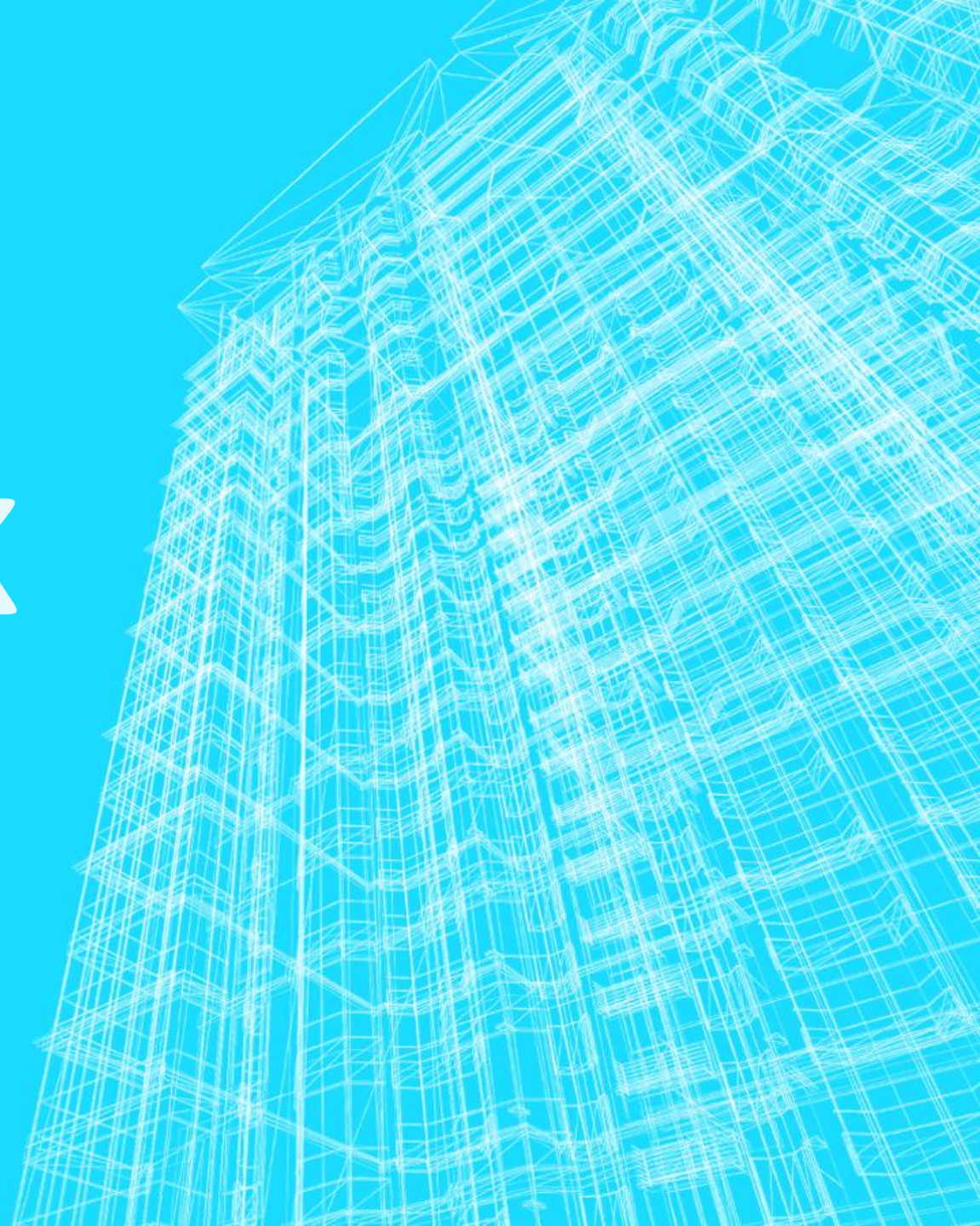


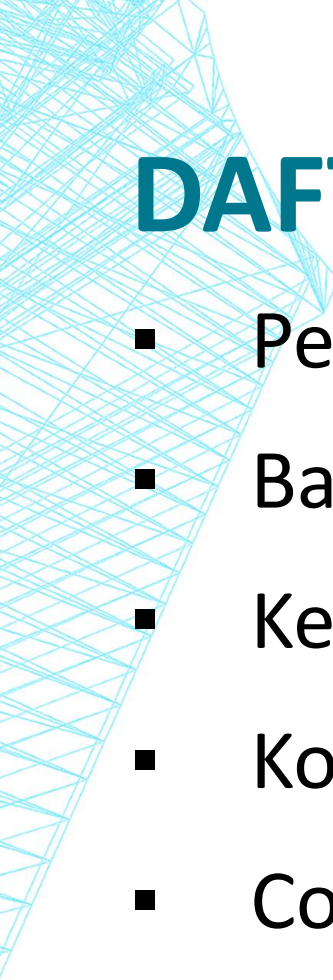
BATANG TARIK

OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

BAHAN KULIAH STRUKTUR BAJA





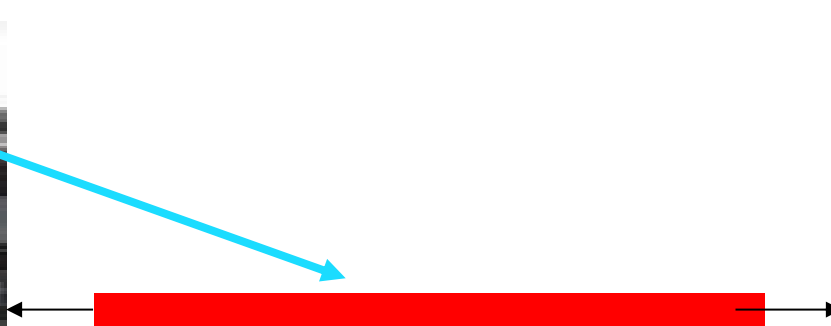
DAFTAR ISI

- Pendahuluan
- Batas kelangsingan
- Kekuatan tarik
- Konsep luas penampang
- Contoh Perencanaan

PENDAHULUAN

Material baja mempunyai kemampuan sama dalam memikul gaya tarik atau tekan. Mutu bahannya juga relatif tinggi, sehingga dimensinya cenderung langsing. Untuk elemen struktur seperti itu maka pemakaian material baja hanya efisien terhadap tarik. Untuk batang tekan maka kapasitasnya ditentukan oleh tekuk (buckling), suatu masalah stabilitas yang tergantung konfigurasi geometri, struktur dan penampang, dan tidak hanya oleh material saja.

