DESAIN BALOK KOLOM WF BERPENAMPANG NON KOMPAK MENURUT AISC-LRFD 2005.

Satuan : $kN := 1000N$ $MPa := 1\frac{N}{mm^2}$ $ksi := 6.8971MPa$

Data Penampang: Profil H 300x300x10x15

$Ix := 20400cm^4$ $A := 119.8cm^2$ $bf := 300mm$ $d := 300mm$

$Iy := 6750cm^4$ $tf := 15mm$ $tw := 10mm$ $r := 18mm$

Data Bahan (Bj. 50) $E := 2\cdot10^5MPa$ $Fy := 290MPa$

Gaya dalam dari Analisis Orde Pertama:

Gaya Aksial Tekan $Pu := 800kN$

Momen terfaktor thd sb x (sumbu kuat). (Beri tanda yang berbeda jika berlawanan arah di atas dan bawah)
$Mntxtop := 80kN\cdot m$ di ujung atas
$Mntxbot := 60kN\cdot m$ di ujung bawah

Momen terfaktor thd sb y (sumbu lemah) (Beri tanda yang berbeda jika berlawanan arah di atas dan bawah)
$Mntytop := 70kN\cdot m$ di ujung atas
$Mntybot := -15kN\cdot m$ di ujung bawah

Panjang efektif: $kLy := 4.5m$ $kLx := 4.5m$ untuk kasus bergoyang; s = sway (bergoyang)

Panjang tak tertumpu (unbraced length) $Lb := kLy$

Besaran Penampang yang perlu dihitung (rumus untuk penampang I)

$Sx := \frac{Ix}{0.5\cdot d}$ $Sy := \frac{Iy}{0.5\cdot bf}$ $Sx = 1360.00\,cm^3$ $Sy = 450000.00\,mm^3$

$h0 := d - tf$ $h0 = 285.00\,mm$

$Cw := \frac{Iy\cdot(d - tf)^2}{4}$ $Cw = 1370671.87\,cm^6$

$Zy := \frac{2}{4}\cdot tf\cdot bf^2 + \frac{1}{4}(d - 2\cdot tf)\cdot tw^2$ $Zy = 681750.00\,mm^3$

$Zx := bf\cdot tf\cdot(d - tf) + \frac{1}{4}\cdot tw\cdot(d - 2\cdot tf)^2$ $Zx = 1464.75\,cm^3$

$J := \frac{2bf\cdot tf^3 + (d - tf)\cdot tw^3}{3}$ $J = 100000000.00\,\frac{kg}{m^{2.00}\cdot s^{2.00}}\,cm^4$

$h := d - 2\cdot tf - 2r$ $h = 23.40\,cm$

$ry := \sqrt{\frac{Iy}{A}}$ $ry = 7.51\,cm$ $rx := \sqrt{\frac{Ix}{A}}$ $rx = 13.05\,cm$

Mencari MOMEN TERFAKTOR Mux dan Muy

Momen Terfaktor Terhadap Sb.x

$M2x := \max(|Mntxtop|, |Mntxbot|)$ $M2x = 80.00\,kN\cdot m$

$M1x := \min(|Mntxtop|, |Mntxbot|)$ $M1x = 60.00\,kN\cdot m$

$Tanda := \begin{cases} 1 & \text{if } Mntxtop\cdot Mntxbot \geq 0 \\ (-1) & \text{if } Mntxtop\cdot Mntxbot < 0 \end{cases}$ 1 kelengkungan ganda; (−1) kelengkungan tunggal

$Tanda = 1.00$

$Cm := 0.6 - 0.4 \cdot Tanda \cdot \left(\frac{M1x}{M2x}\right)$ $Cm = 0.30$

$\lambda x := \frac{kLx}{rx}$ $\lambda x = 34.48$ $Pe1 := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda x^2}$ $Pe1 = 19885.43\,kN$

Faktor amplifikasi untuk momen tak bergoyang

$B1x := \max\left[\frac{Cm}{1 - \left(\frac{Pu}{Pe1}\right)}, 1\right]$ $B1x = 1.00$

Momen tak bergoyang $Mntx := M2x$ nt = no translation (tak bergoyang)

Momen Terfaktor Terhadap sb.x $Mux := B1x \cdot Mntx$ $Mux = 80.00\,kN \cdot m$

Momen Terfaktor Terhadap Sb.y

$M2y := \max(|Mntytop|, |Mntybot|)$ $M2y = 70.00\,kN \cdot m$

$M1y := \min(|Mntytop|, |Mntybot|)$ $M1y = 15.00\,kN \cdot m$

$Tanda := \begin{cases} 1 & \text{if } Mntytop \cdot Mntybot \geq 0 \\ (-1) & \text{if } Mntytop \cdot Mntybot < 0 \end{cases}$ kelengkungan ganda / kelengkungan tunggal $Tanda = -1.00$

