

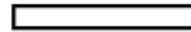
Mata Kuliah : Perancangan Struktur Baja
Kode : CIV - 303
SKS : 3 SKS

Komponen Struktur Tarik

Pertemuan – 2, 3

- Sub Pokok Bahasan :
 - Kegagalan Leleh
 - Kegagalan Fraktur
 - Kegagalan Geser Blok
 - Desain Batang Tarik

- Batang tarik banyak dijumpai dalam banyak struktur baja, seperti struktur – struktur jembatan, rangka atap, menara transmisi, ikatan angin dan lain sebagainya.
- Batang tarik ini sangat efektif dalam memikul beban.
- Batang ini dapat terdiri dari profil tunggal ataupun profil – profil tersusun.



(a) pelat



(b) penampang bulat pejal



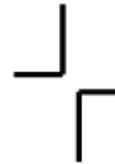
(c) profil kanal



(d) profil siku



(e) profil siku ganda



(f) profil siku bintang



(g) profil WF



Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik nominal, P_n , dari suatu komponen struktur ditentukan berdasarkan dua macam kondisi, yaitu :

- **leleh tarik (*tensile yielding*)** dari luas penampang gross, di daerah yang jauh dari sambungan
- **keruntuhan tarik (*fracture yielding*)** dari luas penampang efektif pada daerah sambungan

Kondisi Leleh Tarik

Pada kondisi kegagalan akibat leleh tarik, maka besarnya kekuatan tarik nominal dapat dihitung berdasarkan SNI 1729:2015 persamaan D2-1 :

$$P_n = F_y A_g$$

dengan

A_g = luas bruto dari komponen struktur, mm²

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan, MPa

Kondisi Keruntuhan Tarik

Besarnya kekuatan tarik nominal, pada kondisi kegagalan keruntuhan tarik, ditentukan dalam SNI 1729:2015 persamaan D2-2 :

$$P_n = F_u A_e$$

dengan

A_e = luas neto efektif, mm²

F_u = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, MPa

- Kekuatan tarik desain, $\phi_t P_n$, dan kekuatan tarik tersedia, P_n/Ω_t , harus diambil dari nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik dan keruntuhan tarik.
- Nilai dari $\phi_t P_n$ (metode DFBK) atau nilai P_n/Ω_t (metode DKI) ditentukan sebagai berikut :

Metode DFBK

- Untuk leleh Tarik $\phi_t P_n = 0,90 F_y A_g$
- Untuk keruntuhan Tarik $\phi_t P_n = 0,75 F_u A_e$

Metode DKI

- Untuk leleh Tarik

$$\frac{P_n}{\Omega_t} = \frac{F_y A_g}{1,67}$$

- Untuk keruntuhan Tarik

$$\frac{P_n}{\Omega_t} = \frac{F_u A_e}{2,00}$$

Luas Neto, A_n

- Lubang yang dibuat pada sambungan untuk menempatkan alat sambung berupa baut akan mengurangi luas penampang sehingga mengurangi pula kekuatan tarik dari penampang tersebut.
- Definisi dari luas neto secara sederhana adalah luas bruto dari penampang dikurangi dengan luas lubang yang disediakan untuk kebutuhan penempatan baut.
- Lubang untuk penempatan baut umumnya dibuat lebih besar 2 mm dari ukuran diameter nominal baut, dan pada proses pembuatan lubang ini umumnya akan terjadi kerusakan di sekeliling lubang. Sebagai akibatnya maka ukuran lubang yang sudah jadi akan lebih lebar sekitar 2 mm dari yang direncanakan.
- Sehingga secara total ukuran lubang baut yang sudah jadi akan lebih besar 4 mm daripada ukuran nominal bautnya.
- luas neto penampang dibatasi sebesar $0,85A_g$ ($A_n \leq 0,85A_g$)

