

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Rangka Atap

Ketentuan-ketentuan yang berlaku pada perhitungan rangka atap ini antara lain:

1. sudut kemiringan atap, $\alpha = 40^\circ$,
2. panjang bentang (L) = 20 meter,
3. jarak antar kuda-kuda (b) = 4 meter,
4. perletakan kuda-kuda adalah sendi-sendi,

sedangkan asumsi beban yang bekerja pada atap terdiri dari :

- a. beban genteng = 50 kg/m^2 (PPI 1983 hal 12)
- b. beban gording = 15 kg/m^2
- c. beban air hujan = $40 - 0,8 \cdot \alpha = 40 - 0,8 \cdot 40 = 8 \text{ kg/m}^2$ (PPI 1983 hal 13)

d. berat taksiran kuda-kuda = $\left(10 + \frac{L-12}{3} \cdot 5\right) \cdot b$

$$= \left(10 + \frac{20-12}{3} \cdot 5\right) \cdot 4$$
$$= 93,33 \text{ kg/m}^2 \approx 100 \text{ kg/m}^2$$

husus untuk rangka atap tipe I digunakan berat taksiran sebesar 150 kg/m^2

- e. berat langit-langit dan penggantung = $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$ (PPI 1983 hal 12)

5. perencanaan alat sambung baut.

Alat sambung yang dipakai adalah baut mutu tinggi tipe A 325 dengan sambungan irisan tampang dua. Digunakan baut berdiameter 1/2 inchi pada semua tipe rangka atap kecuali rangka atap tipe I. Rangka ini memakai baut diameter 5/8 inchi, sedangkan pelat sambung untuk semua tipe rangka dipakai pelat setebal 9 mm.

Tegangan geser ijin baut :

$$F_v = 17,5 \text{ Ksi} = 1206,625 \text{ kg/cm}^2 ; \text{ kelas A lubang standar}$$

$$F_v = 21 \text{ Ksi} = 1447,95 \text{ kg/cm}^2 ; \text{ ulir baut berada pada bidang geser}$$

$$F_p = 1,5 \cdot F_u = 1,5 \cdot 58 = 87 \text{ Ksi} = 5998,65 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas geser ijin 1 baut diameter 1/2 inchi :

$$R_{ds} = F_v \cdot A \cdot m$$

$$R_{ds} = 1206,625 \cdot \pi \cdot \frac{1,27^2}{4} \cdot 2 = 3057,03 \text{ kg}$$

Kapasitas geser tumpu ijin 1 baut diameter 1/2 inchi :

$$R_{ds} = F_v \cdot A \cdot m$$

$$R_{ds} = 1447,95 \cdot \pi \cdot \frac{1,27^2}{4} \cdot 2 = 3668,44 \text{ kg}$$

Kapasitas tumpu ijin baut berdiameter 1/2 inchi :

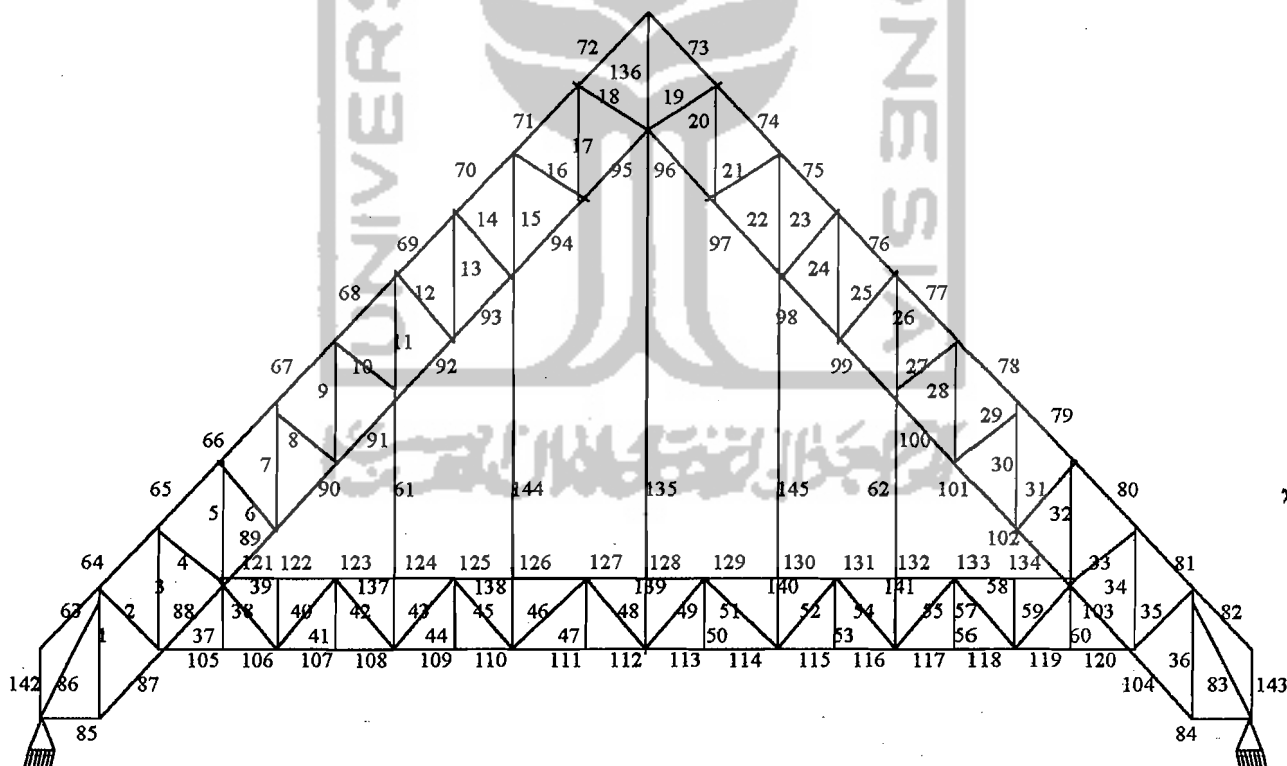
$$R_b = F_p \cdot D \cdot t = 5998,65 \cdot 1,27 \cdot 0,9 = 6856,46 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dipakai kapasitas terkecil dari perhitungan di atas sebagai kekuatan yang mampu didukung oleh satu baut (P 1baut) berdiameter 1/2 inchi yaitu sebesar 3057,03 kg

4.1.1 Analisa Rangka Atap FTI UII (Rangka Tipe I)

Seperti telah diuraikan pada Bab I bahwa rangka atap yang akan ditinjau dalam Tugas Akhir ini salah satu diantaranya adalah rangka atap yang digunakan pada gedung Laboratorium FTI UII. Gedung ini terletak di jalan Kaliurang km.14,4 Yogyakarta.

Rangka atap yang akan dianalisa diambil dari salah satu bentuk rangka baja pada atap gedung Laboratorium FTI UII dengan panjang bentang 20 m dan jarak antar kuda-kuda selebar 4 m. Bentuk rangka ini dapat dilihat pada gambar 4.1 beserta penomoran batangnya serta profil yang digunakan.



Gambar 4.1 Penomoran elemen rangka atap gedung Laboratorium FTI UII

Keterangan :

a = profil 2L 70.70.7 digunakan pada batang nomor 63 sampai batang 135,

b = profil 2L 60.60.6 digunakan pada batang nomor 144 dan 145,

c = profil 2L 50.50.5 digunakan pada batang nomor 1 sampai 10, 12 s.d 25, dan
batang 27 s.d 62, 138, 140,

d = pipa \varnothing 5 inchi , tebal 6 mm dipakai pada batang nomor 11, 26, 136, 137, 139,
dan batang nomor 141 sampai batang 143.

Sambungan tiap join pada rangka atap ini menggunakan baut tipe ASTM A 325
berdiameter $\frac{5}{8}$ inchi = 1,6 cm dengan pelat penyambung setebal 9 mm.