$Cm := 0.6 - 0.4 \cdot Tanda \cdot \left(\frac{M1y}{M2y}\right)$ $Cm = 0.69$

$\lambda y := \frac{kLy}{ry}$ $\lambda y = 59.95$ $Pe1 := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda y^2}$ $Pe1 = 6579.74\,kN$

Faktor amplifikasi untuk momen tak bergoyang

$B1y := \max\left[\frac{Cm}{1 - \left(\frac{Pu}{Pe1}\right)}, 1\right]$ $B1y = 1.00$

Momen tak bergoyang $Mnty := M2y$ nt = no translation (tak bergoyang)

Momen Terfaktor Terhadap sb.y $Muy := B1y \cdot Mnty$ $Muy = 70.00\,kN \cdot m$

Mencari MOMEN NOMINAL LENTUR (ϕb.Mnx dan ϕb.Mny)

Momen Plastis (Mp)

Momen plastis terhadap sb.x: $Mpx := Zx \cdot Fy$ $Mpx = 424.78\,kN \cdot m$

Momen plastis terhadap sb.y: $Mpy := \min(Zy \cdot Fy, 1.6 \cdot Sy \cdot Fy)$ $Mpy = 197.71\,kN \cdot m$

Momen Nominal Lentur Terhadap Sumbu Kuat Sb.x (Mnx)

Cek flens local buckling

$\lambda := \frac{bf}{2tf}$ $\lambda = 10.00$ $\lambda p := 0.38\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ $\lambda p = 9.98$ $\lambda r := 1.0\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ $\lambda r = 26.26$

$Cek_Kekompakan_Flens := \begin{cases} \text{"Tidak Ada FLB"} & \text{if } \lambda \leq \lambda p \\ \text{"NON COMPACT"} & \text{if } (\lambda p < \lambda \leq \lambda r) \\ \text{"LANGSING"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$Cek_Kekompakan_Flens = \text{"NON COMPACT"}$

$Mnx_FLB := Mpx - (Mpx - 0.7 \cdot Fy \cdot Sx) \cdot \frac{\lambda - \lambda p}{\lambda r - \lambda p}$ $Mnx_FLB = 424.59\,kN \cdot m$

Cek web local buckling

$\lambda := \frac{h}{tw}$ $\lambda = 23.40$ $\lambda p := 3.76\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ $\lambda p = 98.74$ $\lambda r := 5.7\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ $\lambda r = 149.69$

$$Cek_Kekompakan_Web := \begin{cases} \text{"Tidak Ada WLB"} & \text{if } \lambda \le \lambda p \\ \text{"NON COMPACT"} & \text{if } (\lambda p < \lambda \le \lambda r) \\ \text{"LANGSING"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Cek_Kekompakan_Web = "Tidak Ada WLB"

Cek lateral torsi buckling

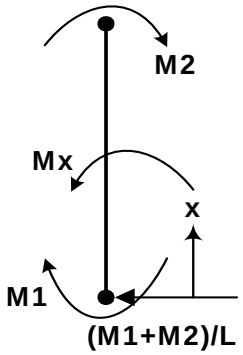
Menghitung Cb

Rumus berikut ini berlaku untuk kelengkungan tunggal maupun ganda. M1 dan M2 bertanda sama jika berkelengkungan tunggal. Dari perhitungan di atas, M1 dan M2 positif

$L := Lb$

$$M1x := \begin{cases} M1x & \text{if Tanda} = -1 \quad \text{kelengkungan tunggal} \\ (-M1x) & \text{otherwise} \quad \text{kelengkungan ganda} \end{cases}$$

$M(x) := M1x + \frac{x}{L}(M2x + M1x)$ (lihat gambar sebelah kanan)



$MA := |M(0.25 \cdot L)|$ $MA = 95.00\,kN \cdot m$

$MB := |M(0.5 \cdot L)|$ $MB = 130.00\,kN \cdot m$

$MC := |M(0.75 \cdot L)|$ $MC = 165.00\,kN \cdot m$ $Mmaks := |M2x|$

$$Cb := \frac{12.5Mmaks}{2.5 \cdot Mmaks + 3MA + 4MB + 3MC} \quad Cb = 0.67$$

Menghitung Lp dan Lr

$rts := \sqrt{\frac{Iy \cdot h0}{2 \cdot Sx}}$ $rts = 84.10\,mm$ $c := 1$ (penampang bersumbu simetri ganda)

$$Fcr := \frac{Cb \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{Lb}{rts}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0.078 \cdot \frac{J \cdot c}{Sx \cdot h0}\left(\frac{Lb}{rts}\right)^2} \quad Fcr = 552.24\,MPa$$

