

BALOK LENTUR PENAMPANG KOMPAK DITAHAN LATERAL PENUH

OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

BAHAN KULIAH STRUKTUR BAJA



DAFTAR ISI

- Pendahuluan
- Penampang kompak dan nonkompak
- Sistem Penahan Lateral Penuh
- Perencanaan Lentur Murni
- Perencanaan Kombinasi geser dan lentur
- Perencanaan Lentur Ganda
- Pengecekan Syarat Kekakuan
- Contoh Perencanaan

PENDAHULUAN

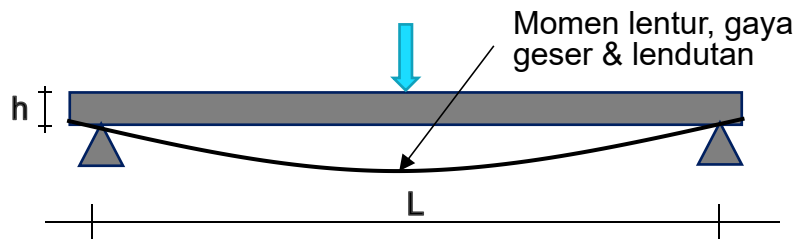
Istilah balok lentur umumnya merujuk pada struktur yang ditempatkan secara horizontal, dan dibebani pada arah vertikal, tegak lurus nya.



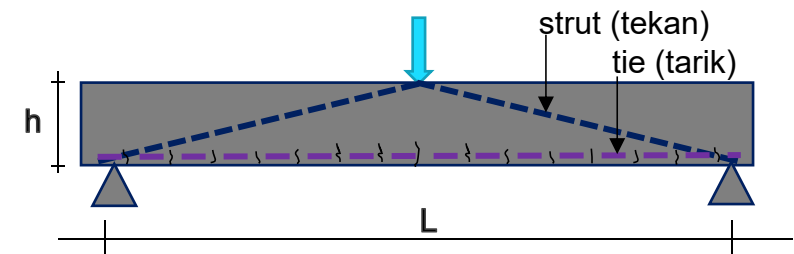
Ilustrasi mekanisme lentur pada jembatan bambu



Ilustrasi mekanisme non-lentur pada batu di Stonehenge Inggris



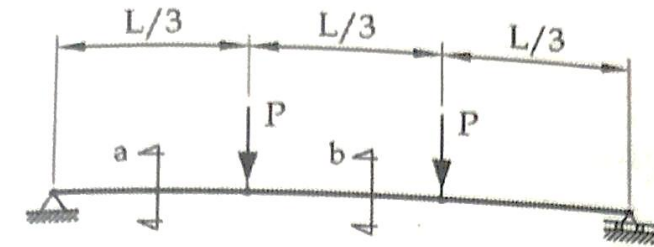
$$L/h = 20$$



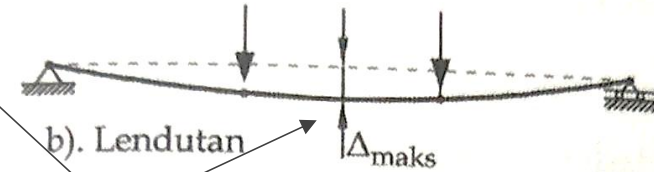
$$L/h = 4$$

PENDAHULUAN

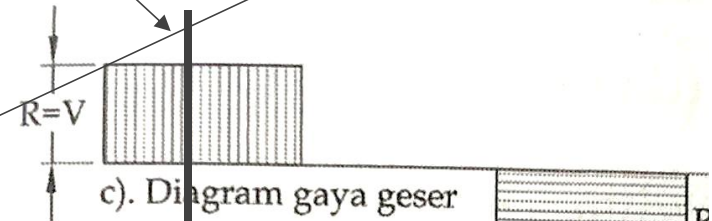
- Balok lentur umumnya mengalami kombinasi gaya dalam momen lentur dan geser
- Pada kondisi khusus ditengah bentang, dapat terjadi momen murni
- Syarat perencanaan
 - Cukup kuat (Momen perlu < Kapasitas momen (desain/tersedia)
 - Cukup kaku (Lendutan akibat beban kerja < lendutan yang diijinkan)
 - Cukup stabil (dipelajari di Struktur Baja II)



a). Pemodelan Struktur

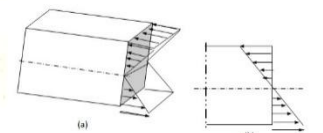
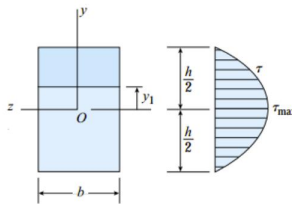
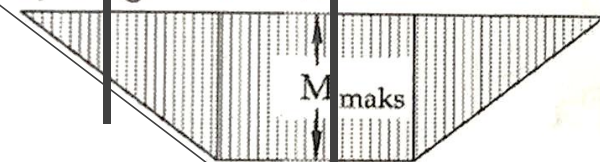