Adanya elemen struktur baja yang terlihat sangat langsing dibandingkan elemen lainnya, maka dapat diduga akan difungsikan sebagai batang Tarik. Sebagai contoh adalah elemen atap baja di bangunan pameran dan pameran terbesar di Indonesia saat ini (2016), yaitu Indonesia Convention Exhibition (ICE), di BSD City, Tangerang.



PENDAHULUAN

Perencanaan

- Batas kelangsingan
- Perencanaan
 - Kekuatan Nominal P_n
 - Kekuatan Tarik (Pasal D2-1 SNI 1726:2015)
 - Desain (Metoda DFBT) $\phi_t P_n$
 - Tersedia (Metoda DKI) P_n/ω_t
 - Kekuatan Perlu
 - Kombinasi DFBT < Kekuatan tarik desain $P_u < \phi_t P_n$
 - Kombinasi DKI < Kekuatan tarik tersedia $P_a < P_n/\omega_t$

PENDAHULUAN

KOMBINASI BEBAN DFBT :

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,0E + L$
- $0,9D + 1,0W$
- $0,9D + 1,0E$

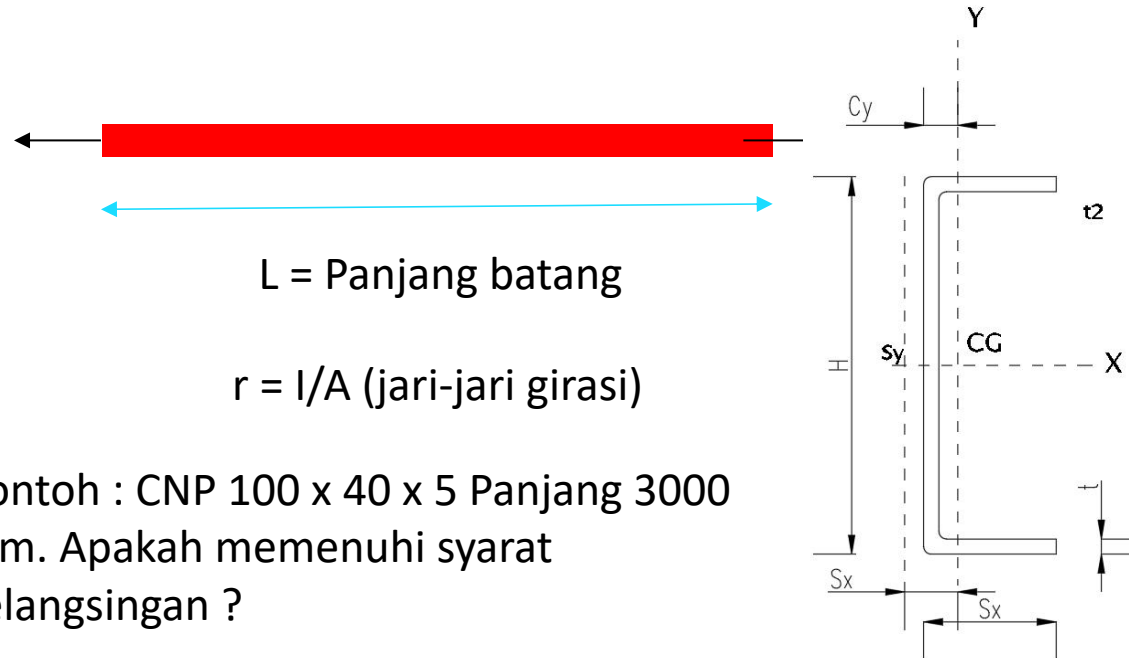
KOMBINASI BEBAN DKI :

1. D
2. $D + L$
3. $D + (L_r \text{ atau } R)$
4. $D + 0,75L + 0,75(L_r \text{ atau } R)$
5. $D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$
6. a) $D + 0,75L + 0,75(0,6W) + 0,75(L_r \text{ atau } R)$
b) $D + 0,75L + 0,75(0,7E)$
7. $0,6D + 0,6W$

BATAS KELANGSINGAN

Secara teoritis batang tarik tidak mengalami tekuk, oleh karena itu Pasal D1 SNI 1729:2020 tidak membatasi kelangsingan λ , hanya disarankan :

$$L/r \leq 300$$



DIMENSION	THICK NESS	UNIT WEIGHT	SECTION AREA	CENTER OF GRAVITY		CENTER OF SHEAR		GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION		MODULUD OF SECTION	
HxB	t ₁		A	C _x	C _y	S _x	S _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	z _y
mm x mm	mm	kg/m	cm ²	cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
100 x 35	4.0	4.93	6.27	0.00	0.90	0.00	1.85	85.51	6.6	3.69	1.03	17.10	2.53
100 x 40	2.5	3.37	4.29	0.00	1.00	0.00	2.27	63.43	6.42	3.84	1.22	12.69	2.14
100 x 40	3.0	4.01	5.10	0.00	1.02	0.00	2.27	74.41	7.55	3.82	1.22	14.88	2.54
100 x 40	4.0	5.24	6.67	0.00	1.07	0.00	2.25	94.73	9.67	3.77	1.20	18.95	3.30
100 x 40	5.0	6.42	8.18	0.00	1.11	0.00	2.24	112.97	11.6	3.72	1.19	22.59	4.02

