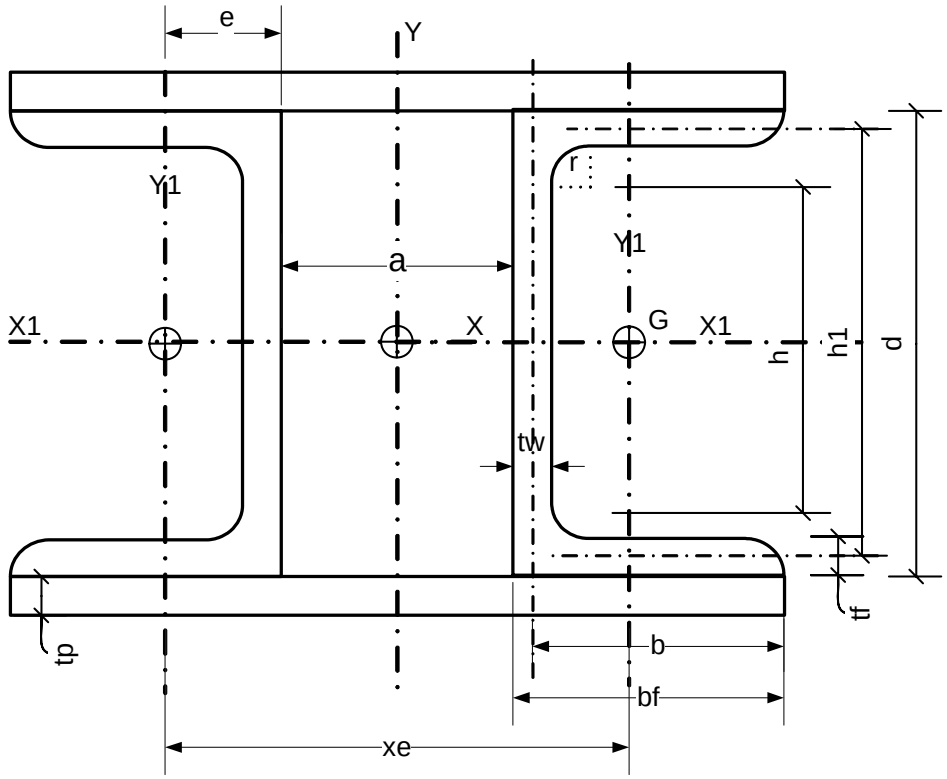
DESAIN BATANG TEKAN PROFIL C GANDA BERPELAT KOPEL



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

Panjang Efektif $kLx := 5m$ $kLy := 5m$ $kLz := 5m$ $L := 5m$

Data Penampang: Profil 2C200x75x8.5

Data 1 profil: C-20

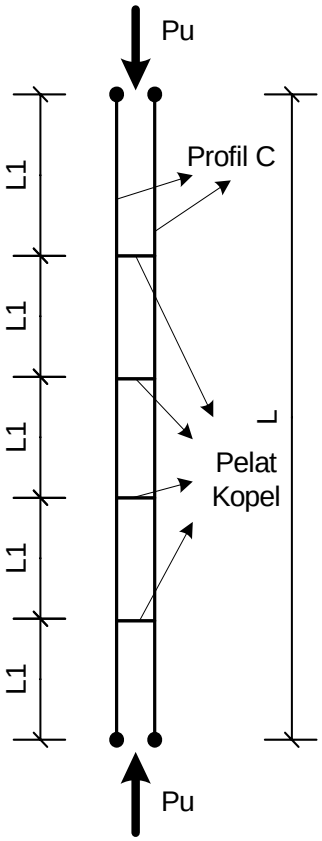
Momen Inersia	$Ix1 := 1910cm^4$ $Iy1 := 148cm^4$	
Luas Penampang	$A1 := 32.2cm^2$	
Tinggi total profil	$d := 200mm$	
Tebal sayap	$tf := 8.5mm$	
Tebal badan	$tw := 8.5mm$	
Lebar sayap	$bf := 75mm$	
Jari2 sudut flens-badan	$r := 6mm$	
Jarak titik berat dari tepi luar web	$e := 20.1mm$	(pusat titik berat)
Banyak bagian penampang	$m1 := 2$	
Jarak bersih antara luar badan profil C	$a := 100mm$	

