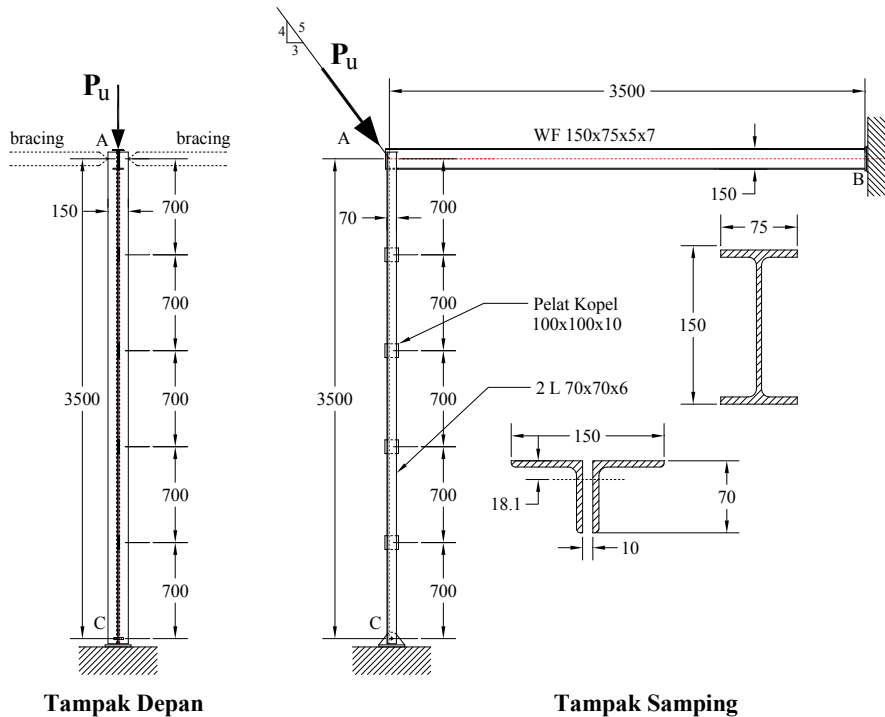




|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Jurusan : Teknik Sipil                 | Hari / Tanggal : Senin, 17 Mei 2010 |
| Kode Kelas : ACB                       | Waktu : 07.15 – 09.00               |
| Mata Ujian : Struktur Baja 1           | Semester : IV                       |
| Dosen : Dr. Ir. Wiryanto Dewobroto, MT | Sifat Ujian : Open notes            |

**Soal 1. (70%)**



**Dimensi profil :**

| Label<br>H x B | t<br>mm | r <sub>1</sub><br>mm | r <sub>2</sub><br>mm | A<br>cm <sup>2</sup> | q<br>kg/m | C <sub>x</sub> =C <sub>y</sub><br>cm | I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | I <sub>max</sub><br>cm <sup>4</sup> | I <sub>min</sub><br>cm <sup>4</sup> | r <sub>x</sub> =r <sub>y</sub><br>cm | r <sub>max</sub><br>cm | r <sub>min</sub><br>cm | Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub><br>cm <sup>3</sup> |
|----------------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------|---|
| L70x70         | 6       | 8.5                  | 4                    | 8.127                | 6.38      | 1.81                                 | 29.4  | 46.6                                | 12.2                                | 1.98                                 | 2.49                   | 1.27                   | 6.26  |

| Label  | Dimension (mm) |    |                |                |   | A<br>cm <sup>2</sup> | Mass<br>per meter<br>(kg/m) | Momen of Inertia<br>cm <sup>4</sup> |          | Radius of Gyration<br>cm |          | Section Modulus<br>cm <sup>3</sup> |          |
|--------|----------------|----|----------------|----------------|---|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------|--------------------------|----------|------------------------------------|----------|
|        | H              | B  | t <sub>1</sub> | t <sub>2</sub> | r |                      |                             | axis x-x                            | axis y-y | axis x-x                 | axis y-y | axis x-x                           | axis y-y |
| WF-150 | 150            | 75 | 5              | 7              | 8 | 17.85                | 14.0                        | 666                                 | 49.5     | 6.11                     | 1.66     | 88.8                               | 13.2     |

Spesifikasi Bahan : Baja karbon A36  
 E (modulus elastisitas) = 200000 MPa  
 G (modulus geser) = 80000 MPa  
 F<sub>y</sub> leleh minimum 36 ksi ≈ 250 MPa  
 F<sub>u</sub> tarik 58-80 ksi (mean 69 ksi) ≈ 475 MPa

Titik A, B dan C tertambat lateral, sambungan dianggap berupa PIN (no-momen). Batang A-C terdiri dari 2 profil L disatukan tiap jarak 0.7 m dengan pelat kopel dan di las. Batang AB profil WF-150 utuh.

Pertanyaan : Berapa gaya P<sub>u</sub> maksimum yang dapat diberikan.

