 15,87 mm

t_P = tebal profil / pelat yang disambung

f_u = tegangan tarik putus terendah dari baut atau pelat

$$f_{ub} = 4200 \text{ kg/cm}^2 = 411,88 \text{ N/mm}^2 \text{ (Baut)}$$

$$f_{up} = 4060 \text{ kg/cm}^2 = 398,15 \text{ N/mm}^2 \text{ (Pelat)} \dots\dots\dots \text{ terendah!}$$

Maka :

Untuk profil 2L 50.50.5

$$R_d = \phi f R_n = 2,0 \phi f d_b t_P f_u \quad \text{(Menggunakan baut diameter 15,87 mm)}$$

$$= 2,0 \times 0,75 \times 15,87 \times 1,0 \times 398,15 = 94\,780 \text{ N / baut}$$

Untuk profil 2L 60.60.6

$$R_d = \phi f R_n = 2,0 \phi f d_b t_P f_u \quad (\text{Menggunakan baut diameter } 15,87 \text{ mm})$$

$$= 2,0 \times 0,75 \times 15,87 \times 1,2 \times 398,15 = 113\,735,53 \text{ N / baut}$$

Untuk profil 2L 70.70.7

$$R_d = \phi f R_n = 2,0 \phi f d_b t_P f_u \quad (\text{Menggunakan baut diameter } 15,87 \text{ mm})$$

$$= 2,0 \times 0,75 \times 15,87 \times 1,4 \times 398,15$$

$$= 132\,691 \text{ N / baut}$$

Tabel 4.8. Jumlah Baut untuk Sambungan Profil Kuda-kuda utama

No. Btg	Nu KN	Profil	Baut mm	t/d		Kuat Geser (Vd)	Kuat Tumpu (Rd)	Jumlah Baut		
				≤ 0.628	≥0.628			Nu/Vd	Nu/Rd	n (buah)
1	140.965	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.885	-	3
2	140.965	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.885	-	3
3	134	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.743	-	3
4	124.857	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.555	-	4
5	115.659	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.367	-	3
6	106.315	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.176	-	3
7	96.895	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	1.983	-	3
8	86.007	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	1.760	-	2
9	86.007	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	1.760	-	2
10	96.895	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	1.983	-	3
11	106.315	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.176	-	3
12	115.659	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.367	-	3
13	124.857	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.555	-	3
14	134	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.743	-	3
15	140.965	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.885	-	3
16	139.774	2L.70.70.7	15.87	-	√	48.859	132.691	2.861	-	3
17	159.436	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	3.263	-	4
18	152.478	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	3.121	-	4
19	142.053	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	2.907	-	3
20	131.592	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	2.693	-	3
21	120.945	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	2.475	-	3
22	110.268	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	2.257	-	3
23	99.354	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	2.033	-	3
24	84.046	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	1.720	-	2
25	84.046	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	1.720	-	2
26	99.354	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	2.033	-	3
27	110.268	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	2.257	-	3
28	120.945	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	2.475	-	3
29	131.592	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	2.693	-	3
30	142.053	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	2.907	-	3
31	152.478	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	3.121	-	4
32	159.436	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	113.736	3.263	-	4
33	0.339	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.007	-	2

Tabel 4.9. Jumlah Baut untuk Sambungan Profil Kuda-kuda utama

No. Btg	Nu KN	Profil	Baut mm	t/d		Kuat Geser (Vd)	Kuat Tumpu (Rd)	Jumlah Baut		
				≤ 0.628	≥0.628			Nu/Vd	Nu/Rd	n (buah)
34	4.773	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.098	-	2
35	8.64	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.177	-	2
36	12.461	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.255	-	2
37	16.289	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.333	-	2
38	20.426	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.418	-	2
39	38.372	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.785	-	2
40	76.557	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	1.567	-	2
41	38.372	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.785	-	2
42	20.426	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.418	-	2
43	16.289	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.333	-	2
44	12.461	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.255	-	2
45	8.64	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.177	-	2
46	4.773	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.098	-	2
47	0.339	L.50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.007	-	2
48	6.85	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.140	-	2
49	10.641	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.218	-	2
50	12.989	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.266	-	2
51	16.092	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.329	-	2
52	19.307	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.395	-	2
53	23.172	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.474	-	2
54	38.71	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	94.780	0.792	-	2
55	38.71	2L.60.60.6	15.87	-	√	48.859	94.780	0.792	-	2
56	23.172	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.474	-	2
57	19.307	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.395	-	2
58	16.092	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.329	-	2
59	12.989	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.266	-	2
60	10.641	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.218	-	2
61	6.85	2L50.50.5	15.87	-	√	48.859	94.780	0.140	-	2