Data pelat kopel

tebal $tp := 6mm$

tinggi (dalam arah memanjang batang tekan) $hp := 200mm$

banyak baut $nb := 3$ diameter baut $db := 19mm$



Data Baut

jarak baut (dalam arah memanjang batang tekan) $zb := 50mm$

Baut mutu tinggi (HSB) yang digunakan adalah $Tipe := "A325\text{-}N"$

(tipe yang mungkin digunakan: A325-N, A325-X, A490-N, A490-X)

Data Bahan

$E := 2 \cdot 10^5 MPa$ $G := \frac{E}{2.6}$ $Fy := 240MPa$ $Fu := 370MPa$

(Bj. 37)

Beban Tekan Terfaktor $Pu := 700000N$

Jumlah medan $nmedan := 5$

Besaran Penampang Tersusun yang dihitung

$A := 2A1$ $A = 6440\,mm^2$

$Ix := 2Ix1$ $Ix = 3820\,cm^4$

$Iy := 2\left[Iy1 + A1 \cdot (e + 0.5 \cdot a)^2\right]$ $Iy = 3460.62\,cm^4$

$h := d - 2 \cdot tf - 2r$ $h = 17.1\,cm$

$h1 := d - tf$ $h1 = 19.15\,cm$

$b := bf - 0.5tw$ $b = 7.07\,cm$

$rx := \sqrt{\frac{Ix}{A}}$ $ry := \sqrt{\frac{Iy}{A}}$

$ry = 73.31\,mm$ $rx = 77.02\,mm$

$Cw := \frac{2tf \cdot b^3 \cdot h1^2}{12} \cdot \left(\frac{3 \cdot b \cdot tf + 2 \cdot h1 \cdot tw}{6 \cdot b \cdot tf + h1 \cdot tw}\right)$ $Cw = 17778.83\,cm^6$

$J := \frac{2}{3}\left(2 \cdot b \cdot tf^3 + h1 \cdot tw^3\right)$ $J = 13.63\,cm^4$

Cek kelangsingan penampang

$\frac{bf}{tf} = 8.82$ harus $\leq$ $0.56\sqrt{\frac{E}{Fy}} = 16.17$

$\frac{h}{tw} = 20.12$ harus $\leq$ $1.49\sqrt{\frac{E}{Fy}} = 43.01$

$$Cek := \begin{cases} \text{"Penampang LANGSING"} & \text{if } \frac{bf}{2 \cdot tf} \geq 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}} \\ \text{"Penampang LANGSING"} & \text{if } \frac{h}{tw} \geq 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}} \\ \text{"Penampang TIDAK LANGSING"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$Cek = "Penampang TIDAK LANGSING"$

Penampang tersusun ini simetri ganda (sumbu x dan sumbu y adalah sumbu simetri). Karena itu, ada tiga kuat tekuk yang perlu ditinjau yaitu: tekuk lentur terhadap sumbu x, tekuk lentur terhadap sumbu y dan tekuk torsional.

Menghitung kuat tekuk lentur untuk sumbu x

$\lambda x := \frac{kLx}{rx}$ $\lambda x = 64.92$

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

$\lambda c := \frac{kLx}{rx \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{Fy}{E}}$ $\lambda c = 0.72$

$Fcrx := \begin{cases} \left(0.658^{\lambda c^2}\right) \cdot Fy & \text{if } \lambda c \le 1.5 \\ \left(\frac{0.877}{\lambda c^2} \cdot Fy\right) & \text{if } \lambda c > 1.5 \end{cases}$ $Fcrx = 193.67\,MPa$

Menghitung Kuat Tekuk Lentur untuk Sumbu Y

Sumbu y adalah sumbu bebas bahan, sehingga kelangsingannya perlu diperbesar. Rumus yang digunakan di sini adalah rumus dari LRFD - Indonesia. AISC menggunakan rumus yang sama hanya untuk sambungan yang menggunakan baut kencang pas. Untuk baut kencang penuh dan untuk las, rumus AISC berbeda dengan ini.