b). Lendutan



c). Diagram gaya geser

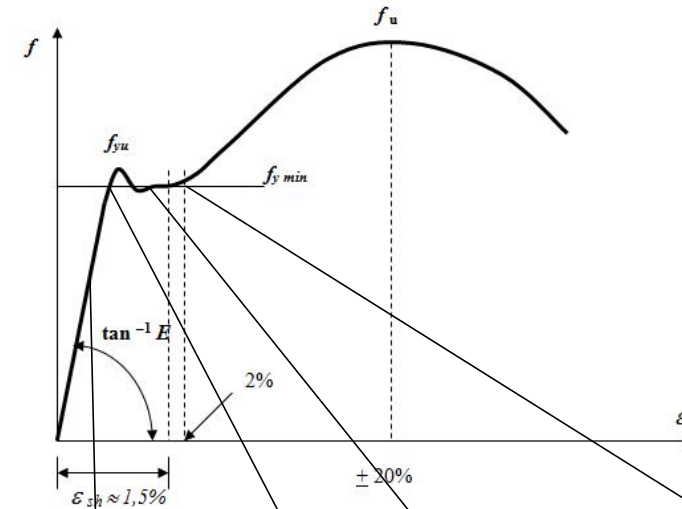
d). Diagram momen



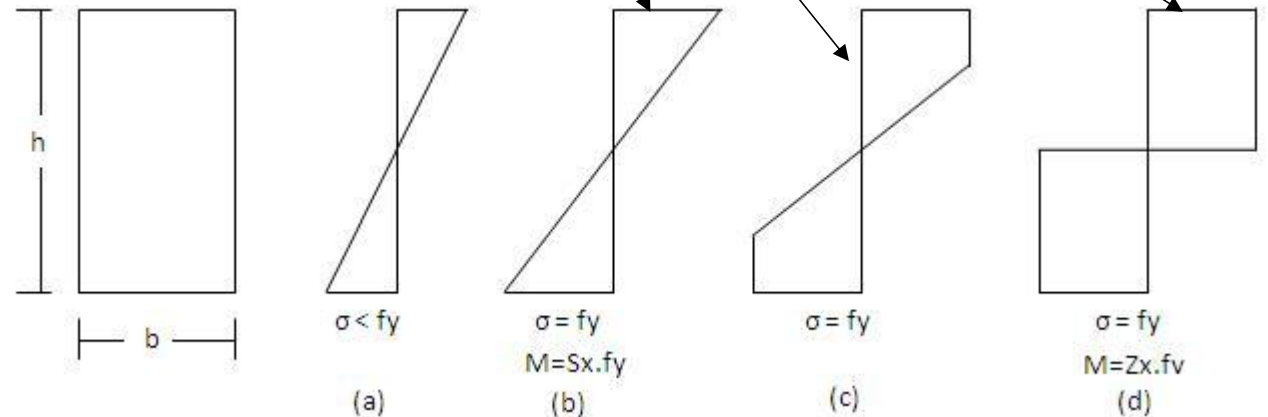
Gambar 1.3. Distribusi Tegangan Akibat Lentur

PENDAHULUAN

- Historikal kondisi lentur murni (dari momen nol sampai momen plastis)
 - Kondisi elastik, seluruh tegangan normal dibawah F_y
 - Pada saat tegangan normal maksimum mencapai tegangan leleh di serat terluar. S_x – modulus penampang elastis
 - Sebagian penampang sudah mencapai kondisi plastis
 - Seluruh penampang sudah mencapai kondisi plastis. Z_x – modulus penampang plastis
- Historikal tersebut dapat terjadi sempurna pada kondisi penampang kompak dan tidak terjadi ketidakstabilan total dan lokal (ditahan lateral penuh)



Gambar Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan (ϵ)



PENDAHULUAN

- Perilaku elastis material balok dianggap mengikuti hukum Hooke, $\epsilon = \frac{\sigma}{E}$
- Pada analisis struktur penting menghitung tegangan maksimum, minimal untuk mengetahui apakah kondisinya masih elastis atau tidak ($\sigma < \sigma_y$) $\sigma_{maks} = \frac{M y_{maks}}{I_x} = \frac{M}{S_x}$
- S_x merupakan modulus elastis yang besarnya tetap, tergantung dimensi profil.
- Pada perencanaan balok standar, parameter yang penting adalah momen leleh (M_y) dan momen plastis (M_p).
- $M_y = S_x F_y$ S_x adalah modulus elastis
- $M_p = Z_x F_y$ Z_x adalah modulus plastis

Penampang	Properti elastis dan plastis penampang
	$I_x = \frac{1}{12}(b(d^3 - h^3) + wh^3) \text{ dan } S_x = I_x / y_o$ $I_y = \frac{1}{12}(2tb^3 + hw^3) \text{ dan } S_y = I_y / (0.5b)$ $Z_x = bt(d - t) + 0.25wh^2$ $Z_y = 1.5S_y$
	$I_x = \frac{1}{12}(bd^3 - ah^3) \text{ dan } S_x = I_x / y_o$ $I_y = \frac{1}{12}(b^3d - a^3h) \text{ dan } S_y = I_y / (\frac{1}{2}b)$ $Z_x = \frac{1}{4}(bd^2 - ah^2)$ $Z_y = \frac{1}{4}(b^2d - a^2h)$
	$A = b_1t_1 + b_2t_2 + hw$ $y_a = \left\{ \frac{1}{2}b_1t_1^2 + b_2t_2\left(d - \frac{1}{2}t_2\right) + hw\left(t_1 + \frac{1}{2}h\right) \right\} \frac{1}{A}$ $y_b = d - y_a$ $y_1 = y_a - \frac{t_1}{2}; y_2 = y_b - \frac{t_2}{2}; y_3 = y_a - \left(t_1 + \frac{h}{2}\right)$ $I_x = \frac{b_1t_1^3 + b_2t_2^3 + wh^3}{12} + b_1t_1y_1^2 + b_2t_2y_2^2 + why_3^2$ $y_p = \frac{0.5A - b_1t_1}{w} + t_1 \text{ dan } y_q = d - y_p$ $Z_1 = b_1t_1\left(y_p - \frac{1}{2}t_1\right) + \frac{1}{2}w\left(y_p - t_1\right)^2$ $Z_2 = b_2t_2\left(y_q - \frac{1}{2}t_2\right) + \frac{1}{2}w\left(y_q - t_2\right)^2$ $Z_x = Z_1 + Z_2$