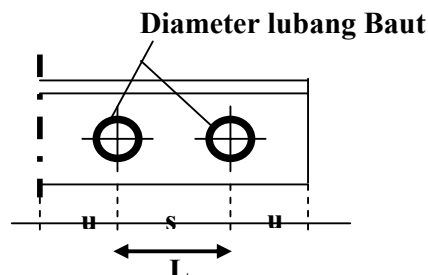
$\frac{t}{d} \leq 0,628$ maka Baut diperhitungkan terhadap Tumpu ($\frac{Nu}{Rd}$)

$\frac{t}{d} \geq 0,628$ maka Baut diperhitungkan terhadap Geser ($\frac{Nu}{Vd}$)

Keterangan : t adalah tebal elemen profil

d adalah diameter baut

Menghitung Jarak Baut



Dengan syarat

$$\boxed{\begin{matrix} U \geq 1,5 d \\ s \geq 3d \end{matrix}} \dots\dots\dots (LRFD - SNI 2002)$$

diameter baut direncanakan = 15.87 mm
U = 25 mm
S = L = 50 mm

4.1.4.3. Perhitungan Pelat Kopel

Contoh perhitungan untuk batang atas (S -17) – Kuda – Kuda Utama
Profil 2L 60.60.6

$$N = P_u = 159\,436 \text{ N}$$

$$L_k = 1,299 \text{ m} = 1299 \text{ mm}$$

$$L_l = \frac{L_k}{3} = \frac{1,299}{3} = 0,433 \text{ m} = 433 \text{ mm}$$

Kekakuan Pelat Kopel

$$\frac{I_p}{a} \geq 10 \frac{I_l}{L_l} \dots\dots\dots (SNI 2002 \text{ hal } 59)$$

Keterangan :

I_p = Momen inersia pelat kopel,

$$I_p = 2 \times \frac{1}{12} t h^3, \text{ mm}^4$$

t = tebal pelat kopel = 10 mm

h = tinggi pelat kopel = 60 mm = lebar satu profil

a = Jarak antara dua pusat titik berat elemen komponen struktur

$$\begin{aligned} I_l &= \text{Momen inersia elemen komponen struktur terhadap sumbu } l-l, \text{ mm}^4 \\ &= 9,43 \text{ cm}^4 = 94\,300 \text{ mm}^4 \text{ (lihat tabel baja)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_l &= \text{spasi antar pelat kopel pada arah komponen struktur, mm} \\ &= 433 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &= 2 \times \frac{1}{12} 10 \times 60^3 \\ &= 360\,000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= 2e + \text{tebal pelat buhul} \\
 &= (2 \times 16,9) + 10 = 43,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{maka, } \frac{I_p}{a} &\geq 10 \frac{I_t}{L_t} \\
 &= \frac{360000}{43,8} \geq 10 \frac{94300}{433} \\
 &= 8219,178 \text{ mm}^3 \geq 2177,829 \text{ mm}^3 \dots\dots\dots \text{ Oke !}
 \end{aligned}$$

Gaya Lintang yang Dipikul oleh Pelat Kopel :

$$D_u = 0,02 \times N_u = 0,02 \times 159436 = 3188,72 \text{ N}$$

$$\text{Tegangan Geser yang Terjadi } (\tau) = \frac{D_u \times S}{I \times b}$$

Keterangan :