Besaran penampang yang perlu dihitung:

$\lambda y := \frac{kLy}{ry}$ $\lambda y = 68.21$

Cek = "OK"

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

Panjang setiap medan: $L1 := \frac{L}{nmedan}$ $L1 = 1000\,mm$

$\lambda 1 := \frac{L1}{\sqrt{\frac{Iy1}{A1}}}$ $\lambda 1 = 46.64$

$\lambda iy := \sqrt{\lambda y^2 + \frac{m1}{2}\lambda 1^2}$ $\lambda iy = 82.63$

Cek = "OK"

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

$\lambda c := \frac{\lambda iy}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{Fy}{E}}$ $\lambda c = 0.91$

$Fcry := \begin{cases} \left(0.658^{\lambda c^2}\right) \cdot Fy & \text{if } \lambda c \le 1.5 \\ \left(\frac{0.877}{\lambda c^2} \cdot Fy\right) & \text{if } \lambda c > 1.5 \end{cases}$ $Fcry = 169.55\,MPa$

Menghitung Kuat Tekuk Torsional

$Fe := \left(\frac{\pi^2 E \cdot Cw}{kLz^2} + G \cdot J\right) \cdot \frac{1}{Ix + Iy}$ $Fe = 163.33\,MPa$

$\lambda e := \sqrt{\frac{Fy}{Fe}}$ $\lambda e = 1.21$

$Fcrz := \begin{cases} \left(0.658^{\lambda e^2}\right) \cdot Fy & \text{if } \lambda e \le 1.5 \\ \left(\frac{0.877}{\lambda e^2} \cdot Fy\right) & \text{if } \lambda e > 1.5 \end{cases}$ $Fcrz = 129.75\,MPa$

Kuat Desain Batang Tekan Profil C Tersusun

$\phi c := 0.85$ $Fcr := \min(Fcrx, Fcry, Fcrz)$ $Fcr = 129.75\,MPa$

$\phi c \cdot Fcr \cdot A = 710.24\,kN$

$Cek := \begin{cases} "OK" & \text{if } \phi c \cdot Fcr \cdot A > Pu \\ "Tidak\ OK" & \text{otherwise} \end{cases}$ $Cek = "OK"$

Pemeriksaan Kestabilan Elemen Batang Tersusun.
Persyaratan ini dari LRFD - Indonesia (tidak ada di AISC)

$\lambda x = 64.92$ harus $\geq$ $1.2 \cdot \lambda 1 = 55.97$

$\lambda iy = 82.63$ harus $\geq$ $1.2 \cdot \lambda 1 = 55.97$

$\lambda 1 = 46.64$ harus ≤ 50

Pemeriksaan Pelat Kopel

Kekakuan Persyaratan ini dari LRFD - Indonesia (tidak ada di AISC)

$Ip := 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot tp \cdot hp^3$ $Ip = 800\,cm^4$

Jarak sumbu elemen batang tersusun $xe := a + 2e$ $xe = 140.2\,mm$

$I1 := Iy1$ $\frac{Ip}{xe} = 57.06\,cm^3$ harus $\geq$ $10 \cdot \frac{I1}{L1} = 14.8\,cm^3$

Kekuatan Lentur

Gaya geser pada batang tekan $D := 0.02 \cdot Pu$ $D = 14\,kN$

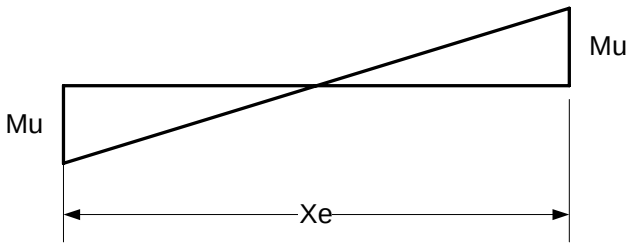
Gaya geser pada 1 pelat kopel $T1 := \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{D \cdot (A1 \cdot 0.5 \cdot xe)}{Iy} \cdot L1 \right]$ $T1 = 45.66\,kN$

