

BAB IV

PERENCANAAN ATAP GANTUNG

4.1 Tinjauan Umum

Pembangunan suatu proyek memerlukan perencanaan sesuai dengan kriteria-kriteria tertentu. Kriteria yang dimaksud berupa standar spesifikasi proyek yang diperoleh dari suatu kajian pustaka baik dalam bentuk buku pedoman perencanaan maupun berupa makalah.

Hasil dari perencanaan berupa pemakaian kriteria yang diterapkan untuk mengadakan evaluasi dan analisa data. Namun demikian, hasil perencanaan tersebut tidak sepenuhnya sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga perlu dilaksanakan perencanaan lebih lanjut dengan memberikan asumsi-asumsi yang lebih sesuai dengan kondisi di lapangan.

4.2 Geometri Struktur

Model struktur yang digunakan dalam analisis struktur ini, antara lain :

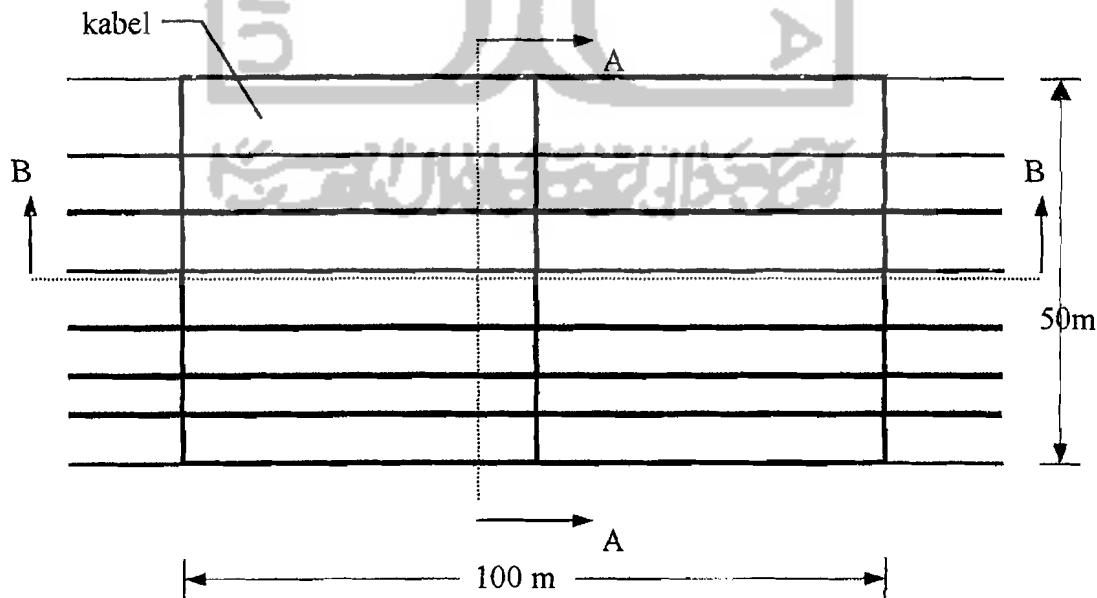
1. Konstruksi rangka baja.
2. Konstruksi bagian atas dipakai konstruksi *Cable Suspended* jenis kabel penggantung tanpa rangka pengaku.
3. Lebar bentang atap (L) = 100 meter

4. Sudut kemiringan atap (α) = 10^0
5. Berat atap (profil U650 Sanko Boltless Seaming System, tebal 0,70 mm)
(lihat: lampiran B) = $8,87 \text{ kg/m}^2$
6. Lebar $\frac{1}{2}$ bentangan atas (La) = 50,77 meter
7. Jarak kuda-kuda = 5 meter.
8. Mutu baja konstruksi = A36 (=250 Mpa = 2500 kg/cm^2)
9. Mutu baut dan plat sambung = A42 (=290 Mpa = 2900 kg/cm^2)
10. Tipe dinding = Tertutup penuh
11. Gaya tiup angin (lampiran C) = 11 knot = $11.1,852 = 20,372 \text{ km/jam}$

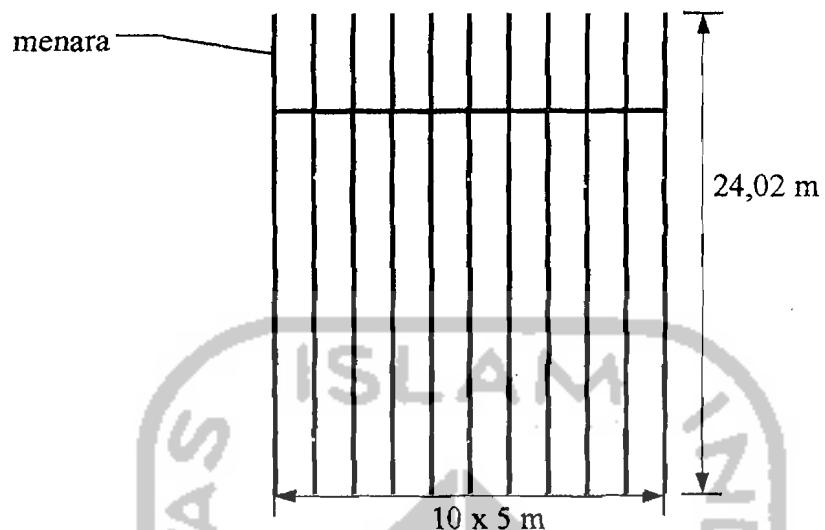
(sumber: TNI AU Dinas Navigasi Udara, Stasion Adisutjipto)

Bangunan hanggar dengan lebar bentang 100 m dan lebar gedung 50 m dibangun dengan menggunakan atap gantung, yang ditunjang oleh balok dan kolom.

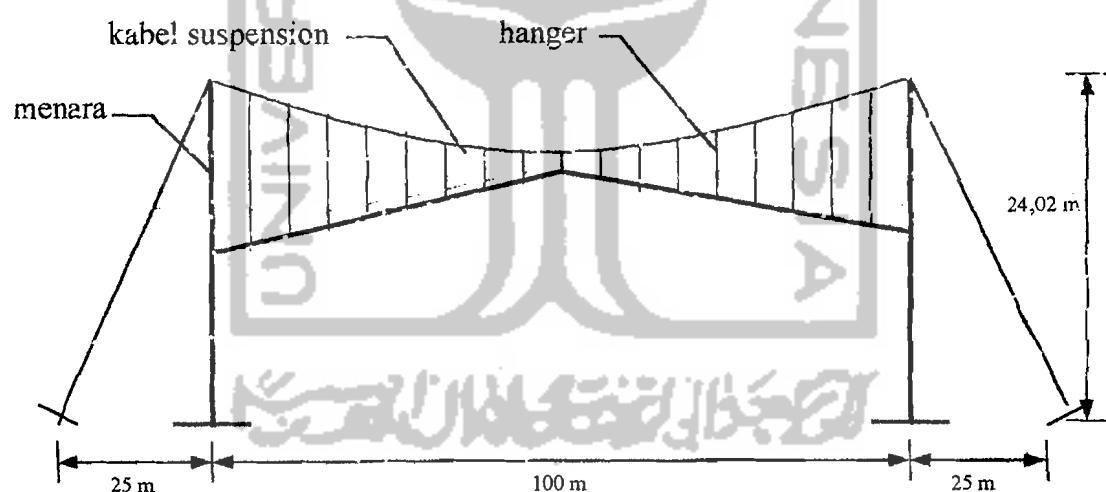
Denah atap, balok dan kolom diperlihatkan pada gambar berikut ini :



Gambar 4.1 Denah Atap



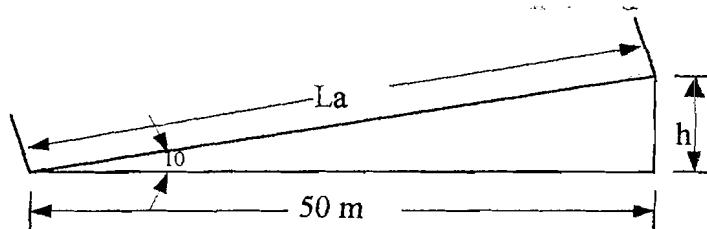
Gambar 4.2 Potongan A - A



Gambar 4.3 Potongan B – B



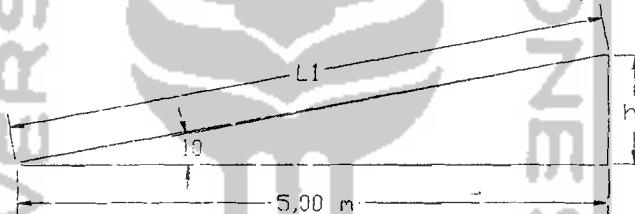
4.3 Perencanaan Gording



Gambar 4.4 Setengah bentang kuda-kuda

$$\cos \alpha = \frac{50}{La} \Leftrightarrow \cos 10^\circ = \frac{50}{La}$$

$$La = 50,7713 \text{ m}$$



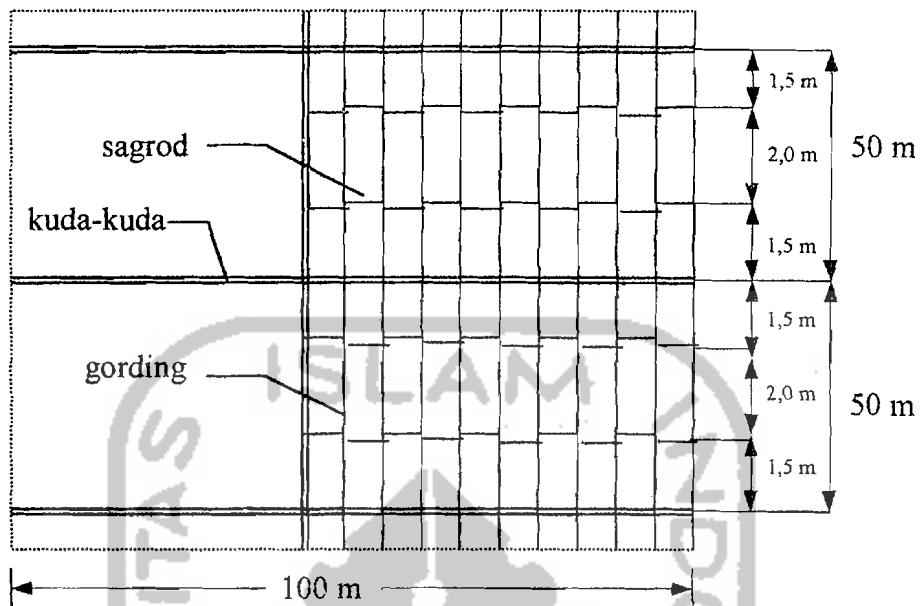
Gambar 4.5 Perhitungan jarak antar gording

$$L_1 \cdot \cos 10^\circ = 5$$

$$L_1 = 5,0773 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah gording} = \frac{La}{\text{Jarak antar gording}} = \frac{50,7731}{5,0773} = 10 + 1 = 11$$

Jadi jarak La = $10 \cdot 5,0773 = 50,7730 \text{ m.}$



Gambar 4.6 Desain atap

Perhitungan beban-beban :

a. Pembebanan gording akibat beban mati :

- 1). Akibat berat sendiri gording dipakai $C_{18} = 22,0 \text{ kg/m}$
- 2). Akibat berat atap $= 8,87 \text{ kg/m}^2 \cdot 5,077 \text{ m} = 45,03 \text{ kg/m}$

$$\sum Q_{\text{total}} = 67,03 \text{ kg/m}$$

b. Pembebanan gording akibat beban hidup :

Akibat beban pekerja

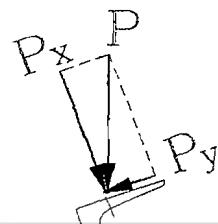
$$P = 100 \text{ kg}$$

c. Mekanika gording

1). Beban pada arah sumbu x

$$Q_x = Q_{\text{tot}} \cdot \cos \alpha = 67,03 \cdot \cos 10^\circ, \quad P_x = P \cdot \cos \alpha = 100 \cdot \cos 10^\circ$$

$$= 66,01 \text{ kg/m} \quad = 98,48 \text{ kg}$$

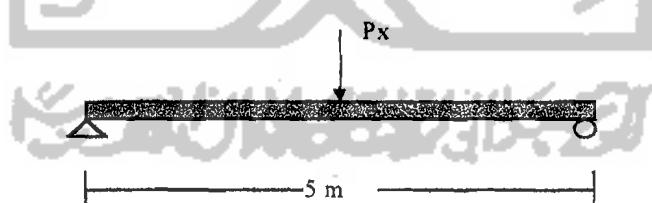


Gambar 4.7 Mekanika gording

2). Beban pada arah sumbu y

$$Q_y = Q_{\text{tot}} \cdot \sin \alpha = 67,03 \cdot \sin 10^\circ, \quad P_y = P \cdot \sin \alpha = 100 \cdot \sin 10^\circ \\ = 11,63 \text{ kg/m} \quad = 17,36 \text{ kg}$$

d. Perhitungan momen \perp bidang atap.

Gambar 4.8 Mekanika momen \perp bidang atap

$$M_x = \frac{1}{8} \cdot Q_x \cdot L^2 + \frac{1}{4} \cdot P_x \cdot L = \frac{1}{8} \cdot 66,01 \cdot 5^2 + \frac{1}{4} \cdot 98,48 \cdot 5 = 329,39 \text{ kgm.}$$

e. Perhitungan momen // bidang atap

Dicoba menggunakan :

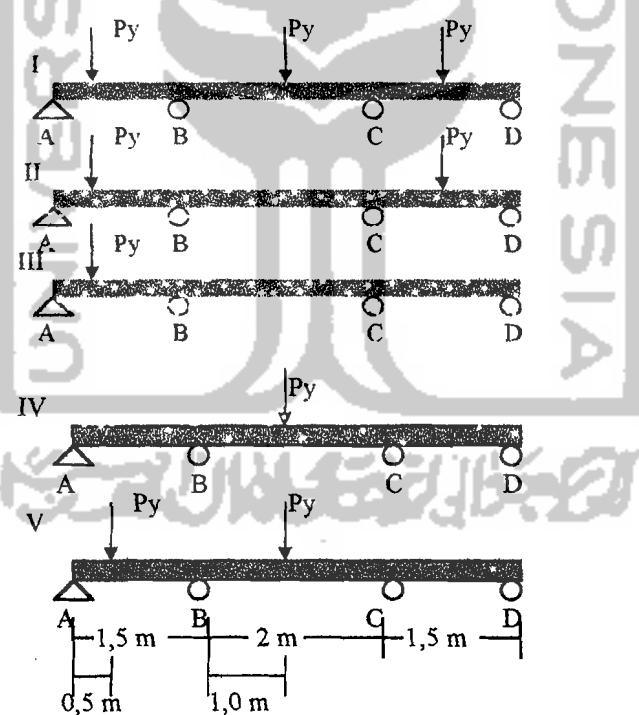
Profil kanal C18, dengan section properties, sebagai berikut :

$$W = 22,0 \text{ kg/m}$$

$$S_x = 22,4 \text{ cm}^3 \quad S_y = 150 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 114 \text{ cm}^4 \quad I_y = 1350 \text{ cm}^4$$

Dengan menggunakan program aplikasi SAP90 (lampiran A-1), di coba kombinasi peneimpatan beban sehingga diperoleh momen terbesar, sebagai berikut :



Gambar 4.9 Kombinasi pembebaan dan mekanika momen // bidang atap

Kombinasi I : $M_y = 7,769 \text{ kgm}$

Kombinasi IV : $M_y = 7,998 \text{ kgm}$

Kombinasi II : $M_y = 5,566 \text{ kgm}$

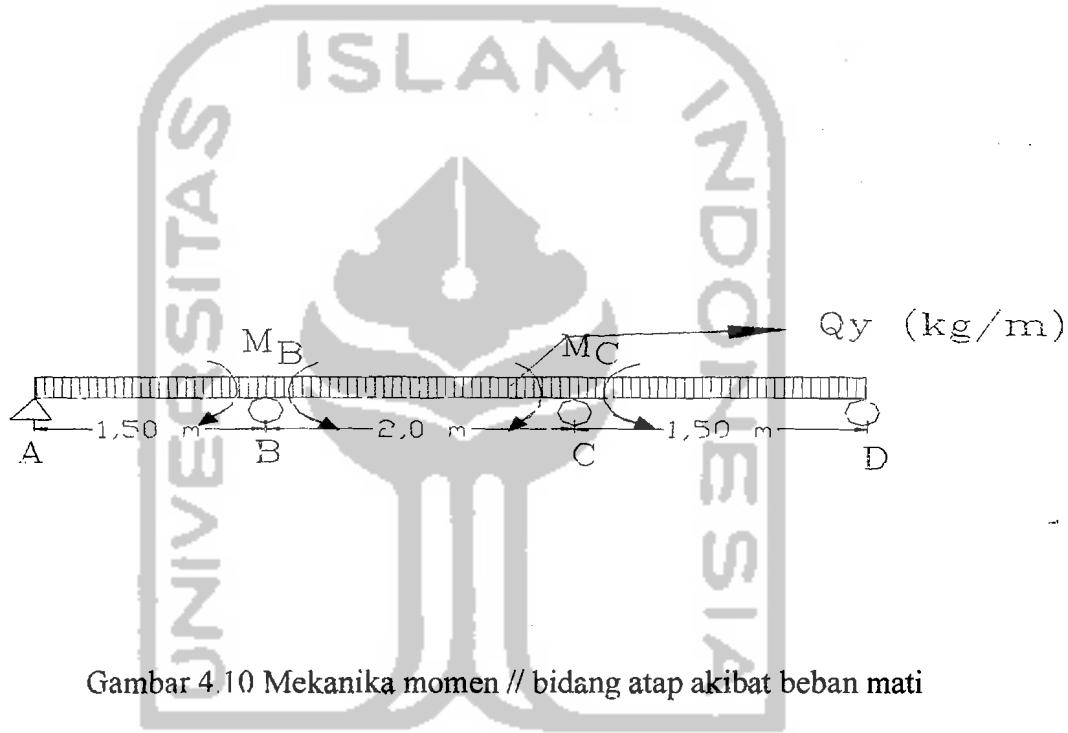
Kombinasi V : $M_y = 8,236 \text{ kgm}$

Kombinasi III : $M_y = 5,450 \text{ kgm}$

Jadi kombinasi V yang paling menentukan.

Sebagai kontrol terhadap perletakan kombinasi yang paling menentukan di atas, dapat pula dilakukan dengan menggunakan metode Clapeyron, sebagai berikut ini :

- 1) akibat beban mati



Gambar 4.10 Mekanika momen // bidang atap akibat beban mati

Diketahui $Q_y = 11,63 \text{ kg/m}^2$

Prinsip penggunaan metode Clapeyron pada konstruksi batang datar, yaitu *sudut belahan yang terjadi karena adanya muatan sama dengan sudut belahan yang terjadi karena momen reaksi*.

Oleh karena itu, langkah-langkah untuk menghitung konstruksi diatas, sebagai berikut :

- a) Karena muatan :

$$\alpha_{b1} + \alpha_{b2} = \frac{q \cdot L_1^3}{24 \cdot EI} + \frac{q \cdot L_2^3}{24 \cdot EI}$$

$$= \frac{11,63 \cdot 1,5^3}{24 \cdot EI} + \frac{11,63 \cdot 2,0^3}{24 \cdot EI} = \frac{132,29}{24 \cdot EI} \quad \dots \dots \dots \text{a}$$

$$\alpha_{c1} + \alpha_{c2} = \frac{q \cdot L_1^3}{24EI} + \frac{q \cdot L_2^3}{24EI}$$

$$= \frac{11,63.2,0^3}{24.EI} + \frac{11,63.1,5^3}{24.EI} = \frac{132,29}{24.EI} \quad \dots \dots \dots \text{b}$$

b) Karen momen

$$M_B \Rightarrow \beta_{b1} + \beta_{b2} = \frac{M_B \cdot L_1}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot L_2}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot L_2}{6 \cdot EI}$$

$$= \frac{M_B \cdot 1,5}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot 2,0}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot 2,0}{6 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_B}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_C}{6 \cdot EI} \dots c$$

$$M_C \Rightarrow \beta_{c1} + \beta_{c2} = \frac{M_C \cdot L_1}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot L_2}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot L_2}{6 \cdot EI}$$

$$= \frac{M_C \cdot 1,5}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot 2,0}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot 2,0}{6 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_C}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_B}{6 \cdot EI} \quad \dots \dots d$$

Substitusi persamaan a dan c, serta b dan d, diperoleh :

$$\frac{132,29}{24 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_B}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_C}{6 \cdot EI} \Rightarrow \frac{132,29}{24 \cdot EI} = \frac{28 \cdot M_B}{24 \cdot EI} + \frac{8 \cdot M_C}{24 \cdot EI} \quad (\text{dikali 8}) \dots \dots \dots e$$

$$\frac{132,29}{24.EI} = \frac{3,5.M_C}{3.EI} + \frac{2.M_B}{6.EI} \Rightarrow \frac{132,29}{24.EI} = \frac{28.M_C}{24.EI} + \frac{8.M_B}{24.EI} \text{ (dikali 28)} \dots\dots\dots f$$

Dari persamaan e dan f :

$$1058,32 = 224 \cdot M_B + 64 \cdot M_C$$

$$3704,12 = 224 \cdot M_B + 784 \cdot M_C$$

$$- 2645,8 = - 720 \cdot M_C$$

$$M_C = 3,675 \text{ kgm}$$

Nilai M_C dimasukkan kedalam persamaan e, diperoleh :

$$64.3,675 + 224.M_B = 1058,32 \Rightarrow M_B = 3,675 \text{ kgm}$$

Sedangkan nilai M_{\max} dari antar dukungan :

$$M_{\max 1} = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot L_1^2 = \frac{1}{8} \cdot 11,63 \cdot 1,5^2 = 3,27 \text{ kgm}$$

$$M_{\max 2} = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot L_2^2 = \frac{1}{8} \cdot 11,63 \cdot 2,0^2 = 5,815 \text{ kgm}$$

Reaksi yang terjadi di tiap dukungan :

$$R_A = (0,5.1,5.11,63) - \frac{M_B}{1,5} = 8,7225 - \frac{3,675}{1,5} = 6,2725 \text{ kg}$$