PENAMPANG KOMPAK DAN NON KOMPAK

- Profil balok disebut **kompak** jika b/t dari keseluruhan elemen (pelat sayap dan pelat badan) memenuhi klasifikasi kompak.
- Balok profil **kompak** mampu memikul momen sampai serat terluarnya mencapai tegangan leleh, ketika diberi momen lagi dapat berotasi lagi, sekaligus mendistribusi penampang ke serat penampang bagian dalam sampai semuanya plastis (M_p)
- Kapasitas rotasi inelastis balok **kompak** minimal 3x kapasitas rotasi elastis sebelum terjadi tekuk lokal. Untuk bangunan gempa, kapasitasnya bahkan lebih besar yaitu 7x atau lebih (Chen-Lui, 2005)
- Penampang **non-kompak** mempunyai efisiensi satu tingkat lebih kecil dibanding penampang kompak dan ketika dibebani serat tepi terluarnya dapat mencapai tegangan leleh.
- Sebelum penampang plastis penuh terbentuk pada profil **non-kompak**, profil akan mengalami tekuk lokal terlebih dahulu. Kapasitas momen yang dapat diandalkan **$M_y < M_p$**

PENAMPANG KOMPAK DAN NON KOMPAK

5.1 BALOK-BALOK YANG PENAMPANGNYA TIDAK BERUBAH BENTUK

- (1) Yang dimaksud dengan balok-balok yang penampangnya tidak berubah bentuk, adalah balok-balok yang memenuhi syarat-syarat :

$$\frac{h}{t_b} \leq 75 \quad \dots\dots\dots (34a)$$

dan

$$\frac{L}{h} \geq 1,25 \frac{b}{t_s} \quad \dots\dots\dots (34b)$$

di mana :

h = tinggi balok.

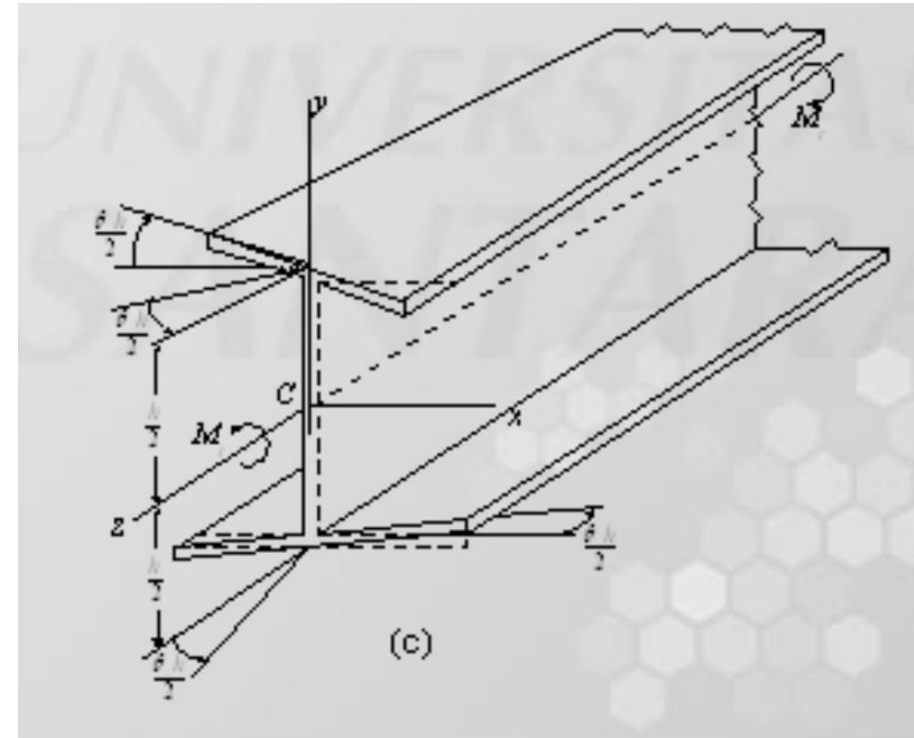
b = lebar sayap.

t_b = tebal badan.

t_s = tebal sayap.

L = jarak antara dua titik di mana tepi tertekan dari balok itu ditahan terhadap kemungkinan terjadinya lendutan ke samping.

Rumus penampang tidak berubah bentuk (kompak) klasik di PPBI 83



PENAMPANG KOMPAK DAN NON KOMPAK

Tabel B4.1b
Rasio Lebar terhadapTebal: Elemen Tekan
Komponen Struktur yang Mengalami Lentur

Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batas Rasio Lebar terhadap Tebal		Contoh
			λ_p (kompak/ (nonkompak)	λ_r (nonkompak/ langsing)	
10	Sayap profil I gelas panas, kanal, dan T	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
11	Sayap profil tersusun bentuk I simetris ganda dan tunggal	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	[a] [b] $0,95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$	
12	Kaki siku tunggal	b/t	$0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
13	Sayap semua profil I dan kanal yang mengalami lentur terhadap sumbu lemah	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
14	Badan T	d/t	$0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,52 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batas Rasio Lebar terhadap Tebal		Contoh
			λ_p (kompak/ (nonkompak)	λ_r (nonkompak/ langsing)	
15	Badan profil I simetris ganda dan kanal	h/t_w	$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
16	Badan profil I simetris tunggal	h_c/t_w	$\frac{h_c}{h_p} \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ [c] $\left(0,54 \frac{M_y}{M_p} - 0,09\right)^2 \leq \lambda_r$	$5,70 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$	
17	Sayap PSR persegi panjang	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
18	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara baris-baris pengencang atau las	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
19	Badan PSR persegi panjang dan boks	h/t	$2,42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
20	PSR bundar	D/t	$0,07 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,31 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
21	Sayap penampang boks	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

[a] $k_c = 4\sqrt{h/t_w}$ tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,35 maupun lebih besar dari 0,76 dalam perhitungan.