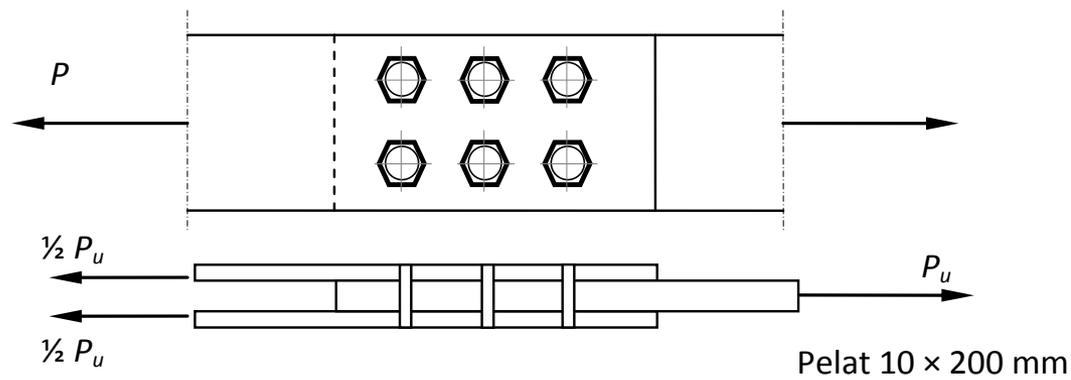
Tabel Dimensi Nominal Lubang Baut, d_h

Diameter Baut	Dimensi Lubang, mm			
	Standar (Diameter)	Ukuran-lebih (Diameter)	Slot-Pendek (Lebar × Panjang)	Slot Panjang (Lebar × Panjang)
M16	18	20	18 × 22	18 × 40
M20	22	24	22 × 26	22 × 50
M22	24	28	24 × 30	24 × 55
M24	27	30	27 × 32	27 × 60
M27	30	35	30 × 37	30 × 67
M30	33	38	33 × 40	33 × 75
≥ M36	$d + 3$	$d + 8$	$(d+3) \times (d+10)$	$(d+3) \times 2,5d$

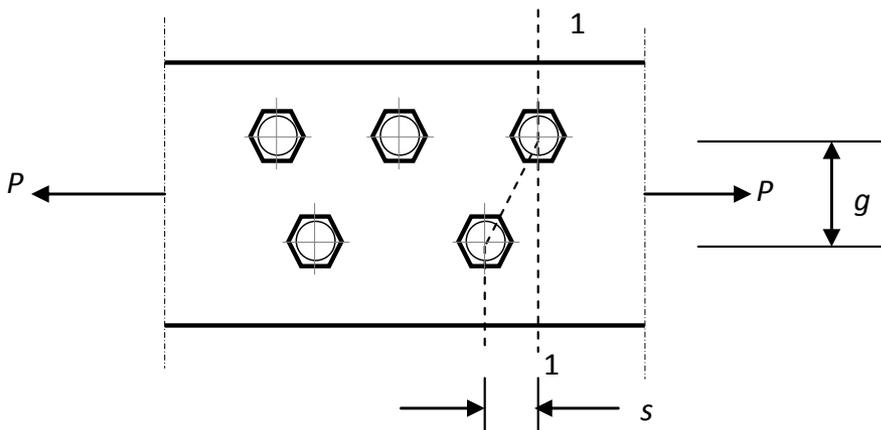
Dalam perhitungan luas neto penampang maka lebar lubang baut harus diambil sebesar ukuran lubang nominal (Tabel 3.1) ditambah dengan **2 mm.**

Contoh 1:

Hitung luas netto, A_n dari komponen struktur tarik berikut ini yang berupa pelat datar berukuran 10×200 mm. Pelat disambung pada bagian ujungnya dengan dua baris baut M20.



Efek Lubang Berselang-seling Pada Luas Netto



A_g	= luas penampang bruto
A_n	= luas penampang neto
t	= tebal penampang
d_h	= diameter lubang nominal
n	= banyak lubang dalam satu potongan
s, g	= jarak antar sumbu lubang pada arah sejajar dan tegak lurus sumbu komponen struktur

- Dari potongan 1-1 diperoleh :