D_u = Besarnya Gaya Lintang yang Dipikul oleh Pelat Kopel

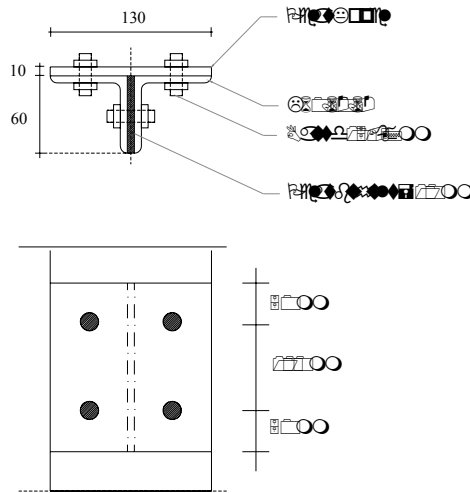
b = lebar tiap satuan panjang (1 cm)

S_y = Statis Momen Tunggal (terhadap Sb Y)

I = I_y Profil Gabungan.

$$\begin{aligned}
 S_{\text{profil}} &= A \text{ profil} \times a \\
 &= 691 \times 43,8 \\
 &= 30265,8 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$I_y \text{ profil gabungan} = 456000 \text{ mm}^4$$



Gambar 4.13. Posisi Baut pada Sambungan Pelat Kopel dengan Profil

Tegangan Geser per Satuan Panjang

$$(\tau) = \frac{D \times S}{I \times b} = \frac{3188,72 \times 30265,8}{456000 \times 10} = 21,164 \text{ N/mm}^2$$

Gaya Geser yang Dipikul Oleh Pelat Kopel (P)

$$P = \tau \times L_l = 21,164 \times 433 = 9\,164,012 \text{ N}$$

Pemeriksaan Pelat Kopel :

- **Geser Pelat Kopel**

Ukuran Pelat Kopel 100 x 130 x 10 mm

Luas Penampang Pelat Kopel

$$A = 10 \times 1 = 10 \text{ cm}^2 = 1000 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{9164,012}{1000} = 9,164 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \tau_{ijin} &= 0,58 \times f_y = 0,58 \times 240 \\ &= 139,2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat Geser

$$\tau \leq \tau_{ijin}$$

$$9,164 \text{ N/mm}^2 \leq 139,2 \text{ N/mm}^2 \dots\dots\dots \text{Oke !}$$

Geser Baut pada Pelat Kopel

Digunakan baut hitam M16 dengan spesifikasi :

$$f_{ub} = 4200 \text{ kg/cm}^2 = 411,88 \text{ N/mm}^2$$

$$dn = 15,87 \text{ mm (5/8 ")}$$

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times (dn)^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,587^2 = 1,978 \text{ cm}^2$$

Kekuatan Nominal Baut :

$$Vd = \phi \times f \times r_1 \times f_b^u \times A_b$$

maka :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times (dn)^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (15,87)^2 \\ &= 197,708 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$f_b^u = 411,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\phi f = 0,75$$