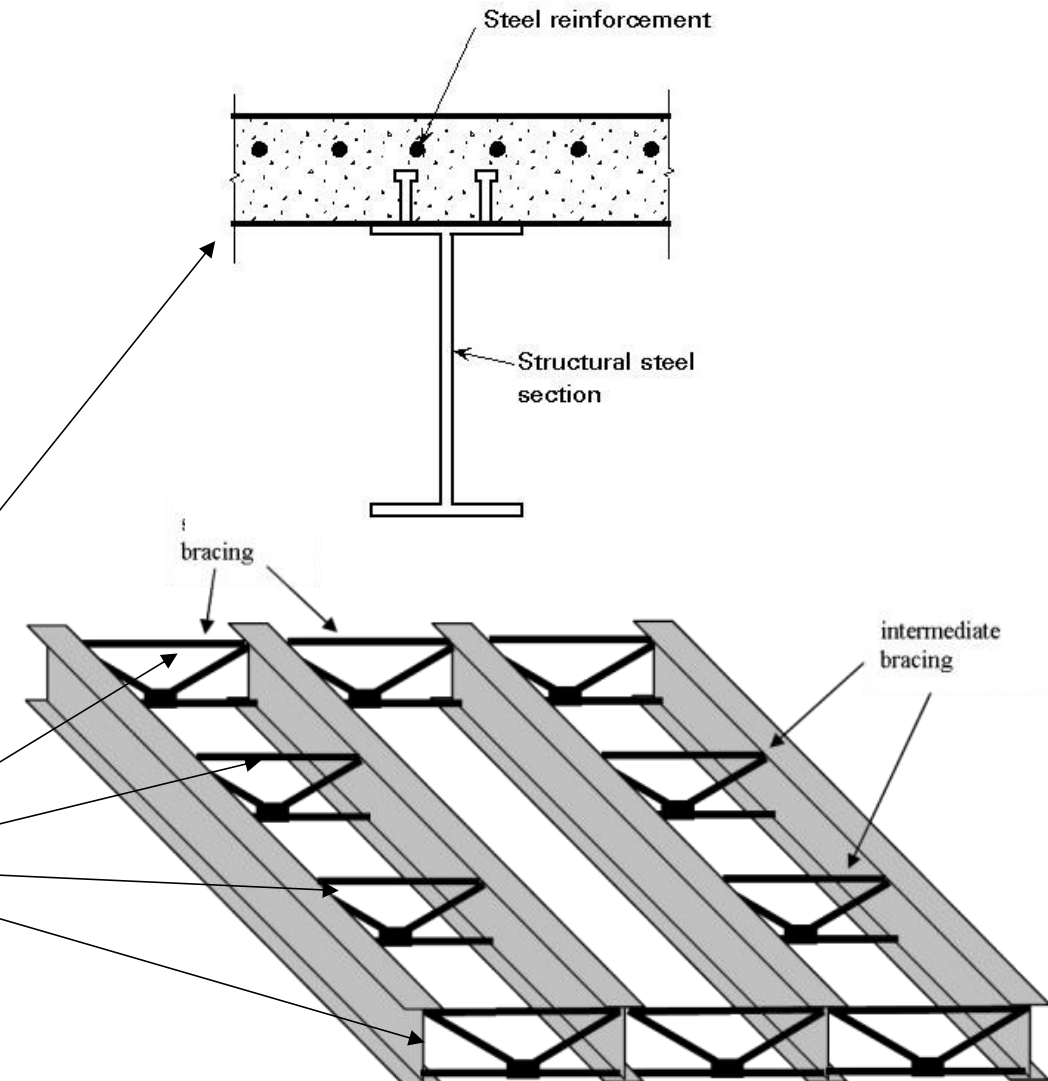
[b] $F_L = 0,7F_y$ untuk komponen struktur profil I badan langsing dan lentur sumbu mayorpada komponen struktur profil I tersusun dengan badan kompak dan nonkompak dan $S_{xt}/S_{xc} \geq 0,7$; $F_L = F_y S_{xt}/S_{xc} \geq 0,5F_y$ untuk lentur sumbu mayor pada komponen struktur profil I tersusun dengan badan kompak dan nonkompak dan $S_{xt}/S_{xc} < 0,7$; S_{xt}, S_{xc} = modulus penampang elastis dimaksudkan untuk sayap tarik dan tekan, in.³ (mm³).

[c] M_y = momen pada saat serat terluar leleh.
 $M_p = F_y Z_x$, momen lentur plastis, kip-in. (N-mm),
 dengan
 Z_x = modulus penampang plastis terhadap sumbu x, in.³ (mm³).
 E = modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 MPa)
 F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa)