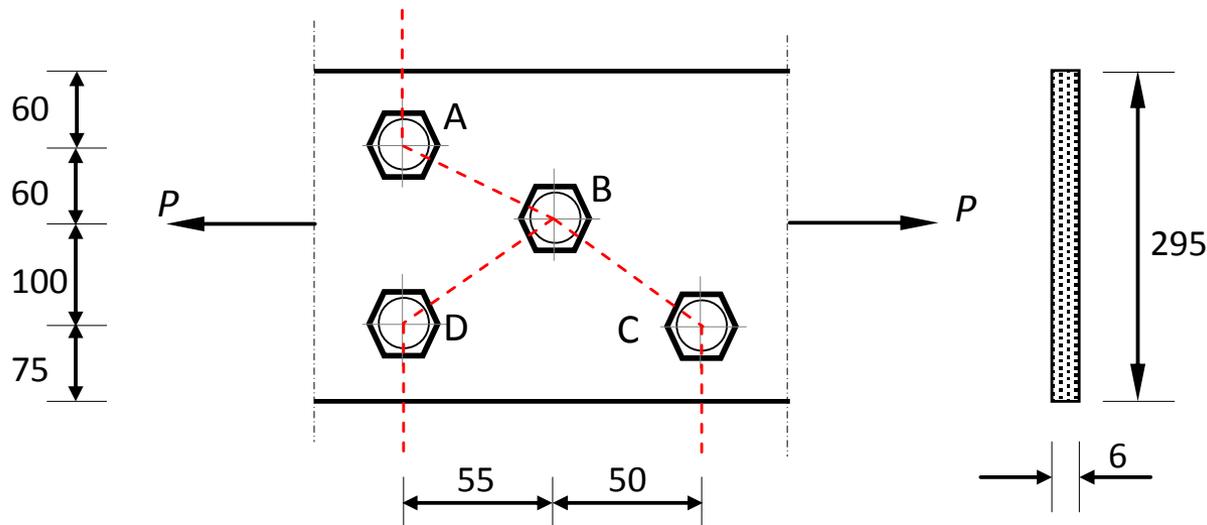
$$A_n = A_g - n.(d_h + 2).t$$

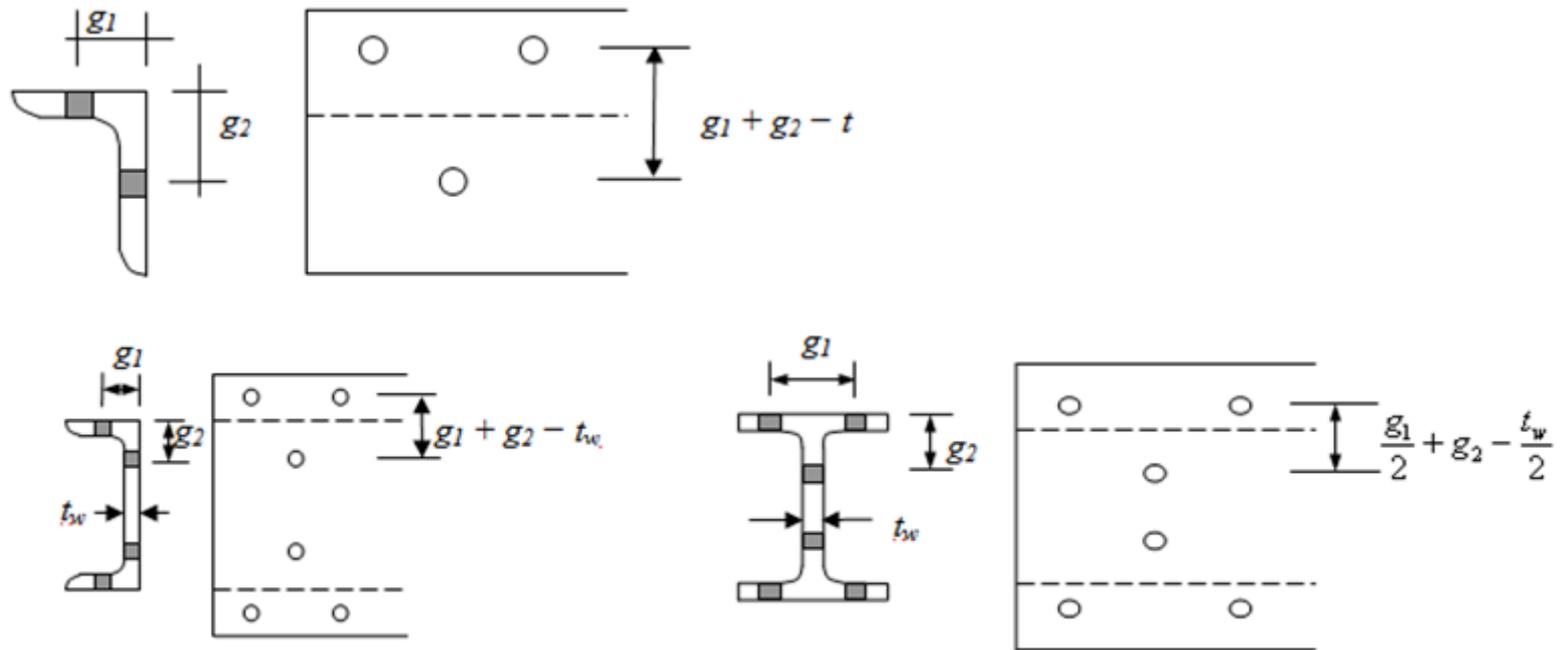
- Potongan 1- 2 :

$$A_n = A_g - n(d_h + 2)t + \sum \frac{s^2 . t}{4g}$$

Contoh 2 :