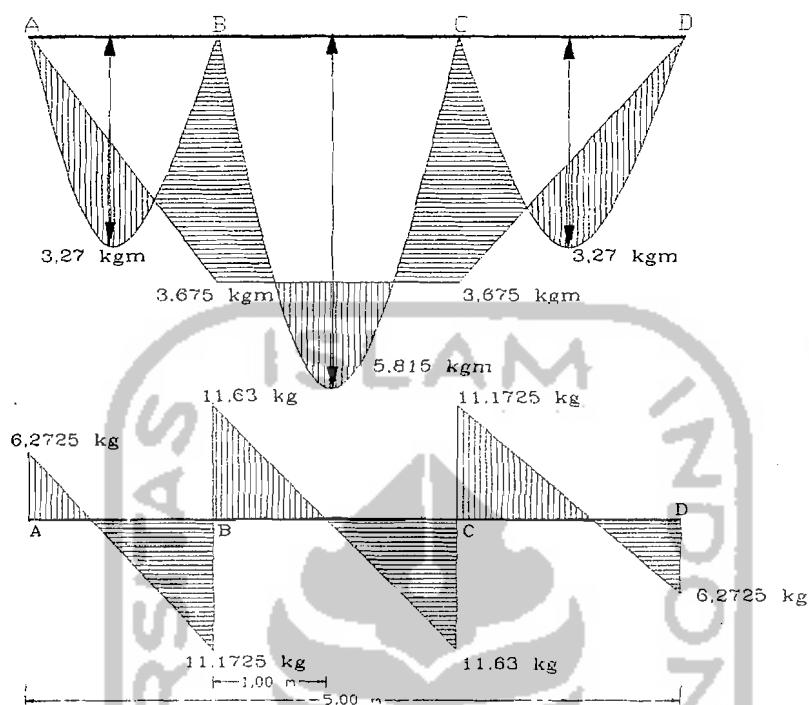
$$\begin{aligned} R_B &= (0,5.1,5.11,63) + (0,5.2.11,63) + \frac{M_B}{1,5} + \frac{M_B}{2} - \frac{M_C}{2} \\ &= 8,7225 + 11,63 + \frac{3,675}{1,5} + \frac{3,675}{2} - \frac{3,675}{2} = 22,8025 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_C &= (0,5.2.11,63) + (0,5.1,5.11,63) - \frac{M_B}{2} + \frac{M_C}{1,5} + \frac{M_C}{2} \\ &= 11,63 + 8,7225 - \frac{3,675}{2} + \frac{3,675}{1,5} + \frac{3,675}{2} = 22,8025 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_D = (0,5.1,5.11,63) - \frac{M_C}{1,5} = 8,7225 - \frac{3,675}{1,5} = 6,2725 \text{ kg}$$

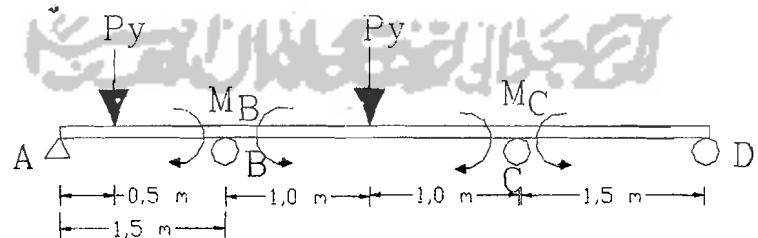
Dari perhitungan di atas, dapat digambar bidang BMD dan SFD seperti pada gambar 4.11. Sedangkan dari gambar 4.11.b tersebut, pada bentang AB dan CD diperoleh M_{\max} terletak pada jarak (ditinjau dari titik A dan titik D);

$$\frac{x}{1,5-x} = \frac{6,2725}{11,1725} \Rightarrow 11,1725 \cdot x = 9,41 - 6,2725 \cdot x \Rightarrow x = 0,53 \text{ m} \approx 0,50 \text{ m}$$



Gambar 4.11 Gambar BiMD dan SFD

2) Akibat beban hidup



Gambar 4.12 Mekanika momen akibat beban hidup

Diketahui : $P_y = 17,36 \text{ kg}$

Langkah-langkah perhitungan, sama seperti sebelumnya, sebagai berikut :

a) Karena muatan

$$\alpha_{c1} + \alpha_{c2} = \frac{P \cdot L^2}{16 \cdot EI} + 0 = \frac{17,36,2^2}{16 \cdot EI} = \frac{4,34}{EI} \dots \dots \dots b$$

b) Karen momen

$$M_B \Rightarrow \beta_{b1} + \beta_{b2} = \frac{M_B \cdot L_1}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot L_2}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot L_2}{6 \cdot EI}$$

$$= \frac{M_B \cdot 1,5}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot 2,0}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot 2,0}{6 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_B}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_C}{6 \cdot EI} \dots \dots c$$

$$M_C \Rightarrow \beta_{c1} + \beta_{c2} = \frac{M_c \cdot L_1}{3 \cdot EI} + \frac{M_c \cdot L_2}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot L_2}{6 \cdot EI}$$

$$= \frac{M_c \cdot 1,5}{3 \cdot EI} + \frac{M_c \cdot 2,0}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot 2,0}{6 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_c}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_B}{6 \cdot EI} \dots \dots d$$

Substitusi persamaan a dan c, serta b dan d, diperoleh :

$$\frac{4,34}{EI} = \frac{3,5.M_C}{3EI} + \frac{2.M_B}{6EI} \Rightarrow \frac{26,04}{6} = \frac{2.M_B}{6.EI} + \frac{7.M_C}{6.EI} \quad (\text{dikali } 7) \dots\dots\dots f$$

Dari persamaan e dan f :

$$75,24 = 14.M_B + 4.M_C$$

$$182,28 = 14.M_B + 49.M_C$$

$$\underline{- 107,04 = - 45.M_C}$$

$$M_C = 2,38 \text{ kgm}$$

Nilai M_C dimasukkan kedalam persamaan e, diperoleh :

$$75,24 = 14.M_B + 4.2,38$$

$$M_B = 4,70 \text{ kgm}$$

Sedangkan nilai M_{\max} dari antar dukungan :

$$M_{\max 1} = R_A \cdot 0,5 = \left(\frac{17,36 \cdot 1}{1,5} \right) \cdot 0,5 = 5,7850 \text{ kgm}$$

$$M_{\max 2} = \frac{1}{4} \cdot P \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 17,36 \cdot 1,5 = 6,51 \text{ kgm}$$

Reaksi yang terjadi di tiap dukungan :

$$R_A = \left(\frac{17,36 \cdot 1}{1,5} \right) \cdot \frac{M_B}{1,5} = 11,57 - \frac{4,70}{1,5} = 8,44 \text{ kg}$$

$$R_B = \left(\frac{17,36 \cdot 0,5}{1,5} \right) + 0,5 \cdot 17,36 + \frac{M_B}{1,5} + \frac{M_B}{2} - \frac{M_C}{2}$$

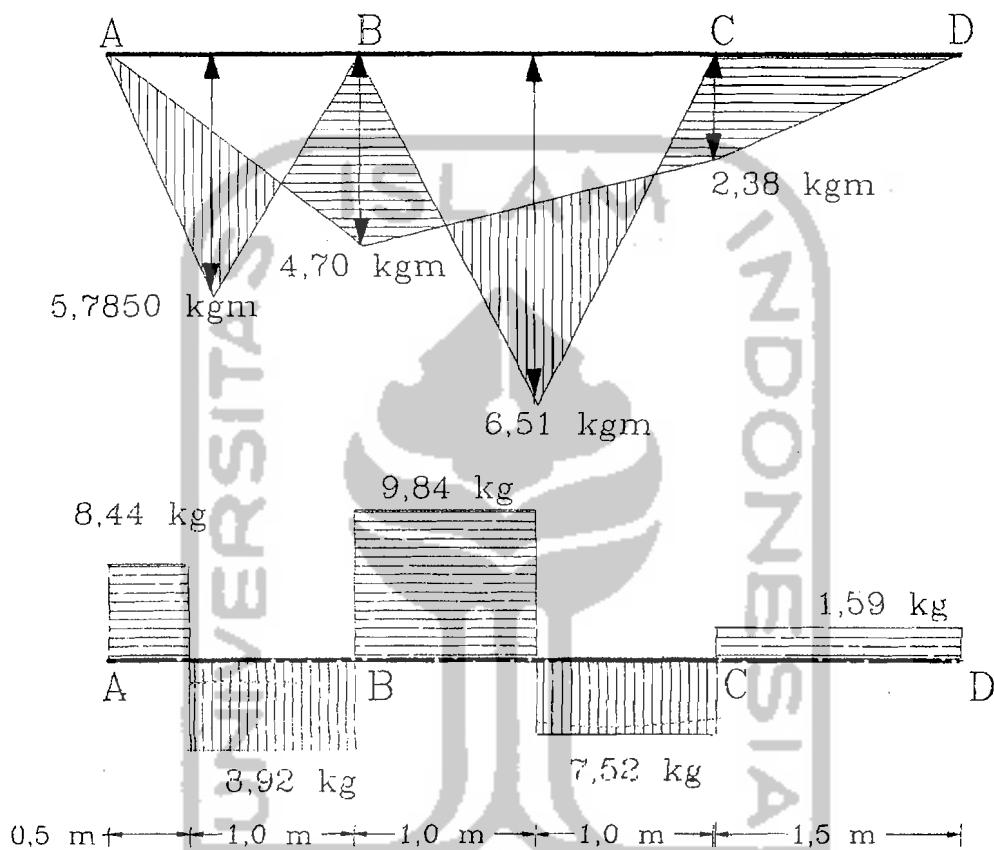
$$= 5,79 + 8,68 + \frac{4,70}{1,5} + \frac{4,70}{2} - \frac{2,38}{2} = 18,76 \text{ kg}$$

$$R_C = 17,36 \cdot 0,5 + 0 - \frac{M_B}{2} + \frac{M_C}{1,5} + \frac{M_C}{2}$$

$$= 8,68 + 0 - \frac{4,70}{2} + \frac{2,38}{1,5} + \frac{2,38}{2} = 9,11 \text{ kg}$$

$$R_D = 0 - \frac{M_C}{1,5} = - \frac{2,38}{1,5} = - 1,59 \text{ kg}$$

Dari perhitungan diatas, dapat digambar bidang BMD dan SFD, sebagai berikut:



Gambar 4.13 Gambar BMD dan SFD

Dari kedua jenis perhitungan diatas, disuperposisikan sehingga di peroleh nilai momen dan reaksi terbesar, sebagai berikut :

$$M_Y = 3,675 + 4,70 = 8,375 \text{ kgm} \sim M_Y = 8,24 \text{ kgm} \text{ (hasil dari SAP90)}$$

$$R_B = 22,8025 + 18,76 = 41,5625 \text{ kg} \sim R_B = 41,4128 \text{ kg} \text{ (hasil dari SAP90)}$$

Dengan demikian, hasil pengolahan aplikasi SAP90 dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

f. Kontrol tegangan

$$\frac{f_{bx}}{0,66 \cdot F_y} + \frac{f_{by}}{0,75 \cdot F_y} < 1$$

$$f_{bx} = \frac{M_x}{S_x} = \frac{329,39 \cdot 10^2}{22,4} = 1470,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{by} = \frac{M_y}{S_y} = \frac{8,236 \cdot 10^2}{150} = 5,50 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{bx}}{0,66 \cdot F_y} + \frac{f_{by}}{0,75 \cdot F_y} < 1 \Leftrightarrow \frac{1470,5}{0,66 \cdot 2500} + \frac{5,50}{0,75 \cdot 2500} < 1$$

$$0,89 + 0,0029 < 1$$

$$0,8929 < 1 \text{ OK...}$$

g. Kontrol lendutan

$$\delta_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_x \cdot L^4}{E \cdot I_y} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_x \cdot L^3}{E \cdot I_y}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{66,01 \cdot 10^{-2} \cdot 500^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 1350} + \frac{1}{48} \cdot \frac{98,48 \cdot 500^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 1350}$$

$$= 0,1895 + 0,0905 = 0,28 \text{ cm}$$

$$\delta_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_y \cdot b^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y \cdot b^3}{E \cdot I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{11,63 \cdot 10^{-2} \cdot 200^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 114} + \frac{1}{48} \cdot \frac{17,36 \cdot 200^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 114}$$

$$= 0,01 + 0,0121 = 0,0221 \text{ cm}$$

Syarat : $\sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \leq \frac{L}{360}$

$$\sqrt{0,28^2 + 0,0221^2} \leq \frac{500}{360}$$

$$0,28 \leq 1,39 \quad \text{AMAN...}$$

Jadi profil C18 aman untuk gording.

4.4 Perencanaan Sagrod

Pembebatan rencana sagrod diambil dari perhitungan SAP90 kombinasi V, dengan reaksi tumpuan di B, yaitu $R = 41,4128 \text{ kg}$

Gording yang digunakan terdapat 11 buah, maka

$$T = 11.R = 11.41,4128 = 455,54 \text{ kg}$$

Menentukan luas tampang sagrod yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_{\text{sagrod}} &= \frac{T \cdot \sin \alpha}{0,33 \cdot F_u} = \frac{T \cdot \sin \alpha}{0,33 \cdot 1,5 \cdot F_y} \\ &= \frac{455,54 \cdot \sin 10^0}{0,33 \cdot 1,5 \cdot 2500} \\ &= 0,0639 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{sagrod}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0639}{\pi}} = 0,2852 \text{ cm}$$

$$D = D_n + 1 \text{ mm} = 0,2852 + 0,1 = 0,3852 \text{ cm}$$

Dicoba sagrod $\varnothing 1/2'' (= 1,27 \text{ cm})$

$$A_s' = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 1,27^2 = 1,27 \text{ cm}^2 > A_{\text{sagrod}} = 0,3852 \text{ cm}^2 \quad \text{OK..}$$

4.5 Perencanaan Tierod

Reaksi yang didukung oleh tierod, adalah

$$T = 11.R = 11.41,4128 = 455,54 \text{ kg}$$

Menentukan luas tampang tierod yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{\text{tierod}} &= \frac{T \cdot \cos \alpha}{0,33 \cdot F_u} = \frac{T \cdot \cos \alpha}{0,33 \cdot 1,5 \cdot F_y} \\
 &= \frac{455,54 \cdot \cos 10^0}{0,33 \cdot 1,5 \cdot 2500} \\
 &= 0,3625 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{tierod}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,3625}{\pi}} = 0,6794 \text{ cm}$$

$$D = D_n + 1 \text{ mm} = 0,6794 + 0,1 = 0,7794 \text{ cm}$$

Dicoba tierod $\varnothing 1/2''$ ($= 1,27 \text{ cm}$)

$$A_t' = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 1,27^2 = 1,27 \text{ cm}^2 > A_{\text{tierod}} = 0,7794 \text{ cm}^2 \text{ OK..}$$

4.6 Perhitungan Kabel

4.6.1 Perhitungan sag kabel

$$f = \frac{1}{20} \cdot L = \frac{1}{20} \cdot 100 = 5 \text{ m}$$

$$n = \frac{f}{L} = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ m}$$

Jarak angkur ke kolom = $0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ m}$

$$\tan \alpha_1 = \frac{L}{L_1} = \frac{24,02}{25} = 0,96$$

$$\alpha_1 = 43,83^\circ$$

$$\sec \alpha_1^3 = 2,66$$

4.6.2 Perhitungan koordinat kabel

Koordinat kabel di hitung berdasarkan persamaan :

$$y = \frac{4 \cdot f \cdot x}{L^2} (L - x) \quad (4.1)$$

Nilai $f = 5 \text{ m}$ dan $L = 100 \text{ m}$ di masukkan ke persamaan (4.1), diperoleh :

$$y = \frac{4 \cdot 5 \cdot x}{100^2} \cdot (100 - x) \Leftrightarrow y = 0,20 \cdot x - 0,0020 \cdot x^2$$

Dengan memasukkan nilai x akan diperoleh harga y (besar sag kabel), sebagai berikut :

Tabel 4.1. Daftar panjang sag kabel tiap join

No.	X	Y	No.	X	Y
1	0.00	0.00	12	50.00	5.00
2	5.00	0.95	13	55.00	4.95
3	10.00	1.80	14	60.00	4.80

4	15.00	2.55	15	65.00	4.55
5	20.00	3.20	16	70.00	4.20
6	25.00	3.75	17	75.00	3.75
7	30.00	4.20	18	80.00	3.20
8	35.00	4.55	19	85.00	2.55
9	40.00	4.80	20	90.00	1.80
10	45.00	4.95	21	95.00	0.95
11	50.00	5.00	22	100.00	0.00

4.7 Perhitungan Diameter Kabel Penggantung

4.7.1 Pembebaan

Perhitungan beban-beban (ditinjau per 1 meter panjang) :

Beban mati :

- a. Akibat berat sendiri gording (dipakai C18)

$$\Leftrightarrow \frac{11 \cdot 22 \cdot 5}{100} = 12,10 \text{ kg/m}$$

- b. Akibat berat atap - $8,87 \text{ kg/m}^2 \cdot 5 \text{ m} = 44,35 \text{ kg/m}$

- c. Kabel penggantung dan lain-lain (ditaksir) = 400 kg/m

- d. Akibat berat sendiri kuda-kuda = 400 kg/m

$$Q_{\text{total}} = 856,45 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

- a. Akibat beban pekerja + alat = $\frac{11.100,5}{100} = 55 \text{ kg/m}$

- b. Akibat air hujan :

$$\text{Tekanan hujan} = 40 - 0,8 \cdot \alpha = 40 - 0,8 \cdot 10^0 = 32 \text{ kg/m}^2 > 20 \text{ kg/m}^2$$

$$\Leftrightarrow \text{dipakai tekanan hujan} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_{\text{air hujan}} = \frac{11.20.5}{100} = 11 \text{ kg/m}$$

$$\sum Q_{\text{b.hidup}} = 66 \text{ kg/m}$$

Beban angin :

Dari data tekanan angin, kecepatan angin rata-rata = 20,372 km/jam = 5,66 m/dt.

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebatan Untuk Rumah dan Gedung (1987), tekanan tiup angin yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan :

$$p = \frac{V^2}{16}$$

dengan, V = kecepatan angin rata-rata (m/det)

$$\text{Sehingga, } p = \frac{5,66^2}{16} = 2,00 \text{ kg/m}^2$$

- a. Akibat angin tekan, $C = 0,02.\alpha - 0,4 = 0,02.10 - 0,4 = -0,2$ (hisap₁)

Beban angin tekan $Q_{\text{a.tekan}} = 0 \text{ kg/m}$

Beban angin hisap₁, $Q_{\text{hisap1}} = -0,2.2,5 = -2,0 \text{ kg/m}$

- b. Akibat angin hisap₂, $C = -0,4$

Beban angin hisap₂, $Q_{\text{hisap2}} = -0,4.2,5 = -4 \text{ kg/m}$

Beban angin hisap di atas atap, $Q_A = Q_{\text{hisap1}} \cdot \cos 10^\circ = 2 \cdot \cos 10^\circ = 1,97 \text{ kg/m}$

Beban angin hisap di atas atap, $Q_B = Q_{\text{hisap2}} \cdot \cos 10^\circ = 4 \cdot \cos 10^\circ = 3,94 \text{ kg/m}$

Beban angin hisap di samping atap, $Q_C = Q_{\text{hisap1}} \cdot \sin 10^\circ$

$$= 2 \cdot \sin 10^\circ = 0,35 \text{ kg/m}$$

Beban angin hisap disamping atap, $Q_D = Q_{\text{hisap2}} \cdot \sin 10^\circ$

$$= 4 \cdot \sin 10^\circ = 0,70 \text{ kg/m}$$

Beban angin dinding datang, $Q_E = 0,9.2,5 = 9 \text{ kg/m}$

Beban angin dinding isap, $Q_F = -0,4 \cdot 2,5 = -4 \text{ kg/m}$

Beban gempa :

Wilayah gempa

: III

Jenis tanah

: keras

Fungsi gedung

: hanggar pesawat terbang janis F28-2000

Jenis konstruksi

: rangka baja

waktu getar alami struktur untuk rangka baja :

$$T = 0,085 \cdot H^{0,75} = 0,085 \cdot 24,02^{0,75} = 0,92 \text{ detik}$$

Dari data PPKGURG 1987 diperoleh :

$$C = 0,05 \quad I = 1,5 \quad K = 1$$

Gaya geser horisontal akibat gempa :

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t$$

$$W_t = Q_{b.mati} + Q_{b.hidup} = 856,45 + 66 = 922,45 \text{ kg/m}$$

$$V = 0,05 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot (922,45 \cdot 100)$$

$$V = 9685,13 \text{ kg}$$

$$\text{Konstrol rasio } \frac{H}{B} = \frac{24,02}{100} = 0,2402 < 3$$

$$\text{Gaya gempa yang terjadi, } F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V$$

Tabel 4.2 Perhitungan gaya gempa

Posisi	h_i (meter)	W_i (kg)	$W_i \cdot h_i$ (kgm)	V (kg)	F (kg)
Menara	24,02	856,45	20571,33	9685,13	6686,11
Kolom	10	922,45	9224,5	9685,13	2998,42
		$\sum W_i \cdot h_i$	29795,83		

4.7.2 Perhitungan Gaya Horisontal

Menurut Steinman (1928), gaya horisontal H akibat beban mati dihitung dengan persamaan :

$$H = \frac{q_d \cdot L^2}{8 \cdot f} = \frac{(856,45) \cdot 100^2}{8 \cdot 5} = 214,1125 \text{ ton}$$

Sedangkan gaya horisontal H akibat akibat beban hidup, dihitung dengan persamaan, sebagai berikut :

$$H = \frac{Q_b \cdot \text{hidup} \cdot L}{5 \cdot N \cdot n}$$

$$\text{dengan, } N = \frac{8}{5} + \frac{3 \cdot I}{A_c \cdot f^2} \left(1 + 8 \cdot n^2 \right) + \frac{6 \cdot I \cdot L^2}{A_c \cdot L \cdot f^2} \cdot \text{Sec}^3 \alpha_1$$

Masukkan nilai properties kabel :

$$d (\text{diameter kabel}) = 2 \frac{5}{8} " = 6,67 \text{ cm}$$

$$A_c (\text{luas irisan kabel}) = 34,94 \text{ cm}^2$$

$$\text{Berat kabel} = 24,215 \text{ kg/m}$$

$$I (\text{inersia profil}) = 3 \cdot 10^4 \text{ cm}^4 (\text{ditaksir})$$

$$f (\text{sag kabel}) = 500 \text{ cm}$$

$$L (\text{bentang utama}) = 10.000 \text{ cm} = 100 \text{ m}$$

$$n = f/L = 500/10000 = 0,05$$

$$t (\text{perubahan suhu}) = 15^\circ \text{C} (\text{ditaksir})$$

$$E_{\text{ot}} = 11720 \text{ lb/in}^2 = 11,72 \text{ ksi} = 80,8094 \text{ Mpa}$$

$$= 808,94 \text{ kg/cm}^2$$

$$N = \frac{8}{5} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^4}{34,94 \cdot 500^2} \left(1 + 8 \cdot 0,05^2 \right) + \frac{6,3 \cdot 10^4 \cdot 2500}{34,94 \cdot 10000 \cdot 500^2} \cdot 2,66$$

$$= 1,6 + 0,0105 + 5,2 \cdot 10^{-3} = 1,62$$

Jadi besarnya gaya H akibat beban hidup terbagi merata, adalah :

$$H = \frac{Q_{b,hidup} \cdot L}{5 \cdot N \cdot n} = \frac{(66) \cdot 100}{5 \cdot 1,62 \cdot 0,05} = 16296,2963 \text{ kg}$$

Gaya horisontal H akibat perubahan temperatur, dihitung dengan persamaan :

$$H_t = -\frac{3 \cdot E \cdot \alpha \cdot t \cdot I \cdot L_t}{f^2 \cdot N \cdot L}$$

$$\frac{L_t}{L} = \left(1 + \frac{8}{3} \cdot n^2 \right) + 2 \cdot \frac{L_1}{L} \cdot \operatorname{Sec} \alpha_1$$

$$= \left(1 + \frac{8}{3} \cdot 0,05^2 \right) + 2 \cdot \frac{25}{100} \cdot \operatorname{Sec} 43,83^\circ = 1,6998$$

Panjang kabel total = $L_t = 100 \cdot 1,6998 = 169,98 \text{ m} \approx 170 \text{ m}$

Maka gaya H_t maksimum adalah :

$$H_t = \frac{808,94 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 1,6998}{500^2 \cdot 1,62} = 0,3060 \text{ ton}$$

Harga H maksimum dari berbagai pembebangan akan didapat dengan menjumlahkan harga-harga H diatas :

$$H_{\max} = H_{b,mati} + H_{b,hidup} + H_{\text{temperatur}}$$

$$= 214,1125 + 16,2963 + 0,3060$$

$$= 230,7148 \text{ ton}$$

Besarnya gaya tarik maksimum pada kabel =

$$T_1 = H_{\max} \cdot \operatorname{Sec} \alpha_1 = 230,7148 \cdot \operatorname{Sec} 43,83^\circ = 319,8164 \text{ ton}$$

Dipakai jenis kabel *Zinc Coated Steel Structural Strand* kelas A, diameter kabel $2\frac{3}{8}$ ",

kekuatan setiap kabel 344 ton (lampiran E). Jumlah kabel yang diperlukan :

$$N = \frac{319,8164}{344} = 0,93 \approx 1 \text{ buah kabel}$$

Berat kabel = $1 \cdot 15,63 \text{ kg/m} = 15,63 \text{ kg/m}$

Jadi penggunaan kabel $\varnothing 2\frac{3}{8}$ " aman untuk konstruksi.

