

## **BAB III**

### **PERENCANAAN KONSTRUKSI ATAP**

#### **3.1 Dasar Perencanaan**

Konstruksi rangka atap yang direncanakan dalam perencanaan gedung ini terdiri dari konstruksi kuda-kuda dari baja dengan menggunakan profil baja double siku-siku sama kaki dan gordingnya dari baja *Light Lip Channels* yang paling ekonomis dan aman berdasarkan PBBI 1987. Adapun yang digunakan sebagai pedoman untuk menghitung pembebanan yaitu :

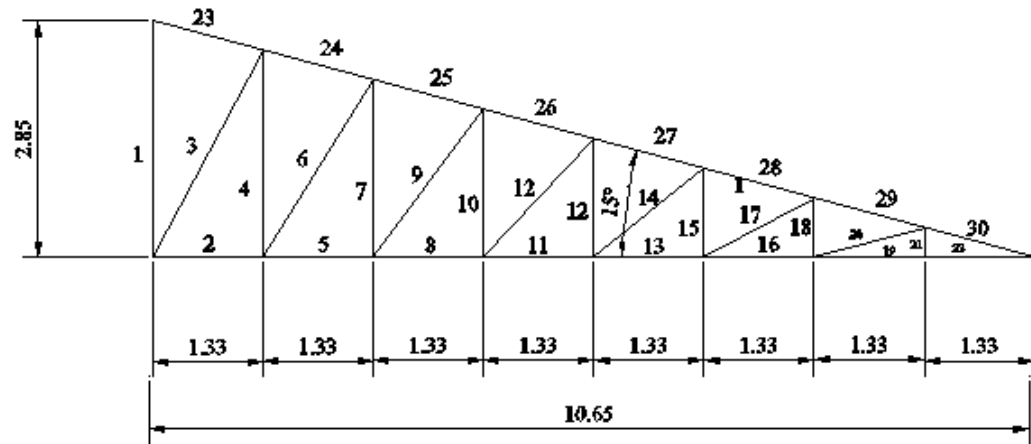
1. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung 1987.
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI-1729-2002, diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional, Jakarta
3. Tabel Profil Konstruksi Baja.

Perhitungan struktur konstruksi rangka atap ini dibagi dalam beberapa perhitungan yaitu :

1. Perhitungan gording
2. Perhitungan profil kuda kuda baja
3. Perhitungan jumlah baut, jarak baut.
4. Pembebanan yang dihitung antara lain:
  - a. Beban mati, terdiri dari :
    1. Berat sendiri penutup atap

2. Berat sendiri gording
  3. Berat sendiri kuda-kuda
  4. Berat profil
- b. Beban hidup yang besarnya diambil yang paling menentukan diantara dua macam beban berikut :
1. Beban terpusat dari seorang pekerja besar minimumnya 100 kg.
  2. Beban air hujan yang besarnya dihitung dengan rumus :
 
$$(40 - 0.8 \alpha)$$
 dimana :
 
$$\alpha = \text{sudut kuda-kuda}$$
- c. Beban angin diambil minimal  $25 \text{ kg/m}^2$ , dengan ketentuan :
1. Dipihak angin ( tekan ) untuk  $\alpha < 65^\circ$ , dikalikan koefisien  $(0,02 \alpha - 0,4)$ .
  2. Dibelakang angin untuk semua  $\alpha$ , dikalikan koefisien -0,4.

### 3.2 Data Rencana Atap



Gambar 3.1 Desain Kuda-Kuda

Data Konstruksi :

- a. Bentang kuda-kuda : 10,65 m
- b. Jarak antar kuda-kuda : 3 m
- c. Jarak antar gording : 1,35 m
- d. Sudut kemiringan atap :  $15^\circ$
- e. Beban atap (galvalum) :  $12 \text{ kg/m}^2$
- f. Beban plafond dan penggantung :  $18 \text{ kg/m}^2$
- g. Beban angin :  $25 \text{ kg/m}^2$
- h. Beban hidup bekerja : 100 kg
- i. Modulus Elastisitas ( $E_s$ ) :  $2,1 \cdot 10^6 \text{ Kg/mm}^2$

j. Tegangan ijin baja (BJ-37)

Tegangan leleh ( $F_y$ ) : 240 N/mm<sup>2</sup>

Tegangan Putus ( $F_u$ ) : 370 N/mm<sup>2</sup>

k. Sambungan : Baut

### 3.3 Perencanaan Gording

#### 3.3.1 Analisa Beban

##### Beban Mati (D)

Berat Gording =  $150 \cdot 75 \cdot 20 \cdot 4,5$  (dari tabel) = 11 kg/m

Berat penutup atap =  $12 \cdot 1,35$  = 16,20 kg/m

Berat pengaku (*bracing*) =  $10\% \cdot (11 + 16,2)$  = 2,72 kg/m

**Berat Total (qD)** = 29,92 kg/m

##### Beban Hidup (L)

Pekerja = 100 Kg

##### Beban Hujan ( $W_{ah}$ )

PBI 1983 pasal 3.2.(2).a)

$W_{ah\text{perlu}} = (40 - 0,8\alpha) = 40 - 0,8 \cdot 15^0 = 28 \text{ Kg/m}^2$  dipakai = 20 Kg/m<sup>2</sup>

##### Beban Angin (W)

Beban Angin ( $q_a$ ) = 25 Kg/m<sup>2</sup>

Koefisien angin tekan ( $C_t$ ) =  $0,02 \cdot \alpha - 0,4$  = -0,10

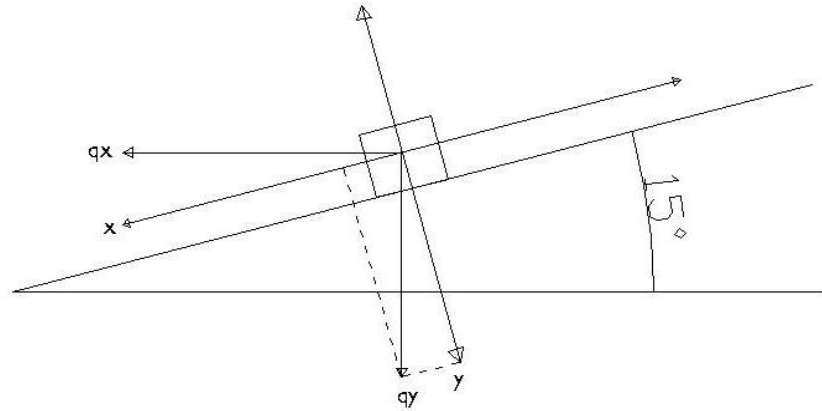
Koefisien angin hisap ( $C_h$ ) = -0,40

Angin Tekan ( $W_t$ ) =  $25 \cdot -0,1 \cdot 1,35 \text{ m}$  = -3,38 Kg/m

Angin Hisap ( $W_h$ ) =  $25 \cdot -0,4 \cdot 1,35 \text{ m}$  = -13,5 Kg/m

### 3.3.2 Analisa Statika

#### Beban Mati (D)



Gambar 3.2 Beban Mati Gording

$$\text{Berat } q = 29,92 \text{ Kg/m}$$

Beban diuraikan menjadi :

$$q_x = 29,92 \cdot \sin 15^\circ = 7,74 \text{ Kg/m}$$

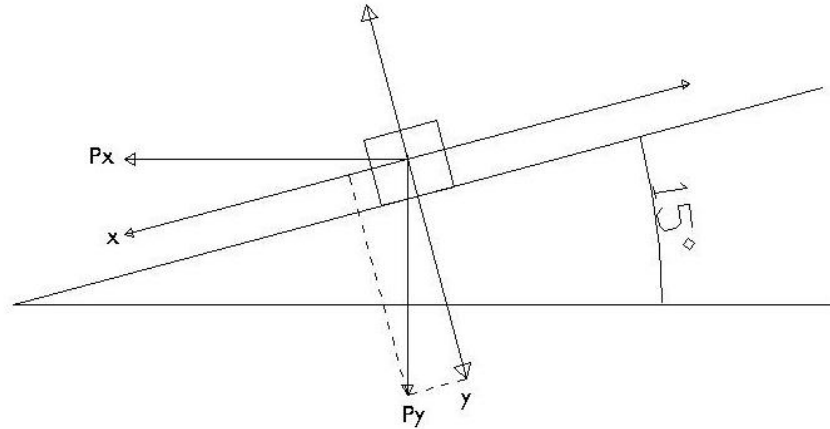
$$q_y = 29,92 \cdot \cos 15^\circ = 28,90 \text{ Kg/m}$$