SNE = sumbu netral elastis
 SNP = sumbu netral plastis

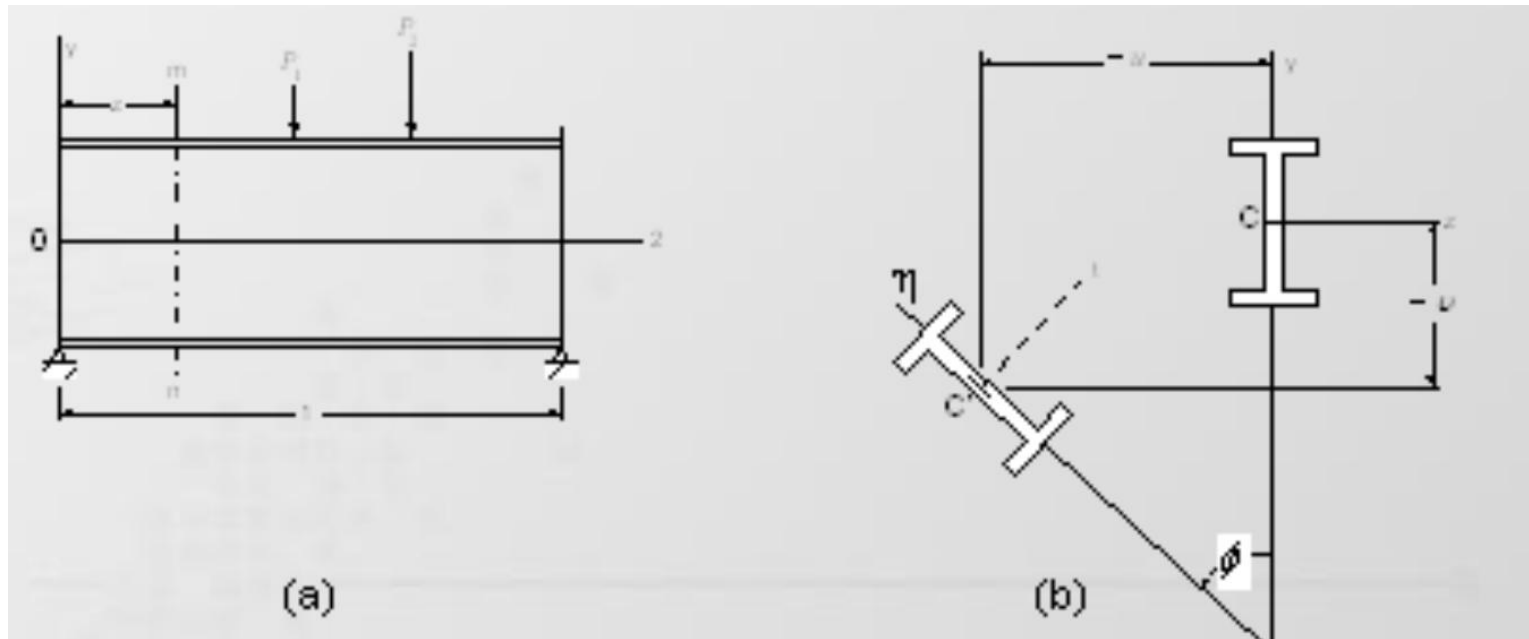
SISTEM PENAHAN LATERAL PENUH

- Balok lentur dapat mengembangkan seluruh kekuatan materialnya jika penampang tidak mengalami ketidakstabilan geometrik (tekuk torsi lateral)
- Pertambahan lateral atau *lateral bracing* adalah kondisi geometri, bisa berupa elemen atau struktur khusus tambahan, atau elemen lain yang terhubung pada balok, yang berfungsi mencegah balok mengalami tekuk torsi lateral / *lateral torsional buckling* (LTB).
- Sistem perambatan lateral bisa setempat atau menerus, untuk setempat minimal harus dipasang pada titik-titik tumpuannya.
 - Gelagar komposit dimana seluruh daerah tekan dicover beton
 - Dipasang sistem bracing secukupnya sehingga gelagar tidak akan mengalami tekuk torsi lateral



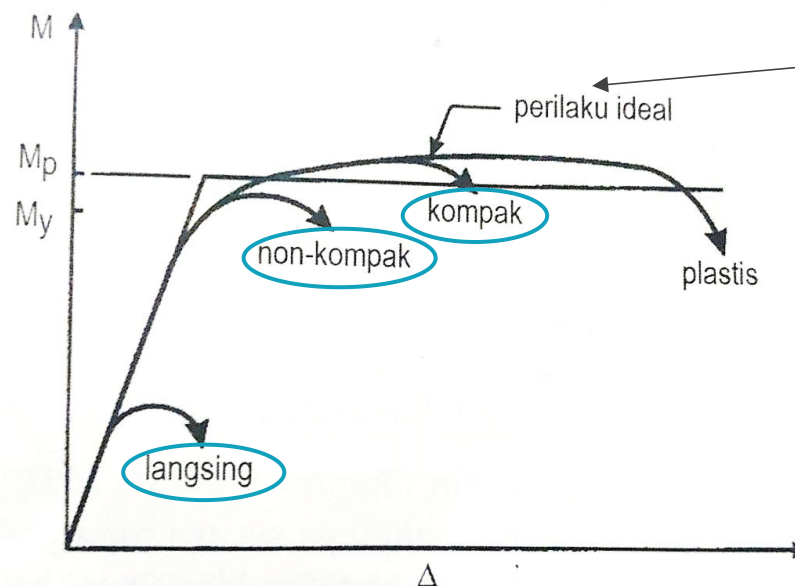
SISTEM PENAHAN LATERAL PENUH

- Jika gelagar tidak ditahan lateral maka dapat terjadi ketidakstabilan tekuk torsi lateral (Lateral Torsional Buckling) sehingga kapasitas jauh lebih rendah dari kapasitas materialnya → Penampang langsing



SISTEM PENAHAN LATERAL PENUH

- Penampang **langsing** adalah konfigurasi profil yang tidak efisien ditinjau dari segi pemakaian material. Misal jika menggunakan mutu tinggi, saat dibebani sebelum tegangan mencapai kondisi leleh telah terjadi tekuk lokal terlebih dahulu.
- Penampang **langsing** keruntuhannya ditentukan tekuk, yang sifatnya tidak daktail, maka tidak disarankan sebagai struktur utama terlebih untuk bangunan tahan gempa.
- Kapasitas momen balok adalah $M < M_y$



PERENCANAAN LENTUR MURNI

- Cek Penampang Kompak dan Ditahan Lateral Penuh
- Perencanaan
 - Kekuatan Nominal M_n
 - Kekuatan Lentur (Pasal F2-1 SNI 1729:2020)
 - Desain (Metoda DFBT) $\phi_b M_n$
 - Diizinkan (Metoda DKI) M_n / Ω_b
 - Kekuatan Perlu
 - Kombinasi DFBT < Momen lentur desain $M_u < \phi_b M_n$
 - Kombinasi DKI < Momen lentur diizinkan $M_u < M_n / \Omega_b$

PERENCANAAN LENTUR MURNI

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. $0,6D + 0,6W$

PERENCANAAN LENTUR MURNI

Kekuatan Momen Nominal

Mn diambil dari kondisi batas: **Material leleh (momen plastis)**

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (F2-1)$$

dimana,

M_p = momen lentur penampang plastis, N.m

Z_x = modulus plastis penampang terhadap sumbu kuat, mm³

F_y = kuat leleh minimum, MPa

$\phi_b M_n$ (Metode DFBT – kekuatan lentur desain)

M_n/Ω_b (Metode DKI – kekuatan lentur diizinkan)

dimana,

ϕ_b = faktor ketahanan lentur metode DFBT (0.9)

Ω_b = faktor ketahanan lentur metode DKI (1.67)

M_n = kuat lentur nominal balok ditinjau terhadap berbagai kondisi batas (material atau geometri)