Sedangkan gaya vertikal yang diterima kabel =

$$V_1 = H_{\max} \cdot \tan \alpha_1 = 230,7148 \cdot \tan 43,83^\circ = 221,4795 \text{ kg}$$

Dengan demikian, dapat dihitung pula gaya vertikal yang diterima oleh menara akibat beban kabel : $G = 2 \cdot H \cdot \tan \alpha_1 = 2 \cdot 230,7148 \cdot \tan 43,83^\circ = 442,96 \text{ ton}$

4.8 Perhitungan Dimensi Hanger

Hanger berfungsi menahan gaya tarik akibat beban vertikal yang bekerja antara kabel dan portal.

Beban merata akibat beban mati total = $1,2 \cdot 856,45 \text{ kg/m}$

$$= 1027,74 \text{ kg/m}$$

Lebar bentang = 100 m

Jumlah hanger = 19

Reaksi yang ditahan *hanger*,

$$R_h = \frac{1027,74 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 100 \text{ m}}{19} = 5,41 \text{ ton} = 54,1 \text{ kN} = 12,16 \text{ kips}$$

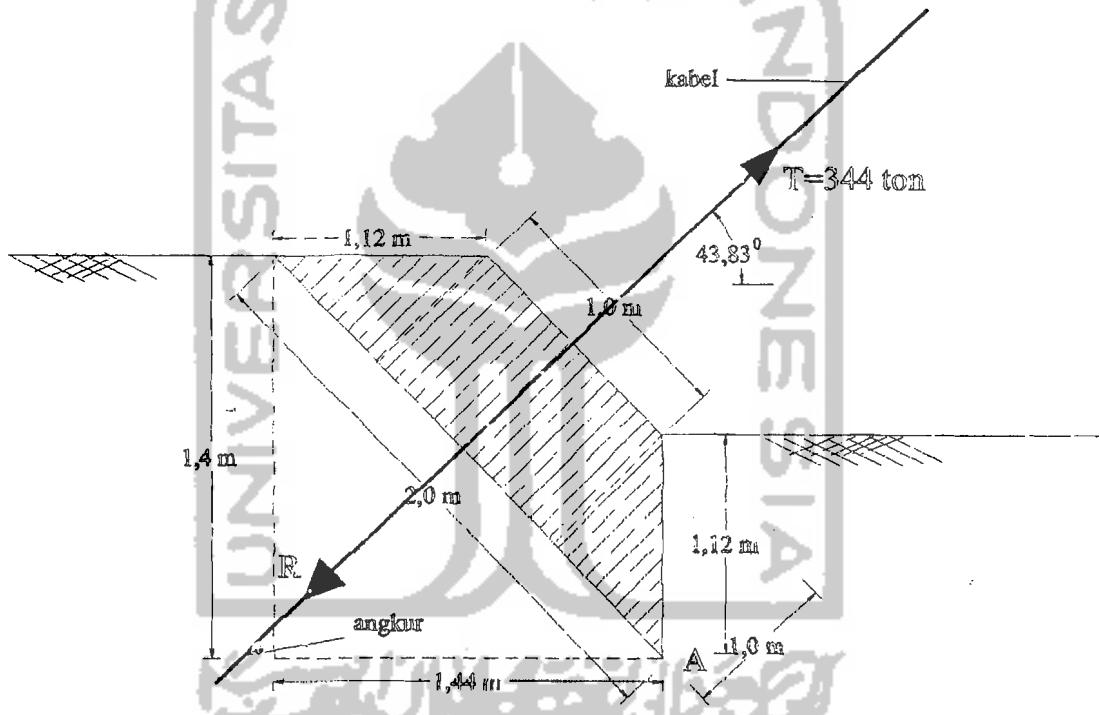
$$F_y = 2500 \text{ kg/m}^2 = 36,25 \text{ ksi}$$

Menentukan luas tampang *hanger* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{\text{hanger}} &= \frac{R_h}{0,33 \cdot F_u} = \frac{R_h}{0,33 \cdot 1,5 \cdot F_y} \\
 &= \frac{12,16}{0,33 \cdot 1,5 \cdot 36,25} \\
 &= 0,6776 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai batang bulat berulir (bar) $\varnothing 1"$, $A_D = 0,785 \text{ in}^2 > A_{\text{hanger}} = 0,6776 \text{ in}^2$ Aman....

4.9. Perencanaan Angkur



Gambar 4.14. Sketsa gaya pada angkur

Dalam tugas akhir ini, angkur direncanakan pada kondisi sebagai berikut :

- perletakan antara kabel dan angkur berada pada pondasi dengan dimensi alas = 2 m x 2 m, dimensi bagian atas 1 m x 1 m dan kedalaman 1 m.
- Berat volume beton = 25 t/m³ dan berat volume tanah = 1,8 t/m³.

c. Digunakan tulangan baja ST SP 37 d3 $\frac{1}{2}$ cm dengan kuat tarik ultimate = 1,0 MN/m²

dan beban yang diperhitungkan sebesar 1000 kN (Basah Suryolelono, 1994).

d. Jenis tipe tanah, berupa tanah keras (*hard clay*), dengan lekatan antara tanah dan selubung angkur sebesar 150 kPa (K. Basah Suryolelono, 1994).

Asumsi di atas adalah dasar bagi perhitungan kekuatan angkur di bawah ini :

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow (0,5 \cdot 1 \cdot (1 + 2)) \cdot 25 \cdot 0,7 + R \cdot 1 = 344 \cdot 1$$

$$R + 26,25 = 344$$

$$R = 317,75 \text{ ton} = 3177,5 \text{ kN}$$

$$\text{Jumlah angkur yang dibutuhkan} = N = \frac{3177,5}{1000} = 3,18 \sim 4 \text{ buah.}$$

$$\text{Sehingga gaya tahan masing-masing angkur} = \frac{3177,5}{4} = 794,375 \text{ kN} < 1000 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Sedangkan gaya ultimate yang mampu ditahan oleh tanah karena gaya angkat keatas, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$P_{ult} = \pi \cdot d \cdot L \cdot S$$

Dengan : P_{ult} = kuat dukung iltimate angkur. L = panjang angkur

d = diameter rata-rata lubang bor. S = lekatan tanah dan semen

Digunakan diameter rata-rata lubang bor/selubung angkur = 0,2 m dan panjang angkur

8,5 m, sehingga

$$P_{ult} = \pi \cdot 0,2 \cdot 8,5 \cdot 150 = 801,11 \text{ kN} > R = 794,375 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

4.10. Perencanaan Dimensi Portal

4.10.1. Beban-beban Yang Bekerja

1. Beban mati, berupa beban yang terjadi pada kolom sebesar

$$R_a = R_b = 442,96 \text{ ton}$$

2. Beban mati, berupa beban merata yang terjadi pada atap, sebesar

$$q = 856,45 \text{ kg/m}^2$$

3. Beban hidup, berupa beban terbagi merata yang terjadi pada atap sebesar

$$q = 66 \text{ kg/m}$$

4. Beban angin, berupa beban terbagi merata di atas kap sebesar :

a. Beban angin hisap di atas atap, $Q_A = Q_{hisap1} \cdot \cos 10^\circ = 2 \cdot \cos 10^\circ = 1,97 \text{ kg/m}$

b. Beban angin hisap di atas atap, $Q_B = Q_{hisap2} \cdot \cos 10^\circ = 4 \cdot \cos 10^\circ = 3,94 \text{ kg/m}$

c. Beban angin lisap di samping atap, $Q_C = Q_{hisap1} \cdot \sin 10^\circ$

$$= 2 \cdot \sin 10^\circ = 0,35 \text{ kg/m}$$

d. Beban angin hisap di samping atap, $Q_D = Q_{hisap2} \cdot \sin 10^\circ$

$$= 4 \cdot \sin 10^\circ = 0,70 \text{ kg/m}$$

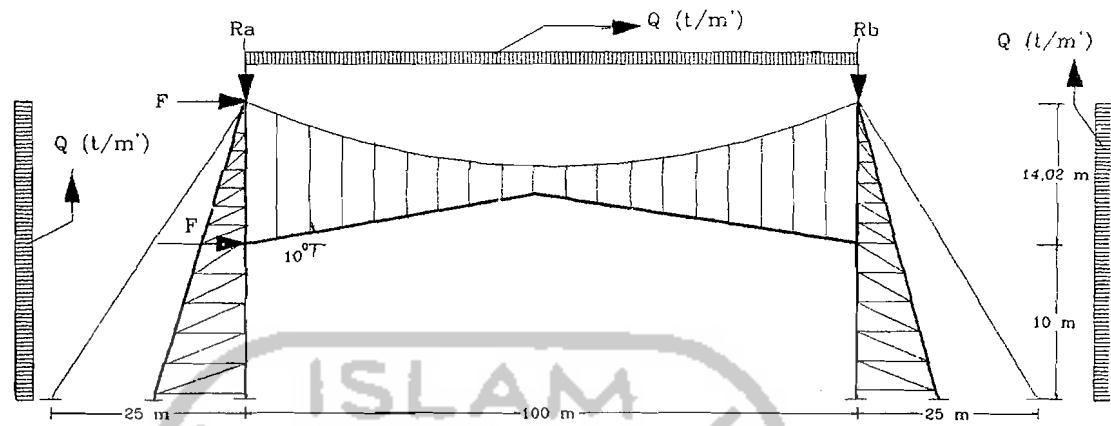
e. Beban angin dinding datang, $Q_E = 0,9 \cdot 2,5 = 9 \text{ kg/m}$

f. Beban angin dinding isap, $Q_F = -0,4 \cdot 2,5 = -4 \text{ kg/m}$

5. Gaya gempa yang terjadi, sebesar :

a. Gaya gempa di menara = $F_{menara} = 6686,11 \text{ kg}$

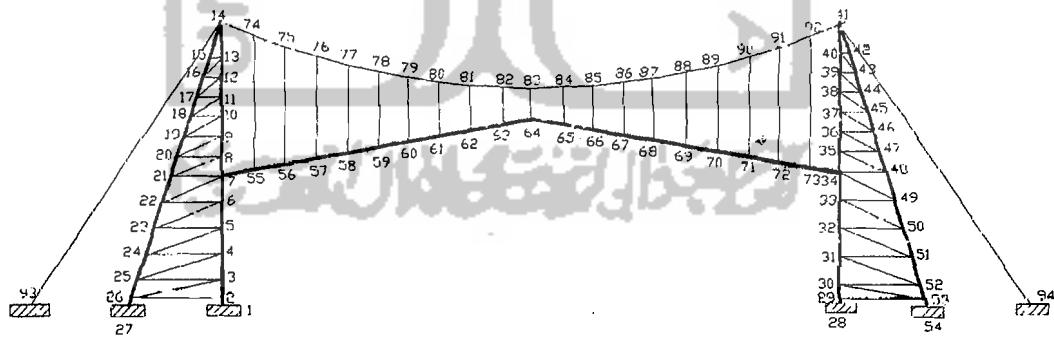
b. Gaya gempa di kolom = $F_{kolom} = 2998,42 \text{ kg}$



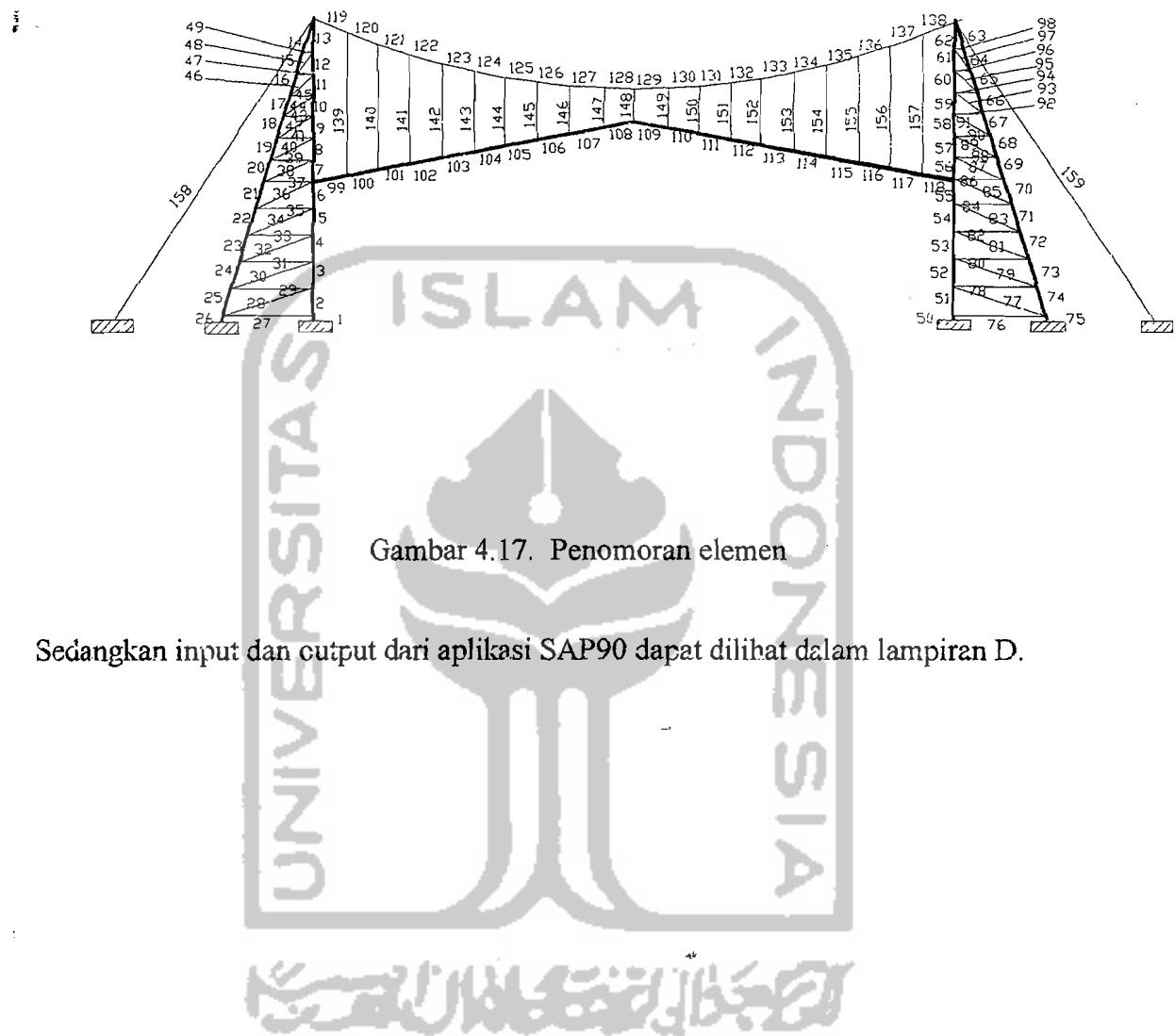
Gambar 4.15 Sketsa pembebanan pada konstruksi atap gantung

4.10.2. Gambar Penomoran Joint dan Elemen Pada Konstruksi Atap Gantung

Penomoran joint dan elemen pada konstruksi atap gantung untuk input aplikasi SAP90 dapat di tulis sebagai berikut :



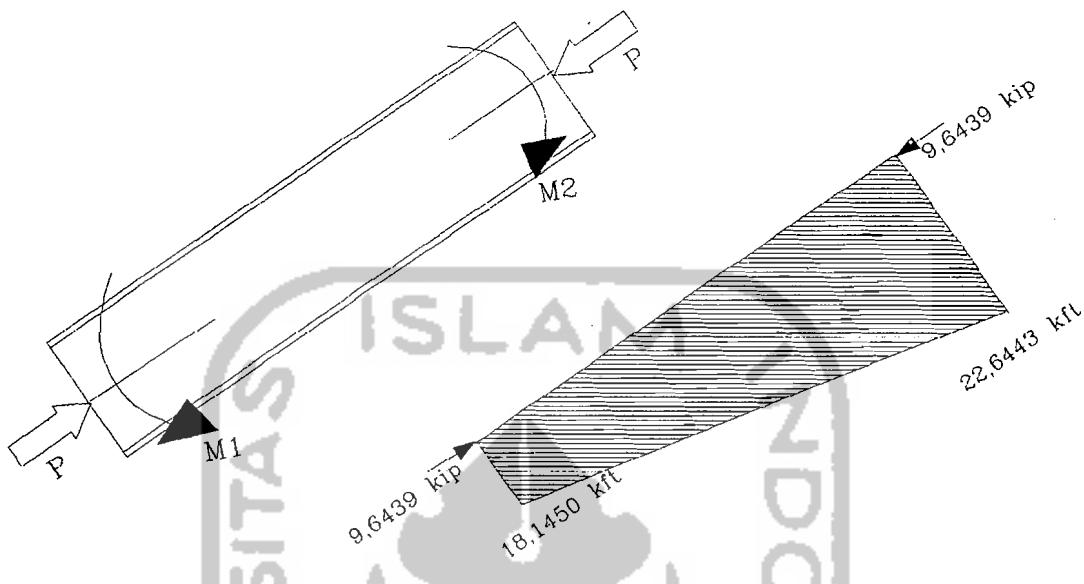
Gambar 4.16. Penomoran *joint* (titik)



Gambar 4.17. Penomoran elemen

Sedangkan input dan output dari aplikasi SAP90 dapat dilihat dalam lampiran D.