Sehingga Momen (M) yang bekerja pada gording :

$$\begin{aligned} M_x &= 1/8 \cdot q_y \cdot (\text{jarak kuda-kuda})^2 \\ &= 1/8 \cdot 91,434 \cdot 3^2 = 32,51 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= 1/8 \cdot q_x \cdot (\text{jarak antar gording})^2 \\ &= 1/8 \cdot 24,499 \cdot 1,35^2 = 1,76 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

### Beban Hidup (L)



Gambar 3.3 Beban Hidup Gording

$$\text{Beban pekerja (P)} = 100 \text{ Kg}$$

Beban diuraikan menjadi :

$$P_x = 100 \cdot \sin 15^\circ = 25,88 \text{ Kg}$$

$$P_y = 100 \cdot \cos 15^\circ = 96,59 \text{ Kg}$$

Sehingga Momen (M) yang bekerja pada gording :

$$\begin{aligned} M_x &= 1/4 \cdot P_y \cdot (\text{jarak kuda-kuda})^2 \\ &= 1/4 \cdot 96,592 \cdot 3^2 = 217,33 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= 1/4 \cdot P_x \cdot (\text{jarak antar gording})^2 \\ &= 1/4 \cdot 25,881 \cdot 1,35^2 = 11,79 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

### **Beban Air Hujan ( $W_{ah}$ )**

PBI 1983 pasal 3.2.(2).a)

$$W_{ah\text{perlu}} = (40 - 0,8\alpha) = 40 - 0,8 \cdot 15^0 = 28 \text{ Kg/m}^2 \text{ dipakai } = 20 \text{ Kg/m}^2$$

Beban diuraikan menjadi :

$$\text{Beban air hujan } W_{ah} = 1,35 \cdot 20 \text{ Kg/m}^2 = 27 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Beban air hujan arah x } (W_{ahx}) = W_{ah} \cdot \cos 15^0 = 27 \cdot 0,965 = 26,079 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Beban air hujan arah y } (W_{ahy}) = W_{ah} \cdot \sin 15^0 = 27 \cdot 0,285 = 6,988 \text{ Kg/m}$$

Sehingga Momen (M) yang bekerja pada gording :

$$\begin{aligned} M_x &= 1/8 \cdot W_{ahy} \cdot (\text{jarak kuda-kuda})^2 \\ &= 1/8 \cdot 6,988 \cdot 3^2 = 7,86 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= 1/8 \cdot W_{ahx} \cdot (\text{jarak antar gording})^2 \\ &= 1/8 \cdot 26,079 \cdot 1,35^2 = 5,94 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

### **Beban Angin (W)**

a. Angin Tekan ( $W_t$ )

$$(W_t) = -3,38 \text{ Kg/m}$$

Beban diuraikan menjadi :

Karena arah beban angin adalah tegak lurus pada bidang atap, maka beban yang bekerja adalah

$$W_{tx} = 0 \text{ Kg/m}$$

$$W_{ty} = W_t = -3,38 \text{ Kg/m}$$

Sehingga Momen ultimate (Mu) yang bekerja pada gording :

$$\begin{aligned} \text{Mu}_x &= 1/8 \cdot W_{ty} \cdot (\text{jarak kuda-kuda})^2 \\ &= 1/8 \cdot -3,38 \cdot 3^2 &= -3,80 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_y &= 1/8 \cdot W_{tx} \cdot (\text{jarak antar gording})^2 \\ &= 1/8 \cdot 0 \cdot 1,35^2 &= 0 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Ket :  $\text{Mu}_x$  dan  $\text{Mu}_y$  : momen terfaktor arah sumbu x dan sumbu y

b. Angin Hisap ( $W_h$ )

$$(W_h) = -13,5 \text{ Kg/m}$$

Beban diuraikan menjadi :

Karena arah beban angin adalah tegak lurus pada bidang atap, maka beban yang bekerja adalah

$$W_{hx} = 0 \text{ Kg/m}$$

$$W_{hy} = W_h = -13,5 \text{ Kg/m}$$

Sehingga Momen ultimate (Mu) yang bekerja pada gording :

$$\begin{aligned} \text{Mu}_x &= 1/8 \cdot W_{hy} \cdot (\text{jarak kuda kuda})^2 \\ &= 1/8 \cdot -13,5 \cdot 3^2 &= -15,19 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_y &= 1/8 \cdot W_{hx} \cdot (\text{jarak antar gording})^2 \\ &= 1/8 \cdot 0 \cdot 1,35^2 &= 0 \text{ Kgm} \end{aligned}$$



Tabel 3.1 Momen pada Gording

Momen Arah	Beban Mati (kgcm)	Beban hidup (kgcm)	Beban angin		Beban air hujan (kgcm)
			Tekan (kgcm)	Hisap (kgcm)	
Mu <sub>x</sub>	3.251,31	21.733,33	-3.79,69	-1.518,75	786,15
Mu <sub>y</sub>	176,41	1.179,24	0,00	0,00	594,11

### 3.3.3 Kombinasi Pembebanan

Menurut pasal 6.6.2 SNI SNI 03-1729-2002 :

**Momen arah ·**

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{x1} &= 1,4 \cdot D \\ &= 1,4 \cdot 3.251,31 \\ &= 4.551,829 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{x2} &= 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot La \\ &= (1,2 \cdot 3.251,31) + (1,6 \cdot 21.733,33) \\ &= 38.674,90 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{x3} &= 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot La + 0,8 \cdot Wt \\ &= (1,2 \cdot 3.251,31) + (1,6 \cdot 21.733,33) + (0,8 \cdot -379,69) \\ &= 38.371,15 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{x4} &= 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot La + 0,8 \cdot Wh \\ &= (1,2 \cdot 3.251,31) + (1,6 \cdot 21.733,33) + (0,8 \cdot -1.518,75) \end{aligned}$$