Tentukan A_{netto} minimum dari batang tarik berikut ini, baut yang dipakai M20, sedangkan tebal pelat adalah 6 mm.





Gambar 3.10 Perhitungan Nilai g Untuk Berbagai Jenis Profil

Luas Netto Efektif

- Performa suatu batang tarik dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, namun yang paling penting di antaranya adalah masalah sambungan karena adanya sambungan pada suatu batang tarik akan memperlemah batang tersebut.
- Efisiensi suatu sambungan merupakan fungsi dari daktilitas material, jarak antar alat pengencang, konsentrasi tegangan pada lubang baut serta suatu fenomena yang sering disebut dengan istilah *shear lag*

Luas Netto Efektif

- Masalah *shear lag* dalam perhitungan diantisipasi dengan menggunakan istilah luas netto efektif, yang dapat diterapkan pada sambungan baut maupun las.
- Dinyatakan bahwa luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik harus ditentukan sebagai berikut :

$$A_e = U \cdot A_n$$

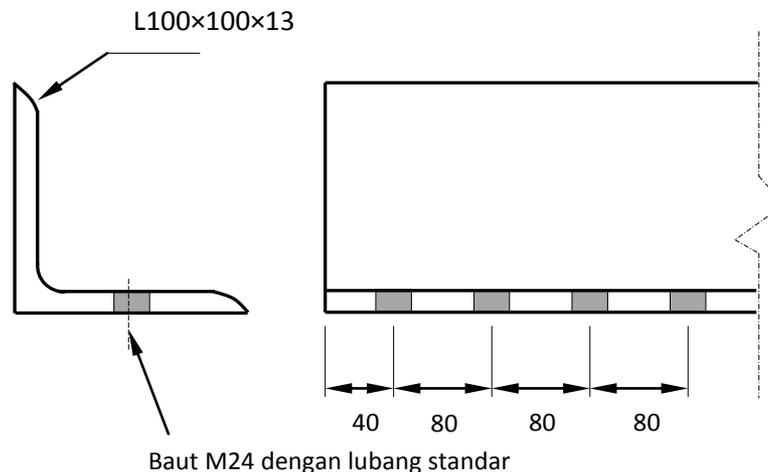
- Untuk semua penampang melintang terbuka seperti W, C, siku tunggal, dan siku ganda, maka faktor shear lag, U , tidak perlu lebih kecil dari rasio luas bruto elemen yang disambung terhadap luas bruto komponen struktur.
- Ketentuan ini tidak berlaku pada penampang tertutup, seperti profil struktur berongga (PSB) atau untuk pelat.
- Nilai Faktor Shear Lag Untuk Sambungan Pada Komponen Struktur Tarik dapat dilihat dalam ***Tabel D3.1 SNI 1729:2015***)

Kelangsingan Struktur Tarik

- Untuk mengurangi problem yang terkait dengan lendutan besar dan vibrasi, maka komponen struktur tarik harus memenuhi syarat kekakuan.
- Syarat ini berdasarkan pada rasio kelangsingan, $\lambda = L/r$. Dengan λ adalah angka kelangsingan struktur, L adalah panjang komponen struktur, sedangkan r adalah jari-jari girasi ($r = (I/A)^{0,5}$).
- Dalam SNI 1729:2015 pasal D1 tidak diberikan batasan spesifik tentang angka kelangsingan maksimum, namun demikian disarankan agar nilai L/r tidak diambil melebihi **300**.

Contoh 3 :

- Periksalah terhadap persyaratan desain metode DFBK serta DKI, kekuatan tarik dari penampang siku L100×100×13, ASTM A36 ($F_y = 250$ MPa, $F_u = 450$ MPa). Komponen struktu ini digunakan untuk memikul beban tarik yang berupa beban mati sebesar 90 kN dan beban hidup sebesar 260 kN. Tentukan pula panjang maksimum dari komponen struktur tarik ini agar memenuhi rasio kelangsingan yang disarankan dalam SNI 1729:2015. Asumsikan bahwa jumlah baut mencukupi untuk memikul beban yang bekerja.