4.10.3 Perencanaan Batang Atas



Gambar 4.18. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Batang Atas

Dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-15), di peroleh nilai-nilai :

$$P = -4290 \text{ kg} = -42,90 \text{ kN} = -9,6439 \text{ kip}$$

$$M_1 = -2460 \text{ kgm} = -24,60 \text{ kNm} = -18,1450 \text{ kft}$$

$$M_2 = -3070 \text{ kgm} = -30,70 \text{ kNm} = -22,6443 \text{ kft}$$

$$\text{Rasio momen, } \frac{M_1}{M_2} = \frac{18,1450}{22,6443} = 0,8013$$

Panjang balok yang ditinjau, $L = 5,077 \text{ m} = 199,8819 \text{ in}$

dan mutu baja profil yang dipakai, $F_y = 250 \text{ Mpa} = 36,25 \text{ ksi}$

Dicoba profil : W12 x 26

$$\text{Section properties : } A = 7,65 \text{ in}^2 \quad I_x = 204 \text{ in}^4$$

$$d = 12,22 \text{ in} \quad S_x = 33,4 \text{ in}^3$$

$$t_w = 0,23 \text{ in} \quad r_x = 5,17 \text{ in}$$

$$b_f = 6,49 \text{ in} \quad I_y = 17,3 \text{ in}^4$$

$$t_f = 0,38 \text{ in}$$

$$S_y = 5,34 \text{ in}^3$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 8,5$$

$$r_y = 1,51 \text{ in}$$

$$\frac{d}{t_w} = 53,1$$

$$r_t = 1,72 \text{ in}$$

$$\frac{d}{A_f} = 4,95$$

$$W = 26 \text{ lb/ft}$$

Tinjauan terhadap kolom (dianggap dukungan berupa sendi-sendi k = 1) :

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (199,819)}{5,17} = 38,6619$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot (199,819)}{1,51} = 132,3721 \text{ (menentukan)}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2,3,14 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2,3,14 \cdot 29000}{36,25}} = 125,6 < \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = 132,3721$$

Tegangan ijin :

$$Fa = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot (k \cdot L/r)^2} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{23 \cdot 132,3721^2} = 8,5223 \text{ ksi}$$

Cek :

$$Fa < 0,6 \cdot F_y$$

$$Fa < 0,6 \cdot 36,25$$

$$8,5223 \text{ ksi} < 21,75 \text{ ksi} \quad \text{Oke}$$

$$fa = \frac{P}{A} = \frac{9,6439}{7,65} = 1,2606 \text{ ksi}$$

$$f_{bx} = \frac{M_2}{S_x} = \frac{22,6443 \cdot 12}{33,4} = 8,1357 \text{ ksi}$$

Tinjauan terhadap balok :

$$\frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \frac{190}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 8,5 < \frac{190}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 8,5 < 31,56 \quad \text{Oke}$$

$$\frac{d}{t_w} < \frac{640}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 53,1 < \frac{640}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 53,1 < 106,30 \quad \text{Oke}$$

Menentukan Tegangan ijin lentur (F_b) :

$$L_c = \frac{76 \cdot b_f}{\sqrt{F_y}} = \frac{76 \cdot 6,49}{\sqrt{36,25}} = 81,9227 \text{ in}$$

$$L_c = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot F_y} = \frac{20000}{\frac{4,95 \cdot 36,25}{A_f}} = 111,4594 \text{ in}$$

dipakai $L_c = 81,9227 \text{ in}$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3$$

$$= 1,75 + 1,05 \cdot (-0,8013) + 0,3 \cdot (-0,8013^2) \leq 2,3$$

$$= 1,1013 \leq 2,3 \quad \text{dipakai } C_b = 1,1013$$

$$L_u = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot F_y} = \frac{20000}{4,95 \cdot 36,25} = 111,4594 \text{ in}$$

$$L_u = r_t \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot C_b}{F_y}} = 1,72 \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,1013}{36,25}} = 95,7457 \text{ in}$$

dipakai $L_u = 111,4594 \text{ in}$

Panjang bagian tanpa dukungan lateral = $L_b = 5,077 \text{ m} = 199,88 \text{ in}$

$$L_C < L_b > L_u$$

Syarat :

$$F_b = 0,6 \cdot F_y = 0,6 \cdot 36,25 = 21,75 \text{ ksi}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{1,2606}{8,5223} = 0,1479 < 0,15$$

$$\frac{f_b}{F_b} = \frac{8,1357}{21,75} = 0,3740$$

$$C_m = 0,85$$

Persamaan interaksi :

$$\frac{f_a}{F_{a_x}} + \frac{f_{b_x}}{F_{b_x}} + \frac{f_{b_y}}{F_{b_y}} \leq 1,0$$

$$\frac{1,2606}{8,5223} + \frac{8,1357}{21,75} + 0 \leq 1,0$$

$$0,1479 + 0,3740 + 0 \leq 1,0$$

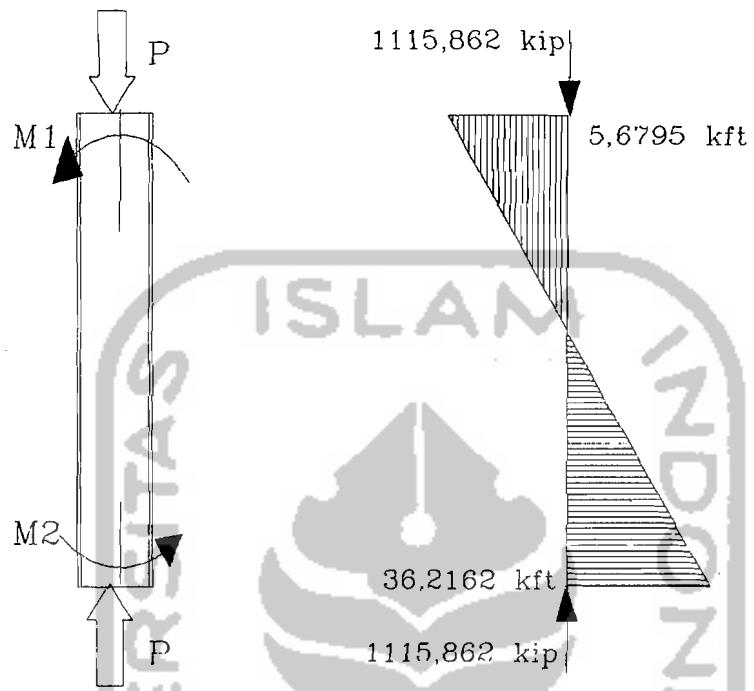
$$0,5219 < 1,0$$

Cek terhadap momen inersia :

$$I_x = 204 \text{ in}^4 = 8,49 \cdot 10^3 \text{ cm}^4 < I \text{ (taksiran)} = 3 \cdot 10^4 \text{ cm}^4 \quad \text{OK!!}$$

Jadi profil W12 x 26 memenuhi syarat untuk profil atap.

4.10.4 Perencanaan Kolom



Gambar 4.19. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Kolom

Dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-5), di peroleh nilai-nilai :

$$P = -496380 \text{ kg} = -4693,8 \text{ kN} = -1115,862 \text{ kip}$$

$$M_1 = 770 \text{ kgm} = 7,70 \text{ kNm} = 5,6795 \text{ kft}$$

$$M_2 = -4910 \text{ kgm} = -49,10 \text{ kNm} = -36,2162 \text{ kft}$$

$$\text{Rasio momen, } \frac{M_1}{M_2} = \frac{5,6795}{36,2162} = 0,1568$$

Panjang balok yang ditinjau, $L = 2,02 \text{ m} = 79,5276 \text{ in}$

dan mutu baja profil yang dipakai, $F_y = 250 \text{ Mpa} = 36,25 \text{ ksi}$

Dicoba profil : W14 x 120

Section properties : $A = 35,3 \text{ in}^2$ $I_x = 1380 \text{ in}^4$

$$d = 14,48 \text{ in} \quad S_x = 190 \text{ in}^3$$

$$t_w = 0,59 \text{ in} \quad r_x = 6,24 \text{ in}$$

$$b_f = 14,67 \text{ in} \quad I_y = 495 \text{ in}^4$$

$$t_f = 0,94 \text{ in} \quad S_y = 74,5 \text{ in}^3$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 7,8 \quad r_y = 3,74 \text{ in}$$

$$\frac{d}{t_w} = 24,5 \quad r_t = 4,04 \text{ in}$$

$$\frac{d}{A_f} = 1,05 \quad W = 120 \text{ lb/ft}$$

Tinjauan terhadap kolom (dianggap dukungan berupa sendi-sendi k = 1) :

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (79,5276)}{6,24} = 12,7448$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot (79,5276)}{3,74} = 21,2641 \text{ (menentukan)}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2,314 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2,314 \cdot 29000}{36,25}} = 125,6 > \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = 21,2641$$

Tegangan ijin :

$$F_a = \frac{F_y \left(1 - 0,5 \cdot \frac{(kL / r)^2}{C_c^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{Kl / r}{C_c} - \frac{1}{8} \cdot \frac{(k \cdot L / r)^3}{C_c^3}} = \frac{36,25 \left(1 - 0,5 \cdot \frac{21,2641^2}{125,6^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{21,2641}{125,6} - \frac{1}{8} \cdot \frac{21,2641^3}{125,6^3}}$$

$$= 20,6594 \text{ ksi}$$

Cek :

$$F_a < 0,6 \cdot F_y$$

$$F_a < 0,6 \cdot 36,25$$

$$20,6594 \text{ ksi} < 21,75 \text{ ksi} \quad \text{Oke}$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{1115,862}{35,3} = 31,56 \text{ ksi}$$

$$f_{bx} = \frac{M_2}{S_x} = \frac{36,2162 \cdot 12}{190} = 2,2873 \text{ ksi}$$

Tinjauan terhadap balok :

$$\frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \frac{190}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 7,8 < \frac{190}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 7,8 < 31,56 \quad \text{Oke}$$

$$\frac{d}{t_w} < \frac{640}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 24,5 < \frac{640}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 24,5 < 106,30 \quad \text{Oke}$$

Menentukan Tegangan ijin lentur (F_b) :

$$L_c = \frac{76 \cdot b_f}{\sqrt{F_y}} = \frac{76 \cdot 14,67}{\sqrt{36,25}} = 185,1781 \text{ in}$$

$$L_c = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot F_y} = \frac{20000}{1,05 \cdot 36,25} = 525,4516 \text{ in}$$

$$\text{dipakai } L_c = 185,1781 \text{ in}$$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \cdot \left(\frac{M_l}{M_2} \right) + 0,3 \cdot \left(\frac{M_l}{M_2} \right)^2 \leq 2,3$$

$$= 1,75 + 1,05 \cdot (0,1568) + 0,3 \cdot (0,1568^2) \leq 2,3$$

$$= 1,9220 \leq 2,3 \quad \text{dipakai } C_b = 1,9220$$

$$L_u = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot F_y} = \frac{20000}{1,5 \cdot 36,25} = 525,4516 \text{ in}$$

$$L_u = r_t \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot C_b}{F_y}} = 4,04 \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,9220}{36,25}} = 297,1043 \text{ in}$$

dipakai $L_u = 525,4516 \text{ in}$

Panjang bagian tanpa dukungan lateral = $L_b = 2,02 \text{ m} = 79,5276 \text{ in}$

Karena $L_b < L_c$

Syarat :

$$F_b = 0,66 \cdot F_y = 0,66 \cdot 36,25 = 23,925 \text{ ksi}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{31,6108}{35,7305} = 0,8847 > 0,15$$

$$\frac{f_b}{F_b} = \frac{2,2873}{23,925} = 0,0956$$

$$C_m = 0,85$$

Pembesaran momen :

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (79,5276)}{6,24} = 12,7448$$

$$F'_{ex} = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 29000}{\left(\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} \right)^2} = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 29000}{12,7448^2} = 916,8324$$

$$(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}) = (1 - \frac{18,2774}{916,8324}) = 0,9655$$

$$C_m = 0,85$$

Persamaan interaksi :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{Cm_x \cdot fb_x}{\left(1 - \frac{fa}{F'_{ex}}\right) \cdot Fb_x} + \frac{Cm_y \cdot fb_y}{\left(1 - \frac{fa}{F'_{ey}}\right) \cdot Fb_y} \leq 1,0$$

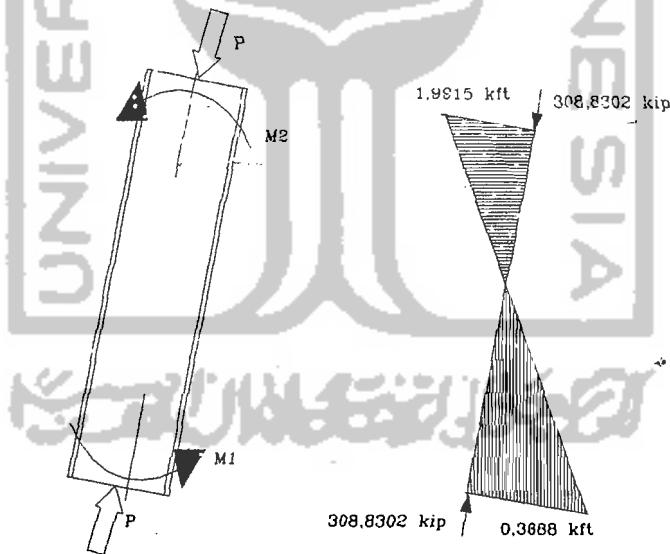
$$\frac{18,2774}{20,6594} + \frac{0,85 \cdot 2,2873}{(0,9655) \cdot 23,925} + 0 \leq 1,0$$

$$0,8847 + 0,0842 + 0 > 1,0$$

$$0,9689 < 1,0$$

Jadi profil W14 x 120 memenuhi syarat untuk kolom.

4.10.5 PERENCANAAN KOLOM PENYOKONG



Gambar 4.20. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Kolom Penyokong

Dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-6), di peroleh nilai-nilai :

$$P = -137380 \text{ kg} = -1373,8 \text{ KN} = -308,8302 \text{ kip}$$

$$M_1 = 50 \text{ kgm} = 0,5 \text{ KNm} = 0,3688 \text{ kft}$$

$$M_2 = -270 \text{ kgm} = -2,7 \text{ KNm} = -1,9915 \text{ kft}$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{0,3688}{1,9915} = 0,1852$$

$$L = 2,1 \text{ m} = 82,677 \text{ in}$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa} = 36,25 \text{ ksi}$$

Dicoba profil : W14 x 38

Section properties :	$A = 11,2 \text{ in}^2$	$I_x = 385 \text{ in}^4$
	$d = 14,1 \text{ in}$	$S_x = 54,6 \text{ in}^3$
	$tw = 0,31 \text{ in}$	$r_x = 5,87 \text{ in}$
	$bf = 6,77 \text{ in}$	$I_y = 26,7 \text{ in}^4$
	$tf = 0,515 \text{ in}$	$S_y = 7,88 \text{ in}^3$
	$\frac{bf}{2tf} = 6,6$	$r_y = 1,55 \text{ in}$
	$\frac{d}{tw} = 45,5$	$r_t = 1,77 \text{ in}$
	$\frac{d}{Af} = 4,04$	$W = 38 \text{ lb/ft}$

Tinjauan terhadap kolom (dianggap dukungan berupa sendi-sendi $k=1$) :

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (82,677)}{5,87} = 14,0847$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot 82,677}{1,55} = 53,3401 \text{ (menentukan)}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2,3,14.E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2,3,14.29000}{36,25}} = 125,6 > \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = 53,3401$$

Tegangan ijin :

$$F_a = \frac{F_y \left(1 - 0,5 \cdot \frac{(kL/r)^2}{C_c^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{Kl/r}{C_c} - \frac{1}{8} \cdot \frac{(kL/r)^3}{C_c^3}} = \frac{36,25 \left(1 - 0,5 \cdot \frac{53,3401^2}{125,6^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{53,3401}{125,6} - \frac{1}{8} \cdot \frac{53,3401^3}{125,6^3}}$$

$$= 18,1579 \text{ ksi}$$

Cek :

$$F_a < 0,6 \cdot F_y$$

$$F_a < 0,6 \cdot 36,25$$

$$18,1579 \text{ ksi} < 21,75 \text{ ksi} \quad \text{Oke}$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{308,8302}{11,2} = 15,1818 \text{ ksi}$$

$$f_{bx} = \frac{M_2}{S_x} = \frac{1,9115 \cdot 12}{54,6} = 0,4377 \text{ ksi}$$

Tinjauan terhadap balok :

$$\frac{bf}{2 \cdot tf} < \frac{190}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 6,6 < \frac{190}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 6,6 < 31,56 \quad \text{Oke}$$

$$\frac{d}{tw} < \frac{640}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 45,5 < \frac{640}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 45,5 < 106,30 \quad \text{Oke}$$

Menentukan tegangan lentur yang terjadi (F_b) :

$$Lc = \frac{76 \cdot bf}{\sqrt{F_y}} = \frac{76 \cdot 6,77}{\sqrt{36,25}} = 85,4571 \text{ in}$$

$$Lc = \frac{20000}{\frac{d}{Af} \cdot F_y} = \frac{20000}{\frac{4,04 \cdot 36,25}{Af}} = 136,5654 \text{ in}$$

dipakai $Lc = 85,4571 \text{ in}$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3$$

$$= 1,75 + 1,05 \cdot 0,1852 + 0,3 \cdot 0,1852^2 \leq 2,3$$

$$= 1,9547 > 2,3 \quad \text{dipakai } C_b = 1,9547$$

$$L_u = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot F_y} = \frac{20000}{4,04 \cdot 36,25} = 136,5654 \text{ in}$$

$$L_u = r_t \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot C_b}{F_y}} = 1,77 \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,9547}{36,25}} = 131,2693 \text{ in}$$

$$\text{dipakai } L_u = 136,5654 \text{ in}$$

Panjang bagian tanpa dukungan lateral = $L_b = 2,10 \text{ m} = 82,6770 \text{ in}$

Maka, $L_b < L_c$

$$F_b = 0,66 \cdot F_y = 0,66 \cdot 36,25 = 23,925 \text{ ksi (menentukan)}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{27,5741}{18,1579} = 0,8361$$

$$\frac{f_b}{F_b} = \frac{0,4377}{23,925} = 0,0183$$

Pembesaran momen :

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (82,677)}{5,87} = 14,0847$$

$$F'_{ex} = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 29000}{\left(\frac{K_x \cdot L_x}{r_x} \right)^2} = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 29000}{14,0847^2} = 750,6908$$

$$(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}) = (1 - \frac{15,1818}{750,6908}) = 0,9633$$

$$C_m = 0,85$$

Persamaan interaksi :

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{Cm_x \cdot fb_x}{\left(1 - \frac{fa}{F'_{ex}}\right) \cdot Fb_x} + \frac{Cm_y \cdot fb_y}{\left(1 - \frac{fa}{F'_{ey}}\right) \cdot Fb_y} \leq 1,0$$

$$\frac{15,1818}{18,1579} + \frac{0,85 \cdot 0,4377}{(0,9633) 23,925} + 0 \leq 1,0$$

$$0,8361 + 0,01614 + 0 > 1,0$$

$$0,8522 < 1,0$$

Jadi profil W14 x 38 memenuhi syarat untuk kolom penyokong.

4.10.6. Perencanaan Bracing

Sebagai batang desak :

dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-9), di peroleh nilai-nilai :

$$P = -14400 \text{ kg} = -144 \text{ KN} = -32,3712 \text{ kip}$$

$$L = 2,2 \text{ m} = 86,61 \text{ in}$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa} = 36,25 \text{ ksi}$$

$$\text{Dicoba profil : } 2L6x3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$$

Section properties : $W = 23,4 \text{ lb/ft}$

$$A = 6,84 \text{ in}^2$$

$$I_x = 25,7 \text{ in}^4$$

$$b = 3,5 \text{ in}$$

$$S_x = 6,49 \text{ in}^3$$

$$t = 0,375 \text{ in}$$

$$r_x = 1,94 \text{ in}$$

$$r_y = 1,39 \text{ in}$$

Cek persyaratan tekuk setempat :

$$\frac{b}{t} = \frac{3,5}{0,375} = 9,3333 < \frac{76}{\sqrt{F_y}} = \frac{76}{\sqrt{36,25}} = 12,6229 \text{ (tidak direduksi)}$$

Sehingga,

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (86,61)}{1,94} = 44,64$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1,86,61}{1,39} = 62,31 \text{ (menentukan)}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2,3,14 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2,3,14 \cdot 29000}{36,25}} = 125,6 > \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = 62,31$$

Cek tegangan ijin :

$$F_a = \frac{F_y \left(1 - 0,5 \cdot \frac{(kL / r)^2}{C_c^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{Kl / r}{C_c} - \frac{1}{8} \cdot \frac{(k \cdot L / r)^3}{C_c^3}} = \frac{36,25 \left(1 - 0,5 \cdot \frac{62,31^2}{125,6^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{62,31}{125,6} - \frac{1}{8} \cdot \frac{62,31^3}{125,6^3}} = 17,3 \text{ ksi}$$

Cek :

$$F_a < 0,6 \cdot F_y$$

$$F_a < 0,6 \cdot 36,25$$

$$17,30 \text{ ksi} < 21,75 \text{ ksi} \quad \text{Oke}$$

Gaya tekan yang diijinkan :

$$P = A_g \cdot F_a = 6,84 \cdot 17,30$$

$$= 118,3320 \text{ kip} > P_{\text{tekan}} = 32,3712 \text{ kip} \quad \text{OK!!}$$

Sebagai kontrol terhadap profil tersebut, di coba menggunakan panjang profil ;

$$P = -14400 \text{ kg} = -144 \text{ KN} = -32,3712 \text{ kip}$$

$$L = 5,1 \text{ m} = 200,7874 \text{ in}$$

Sehingga,

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1.(200,7874)}{1,94} = 103,4987$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1.200,7874}{1,39} = 144,4514 \text{ (menentukan)}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2,3,14.E}{Fy}} = \sqrt{\frac{2,3,14.29000}{36,25}} = 125,6 < \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = 144,4514$$

Cek tegangan ijin :

$$Fa = \frac{12.\pi^2.E}{23.(k.L/r)^2} = \frac{12.\pi^2.29000}{23.144,4514^2} = 7,1494 \text{ ksi}$$

Cek :

$$Fa < 0,6 \cdot Fy$$

$$Fa < 0,6 \cdot 36,25$$

$$7,1494 \text{ ksi} < 21,75 \text{ ksi} \quad \text{Oke}$$

Gaya tekan yang diijinkan :

$$P = Ag.Fa = 6,84 \cdot 7,1494$$

$$= 48,9 \text{ kip} > P_{\text{tekan}} = 32,3712 \text{ kip} \quad \text{OK!!}$$

Jadi profil $2L6x3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ memenuhi syarat untuk kolom penyokong (tekan).

Sebagai batang tarik :

dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-7), di peroleh nilai :

$$P = + 3760 \text{ kg} = + 37,6 \text{ kN} = + 8,4525 \text{ kip}$$

Maka luas efektif yang diperlukan :

$$A_{e\text{ perlu}} = \frac{P}{F_t} = \frac{P}{0,5 \cdot F_U}$$

Diambil $F_U = 50$ ksi, sehingga

$$A_{e\text{ perlu}} = \frac{8,4525}{0,5 \cdot 50} = 0,3381 \text{ in}^2$$

Luas netto yang diperlukan :

$$A_n = \frac{A_{e\text{ perlu}}}{C_t} = \frac{0,3381}{0,85} = 0,3978 \text{ in}^2$$

Luas gross perlu :

$$A_g = \frac{P}{F_t} = \frac{P}{0,6 \cdot F_y} = \frac{8,4525}{0,6 \cdot 36,25} = 0,3886 \text{ in}^2$$

Di coba profil : $2L6 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$

Section properties : $W = 23,4 \text{ lb/ft}$

$$A = 6,84 \text{ in}^2 > A_g = 0,3886 \text{ in}^2$$

$$I_x = 25,7 \text{ in}^4 \quad b = 3,5 \text{ in}$$

$$t = 0,375 \text{ in} \quad S_x = 6,49 \text{ in}^3$$

$$r_y = 1,39 \text{ in} \quad r_x = 1,94 \text{ in (menentukan)}$$

Cek kelangsungan, dengan nilai k untuk batang tarik = 1

Panjang batang = $L = 4,9 \text{ m} = 192,9134 \text{ in}$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot 192,9134}{1,94} = 99,44$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2,314 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2,314 \cdot 29000}{36,25}} = 125,6$$

$$Cc > \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} \quad (\text{memenuhi})$$

Cek luas netto (A_n) :

$$A_n = 6,84 - 2 \cdot \left(\frac{3}{8}\right) \cdot \left(\frac{3}{8}\right) = 6,56 \text{ in}^2 > A_n = 0,3978 \text{ in}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Jadi profil $2L6x3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ memenuhi syarat untuk kolom penyokong tarik.