PERENCANAAN GESER LENTUR

- Cek Penampang Kompak dan Ditahan Lateral Penuh
- Perencanaan
 - Kekuatan Nominal V_n
 - Kekuatan Geser (Pasal G2-1 SNI 1729:2020)
 - Desain (Metoda DFBT) $\phi_v V_n$
 - Diizinkan (Metoda DKI) V_n / Ω_v
 - Kekuatan Perlu
 - Kombinasi DFBT < Geser desain $V_u < \phi_v V_n$
 - Kombinasi DKI < Geser diizinkan $V_a < V_n / \Omega_v$

PERENCANAAN GESER LENTUR

Kuat Geser Nominal (SNI 1729-2020 PASAL G2)

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad (G2-1)$$

dimana,

A_w = $d t_w$, luas total pelat badan

C_v = koefisien geser pelat badan = 1 untuk penampang kompak dan ditahan lateral penuh

$\phi_v V_n$ (Metode DFBT – kekuatan geser desain)

V_n / Ω_v (Metode DKI – kekuatan geser diizinkan)

dimana,

ϕ_v = faktor ketahanan geser metode DFBT = 0.9, kecuali profil hot-rolled yaitu 1.0

Ω_v = faktor ketahanan geser metode DKI = 1.67

V_n = kuat geser nominal balok yang dapat dihitung sesuai ketentuan

PERENCANAAN GESER LENTUR

Kombinasi Geser - Lentur

- Modifikasi dari Persamaan H3-6 SNI 1729:2020

$$M_r/M_c + V_r/V_c < 1$$

- Metoda DFBK

- M_r kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK
- $M_c = \phi_b M_n$ kekuatan lentur desain
- V_r kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban DFBK
- $V_c = \phi_v V_n$ kekuatan geser desain

- Metoda DKI

- M_r kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DKI
- $M_c = M_n / \Omega_b$ kekuatan lentur izin
- V_r kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban DKI
- $V_c = V_n / \Omega_b$ kekuatan geser izin

PERENCANAAN LENTUR GANDA

Kondisi lentur ganda umumnya ada pada gording atap yang dipasang miring

- Modifikasi dari Pasal H1-1b SNI 1729:2020

$$M_{rx}/M_{cx} + M_{ry}/M_{cy} < 1$$

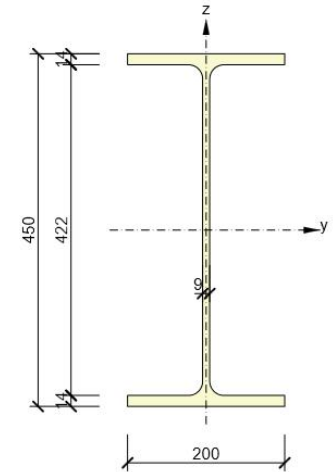
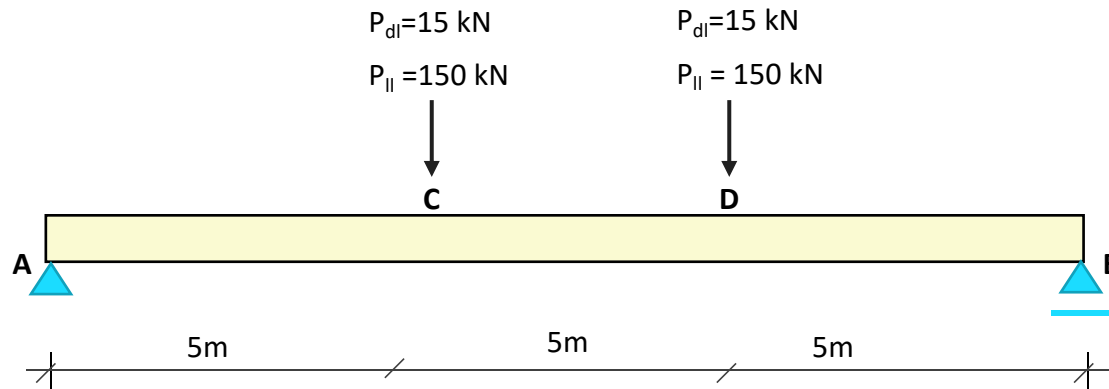
- Metoda DFBT
 - M_{rx} kekuatan lentur perlu sumbu x menggunakan kombinasi beban DFBT
 - $M_{cx} = \phi_b M_{nx}$ kekuatan lentur desain sumbu x
 - M_{ry} kekuatan lentur perlu sumbu y menggunakan kombinasi beban DFBT
 - $M_{cy} = \phi_b M_{ny}$ kekuatan lentur desain sumbu y
- Metoda DKI
 - M_{rx} kekuatan lentur perlu sumbu x menggunakan kombinasi beban DKI
 - $M_{cx} = M_{nx}/\Omega_b$ kekuatan lentur izin sumbu x
 - M_{ry} kekuatan lentur perlu sumbu x menggunakan kombinasi beban DKI
 - $M_{cy} = M_{ny}/\Omega_b$ kekuatan lentur izin sumbu y

PENGECEKAN SYARAT KEKAKUAN

Persyaratan lendutan vertikal seperti terdapat di Appendix CC.1.1 ASCE 7-16 adalah

- $\Delta_a = L/360$ untuk beban hidup nominal
- $\Delta_a = L/240$ untuk elemen atap

CONTOH PERENCANAAN BALOK LENTUR



Gelagar WF 450x200x9x14 hot rolled, bentang 15 m, baja ASTM A53, dengan beban terpusat ganda sejarak 5 m dengan beban $P_{dl} = 15 \text{ kN}$ dan $P_{ll} = 150 \text{ kN}$. Berat sendiri diabaikan. Gelagar ditahan lateral penuh pada tiap beban terpusat dipasang perambatan lateral atau pelat pengaku. Cek apakah gelagar memenuhi persyaratan kekuatan dan kekakuan. Hitung *demand capacity ratio* menurut SNI 1729-2020.