1. Perhitungan kombinasi beban

Kombinasi beban untuk menghitung kekuatan perlu menurut ASCE/SEI 7 adalah :

DFBK	DKI
$P_u = 1,2(90) + 1,6(260)$ $= 524 \text{ kN}$	$P_a = 90 + 260$ $= 350 \text{ kN}$

Data penampang L100×100×13, adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 A_g & = 2.431 \text{ mm}^2 & F_y & = 250 \text{ MPa} \\
 t & = 13 \text{ mm} & F_u & = 400 \text{ MPa} \\
 r_{min} & = 19,4 \text{ mm} \\
 \bar{x} & = 29,4 \text{ mm.}
 \end{array}$$

2. Pemeriksaan leleh tarik pada penampang bruto.

DFBK	DKI
$\phi P_n = 0,90 F_y A_g$ $= 0,90(250)(2.431)$ $= 546.975 \text{ N}$ $= 546,98 \text{ kN} > 524 \text{ kN} \quad \text{o.k.}$	$P_n / \Omega_t = F_y A_g / 1,67$ $= (250)(2.431) / 1,67$ $= 363.922,16 \text{ N}$ $= 363,92 \text{ kN} > 350 \text{ kN} \quad \text{o.k.}$

3. Pemeriksaan keruntuhan tarik pada penampang netto.

Nilai faktor *shear lag*, U , dapat diambil dari nilai terbesar dalam Tabel 3.2, untuk kasus 2 dan kasus 8. Untuk profil melintang terbuka berbentuk W, nilai faktor *shear lag*, U , tidak perlu lebih kecil dari rasio luas bruto elemen yang disambung terhadap luas bruto komponen struktur, karena penampang berupa siku sama kaki yang disambung hanya pada salah satu kakinya saja maka :

$$U = 0,50$$

Kasus 2 :

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{l} = 1 - \frac{29,4}{3(80)} = 0,878$$

Kasus 8 :

untuk penampang siku dengan 4 atau lebih sarana penyambung per baris dalam arah pembebanan, maka $U = 0,80$

Dari ketiga nilai U tersebut, maka nilai faktor *shear lag*, U , boleh ditetapkan sebesar 0,878.

Hitung nilai A_n menggunakan persyaratan SNI 1729:2015 pasal B4.3.

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (d_h + 2)t \\ &= 2.431 - (27 + 2)13 \\ &= 2.054 \text{ mm}^2 \leq 0,85 A_g (= 2.066,35 \text{ mm}^2) \quad \text{o.k.} \end{aligned}$$

Hitung nilai A_e berdasarkan persyaratan SNI 1729:2015 pasal D3.

$$\begin{aligned} A_e &= A_n U \\ &= 2.054(0,878) = 1.803,41 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya kekuatan keruntuhan tarik dari penampang dapat dihitung sebagai berikut :

DFBK	DKI
$\phi_t P_n = 0,75 F_u A_e$ $= 0,75(400)(1.803,41)$ $= 541.023 \text{ N}$ $= 541 \text{ kN} > 524 \text{ kN} \quad \text{o.k.}$	$P_n / \Omega_t = F_u A_e / 2,00$ $= (400)(1.803,41) / 2,00$ $= 360.682 \text{ N}$ $= 360,68 \text{ kN} > 350 \text{ kN} \quad \text{o.k.}$

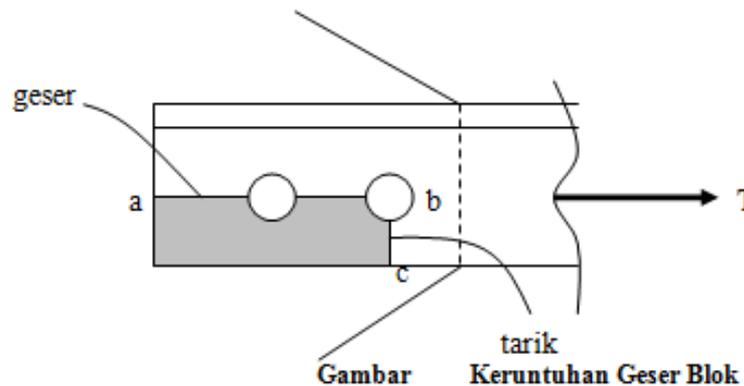
Berdasarkan rasio kelangsingan yang disarankan dalam SNI 1729:2015, pasal D1 :

$$L_{\text{maks}} = 300 r_{\text{min}} = 300(29,4) \text{ mm} = 8.820 \text{ mm}$$

Nilai ini hanyalah berupa rekomendasi saja, bukan merupakan persyaratan mutlak.