4.10.7 Perencanaan Pelat Dasar Kolom



Gambar 4.21. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Plat Dasar Kolom

a) Menentukan dimensi pelat dasar kolom

Dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-5), di peroleh nilai :

$$P_{aksial} = 496380 \text{ kg} = 4693,8 \text{ kN} = 1115,862 \text{ kip}$$

$$\text{Momen pada titik A} \Rightarrow M_A = 4910 \text{ kgm} = 49,10 \text{ kNm} = 36,2162 \text{ kip in}$$

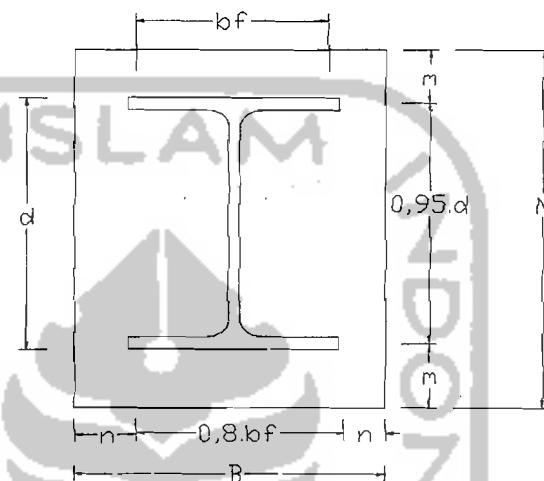
$$F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 = 36,25 \text{ ksi}$$

$$\text{Kolom} = W14x120, d = 14,48 \text{ in}, bf = 14,67 \text{ in}$$

Mutu beton, $f'c = 3,625 \text{ ksi} \sim \text{K200}$

Tegangan ijin beton, $fc = 0,45.f'c = 0,45.3,625 = 1,63125 \text{ ksi}$

Langkah-langkah disain pelat dasar, dapat dilakukan dengan cara berikut ini :



Gambar 4.23. Disain pelat dasar kolom.

Menurut AISC, luas dasar kolom yang diperlukan akibat gaya tekan aksial :

$$f = \frac{P}{A} \leq 0,35.f'c \Rightarrow A = \frac{P}{0,35.f'c} = \frac{1115,862}{0,35.3,625} = 879,4971 \text{ in}^2$$

maka di gunakan pelat dengan dimensi : 30" x 30"

$$\Rightarrow A = 900 \text{ in}^2 > 879,4971 \text{ in}^2 \text{ OK}$$

Cek tegangan yang terjadi pada pelat :

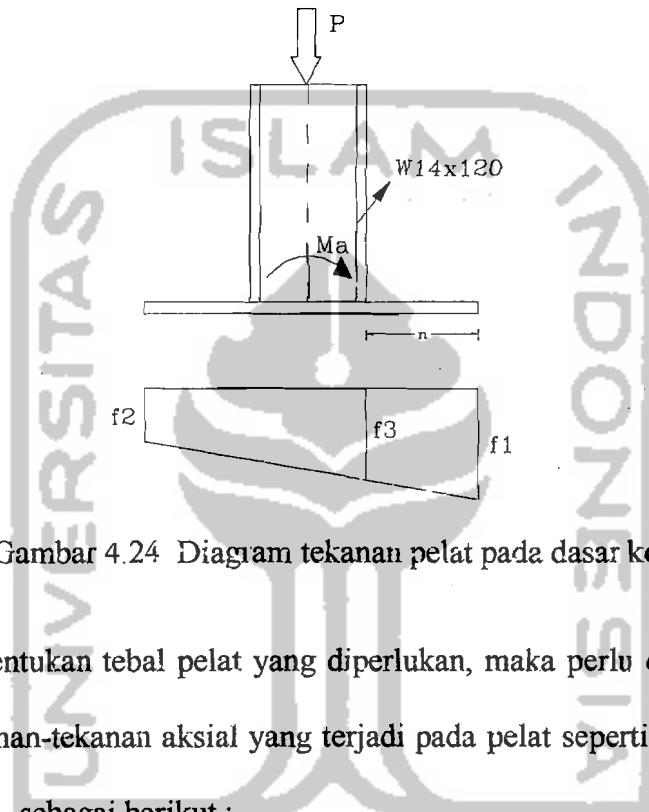
$$f_p = \frac{P}{B \times N} = \frac{1115,862}{30.30} = 1,24 \text{ Ksi} < 0,35.f'c = 0,35.3,625 = 1,268 \text{ Ksi}$$

OK!

Untuk menentukan panjang m dan n dapat diselesaikan dengan rumus sebagai berikut :

$$m = \frac{L - 0,95.d}{2} = \frac{30 - 0,95 \cdot 14,8}{2} = 7,97 \text{ in}$$

$$n = \frac{B - 0,80.bf}{2} = \frac{30 - 0,80 \cdot 14,67}{2} = 9,132 \text{ in}$$



Gambar 4.24 Diagram tekanan pelat pada dasar kolom

Untuk menentukan tebal pelat yang diperlukan, maka perlu dihitung terlebih dahulu tekanan-tekanan aksial yang terjadi pada pelat seperti tergambar pada gambar 4.24, sebagai berikut :

$$f_b = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x}{S_y} \leq \sigma_{\text{UIN}}$$

$$f_1 = \frac{1115,862}{30.30} + \frac{36,2162}{\frac{1}{6} \cdot 30.30^2} = 1,2479 \text{ ksi}$$

$$f_2 = \frac{1115,862}{30.30} - \frac{36,2162}{\frac{1}{6} \cdot 30.30^2} = 1,2318 \text{ ksi}$$

$$f_3 \Rightarrow \frac{f_1 - f_2}{b} = \frac{f_3 - f_2}{b - n}$$

$$\frac{1,2479 - 1,2318}{30} = \frac{f_3 - 1,2318}{30 - 9,132}$$

$$f_3 = 1,2430 \text{ ksi}$$

$$f_3 = 1,2430 \text{ ksi} < f_c = 1,63125 \text{ ksi} \quad \text{OK}$$

$$q = \frac{f_1 + f_3}{2} = \frac{1,2479 + 1,63125}{2} = 1,4396 \text{ ksi}$$

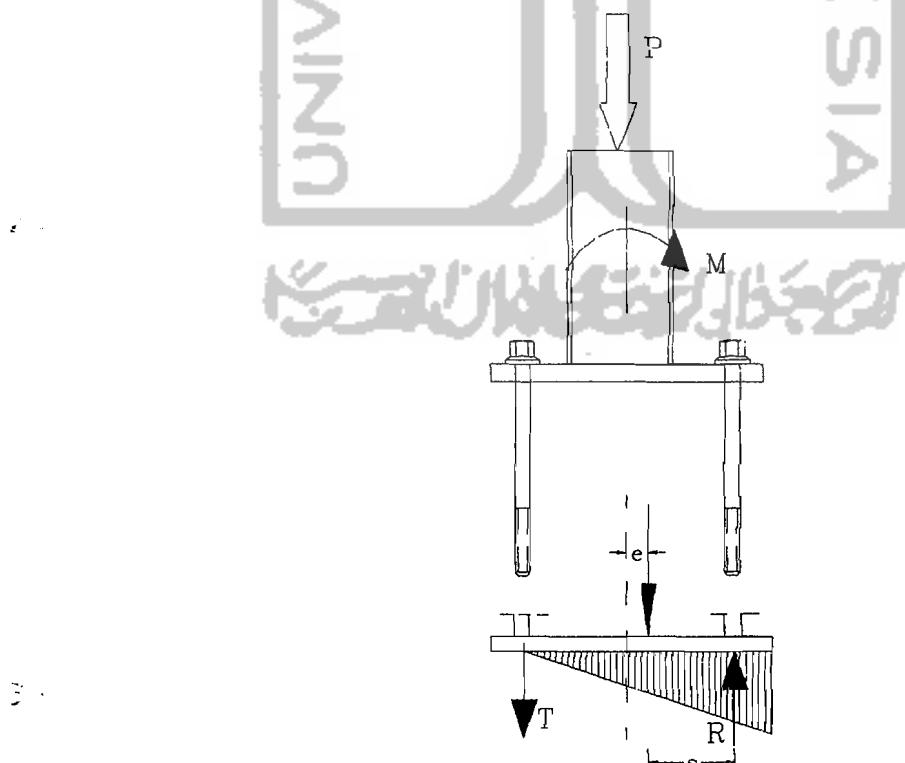
$$M = 0,5 \cdot q \cdot n = 0,5 \cdot 1,4396 \cdot 9,132 = 6,57 \text{ kip in}$$

Tebal pelat arah m :

$$t_p = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0,75 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 6,57}{0,75 \cdot 36,25}} = 1,2041 \text{ in} \approx 1,5 \text{ in}$$

Sehingga digunakan plat : 30" x 30" x 1,5"

- b) Menentukan dimensi baut pada pelat dasar kolom



Gambar 4.25 Penjangkaran kolom penahan momen

Beban dan momen yang bekerja pada pelat dasar kolom :

$$P_{aksial} = 496380 \text{ kg} = 4693,8 \text{ kN} = 1115,862 \text{ kip}$$

$$\text{Momen pada titik A} \Rightarrow M_A = 4910 \text{ kgm} = 49,10 \text{ kNm} = 36,2162 \text{ kip in}$$

Eksentrisitas akibat beban aksial P dan momen M adalah :

$$e = \frac{M}{P} = \frac{36,2162}{1115,862} = 0,032 \text{ in}$$

$$F_y \text{ baut} = 290 \text{ Mpa} = 42,05 \text{ ksi}$$

$$F_u \text{ baut} = 1,5 \cdot 42,05 = 63,0750 \text{ ksi}$$

Luas baut yang diperlukan akibat gaya aksial dapat dihitung dengan rumus :

$$A_{g\text{perlu}} = \frac{T}{0,33 \cdot F_u}$$

dengan T adalah gaya tarik akibat keseimbangan momen terhadap R

$$(gambar 4.25), sehingga T = \frac{1115,862 \cdot \left(\left(\frac{14,48}{2} \right) - 0,032 \right)}{14,48} = 555,47 \text{ kip}$$

$$\text{Dan: } A_{g\text{perlu}} = \frac{555,47}{0,33 \cdot 63,075} = 26,70 \text{ in}^2$$

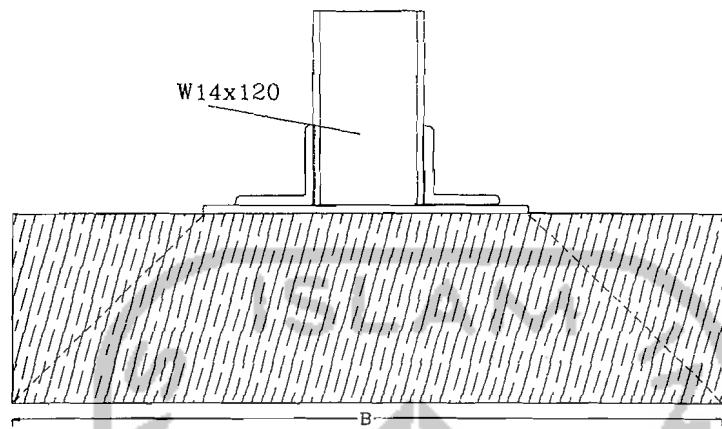
Dicoba menggunakan baut angkur $\emptyset 3,25''$ ($A = 8,2960 \text{ in}^2$)

$$\text{Jumlah baut per angker} = \frac{A_{g\text{perlu}}}{A} = \frac{26,7}{8,296} = 3,2 \approx 4 \text{ buah}$$

Kontrol :

$$f = \frac{P}{A} = \frac{555,47}{4,025 \cdot \pi \cdot (3,25)^2} = 16,74 \text{ ksi} < 63,0750 \text{ ksi} \quad \text{OK}$$

b) Perencanaan blok beton



Gambar 4.25 Blok beton pada dasar kolom

Diasumsikan berat sendiri blok beton sebesar 5 ton (= 11,24 kip) dan kapasitas dukung tanah sebesar 2 MPa (= 0,29 ksi).

Dimensi alas = 80" x 80", dengan ketinggian sebesar 30"

Berat total yang diterima oleh tanah, akibat beban aksial dan berat sendiri beton, sebesar : $1115,862 + 11,24 = 1127,102 \text{ kip}$

Dengan demikian diperoleh tekanan tanah maksimum sebesar :

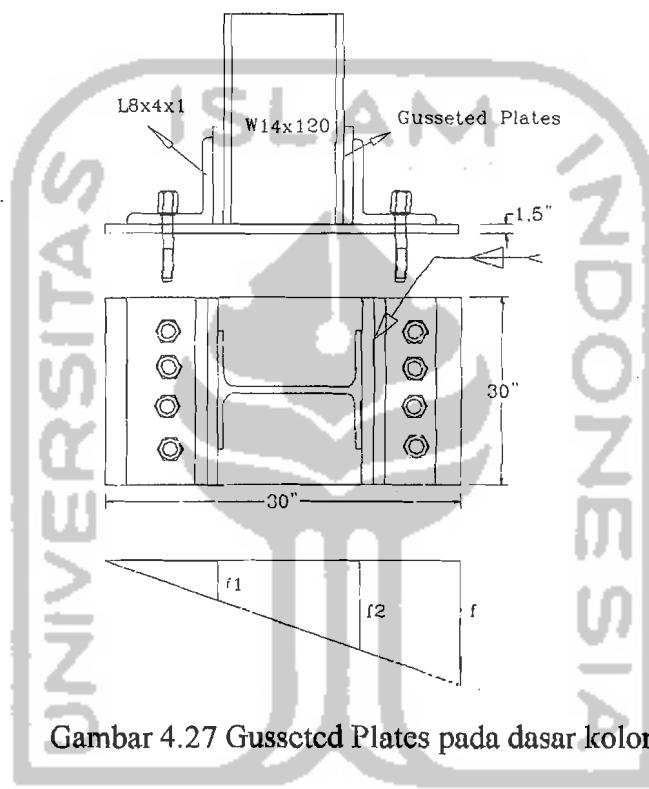
$$f = \frac{P}{A} + \frac{M}{W} = \frac{1127,102}{80 \cdot 80} + \frac{3,2162}{\frac{1}{6} \cdot 80 \cdot 80^2} = 0,17 + 0,0000377$$

$$f = 0,22107 \text{ ksi} < \sigma_{ijin} = 0,29 \text{ ksi} \quad \text{Aman!!}$$

c) Perencanaan pengaku kolom (*Gusseted Plates*)

Karena pelat dasar kolom menahan beban yang sangat besar, maka digunakan

Gusseted Plates. Gusseted plates berfungsi mengurangi beban yang bekerja di



Gambar 4.27 Gusseted Plates pada dasar kolom

pelat dasar kolom, sehingga sebagian beban bekerja di *Gusseted Plates* dan sebagian di pelat dasar kolom.

Diasumsikan *Gusseted Plates*, tinggi : 15" dan tebal 0,6"

$$\text{Tegangan maksimum, } f = \frac{P}{A} = \frac{1115,862}{30.30} = 1,24 \text{ ksi}$$

Beban yang diterima tiap *Gusseted Plates*,

$$= 0,5.f.L.(B - b) = 0,5.1,24.30.(30 - 14,67)$$

$$= 285,14 \text{ kip}$$

Sedangkan pengaku profil L direncanakan menahan beban tarik baut angkur,

$$T = \frac{555,47}{3} = 185,16 \text{ kip}$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{185,16}{0,60.F_y} = \frac{185,16}{0,6.36,25} = 8,5 \text{ in}^2$$

Dipakai profil L8x4x1 sebagai pengaku ($A_g = 11 \text{ in}^2 > A_g \text{ perlu} = 8,5 \text{ in}^2$) OK

Sambungan antara Gusseted Plates dan sayap kolom, digunakan sambungan las. Dicoba menggunakan las filled $\frac{7}{8}''$ jenis E70xx, menggunakan proses shield metal arc :

$$\emptyset.R_w = \emptyset.(0,707.a).0,6.f_{ex} = 0,75.(0,707.\frac{7}{8}'').0,6.70 = 19,50 \text{ kip/in}$$

Sehingga panjang las yang diperlukan :

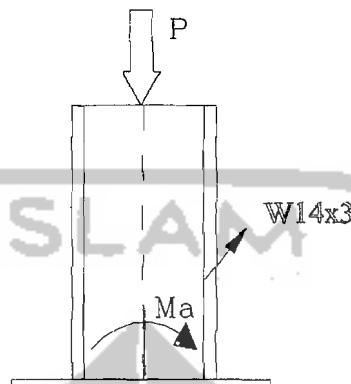
$$L_w = \frac{T}{\phi.R_w} = \frac{285,14}{19,50} = 14,62 \text{ in}$$

Dengan : $\emptyset.R_w$ = daya tahan las, kip/in.

L_w = panjang las, in.

a = tebal las, in. T = gaya tarik, kip f_{ex} = mutu las.

4.10.8 Perencanaan Pelat Dasar Kolom Penyokong



Gambar 4.28. Arah gaya dan momen maksimum pada plat dasar kolom penyokong

- Menentukan dimensi pelat dasar kolom

Dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-6), di peroleh nilai :

$$P_{aksial} = 137380 \text{ kg} = 1373,8 \text{ kN} = 308,8302 \text{ kip}$$

$$\text{Momen pada titik A} \Rightarrow M_A = 270 \text{ kgm} = 2,7 \text{ kNm} = 1,9915 \text{ kip in}$$

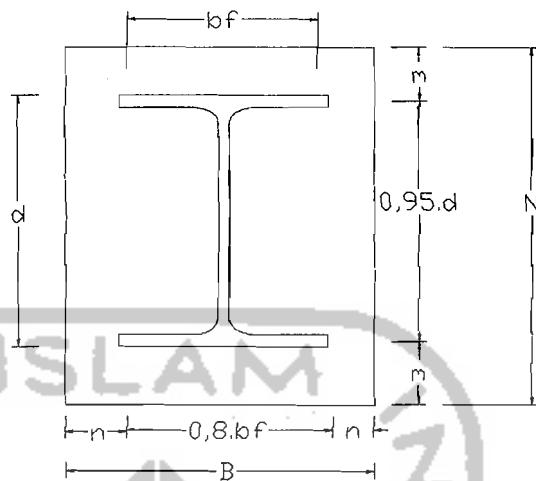
$$F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 = 36,25 \text{ ksi}$$

$$\text{Kolom} = W14x38, d = 14,10 \text{ in}, bf = 6,77 \text{ in}$$

$$\text{Mutu beton, } f'_c = 3,625 \text{ ksi} \sim \text{K200}$$

$$\text{Tegangan ijin beton (SNI'91), } f_c = 0,45 \cdot f'_c = 0,45 \cdot 3,625 = 1,63125 \text{ ksi}$$

Langkah-langkah disain pelat dasar, dapat dilakukan dengan cara berikut ini :



Gambar 4.29 Disain pelat dasar kolom

Menurut AISC, luas dasar kolom yang diperlukan akibat gaya tekan aksial :

$$f = \frac{P}{A} \leq 0,35.f_c \Rightarrow A = \frac{P}{0,35.f_c} = \frac{308,8302}{0,35.3,625} = 243,413 \text{ in}^2$$

maka di gunakan pelat dengan dimensi : 20" x 20"

$$\Rightarrow A = 400 \text{ in}^2 > 243,413 \text{ in}^2 \text{ OK}$$

Cek tegangan yang terjadi pada pelat :

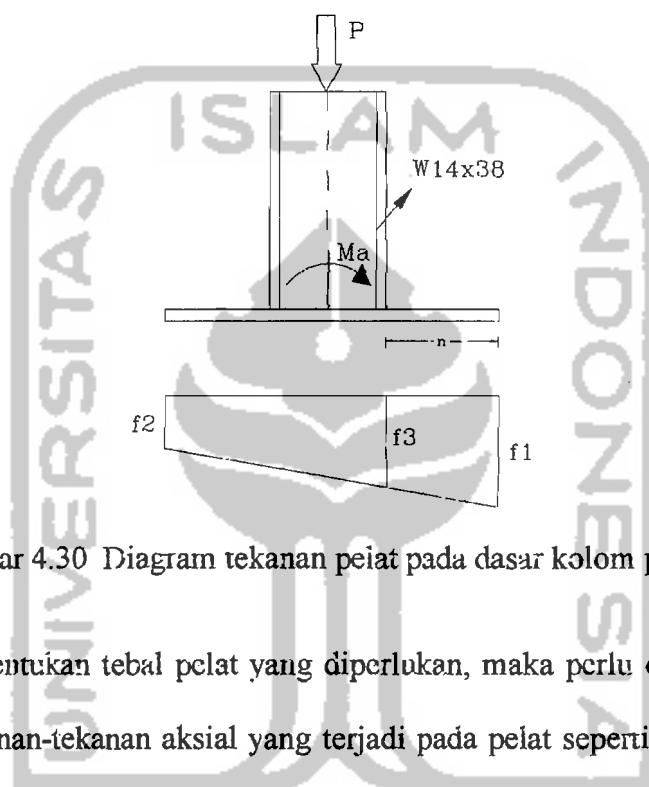
$$f_p = \frac{P}{B \times N} = \frac{308,8302}{20.20} = 0,7721 \text{ ksi} < 0,35.f_c = 0,35.3,625 = 1,268 \text{ ksi}$$

OK!