Kontrol Berat Kuda-Kuda

Tabel 4.1 Berat Rangka Atap Gedung Laboratoium FTI UII

Batang (elemen)	Profil	Berat profil kg/m	Panjang batang (m)	Berat kg
a	2L 70.70.7	14,76	89,09	1447,808
b	2L 60.60.6	10,84	8,39	90,928
c	2L 50.50.5	7,54	76,296	575,271
d	pipa \varnothing 5"	19,8	7,564	149,767
				$\Sigma=2263,774$

$$\text{Berat kuda-kuda} = 2263,774 \text{ kg}$$

$$\text{Berat baut + plat sambung} = 20\% \cdot \text{berat kuda-kuda} = 452,755 \text{ kg}$$

$$\text{2716,529 kg}$$

$$\text{Berat satuan kuda-kuda} = \frac{2716,529}{20} = 135,826 \text{ kg / m} < 150 \text{ kg/m.}$$

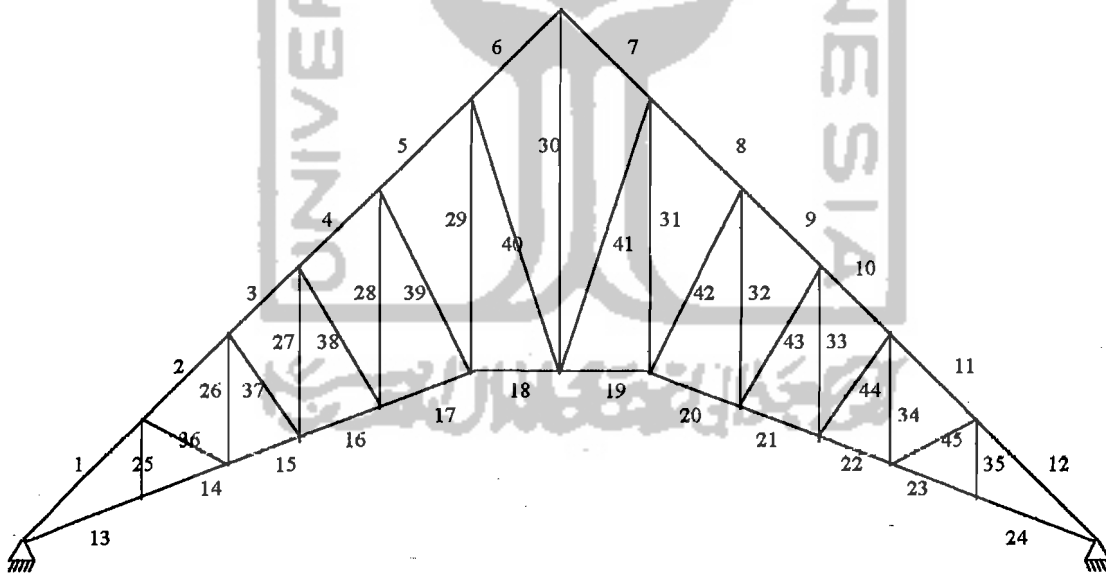
4.1.2 Analisa Rangka Atap Tipe Howe (Tipe II)

Hal yang perlu diperhatikan dalam input data untuk program Microfeap adalah sebagai berikut :

1. jumlah join / node data ; $N = 24$,
2. jumlah elemen ; $E = 45$,
3. koordinat join, pembebanan, dan profil yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 5.

Untuk lebih jelasnya, hasil program Microfeap ini dapat dilihat pada lampiran 5.

Penomoran elemen ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Penomoran elemen rangka batang tipe Howe

1. Kontrol Perencanaan Batang

a. Batang Tekan

1). Profil 2L 60.60.6

Data profil :

$$\text{berat} = 10,84 \text{ kg/m}$$

$$A = 13,82 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,82 \text{ cm}$$

Profil ini digunakan pada elemen 1 sampai 12, elemen 39, dan elemen 42

dengan data gaya terbesar adalah sebagai berikut : $P = -7548,4 \text{ kg}$

$$L = 217,57 \text{ cm}$$

$$f_a = 546,2 \text{ kg/cm}^2$$

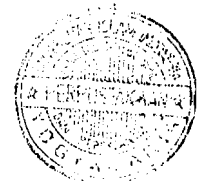
$$\frac{Kl}{r} = \frac{217,57}{1,82} = 119,544 < 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,099$$

$$\frac{Kl}{r} < C_c, \text{ maka } F_a = \frac{F_y}{FS} \left[1 - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}{2 \cdot C_c^2} \right]$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)}{C_c} - \frac{1}{8} \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^3}{C_c^3}$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{119,544}{126,099} - \frac{1}{8} \frac{(119,544)^3}{(126,099)^3} = 1,916$$



$$F_a = \frac{36}{1,916} \cdot \frac{(119,544)}{2 \cdot (126,099)}$$

$$F_a = 10,346 \text{ Ksi}$$

$$F_a = 713,350 \text{ kg/cm}^2 > f_a = 546,20 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol kelangsingan pada batang terpanjang yang menggunakan profil ini yaitu pada elemen nomor 39 dan 42 dengan panjang 305,81 cm.

$$\frac{Kl}{r} = \frac{305,81}{1,82} = 168,027 < 200$$

2). Profil 2L 50.50.5

Data profil :

$$\text{Berat} = 7,54 \text{ kg/m}$$

$$A = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Batang yang menggunakan profil ini adalah elemen 13 sampai 24, 36 sampai 38, dan elemen 43 sampai 45. Data batang yang mengalami gaya batang maksimum adalah sebagai berikut :

$$P = -4517,6 \text{ kg}$$

$$L = 167,67 \text{ cm}$$

$$f_a = 470,59 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{167,67}{1,51} = 110,377 < 200$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,099$$

$$\frac{Kl}{r} < Cc, \text{ sehingga } Fa = \frac{F_y}{FS} \left[1 - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}{2 \cdot Cc^2} \right]$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}{Cc} - \frac{1}{8} \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^3}{Cc^3}$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{110,377}{126,099} - \frac{1}{8} \frac{(110,377)^3}{(126,099)^3}$$

$$FS = 1,911$$

$$Fa = \frac{36}{1,911} \left[1 - \frac{(110,377)^2}{2 \cdot (126,099)^2} \right]$$

$$Fa = 11,621 \text{ Ksi}$$

$$Fa = 801,301 \text{ kg/cm}^2 > fa = 470,59 \text{ Kg/cm}^2$$

Kontrol kelangsingan untuk batang terpanjang yang menggunakan profil ini yaitu elemen nomor 38, dan 43 dengan panjang batang sebesar 243,21 cm.

$$\frac{Kl}{r} = \frac{242,21}{1,51} = 161,066 < 200$$

3). Profil 2L 75.75.7

Data profil :

$$\text{berat} : 15,88 \text{ kg / m}$$

$$A = 20,2 \text{ cm}^2$$

$$r = 2,28 \text{ cm}$$

Profil ini digunakan pada elemen batang 40 dan 41 dengan data gaya maksimum yang terjadi :

$$P = -905,6 \text{ kg ''}$$

$$L = 429,87 \text{ cm}$$

$$f_a = 44,832 \text{ kg / cm}^2$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{429,87}{2,28} = 188,539 < 200$$

$$C_c = 126,099$$

$$\frac{Kl}{r} > C_c, \text{ maka } F_a = \frac{\pi^2 E}{1,92 \left(\frac{Kl}{r} \right)^2}$$

$$F_a = \frac{\pi^2 \cdot 29000}{1,92 \cdot (188,539)^2}$$

$$F_a = 4,194 \text{ Ksi}$$

$$F_a = 289,153 \text{ kg / cm}^2 > f_a = 44,832 \text{ kg / cm}^2$$

b. Batang Tarik

1). Profil 2L 60.60.6

Data profil :

$$\text{berat} = 10,84 \text{ kg/m}$$

$$A = 13,82 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,82 \text{ cm}$$