Jari-jari girasi terkecil $r_y = 1.19 \text{ cm} = 11.9 \text{ mm}$
 $\lambda = 3000 / 11.9 = 252 < 300 \text{ ok !}$

KEKUATAN TARIK

- **Kekuatan tarik nominal P_n**

P_n = kekuatan tarik nominal, adalah nilai terkecil dari 2 tinjauan batas keruntuhan yang terjadi pada penampang utuh, dan penampang berlubang

Kekuatan tarik nominal penampang utuh terhadap leleh Tarik : $P_n = F_y A_g$

A_g = luas penampang utuh (gross)

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan

Kekuatan tarik nominal penampang berlubang di tempat sambungan akibat keruntuhan tarik

$$P_n = F_u A_e = F_u A_n U$$

A_n = luas penampang bersih (netto), dikurangi lubang

A_e = luas penampang efektif

U = faktor shear lag

F_u = Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan

KEKUATAN TARIK

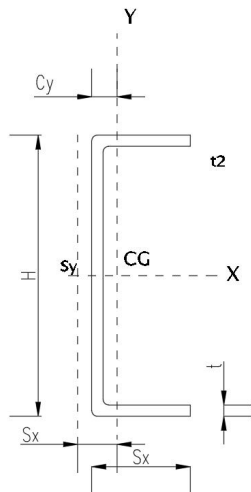
- **Kekuatan Tarik desain $\phi_t P_n$**
dimana: $\phi_t = 0.9$ terhadap leleh tarik $\phi_t = 0.75$ terhadap keruntuhan tarik
- **Kekuatan Tarik tersedia P_n/ω_t**
dimana: $\omega_t = 1.67$ terhadap leleh tarik $\omega_t = 2$ terhadap keruntuhan tarik

KONSEP LUAS PENAMPANG

▪ Pengaruh Lubang dan Cara Penyambung

Reduksi luas penampang batang tarik akibat lubang untuk alat sambung, sehingga ada istilah luas penampang utuh atau gross (A_g) dan luas penampang netto (A_n), yaitu luasan setelah memperhitungkan pengaruh lubang. Oleh karena sambungan las tidak memerlukan lubang, maka secara teoritis sambungan las akan lebih baik dibanding sambungan baut sebab $A_n = A_g$, atau tidak ada reduksi luasan.

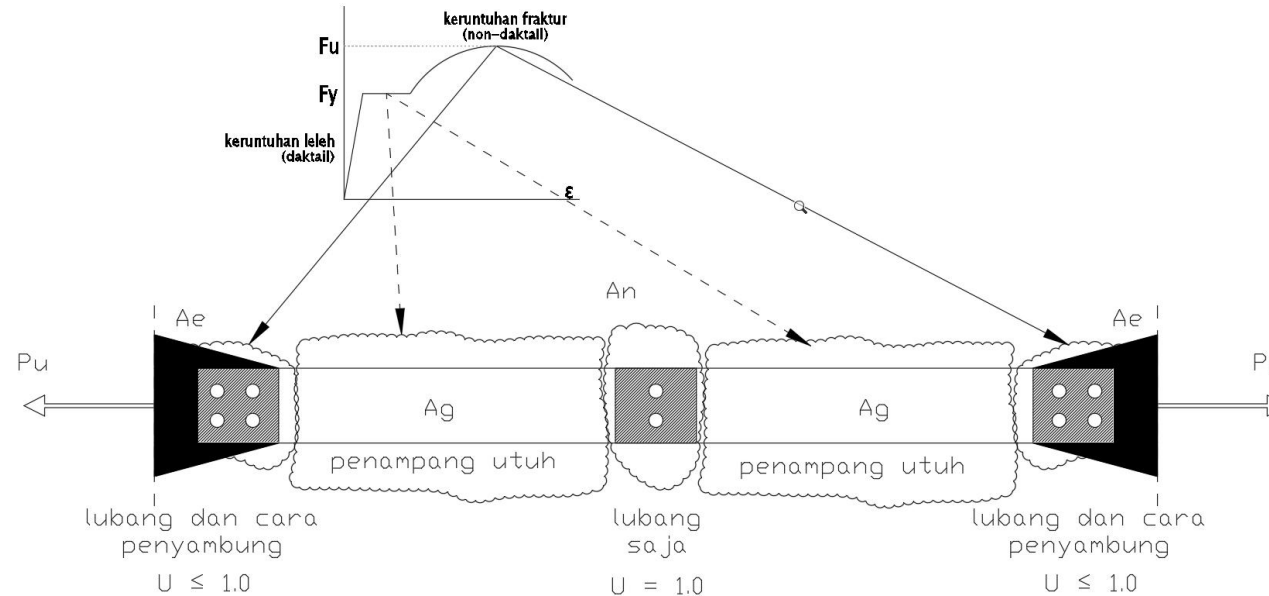
Efektifitas Sambungan. Secara ideal, agar kontinuitas elemen tidak terganggu maka keseluruhan penampang harus tersambung secara menerus ke bagian elemen yang lain. Prakteknya, akibat keperluan untuk kemudahan pelaksanaan atau keterbatasan alat sambungnya, maka bidang permukaan penampang batang tarik tersebut tidak semuanya tersambung secara sempurna. Kondisi itu tentu akan menimbulkan aliran tegangan tidak merata yang disebut efek shear-lag dan harus diperhitungkan karena mempengaruhi batang tarik. Selanjutnya luas penampang batang tarik setelah memperhitungkan pengaruh shear-lag disebut penampang efektif, A_e dimana $A_e = A_n U$