Geser Blok (*Block Shear*)

- Pada sebuah elemen pelat tipis yang menerima beban tarik, dan yang disambungkan dengan alat pengencang, tahanan dari komponen tarik tersebut kadang ditentukan oleh kondisi batas sobek, atau sering disebut geser blok.



Geser Blok (*Block Shear*)

- Kekuatan geser blok dalam SNI 1729:2015 pasal J4.3 diambil sebesar :

$$R_n = 0,60F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,60F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

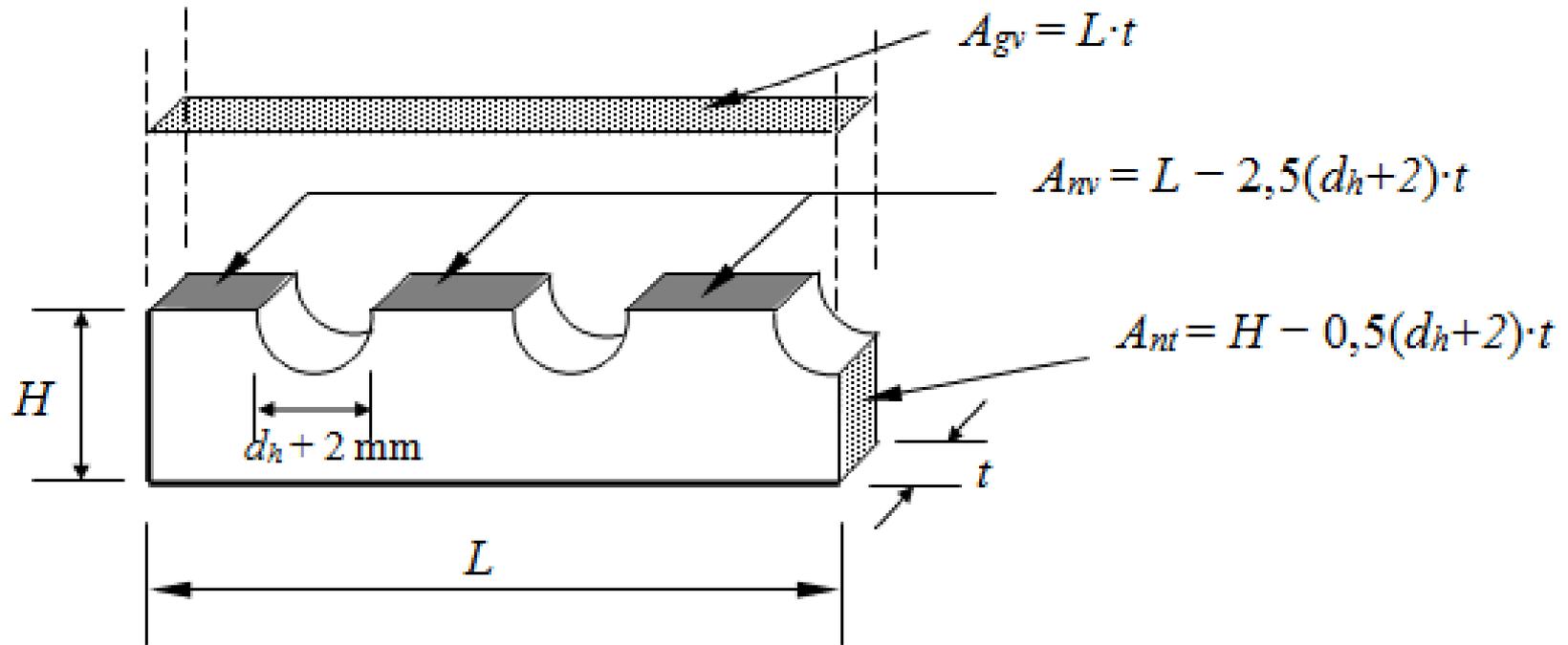
dengan :