Momen terfaktor di penampang di mana terdapat baut $Mu := T1 \cdot \frac{xe}{2}$ $Mu = 3200.63\,N \cdot m$

Karena pelat kopel ini mengalami lentur, maka haruslah ada pembatasan kelangsingan pelat, hp/tp. Namun, di dalam AISC dan LRFD - Indonesia tidak disebutkan, sehingga dianggap tidak ada tekuk lokal pada pelat ini.

Momen plastis penampang persegi panjang

$Mp := \frac{1}{4} \cdot tp \cdot hp^2 \cdot Fy$ $Mp = 14400\,N \cdot m$



Besaran penampang pelat kopel

$A := tp \cdot hp$ $A = 1200\,mm^2$

$J := \frac{1}{3} \cdot hp \cdot tp^3$ $J = 14400\,mm^4$

$ry := 0.289 \cdot tp$ $ry = 1.73\,mm$

$Sx := \frac{1}{6} \cdot tp \cdot hp^2$ $Sx = 40000\,mm^3$

Panjang tak tertumpu $Lb := xe$ $Lb = 140.2\,mm$

Untuk penampang berbentuk persegi panjang (AISC)

$Lp := \frac{0.13 \cdot ry \cdot E}{Mp} \cdot \sqrt{J \cdot A}$ $Lp = 13.01\,mm$

$Mr := Fy \cdot Sx$ $Mr = 9600\,N \cdot m$

$Lr := \frac{2 \cdot ry \cdot E}{Mr} \cdot \sqrt{J \cdot A}$ $Lr = 300.34\,mm$

Faktor Cb $Cb := 2.27$ tidak perlu diganti. Ini adalah untuk asumsi bidang momen pada pelat kopel yang berubah secara linier dari +M ke -M, dan tumpuan lateral hanya di ujung (di lokasi baut)

$$Mn_LTB := \begin{cases} Mp & \text{if } Lb \le Lp \\ \left[Cb \cdot \left[Mp - (Mp - Mr) \cdot \frac{Lb - Lp}{Lr - Lp} \right] \right] & \text{if } (Lp < Lb \le Lr) \\ \left(\frac{2 \cdot Cb \cdot E \cdot \sqrt{J \cdot A}}{\frac{Lb}{ry}} \right) & \text{if } Lb > Lr \end{cases}$$

tidak ada LTB

LTB inelastis

LTB elastis

perhatikan rumus ini berbeda dengan rumus penampang I

$Mn_LTB = 27864.81533\,N \cdot m$

Momen nominal (Mn) $Mn := \min(Mp, Mn_LTB)$ $Mn = 14400\,N \cdot m$

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

$0.8 \cdot \phi b \cdot Mn = 10368\,N \cdot m$ harus ≥ ∎ $Mu = 3200.63\,N \cdot m$

reduksi 80% adalah pendekatan untuk penampang netto karena ada lubang baut pada pelat kopel

Kekuatan Geser

$h := hp$ $tw := tp$ $Aw := tp \cdot hp$ $Vu := T1$

$\frac{h}{tw} = 33.33$ $2.45 \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}} = 70.73$ $3.07 \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}} = 88.62$

Gaya geser nominal

$$Vn := \begin{cases} 0.6 \cdot Fy \cdot Aw & \text{if } \frac{h}{tw} \le 2.45 \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}} \\ 0.6 \cdot Fy \cdot Aw \cdot \frac{\sqrt{\frac{E}{Fy}}}{\frac{h}{tw}} & \text{if } \left(2.45 \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}} < \frac{h}{tw} \le 3.07 \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}} \right) \\ 4.52 \cdot E \cdot \frac{Aw}{\left(\frac{h}{tw} \right)^2} & \text{if } 3.07 \cdot \sqrt{\frac{E}{Fy}} < \frac{h}{tw} \le 260 \end{cases}$$

badan stabil

tekuk badan inelastis dapat terjadi

tekuk badan elastis dapat terjadi

Jika h/tw > 260, maka pengaku badan harus digunakan, dan ketentuan di dalam AISC-LRFD Lampiran F2 atau G untuk Girder Plat (plate girder) harus digunakan