DIMENSION	THICK NESS	UNIT WEIGHT	SECTION AREA	CENTER OF GRAVITY		CENTER OF SHEAR		GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION		MODULUD OF SECTION	
				C_x	C_y	S_x	S_y	I_x	I_y	i_x	i_y	Z_x	z_y
HxB	t_1		A	cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
mm x mm	mm	kg/m	cm ²										
100 x 35	4.0	4.93	6.27	0.00	0.90	0.00	1.85	85.51	6.6	3.69	1.03	17.10	2.53
100 x 40	2.5	3.37	4.29	0.00	1.00	0.00	2.27	63.43	6.42	3.84	1.22	12.69	2.14
100 x 40	3.0	4.01	5.10	0.00	1.02	0.00	2.27	74.41	7.55	3.82	1.22	14.88	2.54
100 x 40	4.0	5.24	6.67	0.00	1.07	0.00	2.25	94.73	9.67	3.77	1.20	18.95	3.30
100 x 40	5.0	6.42	8.18	0.00	1.11	0.00	2.24	112.97	11.6	3.72	1.19	22.59	4.02

KONSEP LUAS PENAMPANG

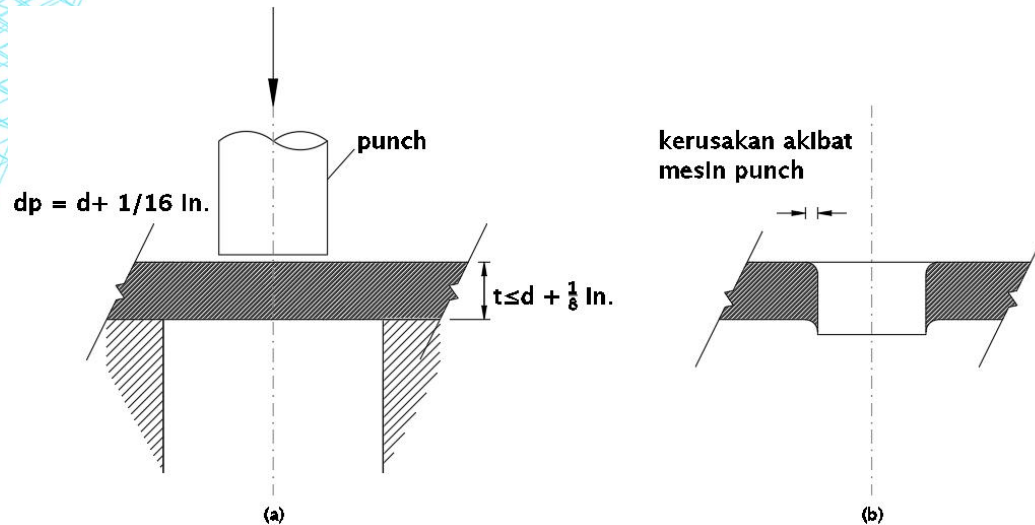
- Pengaruh Lubang dan Cara Penyambung



Gambar di atas memperlihatkan bahwa kinerja batang tarik ditentukan oleh material baja (diagram tegangan-regangan) yang dalam hal ini adalah parameter F_y dan F_u . Bagian tengah ada lubang tapi semua elemennya tersambung ($U=1$) maka yang menentukan adalah luas penampang netto, A_n . Bagian ujung batang tarik adalah sambungan, jadi selain pelemahan akibat lubang juga cara penyambung menentukan efisien tidaknya kinerja batang tarik. Parameter yang menentukan adalah A_n dan $U \leq 1$ sehingga $A_e = A_n \times U$.

KONSEP LUAS PENAMPANG

▪ Diameter Lubang Baut-Real dan Imajiner



Gambar kerusakan akibat pembuatan lubang. Kekuatan batang tarik sangat dipengaruhi oleh lubang. Parameter yang mewakili yaitu luas penampang netto (A_n).

Untuk perhitungan luas penampang netto A_n maka diameter lubang baut ditambah 1/16 in (2 mm) lebih besar dari diameter lubang nominal (Bab B4.3b-SNI 1729:2020))

Terdapat 3 parameter terkait lubang pada batang tarik, yaitu:

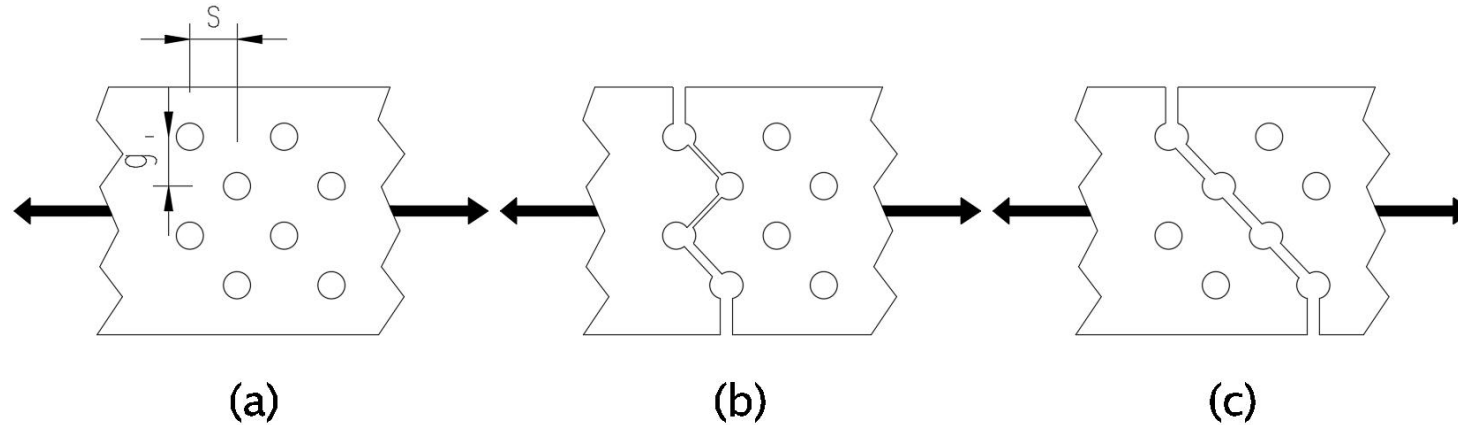
1. Diameter baut
2. Diameter lubang nominal (Tabel J3.3M – SNI 1729:2020)
3. Diameter lubang imajiner

Diameter lubang nominal adalah diameter lubang real terpasang, nilai maksimumnya sesuai Tabel J3.3M (SNI 1729:2020), ($d+1/16$ (in)) atau $d+2 \text{ mm}$.