$Lp := 1.76 \cdot ry \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}}$ $Lp = 3.47\,m$ $Lr := \pi \cdot rts \cdot \sqrt{\frac{E}{0.7 \cdot Fy}}$ $Lr = 8.29\,m$

Menghitung Mn LTB

$$Mnx_LTB := \begin{cases} Mpx & \text{if } Lb \le Lp \\ \left[Cb \cdot \left[Mpx - (Mpx - 0.7 \cdot Sx \cdot Fy) \cdot \frac{Lb - Lp}{Lr - Lp}\right]\right] & \text{if } (Lp < Lb \le Lr) \\ (Fcr \cdot Sx) & \text{if } Lb > Lr \end{cases}$$

Mnx_LTB = 262.00 kN·m

$$Cek := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } (Mnx_LTB \le Mpx) \\ \text{"Tidak OK, gunakan Mpx"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Cek = "OK"

Momen Nominal Lentur Terhadap Sbx (Mnx)

$Mnx := \min(Mpx, Mnx_LTB, Mnx_FLB)$ $Mnx = 262.00\,kN \cdot m$

Faktor tahanan untuk lentur $\phi b := 0.9$

$Momen_nominal_lentur := \phi b \cdot Mnx$ $Momen_nominal_lentur = 235.80\,kN \cdot m$

Momen Nominal Lentur Terhadap Sumbu Lemah Sb.y (Mny)

Cek flens local buckling dan web local buckling

telah dilakukan pada saat mencari Momen Nominal Lentur Terhadap Sumbu Kuat, dan ternyata diperoleh bahwa flens tidak kompak

$$Mny_FLB := Mpy - (Mpy - 0.7 \cdot Fy \cdot Sy) \cdot \frac{\lambda - \lambda p}{\lambda r - \lambda p} \qquad Mny_FLB = 354.99\ kN \cdot m$$

Cek lateral torsi buckling

Tidak ada perhitungan Mn_LTB terhadap sumbu y

Momen Nominal Lentur Terhadap Sby (Mny)

$Mny := \min(Mpy, Mny_FLB)$ $\qquad Mny = 197.71\ kN \cdot m$

Faktor tahanan untuk lentur $\qquad \phi b := 0.9$

$Momen_nominal_lentur := \phi b \cdot Mny$ $\qquad Momen_nominal_lentur = 177.94\ kN \cdot m$

Mencari FLEXURAL BUCKLING (ϕc.Pn)

Penampang telah dicek pada cek FLB dan WLB ternyata tidak langsing

$$\lambda := \max\left(\frac{kLx}{rx}, \frac{kLy}{ry}\right) \qquad \lambda = 59.95$$

$$Cek := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } \lambda \le 200 \\ \text{"Tidak OK!"} & \text{otherwise} \end{cases} \qquad Cek = \text{"OK"}$$

$$Fe := \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

Tegangan Kritis Tekuk Lentur (AISC'05)

$$Fcr := \begin{cases} \left(0.658^{\frac{Fy}{Fe}}\right) \cdot Fy & \text{if } \lambda \le 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}} \\ (0.877 \cdot Fe) & \text{if } \lambda > 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}} \end{cases} \qquad Fcr = 232.5\ MPa$$

$\phi c := 0.8$ $\quad Pn := A \cdot Fcr$ $\quad Pn = 2785.32\ kN$

Kuat Tekuk Lentur : $\quad \phi c \cdot Pn = 2367.52\ kN$

Cek PERSAMAAN INTERAKSI

$$\frac{Pu}{\phi c \cdot Pn} = 0.34 \qquad \frac{Muy}{\phi b \cdot Mny} = 0.39$$

$$Rasio := \begin{cases} \frac{Pu}{\phi c \cdot Pn} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{Mux}{\phi b \cdot Mnx} + \frac{Muy}{\phi b \cdot Mny}\right) & \text{if } \frac{Pu}{\phi c \cdot Pn} \ge 0.2 \\ \frac{Pu}{2 \phi c \cdot Pn} + \left(\frac{Mux}{\phi b \cdot Mnx} + \frac{Muy}{\phi b \cdot Mny}\right) & \text{if } \frac{Pu}{\phi c \cdot Pn} < 0.2 \end{cases}$$

$$\frac{Mux}{\phi b \cdot Mnx} = 0.34 \qquad Rasio = 0.99$$

$$Cek := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } Rasio \le 1 \\ \text{"Tidak Ok"} & \text{otherwise} \end{cases} \qquad Cek = \text{"Ok"}$$