F_u = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, MPa

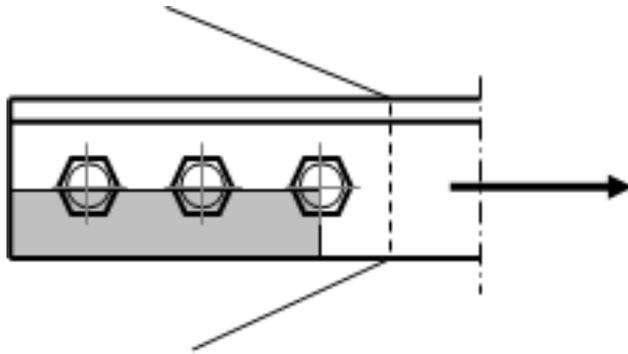
A_{nv} = luas neto penahan geser, mm²

A_{nt} = luas neto penahan tarik, mm²

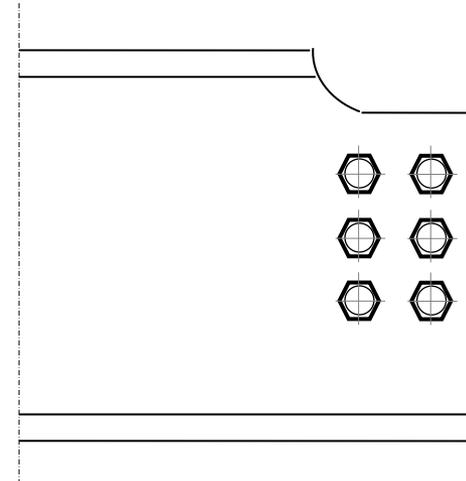
A_{gv} = luas bruto penahan geser, mm²



- Meskipun keruntuhan tarik terjadi pada penampang neto, namun tegangan tarik yang timbul tidaklah selalu seragam.
- Oleh karena itu dalam persamaan geser blok disisipkan faktor U_{bs} untuk mengantisipasi distribusi tegangan tarik yang tak seragam pada bidang luasan penahan tarik.
- Nilai $U_{bs} = 1$, apabila tegangan tarik yang timbul bersifat seragam, dan $U_{bs} = 0,5$ jika tegangan tarik tidak merata.



$$U_{bs} = 1,0$$

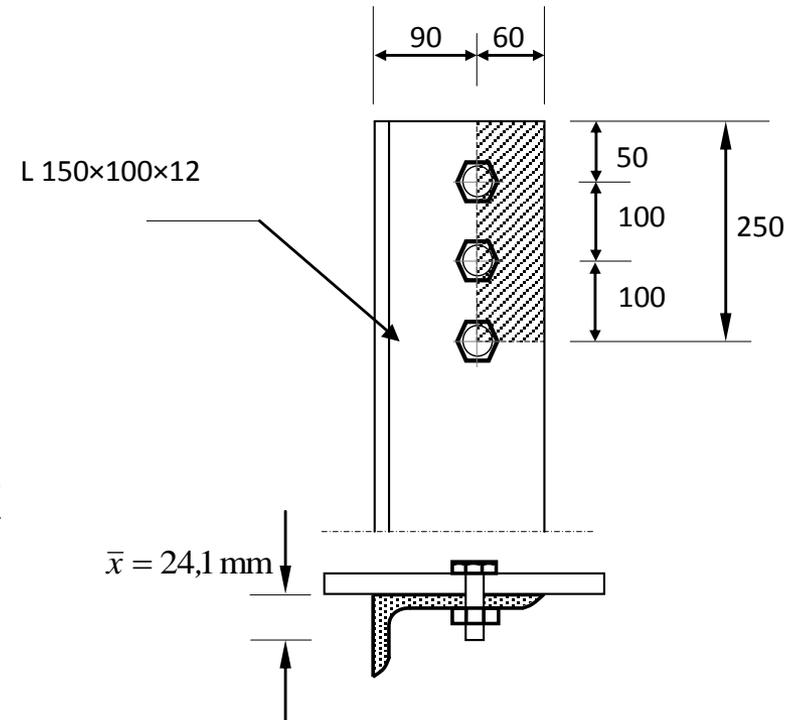


$$U_{bs} = 0,5$$

Untuk desain geser blok dengan metode DFBK, faktor ketahanan ϕ diambil sebesar 0,75, sedangkan untuk metode DKI, faktor keamanan Ω diambil sebesar 2,00.

