

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Penjelasan Tabel

Tabel bantu untuk desain pendahuluan balok kolom baja terdiri dari 3 tabel, yaitu tabel kapasitas gaya aksial murni (N_n), tabel nilai pendekatan m awal dan tabel koefisien m dan U untuk menentukan nilai N_{eq} pada masing-masing profil untuk tiap jenis mutu baja.

Pada tabel kapasitas gaya aksial murni (N_n), diberikan nilai kapasitas gaya aksial masing-masing profil berdasarkan panjang efektifnya (KL) terfaktor. Tabel ini secara umum terdiri dari 3 bagian.

Bagian pertama menunjukkan jenis profil yang terletak pada baris pertama merupakan index profil, baris kedua merupakan nilai tinggi profil x lebar sayap ($A \times B$), dan baris ketiga merupakan berat profil persatuan panjang. Bagian kedua menunjukkan panjang efektif kolom, yang nilainya dapat dilihat apada kolom kedua. Sedangkan bagian ketiga merupakan nilai kapasitas aksial murni terfaktor, yang berbentuk matriks yang merupakan fungsi dari baris jenis profil dan kolom panjang efektif.

Tabel kedua digunakan untuk menentukan nilai m pada awal desain pendahuluan. Pada tabel ini, nilai m sebagai pendekatan awal diambil berdasarkan jenis mutu baja dan panjang efektifnya, serta berlaku umum bagi semua jenis atau dimensi profil.

Tabel ketiga yaitu tabel koefisien m dan U , yang formatnya seperti tabel kapasitas aksial kolom baja, dengan tambahan nilai U pada baris ke-empat pada masing-masing tabel.

4.2. Penerapan Tabel

Prosedur dalam desain pendahuluan balok kolom baja menggunakan tabel bantu adalah sebagai berikut:

1. Setelah nilai gaya aksial dan momen yang bekerja serta panjang efektif diketahui dengan analisis struktur, nilai m awal diambil berdasarkan jenis mutu baja dan panjang efektif elemen balok kolom tersebut.
2. Menghitung nilai N_{eq} menggunakan persamaan:

$$N_{eq} = Nu + m Mu_x + m U Mu_y$$

N_{eq} = Kapasitas aksial ekuivalen yang diperlukan

Nu = gaya aksial ultimit terfaktor yang bekerja

Mu = Momen ultimit terfaktor yang bekerja

m = faktor yang diambil dari tabel m

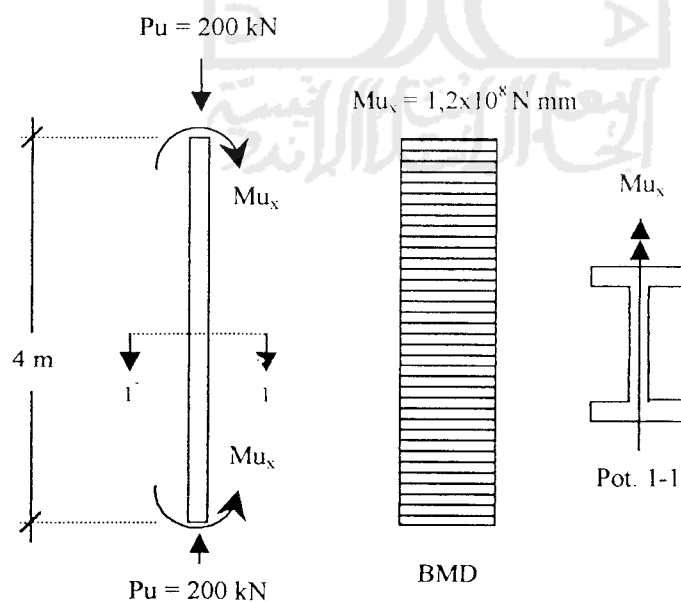
U = faktor yang diambil dari tabel U

3. Dari tabel nilai kapasitas aksial terfaktor, dipilih profil yang mempunyai kapasitas aksial mendekati atau sedikit lebih besar dari N_{eq} .
4. Berdasarkan profil yang dipilih, tentukan nilai m dan U untuk profil tersebut sesuai dengan panjang efektifnya, yang diambil dari tabel m .
5. Kembali ke langkah kedua, dengan mengganti nilai m dan U awal menjadi nilai m dan U dari langkah ke 4, sampai didapatkan nilai N_{eq} yang konstan.
6. Melakukan desain dengan mengontrol menggunakan persamaan interaksi yang sesuai.