**Soal 2 (30%)**

Soal teori (lihat lembar berikutnya).

**Soal 2 (30%)**

Soal berikut didasarkan pada pengertian-pengertian yang disampaikan secara lisan di kelas. Adapun pertanyaannya adalah sebagai berikut :

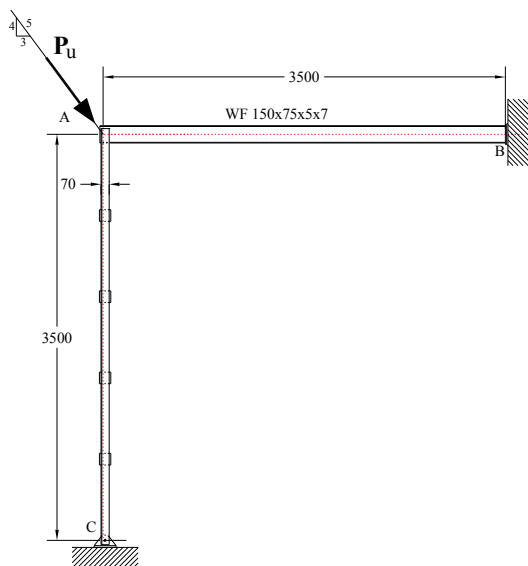
- Jika beban  $P_u$  diubah arahnya, dari tekan (seperti kondisi soal no.1) menjadi tarik (arah beban diputar  $180^\circ$ ), elemen mana yang paling kritis, batang AB atau batang AC. Berapa gaya  $P_u$  maksimum tersebut.
- Jika dianggap untuk batang tarik yang paling kritis di soal 2a di atas, digunakan sistem sambungan dengan baut sehingga ada lobang sekitar 22% dari luas penampang bruto, dan dianggap tidak ada shear-lag. Apakah pemakaian lubang tersebut mengurangi kekuatannya. Tunjukkan dengan hitungan pendukung.
- Perilaku apa yang berbeda antara soal di atas (beban  $P_u$  tekan) dengan soal 2a (beban  $P_u$  tarik), berikan penjelasannya. Apakah keberadaan pelat kopel pada batang AC penting untuk kasus ini, mengapa.
- Untuk konfigurasi struktur yang tetap seperti soal (tidak berubah), dan pada arah yang bagaimana beban di titik A dapat diberikan beban  $P_u$  yang maksimum (tarik) dan minimum (tekan) paling besar. Berikan nilainya masing-masing.
- Jika ke dua batang (AB dan AC) diubah memakai profil yang sama, yaitu profil WF 150x75x5x7 semua, atau profil 2L70x70x6 semua, mana diantara ke duanya yang lebih kuat, berapa beban  $P_u$  terbesar.

===== Selamat bekerja secara MANDIRI =====

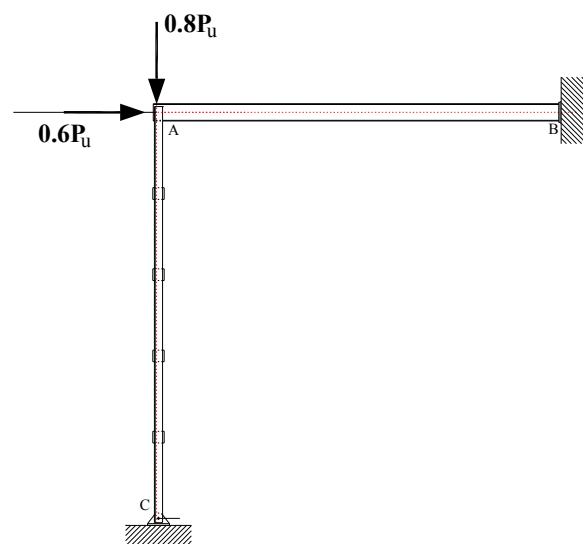
Jawaban Soal No.1

Mencari gaya-gaya yang bekerja pada struktur.

Karena beban  $P_u$ , bekerja pada pertemuan titik berat batang AC dan AB maka yang terjadi hanya gaya-gaya aksial, dalam hal ini adalah aksial tekan. Memakai keseimbangan titik nodal dapat diketahui bahwa gaya aksial yang bekerja pada batang AC adalah  $0.8 P_u$ , sedangkan pada batang AB adalah  $0.6 P_u$ . Lihat gambar berikut.



Konfigurasi Beban Asli



Konfigurasi Beban Equivalent

Gaya tekan maksimum yang dapat dipikul adalah  $P_{maks} = P_u = \phi P_n$ , dimana  $P_n$  tergantung penampangnya.