Untuk menentukan panjang m dan n dapat diselesaikan dengan rumus sebagai berikut :

$$m = \frac{L - 0,95.d}{2} = \frac{20 - 0,95 \cdot 14,1}{2} = 3,3025 \text{ in}$$

$$n = \frac{B - 0,80.bf}{2} = \frac{20 - 0,80 \cdot 6,77}{2} = 7,292 \text{ in}$$



Gambar 4.30 Diagram tekanan peiat pada dasar kolumn penyokong

Untuk menentukan tebal plat yang diperlukan, maka perlu dihitung terlebih dahulu tekanan-tekanan aksial yang terjadi pada pelat seperti tergambar pada gambar 4.24, sebagai berikut :

$$f_b = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x}{S_y} \leq \sigma_{\text{UTN}}$$

$$f_1 = \frac{308,8032}{20.20} + \frac{1,9915}{\frac{1}{6} \cdot 20.20^2} = 0,7735 \text{ ksi}$$

$$f_2 = \frac{308,8032}{20.20} - \frac{1,9915}{\frac{1}{6} \cdot 20.20^2} = 0,7705 \text{ ksi}$$

$$f_3 \Rightarrow \frac{f_1 - f_2}{b} = \frac{f_3 - f_2}{b - n}$$

$$\frac{0,7735 - 0,7705}{20} = \frac{f_3 - 0,7705}{20 - 7,292}$$

$$f_3 = 0,7724 \text{ ksi}$$

$$f_3 = 0,7724 \text{ ksi} < f_c = 1,63125 \text{ ksi} \quad \text{OK}$$

$$q = \frac{f_1 + f_3}{2} = \frac{0,7735 + 0,7724}{2} = 0,7730 \text{ ksi}$$

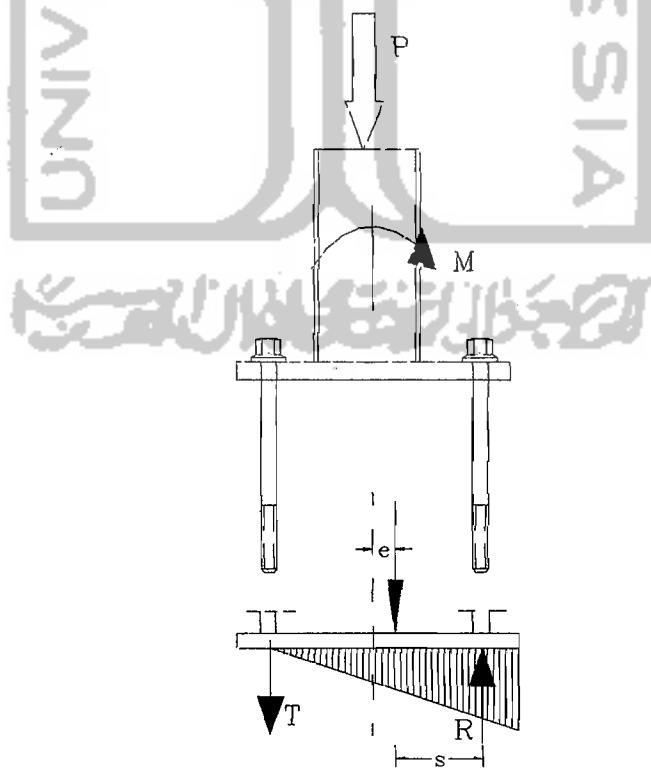
$$M = 0,5 \cdot q \cdot n = 0,5 \cdot 0,7730 \cdot 7,292 = 2,8184 \text{ kip in}$$

Tebal pelat arah m :

$$t_p = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0,75 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 2,8184}{0,75 \cdot 36,25}} = 0,7887 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$$

Sehingga digunakan plat : 20" x 20" x 1"

b) Menentukan dimensi baut pada pelat dasar kolom



Gambar 4.31 Penjangkaran kolom penyokong penahan momen

Beban dan momen yang bekerja pada pelat dasar kolom :

$$P_{aksial} = 137380 \text{ kg} = 1373,8 \text{ kN} = 308,8302 \text{ kip}$$

$$\text{Momen pada titik A} \Rightarrow M_A = 270 \text{ kgm} = 2,7 \text{ kNm} = 1,9915 \text{ kip in}$$

Eksentrisitas akibat beban aksial P dan momen M adalah :

$$e = \frac{M}{P} = \frac{1,9915}{308,8302} = 0,0065 \text{ in}$$

$$F_y \text{ baut} = 290 \text{ Mpa} = 42,05 \text{ ksi}$$

$$F_u \text{ baut} = 1,5 \cdot 42,05 = 63,0750 \text{ ksi}$$

Luas baut yang diperlukan akibat gaya aksial dapat dihitung dengan rumus :

$$A_{g_{perlu}} = \frac{T}{0,33 \cdot F_u}$$

dengan T adalah gaya tarik akibat kesimbangan momen terhadap R

$$(gambar 4.31), sehingga T = \frac{308,8302 \cdot \left(\left(\frac{14,10}{2} \right) - 0,0065 \right)}{14,10} = 154,27 \text{ kip}$$

$$\text{Dan: } A_{g_{perlu}} = \frac{154,27}{0,33 \cdot 63,075} = 7,41 \text{ in}^2$$

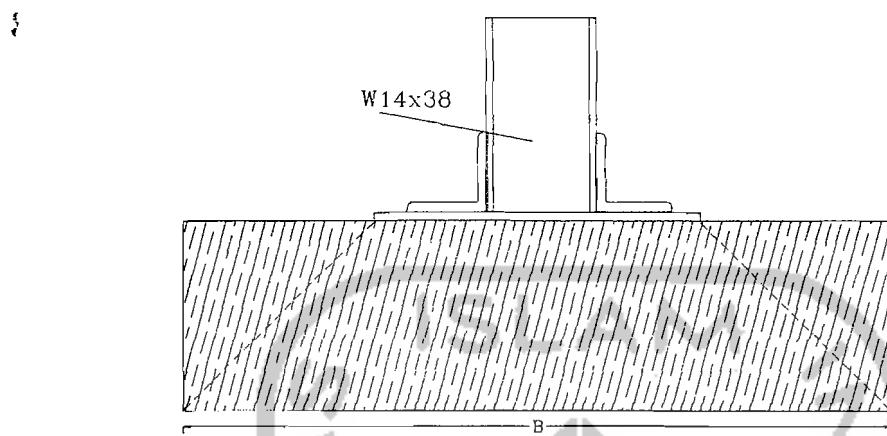
Dicoba menggunakan baut angkur $\varnothing 2''$ ($A = 3,142 \text{ in}^2$)

$$\text{Jumlah baut per angker} = \frac{A_{g_{perlu}}}{A} = \frac{7,41}{3,142} = 2,34 \approx 3 \text{ buah}$$

Kontrol :

$$f = \frac{P}{A} = \frac{154,27}{3,025 \cdot \pi \cdot 2^2} = 16,36 \text{ ksi} < 63,0750 \text{ ksi} \quad \text{OK}$$

b) Perencanaan blok beton



Gambar 4.32 Blok beton pada dasar kolom penyokong

Diasumsikan berat sendiri blok beton sebesar 5 ton (= 11,24 kip) dan kapasitas dukung tanah sebesar 2 MPa (= 0,29 ksi).

- Dimensi alas = 40" x 40", dengan ketinggian sebesar 15"

Berat total yang diterima oleh tanah, akibat beban aksial dan berat sendiri beton, sebesar : $308,8302 + 11,24 = 320,0702$ kip

Dengan demikian diperoleh tekanan tanah maksimum sebesar :

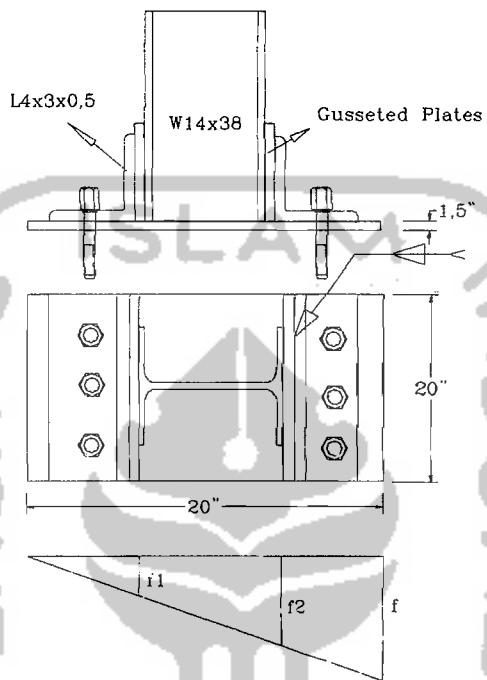
$$f = \frac{P}{A} + \frac{M}{W} = \frac{320,0702}{40 \cdot 40} + \frac{1,9915}{\frac{1}{6} \cdot 40 \cdot 40^2} = 0,2 + 0,000187$$

$$f = 0,202 \text{ ksi} < f_{tanah} = 0,29 \text{ ksi} \quad \text{Aman!!}$$

c) Perencanaan pengaku kolom (*Gusseted Plates*)

Karena pelat dasar kolom menahan beban yang sangat besar, maka digunakan *Gusseted Plates*. *Gusseted plates* berfungsi mengurangi beban yang bekerja di

pelat dasar kolom, sehingga sebagian beban bekerja di *Gusseted Plates* dan sebagian di pelat dasar kolom.



Gambar 4.33 Gusseted Plates pada dasar kolom penyokong

Diasumsikan *Gusseted Plates*, tinggi : 15" dan tebal 0,6"

$$\text{Tegangan maksimum, } f = \frac{P}{A} = \frac{308,8302}{20.20} = 0,7721 \text{ ksi}$$

Beban yang diterima tiap *Gusseted Plates*,

$$= 0,5.f.L.(B - b) = 0,5.0,7721.20.(20 - 6,77)$$

$$= 102,15 \text{ kip}$$

Sedangkan pengaku profil L direncanakan menahan beban tarik baut angkur.

$$T = \frac{154,27}{3} = 51,42 \text{ kip}$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{51,42}{0,60.F_y} = \frac{51,42}{0,6.36,25} = 2,36 \text{ in}^2$$

Dipakai profil L4x3x $\frac{1}{2}$ sebagai pengaku ($A_g=3,25 \text{ in}^2 > A_g\text{perlu}=2,36 \text{ in}^2$) OK

Sambungan antara Gusseted Plates dan sayap kolom, digunakan sambungan las. Dicoba menggunakan las filled $\frac{1}{4}$ " jenis E70xx, menggunakan proses shield metal arc :

$$\emptyset \cdot R_w = \emptyset \cdot (0,707 \cdot a) \cdot 0,6 \cdot f_{ex} = 0,75 \cdot (0,707 \cdot \frac{1}{4}) \cdot 0,6 \cdot 70 = 5,57 \text{ kip/in}$$

Sehingga panjang las yang diperlukan :

$$L_w = \frac{T}{\phi \cdot R_w} = \frac{102,15}{5,57} = 18,34 \text{ in}$$

Dengan : $\emptyset \cdot R_w$ = daya tahan las, kip/in.

L_w = panjang las, in.

a = tebal las, in.

T = gaya tarik, kip

f_{ex} = mutu las.

4.10.9 Perencanaan Sambungan

Sambungan yang direncanakan menggunakan metode AISC dan sebagai alat sambung dipakai baut A-325N, dan untuk mutu baja dipakai A36. Tegangan-tegangan ijinnya (ASD, tabel I-A, I-D).

Tegangan ijin tarik baut :

$$F_{tr} = 44 \text{ ksi} = 3033,8 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan geser ijin baut :

$$F_v = 21 \text{ ksi} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tumpu ultimit :

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

a. Sambungan kolom dan balok

Dari hasil perhitungan SAP 90, didapatkan hasil :

$$M_{max} = 3070 \text{ kg m}$$

$$\text{Dipakai baut } \varnothing \frac{5}{8} " = 1,59 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal plat : } t_p = 1 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak baut ke tepi : } S_1 = 1,5.d - 3.d \text{ atau } 6.t$$

$$= 1,5.(1,59) - 3.(1,59)$$

$$= 2,38 \text{ cm} - 4,76 \text{ cm}$$

$$\text{dipakai } S_1 = 3 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut : } S_2 = 2,5.d - 7.d \text{ atau } 14.t$$

$$= 2,5.(1,59) - 7.(1,59)$$

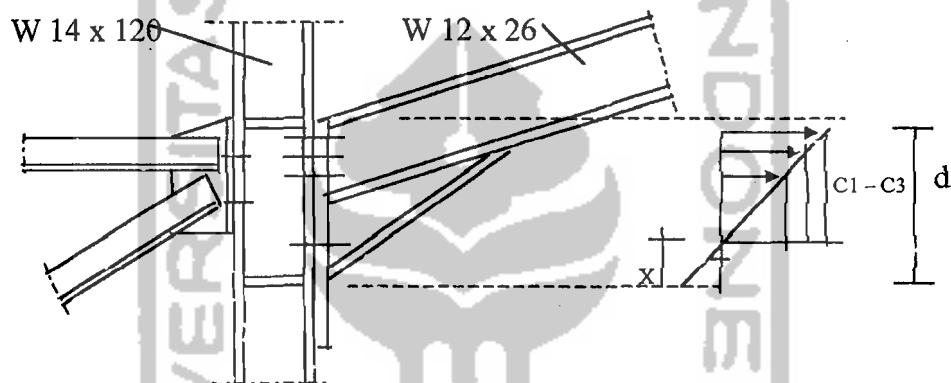
$$= 3,97 \text{ cm} - 11,11 \text{ cm}$$

$$\text{dipakai } S_2 = 7 \text{ cm}$$

Akibat adanya momen yang terjadi, maka pada baut atas akan menerima gaya tarik dan pada baut bawah menerima gaya desak bersamaan dengan pelat pengikat yang sebesar X dari garis netral.

Jarak baut terjauh $D = 23 \text{ cm}$

$$x = \frac{1}{6} \cdot D = \frac{1}{6} \cdot 23 = 3,83 \text{ cm}$$



Gambar 4.34 Sambungan Kolom dan Balok

$$C_1 = h_1 - x = 9 - 3,83 = 5,17$$

$$C_2 = h_2 - x = 16 - 3,83 = 12,17$$

$$C_3 = h_3 - x = 23 - 3,83 = 19,17$$

$$\sum C = 36,5$$

Keseimbangan antara gaya tarik dan gaya desak :

$$\frac{1}{2} \cdot b f \cdot x^2 = A \cdot (\sum C)$$

$$\frac{1}{2} \cdot 16,485 \cdot 3,83^2 = 36,5 \cdot A$$

$$A = 3,318 \text{ cm}^2 < A_{\emptyset 5/8}^5 = 2 \cdot 1,979 = 3,957 \text{ cm}^2 \dots \dots \text{OK}$$

Kapasitas kekuatan satu baut :

Gaya geser pada baut :

$$P_1 = A \cdot F_v = 1,979 \cdot 1400 = 2770 \text{ kg}$$

Gaya tumpu pada baut :

$$P_2 = t_p \cdot D \cdot F_t$$

$$= 1 \cdot 1,59 \cdot 5998,65 = 9537,85 \text{ kg}$$

dipakai : $P_{\text{baut}} = 2770 \text{ kg}$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{307000}{31,04} = 9891 \text{ kg}$$

$$N = \frac{T}{P_{\text{baut}}} = \frac{9891}{2770} = 3,6$$

Dipakai jumlah baut = 4 buah

Momen Inersia terhadap garis neutral :

$$I_n = \frac{1}{3} \cdot b_f \cdot x^3 + \sum A \cdot C_i^2$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 16,48 \cdot 3,83^3 + 3,957 \cdot 36,5^2$$

$$= 5881 \text{ cm}^4$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$F_{tr} = \frac{M \cdot C_{\text{mak}}}{I_n} = \frac{307000 \cdot 19,17}{5881}$$

$$= 1000,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{P}{n \cdot A} = \frac{3410}{4 \cdot 3,958} = 215,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = 0,33 \cdot F_u - 1,3 F_v$$

$$= 0,33 \cdot 3999 - 1,3 \cdot 215,5 = 1039,52 \text{ kg/cm}^2 > 1000,7 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}$$

b. Sambungan perpanjangan balok

Pada sambungan ini terdapat dua keadaan sambungan, yaitu sambungan yang diakibatkan oleh adanya momen dan akibat gaya geser. Untuk gaya momen ditahan sambungan pada sayap dan gaya geser ditahan sambungan pada badan profil.

1. Sambungan pada sayap yang diakibatkan oleh momen

$$M_{mak} = 3070 \text{ kg m}$$

$$\text{Dipakai diameter baut } \varnothing \frac{5}{8} " = 1,59 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai tebal plat : } t_p = 1 \text{ cm}$$

Gaya yang terjadi :

$$T = C = \frac{M}{d} = \frac{3070 \cdot 10^2}{31,04} = 9890,5 \text{ kg}$$

Kekuatan untuk 1 baut :

$$P_{geser} = A \cdot F_v$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,59^2 \cdot 1400 = 2770 \text{ kg}$$

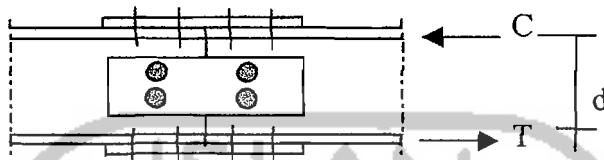
$$P_{tumpu} = t_p \cdot D \cdot F_u$$

$$= 1 \cdot 1,59 \cdot 1,5 \cdot 3999 = 9537,85 \text{ kg}$$

$$\text{Dipakai } P_{baut} = 2770 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$N = \frac{9890,5}{2770} = 3,57, \text{ dipakai jumlah baut 4 buah}$$



Gambar 4.35 Sambungan Perpanjangan Balok

2. Sambungan pada badan yang diakibatkan adanya gaya geser

$$V_{\max} = 3410 \text{ kg}$$

Dipakai diameter baut $\varnothing \frac{1}{2} " = 1,27 \text{ cm}$

Tebal plat : $t_p = 1 \text{ cm}$

Kekuatan 1 baut :

$$\begin{aligned} P_{\text{geser}} &= n \cdot A \cdot F_v \\ &= 2 \cdot 1,2668 \cdot 1400 = 3547,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{tumpu}} &= 2 \cdot t_f \cdot D \cdot F_{tu} \\ &= 2 \cdot 0,9652 \cdot 1,27 \cdot 1,5 \cdot 3999 = 14706 \text{ kg} \end{aligned}$$

dipakai $P_{\text{baut}} = 3547,04 \text{ kg}$

Jumlah baut yang diperlukan

$$N = \frac{V}{P_{\text{baut}}} = \frac{3410}{3547,04} = 0,96$$

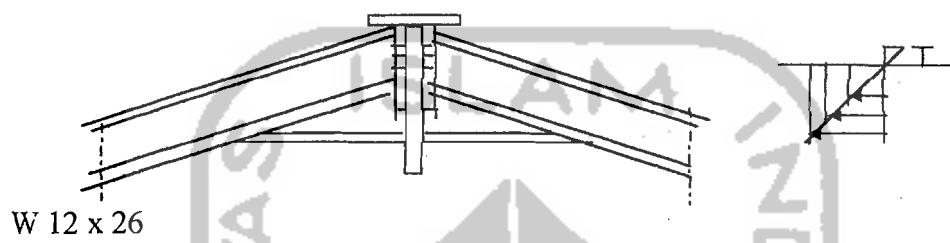
Dipakai jumlah baut = 2 buah

c. Sambungan puncak atap

Mmak = 2630 kg m

Dipakai diameter baut $\varnothing \frac{5}{8} "$ = 1,59 cm

Tebal plat : tp = 1 cm



Gambar 4.36 Sambungan Puncak Atap

Jarak baut ke tepi : $S_1 = 1,5.d - 3.d$ atau $6.t$

$$\begin{aligned} &= 1,5.(1,59) - 3.(1,59) \\ &= 2,39 \text{ cm} - 4,77 \text{ cm} \end{aligned}$$

dipakai $S_1 = 3 \text{ cm}$

Jarak antar baut : $S_2 = 2,5.d - 7.d$ atau $14.t$

$$\begin{aligned} &= 2,5.(1,59) - 7.(1,59) \\ &= 3,97 \text{ cm} - 11,13 \text{ cm} \end{aligned}$$

dipakai $S_2 = 7 \text{ cm}$

Akibat adanya momen yang terjadi, maka pada baut atas akan menerima gaya tarik dan baut bawah terkena gaya desak bersamaan dengan pelat pengikat yang sebesar X dari garis netral.

jarak baut terjauh D = 27 cm

$$x = \frac{1}{6} \cdot D = \frac{1}{6} \cdot 23 = 3,83 \text{ cm}$$

$$C_1 = h_1 - x = 9 - 3,83 = 5,17$$

$$C_2 = h_2 - x = 16 - 3,83 = 12,17$$

$$C_3 = h_3 - x = 23 - 3,83 = 19,17$$

$$\sum C = 36,5$$

Keseimbangan antara gaya tarik dan gaya desak :

$$\frac{1}{2} \cdot b_f \cdot x^2 = A \cdot (\sum C)$$

$$\frac{1}{2} \cdot 16,485 \cdot 3,83^2 = 36,5 \cdot A$$

$$A = 3,318 \text{ cm}^2 < A \varnothing \frac{5}{8} " = 2 \cdot 1,979 = 3,957 \text{ cm}^2 \dots\dots \text{OK}$$

Kapasitas kekuatan satu baut :

Gaya geser pada baut :

$$P_1 = A \cdot F_v = 1,979 \cdot 1400 = 2770 \text{ kg}$$

Gaya tumpu pada baut :

$$P_2 = t_p \cdot D \cdot F_{tu}$$

$$= 1 \cdot 1,59 \cdot 5998,65 = 9537,85 \text{ kg}$$

dipakai : $P_{\text{baut}} = 2770 \text{ kg}$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{263000}{31,04} = 8473 \text{ kg}$$

$$N = \frac{T}{P_{\text{baut}}} = \frac{8473}{2770} = 3,06$$

Dipakai jumlah baut = 4 buah

Momen Inersia terhadap garis netral :

$$I_n = \frac{1}{3} \cdot b_f \cdot x^3 + \sum A \cdot C_i^2$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{3} \cdot 16,48 \cdot 3,83^3 + 3,957 \cdot 36,5^2 \\
 &= 5881 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 F_{tr} &= \frac{M \cdot C_{\max}}{In} = \frac{263000 \cdot 19,17}{5881} \\
 &= 857,29 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_v &= \frac{P}{n \cdot A} = \frac{2990}{4 \cdot 3,958} \\
 &= 188,86 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$f_t = 0,33 \cdot f_u - 1,3 f_v$$

$$= 0,33 \cdot 3999 - 1,3 \cdot 188,86 = 1074,15 \text{ kg/cm}^2 > 857,29 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}$$

Pada sambungan puncak atap ini pula, akan ditencanakan profil WT sebagai alas untuk sambungan penggantung dan atap.