Untuk menghitung luas penampang netto dipakai lubang imajiner, yaitu $d+4 \text{ mm}$

KONSEP LUAS PENAMPANG

- Lubang-lubang Berpola Straggered



Gambar kemungkinan keruntuhan pada lubang berpola staggered (zigzag)

Untuk mencari penampang kritis lubang yang berpola staggered, perlu meninjau berbagai kemungkinan potongan penampang yang bisa terjadi. Panjang bersih dihitung dari tinggi penampang dikurangi jumlah lubang (yang terjadi pada jalur potongan), ditambah pengaruh diagonal (jarak s dan g diagonal bisa berbeda tergantung detail) yang dihitung dengan $s^2/4g$

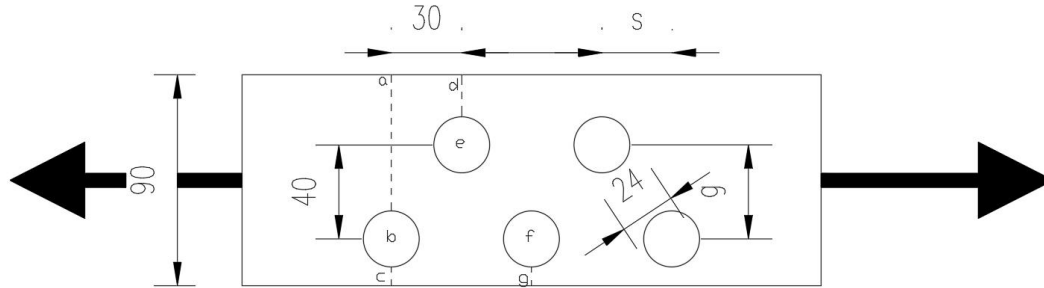
Dimana : s = jarak lubang as-ke as arah memanjang (searah gaya)

g = jarak lubang as-ke-as arah transeversal (tegak lurus gaya)

KONSEP LUAS PENAMPANG

▪ Lubang-lubang Berpola Straggered

Soal: Pelat baja, dibebani Tarik di dua sisinya, lebar 90 mm, tebal 10 mm, Panjang sembarang (tidak berpengaruh). Pada pelat baja ada 5 lubang $\varnothing 24$ mm secara staggered / zigzag dengan maksud agar optimal. Hitunglah luas penampang netto (A_n)!



Jawab:

Ukuran lubang = dia. Nominal = $\varnothing 24$ mm

Ukuran baut = $\varnothing 22$ mm

Untuk memasukkan pengaruh kerusakan akibat mesin pelubang / punch makan ditambah 2mm, menjadi diameter 26 mm.

Untuk lubang dengan pola staggered harus ditinjau berbagai kemungkinan potongan yang menghasilkan nilai A_n terkecil.

Tinjau potongan a-b-c (1 lubang):

$$A_n = (90 - 26) \times 10 = 640 \text{ mm}^2$$

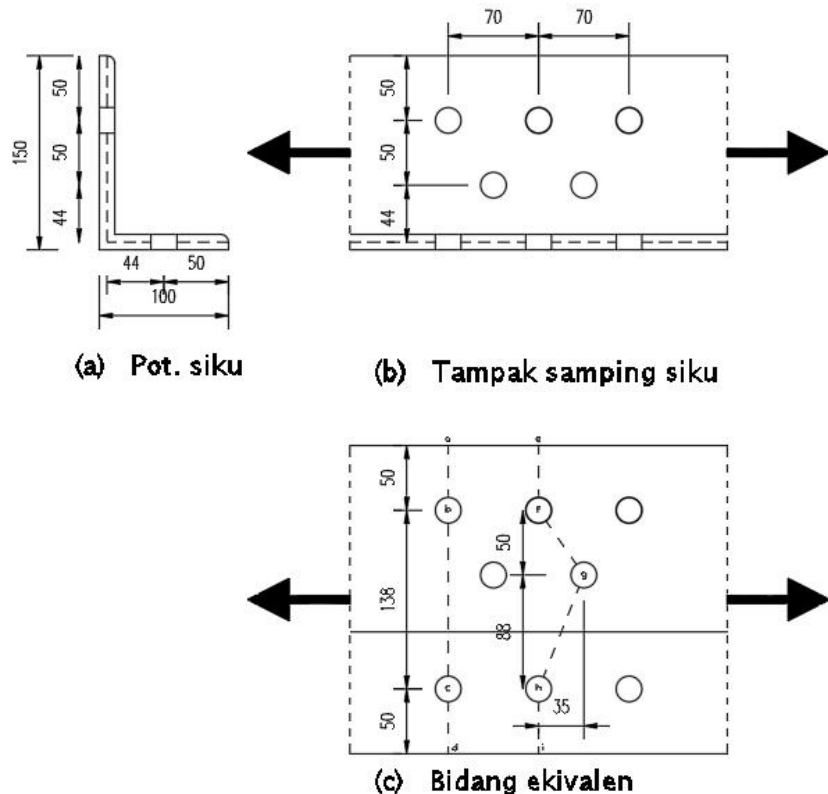
Tinjau potongan d-e-f-g yang memotong 2 lubang secara diagonal sehingga pengaruhnya harus dimasukkan,

$$A_n = ((90 - 2 \times 26) \times 10) + \left(\frac{30^2}{4 \times 40} \times 10 \right) = 380 \text{ mm}^2 + 56.25 \text{ mm}^2 = 436.25 \text{ mm}^2$$

Jadi potongan melalui lubang secara diagonal member A_n paling kecil ($A_n = 436 \text{ mm}^2$)

KONSEP LUAS PENAMPANG

- Pola Straggered Tidak Sebidang



Gambar pola staggered pada profil tidak sebidang

Batang tarik umumnya memakai baja berbentuk profil (bukan pelat datar). Pemasangan sambungan bautnya juga bisa berpola staggered tetapi tidak sebidang. Untuk perhitungan, perlu dibuat bidang ekuivalen berdasarkan pada garis berat elemen profil atau bidang di tengah tebal masing-masing elemen profilnya.