4.3. Contoh Penerapan Tabel

Contoh I

Desain sebuah balok kolom dengan diketahui gaya aksial ultimit, $N_u = 200.000$ N, dan momen ultimit terhadap sumbu-x, $M_{u_x} = 1,2 \times 10^8$ N mm, $k = 1$ dan tinggi kolom = 4m. Digunakan baja jenis BJ 34 dengan $f_y = 210$ MPa.



Penyelesaian :

Estimasi N_{eq} untuk kondisi-kondisi yang diberikan dengan menggunakan persamaan 3.1, tabel harga m dan tabel N_n yang berkaitan.

$kL = 4 \text{ m} \rightarrow m \text{ awal} = 0,006$ (diambil dari tabel m awal)

$$N_{eq} = N_u + m \cdot M_{u_x} = 200.000 + 0,006 \times 1,2 \times 10^8 = 920000 \text{ N}$$

Coba profil W 300x200 (294 x 200) dengan N_n pada $kL = 4\text{m}$ adalah 915 kN

$m = 0,006$

Coba profil W 300x200 (294 x 200)

Kontrol dengan persamaan interaksi :

$$I_x = 11300 \text{ cm}^4$$

$$A_g = 72,38 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 1600 \text{ cm}^4$$

$$h = 29,4 \text{ cm}$$

$$S_x = 771 \text{ cm}^3$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$S_y = 160 \text{ cm}^3$$

$$t_f = 1,2 \text{ cm}$$

$$r_x = 12,5 \text{ cm}$$

$$t_w = 0,8 \text{ cm}$$

$$r_y = 4,71 \text{ cm}$$

$$f_r = 70 \text{ MPa (profil rolled)}$$

$$N_y = A_g \cdot f_y = 72.38 \times 100 \times 210 = 1519980 \text{ N}$$

$$N_u / \phi N_y = 200.000 / (0.9 \times 1519980) = 0.146 > 0.125$$

- Menghitung perbandingan maksimum lebar terhadap tebal pelat profil

Persamaan untuk menentukan perbandingan maksimum lebar terhadap tebal dapat dilihat pada **tabel 2.2.** Untuk kasus ini, digunakan persamaan balok kolom yang mempunyai nilai $N_u / \phi N_y > 0,125$.



$$\lambda_r \text{ badan balok} = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \left[1 - \frac{0,74 Nu}{\phi_b N_y} \right] = \frac{2550}{\sqrt{210}} \left[1 - \frac{0,74 \times 200.000}{0,9 \times 1519980} \right] = 159,93$$

$$\lambda_p \text{ badan balok} = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left[2,33 - \frac{Nu}{\phi_b N_y} \right] = \frac{500}{\sqrt{210}} [2,33 - 0,1462] = 75,35 > \frac{665}{\sqrt{f_y}} = 45,89 \dots \text{ok}$$

$$\lambda_r \text{ sayap balok} = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{210 - 70}} = 31,27$$

$$\lambda_p \text{ sayap balok} = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{210}} = 11,73$$

$$\lambda_r \text{ badan kolom} = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{210}} = 45,89$$

$$\lambda_r \text{ sayap kolom} = \frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{210}} = 13,8$$

- Menentukan profil kompak/tidak kompak

$$\lambda_{\text{badan}} = h/t_w = 294/8 = 36,75 < \lambda_r \text{ badan kolom}$$

$$\lambda_{\text{sayap}} = b_f/(2t_f) = 200/(2 \times 12) = 8,3333 < \lambda_r \text{ sayap kolom}$$

karena $\lambda < \lambda_r$ maka profil W 300x200 (294 x 200) termasuk profil kompak, sehingga baik flens maupun badan memenuhi kriteria kompak untuk mencegah tekuk lokal sebelum mencapai kekuatan kolom berdasarkan kL/r dan kapasitas aksial nominalnya dapat dihitung dengan persamaan-persamaan 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 dan 2.8.