Dari batang AC dapat diketahui  $P_{maks} = 0.8 P_u = \phi P_n(AC)$  sehingga  $P_{u(AC)} = 1.25 \phi P_n(AC)$

Dari batang AB dapat diketahui  $P_{maks} = 0.6 P_u = \phi P_n(AB)$  sehingga  $P_{u(AB)} = 1.667 \phi P_n(AB)$

$P_{maks}$  adalah nilai terkecil dari  $P_{u(AC)}$  atau  $P_{u(AB)}$

**Tinjau batang AB profil WF 150 x 75 x 5 x 7 (AISC LRFD 2005)**

| Label  | Dimension (mm) |    |                |                |   | A<br>cm <sup>2</sup> | Mass<br>per meter<br>(kg/m) | Momen of Inertia<br>cm <sup>4</sup> |          | Radius of Gyration<br>cm |          | Section Modulus<br>cm <sup>3</sup> |          |
|--------|----------------|----|----------------|----------------|---|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------|--------------------------|----------|------------------------------------|----------|
|        | H              | B  | t <sub>w</sub> | t <sub>f</sub> | r |                      |                             | axis x-x                            | axis y-y | axis x-x                 | axis y-y | axis x-x                           | axis y-y |
| WF-150 | 150            | 75 | 5              | 7              | 8 | 17.85                | 14.0                        | 666                                 | 49.5     | 6.11                     | 1.66     | 88.8                               | 13.2     |

E (modulus elastisitas) = 200000 MPa , G (modulus geser) = 80000 MPa  $\mu = 0.25$   
 F<sub>y</sub> leleh minimum 36 ksi  $\approx 250$  MPa , F<sub>u</sub> tarik 58-80 ksi (mean 69 ksi)  $\approx 475$  MPa  
 panjangnya 3.5 m dengan asumsi tumpuan sebagai sendi-sendi.

**Perhitungan batang AB (WF 150x75x5x7) sebagai batang tekan dengan AISC LRFD 2005**

Check tekuk lokal flange dan web

$$\frac{B/2}{t_2} \leq 0.56\sqrt{E/F_y} \rightarrow \frac{B/2}{t_2} = \frac{37.5}{7} = 5.36 \leq 15.84$$

$$\frac{H}{t_1} \leq 1.49\sqrt{E/F_y} \rightarrow \frac{H}{t_1} = \frac{150}{5} = 30 \leq 42.14$$

Jadi profil H dapat digolongkan sebagai profil tidak-langsing  $\rightarrow$  ok, tekuk lokal tidak menentukan.  
 Menghitung kelangsingan maksimum penampang, tidak ada perbedaan dalam penempatan bracing maka

$r_{min} = r_y = 16.6$  mm sehingga  $\frac{KL}{r_{min}} = \frac{1*3500}{16.6} = 210.84 \gg 200$ , peraturan AISC 2005 ok, tapi yg lain tidak OK.

$$\frac{KL}{r_{min}} = 211 \gggggg 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 133.2$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung tegangan kritis Euler sesuai persamaan berikut:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)^2} \dots\dots\dots (AISC-LRFD E3-4)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 * 200000}{211^2} = 44.337 \text{ MPa} \lllllll F_e < 0.44F_y = 110 \text{ MPa}$$

Ini juga menunjukkan bahwa pemakaian material mutu tinggi tidak ada gunanya, karena kualitas material yang ditunjukkan dengan F<sub>y</sub> tidak menentukan. Kerusakan atau failure akibat stabilitas (Tekuk).

Hasil perhitungan menunjukkan **Elastic buckling failure** maka digunakan AISC persamaan E3-3

$$F_{cr} = 0.877F_e \dots\dots\dots (AISC-LRFD E3-3)$$

$$F_{cr} = 0.877 * 44.337 = 38.9 \text{ MPa}$$

The nominal compressive strength, P<sub>n</sub>, shall be determined based on the limit state of flexural buckling.

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \dots\dots\dots (AISC-LRFD E3-1)$$

Jadi  $P_n = F_{cr} \cdot A_g = 38.9 * 1785 = 69401 \text{ N} = 69.4 \text{ kN}$

$\therefore$  Agar batang AB maksimum maka gaya P<sub>u</sub> = 1.667  $\phi$  P<sub>n(AB)</sub> = 1.667 \* 0.9 \* 69.4 = 104.12 kN

**Alternatif perhitungan batang AB dengan SNI 03-1729-2000**

Profil WF di atas akan dihitung ulang berdasarkan persyaratan yang ditetapkan oleh SNI sebagai berikut :

$$r = r_{min} = r_y = 16.6 \text{ mm}$$

$$\lambda_c = \frac{kL}{r} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1*3500}{16.6} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 2.3728 > 1.2$$

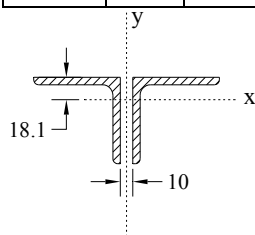
$$\text{Jadi } \omega = 1.25\lambda_c^2 = 1.25 * 2.3728^2 = 7.0379$$