PENYELESAIAN:

1. Analisis struktur gaya-gaya dalam:
 - Reaksi Perletakan
 - Diagram Geser
 - Diagram Momen

CONTOH PERENCANAAN BALOK LENTUR

METODE DFBT:

$$P_{u1} = 1.4 \text{ DL}$$

$$= 1.4 (15)$$

$$= 21 \text{ kN}$$

$$P_{u2} = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

$$= 1.2 (15) + 1.6 (150)$$

$$= 258 \text{ kN} \rightarrow \text{comb menentukan}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

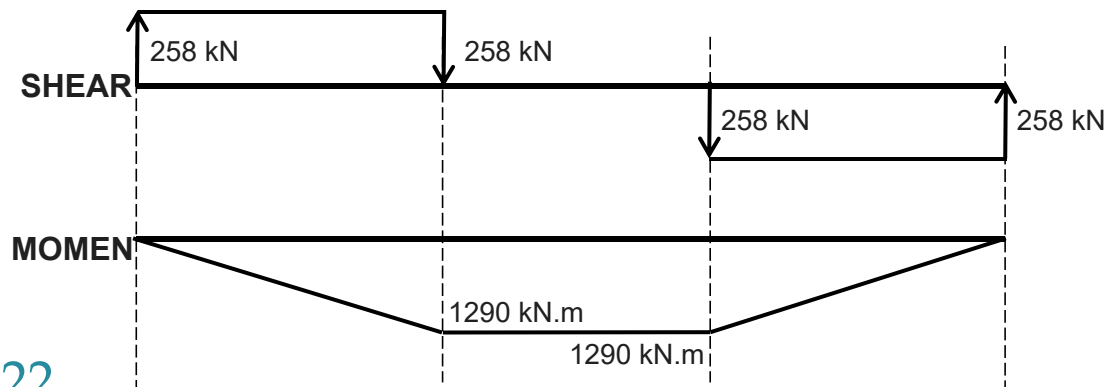
$$R_a \cdot 15 - P_u \cdot 10 - P_u \cdot 5 = 0$$

$$R_a = \frac{(258 \times 10) + (258 \times 5)}{15} = 258 \text{ kN}$$

$$R_b = 258 \text{ kN}$$

$$M_c = 258 \times 5 = 1290 \text{ kN.m}$$

$$M_d = 258 \times 5 = 1290 \text{ kN.m}$$



METODE DKI:

$$P_{u1} = 1.0 \text{ DL}$$

$$= 1.0 (15)$$

$$= 15 \text{ kN}$$

$$P_{u2} = 1.0 \text{ DL} + 1.0 \text{ LL}$$

$$= 1.0 (15) + 1.0 (150)$$

$$= 165 \text{ kN} \rightarrow \text{comb menentukan}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

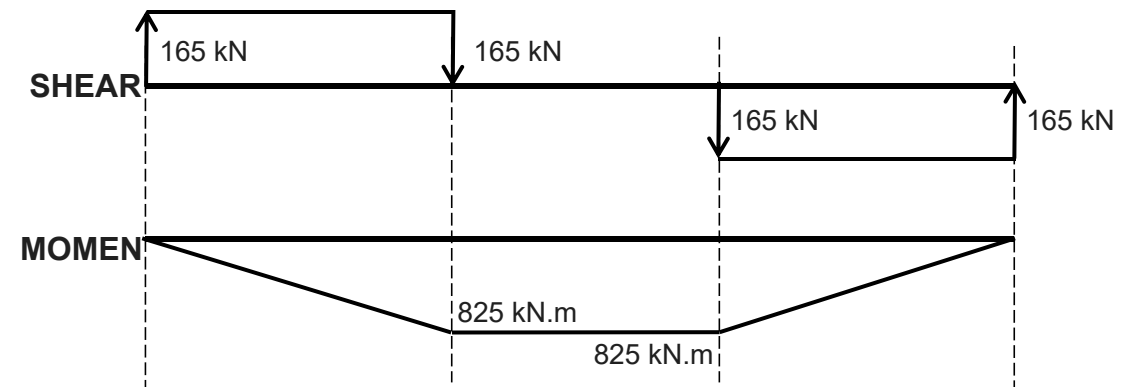
$$R_a \cdot 15 - P_u \cdot 10 - P_u \cdot 5 = 0$$

$$R_a = \frac{(165 \times 10) + (165 \times 5)}{15} = 165 \text{ kN}$$

$$R_b = 165 \text{ kN}$$

$$M_c = 165 \times 5 = 825 \text{ kN.m}$$

$$M_d = 165 \times 5 = 825 \text{ kN.m}$$



CONTOH PERENCANAAN BALOK LENTUR

2. Profil WF 450x200x9x14 sebagai berikut:

$$E = 200.000 \text{ MPa}$$

$$G = 80.000 \text{ MPa}$$

$$A53 = F_y 240 \text{ MPa}$$

$$A = 98.8 \text{ cm}^2$$

$$\frac{1}{2} b_f/t_f = 7.14$$

$$h/t_w = 46.89$$

$$I_x = 335 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 18.7 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$S_x = 1488.9 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 1621.5 \text{ cm}^3$$

$$J = 47.2 \text{ cm}^4$$

$$C_w = 888.699 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

3. Klasifikasi penampang gilas (hot-rolled) sebagai berikut:

$$\lambda_{pf} = 0.38(E/F_y)^{1/2} = 11$$

$$\frac{1}{2} b_f/t_f = 7.14 < \lambda_{pf}$$

$$\lambda_{rf} = 1.0(E/F_y)^{1/2} = 28.9$$

→ profil sayap **kompak**

$$\lambda_{pw} = 0.38(E/F_y)^{1/2} = 108.5$$

$$h/t_w = 46.9 < \lambda_{pw}$$

$$\lambda_{rw} = 1.0(E/F_y)^{1/2} = 164.5$$

→ profil badan **kompak**

CONTOH PERENCANAAN BALOK LENTUR

4. Kuat lentur penampang pada kondisi plastis (maksimum)

$$M_n = M_p = Z_x F_y = 1621.5 \times 10^3 \times 240 = 389.160.000 \text{ N.mm} = 389.2 \text{ kN.m}$$