$$r_1 = 0,4$$

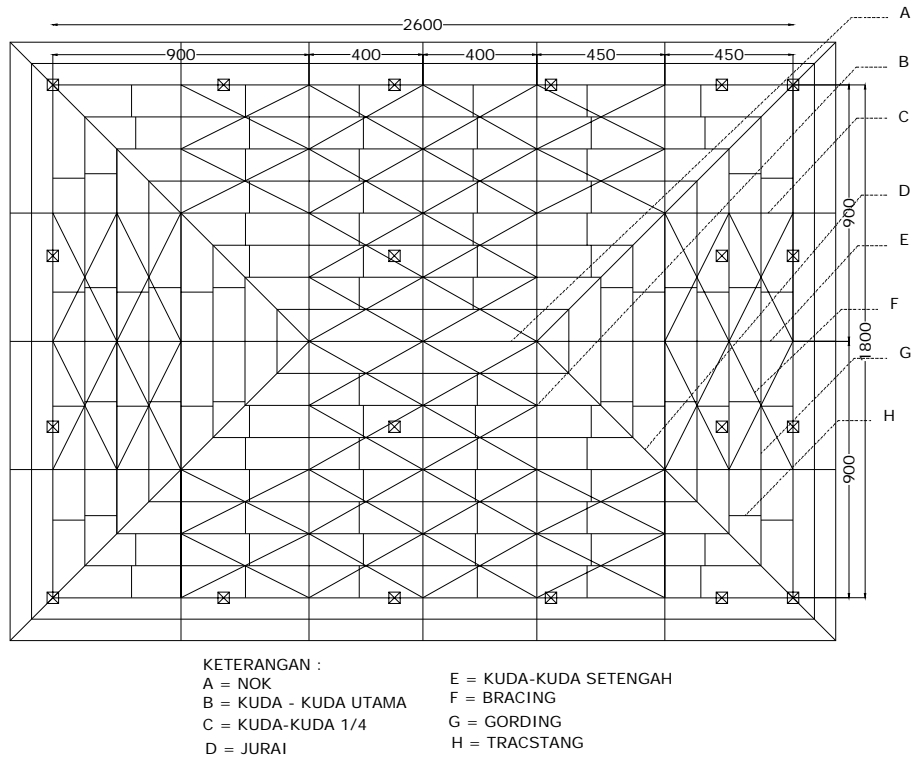
$$\begin{aligned} Vd &= \phi \times f \times r_1 \times f_b^u \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 411,88 \times 197,708 \\ &= 24\,429,591 \text{ N / Baut.} \end{aligned}$$

$$\text{Geser Baut : } \frac{P}{n} \leq Vd$$

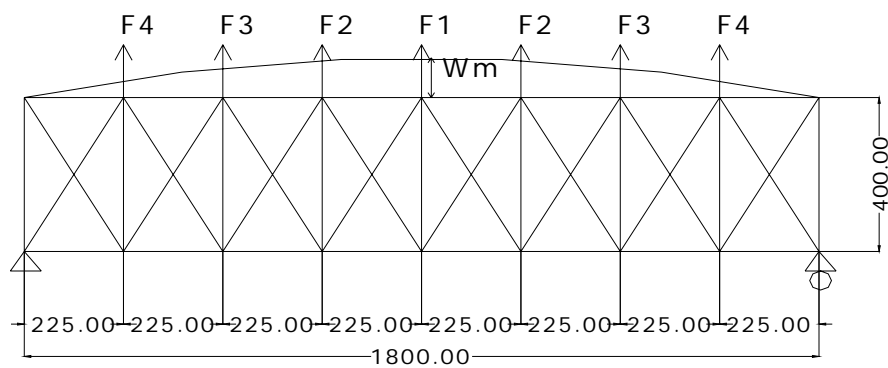
$$\frac{9164,012}{2} \leq 24429,591 \text{ N}$$

$$4\,582,006 \text{ N} \leq 24\,429,591 \text{ N} \dots\dots\dots \text{ Ok!}$$

4.1.4 PERHITUNGAN IKATAN ANGIN



Gambar 4.14. Denah Atap



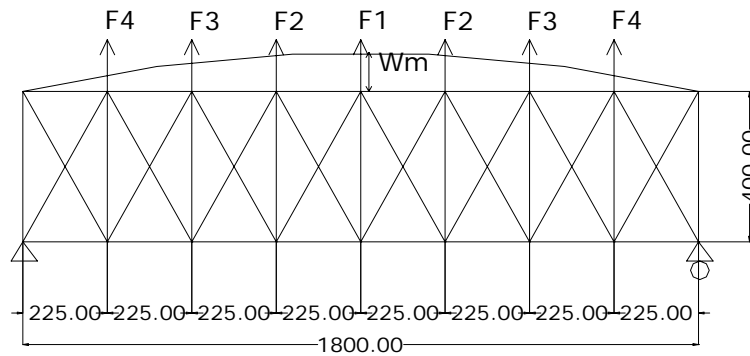
Gambar 4.15. Tampak Atas Pemodelan Ikatan Angin

$$\text{Wangin} = 25 \text{ kg/cm}^2$$

Σ titik buhul untuk satu kuda-kuda utama = 27 titik buhul

$$\begin{aligned} qA &= \text{Wangin} \times \text{Luas penampang segitiga} \\ &= 25 \times \{ 4 \times (2,25 \times 8) \} \\ &= 1800 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P \text{ tiap buhul} = \frac{1800}{27} = 66,67 \text{ kg}$$