Daya dukung nominal komponen tekan dapat dihitung sebagai

$$P_n = A_g \frac{F_y}{\omega} = 1785 \frac{250}{7.0379} = 63407 \text{ N} = 63.41 \text{ kN} \text{ (91.4\% dari perhitungan AISC 2005)}$$

**Tinjau batang AB profil siku ganda L70x70 (AISC LRFD 2005)**

| Label<br>H x B | t  | r <sub>1</sub> | r <sub>2</sub> | A               | q    | C <sub>x</sub> =C <sub>y</sub> | I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub> | I <sub>max</sub> | I <sub>min</sub> | r <sub>x</sub> =r <sub>y</sub> | r <sub>max</sub> | r <sub>min</sub> | Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub> |
|----------------|----|----------------|----------------|-----------------|------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|
|                | mm | mm             | mm             | cm <sup>2</sup> | kg/m | cm                             | cm <sup>4</sup>                | cm <sup>4</sup>  | cm <sup>4</sup>  | cm                             | cm               | cm               | cm <sup>3</sup>                |
| L70x70         | 6  | 8.5            | 4              | 8.127           | 6.38 | 1.81                           | 29.4                           | 46.6             | 12.2             | 1.98                           | 2.49             | 1.27             | 6.26                           |



Check bahaya tekuk lokal

$$\frac{b}{t} \leq 0.45\sqrt{E/F_y} \rightarrow \frac{b}{t} = \frac{70}{6} = 11.67 \leq 12.73$$

Jadi profil L dapat digolongkan sebagai profil tidak-langsing → ok, tekuk lokal tidak menentukan.

Tekuk Batang Gabungan 2 L 70x70x6

$$A_g = 2 * 812.7 = 1625.4 \text{ mm}^2$$

$$I_{gx} = 2 * 29.4 = 58.8 \text{ cm}^4 ; \rightarrow r_{gx} = \sqrt{\frac{58.8}{16.254}} = 1.902 \text{ cm} = 19 \text{ mm}$$

jarak pelat atau celah profil gabungan = 10 mm (sesuai gambar pada soal)

$$I_{gy} = 2 * (29.4 + 8.127 * (1.81 + 0.5)^2) = 145.53 \text{ cm}^4 \rightarrow r_{gy} = \sqrt{\frac{145.53}{16.25}} = 2.993 \text{ cm} = 30 \text{ mm}$$

r<sub>min</sub> = r<sub>gx</sub> = 19 mm → tekuk terjadi terhadap sumbu x-x

$$\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)_{gabungan} = \frac{KL}{r_x} = \frac{1 * 3500}{19} = 184.21 \text{ (profil gabungan) lebih kaku dibanding profil WF 150 berarti}$$

mempunyai kapasitas tekan yang lebih besar.

Tekuk Batang Tunggal L 70x70x6

r<sub>min</sub> = 12.7 mm → tekuk terjadi terhadap sumbu minor (bukan sumbu xx maupun yy).

L diganti dengan jarak pelat kopel yaitu = 700 mm

$$\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)_{tunggal} = \frac{KL}{r_{min}} = \frac{1 * 700}{12.7} = 55.11 \text{ (profil tunggal)}$$

Check jarak penempatan pelat-kopel

$$\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)_{tunggal} = 55.11 \llllll \left(0.75 * \frac{KL}{r_{min}}\right)_{gabungan} = 0.75 * 184.21 = 138$$

persyaratan terpenuhi sehingga diharapkan yang dominan tekuk adalah pada batang gabungan.

Tekuk lentur (*flexural buckling*) thd sumbu x-x profil gabungan, keberadaan pelat kopel tidak berpengaruh.

$$\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)_{gabungan} = \frac{KL}{r_x} = \frac{1 * 3500}{19} = 184.2 \text{ (profil gabungan) } \ggggg 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133.2$$

Elastic stabilitas menentukan kekuatan profil, ini juga menunjukkan mutu baja tidak berpengaruh.

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 * 200000}{184.2^2} = 58.18 \text{ MPa} \llllll 0.44 F_y = 110 \text{ MPa}$$

**Elastic buckling failure** maka digunakan AISC persamaan E3-3

$$F_{cr} = 0.877 F_e \dots\dots\dots \text{(AISC-LRFD E3-3)}$$

$$F_{cr} = 0.877 * 58.18 = 51 \text{ MPa}$$

Jadi  $P_n = F_{cr} \cdot A_g = 51 * 1625.4 = 82895 \text{ N} = 83 \text{ kN}$  (terhadap *flexural buckling*).

Menghitung apakah tekuk torsi lentur menentukan !

Ini hanya di penampang T atau double siku yang memang dapat terjadi keruntuhan terhadap **tekuk-torsi-lentur**.