$$= 37.459,90 \text{ kgcm}$$

$$\text{Mu}_x5 = 1,2 \cdot D + 1,3 \cdot Wt + 0,5 \cdot La$$

$$= (1,2 \cdot 3 \cdot 251,31) + (1,3 \cdot -379,69) + (0,5 \cdot 21.733,33)$$

$$= 14.274,64 \text{ kgcm}$$

$$\text{Mu}_x6 = 1,2 \cdot D + 1,3 \cdot Wh + 0,5 \cdot La$$

$$= (1,2 \cdot 3 \cdot 251,31) + (1,3 \cdot -1.518,75) + (0,5 \cdot 21.733,33)$$

$$= 12.793,86 \text{ kgcm}$$

$$\text{Mu}_x7 = 0,9 \cdot D + 1,3 \cdot Wt$$

$$= (0,9 \cdot 3 \cdot 251,31) + (1,3 \cdot -379,69)$$

$$= 2.432,58 \text{ kgcm}$$

$$\text{Mu}_x8 = 0,9 \cdot D + 1,3 \cdot Wh$$

$$= (0,9 \cdot 3 \cdot 251,31) + (1,3 \cdot -1.518,75)$$

$$= 951,80 \text{ kgcm}$$

$$\text{Mu}_x9 = 1,2 \cdot D + 1,3 \cdot Wt + 0,5 \cdot Wah$$

$$= (1,2 \cdot 3 \cdot 251,31) + (1,3 \cdot -379,69) + (0,5 \cdot 786,15)$$

$$= 3.801,05 \text{ kgcm}$$

$$\text{Mu}_x10 = 1,2 \cdot D + 1,3 \cdot Wh + 0,5 \cdot Wah$$

$$= (1,2 \cdot 3 \cdot 251,31) + (1,3 \cdot -1.518,75) + (0,5 \cdot 786,15)$$

$$= 2.320,268 \text{ kgcm}$$

### **Momen arah Y**

$$\begin{aligned} \text{Mu}_y1 &= 1,4 \cdot D \\ &= 1,4 \cdot 176,41 \\ &= 246,98 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_y2 &= 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot \text{La} \\ &= (1,2 \cdot 176,41) + (1,6 \cdot 1.179,24) \\ &= 2.098,49 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_y3 &= 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot \text{La} + 0,8 \cdot \text{Wt} \\ &= (1,2 \cdot 176,41) + (1,6 \cdot 1.179,24) + (0,8 \cdot 0) \\ &= 2.098,49 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_y4 &= 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot \text{La} + 0,8 \cdot \text{Wh} \\ &= (1,2 \cdot 176,41) + (1,6 \cdot 1.179,24) + (0,8 \cdot 0) \\ &= 2.098,49 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_y5 &= 1,2 \cdot D + 1,3 \cdot \text{Wt} + 0,5 \cdot \text{La} \\ &= (1,2 \cdot 176,41) + (1,3 \cdot 0) + (0,5 \cdot 1.179,24) \\ &= 801,32 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_y6 &= 1,2 \cdot D + 1,3 \cdot \text{Wh} + 0,5 \cdot \text{La} \\ &= (1,2 \cdot 176,41) + (1,3 \cdot 0) + (0,5 \cdot 1.179,24) \\ &= 801,32 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_y7 &= 0,9 \cdot D + 1,3 \cdot \text{Wt} \\ &= (0,9 \cdot 176,41) + (1,3 \cdot 0) \\ &= 158,77 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Mu}_{y8} &= 0,9 \cdot D + 1,3 \cdot W_h \\
&= (0,9 \cdot 176,41) + (1,3 \cdot 0) \\
&= 158,77 \text{ kgcm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Mu}_{y9} &= 1,2 \cdot D + 1,3 \cdot W_t + 0,5 \cdot W_h \\
&= (1,2 \cdot 176,41) + (1,3 \cdot 0) + (0,5 \cdot 594,11) \\
&= 508,75 \text{ kgcm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Mu}_{y10} &= 1,2 \cdot D + 1,3 \cdot W_h + 0,5 \cdot W_h \\
&= (1,2 \cdot 176,41) + (1,3 \cdot 0) + (0,5 \cdot 594,11) \\
&= 508,75 \text{ kgcm}
\end{aligned}$$

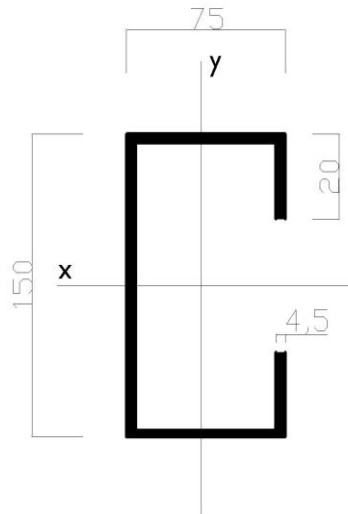
Dari kombinasi pembebanan diatas diambil nilai maksimum:

$$\text{Mu}_x = 38.674,90 \text{ kgcm}$$

$$\text{Mu}_y = 2.098,49 \text{ kgcm}$$

### 3.3.4 Perhitungan Dimensi

Direncanakan memakai profil C kait 150 · 75 · 20 · 4,5



Gambar 3.4 Profil C Kait 150 .75.20. 4,5

Data Profil :

$$W = 11 \text{ kg/m} \quad I_x = 489 \text{ cm}^4 \quad i_x = 5,92 \text{ cm}$$

$$Z_x = 65,2 \text{ cm}^3 \quad I_y = 99,2 \text{ cm}^4 \quad i_y = 2,66 \text{ cm}$$

$$Z_y = 19,8 \text{ cm}^3 \quad A = 13,97 \text{ cm}^2$$

Dengan:

$$\begin{aligned} Mn_x &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2.400 \text{ kg/m}^2 \cdot 65,2 \text{ cm}^3 \\ &= 156.480 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_y &= F_y \cdot Z_y \\ &= 2.400 \text{ kg/m}^2 \cdot 19,8 \text{ cm}^3 \\ &= 47.520 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

### Kontrol Terhadap Lentur

Syarat :

$$\begin{aligned} \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} &< 1,00 \\ \frac{38.674,90}{0,9 \cdot 156.480} + \frac{2.098,49}{0,9 \cdot 47.520} &< 1,00 \\ &0,32 < 1,00 \rightarrow \text{Aman} \end{aligned}$$

### Kontrol Terhadap Tekuk

Syarat :

$$\begin{aligned} M_{ux} &< \phi M_{nx} \\ 38674,90 \text{ Kgcm} &< 140.832 \text{ Kgcm} \rightarrow \text{Aman} \\ M_{uy} &< \phi M_{ny} \\ 2098,49 \text{ Kgcm} &< 42.768 \text{ Kgcm} \rightarrow \text{Aman} \end{aligned}$$

### Kontrol Terhadap Lendutan

Syarat:

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{1}{180} \cdot \text{Jarak kuda-kuda} \\ &= \frac{1}{180} \cdot 300 \text{ cm} \\ &= 1,667 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{5 \cdot q_x \cdot (S/2)^4}{384 \cdot E \cdot I_y} + \frac{P_x \cdot (S/2)^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \\
 &= \frac{5 \cdot 7,74 \cdot 10^{-2} \cdot (3000/2)^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 99,2} + \frac{25,88 \cdot (3000/2)^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 99,2} \\
 &= 0,011 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_y &= \frac{5 \cdot q_y \cdot (S)^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P_y \cdot (S)^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \\
 &= \frac{5 \cdot 28,90 \cdot 10^{-2} \cdot (1350)^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 489} + \frac{96,59 \cdot (1350)^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 489} \\
 &= 0,006 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

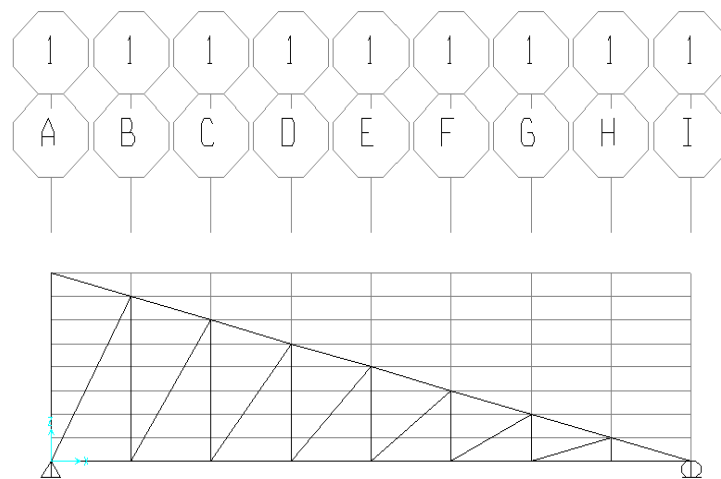
$$\begin{aligned}
 f &= \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \\
 &= \sqrt{0,011^2 + 0,006^2} \\
 &= 0,013 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &< F_{ijin} \\
 0,013 \text{ cm} &< 1,667 \text{ cm} \quad \rightarrow \text{Aman}
 \end{aligned}$$

### 3.4 Perencanaan Rangka Atap Kuda-Kuda

Analisa struktur rangka atap kuda-kuda baja dilakukan dengan program SAP 2000 v.14 (*Structure Analysis Program*) dengan pemilihan sistem struktur *Pratt truss*.