Dari hasil perhitungan SAP 90, didapatkan hasil :

$$P = 6,58 \text{ ton} = 14,7918 \text{ kips}$$

Dicoba profil WT 16,5x59

Dengan mutu baja A36

$$d = 16,43 \text{ in}$$

$$bf = 11,48 \text{ in}$$

$$tf = 0,74 \text{ in}$$

$$tw = 0,55 \text{ in}$$

$$k = 1 \frac{9}{16} \text{ in}$$

$$d_t \geq 14,57 + k$$

$$= 14,57 + 1 \frac{9}{16} = 16,1295 \text{ in} < 16,43 \text{ in OK}$$

dicoba jarak antar baut (g) = 5,5 in

panjang profil WT yang dibutuhkan :

$$b = \frac{g - tw}{2} = \frac{5,5 - 0,5}{2} = 2,475 \text{ in}$$

$$T = \frac{14,792}{2} = 7,396 \text{ kip}$$

$$M = 7,396 \cdot \left(\frac{2,475}{2} \right) = 9,1524 \text{ kip-in}$$

$$F_b = 0,75 \cdot F_y = 0,75 \cdot 36$$

$$= 27 \text{ ksi} = 1861,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{L \cdot t_f^2}{6} = \frac{L \cdot 0,74^2}{6} = 0,0913 \cdot L$$

$$S = \frac{M}{F_b} = \frac{6,2774}{27} = 0,2325 \text{ in}^3$$

$$0,0913 \cdot L = 0,2325 \Rightarrow L = 3,714 \text{ in}$$

Dipakai $L = 6,56 \text{ in}$

$$L' = \frac{1}{2} L = 3,28 \text{ in}$$

Menentukan jumlah baut pada profil WT:

Dipakai baut A-325N diameter $\frac{1}{2}''$

$$N = \frac{14,792}{0,1963 \cdot 44} = 1,713$$

Dipakai baut = 4 buah

Kontrol momen yang terjadi :

$$F = \frac{P}{N} = \frac{14,792}{4} = 3,698 \text{ kip}$$

$$a = \frac{bf - g}{2} = \frac{11,48 - 5,5}{2} = 2,99 \text{ in}$$

check : $a < 1,25$ $b = 1,25 \cdot 2,475$

$$1,03 \text{ in} < 3,094 \text{ in}, \text{ dipakai } a = 2,99 \text{ in}$$

gaya ungkit yang terjadi :

$$\begin{aligned} Q &= F \left[\frac{100 \cdot b \cdot D^2 - 18 \cdot L' \cdot tf^2}{70 \cdot a \cdot D^2 + 21 \cdot L' \cdot tf^2} \right] \\ &= 3,694 \cdot \left[\frac{100 \cdot 2,475 \cdot 0,5^2 - 18 \cdot 3,28 \cdot 0,74^2}{70 \cdot 3,099 \cdot 0,5^2 + 21 \cdot 3,28 \cdot 0,74^2} \right] \\ &= 2,6391 \text{ kip} \end{aligned}$$

$$F + Q = 3,698 + 2,6391 = 6,3371 \text{ kip} < 0,1963 \cdot 44 = 8,6372 \text{ kip}$$

$$M = Q \cdot \frac{1}{2} a = 2,6391 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,99$$

$$= 3,9455 \text{ kip-in} < 9,1524 \text{ kip-in} \dots \dots \text{OK}$$

profil WT 16,5x59 dapat digunakan

d. Sambungan kolom dengan penyokong

Dari hasil perhitungan SAP 90, didapatkan hasil :

$$M_{max} = 1240 \text{ kg m}$$

Dipakai baut $\varnothing \frac{7}{8}'' = 2,2225 \text{ cm}$

Tebal plat : $tp = 1 \text{ cm}$

Jarak baut ke tepi : $S_1 = 1,5 \cdot d - 3 \cdot d$ atau $6 \cdot t$

$$= 1,5 \cdot (2,2225) - 3 \cdot (2,2225)$$

$$= 3,81 \text{ cm} - 6,67 \text{ cm}$$

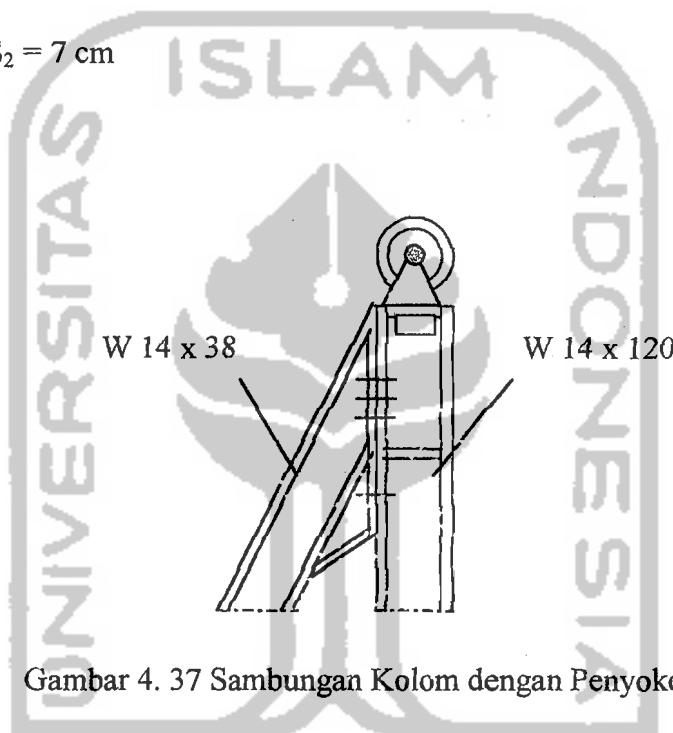
dipakai $S_1 = 4 \text{ cm}$

Jarak antar baut : $S_2 = 2,5.d - 7.d$ atau $14.t$

$$= 2,5.(2,2225) - 7.(2,22259)$$

$$= 5,56 \text{ cm} - 17,78 \text{ cm}$$

dipakai $S_2 = 7 \text{ cm}$



Gambar 4. 37 Sambungan Kolom dengan Penyokong

Akibat adanya momen yang terjadi, maka pada baut atas akan menerima gaya tarik dan baut bawah terkena gaya desak bersamaan dengan pelat pengikat yang sebesar X dari garis netral.

Jarak baut terjauh $D = 23 \text{ cm}$

$$x = \frac{1}{6} \cdot D = \frac{1}{6} \cdot 23 = 3,83 \text{ cm}$$

$$C_1 = h_1 - x = 12 - 4,33 = 7,67$$

$$C_2 = h_2 - x = 19 - 4,33 = 14,67$$

$$C_3 = h_3 - x = 26 - 4,33 = 21,67$$

$$\sum C = 44,01$$

Keseimbangan antara gaya tarik dan gaya desak :

$$\frac{1}{2} \cdot b_f \cdot x^2 = A \cdot (\sum C)$$

$$\frac{1}{2} \cdot 37,26 \cdot 4,33^2 = 44,01 \cdot A$$

$$A = 7,951 \text{ cm}^2 < A\varnothing 1'' = 2 \cdot 5,067 = 10,13 \text{ cm}^2 \dots \dots \text{OK}$$

Kapasitas kekuatan satu baut :

Gaya geser pada baut :

$$P_1 = A \cdot F_v = 5,067 \cdot 1400 = 7090 \text{ kg}$$

Gaya tumpu pada baut :

$$P_2 = t_p \cdot D \cdot F_t$$

$$= 1 \cdot 2,54 \cdot 5998,65 = 31524 \text{ kg}$$

dipakai : $P_{\text{baut}} = 7090 \text{ kg}$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{27000}{36,78} = 734,09 \text{ kg}$$

$$N = \frac{T}{P_{\text{baut}}} = \frac{734,09}{7090} = 0,104$$

Dipakai jumlah baut = 4 buah

Momen Inersia terhadap garis netral :

$$I_n = \frac{1}{3} \cdot b_f \cdot x^3 + A \cdot A \cdot C$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 37,26 \cdot 4,33^3 + 10,13 \cdot 44,01^2 = 20620 \text{ cm}^4$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$F_{tr} = \frac{M \cdot C_{mak}}{In} = \frac{27000 \cdot 21,6}{20620}$$

$$= 28,37 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{P}{n \cdot A} = \frac{110}{4 \cdot 10,13}$$

$$= 5,43 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = 0,33 \cdot F_u - 1,3 F_v$$

$$= 0,33 \cdot 3999 - 1,3 \cdot 2,712 = 1316,15 \text{ kg/cm}^2 > 28,37 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \text{OK}$$

e. Sambungan perpanjangan kolom

Pada sambungan ini terdapat dua keadaan sambungan yang diakibatkan oleh momen dan gaya geser yang terjadi.

1. Sambungan pada sayap akibat momen yang terjadi

$$M_{mak} = 4910 \text{ kg m}$$

$$\text{Dipakai diameter baut } \varnothing \frac{5}{8} " = 1,59 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai tebal plat : } t_p = 1 \text{ cm}$$

Gaya yang terjadi :

$$T = C = \frac{M}{d} = \frac{491000}{36,78} = 13349,65 \text{ kg}$$

Kekuatan untuk 1 baut :

$$P_{geser} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,59^2 \cdot 1400 = 2770 \text{ kg}$$

$$P_{tumpu} = 1 \cdot 1,59 \cdot 5998,65 = 9537,85 \text{ kg}$$

$$\text{Dipakai } P_{baut} = 2770 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$N = \frac{13349,65}{2770} = 4,82$$

Dipakai jumlah baut = 6 buah

2. Sambungan pada badan akibat gaya geser yang terjadi

$$V_{mak} = 2840 \text{ kg}$$

Dipakai diameter baut $\varnothing \frac{1}{2}'' = 1,27 \text{ cm}$

Tebal plat : $t_p = 1 \text{ cm}$

Kekuatan 1 baut :

$$\begin{aligned} P_{geser} &= 2 \cdot A \cdot F_v \\ &= 2 \cdot 1,2668 \cdot 1400 = 3547,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

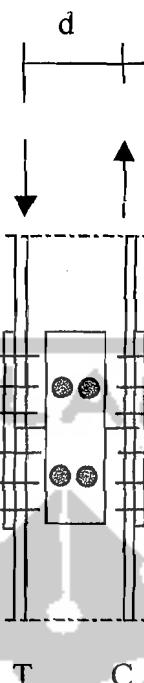
$$\begin{aligned} P_{tumpu} &= 2 \cdot t_f \cdot D \cdot F_{tu} \\ &= 2 \cdot 2,3876 \cdot 1,27 \cdot 5998,65 = 36378,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

dipakai $P_{baut} = 3547,04 \text{ kg}$

Jumlah baut yang diperlukan

$$N = \frac{V}{P_{baut}} = \frac{2840}{3547,04} = 0,8$$

Dipakai jumlah baut = 2 buah



Gambar 4.38 Sambungan Perpanjangan Kolom

f. Sambungan penggantung dengan balok atap

Dari perhitungan SAP90 (lampiran D) didapatkan gaya tarik tiap penggantung:

$$P = 6,58 \text{ ton} = 14,792 \text{ kip}$$

1. Perhitungan baut

Sebagai alat sambung dipakai baut A-325N dengan diameter $1'' = 1,54 \text{ cm}$

Tegangan geser ijinnya (ASD-Tabel J3.2):

$$F_v = 21 \text{ ksi} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin :

$$F_t = 44 \text{ ksi} = 3033,8 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas kekuatan satu baut :

$$A_{\text{baut}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1^2 = 0,7854 \text{ in}^2$$

Gaya geser pada baut :

$$P_1 = A \cdot F_v = 0,7854 \cdot 21 = 16,493 \text{ kip}$$

Gaya tarik pada baut :

$$\begin{aligned} P_2 &= t_p \cdot D \cdot F_t \\ &= 0,5 \cdot 1 \cdot 44 = 22 \text{ kip} \end{aligned}$$

$$\text{dipakai : } P_{\text{baut}} = 16,493 \text{ kip}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan untuk menahan gaya P :

$$N_1 = \frac{14,792}{16,493} = 0,897$$

Dipakai baut = 1 buah

Sebagai sambungan penggantung dipakai *Clevis Number 3, Thread : UNC Class*

2B (AISC, Manual Steel Construction ASD), dengan dimensi :

$$D_{\text{max}} = 1,375 \text{ in}$$

$$p_{\text{max}} = 1,75 \text{ in}$$

$$b = 3 \text{ in}$$

$$n = 1,3125 \text{ in}$$

$$a = 5$$

$$w = 1,5 \text{ in}$$

Beban yang masih dapat ditahan = 15 kip > T = 14,792 kip ...OK

Clevises Number 3 dapat digunakan.

2. Perhitungan profil WT

Dicoba profil WT 9 x 23

Dengan mutu baja A36

$$d = 9,03 \text{ in} = 22,94 \text{ cm}$$

$$bf = 6,06 \text{ in} = 15,39 \text{ cm}$$

$$tf = 0,605 \text{ in} = 1,5367 \text{ cm}$$

$$tw = 0,36 \text{ in} = 9,144 \text{ cm}$$

$$k = 1,25 \text{ in} = 3,175 \text{ cm}$$

$$d_t \geq (b - p) + 1,5 + k$$

$$= (3 - 1,75) + 1,25$$

$$= 4 \text{ in} < 9,03 \text{ in}$$

dicoba jarak antar baut (g) = 4 in

panjang profil WT yang dibutuhkan :

$$b = \frac{g - tw}{2} = \frac{4 - 0,605}{2} = 1,6975 \text{ in}$$

$$T = \frac{14,792}{2} = 7,396 \text{ kip}$$

$$M = 7,396 \cdot \left(\frac{1,6975}{2} \right) = 6,2774 \text{ kip-in}$$

$$F_b = 0,75 \cdot F_y = 0,75 \cdot 36$$

$$= 27 \text{ ksi} = 1861,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{L \cdot t_f^2}{6} = \frac{L \cdot 0,605^2}{6} = 0,061 L$$

$$S = \frac{M}{Fb} = \frac{6,2774}{27} = 0,2325 \text{ in}^3$$

$$L = 3,8114 \text{ in} = 9,68 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai } L = 10 \text{ cm} = 3,937 \text{ in}$$

$$L' = \frac{1}{2} L = 1,9685 \text{ in}$$

Jumlah baut pada profil WT:

Dipakai baut A-325N diameter $\frac{1}{2}$ "

$$N = \frac{14,792}{0,1963 \cdot 44} = 1,713$$

Dipakai baut = 4 buah

Kontrol momen yang terjadi :

$$F = \frac{P}{N} = \frac{14,792}{4} = 3,698 \text{ kip}$$

$$a = \frac{bf - g}{2} = \frac{6,06 - 4}{2} = 1,03 \text{ in}$$

check : $a < 1,25$ $b = 1,25 \cdot 1,6975$

$1,03 \text{ in} < 2,122 \text{ in}$, dipakai $a = 1,03 \text{ in}$

gaya ungkit yang terjadi :

$$Q = F \left[\frac{100 \cdot b \cdot D^2 - 18 \cdot L' \cdot tf^2}{70 \cdot a \cdot D^2 + 21 \cdot L' \cdot tf^2} \right]$$

$$= 3,694 \cdot \left[\frac{100 \cdot 1,6975 \cdot 0,5^2 - 18 \cdot 1,9685 \cdot 0,605^2}{70 \cdot 1,03 \cdot 0,5^2 + 21 \cdot 1,9685 \cdot 0,605^2} \right]$$

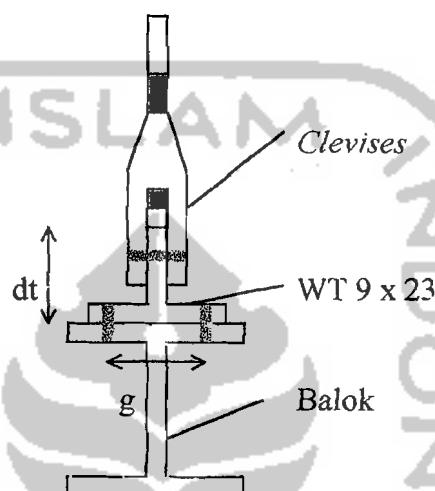
$$= 4,3369 \text{ kip}$$

$$F + Q = 3,694 + 4,3369 = 8,031 \text{ kip} < 22 \text{ kip}$$

$$M = Q \cdot \frac{1}{2} a = 4,3369 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,03$$

$$= 2,234 \text{ kip-in} < 6,2774 \text{ kip-in} \dots\dots \text{OK}$$

profil WT 9 x 23 dapat digunakan



Gambar 4.39 Sambungan Balok dan Clevises

g. Perhitungan sambungan penggantung dengan kabel

Beban-beban yang bekerja pada atap diteruskan secara terbagi merata pada penggantung. Besarnya gaya yang harus dipikul oleh tiap penggantung sebesar :

$$P = 6,58 \text{ ton} = 14,7392 \text{ kip}$$

$$\text{Gaya geser pada baut } T = \frac{P}{2} = \frac{14,7392}{2} = 7,3696 \text{ kips}$$

Sebagai alat sambung dipakai baut A-325N

Tegangan geser ijin : $F_v = 21 \text{ ksi}$

Diameter baut yang diperlukan adalah :

$$A \cdot F_v = T$$

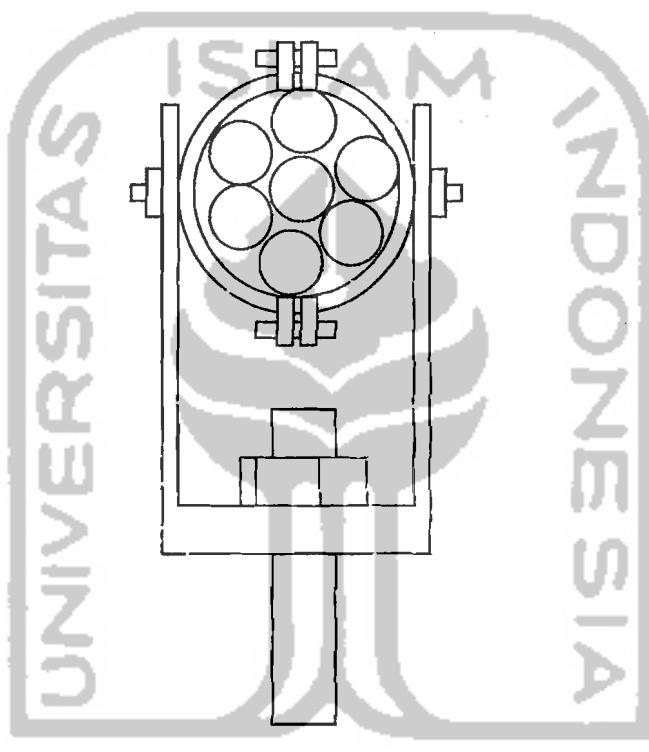
$$\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 21 = 7,3696$$

$d = 0,67 \text{ in}$, dipakai diameter baut $0,75 \text{ "}$

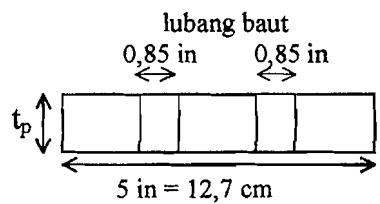
Menghitung tebal pelat penggantung (t_p) :

Misal lebar plat dipakai $5 \text{ in} = 12,7 \text{ cm}$

Masing-masing pelat dibebani gaya sebesar $T = 7,3696 \text{ kips}$



Gambar 4.40 Penggantung (*Hanger*)



Gambar 4.41 Penampang Pelat pada Penggantung

$$\text{Anetto} = \frac{T}{Fv} = \frac{7,3696}{21} = 0,3509 \text{ in}$$

$$\text{Anetto} = t_p \cdot (5 - 2 \cdot 0,85)$$

$$t_p = 0,1063 \text{ in}$$

Pelat menderita tumpu akibat baut :

$$P = n \cdot t \cdot F_t = 1 \cdot t_p \cdot 0,75 \cdot 44 = 33 \cdot t_p \text{ kips}$$

Berdasarkan geser pada pelat mutu baja A36 (jarak robek 1,5 in = 3,81 cm)

$$P = n \cdot c \cdot t_p \cdot F_{v_{\text{pelat}}} = 1 \cdot 1,5 \cdot t_p \cdot 9,9 = 14,85 \cdot t_p \text{ kips}$$

Diambil $P = 14,85 \cdot t$ kip

$$14,85 \cdot t_p = 7,3696 \text{ kips}$$

$$t_p = \frac{7,3696}{14,85} = 0,4963 \text{ in}$$

Kesimpulan dipakai tebal pelat 0,5 in

Perhitungan tebal bantalan penggantung :