Tekuk lentur (*flexural torsional buckling*) akan terjadi pada sumbu y-y profil gabungan, yaitu sumbu kuatnya, dimana pelat kopel berpengaruh sehingga perlu memodifikasi kondisi tekuknya, lihat AISC LRFD E6.2.

Catatan : ini penting untuk dipelajari karena penjelasan diperaturan tidak terlihat, baca bukunya Segui (2007) yang memberikan penjelasan lebih baik.

$r_{ib}$  = radius girasi komponen terhadap sumbu y-y , profil gabungan (mm)

$$r_{ib} = r_{gy} = 30 \text{ mm}$$

$h$  = jarak titik berat batang-batang penyusun (batang individu) (mm)

$$h = 2 * 18.1 + 10 = 46.2 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{h}{2r_{ib}} = \frac{46.2}{2 * 30} = 0.77$$

$a$  = jarak pelat kopel penyambung (mm) = 700 mm (lihat gambar pada soal yang diberikan)

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + 0.82 \frac{\alpha^2}{(1 + \alpha^2)} \left(\frac{a}{r_{ib}}\right)^2}$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{1 * 3500}{30}\right)^2 + 0.82 \frac{0.77^2}{(1 + 0.77^2)} \left(\frac{700}{30}\right)^2} = 117.4$$

Nilai di atas akan digunakan untuk menggantikan  $KL/r_y$  pada perhitungan  $F_{cry}$ .

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_y}\right)^2} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)_m^2} = \frac{\pi^2 * 200000}{117.4^2} = 143.2 \text{ MPa}$$

Karena  $\left(\frac{KL}{r}\right)_m = 117.4 \lll$  dari  $4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 133.2$  maka digunakan AISC persamaan E3-2

$$F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \dots\dots\dots (\text{AISC-LRFD E3-2})$$

$$F_{cry} = F_{cr} = \left[ 0.658^{\frac{250}{143.2}} \right] 250 = 120.4 \text{ MPa}$$

Dari AISC persaman E4-3

$$J = \frac{bt^3}{3}, \text{ untuk batang gabungan maka } J = \sum \frac{bt^3}{3} = 4 * \frac{70 * 6^3}{3} = 20160 \text{ mm}^4$$

Dari persamaan AISC-LRFD E4-3

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A_g \bar{r}_o^2}$$

Untuk menghitung perlu koordinat *shear-centre*, dimana profil 2L70 dianggap mempunyai property yang sama dengan tee section, yaitu bahwa *shear centre* terletak pada pertemuan titik berat flange dan section.

$$x_o = 0.0 \text{ mm} \quad I_{gx} = 58.8 \text{ cm}^4 = 588,000 \text{ mm}^4$$

$$y_o = 18.1 \text{ mm} \quad I_{gy} = 179.93 \text{ cm}^4 = 1799,300 \text{ mm}^4$$

Karena  $\bar{r}_o^2 = x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g}$  maka  $\bar{r}_o^2 = x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_{gx} + I_{gy}}{A_g}$

$$\bar{r}_o^2 = 18.1^2 + \frac{588000 + 1799300}{1625.4} = 1796.4 \text{ mm}^2$$

E (modulus elastisitas) = 200000 MPa dan G (modulus geser) = 80000 MPa

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A_g \bar{r}_o^2} = \frac{80000 * 20160}{1625.4 * 1796.4} = 552.35 \text{ MPa}$$

$$(F_{cry} + F_{crz}) = 120.4 + 552.35 = 672.75 \text{ MPa}$$

$$H = 1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{r}_o^2} = 1 - \frac{0 + 18.1^2}{1796.4} = 0.8176$$

sehingga

$$F_{cr} = \left( \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \dots\dots\dots (\text{AISC-LRFD E4-2})$$

maka

$$F_{cr} = \left( \frac{672.75}{2 * 0.8176} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 * 120.4 * 552.35 * 0.8176}{672.75^2}} \right] = 114.9 \text{ MPa}$$

Jadi

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 114.9 * 1625.4 = 186758.5 \text{ N} = 187 \text{ kN (terhadap torsional-flexural buckling) tidak}$$

menentukan karena >>>>>> lebih besar dari kapasitas flexural buckling (83 kN)

$$\therefore \text{ Agar batang AC maksimum maka gaya } P_u = 1.25 \phi P_{n(AC)} = 1.25 * 0.9 * 83 = 93.4 \text{ kN}$$