- Menentukan jenis kolom pendek, moderat atau langsing

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{kL}{r_{\min}} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \frac{1 \times 4000}{47,1} \sqrt{\frac{210}{200000}} = 0,876$$

karena $0,125 \leq \lambda_c < 1,25$ maka kolom termasuk kolom moderat, sehingga digunakan persamaan 2.7.

- Menentukan nilai tegangan kritis (f_{cr}) dan kapasitas aksial nominal kolom (N_n) untuk kolom moderat

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,876} = 1,41$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega} = \frac{210}{1,41} = 148,774 \text{ MPa}$$

$N_n = A_g \cdot f_{cr} = 7238 \times 148,774 = 1076826,11 \text{ N} \rightarrow \phi_c N_n = 0,85 \times 1076826,11 \text{ N} = 915326,75 \text{ N}$
atau nilai N_n langsung dapat diambil dari tabel N_n , yang bernilai 915 kN.

- Menentukan kapasitas momen berdasarkan kriteria tekuk lokal

$$\lambda_{\text{badan}} = 36,75 < \lambda_{p \text{ badan balok}} = 75,35$$

$$\lambda_{\text{sayap}} = 8,333 < \lambda_{p \text{ sayap balok}} = 11,73$$

karena $\lambda < \lambda_p$ maka tidak akan terjadi tekuk lokal sebelum momen plastis penuh tercapai, sehingga kapasitas momen tekuk lokal = kapasitas momen plastis.

$$Z_x = bf \times tf (h - tf) + 0,25 \times tw (h - 2tf)^2 = 822600 \text{ mm}^3$$

- Kapasitas momen tekuk lokal

$$M_{n_x} = M_{p_x} = 822600 \times 210 = 172746000 \text{ Nmm}$$

- Menentukan kapasitas momen berdasarkan kriteria tekuk lateral

$$J = \frac{1}{3}(2bf \cdot tf^3 + h \cdot tw^3) = 280576 \text{ mm}^4$$

$$X_1 = \frac{\pi}{Sx} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{3,14}{771000} \sqrt{\frac{200000 \times 80000 \times 280576 \times 7238}{2}} = 16415,5$$

$$I_w = \frac{h^2 \cdot I_y}{4} = \frac{294^2 \cdot 1600000}{4} = 3,457 \times 10^{11}$$

$$X_2 = 4 \left(\frac{S}{GJ} \right)^2 \frac{I_w}{I_y} = 4 \left(\frac{771000}{80000 \times 280576} \right)^2 \frac{4,457 \times 10^{11}}{16000000} = 1,315 \times 10^{-4}$$

$$f_l = f_y - f_r = 210 - 70 = 140 \text{ MPa}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 47,1 \sqrt{\frac{200000}{210}} = 2558,23 \text{ mm}$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_l} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_l}} = 47,1 \frac{16415,5}{140} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 1,315 \times 10^{-4} \times 140^2}} = 9390,77 \text{ mm}$$

$$L = 4 \text{ m} = 4000 \text{ mm}$$

untuk $L_p < L < L_r$ tekuk lateral yang terjadi adalah tekuk inelastis, sehingga digunakan persamaan 2.16

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

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r) = 771000 \times 140 = 107940000 \text{ Nmm}$$

$$Mn_{\text{tekuklateral}} = 1 \left[107940000 + (172746000 - 107940000) \frac{(9390,77 - 4000)}{(9390,77 - 2558,23)} \right] = 159070947 \text{ Nmm}$$

$$Mn_x \text{ terpakai} = 159070947 \text{ Nmm}$$

— Kontrol persamaan interaksi:

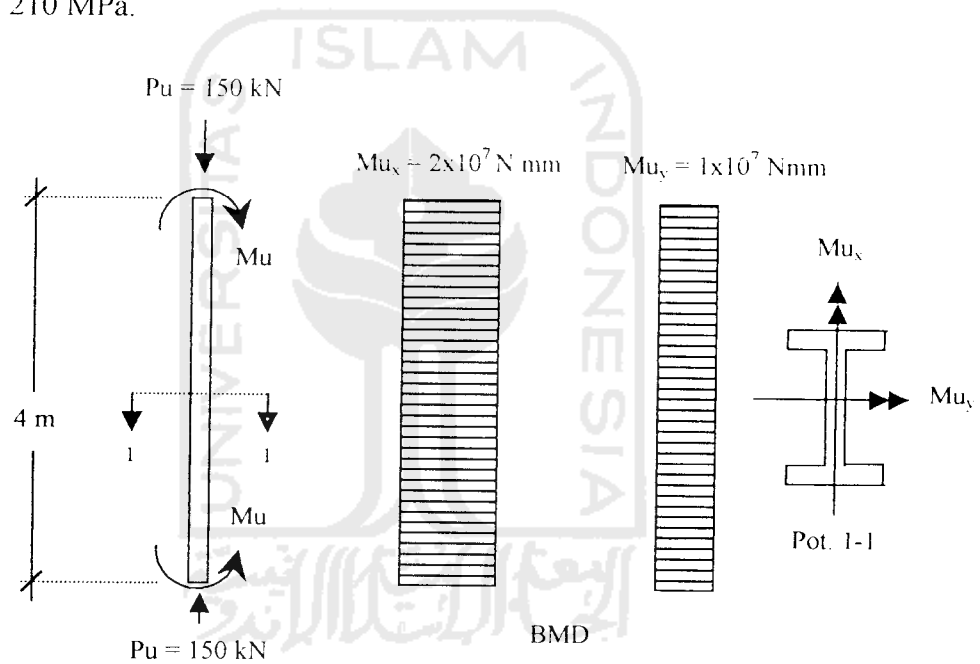
$$\frac{Nu}{\phi_c N_n} = \frac{200.000 \text{ N}}{915326,75} = 0,2185 > 0,2$$

Karena $Nu/\phi N_n > 0,2$, digunakan persamaan 2.25

$$\frac{Nu}{\phi_c Nu} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mu_x}{\phi_b Mn_x} \right) = 0,2185 + \frac{8}{9} \left(\frac{1,2 \times 10^8}{0,9 \times 159070947} \right) = 0,9635 < 1 \dots ok$$

Contoh II

Desain sebuah balok kolom dengan diketahui gaya aksial ultimit, $N_u = 150.000$ N, momen terhadap sumbu-x, $M_{u_x} = 2 \times 10^7$ N mm dan momen terhadap sumbu-y, $M_{u_y} = 1 \times 10^7$ N mm, $k = 1$ dan tinggi kolom = 4m. Digunakan baja jenis BJ 34 dengan $f_y = 210$ MPa.



Penyelesaian :

Estimasi N_{eq} untuk kondisi-kondisi yang diberikan dengan menggunakan persamaan

3.1, tabel harga m dan tabel N_n yang berkaitan.

$$kL = 4 \text{ m} \rightarrow m \text{ awal} = 0,006$$

$$N_{eq} = N_u + m.Mu_x + m.U.Mu_y$$

$$= 150.000 + 0,006 \times 2 \times 10^7 + 0,006 \times 5 \times 1 \times 10^7 = 570000 \text{ N}$$

coba profil W175 x 175

$$m = 0,01 \text{ (diambil dari tabel m BJ-34)}$$

$$U = 2,2 \text{ (diambil dari tabel Nn baris ke-4)}$$

$$N_{eq} = N_u + m.Mu_x + m.U.Mu_y$$

$$= 150.000 + 0,01 \times 2 \times 10^7 + 0,01 \times 2,2 \times 1 \times 10^7 = 570000 \text{ N}$$

coba profil W175 x 175 dengan nilai Nn pada kL = 4m adalah 619 kN

Kontrol dengan persamaan interaksi :

$$I_x = 2880 \text{ cm}^4$$

$$A_g = 51,21 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 984 \text{ cm}^4$$