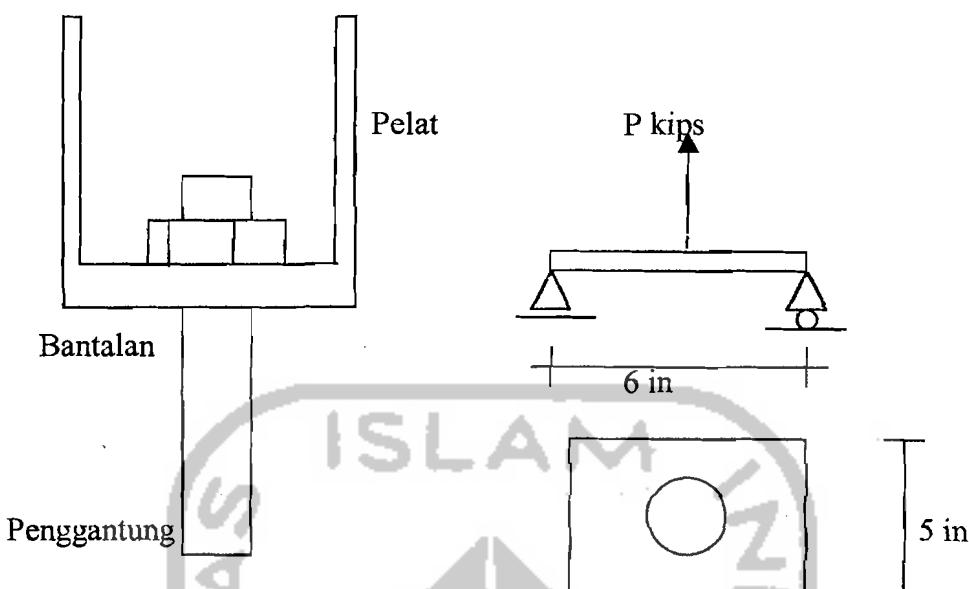
$$M = \frac{1}{4} \cdot P \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 14,7393 \cdot 6 = 22,109 \text{ kips-in}$$

$$W = \frac{M}{F} = \frac{22,109}{0,66 \cdot 36} = 0,9305 \text{ in}^3$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot t_b, \text{ diambil } b = (\text{lebar} - \emptyset \text{ baut}) = 5 - 1,1 = 3,9 \text{ in}$$

$$t_b = \sqrt{\frac{0,9305}{\frac{1}{6} \cdot 3,9}} = 1,1967 \text{ in}$$

Dipakai tebal bantalan = 1,5 in



Gambar 4.42 Bantalan dan Batang Penggantung

h. Sambungan joint pada rangka kolom

1. Joint 26

Pada sambungan ini terdapat kombinasi antara gaya geser dan gaya tarik baut. Dari hasil perhitungan SAP 90 didapatkan gaya sebesar:

$$P_1 = \text{gaya dari arah horisontal}$$

$$= 1,53 \text{ ton} = 3,44 \text{ kips}$$

$$P_2 = \text{gaya dari arah diagonal}$$

$$= -3,43 \text{ ton} = 7,711 \text{ kips}$$

Dengan sudut dalam terhadap penyokong :

$$\alpha_1 = 78,24^\circ$$

$$\alpha_2 = 61,22^\circ$$

maka didapat gaya terdistribusi :

$$P_{1x} = P_1 \cdot \sin \alpha_1 = 1,53 \cdot \sin 78,24^\circ = 1,50 \text{ ton}$$

$$P_{1y} = P_1 \cdot \cos \alpha_1 = 1,53 \cdot \cos 78,24^\circ = 0,31 \text{ ton}$$

$$P_{2x} = P_2 \cdot \sin \alpha_2 = -3,43 \cdot \sin 61,22^\circ = -3,01 \text{ ton}$$

$$P_{2y} = P_2 \cdot \cos \alpha_2 = -3,43 \cdot \cos 61,22^\circ = -1,65 \text{ ton}$$

$$Px = P_{1x} + P_{2x} = -1,51 \text{ t} = 3,395 \text{ kips}$$

$$Py = P_{1y} + P_{2y} = -1,34 \text{ t} = 3,012 \text{ kips}$$

Sebagai alat sambung dipakai baut A-325N dengan diameter $\frac{1}{2}'' = 1,27 \text{ cm}$

Tegangan geser ijinnya (ASD-Tabel J3.2):

$$F_v = 21 \text{ ksi} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin :

$$F_t = 44 \text{ ksi} = 3033,8 \text{ kg/cm}^2$$

Kombinasi tegangan geser dan tegangan tarik ijin :

$$F_t = \sqrt{44^2 - 4,39 \cdot F_v^2}$$

Perhitungan jumlah baut batang horizontal dan diagonal

$$A \text{ baut} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,5^2 = 0,1963 \text{ cm}^2$$

Jumlah baut yang dibutuhkan untuk menahan gaya P_1 pada batang horizontal :

$$N_1 = \frac{3,44}{0,1963 \cdot 21 \cdot 2} = 0,43$$

Dipakai baut = 2 buah

Jumlah baut yang dibutuhkan untuk menahan gaya P_2 pada batang diagonal :

$$N_2 = \frac{7,711}{0,1963 \cdot 21 \cdot 2} = 0,96$$

Dipakai baut = 2 buah

Perhitungan dimensi WT

Dicoba profil WT 9 x 23

Dengan mutu baja A36, data profil WT 9 x 23 :

$$d = 9,03 \text{ in} = 22,94 \text{ cm}$$

$$bf = 6,06 \text{ in} = 15,39 \text{ cm}$$

$$tf = 0,605 \text{ in} = 1,5367 \text{ cm}$$

$$tw = 0,36 \text{ in} = 9,144 \text{ cm}$$

$$k = 1,25 \text{ in} = 3,175 \text{ cm}$$

$$d_t \geq 2 \times 1,5 + 3 + k$$

$$= 6 + k$$

$$= 7,25 \text{ in} < 9,03 \text{ in}$$

$$\text{dicoba jarak antar baut (g)} = 4 \text{ in}$$

panjang profil WT yang dibutuhkan :

$$b = \frac{g - tw}{2} = \frac{4 - 0,36}{2} = 1,82 \text{ in}$$

$$T = \frac{Px}{2} = \frac{3,395}{2} = 1,6972 \text{ kips}$$

$$M = T \cdot \frac{b}{2}$$

$$= 1,6972 \cdot \left(\frac{1,82}{2} \right) = 1,544 \text{ kip-in}$$

$$Fb = 0,75 \cdot Fy = 0,75 \cdot 36$$

$$= 27 \text{ ksi} = 1861,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{L \cdot t_f^2}{6} = \frac{L \cdot 0,605^2}{6} = 0,061 L$$

$$S = \frac{M}{Fb} = \frac{1,544}{27} = 0,0572 \text{ in}^3$$

$$L = 0,938 \text{ in}$$

Dipakai $L = 11 \text{ in}$

Jumlah baut pada profil WT:

Dipakai baut A-325N diameter $\frac{1}{2}''$

$$N_3 = \frac{3,395}{0,1963 \cdot 44} = 0,393$$

Dipakai baut = 4 buah

Kontrol momen yang terjadi :

$$F = \frac{P}{N} = \frac{3,395}{4} = -0,849 \text{ kip}$$

$$a = \frac{hf - g}{2} = \frac{6,06 - 4}{2} = 1,03 \text{ in}$$

check : $a < 1,25$ $b = 1,25 \cdot 1,6975$

$1,03 \text{ in} < 2,122 \text{ in}$, dipakai $a = 1,03 \text{ in}$

gaya ungkit yang terjadi :

$$Q = F \left[\frac{100 \cdot b \cdot D^2 - 18 \cdot L' \cdot t_f^2}{70 \cdot a \cdot D^2 + 21 \cdot L' \cdot t_f^2} \right]$$

$$= -0,849 \cdot \left[\frac{100 \cdot 1,6975 \cdot 0,5^2 - 18 \cdot 5,5 \cdot 0,605^2}{70 \cdot 1,03 \cdot 0,5^2 + 21 \cdot 5,5 \cdot 0,605^2} \right]$$

$$= 1,045 \text{ kip}$$

$$F + Q = 0,849 + 1,045 = 1,894 \text{ kip} < 22 \text{ kip}$$

$$M = Q \cdot \frac{1}{2} a = 1,045 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,03$$

$$= 0,5384 \text{ kip-in} < 1,544 \text{ kip-in} \dots \dots \text{OK}$$

kontrol tegangan yang terjadi :

$$f_v = \frac{P_y}{A \cdot n} = \frac{3,012}{0,1963 \cdot 4} = 3,836 \text{ kip}$$

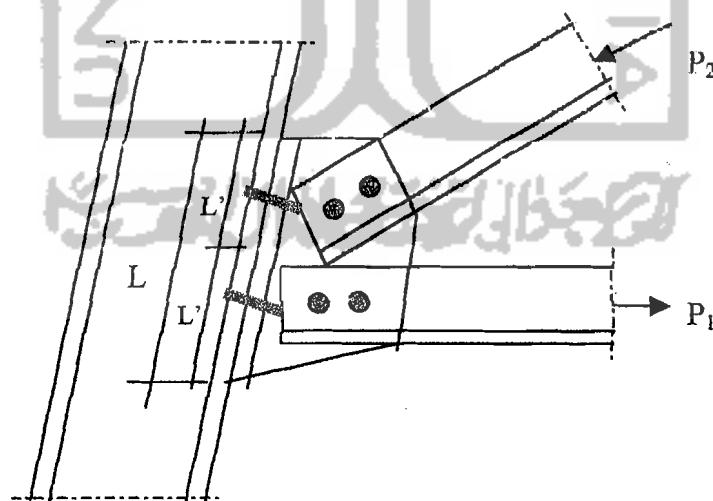
$$f_t = \frac{P_x}{A \cdot n} = \frac{3,395}{0,1963 \cdot 4} = 4,3237 \text{ kip}$$

kombinasi tegangan geser dan tegangan tarik :

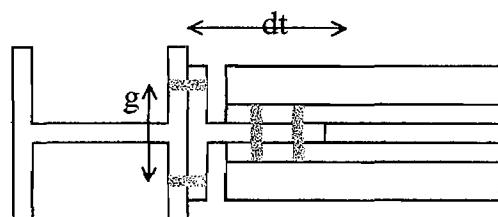
$$F_t = \sqrt{44^2 - 4,39 \cdot 3,836^2} = 43,26 \text{ kip} > 4,3237 \text{ kip}$$

profil WT 9 x 23 dapat digunakan

2. Untuk perhitungan pada joint yang lain dilakukan dengan tabel



Gambar 4.43 Sambungan Rangka Kolom

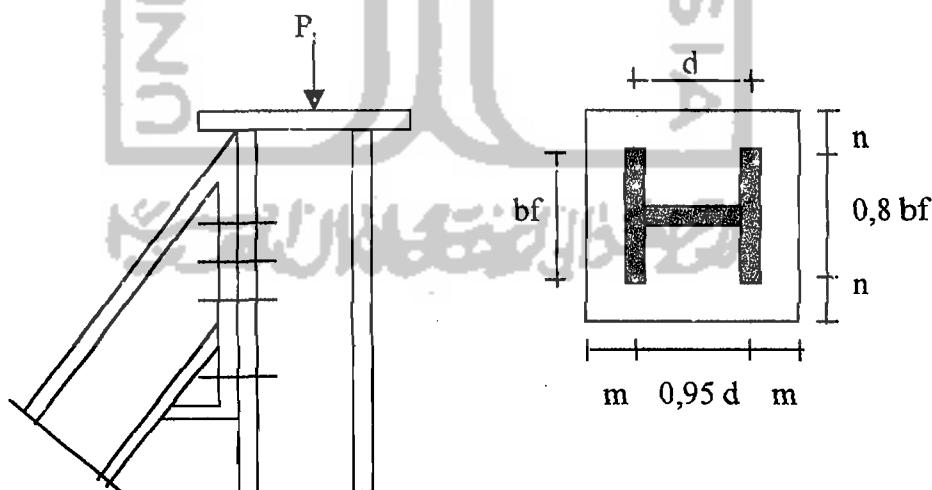


Gambar 4. 44 Sambungan Rangka Kolom Tampak Atas

i. Perhitungan pelat atas kolom

Dalam merencanakan pelat atas kolom diasumsikan bahwa gaya vertikal didukung oleh pelat kaku, sehingga gaya tersebut didistribusikan secara merata diatas tumpuan profil baja. Mutu baja yang digunakan adalah A36 dengan tegangan ijin tumpu :

$$F_p = 1,5 F_u = 1,5 \cdot 58 = 87 \text{ ksi}$$



Gambar 3.45 Pelat Atas Kolom

Menentukan dimensi pelat

dari perhitungan SAP90 (lampiran D), diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= T_1 \cdot \cos \beta + T_2 \cdot \cos \beta_2 \\ &= 9,81 \cdot \cos 11,76^\circ + 31,18 \cdot \cos 79,242^\circ \\ &= 15,4242 \text{ ton} = 34,6736 \text{ kips} \end{aligned}$$

luas pelat kolom yang diperlukan akibat adanya gaya vertikal :

$$A_{\text{perlu}} = \frac{P}{1,33 \cdot F_p} = \frac{34,6736}{1,33 \cdot 87} = 0,3 \text{ in}^2$$

Dimensi pelat :

$$0,80 \cdot b_f = 0,8 \cdot (14,67) = 11,736 \text{ in}$$

$$0,95 \cdot d = 0,95 \cdot (14,48) = 13,032 \text{ in}$$

dicoba ukuran : $B = 15 \text{ in}$, dan $N = 15 \text{ in}$

$$A_{\text{pelat}} = 15 \cdot 15 = 225 \text{ in}^2 > 0,3 \text{ in}^2$$

Tebal pelat

Penampang kritis untuk lentur :

$$n = 0,5 \cdot (15 - 11,736) = 1,632 \text{ in} \text{ (menentukan)}$$

$$m = 0,5 \cdot (15 - 13,032) = 0,984 \text{ in}$$

tegangan tumpu yang terjadi :

$$f_p = \frac{34,6736}{225} = 0,1541 \text{ kis}$$

tebal pelat yang dibutuhkan :

$$tp = \sqrt{\frac{3 \cdot fp \cdot n^2}{0,75 \cdot Fy}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,1541 \cdot 1,632^2}{0,75 \cdot 36}} = 0,214 \text{ in}$$

dipakai pelat $\frac{1}{2} \times 15 \times 1\frac{1}{2}$ "

Sambungan antara pelat dengan kolom digunakan sambungan las. Dicoba menggunakan las $\frac{1}{4}$ " jenis elektrode E70XX, menggunakan proses *shield metal arc*:

Kekuatan las :

$$\begin{aligned} R_w &= a \cdot (0,707) \cdot (0,30 \cdot F_{EXX}) \\ &= \frac{1}{4} \cdot (0,707) \cdot (0,3 \cdot 70) = 3,71 \text{ kip/in} \end{aligned}$$

Gaya yang harus ditahan oleh las :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{0,27 \cdot 88,5039}{14,48} = 1,6503 \text{ kip}$$

Panjang las yang diperlukan :

$$L_w = \frac{1,6503}{1,86} = 0,89 \text{ in}$$

j. Perhitungan saddle tipe rol

dipakai baja $F_y = 250 \text{ Mpa}$

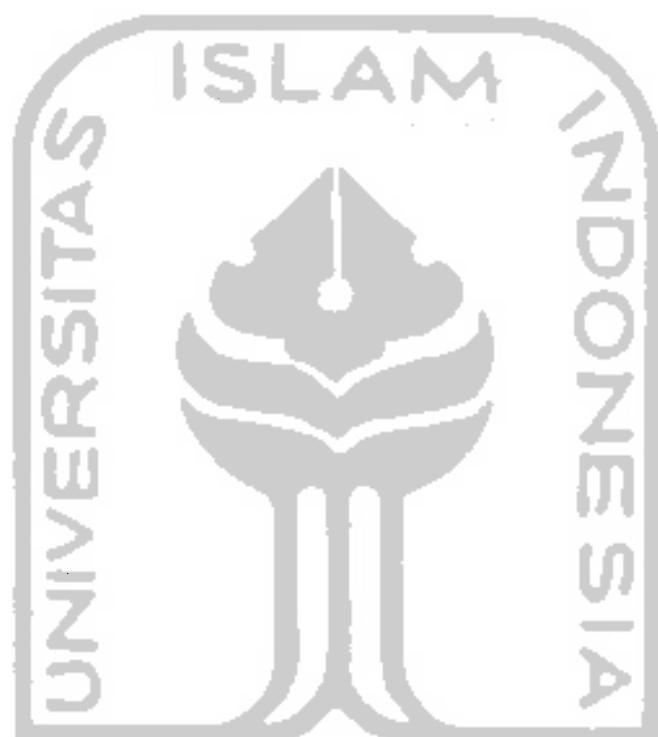
tegangan geser ijin baja :

$$F_v = 0,4 F_y = 0,4 \cdot 2500 = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

Diameter baja yang diperlukan :

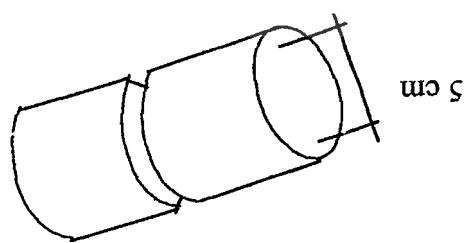
$$P = V = A \cdot F_v$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot F_v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15424,2}{\pi \cdot 1000}} = 4,43 \text{ cm}$$



Gambar 3.46 Saddie

Logo Universitas Islam Indonesia



dipakai diameter baju 5 cm

Tabel 4.3 Perhitungan Sambungan Rangka Kolom

Joint	P1 (ton)	P2 (ton)	P geser ton	P tarik ton	D baut (in)	Jumlah baut		WT	g in	b in	M kip-ft	L in	L dipakai	N3		F	a cm	Q (ton)	M1	check M1 < M	fv	ft	Ft	Ket. Ft > ft	
						N1	N2							N3	dipakai										
2	1.53	0	0.00	1.53	0.5	0.42	0.00	2	9 x 23	4	1.820	1.565	0.950	11.0	0.40	4	0.860	1.030	-1.059	-0.5456	aman	0.00	4.38	44.00	aman
3	3.37	-3.43	-1.00	0.09	0.5	0.92	0.94	2	9 x 23	4	1.820	0.092	0.056	11.0	0.02	4	0.051	1.030	-0.062	-0.0321	aman	2.86	0.26	43.59	aman
4	3.44	-3.88	-1.55	-0.12	0.5	0.94	1.06	2	9 x 23	4	1.820	0.123	0.075	11.0	0.03	4	-0.067	1.030	0.083	0.0428	aman	4.44	0.34	43.01	aman
5	3.89	-4.22	-1.81	0.08	0.5	1.06	1.15	2	9 x 23	4	1.820	0.082	0.050	11.0	0.02	4	0.045	1.030	-0.055	-0.0285	aman	5.18	0.23	42.64	aman
6	3.78	-4.96	-2.36	-0.58	0.5	1.03	1.35	2	9 x 23	4	1.820	0.593	0.360	11.0	0.15	4	-0.326	1.030	0.402	0.2068	aman	6.76	1.66	41.66	aman
7	-0.24	-5.01	-2.60	-4.52	0.5	0.07	1.37	2	9 x 23	4	1.820	4.623	2.807	11.0	1.18	4	-2.540	1.030	3.130	1.6117	aman	7.45	12.94	41.14	aman
8	0.2	0.26	0.15	0.41	0.5	0.05	0.07	2	9 x 23	4	1.820	0.419	0.255	11.0	0.11	4	0.230	1.030	-0.284	-0.1462	aman	0.43	1.17	43.99	aman
9	-0.2	0.26	0.16	0	0.5	0.05	0.07	2	9 x 23	4	1.820	0.000	0.000	11.0	0.00	4	0.000	1.030	0.000	0.0000	aman	0.46	0.00	43.99	aman
10	-0.21	0.28	0.19	-0.01	0.5	0.06	0.08	2	9 x 23	4	1.820	0.010	0.006	11.0	0.00	4	-0.008	1.030	0.007	0.0036	aman	0.54	0.03	43.99	aman
11	-0.26	0.36	0.27	-0.03	0.5	0.07	0.10	2	9 x 23	4	1.820	0.031	0.019	11.0	0.01	4	-0.017	1.030	0.021	0.0107	aman	0.77	0.09	43.97	aman
12	2.62	0.65	0.55	2.97	0.5	0.71	0.18	2	9 x 23	4	1.820	3.038	1.844	11.0	0.77	4	1.669	1.030	-2.056	-1.0590	aman	1.58	8.51	43.88	aman
13	0.26	-14.4	-13.37	-5.09	0.875	0.02	1.28	2	9 x 23	4	1.820	5.206	3.161	11.0	0.43	4	-2.861	1.030	-0.574	-0.2955	aman	12.50	4.76	35.35	aman
15	0.26	0	0.05	0.25	0.5	0.07	0.00	2	9 x 23	4	1.820	0.256	0.155	11.0	0.07	4	0.141	1.030	-0.173	-0.0891	aman	0.14	0.72	44.00	aman
16	2.62	-14.4	-13.66	0.05	0.875	0.23	1.28	2	9 x 23	4	1.820	0.051	0.031	11.0	0.00	4	0.028	1.030	0.006	0.0029	aman	12.77	0.05	34.92	aman
17	-0.26	0.65	0.55	-0.02	0.5	0.07	0.18	2	9 x 23	4	1.820	0.020	0.012	11.0	0.01	4	-0.011	1.030	0.014	0.0071	aman	1.58	0.06	43.88	aman
18	-0.21	0.36	0.27	-0.03	0.5	0.06	0.10	2	9 x 23	4	1.820	0.031	0.019	11.0	0.01	4	-0.017	1.030	0.021	0.0107	aman	0.77	0.09	43.97	aman
19	-0.2	0.28	0.19	-0.04	0.5	0.05	0.08	2	9 x 23	4	1.820	0.041	0.025	11.0	0.01	4	-0.022	1.030	0.028	0.0143	aman	0.54	0.11	43.99	aman
20	-0.2	0.26	0.16	-0.03	0.5	0.05	0.07	2	9 x 23	4	1.820	0.031	0.019	11.0	0.01	4	-0.017	1.030	0.021	0.0107	aman	0.46	0.09	43.99	aman
21	-0.24	0.26	0.14	-0.06	0.5	0.07	0.07	2	9 x 23	4	1.820	0.061	0.037	11.0	0.02	4	-0.034	1.030	0.042	0.0214	aman	0.40	0.17	43.99	aman
22	3.78	-5.01	-2.65	0.04	0.5	1.03	1.37	2	9 x 23	4	1.820	0.041	0.025	11.0	0.01	4	0.022	1.030	-0.028	-0.0143	aman	7.59	0.11	41.03	aman
23	3.89	-4.96	-2.41	0.02	0.5	1.06	1.35	2	9 x 23	4	1.820	0.020	0.012	11.0	0.01	4	0.011	1.030	-0.014	-0.0071	aman	6.90	0.06	41.56	aman
24	3.44	-4.22	-1.85	0.01	0.5	0.94	1.15	2	9 x 23	4	1.820	0.010	0.006	11.0	0.00	4	0.006	1.030	-0.007	-0.0036	aman	5.30	0.03	42.58	aman
25	3.37	-3.88	-1.55	0.13	0.5	0.92	1.06	2	9 x 23	4	1.820	0.133	0.081	11.0	0.03	4	0.073	1.030	-0.090	-0.0464	aman	4.44	0.37	43.01	aman
26	1.53	-3.43	-1.34	-1.51	0.5	0.42	0.94	2	9 x 23	4	1.820	1.544	0.938	11.0	0.39	4	-0.849	1.030	1.045	0.5384	aman	3.84	4.32	43.26	aman