Gambar 4.16. Pemodelan Arah Gaya dan Lendutan yang Terjadi

$$N1 = 18\,340,0 \text{ kg} \quad \lambda_1 = 2,25$$

$$N2 = 23\,121,3 \text{ kg} \quad \lambda_2 = 2,25$$

$$N3 = 27\,364,5 \text{ kg} \quad \lambda_3 = 2,25$$

$$N4 = 31\,191,4 \text{ kg} \quad \lambda_4 = 2,25$$

$$N = 8$$

$$W_m = \frac{l}{700} = \frac{18}{700} = 0,0257 \text{ m}$$

Keterangan:

N_n = gaya batang terbesar pada bentang ke- n

N = jumlah bentang pada kuda-kuda utama

W_m = lendutan ijin akibat gaya angin

$$F_n = \frac{\sum kuda - kuda \times (Wm + \Delta Wm)}{N^2 \times \lambda_n} \times N_n$$

$$F_1 = \frac{3 \times (0,0257 + 0)}{8^2 \times 2,25} \times 18\,340,0 = 9,819 \text{ kg}$$

$$F_2 = \frac{3 \times (0,0257 + 0)}{8^2 \times 2,25} \times 23\,121,3 = 12,379 \text{ kg}$$

$$F_3 = \frac{3 \times (0,0257 + 0)}{8^2 \times 2,25} \times 27\,364,5 = 14,651 \text{ kg}$$

$$F_4 = \frac{3 \times (0,0257 + 0)}{8^2 \times 2,25} \times 31\,191,4 = 16,700 \text{ kg}$$

Beban tiap struktur ikatan angin

$$F_n' = F_n \times \frac{\sum kuda - kuda}{\sum ika \tan angin}$$

$$F_1' = 9,819 \times \frac{3}{4} = 7,364 \text{ kg}$$

$$F_2' = 12,379 \times \frac{3}{4} = 9,284 \text{ kg}$$

$$F_3' = 14,651 \times \frac{3}{4} = 10,988 \text{ kg}$$

$$F_4' = 16,700 \times \frac{3}{4} = 12,525 \text{ kg}$$

Gaya Batang Total

$$P_n = F_n' + P$$

$$P_1 = F_1' + P = 7,364 + 66,67 = 74,034 \text{ kg}$$

$$P_2 = F_2' + P = 9,284 + 66,67 = 75,954 \text{ kg}$$

$$P_3 = F_3' + P = 10,988 + 66,67 = 77,658 \text{ kg}$$

$$P_4 = F_4' + P = 12,525 + 66,67 = 79,195 \text{ kg}$$

Hasil SAP 2000

Ptekan = 1,59436 Ton

Ptarik = 1,40965 Ton

Ukuran ikatan angin (plastis)

$$A_s = \frac{P}{0,75 \times F_{ijin}} = \frac{1,59436 \times 10^3}{0,75 \times 2400} = 0,8857 \text{ cm}^2 = 88,57 \text{ mm}^2$$

Digunakan ikatan angin \varnothing 12 mm ($A_s = 113 \text{ mm}^2$)

Cek terhadap tegangan tarik maksimum

$N_{max} = P_{tarik} = 1,40965 \text{ Ton}$

$$F = \frac{N_{max}}{A_{netto}} = \frac{1,40965 \times 10^3}{113 \times 10^{-2}} = 1247,48 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{ok}$$

4.1.4.5. Pendimensian Trekstang

Dimensi trekstang berdasarkan tegangan ijin

$$q_x = 75,147 \text{ kg/m} \quad P_x = 50 \text{ kg}$$

Gaya yang ditahan trekstang

$$\begin{aligned} P &= q_x \times L + P_x \\ &= 75,147 \times 4 + 50 = 350,588 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$F = \frac{P}{\sigma_{ijin}} = \frac{350,588}{2400} = 0,146 \text{ m}^2$$

$$F = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4xF}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,146}{3,14}} = 0,31 \text{ cm} = 3,1 \text{ mm}$$

Jadi dimensi trekstang diambil \varnothing 10 mm.