$$h = 17,5 \text{ cm}$$

$$S_x = 330 \text{ cm}^3$$

$$b = 17,5 \text{ cm}$$

$$S_y = 112 \text{ cm}^3$$

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

$$r_x = 7,5 \text{ cm}$$

$$t_w = 0,75 \text{ cm}$$

$$r_y = 4,38 \text{ cm}$$

$$f_r = 70 \text{ MPa (profil rolled)}$$

$$N_y = A_g \cdot f_y = 51.21 \times 100 \times 210 = 1075410 \text{ N}$$

$$N_u \phi N_y = 150.000 / (0,9 \times 1075410) = 0,155 > 0,125$$

- Menghitung perbandingan maksimum lebar terhadap tebal pelat profil

Persamaan untuk menentukan perbandingan maksimum lebar terhadap tebal dapat dilihat pada **tabel 2.2.** Untuk kasus ini, digunakan persamaan balok kolom yang mempunyai nilai $Nu/\phi Ny > 0,125$.

$$\lambda_r \text{ badan balok} = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \left[1 - \frac{0,74 Nu}{\phi_b Ny} \right] = \frac{2550}{\sqrt{210}} \left[1 - \frac{0,74 \times 150.000}{0,9 \times 5121 \times 210} \right] = 155,786$$

$$\lambda_p \text{ badan balok} = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left[2,33 - \frac{Nu}{\phi_b Ny} \right] = \frac{500}{\sqrt{210}} [2,33 - 0,1395] = 75,58 > \frac{665}{\sqrt{f_y}} = 45,89 \dots \text{ok}$$

$$\lambda_r \text{ sayap balok} = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{210 - 70}} = 31,27$$

$$\lambda_p \text{ sayap balok} = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{210}} = 11,73$$

$$\lambda_r \text{ badan kolom} = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{210}} = 45,89$$

$$\lambda_r \text{ sayap kolom} = \frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{210}} = 13,8$$

- Menentukan profil kompak/tidak kompak

$$\lambda_{\text{badan}} = h/tw = 175/7,5 = 23,33 < \lambda_r \text{ badan kolom}$$

$$\lambda_{\text{sayap}} = bf/tf = 175/(2 \times 11) = 7,955 < \lambda_r \text{ sayap kolom}$$

karena $\lambda < \lambda_r$ maka profil W175 x 175 termasuk profil kompak, sehingga baik flens maupun badan memenuhi kriteria kompak untuk mencegah tekuk lokal sebelum mencapai kekuatan kolom berdasarkan kl/r dan kapasitas aksial nominalnya dapat dihitung dengan persamaan 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8.

- Menentukan jenis kolom pendek, moderat atau langsing

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{kL}{r_{\min}} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \frac{1 \times 4000}{43,8} \sqrt{\frac{210}{200000}} = 0,942$$

karena $0,125 \leq \lambda_c < 1,25$ maka kolom termasuk kolom moderat, sehingga digunakan persamaan 2.7.

- Menentukan tegangan kritis (f_{cr}) dan kapasitas aksial nominal kolom (N_n) untuk kolom moderat

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,942} = 1,476$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega} = \frac{210}{1,476} = 142,28 \text{ MPa}$$

$N_n = A_g \cdot f_{cr} = 5121 \times 142,28 = 728616,59 \text{ N} \rightarrow \phi_c N_n = 0,85 \times 728616,59 \text{ N} = 619324,11 \text{ N}$
atau nilai N_n langsung dapat diambil dari tabel N_n , yang bernilai 619 kN.

- Menentukan kapasitas momen berdasarkan kriteria tekuk lokal

$$\lambda_{\text{badan}} = 36,75 < \lambda_{p \text{ badan balok}} = 75,58$$

$$\lambda_{\text{sayap}} = 7,955 < \lambda_{p \text{ sayap balok}} = 11,73$$

karena $\lambda < \lambda_p$ maka tidak akan terjadi tekuk lokal sebelum momen plastis penuh tercapai, sehingga kapasitas momen tekuk lokal = kapasitas momen plastis.

$$Z_x = b_f \times t_f (h - t_f) + 0,25 \times t_w (h - 2 t_f)^2 = 359591,9 \text{ mm}^3$$

$$Z_y = \frac{1}{2} t_f \cdot b_f^2 + \frac{1}{4} (h - 2 t_f) t_w^2 = 170589,1 \text{ mm}^3$$