Elemen batang yang menggunakan profil ini adalah elemen 30 dengan data sebagai berikut : $P = 1813,5 \text{ kg}$

$$L = 536,1 \text{ cm}$$

$$f_a = 131,23 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{536,1}{1,82} = 294,6 < 300$$

$$F_u = 58 \text{ Ksi} = 3999,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_t = 0,6 \cdot F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ Ksi} = 1489,32 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_t = 0,5 \cdot F_u = 0,5 \cdot 58 = 29 \text{ Ksi} = 1999,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_n = A_b - n(D + 0,3175) \cdot t$$

$$A_n = 13,82 - 2(1,27 + 0,3175) \cdot 0,6$$

$$A_n = 11,915 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 0,85 \cdot A_n = 10,125 \text{ cm}^2$$

$$P_{ijin} = 0,5 \cdot F_u \cdot A_e = 1999,55 \cdot 10,125 = 20\,250,942 \text{ kg (menentukan)}$$

$$P_{ijin} = 0,6 \cdot F_y \cdot A_b = 1489,32 \cdot 13,82 = 20\,582,402 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi kapasitas ijin} = 20\,250,942 \text{ kg} > 1813,5 \text{ kg}$$

2). Profil 50.50.5

Data profil :

$$\bullet \text{ berat} = 7,54 \text{ kg/m}$$

$$A = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Elemen batang yang menggunakan profil ini adalah elemen 25 sampai 29, dan elemen 31 sampai 35 dengan data sebagai berikut : $P = 1529,6 \text{ kg}$

$$L = 316,98 \text{ cm}$$

$$f_a = 159,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{316,98}{1,51} = 208,920 < 300$$

$$F_u = 58 \text{ Ksi} = 3999,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_t = 0,6 \cdot F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ Ksi} = 1489,32 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_t = 0,5 \cdot F_u = 0,5 \cdot 58 = 29 \text{ Ksi} = 1999,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_n = A_{br} - n(D + 0,3175) \cdot t$$

$$A_n = 9,6 - 2(1,27 + 0,3175) \cdot 0,5$$

$$A_n = 7,0125 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 0,85 \cdot A_n = 5,961 \text{ cm}^2$$

$$P_{ijin} = 0,5 \cdot F_u \cdot A_e = 1999,55 \cdot 5,961 = 11\,918,57 \text{ kg}$$

$$P_{ijin} = 0,6 \cdot F_y \cdot A_b = 1489,32 \cdot 9,6 = 14\,297,47 \text{ kg}$$

$$\text{Kapasitas ijin} = 11\,918,57 \text{ kg} > 1529,6 \text{ kg}$$

Kontrol kelangsingan pada batang terpanjang yaitu elemen 29 dan 31.

$$L = 396,25 \text{ cm}$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{396,25}{1,51} = 262,417 < 300$$

2. Penggunaan Alat Sambung Baut

Beban yang dipindahkan antar batang disalurkan melalui sambungan antar batang-batang tersebut. Alat sambung untuk memindahkan beban tersebut direncanakan menggunakan baut tipe A325 berdiameter 1/2 inchi dengan kekuatan yang dapat didukung oleh satu baut ($P_{1 \text{ baut}}$) sebesar 3057,03 kg, sedangkan las hanya digunakan sebagai perkuatan saja pada hubungan pelat sambung dengan profil yang disambung. Besarnya baut yang dibutuhkan oleh masing-masing batang ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Daftar Jumlah Baut Tiap Batang pada Rangka Atap Tipe Howe

No. Elemen	Jumlah baut $n = P / P_{1 \text{ baut}}$
1,2,11, dan 12	3
3 s.d. 10	2
13 s.d. 45	2
Jumlah total kebutuhan baut	188

3. Kontrol Lendutan

$$\Delta = \sqrt{\Delta H^2 + \Delta V^2}$$

$$\Delta = \sqrt{0,0115 + 0,1397} = 0,3889 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{ ijin} = \frac{L}{360} = \frac{2000}{360} = 5,56 \text{ cm} > 0,3889 \text{ cm}$$

4. Kontrol Berat Kuda-Kuda

Tabel 4.3 Berat Kuda-Kuda Tipe Howe

Batang (elemen)	Profil	Berat profil kg/m	Panjang batang (m)	Berat kg
1 s.d. 12,30	2L 60.60.6	10,84	31,4694	341,128
13 s.d. 29	2L 50.50.5	7,54	32,532	248,467
31 s.d. 38	2L 50.5.5	7,54	17,928	135,174
39,42	2L 60.60.6	10,84	6,1162	66,299
40,41	2L 75.75.7	15,88	8,5974	136,527
43 s.d. 45	2L 50.50.5	7,54	6,0418	45,555
				$\Sigma=973,150$

Berat kuda-kuda = 973,150 kg

Berat baut + plat sambung = 20% . berat kuda-kuda = 194,630 kg

1167,780 kg

Berat satuan kuda-kuda = $\frac{1167,780}{20} = 58,389 \text{ kg/m} < 100 \text{ kg/m}$.

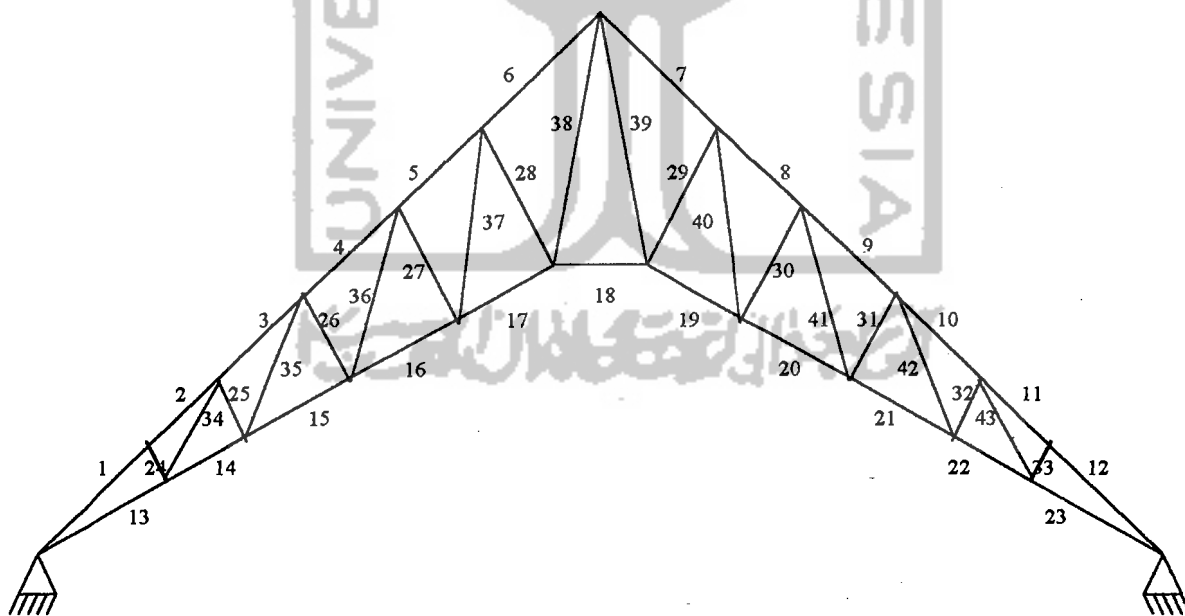
4.1.3 Analisa Rangka Atap Tipe Pratt

Hal yang perlu diperhatikan dalam input data untuk program Microfeap adalah sebagai berikut :

1. jumlah join / node data ; $N = 23$,
2. jumlah elemen ; $E = 43$,
3. koordinat join, pembebanan, dan profil yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 6.

Untuk lebih jelasnya, hasil program Microfeap ini dapat dilihat pada lampiran 6.