Permodelan struktur kuda-kuda dengan SAP ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.5 Permodelan Kuda-Kuda Baja dengan Pratt Truss

#### 3.4.1 Analisa Beban

##### Beban Mati (D)

Batang Atas dan Diagonal

$$\text{Berat Profil 2L.60.60.6} = 5,42 \text{ Kg/m} = 2 \cdot 5,42 \text{ kg/m} = 10,84 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Panjang Batang} = 24,53 \text{ m}$$

$$\text{Berat Kuda-kuda} = 265,91 \text{ Kg}$$

Batang Bawah



Berat Profil 2L.50.50.5	= 3,77 Kg/m = 2 · 3,77 kg/m	= 7,54 Kg/m
Panjang Batang		= 24,07 m
Berat Kuda-kuda		= 181,49 Kg
Total Berat Kuda-kuda		= 447,39 Kg
Berat Alat Sambung	= 10% · (447,39)	= 44,74 Kg
	Berat Total kuda-kuda	= 492,13 Kg
Jumlah Titik Buhul yang Menahan		= 17 Titik
Beban Tiap Buhul (P)	= 492,13 Kg / 17 Titik	= 28,95 Kg
Berat Plafond	= 18 Kg/m <sup>2</sup> · 1,3 m · 3 m	= 70,20 Kg
Berat Gording	= 11 Kg/m · 3 m	= 33,00 Kg
Berat penutup atap	= 12 Kg/m <sup>2</sup> · 1,35 m · 3 m	= 48,60 Kg
	Berat Total (Pa)	= 81,60 Kg

### **Beban Hidup (L)**

Pekerja	= 100 Kg
---------	----------

### **Beban Hujan**

PBI 1983 pasal 3.2.(2).a)

$$W_{ah\text{perlu}} = (40 - 0,8\alpha) = 40 - 0,8 \cdot 15^0 = 28 \text{ Kg/m}^2 \text{ dipakai} = 20 \text{ Kg/m}^2$$

$$W_{ah} = 20 \cdot 1,35 \cdot 3 = 81 \text{ Kg/m}$$

### **Beban Angin (W)**

Beban Angin ( $q_a$ )	= 25 Kg/m <sup>2</sup>
-----------------------	------------------------

Kemiringan atap ( $\alpha$ )	= 15 <sup>0</sup>
------------------------------	-------------------

Koefisien angin tekan ( $C_t$ ) = 0,02 · $\alpha$ - 0,4	= -0,10
---	---------

$$\begin{aligned} \text{Koefisien angin hisap (C}_h\text{)} &= -0,40 \\ \text{Angin Tekan (W}_t\text{)} &= 25\text{Kg/m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1,35 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = -10,13 \text{ Kg} \\ \text{Angin Hisap (W}_h\text{)} &= 25\text{Kg/m}^2 \cdot -0,4 \cdot 1,35 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = -40,50 \text{ Kg} \end{aligned}$$

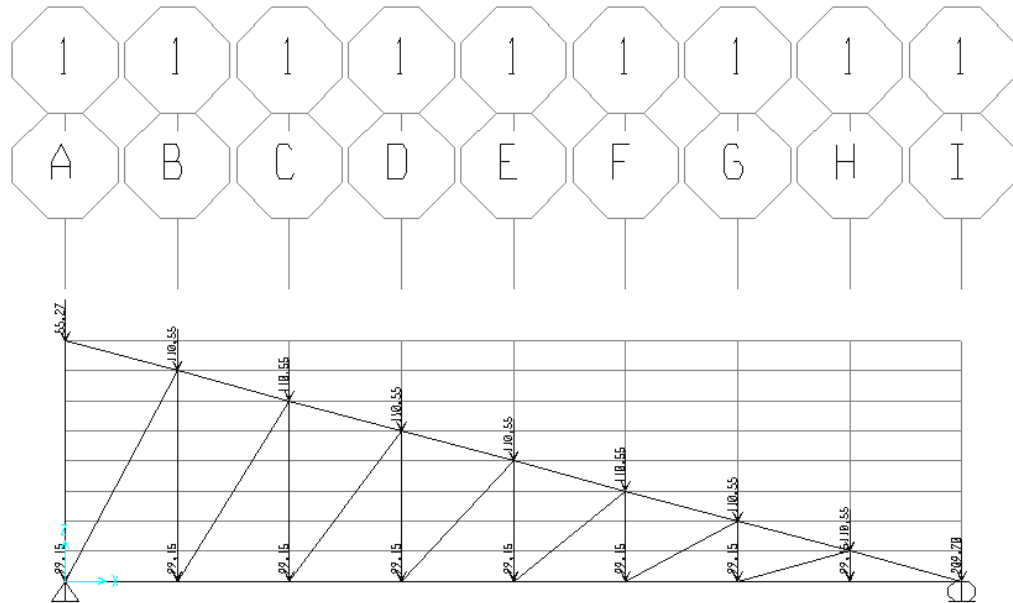
### 3.4.2 Analisa Statika

#### Beban Mati (D)

$$\begin{aligned} \text{Beban Plafond+ Beban tiap buhul (P)} &= 99,15 \text{ Kg} \\ \text{P1} &= P + P_{\text{atap}} = 28,95 \text{ Kg} + 81,6 \text{ Kg} = 110,55 \text{ Kg} \\ \text{P2} &= \frac{\text{P1}}{2} = \frac{110,55}{2} = 55,27 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Beban mati yang bekerja pada struktur kuda-kuda dianggap beban titik yang terpusat pada tiap joint. Input beban mati dapat dilakukan dengan cara *Assign-Joint Loads-Force* kemudian pada *Load Pattern Name* pilih *Dead*, isikan pada *Force Global Z* dengan menuliskan tanda (-) yang artinya beban dari atas ke bawah.

Beban dapat digambarkan sebagai berikut :



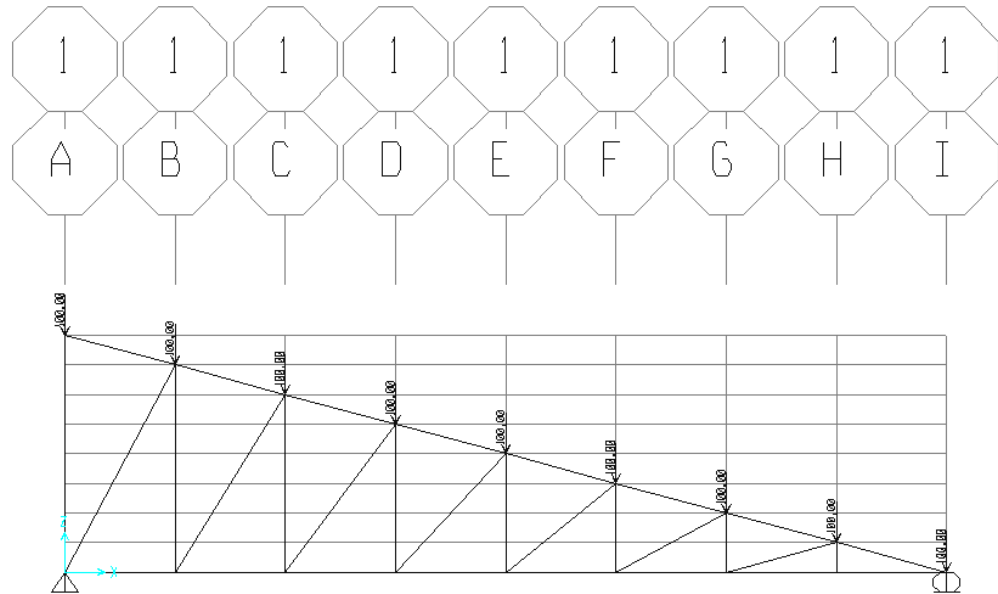
Gambar 3.6 Beban Mati Kuda-Kuda

### Beban Hidup (L)

Beban Pekerja = 100 Kg

Beban hidup yang bekerja pada struktur kuda-kuda dianggap beban titik yang terpusat pada tiap joint. Input beban mati dapat dilakukan dengan cara *Assign- Joint Loads- Force* kemudian pada *Load Pattern Name* pilih *Live* , isikan pada *Force Global Z* dengan menuliskan tanda (-) yang artinya beban dari atas ke bawah.