### Alternatif perhitungan batang AB dengan SNI 03-1729-2000

Profil siku ganda 2L70x70x6 dihitung ulang berdasarkan persyaratan yang ditetapkan oleh SNI sebagai berikut :

$$r = r_{\min} = r_x = 19.8 \text{ mm}$$

$$\lambda_c = \frac{kL}{r} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1 * 3500}{19.8} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1.9893 > 1.2$$

$$\text{Jadi } \omega = 1.25 \lambda_c^2 = 1.25 * 1.9893^2 = 4.9468$$

Daya dukung nominal komponen tekan dapat dihitung sebagai

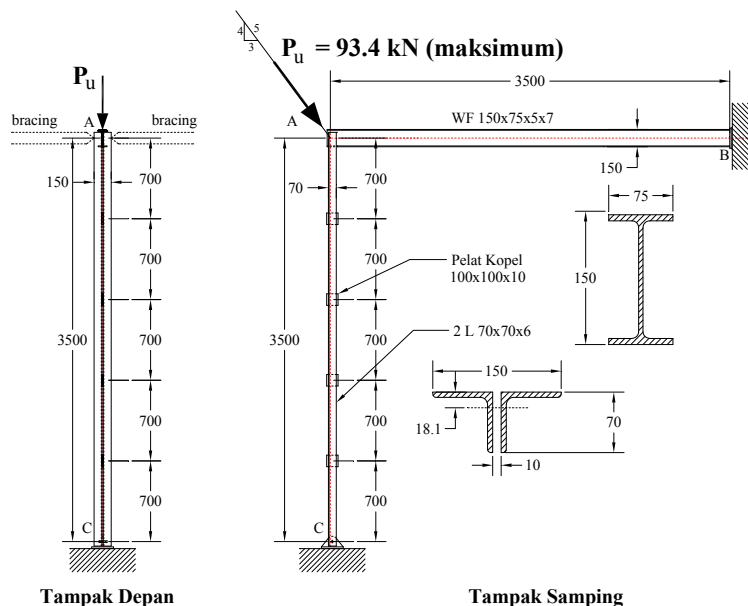
$$P_n = A_g \frac{F_y}{\omega} = 1625.4 \frac{250}{4.9468} = 82144 \text{ N} = 82.144 \text{ kN (91.2\% dari perhitungan tekuk-lentur AISC 2005)}$$

Dari dua kondisi yang dievaluasi dapat diketahui bahwa

$$\text{Agar batang AB maksimum maka gaya } P_u = 1.667 \phi P_{n(AB)} = 1.667 * 0.9 * 69.4 = 104.12 \text{ kN}$$

$$\text{Agar batang AC maksimum maka gaya } P_u = 1.25 \phi P_{n(AC)} = 1.25 * 0.9 * 83 = 93.4 \text{ kN} \rightarrow \text{MENENTUKAN}$$

\therefore Berdasarkan perbandingan gaya-gaya yang dapat dipikul di atas, maka kekuatan struktur ditentukan gaya yang terkecil yang dapat menghasilkan gaya maksimum pada batang AC, yaitu 93.4 kN.



Soal No.2 :

Soal berikut didasarkan pada pengertian-pengertian yang disampaikan secara lisan di kelas. Adapun pertanyaannya adalah sebagai berikut :

- a. Jika beban PU diubah arahnya, dari tekan (seperti kondisi soal no.1) menjadi tarik (arah beban diputar 180°), elemen mana yang paling kritis, batang AB atau batang AC. Berapa gaya  $P_u$  maksimum tersebut.

Answer :

Jika diubah menjadi gaya tarik maka yang menentukan hanya luas penampang profil.

Batang horizontal AB profil WF 150x75x5x7  $A = 17.85 \text{ cm}^2 = 1785 \text{ mm}^2$

$$\phi P_{n(AB)} = \phi_{ty} A_g * F_y = 0.9 * 1785 * 250 = 401625 \text{ N} = 401.6 \text{ kN}$$

Lihat distribusi pembebanan agar  $\phi P_n$  tercapai maka  $P_u \text{ maks} = 1.667 \phi P_{n(AB)} = 669.5 \text{ kN}$

Batang vertikal AC profil 2L70x70x6  $A = 8.127*2 = 16.254 \text{ cm}^2 = 1625.4 \text{ mm}^2$

$$\phi P_n = \phi_{ty} * A_g * F_y = 0.9 * 1625.4 * 250 = 365715 \text{ N} = 365.7 \text{ kN}$$

Lihat distribusi pembebanan agar  $\phi P_n$  tercapai maka  $P_u \text{ maks} = 1.25 \phi P_{n(AC)} = 457.1 \text{ kN}$

Jadi  $P_u$  tarik maks = **457.1 kN**, profil **2L70x70x6** menentukan kekuatan struktur.

- b. Jika dianggap untuk batang tarik yang paling kritis di soal 2a di atas, digunakan sistem sambungan dengan baut sehingga ada lobang sekitar 22% dari luas penampang bruto, dan dianggap tidak ada *shear-lag*. Apakah pemakaian lubang tersebut mengurangi kekuatannya. Tunjukkan dengan hitungan pendukung.

Answer :

Jika diubah menjadi gaya tarik maka yang menentukan hanya luas penampang profil.