Penomoran elemen dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Penomoran elemen rangka batang tipe Pratt

1. Kontrol Perencanaan Batang

a. Batang Tekan

1). Profil 2L 60.60.6

Data profil :

$$\text{berat} = 10,84 \text{ kg/m}$$

$$A = 13,82 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,82 \text{ cm}$$

Profil ini digunakan pada elemen 1 sampai 5, elemen 8 sampai 12, elemen 14 sampai 22, elemen 38 dan 39 dengan data gaya terbesar adalah sebagai berikut: $P = -8540,9 \text{ kg}$

$$L = 217,57 \text{ cm}$$

$$f_a = 618,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{f_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,099$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{217,57}{1,82} = 119,54 < 200$$

$$\frac{Kl}{r} < C_c, \text{ maka } F_a = \frac{F_y}{FS} \left[1 - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}{2 \cdot C_c^2} \right]$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)}{C_c} - \frac{1}{8} \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^3}{C_c^3}$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{119,54}{126,009} - \frac{1}{8} \frac{(119,54)^3}{(126,009)^3} = 1,916$$

$$Fa = \frac{36}{1,916} \left[1 - \frac{(119,54)^2}{2 \cdot (126,009)^2} \right]$$

$$Fa = 10,346 \text{ Ksi}$$

$$Fa = 713,389 \text{ kg/cm}^2 > fa = 618,01 \text{ Kg/cm}^2$$

Kelangsingan pada batang terpanjang yang menggunakan profil ini yaitu elemen nomor 38 dan 39 .

$$L = 314,18 \text{ cm}$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{314,18}{1,82} = 172,626 < 200$$

2). Profil 2L 50.50.5

Data profil :

$$\text{Berat} = 7,54 \text{ kg/m}$$

$$A = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Batang yang menggunakan profil ini adalah elemen 24 sampai dengan elemen 33. Data batang terpanjang yang mengalami gaya batang maksimum adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{maks}} = -2101,7 \text{ kg}$$

$$L = 188,97 \text{ cm}$$

$$fa = 218,93 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{188,97}{1,51} = 125,15 < 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{I_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,099$$

$$\frac{Kl}{r} < C_c, \text{ sehingga } F_a = \frac{I_y}{FS} \left[1 - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}{2 \cdot C_c^2} \right]$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)}{C_c} - \frac{1}{8} \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^3}{C_c^3}$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{125,15}{126,099} - \frac{1}{8} \frac{(125,15)^3}{(126,099)^3}$$

$$FS = 1,917$$

$$F_a = \frac{36}{1,917} \left[1 - \frac{(125,15)^2}{2 \cdot (126,099)^2} \right]$$

$$F_a = 9,53 \text{ Ksi}$$

$$F_a = 657,1259 \text{ kg/cm}^2 > f_a = 218,93 \text{ Kg/cm}^2$$

b. Batang Tarik

1). Profil 2L 60.60.6

Data profil :

$$\bullet \text{ berat} = 10,84 \text{ kg/m}$$

$$A = 13,82 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,82 \text{ cm}$$

Elemen batang yang menggunakan profil ini antara lain elemen 6,7,13, dan 23. Pengecekan dilakukan pada batang terpanjang yang mengalami gaya maksimum yaitu :

$$P = 1193,5 \text{ kg}$$

$$L = 217,57 \text{ cm}$$

$$f_a = 114,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 58 \text{ Ksi} = 3999,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_t = 0,6 \cdot F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ Ksi} = 1489,32 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_t = 0,5 \cdot F_u = 0,5 \cdot 58 = 29 \text{ Ksi} = 1999,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{217,57}{1,82} = 119,54 < 300$$

$$A_n = A_{br} - n(D + 0,3175) \cdot t$$

$$A_n = 13,82 - 2(1,27 + 0,3175) \cdot 0,6 = 11,915 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 0,85 \cdot A_n = 10,1278 \text{ cm}^2$$

$$P_{ijin} = 0,5 \cdot F_u \cdot A_e = 1999,55 \cdot 10,1278 = 20250,942 \text{ kg (menentukan)}$$

$$P_{ijin} = 0,6 \cdot F_y \cdot A_b = 1489,32 \cdot 13,82 = 20582,402 \text{ kg}$$

$$\text{Kapasitas ijin} = 20250,942 \text{ kg} > 1993,5 \text{ kg}$$

2). Profil 2L 50.50.5

Data profil :

$$\text{berat} = 7,54 \text{ kg /m}$$

$$A = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Elemen batang yang menggunakan profil ini antara lain elemen 34 sampai

43. Pengecekan dilakukan pada batang terpanjang yang mengalami gaya

maksimum yaitu :

$$P = 2840,7 \text{ kg}$$

$$L = 287,57 \text{ cm}$$

$$f_a = 295,91 \text{ kg / cm}^2$$

$$F_u = 58 \text{ Ksi} = 3999,1 \text{ kg / cm}^2$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{287,57}{1,51} = 190,44 < 300$$

$$F_t = 0,6 \cdot F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ Ksi} = 1489,32 \text{ kg / cm}^2$$

$$F_u = 0,5 \cdot F_u = 0,5 \cdot 58 = 29 \text{ Ksi} = 1999,55 \text{ kg / cm}^2$$

$$A_n = A_{br} - n(D + 0,3175) \cdot t$$

$$A_n = 9,6 - 2(1,27 + 0,3175) \cdot 0,6 = 8,0125 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 0,85 \cdot A_n = 6,811 \text{ cm}^2$$

$$P_{ijin} = 0,5 \cdot F_u \cdot A_e = 1999,55 \cdot 6,811 = 13\,618,185 \text{ kg (menentukan)}$$

$$P_{ijin} = 0,6 \cdot F_y \cdot A_b = 1489,32 \cdot 9,6 = 14\,297,472 \text{ kg}$$

$$\text{Kapasitas ijin} = 13\,618,185 \text{ kg} > 2840,7 \text{ kg}$$

2. Penggunaan Alat Sambung Baut

Beban yang dipindahkan antar batang disalurkan melalui sambungan antar batang-batang tersebut. Alat sambung untuk memindahkan beban tersebut direncanakan menggunakan baut tipe A325 berdiameter 1/2 inchi dengan kekuatan yang dapat didukung oleh satu baut ($P_{l \text{ baut}}$) sebesar 3057,03 kg, sedangkan las hanya digunakan sebagai perkuatan saja pada hubungan pelat sambung dengan profil yang disambung. Besarnya baut yang dibutuhkan oleh masing-masing batang ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Daftar Jumlah Baut Tiap Batang pada Rangka Atap Tipe Howe

No. Elemen	Jumlah baut $n = P / P_{l \text{ baut}}$
1,2,11,12,17,18, dan 19	3
3 s.d. 16	2
20 s.d. 43	2
Jumlah total kebutuhan baut	194

3. Kontrol Lentutan

$$\Delta = \sqrt{\Delta H^2 + \Delta V^2}$$

$$\Delta = \sqrt{0,257 + 0,495} = 0,867 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{ ijin} = \frac{L}{360} = \frac{2000}{360} = 5,56 \text{ cm} > 0,867 \text{ cm}$$

4. Kontrol Berat Kuda-Kuda

Tabel 4.5 Berat kuda-kuda tipe Pratt

Batang (elemen)	Profil	Berat profil kg/m	Panjang batang (m)	Berat kg
1 s.d. 23	2L 60.60.6	10,84	48,9698	530,833
24 s.d.37	2L 50.50.5	7,54	16,2625	122,619
38 s.d.39	2L 60.60.6	10,84	6,2836	68,114
40 s.d. 43	2L 50.50.5	7,54	10,2236	77,086
				$\Sigma=798,652$

$$\text{Berat kuda-kuda} = 798,652 \text{ kg}$$

$$\text{Berat baut + plat sambung} = 20\% \cdot \text{berat kuda-kuda} = 159,73 \text{ kg} + 958,382 \text{ kg}$$

$$\text{Berat satuan kuda-kuda} = \frac{958,382}{20} = 47,919 \text{ kg/m} < 100 \text{ kg/m.}$$