Contoh, ditinjau batang tarik profil L 150x100x12, $A = 2867 \text{ mm}^2$ perlu lubang untuk 8 baut $\varnothing 20 \text{ mm}$, hitung luas penampang netto!

Jawab:

Lubang baut = $\varnothing 20 \text{ mm}$

Lubang nominal = $20 + 2 = 22 \text{ mm}$

KONSEP LUAS PENAMPANG

- **Pola Staggered Tidak Sebidang**

$$d_{\text{imajiner}} = 22 + 2 = 24 \text{ mm (typ.)}$$

Jalur a-b-d-e : non-staggered, 2 lubang yang ditinjau

$$A_n = 2867 - 2 \times 24 \times 12 = 2291 \text{ mm}^2 \approx 80\% A_g$$

Jalur a-b-c-d-e : staggered, 3 lubang dan 2 diagonal yang ditinjau

$$A_n = 2867 - (3 \times 24 \times 12) + \frac{35^2}{4 \times 50} \times 12 + \frac{35^2}{4 \times 88} \times 12$$

$$A_n = 2867 - 864 + 73.5 + 41.8 \approx 2118 \text{ mm}^2 \approx 74\% A_g (*)$$

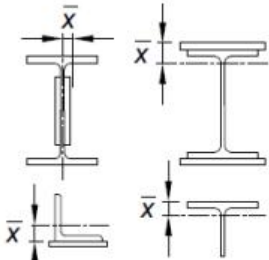
Catatan: (*) yang menentukan, sebagai penampang kritis.

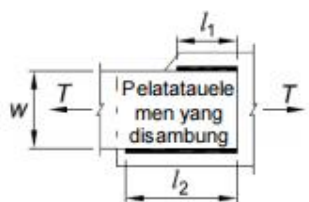
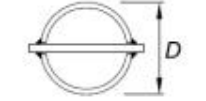
KONSEP LUAS PENAMPANG

Shear-lag dan Efektivitas Sambungan

Faktor shear-lag (U) dibuat untuk mengantisipasi adanya ketidaksempurnaan sambungan, yaitu jika ada elemen penampang yang tidak tersambung, sehingga distribusi tegangan jadi tidak merata dan ada konsentrasi tegangan, hal tersebut akan mengurangi kinerja. Faktor shear-lag adalah factor reduksi untuk memperhitungkan kondisi tersebut.

TABEL D3.1
Faktor Lag geser Untuk Sambungan ke Komponen Struktur Tarik

Kasus	Deskripsi Elemen	Faktor Lag geser, U	Contoh
1	Semua komponen struktur tarik dengan beban tarik disalurkan secara langsung ke setiap dari elemen profil melintang melalui pengencang atau las (kecuali seperti dalam Kasus 4, 5 dan 6)	$U = 1,0$	-
2	Semua komponen struktur tarik, kecuali PSR, dengan beban tarik disalurkan ke beberapa tetapi tidak semua elemen profil melintang melalui pengencang atau las longitudinal dalam kombinasi dengan las transversal. Secara alternatif, kasus 7 dapat diizinkan untuk profil W, M, S dan HP. (Untuk baja siku, Kasus 8 diizinkan untuk dipergunakan)	$U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$	

3	Semua komponen struktur tarik dengan beban tarik hanya disalurkan melalui las transversal ke beberapa tetapi tidak semua elemen profil melintang	$U = 1,0$ dan $A_n =$ luas elemen yang disambung langsung	-
4 ^{a)}	Pelat, siku, kanal dengan pengelasan pada heels, T dan profil W yang elemen-elemennya disambung, dengan beban tarik disalurkan hanya melalui las longitudinal. Lihat Kasus 2 untuk definisi dari $\bar{x}$	$U = \frac{3l^2}{3l^2 + w^2} \left(1 - \frac{\bar{x}}{l}\right)$	
5	PSR Bundar dengan sebuah pelat buhul konsentris tunggal melalui slot pada PSR	$l \geq 1,3D, U = 1,0$ $D \leq l < 1,3D, U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{D}{\pi}$	
6	PSR Persegi panjang	dengan sebuah pelat buhul konsentris tunggal	$l \geq H, U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B+H)}$
		dengan dua sisi pelat buhul	$l \geq H, U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{B^2}{4(B+H)}$
7	Profil W, M, S atau HP atau T yang dipotong dari profil-profil ini (Jika U dihitung dalam Kasus 2, nilai yang lebih besar diizinkan untuk digunakan).	dengan sayap disambungkan dengan tiga atau lebih pengencang per baris dalam arah pembebanan	$b_t \geq \frac{2}{3}d, U = 0,90$ $b_t < \frac{2}{3}d, U = 0,85$
		dengan badan disambungkan dengan empat atau lebih pengencang perbaris dalam arah pembebanan	$U = 0,70$