Contoh 4 :

- Suatu komponen struktur tarik dengan penampang berbentuk siku tunggal L 150×100×12, ASTM A572 Kelas 345 ($F_y = 345$ MPa, $F_u = 450$ MPa). Komponen struktur tarik tersebut disambung dengan 3 buah baut M20. Tentukan kekuatan geser blok dari komponen struktur tersebut dengan metode DFBK dan DKI. Tentukan pula kekuatan tarik desain, $\phi_t P_n$, dan kekuatan tarik tersedia, P_n/Ω_t , berdasarkan metode DFBK dan DKI.



1. Perhitungan kekuatan geser blok

Ukuran lubang baut, $d_h = 20 + 2 = 22 \text{ mm}$ (atau lihat Tabel 3.1)

$$A_{gv} = 250(12) = 3.000 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = [250 - 2,5(22 + 2)]12 = 2.280 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = [60 - 0,5(22 + 2)]12 = 576 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} R_n &= 0,60F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt} \\ &= 0,60(450)(2.280) + 1,0(450)(576) \\ &= 874.800 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai ini tidak lebih dari :

$$0,60F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt} = 0,60(345)(3.000) + 1,0(450)(576) = 880.200 \text{ N} \quad \text{o.k.}$$

DFBK, $\phi = 0,75$	DKI, $\Omega = 2,00$
$\phi R_n = 0,75(874.800) = 656.100 \text{ N}$ $= 656,1 \text{ kN}$	$R_n/\Omega = 874.800/2,00 = 437.400 \text{ N}$ $= 437,4 \text{ kN}$

2. Perhitungan kekuatan leleh tarik

DFBK	DKI
$\phi_t P_n = 0,90F_y A_g$ $= 0,90(345)(2.856)$ $= 886.788 \text{ N}$ $= 886,8 \text{ kN}$	$P_n/\Omega_t = F_y A_g / 1,67$ $= (345)(2.856)/1,67$ $= 590.011,97 \text{ N}$ $= 590,01 \text{ kN}$

3. Perhitungan kekuatan keruntuhan tarik

Nilai faktor *shear lag*, U , dapat diambil dari nilai terbesar dalam Tabel 3.2, untuk kasus 2 dan kasus 8. Untuk profil melintang terbuka, nilai faktor *shear lag*, U , tidak perlu lebih kecil dari rasio luas bruto elemen yang disambung terhadap luas bruto komponen struktur, karena penampang berupa siku tak sama kaki yang disambung hanya pada sisi panjang saja maka :

$$U = \frac{150 \times 12}{2.856} = 0,63$$

Kasus 2 :

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{l} = 1 - \frac{24,1}{2(100)} = 0,8795$$

Kasus 8 :

untuk penampang siku dengan 3 atau lebih sarana penyambung per baris dalam arah pembebanan, maka $U = 0,60$

Dari ketiga nilai U tersebut, maka nilai faktor *shear lag*, U , boleh dipilih berdasarkan nilai terbesar dari ketiganya, yaitu sebesar 0,8795.

Hitung nilai A_n menggunakan persyaratan SNI 1729:2015 pasal B4.3.

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (d_h + 2)t \\ &= 2.856 - (22 + 2)12 \\ &= 2.568 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Hitung nilai A_e berdasarkan persyaratan SNI 1729:2015 pasal D3.

$$\begin{aligned} A_e &= A_n U \\ &= 2.568(0,8795) = 2.258,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya kekuatan keruntuhan tarik dari penampang dapat dihitung sebagai berikut :

DFBK	DKI
$\phi_t P_n = 0,75 F_u A_e$ $= 0,75(450)(2.258,56)$ $= 762.264 \text{ N}$ $= 762,3 \text{ kN}$	$P_n / \Omega_t = F_u A_e / 2,00$ $= (450)(2.258,56) / 2,00$ $= 508.176 \text{ N}$ $= 508,2 \text{ kN}$

Dari hasil ketiga perhitungan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan Tarik dari komponen struktur Tarik tersebut di atas ditentukan oleh kekuatan geser blok. Kekuatan tarik desain, $\phi_t P_n$, menurut metode DFBK adalah sebesar 762,3 kN, sedangkan kekuatan tarik tersedia, P_n / Ω_t , menurut metode DKI adalah sebesar 508,2 kN.