Beban dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.7 Beban Hidup Kuda-Kuda

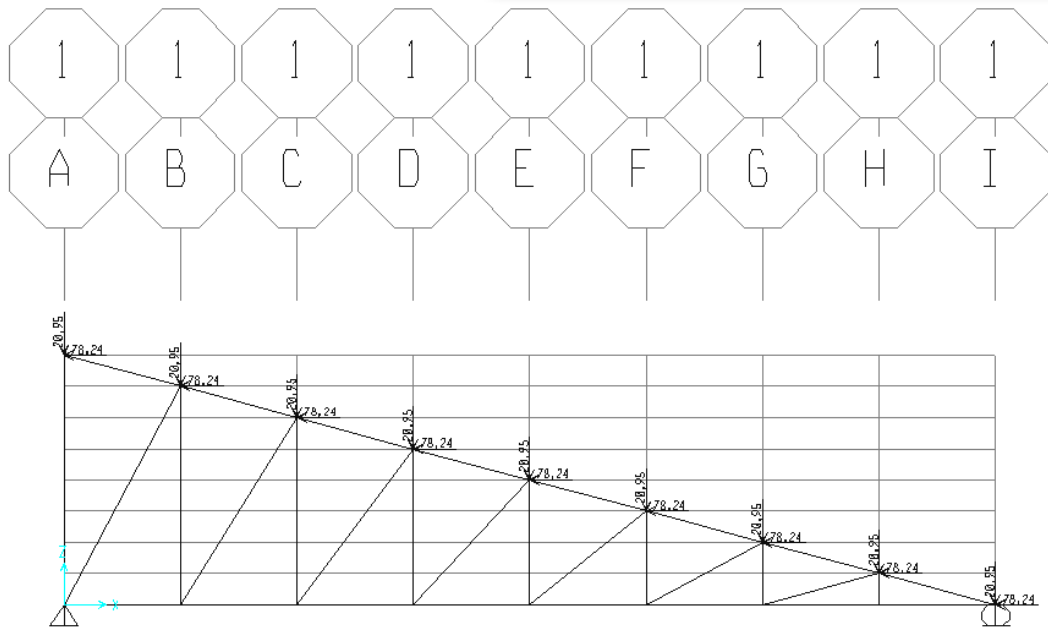
**Beban air hujan ( $W_{ah}$ )**

Beban air hujan arah x ( $W_{ahx}$ ) =  $W_{ah} \cdot \cos 15^0 = 81 \cdot 0,965 = 78,238 \text{ Kg/m}$

Beban air hujan arah y ( $W_{ahy}$ ) =  $W_{ah} \cdot \sin 15^0 = 81 \cdot 0,2598 = 20,946 \text{ Kg/m}$

Input beban air hujan pada struktur kuda-kuda dilakukan dengan cara *Assign- Joint Loads – Force* kemudian pada *Load Pattern Name* pilih *Air hujan*.

Beban dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.8. Beban Air Hujan Kuda-Kuda

### Beban Angin (W)

a. Angin Kiri

Angin Tekan

$$W_{tx} = W_{tx} \cdot \sin \alpha = -10,13 \text{ Kg} \cdot \sin 15^{\circ} = 2,62 \text{ Kg}$$

$$W_{ty} = W_{tx} \cdot \cos \alpha = -10,13 \text{ Kg} \cdot \cos 15^{\circ} = 9,78 \text{ Kg}$$

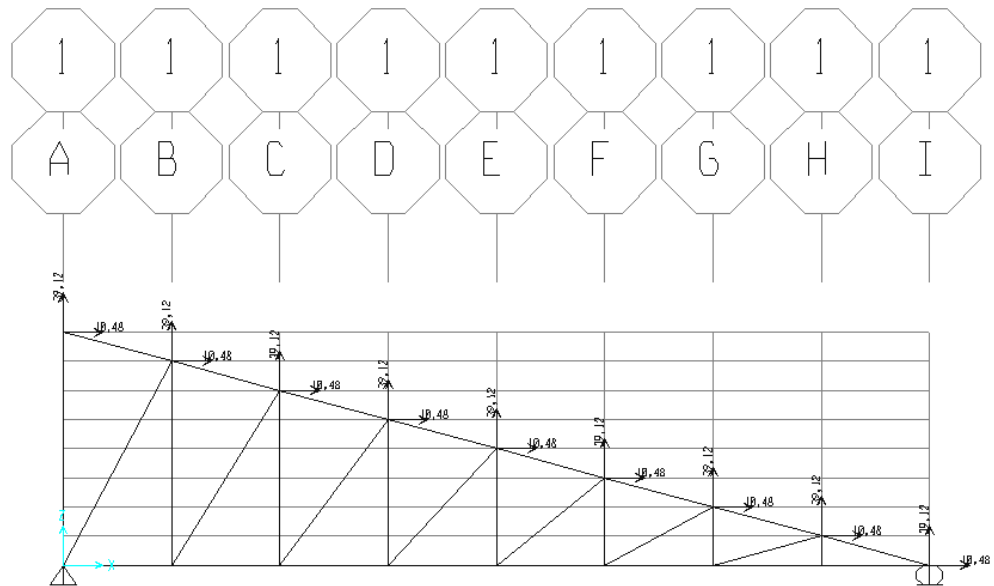
Angin Hisap

$$W_{hx} = W_{hy} \cdot \sin \alpha = -40,5 \text{ Kg} \cdot \sin 15^{\circ} = -10,48 \text{ Kg}$$

$$W_{hy} = W_{hy} \cdot \cos \alpha = -40,5 \text{ Kg} \cdot \cos 15^{\circ} = -39,12 \text{ Kg}$$

Input beban angin pada struktur kuda-kuda dilakukan dengan cara *Assign-Joint Loads-Force* kemudian pada *Load Pattern Name* pilih *Angin Kiri*.

Beban dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.9. Beban Angin Kiri

b. Angin Kanan

Angin Tekan

$$W_{tx} = W_{tx} \cdot \sin \alpha = -10,13 \text{ Kg} \cdot \sin 15^\circ = 2,62 \text{ Kg}$$

$$W_{ty} = W_{tx} \cdot \cos \alpha = -10,13 \text{ Kg} \cdot \cos 15^\circ = 9,78 \text{ Kg}$$