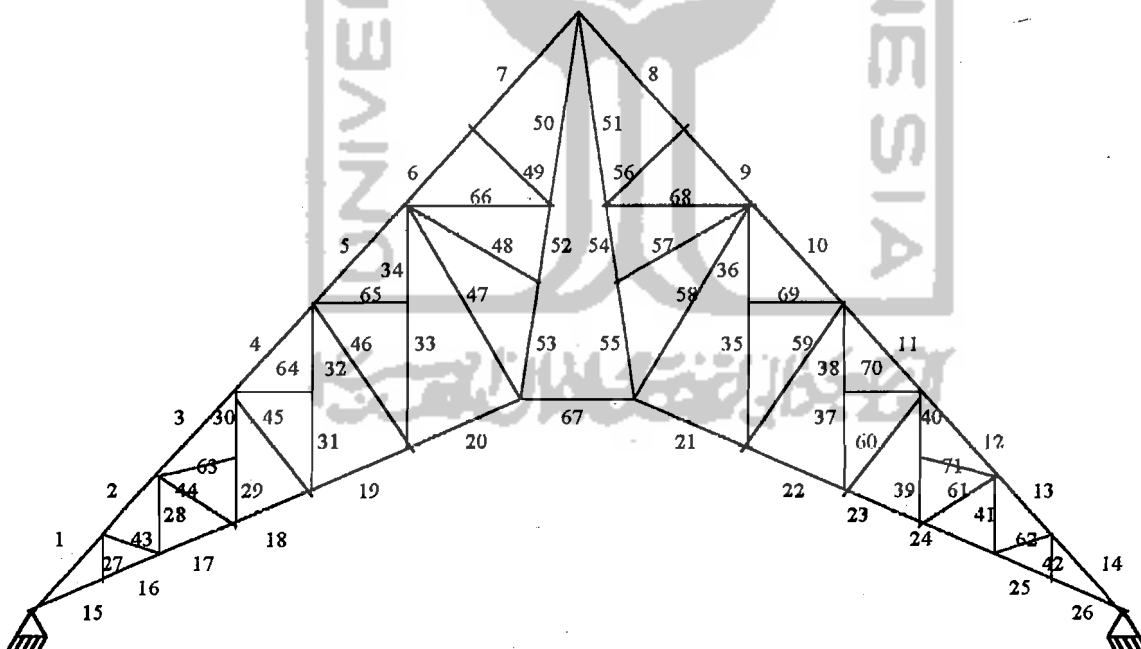
4.1.4 Analisa Rangka Atap Tipe Polonceau

Hal yang perlu diperhatikan dalam input data untuk program Microfeap adalah sebagai berikut :

1. jumlah join / node data ; $N = 37$,
2. jumlah elemen ; $E = 71$,
3. koordinat join, pembebanan, dan profil yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 7.

Untuk lebih jelasnya, hasil program Microfeap ini dapat dilihat pada lampiran 7.

Penomoran elemen dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Penomoran elemen rangka batang tipe Polonceau

1. Kontrol Perencanaan Batang

a. Batang Tekan

1). Profil 2L 60.60.6

Data profil :

$$\text{berat} = 10,84 \text{ kg/m}$$

$$A = 13,82 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,82 \text{ cm}$$

Profil ini digunakan pada elemen 1 sampai dengan 14, elemen 47, dan elemen

58 dengan data gaya terbesar adalah sebagai berikut : $P = -7711,4 \text{ kg}$

$$L = 195,88 \text{ cm}$$

$$f_a = 557,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{195,88}{1,82} = 107,626 < 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{f_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,099$$

$$\frac{Kl}{r} < C_c, \text{ maka } F_a = \frac{F_y}{FS} \left[1 - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}{2 \cdot C_c^2} \right]$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)}{C_c} - \frac{1}{8} \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^3}{C_c^3}$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{107,626}{126,099} - \frac{1(107,626)^3}{8(126,099)^3}$$

$$FS = 1,909$$

$$Fa = \frac{36}{1,909} \left[1 - \frac{(107,626)^2}{2.(126,099)^2} \right]$$

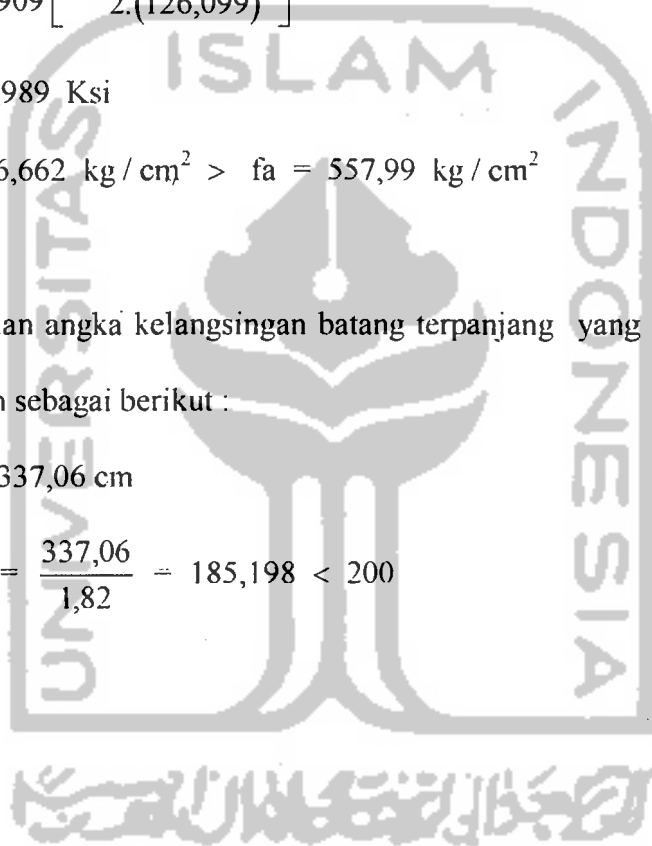
$$Fa = 11,989 \text{ Ksi}$$

$$Fa = 826,662 \text{ kg/cm}^2 > fa = 557,99 \text{ kg/cm}^2$$

Pengecekan angka kelangsingan batang terpanjang yang menggunakan profil ini adalah sebagai berikut :

$$L = 337,06 \text{ cm}$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{337,06}{1,82} = 185,198 < 200$$



2). Profil 2L 50.50.5

Data profil :

$$\text{Berat} = 7,54 \text{ kg / m}$$

$$A = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Batang yang menggunakan profil ini adalah elemen 15 sampai 26, elemen 43 sampai 49, elemen 56 sampai 62, 64, 65,67 dan elemen 70. Data batang terpanjang yang mengalami gaya batang maksimum adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{maks}} = -5019 \text{ kg}$$

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$f_a = -522,81 \text{ kg / cm}^2$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{200}{1,51} = 132,45 < 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,099$$

$$\frac{Kl}{r} > C_c, \text{ sehingga } F_a = \frac{\pi^2 \cdot E}{1,92 \cdot \left(\frac{Kl}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 29000}{1,92 \cdot \left(\frac{200}{1,51}\right)^2} = 8,498 \text{ Ksi}$$

$$F_a = 585,937 \text{ kg / cm}^2 > f_a = 522,81 \text{ kg / cm}^2$$

b. Batang Tarik

1). Profil 2L 50.50.5

Data profil :

$$w = \text{berat} = 7,54 \text{ kg/m}$$

$$A = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Elemen batang yang menggunakan profil ini antara lain elemen 27 sampai 42, 50 sampai 55, 63, 66, 68,69 dan elemen 71. Pengecekan dilakukan pada batang yang mengalami gaya maksimum yaitu :

$$P = 1795,8 \text{ kg}$$

$$L = 178,24 \text{ cm}$$

$$f_a = 187,06 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 58 \text{ Ksi} = 3999,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{178,24}{1,51} = 118,04 < 300$$

$$F_t = 0,6 \cdot F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ Ksi} = 1489,32 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_t = 0,5 \cdot F_u = 0,5 \cdot 58 = 29 \text{ Ksi} = 1999,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_n = A_{br} - n(D + 0,3175) \cdot t$$

$$A_n = 9,6 - 2(1,27 + 0,3175) \cdot 0,5$$

$$A_n = 8,0125 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 0,85 \cdot A_n = 6,811 \text{ cm}^2$$

$$P_{ijin} = 0,5 \cdot F_u \cdot A_e = 1999,55 \cdot 6,811 = 13\,618,18 \text{ kg (menentukan)}$$

$$P_{ijin} = 0,6 \cdot F_y \cdot A_b = 1489,32 \cdot 9,6 = 14\,297,472 \text{ kg}$$

$$\text{Kapasitas ijin} = 13\,618,18 \text{ kg} > 1795,8 \text{ kg}$$

Pengecekan angka kelangsingan batang terpanjang yang menggunakan profil

ini adalah sebagai berikut :

$$L = 220,07 \text{ cm}$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{220,07}{1,51} = 145,74 < 300$$