4.1.4.6. Perhitungan Pelat Landasan dan Baut Angkur

Perhitungan Pelat Landas dan Angkur

Gaya reaksi tumpuan vertikal = 6 190,1 kg

Gaya reaksi tumpuan horizontal = 143,5 kg

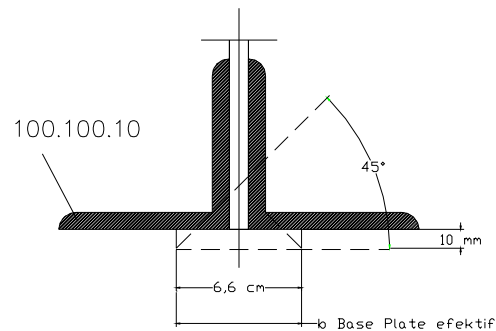
Tegangan tumpu *base plate* – kolom beton ;

$$f'c = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{beton}} = 0,3 \times f'c = 90 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SNI 2002 hal)}$$

tebal *base plate* = 10 mm

Menghitung lebar *base plate* efektif (B_{efektif})



Gambar 4.17. Penampang melintang profil Plat Landasan

$$\sigma_{\text{beton}} = \sigma_{\text{base plate}}$$

$$90 = \frac{Pv}{L \times B}$$

$$90 = \frac{6190,1}{L \times 6,6}$$

L = 10,42 cm digunakan 15 cm

$$\text{Cek: } \sigma b \times L \times B_{\text{eff}} > Pv$$

$$90 \times 15 \times 6,6 > 6190,1$$

$$8910 \text{ kg} > 6190,1 \text{ kg} \text{ok!}$$

- Kekuatan Geser Baut, jika $\frac{t}{d} \geq 0,628$
- Kekuatan Tumpu pada Lubang Baut, jika $\frac{t}{d} \leq 0,628$

Keterangan :

t - adalah tebal elemen profil (tebal *base plate* + tebal profil siku)

d - adalah diameter baut

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$\frac{20}{16} \geq 0.628 \Rightarrow 1,25 \geq 0,628 \text{ Baut diperhitungkan terhadap geser !}$$

Geser Baut pada Base Plate

Digunakan baut dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2 = 370 \text{ N/mm}^2$$

$$d_n = 16 \text{ mm}$$

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times d_n^2 \\ = 415,265 \text{ mm}^2$$

$$m = 1 \text{ baris}$$

$$\phi_f = 0,75$$

$$r_l = 0,4$$

Kekuatan Nominal Baut

$$V_d = \phi_f \times V_n = \phi_f \times f_u \times r_l \times f_b^u \times m \times z \times A_b$$

Maka:

$$V_d = \phi_f \times r_l \times f_b^u \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,4 \times 370 \times 1 \times 200,96 = 22\,306,56 \text{ N /baut}$$

Geser Baut

$$\text{Syarat: } \frac{P}{n} \leq V_d$$

$$143,5 \text{ kg} = 1\,435 \text{ N}$$

$$\frac{1\,435}{4} \leq 22\,306,56$$

$$358,75 \leq 22\,306,56 \dots\dots\dots \text{ oke!}$$

Jarak baut angkur

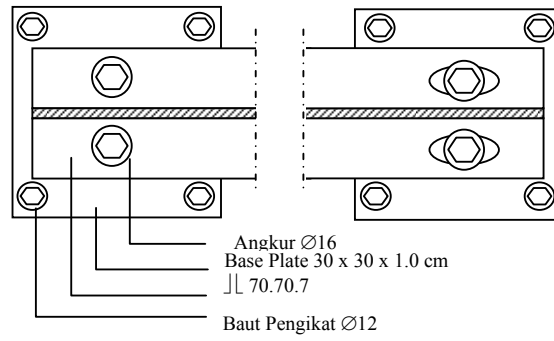
Dengan Syarat :

$$u \geq 1,5 d$$

$$s \geq 3 d$$

S = 210 mm

U = 75 mm



Gambar. 4.18. Posisi Angkur pada Base Plate