- Kapasitas momen tekuk lokal :

$$M_{n_x} = M_{p_x} = 359591,9 \times 210 = 75514299 \text{ Nmm}$$

$$M_{n_y} = M_{p_y} = 170589,1 \times 210 = 35823711 \text{ Nmm}$$

- Menentukan kapasitas momen berdasarkan kriteria tekuk lateral

$$J = \frac{1}{3}(2.bf.tf^3 + h.tw^3) = 179892,7mm^4$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E G J A}{2}} = \frac{3,14}{330000} \sqrt{\frac{200000 \times 80000 \times 179892,7 \times 5121}{2}} = 25844,32$$

$$I_w = \frac{h^2 \cdot I_y}{4} = \frac{175^2 \cdot 9840000}{4} = 7,534 \times 10^{10}$$

$$X_2 = 4 \left(\frac{S}{G J} \right)^2 \frac{I_w}{I_y} = 4 \left(\frac{330000}{80000 \times 179892,7} \right)^2 \frac{7,534 \times 10^{10}}{9840000} = 1,61 \times 10^{-5}$$

$$f_l = f_y - f_r = 210 - 70 = 140 MPa$$

$$l_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 43,8 \sqrt{\frac{200000}{210}} = 2378,98 mm$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_l} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_l}} = 43,8 \frac{25844,32}{140} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 1,61 \times 10^{-5} \times 140^2}} = 11847,51 mm$$

$$L = 4m = 4000 mm$$

untuk $L_p < L < L_r$ tekuk lateral yang mungkin terjadi adalah tekuk inelastis, sehingga digunakan persamaan 2.16

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

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r) = 771000 \times 140 = 46200000 Nmm$$

$$Mn_{tekuklateral} = 1 \left[46200000 + (75514299 - 46200000) \frac{(11847,51 - 4000)}{(11847,51 - 2378,98)} \right] = 70495667,28 Nmm$$

$$Mn_x \text{ terpakai} = 70495667,28 Nmm$$

$$Mn_y \text{ terpakai} = 35823711 Nmm$$

Kontrol persamaan interaksi:

$$\frac{Nu}{\phi_c Nn} = \frac{150.000N}{619324,11} = 0,2421 > 0,2$$

Karena $Nu/\phi Nn > 0,2$, digunakan persamaan 2.25

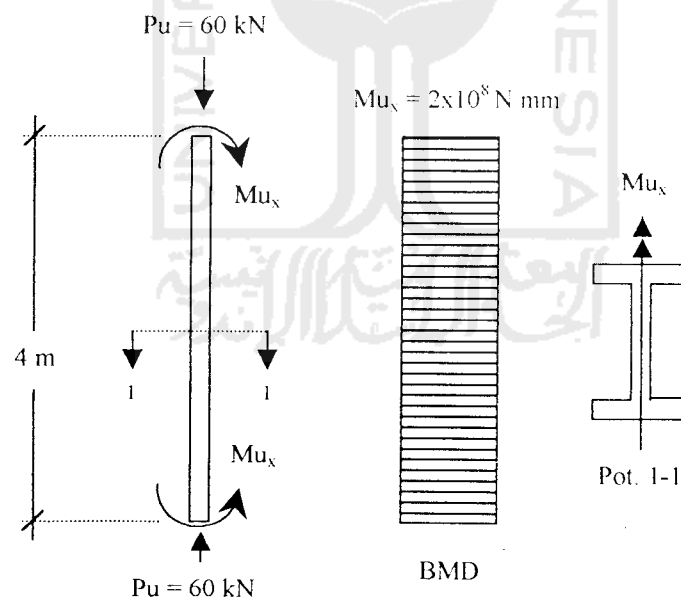
$$\frac{Nu}{\phi_c Nn} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mu_x}{\phi_b Mn_x} + \frac{Mu_y}{\phi_b Mn_y} \right) = 0,2421 + \frac{8}{9} \left(\frac{2 \times 10^7}{0,9 \times 70495667,28} + \frac{1 \times 10^7}{0,9 \times 35823711} \right) = 0,798 < 1 \dots ok$$

Hasil diatas merupakan hasil optimum, dimana apabila dicoba profil yang lebih ringan, maka persamaan interaksi menghasilkan koefisien > 1 (misalnya profil 200x150 akan menghasilkan koefisien = 1,27).