Batang horizontal AB profil WF 150x75x5x7  $A = 17.85 \text{ cm}^2 = 1785 \text{ mm}^2$

$$A_g = 1785 \text{ mm}^2$$

$$A_n = 78\% * 1785 = 1392.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Yielding failure: } \phi P_{n(AB)} = \phi_{ty} A_g * F_y = 0.9 * 1785 * 250 = 401625 \text{ N} = 401.6 \text{ kN} \text{ ** Govern**}$$

$$\text{Fracture failure: } \phi P_{n(AB)} = \phi_{tr} A_g * F_y = 0.75 * 1392.3 * 475 = 496007 \text{ N} = 496.0 \text{ kN}$$

Lihat distribusi pembebanan, agar  $\phi P_n$  di AB tercapai maka  $P_u = 1.667 \phi P_{n(AB)} = 669 \text{ kN}$

Batang vertikal AC profil 2L70x70x6  $A = 8.127*2 = 16.254 \text{ cm}^2 = 1625.4 \text{ mm}^2$

$$A_g = 1625.4 \text{ mm}^2$$

$$A_n = 78\% * 1625.4 = 1267.8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Yielding failure: } \phi P_{n(AB)} = \phi_{ty} A_g * F_y = 0.9 * 1625.4 * 250 = 365715 \text{ N} = 365.71 \text{ kN} \text{ ** Govern**}$$

$$\text{Fracture failure: } \phi P_{n(AB)} = \phi_{tr} A_g * F_y = 0.75 * 1267.8 * 475 = 451654 \text{ N} = 451.6 \text{ kN}$$

Lihat distribusi pembebanan agar  $\phi P_n$  di AC tercapai maka  $P_u = 1.25 \phi P_{n(AC)} = \mathbf{457.125 \text{ kN}}$

Jadi  $P_u$  tarik maks **457.125 kN**, dan **keberadaan lobang sebesar 22% tidak menentukan** kekuatan struktur.

- c. Perilaku apa yang berbeda antara soal di atas (beban  $P_u$  tekan) dengan soal 2a (beban  $P_u$  tarik), berikan penjelasannya. Apakah keberadaan pelat kopel pada batang AC penting untuk kasus ini, mengapa.

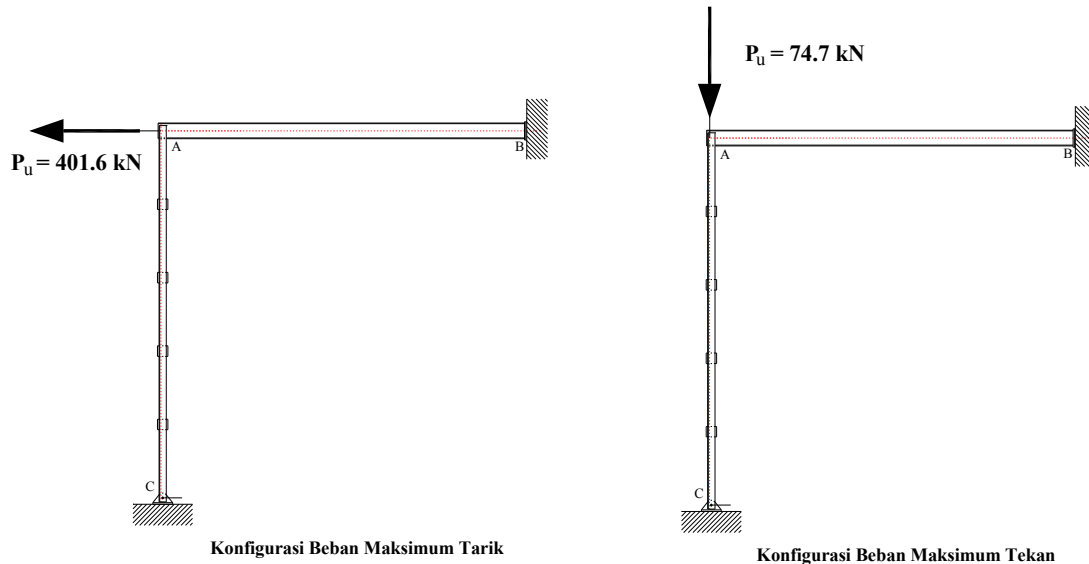
Answer :

Soal di atas (beban tekan) yang membedakan dengan soal ke dua adalah adanya faktor tekuk, dimana kelangsingan dan penempatan bracing yang mencegah tekuk adalah sangat penting. Untuk pembebanan tarik maka tekuk tidak ada yang menentukan adalah hanya luas penampangnya saja (termasuk lubang pelemahan jika ada). Karena pelat kopel tidak mempengaruhi luas penampang maka keberadaannya hanya penting jika elemen tersebut hanya dibebani tarik saja.

- d. Untuk konfigurasi struktur yang tetap seperti soal (tidak berubah), dan pada arah yang bagaimana beban di titik A dapat diberikan beban  $P_u$  yang maksimum (tarik) dan minimum (tekan) paling besar. Berikan nilainya masing-masing.