2. Penggunaan Alat Sambung Baut

Analog pada perencanaan sebelumnya bahwa alat sambung untuk memindahkan beban antar batang direncanakan menggunakan baut tipe A325 berdiameter 1/2 inchi dengan kekuatan yang dapat didukung oleh satu baut ($P_{1 \text{ baut}}$) sebesar 3057,03 kg, sedangkan sambungan las antara pelat sambung dengan profil yang disambung hanya ditujukan sebagai penguat saja. Besarnya baut yang dibutuhkan oleh masing-masing batang ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Daftar Jumlah Baut Tiap Batang pada Rangka Atap Tipe Polonceau

No. Elemen	Jumlah baut $n = P/P_{1 \text{ baut}}$
1,2,13, dan 14	3
3, 11 s.d. 71	2
Jumlah kebutuhan baut	272

3. Kontrol Lendutan

$$\Delta = \sqrt{\Delta H^2 + \Delta V^2}$$

$$\Delta = \sqrt{0,0228 + 0,1595} = 0,427 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{ ijin} = \frac{L}{360} = \frac{2000}{360} = 5,56 \text{ cm} > 0,427 \text{ cm}$$

4. Kontrol Berat Kuda-Kuda

Tabel 4.7 Berat rangka atap tipe Polonceau

Batang (elemen)	Profil	Berat profil kg/m	Panjang batang (m)	Berat kg
1 s.d. 14	2L60.60.6	10,84	26,108	283,011
15 s.d.46	2L 50.50.5	7,54	48,732	367,439
47 dan 58	2L 60.60.6	10,84	6,7412	73,075
48 s.d. 57	2L 50.50.5	7,54	17,1743	129,494
59 s.d. 71	2L 50.50.5	7,54	23,8125	179,546
				$\Sigma=1032,565$

Berat kuda-kuda = 1032,565 kg

Berat baut + plat sambung = 20% . berat kuda-kuda = 206,513 kg

1239,078 kg

Berat satuan kuda-kuda = $\frac{1239,078}{20} = 61,954 \text{ kg/m} < 100 \text{ kg/m}$.

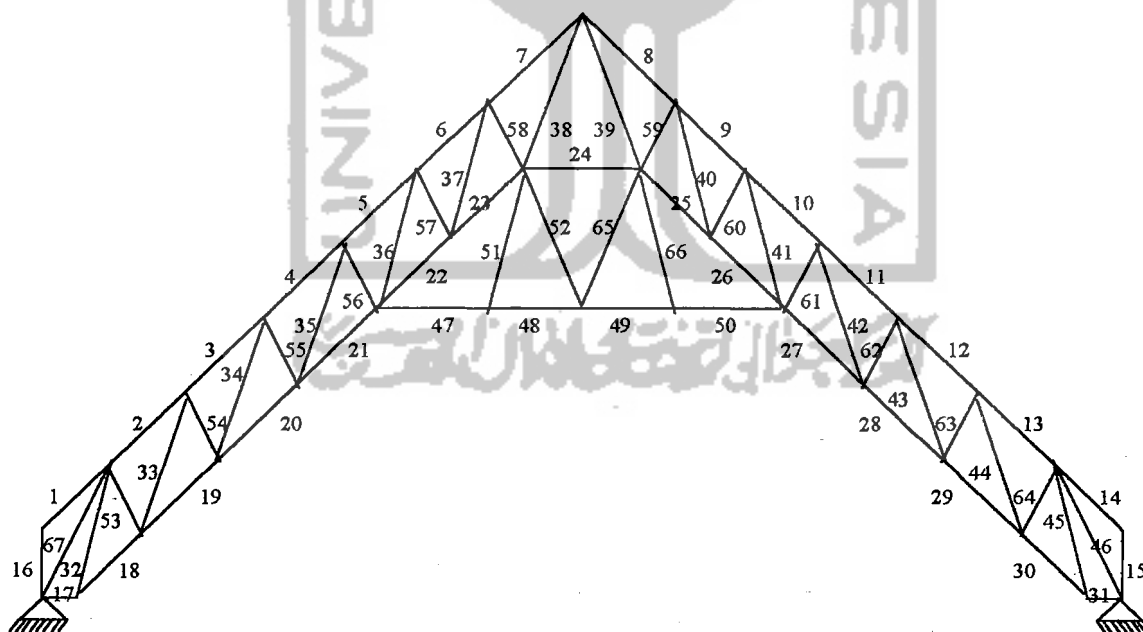
4.1.5 Analisa Rangka Atap Batang Ganda Tipe Pratt

Hal yang perlu diperhatikan dalam input data untuk program Microfeap adalah sebagai berikut :

1. jumlah join / node data ; $N = 34$,
2. jumlah elemen ; $E = 67$,
3. koordinat join, pembebanan, dan profil yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 8.

Untuk lebih jelasnya, hasil program Microfeap ini dapat dilihat pada lampiran 8.

Penomoran elemen dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Penomoran elemen rangka batang ganda tipe Pratt

1. Kontrol Perencanaan Batang

a. Batang Tekan

1). Profil 2L 60.60.6

Data profil :

$$\text{berat} = 10,84 \text{ kg/m}$$

$$A = 13,82 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,82 \text{ cm}$$

Profil ini digunakan pada elemen 1 sampai 14, 46, dan elemen 67 . Data batang terpanjang yang mengalami gaya maksimum adalah sebagai berikut :

$$P = -6708,9 \text{ kg}$$

$$L = 252,47 \text{ cm}$$

$$f_a = 485,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{252,47}{1,82} = 138,720 < 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,099$$

$$\frac{Kl}{r} > C_c, \text{ maka } F_a = \frac{\pi^2 E}{1,92 \left(\frac{Kl}{r}\right)^2}$$

$$F_a = \frac{\pi^2 \cdot 29000}{1,92 \cdot (138,720)^2}$$

$$F_a = 7,747 \text{ Ksi} = 534,173 \text{ kg/cm}^2 > 485,45 \text{ kg/cm}^2$$

2). Profil 2L 50.50.5

Data profil :

$$\text{Berat} = 7,54 \text{ kg / m}$$

$$A = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Batang yang menggunakan profil ini adalah elemen 15 sampai 31,33,44, elemen 47 sampai 50, dan elemen 54 sampai 63. Data batang yang mengalami

gaya batang maksimum adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{maks}} = -2369 \text{ kg}$$

$$L = 173,98 \text{ cm}$$

$$f_a = 246,77 \text{ kg / cm}^2$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{173,98}{1,51} = 115,218 < 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{f_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,099$$

$$\frac{KL}{r} < C_c, \text{ sehingga } F_a = \frac{F_y}{FS} \left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2 \cdot C_c^2} \right]$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)}{C_c} - \frac{1}{8} \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^3}{C_c^3}$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{115,218}{126,099} - \frac{1}{8} \frac{(115,218)^3}{(126,099)^3}$$

$$FS = 1,914$$

$$Fa = \frac{36}{1,914} \left[1 - \frac{(115,218)^2}{2 \cdot (126,099)^2} \right]$$

$$Fa = 10,957 \text{ Ksi}$$

$$Fa = 755,510 \text{ kg/cm}^2 > fa = 246,770 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol kelangsingan pada batang terpanjang yang menggunakan profil ini yaitu:

$$L \text{ maksimum} = 216,49 \text{ cm}$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{216,49}{1,51} = 143,371 < 200$$



b. Batang Tarik

1). Profil 2L 50.50.5

Data profil :

$$\bullet \text{ berat} = 7,54 \text{ kg/m}$$

$$A = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Elemen batang yang menggunakan profil ini antara lain elemen 32,34 sampai 43, 45, elemen 51 sampai 53, elemen 64 sampai 66. Pengecekan dilakukan pada batang yang mengalami gaya maksimum yaitu :

$$P = 1431,5 \text{ kg}$$

$$L = 216,49 \text{ cm}$$

$$f_a = 149,11 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 58 \text{ Ksi} = 3999,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{216,63}{1,21} = 179,03 < 300$$

$$F_t = 0,6. F_y = 0,6. 36 = 21,6 \text{ Ksi} = 1489,32 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_t = 0,5. F_u = 0,5. 58 = 29 \text{ Ksi} = 1999,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_n = A_{br} - n(D + 0,3175). t$$

$$A_n = 9,6 - 2(1,27 + 0,3175). 0,5$$

$$A_n = 8,0125 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 0,85 \cdot A_n = 6,8106 \text{ cm}^2$$

$$P_{ijin} = 0,5 \cdot F_u \cdot A_e = 1999,55 \cdot 6,8106 = 13\,618,1852 \text{ kg}$$

$$P_{ijin} = 0,6 \cdot F_y \cdot A_b = 1489,32 \cdot 9,6 = 14\,297,72 \text{ kg}$$

$$\text{Kapasitas ijin} = 13\,618,1852 \text{ kg} > 1431,5 \text{ kg}$$

Kontrol kelangsingan batang terpanjang yang menggunakan profil ini adalah sebagai berikut :

$$L_{maksimum} = 261,85 \text{ cm}$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{261,85}{1,51} = 173,41 < 300$$