Contoh III

Desain sebuah balok kolom dengan diketahui gaya aksial ultimit, $N_u = 60.000 \text{ N}$, momen terhadap sumbu-x, $M_{u_x} = 2 \times 10^8 \text{ N mm}$, $k = 0,5$ dan tinggi kolom = 4m.

Digunakan baja jenis BJ 34 dengan $f_y = 210 \text{ MPa}$.



Penyelesaian :

Estimasi N_{eq} untuk kondisi-kondisi yang diberikan dengan menggunakan persamaan

3.1, tabel harga m dan tabel N_n yang berkaitan.

$$kL = 2 \text{ m} \rightarrow m \text{ awal} = 0,007 \text{ (dari tabel m awal)}$$

$$N_{eq} = Nu + m.Mu_x$$

$$= 60.000 + 0,007 \times 2 \times 10^8 = 1460000 \text{ N}$$

coba profil 340 x 250 (340 x 250)

$$m = 0,007$$

$$N_{eq} = Nu + m.Mu_x$$

$$= 60.000 + 0,007 \times 2 \times 10^8 = 1460000 \text{ N}$$

pakai profil 350 x 350 (340 x 250)

$$I_x = 21700 \text{ cm}^4$$

$$A_g = 101,5 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 3650 \text{ cm}^4$$

$$h = 340 \text{ cm}$$

$$S_x = 1280 \text{ cm}^3$$

$$b = 250 \text{ cm}$$

$$S_y = 292 \text{ cm}^3$$

$$t_f = 14 \text{ cm}$$

$$r_x = 14,6 \text{ cm}$$

$$t_w = 9 \text{ cm}$$

$$r_y = 6,00 \text{ cm}$$

$$f_r = 70 \text{ MPa (profil rolled)}$$

$$N_y = A_g \cdot f_y = 101,5 \times 100 \times 210 = 2131500 \text{ N}$$

$$Nu / \phi N_y = 60.000 / (0,9 \times 2131500) = 0,0313 < 0,125$$

- Menghitung perbandingan maksimum lebar terhadap tebal pelat profil

Persamaan untuk menentukan perbandingan maksimum lebar terhadap tebal dapat dilihat pada **tabel 2.2.** Untuk kasus ini, digunakan persamaan balok kolom yang mempunyai nilai $Nu/\phi Ny < 0,125$.

$$\lambda_r \text{ badan balok} = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \left[1 - \frac{0,74 Nu}{\phi_b Ny} \right] = \frac{2550}{\sqrt{210}} \left[1 - \frac{0,74 \times 60,000}{0,9 \times 11080 \times 210} \right] = 172,236$$

$$\lambda_p \text{ badan balok} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \left[1 - \frac{2,75 Nu}{\phi_b Ny} \right] = \frac{1680}{\sqrt{210}} \left[1 - \frac{2,75 \times 60000}{0,9 \times 2326800} \right] = 106,796$$

$$\lambda_r \text{ sayap balok} = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{210 - 70}} = 31,27$$

$$\lambda_p \text{ sayap balok} = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{210}} = 11,73$$

$$\lambda_r \text{ badan kolom} = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{210}} = 45,89$$

$$\lambda_r \text{ sayap kolom} = \frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{210}} = 13,8$$

- Menentukan profil kompak/tidak kompak

$$\lambda_{\text{badan}} = h/tw = 340/9 = 37,77 < \lambda_r \text{ badan kolom}$$

$$\lambda_{\text{sayap}} = bf/tf = 250/(2 \times 14) = 8,93 < \lambda_r \text{ sayap kolom}$$

karena $\lambda < \lambda_r$ maka profil 350 x 350 (340 x 250) termasuk profil kompak, sehingga baik flens maupun badan memenuhi kriteria kompak untuk mencegah tekuk lokal sebelum mencapai kekuatan kolom berdasarkan kL/r dan kapasitas aksial nominalnya dapat dihitung dengan persamaan-persamaan 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 dan 2.8.