KONSEP LUAS PENAMPANG

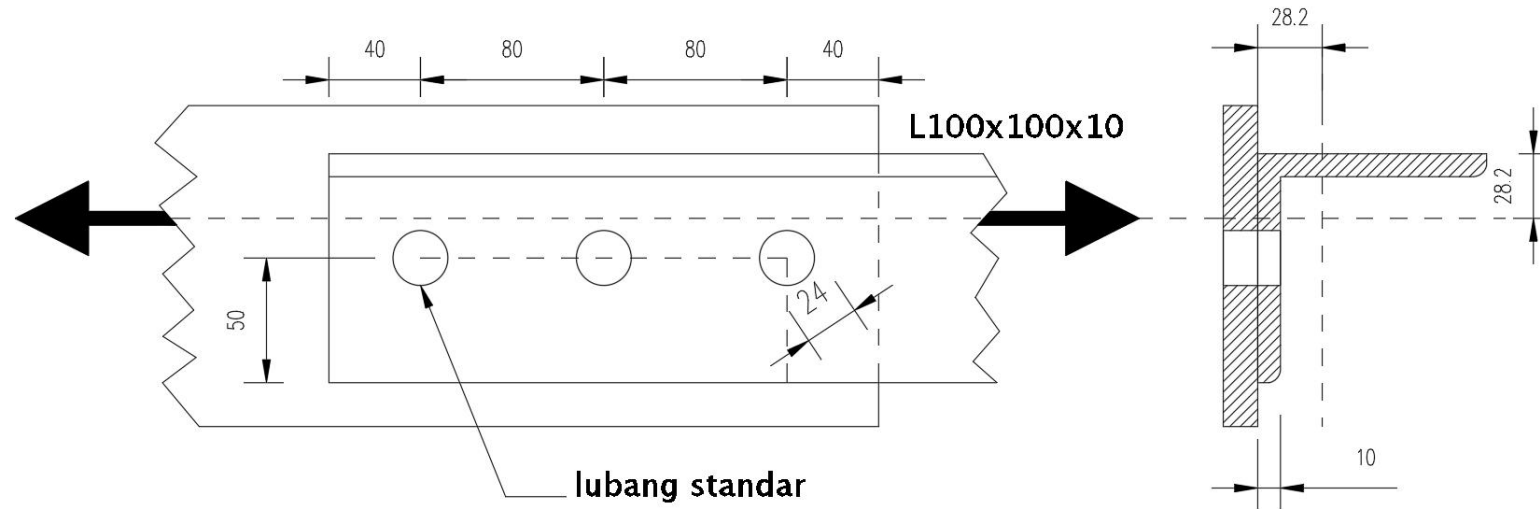
Tabel D3.1 SNI 1729:2020 (LANJUTAN)

Kasus	Deskripsi Elemen		FaktorLag geser, U	Contoh
8	Siku tunggal dan ganda (Jika U dihitung dalam Kasus 2, nilai yang lebih besar diizinkan untuk digunakan).	dengan empat atau lebih pengencang per baris dalam arah pembebanan	$U = 0,80$	-
		Dengan tiga pengencang per baris dalam arah pembebanan (Dengan lebih sedikit dari tiga pengencang per baris dalam arah pembebanan, gunakan Kasus 2).	$U = 0,60$	-
B = lebar keseluruhan komponen struktur PSR persegi panjang, diukur 90° terhadap bidang sambungan, in. (mm); D = diameter luar PSR bundar, in. (mm); H = tinggi keseluruhan komponen struktur PSR persegi panjang diukur pada bidang sambungan, in. (mm); d = tinggi profil, in. (mm); untuk T, d = tinggi penampangsebelum dipotong menjadi T, in. (mm); l = panjang sambungan, in. (mm); w = lebar pelat, in. (mm); $\bar{x}$ = eksentrisitas sambungan, in. (mm). [a] $l = \frac{l_1 + l_2}{2}$ dengan l_1 and l_2 tidak lebih kecil dari 4 kali ukuran las.				

CONTOH PERANCANGAN BATANG TARIK

▪ Batang Tarik Profil L

Batang tarik dengan siku L100x100x10 disambung dengan baut dan pelat sambung



Pertanyaan

1. Berapa kapasitas batang tarik menurut metoda DFBT dan DKI
2. Jika rasio beban mati adalah 1/10 beban hidup, berapa beban hidup yang dapat dipikul batang tarik menurut rekomendasi DFBT dan DKI ?

Data : Material baja ASTM A36 dengan $F_y = 240 \text{ MPa}$ dan $F_u = 370 \text{ MPa}$, untuk profil L100x100x10, $A = 1900 \text{ mm}^2$, dan posisi titik berat $C_x = C_y = x = 28.2 \text{ mm}$

CONTOH PERANCANGAN BATANG TARIK

- **Batang Tarik Profil L**

Kekuatan tarik nominal dari kriteria leleh (yield) penampang utuh

$$P_n = F_y A_g = \frac{240 \times 1900}{1000} = 456 \text{ kN}$$

Kekuatan tarik desain $\phi P_n = 0.9 (456) = 410.4 \text{ kN}$ (DFBT)

Kekuatan tarik tersedia $P_n / \omega_t = 456 / 1.67 = 273.05$ (DKI)

CONTOH PERANCANGAN BATANG TARIK

- **Batang Tarik Profil L**

Kekuatan Tarik nominal dari kriteria keruntuhan tarik penampang berlubang

$$P_n = F_u A_e$$

Dari detail sambungan (gambar), diketahui :

$$d_{baut} = 22 \text{ mm}$$

$$d_{lubang} = 24 \text{ mm}$$

$$d_{imajiner} = 24 + 2 = 26 \text{ mm}$$

Penempatan baut dibuat seri berurutan pada garis yang sama, sehingga potongan kritis penampang hanya ditempati 1 lubang saja, sehingga :

$$A_n = 1900 - 26 \times 10 = 1640 \text{ mm}^2$$

$$U = 1 - x/L = 1 - 28.2/160 = 0.824$$

$$A_e = U A_n = 0.824 \times 1640 = 1351.4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kekuatan tarik nominal } P_n = 370 \times \frac{1351.4}{1000} = 500 \text{ kN}$$

CONTOH PERANCANGAN BATANG TARIK

- **Batang Tarik Profil L**

kriteria keruntuhan tarik penampang berlubang

Kekuatan tarik desain $\phi_t P_n = 0.75(500) = 375 \text{ kN}$ (DFBT)

Kekuatan tarik tersedia $P_n/\omega_t = 500/2 = 250 \text{ kN}$ (DKI)