$Vn = 172.8\,kN$

Geser desain dengan faktor tahanan $\phi v := 0.9$ $\phi v \cdot Vn = 155520\,N$

$$Cek := \begin{cases} \text{"Oke"} & \text{if } \phi v \cdot Vn > Vu \\ \text{"Tidak Oke"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Cek = "Oke"

Pemeriksaan Baut

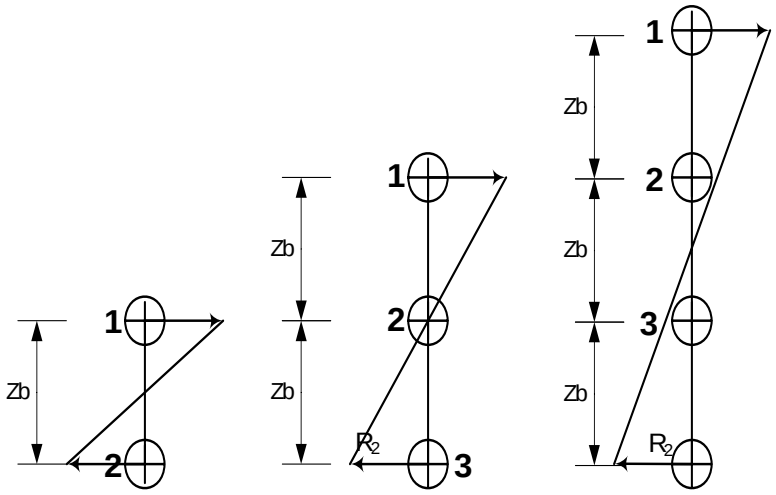
Gaya terfaktor yang harus dipikul baut

Akibat geser langsung, setiap baut memikul $R1 := \frac{T1}{nb}$ $R1 = 15219.36\,N$

Akibat momen (disediakan tiga rumus, masing-masing untuk 2 baut, 3 baut, dan 4 baut)

$$R2 := \begin{cases} \frac{Mu}{zb} & \text{if } nb = 2 \\ \frac{Mu}{2 \cdot zb} & \text{if } nb = 3 \\ \frac{Mu}{3.33333 \cdot zb} & \text{if } nb = 4 \end{cases} \qquad R2 = 32006.32\,N$$

Resultante : $Ru := \sqrt{R1^2 + R2^2}$ $Ru = 35440.56\,N$



Kekuatan Tumpu:

Tebal t adalah yang terkecil di antara tebal flens profil tersusun dan tebal pelat kopel

$t := \min(tf, tp)$ $t = 6\,mm$

$\phi Rn1 := 0.75 \cdot 2.4 \cdot db \cdot t \cdot Fu$ $\phi Rn1 = 75924\,N$

Kekuatan Geser :

$$Fv := \begin{cases} 48 \cdot 6.89MPa & \text{if } Tipe = \text{"A325-N"} \\ 60 \cdot 6.89MPa & \text{if } Tipe = \text{"A325-X"} \\ 60 \cdot 6.89MPa & \text{if } Tipe = \text{"A490-N"} \\ 75 \cdot 6.89MPa & \text{if } Tipe = \text{"A490-X"} \end{cases}$$

$Fv = 330.72\,MPa$

Luas Penampang Baut $Ab := \frac{\pi \cdot db^2}{4}$ $Ab = 283.53\,mm^2$

$\phi Rn2 := 0.75 \cdot Fv \cdot Ab$ $\phi Rn2 = 70326.47\,N$

Cek Kekuatan : $\phi R := \min(\phi Rn1, \phi Rn2)$ $\phi R = 70326.47\,N$ harus $\geq$ $Ru = 35440.56\,N$