Answer :

Dari hitungan di soal 2.1 atau 2.2 dapat diketahui gaya tarik nominal terbesar dapat dihasilkan pada batang AB atau horizontal yaitu  $P_u$  tarik = 401.6 kN . Sedangkan untuk tekan maka perlu dilihat kembali jawaban no.1, dimana diketahui kemampuan tekan batang vertikal lebih besar dibanding horizontal.  $P_n = 83 \text{ kN}$  maka  $P_u = \phi P_n = 0.9 * 83 = 74.7 \text{ kN}$ .

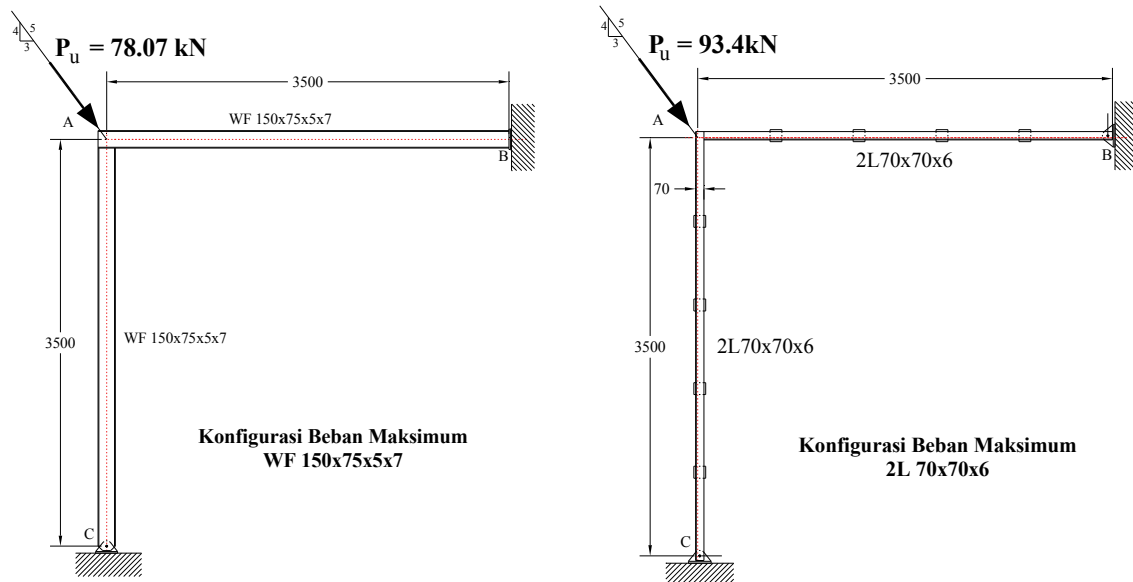


- e. Jika ke dua batang (AB dan AC) diubah memakai profil yang sama, yaitu profil WF 150x75x5x7 semua, atau profil 2L70x70x6 semua, mana diantara ke duanya yang lebih kuat, berapa beban  $P_u$  terbesar.

Ini tentu dicari dari pengembangan jawaban yang telah dikerjakan pada soal no.1

Jika semua profil adalah **WF 150 x 75 x 5 x 7** dimana  $P_n = F_{cr} \cdot A_g = 38.9 \cdot 1785 = 69401 \text{ N} = 69.4 \text{ kN}$ , maka  
 agar batang AB maksimum maka  $P_u = 1.667 \phi P_n(AB) = 1.667 \cdot 0.9 \cdot 69.4 = 104.12 \text{ kN}$   
 agar batang AC maksimum maka  $P_u = 1.25 \phi P_n(AC) = 1.25 \cdot 0.9 \cdot 69.4 = \mathbf{78.07 \text{ kN}}$  **\*\*Govern\*\***

Jika semua profil adalah **double siku 2 x L70x70x6** dimana  $P_n = F_{cr} \cdot A_g = 51 \cdot 1625.4 = 82895 \text{ N} = 83 \text{ kN}$ , maka  
 agar batang AB maksimum maka  $P_u = 1.667 \phi P_n(AB) = 1.667 \cdot 0.9 \cdot 83 = 124.5 \text{ kN}$   
 agar batang AC maksimum maka  $P_u = 1.25 \phi P_n(AC) = 1.25 \cdot 0.9 \cdot 83 = \mathbf{93.4 \text{ kN}}$  **\*\*Govern\*\***



Jadi pemakaian profil siku ganda 2L70x70x6 untuk semua element dapat menghasilkan struktur yang lebih kuat !

Note : buku yang digunakan sebagai rujukan penyelesaian soal di atas adalah bukunya  
**William T. Segui. (2007). "Steel Design 4<sup>th</sup> Edition", Cengage Learning, Stamford USA.**