2. Penggunaan Alat Sambung Baut

Beban yang dipindahkan antar batang disalurkan melalui sambungan antar batang-batang tersebut. Alat sambung untuk memindahkan beban tersebut direncanakan menggunakan baut tipe A325 berdiameter 1/2 inchi. Kekuatan yang mampu didukung oleh satu baut ($P_{1 \text{ baut}}$) sebesar 3057,03 kg. Besarnya baut yang dibutuhkan oleh masing-masing batang ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Daftar jumlah baut tiap batang pada rangka batang ganda tipe Pratt

No. Elemen	Jumlah baut $n = P / P_{1 \text{ baut}}$
1 s.d. 45, 47 s.d. 66	2
46 dan 67	3
Jumlah kebutuhan baut	272

3. Kontrol Lendutan

$$\Delta = \sqrt{\Delta H^2 + \Delta V}$$

$$\Delta = \sqrt{0,0061 + 0,0715} = 0,278 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{ ijin} = \frac{L}{360} = \frac{2000}{360} = 5,56 \text{ cm} > 0,278 \text{ cm}$$

4. Kontrol Berat Kuda-Kuda

Tabel 4.9 Berat Kuda-Kuda Batang Ganda Tipe Pratt

Batang • (elemen)	Profil	Berat profil kg/m	Panjang batang (m)	Berat kg
1 s.d. 14,	2L 60.60.6	10,84	26,1080	283,008
15 s.d. 45	2L 50.50.5	7,54	57,4716	433,336
47 s.d. 66	2L 50.50.5	7,54	31,9787	241,119
46 , 67	2L 60.60.6	10,84	5,0494	54,735
				$\Sigma = 1012,198$

Berat kuda-kuda = 1012,198 kg

Berat baut + plat sambung = 20% . berat kuda-kuda = $\frac{202,440 \text{ kg}}{1214,638 \text{ kg}}$ +

Berat satuan kuda-kuda = $\frac{1214,638}{20} = 60,732 \text{ kg/m} < 100 \text{ kg/m}$.

4.2 Perencanaan Gording

Pemasangan gording untuk semua tipe rangka atap direncanakan diatas titik buhul pada bidang atas rangka atap. Hal ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan.

Gording Rangka Atap Tipe 1

Rangka atap tipe 1 yaitu tipe rangka yang digunakan pada gedung laboratorium Fakultas Teknik Industri UII menggunakan gording tipe C 150.65.20.3,2 dengan jarak antar gording (a) sejauh 1,305 m.

Data profil gording tersebut adalah sebagai berikut :

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{berat} = 7,51 \text{ kg/m}$$

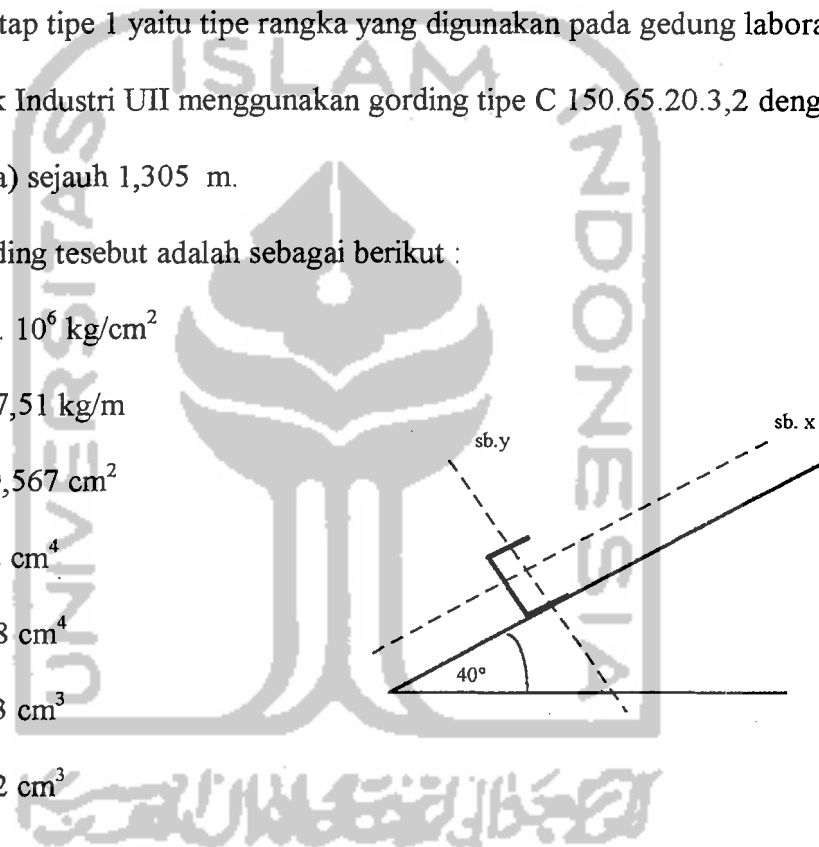
$$\text{luas} = 9,567 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 332 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 53,8 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 44,3 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 12,2 \text{ cm}^3$$



4.2.1 Perhitungan beban

1. Beban mati yang bekerja pada gording :

$$\text{berat gording} = 7,51 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{berat genteng dengan reng dan usuk} = 50 \cdot 1,305 = 65,250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{berat beban mati total (q total)} = 7,51 + 65,250 = 72,760 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban angin yang diperhitungkan

Berdasarkan PPI 1983, untuk gedung tertutup penuh dengan sudut kemiringan lebih kecil dari 65° akan bekerja angin tekan dan angin isap pada arah tegak lurus bidang atas atap bangunan yang ditinjau. Besarnya koefisien angin ditentukan sebagai berikut :

$$c_1 = \text{koefisien angin tekan} = 0,02 \alpha - 0,4 = 0,02 \cdot 40 - 0,4 = 0,4$$

$$c_2 = \text{koefisien angin isap} = -0,4$$

Namun demikian beban angin yang diperhitungkan dalam mendimensi gording hanyalah beban angin tekan saja.

$$Q_x = \text{tidak ada}$$

$$\begin{aligned} Q_y &= \text{beban angin yang bekerja tegak lurus bidang atap} = w \cdot a \cdot c_1 \\ &= 50 \cdot 1,305 \cdot 0,4 \\ &= 26,1 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

3. Beban tidak terduga

Beban ini diasumsikan sebagai beban terpusat yang berasal dari seorang pekerja (P) dengan peralatannya guna perbaikan dan pemeliharaan.

$$P = 100 \text{ kg}$$

4.2.2 Kontrol tegangan yang terjadi

Beban - beban di atas dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Beban searah sumbu y

a. Beban mati

$$q_y = 72,760 \text{ Cos } 40^\circ = 55,737 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= 1/8 \cdot q_y \cdot b^2 \\
 &= 1/8 \cdot 55,737 \cdot 4^2 \\
 &= 111,474 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

b. Beban angin

$$\begin{aligned}
 Q_y &= 26,1 \text{ kg/m}^2 \\
 M_x &= 1/8 \cdot Q_y \cdot b^2 \\
 &= 1/8 \cdot 26,1 \cdot 4^2 \\
 &= 52,2 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

c. Beban tak terduga

$$\begin{aligned}
 P_y &= 100 \text{ Cos } 40^\circ = 76,604 \text{ kg} \\
 M_x &= 1/4 \cdot P \text{ Cos } 40^\circ \cdot b \\
 &= 1/4 \cdot 100 \text{ Cos } 40^\circ \cdot 4 \\
 &= 76,604 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$M_x \text{ total} = 111,474 + 52,2 + 76,604 = 240,278 \text{ kg.m}$$

$$f_x = \text{tegangannya arah } x = \frac{M_x}{S_x} = \frac{24027,8}{44,3} = 542,388 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_x}{0,66 \cdot F_y} = \frac{542,388}{0,66 \cdot 2482,2} = 0,3311$$