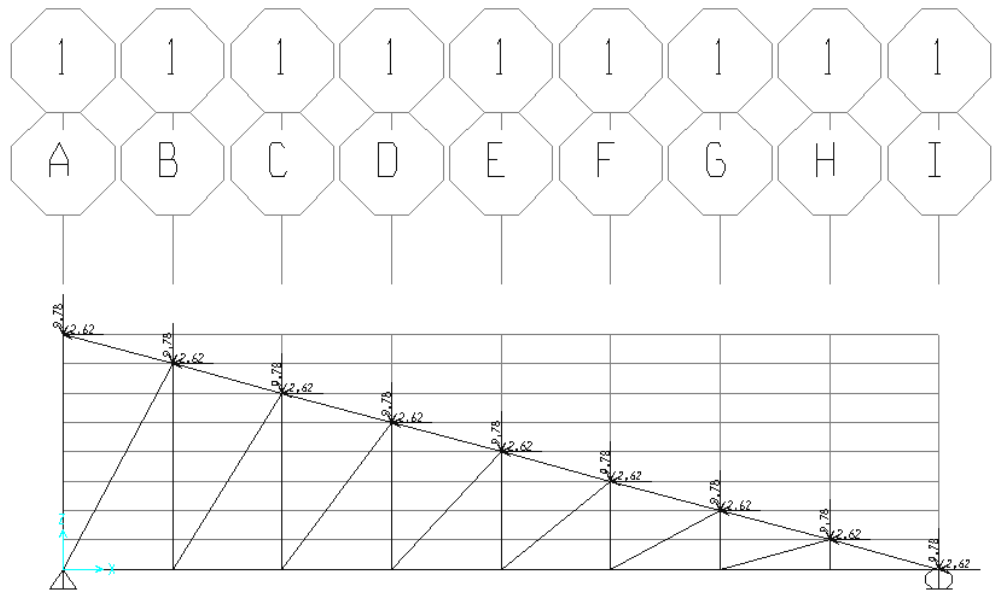
Angin Hisap

$$W_{hx} = W_{hy} \cdot \sin \alpha = -40,5 \text{ Kg} \cdot \sin 15^\circ = -10,48 \text{ Kg}$$

$$W_{hy} = W_{hy} \cdot \cos \alpha = -40,5 \text{ Kg} \cdot \cos 15^\circ = -39,12 \text{ Kg}$$

Input beban angin pada struktur kuda-kuda dilakukan dengan cara *Assign-Joint Loads – Force* kemudian pada *Load Pattern Name* pilih *Angin Kanan*.

Beban dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.10. Beban Angin Kanan

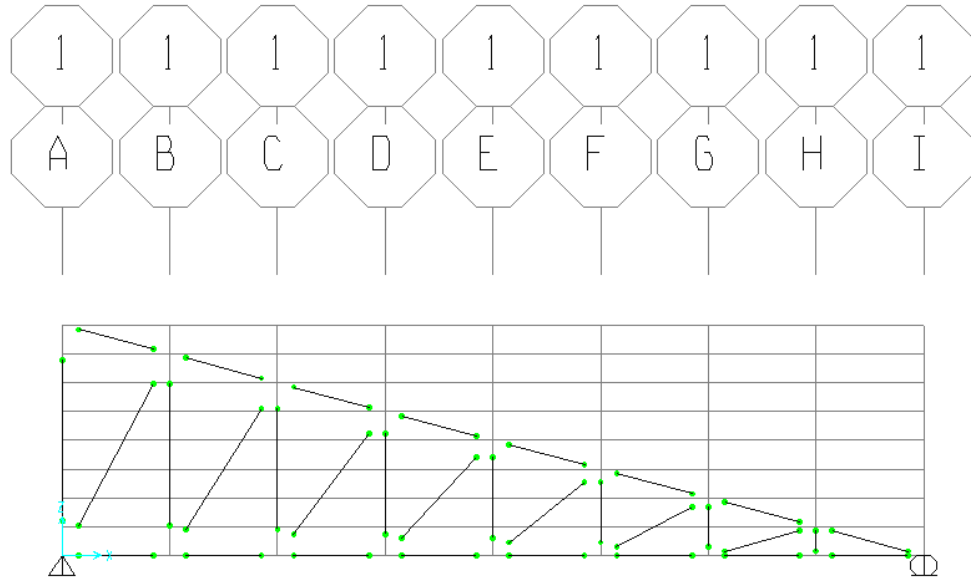
Tabel 3.2 Tabel Pembebanan Kuda-Kuda

Titik Buhul	Beban Mati (DL) (Kg)	Beban Hidup(LL) (Kg)	Angin Kiri		Angin Kanan	
			Arah (Kg)	Arah Y(Kg)	Arah (Kg)	Arah Y(Kg)
A	99.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	209.70	0.00	0	0	0	0
C	99.15	0.00	0	0	0	0
D	99.15	0.00	0	0	0	0
E	99.15	0.00	0	0	0	0
F	99.15	0.00	0	0	0	0
G	99.15	0.00	0	0	0	0
H	99.15	0.00	0	0	0	0
I	99.15	0.00	0	0	0	0
J	55.27	100.00	-10,48	-39.12	-2.62	-9.78
K	110.55	100.00	-10,48	-39.12	-2.62	-9.78
L	110.55	100.00	-10,48	-39.12	-2.62	-9.78
M	110.55	100.00	-10,48	-39.12	2.62	-9.78
N	110.55	100.00	-10,48	-39.12	-2.62	-9.78
O	110.55	100.00	-10,48	-39.12	-2.62	-9.78
P	110.55	100.00	-10,48	-39.12	-2.62	-9.78
Q	110.55	100.00	-10,48	-39.12	-2.62	-9.78

Setelah semua beban diinputkan ke program, struktur kuda-kuda harus di *release* karena tiap joint kuda-kuda adalah sambungan, maka diasumsikan adanya sendi pada tiap joint yaitu dengan cara *Assign-Frame-Release –Momen 33*.



Struktur kuda-kuda setelah di *release* ditunjukkan paa gambar berikut :



Gambar 3.11. *Frame Release* Struktur Kuda-Kuda

### 3.4.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang bekerjapada struktur kuda-kuda diinput ke dalam program SAP v.14 dengan cara mengisi beban apa saja yang bekerja dengan cara *Define-Load Patterns*,

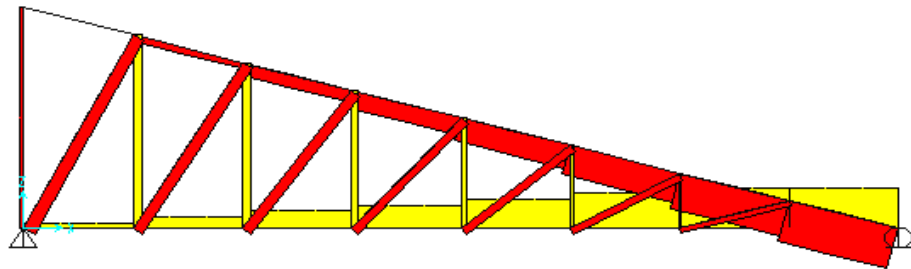
Kombinasi pembebanannya dapat diinput dengan cara *Define-Load Combinations*. Menurut pasal 6.6.2 SNI SNI 03-1729-2002 kombinasi pembebanan dijabarkan sebagai berikut:

1.  $1,4 \cdot D$
2.  $1,2 \cdot D + 1,6 \cdot La$
3.  $1,2 \cdot D + 1,6 \cdot La + 0,8 \cdot W_{kiri}$
4.  $1,2 \cdot D + 1,6 \cdot La + 0,8 \cdot W_{kanan}$
5.  $1,2 \cdot D + 1,6 \cdot W_{ah} + 0,8 \cdot W_{kiri}$

### 3.4.4 Analisis Struktur

Acuan perencanaan yang akan digunakan dilakukan dengan cara *Design – Steel Frame Design- View/Revise Preferences*, kemudian pilih AISC-LRFD 99. Karena struktur akan dianalisis secara 2 dimensi maka pilih *Analyze - Set Analysis Options* dengan memilih sumbu *Z Plane*. Kemudian pilih *Analyze- Run Analysis* atau tekan F5, selanjutnya akan muncul dialog *Set Load Cases to Run* kemudian pada *MODAL* klik *Do Not Run Case*. Selanjutnya Klik *Run Now* dan tunggu sampai proses *Analysis Complete*.