→ lebih kecil dari kriteria leleh tarik penampang utuh → Menentukan

- **Daya dukung beban hidup**

- **Rekomendasi DFBT**

$$P_u < \phi_t P_n$$

$$P_u = 1.4 P_D = 1.4 (0.1 P_L) = 0.14 P_L$$

$$P_u = 1.2 P_D + 1.6 P_L = 1.2 (0.1 P_L) + 1.6 P_L = 1.72 P_L \rightarrow \text{menentukan}$$

$$1.72 P_L < 375 \text{ kN}$$

$$P_L < 218 \text{ kN} \rightarrow \text{Lebih konservatif}$$

- **Rekomendasi DKI**

$$P_a < P_n/\omega_t$$

$$P_a = P_D = 0.1 P_L$$

$$P_a = P_D + P_L = (0.1 P_L) + P_L = 1.1 P_L \rightarrow \text{menentukan}$$

$$1.1 P_L < 250 \text{ kN}$$

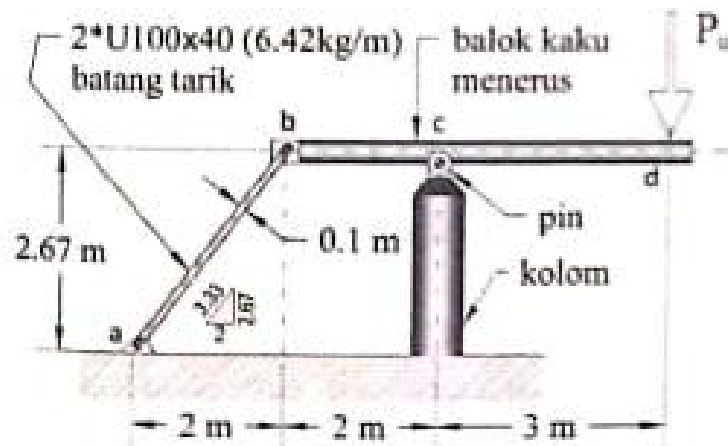
$$P_L < 227 \text{ kN}$$

TUGAS PERANCANGAN BATANG TARIK

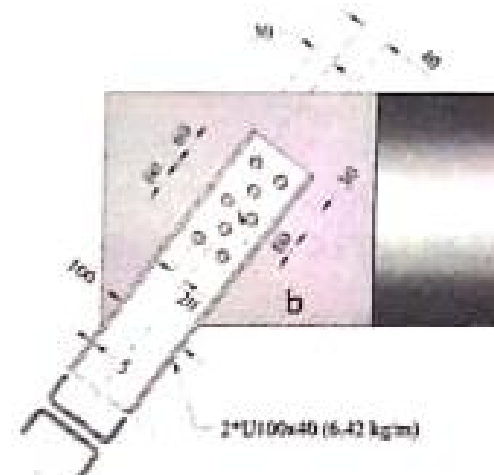
▪ Batang Tarik Profil U

Sambungan memakai baut mutu tinggi A325 dia. M16, sesuai detail dipasang 8 baut secara selang-seling. Batang tarik memakai 2 profil U 100x40 (6.42 kg/m), dipasang saling beradu punggung. Data profil sesuai table di atas.

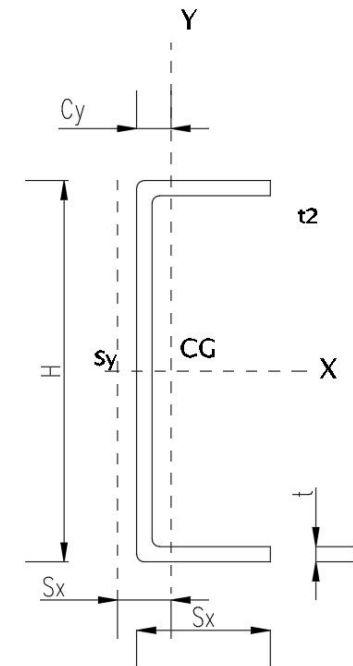
1. Hitung kekuatan tarik nominal batang Tarik.
2. Jika bekerja beban terpusat P di titik d jika ditinjau struktur secara keseluruhan, berapa kN maksimum beban hidup yang dapat dipasang pada titik d tersebut jika rasio beban mati adalah 20% beban hidup, baik dari rekomendasi metoda DFBT maupun DKI



(a). tampak keseluruhan



(b). detail sambungan (tipikal)



TUGAS PERANCANGAN BATANG TARIK

- Batang Tarik Profil U

Kapasitas batang tarik: tinjau batang tarik a-b secara terpisah, cek kekuatan penampang utuh (A_g) terhadap kondisi batas leleh (F_y) dan penampang berlubang (A_e) terhadap kondisi batas fraktur (F_u)

Data profil U mutu ASTM A36 $F_y = 250 \text{ MPa}$ dan $F_u = 400 \text{ MPa}$

DIMENSION	THICKNESS	UNIT WEIGHT	SECTION AREA	CENTER OF GRAVITY		CENTER OF SHEAR		GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION		MODULUD OF SECTION	
HxB	t_1		A	C_x	C_y	S_x	S_y	I_x	I_y	i_x	i_y	Z_x	z_y
mm x mm	mm	kg/m	cm^2	cm	cm	cm	cm	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
100 x 35	4.0	4.93	6.27	0.00	0.90	0.00	1.85	85.51	6.6	3.69	1.03	17.10	2.53
100 x 40	2.5	3.37	4.29	0.00	1.00	0.00	2.27	63.43	6.42	3.84	1.22	12.69	2.14
100 x 40	3.0	4.01	5.10	0.00	1.02	0.00	2.27	74.41	7.55	3.82	1.22	14.88	2.54
100 x 40	4.0	5.24	6.67	0.00	1.07	0.00	2.25	94.73	9.67	3.77	1.20	18.95	3.30
100 x 40	5.0	6.42	8.18	0.00	1.11	0.00	2.24	112.97	11.6	3.72	1.19	22.59	4.02