2. Beban searah sumbu x

Dipakai penggantung gording (“sag rods”) pada tengah bentang kuda-kuda.

a. Beban mati

$$q_x = 72,760 \text{ Sin } 40^\circ = 46,769 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= 1/8 \cdot q_x \cdot \left(\frac{b}{2}\right)^2 \\
 &= 1/8 \cdot 47,252 \cdot \left(\frac{4}{2}\right)^2 \\
 &= 23,626 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

2. Beban angin

$$Q_x = 0 \text{ (tidak ada beban angin yang bekerja)}$$

3. Beban tak terduga :

$$P_x = 100 \sin 40^\circ = 64,278 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= \frac{1}{4} \cdot P \cdot \sin 40^\circ \cdot \frac{b}{2} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 100 \sin 40^\circ \cdot \frac{4}{2} \\
 &= 32,139 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$M_y \text{ total} = 23,626 + 32,139 = 55,765 \text{ kg.m}$$

$$f_y = \text{tegangan arah y} = \frac{M_y}{S_y} = \frac{5576,5}{12,2} = 457,090 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{0,75 \cdot F_y} = \frac{457,090}{0,75 \cdot 2482,2} = 0,2455$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan total} &= \frac{f_{bx}}{0,66 \cdot F_y} + \frac{f_{by}}{0,75 \cdot F_y} \\
 &= 0,3326 + 0,2455 \\
 &= 0,5781 < 1
 \end{aligned}$$

4.2.3 Kontrol lendutan

$$\begin{aligned} \text{Lendutan arah sumbu } x = \Delta x &= \frac{5 \cdot q_x \cdot \left(\frac{b}{2}\right)^4}{384 \cdot E \cdot I_y} + \frac{P_x \cdot \left(\frac{b}{2}\right)^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \\ &= \frac{5 \times 0,46769 \times 200^4}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 53,8} + \frac{64,278 \times 200^3}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 53,8} \\ &= 0,18106 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan arah } y = \Delta y &= \frac{5 \cdot q_y \cdot b^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P_y \cdot b^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \\ &= \frac{5 \times 0,55737 \times 400^4}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 332} + \frac{76,604 \times 400^3}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 332} \\ &= 0,41298 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan total} &= \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \\ &= \sqrt{0,18106^2 + 0,41298^2} \\ &= 0,4509 \text{ cm} < \frac{l}{360} = 1,1 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi profil C 150.65.20.3,2 aman digunakan sebagai gording.

Perencanaan dimensi gording untuk rangka atap lainnya analog dengan perhitungan diatas dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.10.



Tabel 4.10 Kontrol Tegangan pada Pemakaian Gording

Tipe rangka atap	Profil gording	Jarak gording (meter)	Mx kg.m	My kg.m	$\frac{f_x}{0,66 \cdot f_y} + \frac{f_y}{0,75 \cdot f_y}$	Keterangan
II	C.150.65.20.3,2	2,176	342,308	69,5845	0,7781	aman digunakan
III	C.150.65.20.3,2	2,176	342,308	69,5845	0,7781	aman digunakan
IV	C.150.50.20.3,2	1,959	315,389	65,7920	0,9463	aman digunakan
V	C.150.50.20.3,2	1,901	308,626	65,8600	0,9294	aman digunakan

Tabel 4.11 Lendutan pada Penggunaan Gording

Tipe rangka atap	Ix cm ⁴	Iy cm ⁴	Δx cm	Δy cm	Δ total cm	Keterangan
II	332	53,8	0,2329	0,5732	0,6187	Δ total < 1,1 cm
III	332	53,8	0,2329	0,5732	0,6187	Δ total < 1,1 cm
IV	280	28,3	0,4162	0,6284	0,7537	Δ total < 1,1 cm
V	280	28,3	0,4097	0,6158	0,7396	Δ total < 1,1 cm

4.3 Pembahasan

Analisa dari kelima macam rangka atap baja seperti yang telah diuraikan pada bab terdahulu membuktikan bahwa rangka atap tipe I memiliki berat yang lebih besar dibandingkan dengan tipe rangka yang lain. Hal ini terlihat pada besarnya volume material rangka yang diperlukan beserta berat alat sambungnya.

Dari tabel 4.12 terlihat bahwa jumlah pemakaian baut pada rangka atap tipe I mencapai 508 buah baut berdiameter 5/8 inci. Berat baut dan pelat sambung ini memberikan kontribusi yang cukup besar (31,91 %) pada berat rangka secara keseluruhan. Kondisi ini terjadi karena dengan bentuk rangka tersebut akan memberikan lebih banyak join sambungan sehingga diperlukan baut dan pelat sambung yang lebih banyak pula.

Penggunaan profil pada rangka atap tipe I sebenarnya dapat digunakan dimensi profil yang lebih kecil dari yang dipakai sekarang. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan program Microfeap, gaya batang yang terjadi pada beberapa bagian rangka sangat aman menggunakan dimensi tersebut. Besarnya dimensi profil yang digunakan akan sangat mempengaruhi berat keseluruhan rangka atap tersebut.

Pada bentuk rangka atap tipe II sampai V, volume material yang digunakan jauh lebih kecil dibanding dengan rangka atap tipe I. Jumlah penggunaan alat sambung juga relatif sedikit, meskipun prosentase berat alat sambung pada rangka atap tipe IV dan V lebih besar dari rangka tipe I, namun berat total kuda-kuda masih dibawah berat taksiran pada perhitungan awal. Berat pemakaian alat sambung pada rangka atap tipe IV mencapai 45,59 % berat kuda-kuda. Hal ini terjadi karena bentuk

rangka tidak sesederhana bentuk lainnya. Distribusi penyaluran gaya yang terjadi juga kurang merata. Terdapat sejumlah batang mengalami gaya yang sangat kecil sehingga penggunaannya kurang ekonomis.

Dilihat secara sepintas bentuk rangka atap tipe II akan memerlukan berat lebih besar dibanding rangka tipe III yang mempunyai bentuk rangka lebih ramping. Namun demikian dalam penggunaan alat sambung, berdasarkan perhitungan terdahulu maka rangka tipe II memerlukan alat sambung sedikit lebih kecil dibanding kebutuhan alat sambung pada rangka tipe III.

Tabel 4.12 Berat Kuda-Kuda dari Masing-Masing Tipe Rangka Atap Baja

Jenis rangka	Tipe I	Tipe II	Tipe III	Tipe IV	Tipe V
Volume material profil rangka atap (cm^3)	279.961	123.956	106.866	131.528	128.933
Prosentase volume material profil rangka atap terhadap rangka tipe I (%)	100	44,28	38,17	46,98	46,05
Jumlah kebutuhan baut	508 \varnothing 5/8 "	188 \varnothing 1/2 "	194 \varnothing 1/2 "	272 \varnothing 1/2 "	272 \varnothing 1/2 "
Berat baut (kg)	60,960	13,160	13,580	19,600	19,040
Berat pelat sambung (kg)	662,697	163,55	165,24	421,152	278,670
Berat baut dan pelat sambung (kg)	723,657	176,71	178,82	470,752	297,71
Berat profil rangka atap (kg)	2.263,774	973,150	798,652	1032,565	1012,198
Prosentase berat pelat dan alat sambung terhadap berat profil rangka atap	31,91 %	18,16 %	22,39 %	45,59 %	29,41 %
Berat total rangka atap (kg)	2.987,431	1.149,86	977,472	1.503,317	1.309,908
Prosentase berat total terhadap rangka atap tipe I	100 %	38,49 %	32,72 %	50,32 %	43,85 %