Maka *output* dari proses *Run Analysis* ditunjukkan pada gambar berikut :

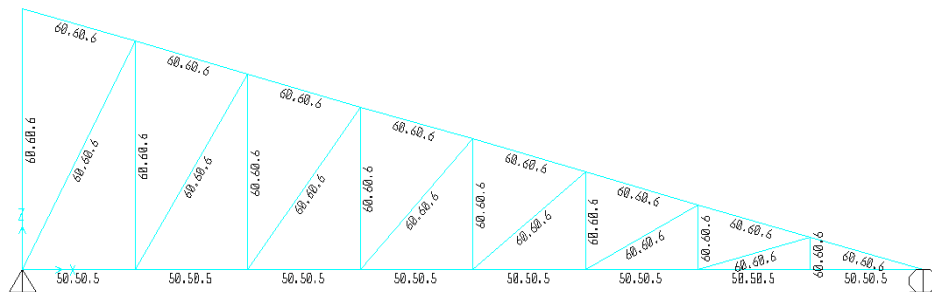


Gambar 3.12. *Output* dari proses *Run Analysis*

Sebelum melihat kemampuan struktur maka perlu memilih kombinasi pembebanan yang bekerja dengan melakukan *Design-Steel Frame Design-Select Design Combos* kemudian *Add Kombinasi* beban dan hilangkan tanda centang pada petunjuk.

Untuk melihat kemampuan struktur dalam menerima beban dapat dilakukan dengan cara *Design - Steel Frame Design – Start Design/ Check of Structures*.

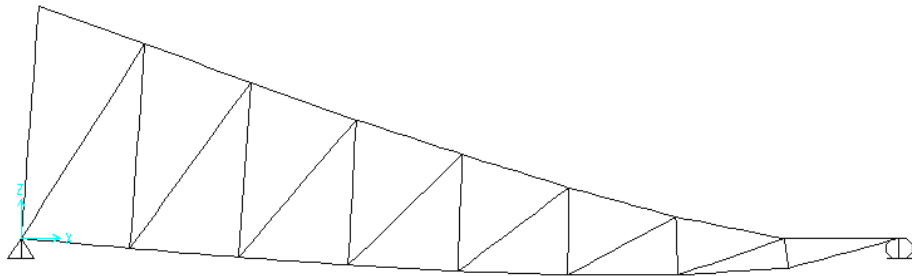
Nilai rasio tegangan (perbandingan tegangan yang terjadi dengan tegangan rencanakan ( $\sigma/\sigma_r$  ) pada setiap elemen batang dapat diketahui dengan cara *Design – Steel Frame Design – Display Design Info-PM ratio Color and Values*. Apabila nilainya perbandingan  $< 1,00$  maka deisgn baru dapat dikatakan aman.



Gambar 3.13. Nilai Rasio Tegangan Elemen

Kemudian untuk menampilkan gaya-gaya yang bekerja (tekan – tarik) pada struktur dapat dilakukan dengan cara *Display – Show Table – Analysis Result- Element Output-Frame Output- Element Forces*

Kemudian untuk menampilkan deformasi yang terjadi pada struktur dapat dilakukan dengan cara *Display – Show Table – Analysis Result- Element Output-Frame Output-Element Forces*.



Gambar 3.14. Deformasi pada Struktur Kuda-Kuda

### 3.4.5 Kontrol Hitungan

Dari *Output* SAP diperoleh :

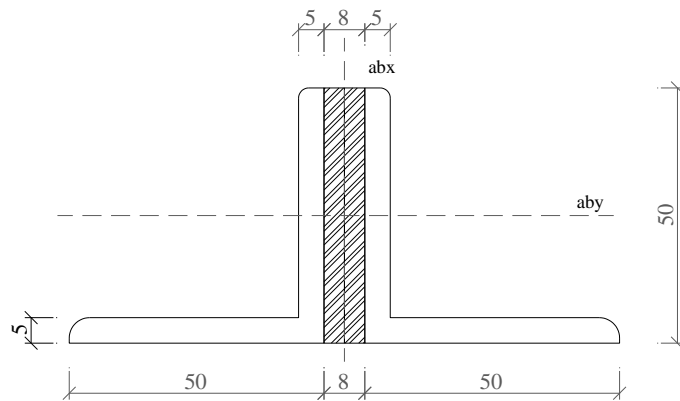
$$\text{Gaya Tarik Maksimum (Nu)} = 6.197,4 \quad \text{Kg}$$

$$\text{Gaya Tekan Maksimum (Nu)} = -6.424,82 \quad \text{Kg}$$

#### **BATANG TARIK**

$$\text{Nu} = 6.197,4 \quad \text{Kg}$$

$$\text{Panjang Batang (L)} = 1.330 \quad \text{mm}$$



Gambar 3.15. Profil 2L 50.50.5

Dengan data profil sebagai berikut ini :

$A_g$	$= 480 \text{ mm}^2$	$i_x =$	$15,1 \text{ mm}$
$I_x$	$= 110000 \text{ mm}^4$	$i_y =$	$15,1 \text{ mm}$
$I_y$	$= 110000 \text{ mm}^4$	$e =$	$14 \text{ mm}$

Mutu Baja BJ 37

$$F_y = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$F_u = 370 \text{ N/mm}^2$$

**Syarat Kelangsingan**

$$\lambda = \frac{L}{i_{\min}} < 240$$

$$\lambda = \frac{1330}{2 \cdot 15,1} < 240$$

$$\lambda = 44,04 < 240 \rightarrow \text{Aman}$$

## Kontrol Tegangan

a. Terhadap Leleh

$$A_g = 2 \cdot 480 = 960 \text{ mm}^2$$

$$N_u < \phi N_n$$

$$\phi N_n = \phi \cdot A_g \cdot F_y$$

$$= 0,9 \cdot 960 \cdot 240$$

$$= 207.360\text{N}$$

$$= 20.736 \text{ Kg}$$

$$N_u < \phi N_n$$

$$6197,4 < 20.736,00 \rightarrow \text{Aman}$$

b. Terhadap Fraktur

$$A_n = 2 \cdot 480 = 960 \text{ mm}^2$$

Menurut Pasal 10.2 SNI 03-1729-2002;

$$U = 1 - \frac{e}{L} \leq 0,9$$

$$L$$

$$= 1 - \frac{(2 \cdot 14)}{1330} \leq 0,9$$

$$1330$$

$$= 0,978 \leq 0,9$$

Maka untuk nilai Koefisien reduksi (U) adalah 0,9

$$A_e = U \cdot A_n$$

$$= 0,9 \cdot 960$$

$$= 864 \text{ mm}^2$$

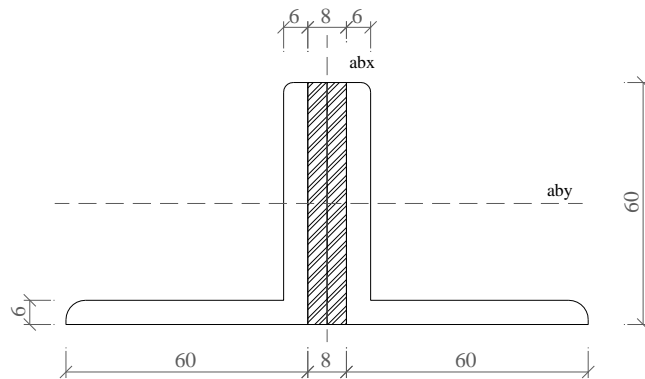
$$\begin{aligned}
 \phi N_n &= \phi \cdot A_e \cdot F_u \\
 &= 0,75 \cdot 864 \cdot 370 \\
 &= 239.760 \quad \text{N} \\
 &= 23.976 \quad \text{Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u &\leq \phi N_n \\
 6197,4 &\leq 239.760 \quad \rightarrow \text{Aman}
 \end{aligned}$$

### BATANG TEKAN

$$\begin{aligned}
 N_u &= -6.424,82 \quad \text{Kg} \\
 \text{Panjang Batang (L)} &= 1.380 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Profil Baja yang dianalisis adalah 2L 60.60.6



Gambar 3.16. Profil 2L. 60.60.6

Dengan data profil sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned}
 A_g &= 691 \quad \text{mm}^2 & i_x &= 18,2 \quad \text{mm} \\
 I_x &= 228.000 \quad \text{mm}^4 & i_y &= 18,2 \quad \text{mm} \\
 I_y &= 228.000 \quad \text{mm}^2 & e &= 16,9 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Mutu Baja BJ 37

$$F_y = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$F_u = 370 \text{ N/mm}^2$$

### Kontrol Tegangan

Menurut Pasal 7.6-1 SNI 03-1729-2002

Karena Tumpuan Sendi-Sendi maka Koefisien  $K_c = 1$

Arah Sumbu Kuat (Sumbu X) dan Arah sumbu Lemah (Y) sama .