- Menentukan jenis kolom pendek, moderat atau langsing

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{kL}{r_{\min}} \sqrt{\frac{f_y'}{E}} = \frac{1}{\pi} \frac{0,5 \times 4000}{60} \sqrt{\frac{210}{200000}} = 0,3438$$

karena $0,125 \leq \lambda_c < 1,25$ maka kolom termasuk kolom moderat, sehingga digunakan persamaan 2.7.

- Menentukan nilai tegangan kritis (f_{cr}) dan kapasitas aksial nominal kolom (N_n) untuk kolom moderat

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,3438} = 1,044$$

$$f_{cr} = \frac{f_y'}{\omega} = \frac{210}{1,044} = 201,149 \text{ MPa}$$

$N_n = A_g \cdot f_{cr} = 10150 \times 201,149 = 2041666,67 \text{ N} \rightarrow \phi_c N_n = 0,85 \times 2041666,67 \text{ N} = 1735416,67 \text{ N}$
atau nilai N_n langsung dapat diambil dari tabel N_n , yang bernilai 1735 kN.

- Menentukan kapasitas momen berdasarkan kriteria tekuk lokal

$$\lambda_{\text{badan}} = 37,77 < \lambda_{p \text{ badan balok}} = 106,796$$

$$\lambda_{\text{sayap}} = 8,93 < \lambda_{p \text{ sayap balok}} = 11,73$$

karena $\lambda < \lambda_p$ maka tidak akan terjadi tekuk lokal sebelum momen plastis penuh tercapai, sehingga kapasitas momen tekuk lokal = kapasitas momen plastis.

$$Z_x = bf \times t_f (h - t_f) + 0,25 \times t_w (h - 2 t_f)^2 = 1360024 \text{ mm}^3$$

- Kapasitas momen tekuk lokal :

$$M_{n_x} = M_{p_x} = 1015014 \times 210 = 2,86 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

- Menentukan kapasitas momen berdasarkan kriteria tekuk lateral

$$J = \frac{1}{3} (2bf^3 + ht^3) = 539953,3 \text{ mm}^4$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{3,14}{919000} \sqrt{\frac{200000 \times 80000 \times 539953,3 \times 10150}{2}} = 16251,58$$

$$I_w = \frac{h^2 I_y}{4} = \frac{250^2 \cdot 36500000}{4} = 1,05 \times 10^{12} \text{ mm}^6$$

$$X_2 = 4 \left(\frac{S}{GJ} \right)^2 \frac{I_w}{I_y} = 4 \left(\frac{919000}{80000 \times 695146,7} \right)^2 \frac{1,05 \times 10^{12}}{36500000} = 0,000102$$

$$f_l = f_y - f_r = 210 - 70 = 140 \text{ MPa}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 60 \sqrt{\frac{200000}{210}} = 3258,88 \text{ mm}$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_l} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_l}} = 60 \frac{16251,58}{140} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,000102 \times 140^2}} = 11505,93 \text{ mm}$$

$$L = 4 \text{ m} = 4000 \text{ mm}$$

untuk $L_p < L < L_r$ tekuk lateral yang terjadi adalah tekuk inelastis, sehingga digunakan persamaan 2.16

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

$$M_n = 2,76 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$M_{n_x} \text{ terpakai} = 2,76 \times 10^8 \text{ Nmm.}$$

Kontrol persamaan interaksi:

$$\frac{Nu}{\phi_c N_n} = \frac{60,000 \text{ N}}{1735416,67} = 0,0345 < 0,2$$

Karena $Nu/\phi N_n < 0,2$, digunakan persamaan 2.26

$$\frac{Nu}{2\phi_c Nu} + \left(\frac{Mu_x}{\phi_b M_{n_x}} \right) = \frac{60000}{2 \times 1735416,67} + \left(\frac{2 \times 10^8}{0,9 \times 2,76 \times 10^8} \right) = 0,822 < 1 \dots \text{ok}$$