Karena Double Siku maka  $r_{\min} = 2 \cdot 18,2 \text{ mm} = 36,4 \text{ mm}$

Pasal 9.1-2 SNI SNI 03-1729-2002

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{K_c \cdot L}{r_{\min}} < 200 \\ &= \frac{1 \cdot 1380}{36,4} < 200 \\ &= 37,91 < 200 \rightarrow \text{Aman} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} \\ &= \frac{37,91}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{240}{2,1 \cdot 10^5}} \\ &= 0,41 \end{aligned}$$



Karena,  $0,25 < \lambda_c < 1,2$

maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - (0,67 \cdot 0,41)}$$
$$= 1,08$$

Menurut Pasal 9.1 & 9.3 SNI 03-1729-2002

$$A_g = 2 \cdot 691 \text{ mm}^2 = 1.382 \text{ mm}^2$$

$$N_n = 0,85 \cdot \frac{A_g \cdot F_y}{\omega}$$

$$= 0,85 \cdot \frac{1.382 \cdot 240}{1,108}$$

$$= 261.554,83 \text{ N}$$

$$= 26.155,483 \text{ Kg}$$

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$-6.424,82 \leq 26.155,483 \rightarrow \text{Aman}$$

### 3.4.6 Perhitungan Alat Sambung

Data Perencanaan :

$$\text{Tebal plat Buhul} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut } (d_b) = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Luas } (A_b) = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_b^2 = 113,10 \text{ mm}^2$$

Mutu Baja BJ 37

a. Baut

$$F_y = 240 \text{ mpa}$$

$$F_u^b = 370 \text{ mpa}$$

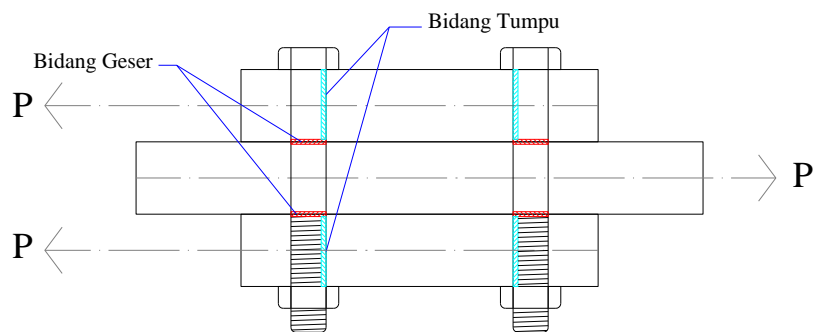
b. Plat

$$F_y = 240 \text{ mpa}$$

$$F_u = 370 \text{ mpa}$$

### Kekuatan terhadap Geser

Menurut Pasal 13.2-2 SNI 03-1729-2002



$$\text{jumlah bidang geser (m)} = 2$$

$$\text{baut tanpa ulir pada bidang geser (r}_1) = 0,5$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot r_1 \cdot m \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 370 \cdot 113,10 \\ &= 31384,5 \text{ N} \\ &= 3.138,45 \text{ Kg} \end{aligned}$$

### **Kekuatan terhadap Tumpu**

Menurut Pasal 13.2-7 SNI 03-1729-2002

Apabila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi plat dalam arah kerjagaya lebih besar daripada 1,5 kali diameter lubang, jarak antar lubang lebih besar daripada 3 kali diameter lubang, dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 370 \\ &= 6.3936 \text{ N} \\ &= 6.393,6 \text{ Kg}\end{aligned}$$

maka yang menentukan adalah 3.138,45 Kg

### **Kebutuhan Baut**

Batang Tarik

$$\begin{aligned}N_u &= 6.197,4 \quad \text{Kg} \\ \phi R_n &= 6.393,6 \quad \text{Kg} \\ N \text{ baut} &= \frac{N_u}{\phi R_n} \\ &= \frac{6.197,4}{6.393,6} \\ &= 0,97 \quad \approx 2 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$1,5d \leq S1 \leq 3d$$

$$18 \qquad \qquad \qquad 36$$

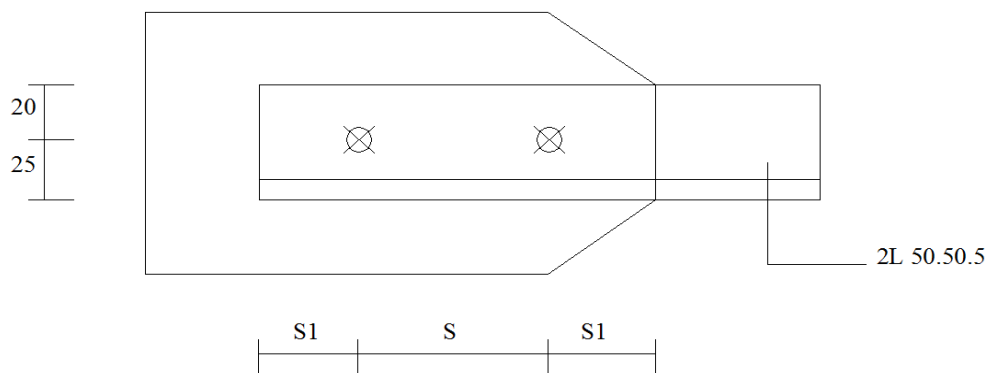
**maka S1 diambil 20**

$$2,5d \leq S \leq 7d$$

$$30 \qquad \qquad \qquad 84$$

**maka S diambil 40**

maka pemasangan baut :



Gambar 3.17 Jarak Tulangan

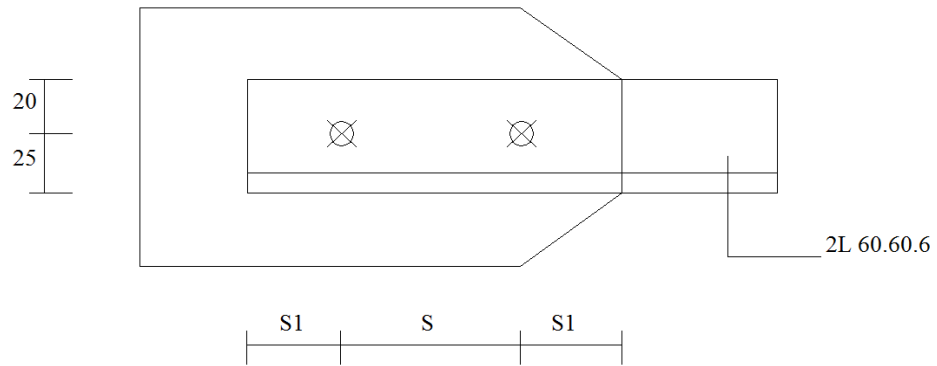
**Batang Tekan**

$$N_u = -6.424,82 \text{ Kg}$$

$$\phi R_n = 6.393,6 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\text{baut}} &= \frac{N_u}{\phi R_n} \\
 &= \frac{-6.424,82}{6.393,6} \\
 &= -1,002 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

maka pemasangan baut :



Gambar 3.18 Jarak tulangan

$$1,5d \leq S1 \leq 3d$$

$$18 \leq S1 \leq 36$$

**maka S1 diambil 20**

$$2,5d \leq S \leq 7d$$

$$30 \leq S \leq 84$$

**maka S diambil 40**