Cek persyaratan lentur di daerah momen murni DFBK dan DKI

- Kapasitas momen metode **DFBT**

$$\phi_b M_n = 0.9 \times 389.2 = 350.28 \text{ kN.m} < 1290 \text{ kN.m}$$

$$R_v = \frac{M_u}{\phi_b M_n} = \frac{1290}{350.28} = 3.68 > 1 \quad \rightarrow \text{NOT OK}$$

- Kapasitas momen metode **DKI**

$$M_n / \Omega_b = 389.2 / 1.67 = 233.05 \text{ kN.m} < 825 \text{ kN.m}$$

$$R_v = \frac{M_u}{M_n / \Omega_b} = \frac{825}{233.05} = 3.54 > 1 \quad \rightarrow \text{NOT OK}$$

5. Kuat geser nominal profil WF 450x200x9x14

$$A_w = d t_w = 450 \times 9 = 4050 \text{ mm}^2$$

$$h = d - 2 t_f = 450 - 2 \times 14 = 422 \text{ mm}$$

Untuk profil-I hot-rolled $\rightarrow$ maka $\phi_v = 1.0$ dan $C_v = 1.0$

$$\phi_v V_n = \phi_v 0.6 F_y A_w C_v$$

$$\phi_v V_n = 1.0 \times 0.6 \times 240 \times 4050 \times 1 = 583200 \text{ N} = 583 \text{ kN} \quad (\text{metode DFBT})$$

$$R_v = \frac{V_u}{\phi_v V_n} = \frac{258}{583} = 0.44 < 1 \quad (\text{OK})$$

$$V_n / \Omega_v = 583 / 1.67 = 349 \text{ kN} \quad (\text{metode DKI})$$

$$R_v = \frac{V_u}{V_n / \Omega_v} = \frac{165}{349} = 0.47 < 1 \quad (\text{OK})$$

CONTOH PERENCANAAN BALOK LENTUR

6. Cek kombinasi geser dan lentur

$$M_r/M_c + V_r/V_c < 1$$

Metode **DFBT**

$$3.68 + 0.44 = 4.12 > 1 \quad \rightarrow \text{NOT OK}$$

Metode **DKI**

$$3.54 + 0.47 = 4.01 > 1 \quad \rightarrow \text{NOT OK}$$

7. Cek Persyaratan lendutan

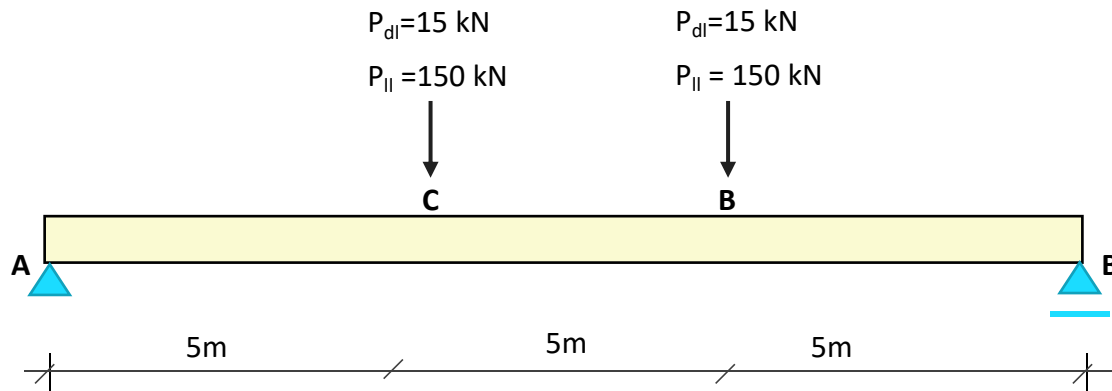
Gaya bekerja yang diperhitungkan adalah hanya beban hidup: 150 kN, PII= 150 kN

$$\Delta L = \frac{Pa^2b^2}{3LEI} = \frac{150.000 \times 5000^2 \times 10.000^2}{3 \times 15.000 \times 200.000 \times 333.000.000} = 125.13 \text{ mm}$$

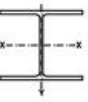
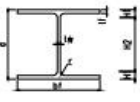
$$\text{batas lendutan, } \overline{\Delta L} = \frac{L}{360} = \frac{15.000}{360} = 41.67 \text{ mm}$$

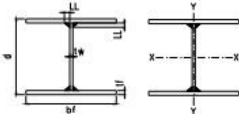
$$\Delta L > \overline{\Delta L} \rightarrow \text{NOT OK}$$

TUGAS – BALOK LENTUR



Sesuai contoh diatas, hitung dan rencanakan profil yang memenuhi persyaratan perencanaan!

										Note : *) Material : JIS G 3101 - SS 400 Fy = 2500 kg/cm² if tf ≤ 16 mm Fy = 2400 kg/cm² if 16 mm < tf ≤ 40 mm Fy = 2200 kg/cm² if tf > 40 mm													
Sectional Dimension								Sectional Properties										Compact Section Criteria		rT (cm)	d/Af (1/cm)	*) Lc (cm)	*) Lu (cm)
d mm	x mm	bf mm	tw mm	tf mm	r1 mm	H1 mm	H2 mm	Sec.of Area cm ²	Unit Weight kg/m	Geometrical Moment of Inertia (cm ⁴)		Radius of Gyration of Area (cm)		Modulus of Section (cm ³)									
										Ix	Iy	ix	iy	Sx	Sy	bf/2tf	d/tw						
H 100	x	50	5,0	7,0	8,0	15,0	70,0	11,85	9,30	187	15	3,97	1,12	37	6	3,57	20,00	1,32	2,86	63,70	1,969		
		100	6,0	8,0	10,0	18,0	64,0	21,90	17,19	383	134	4,18	2,47	77	27	6,25	16,67	2,75	1,25	127,50	4,501		
H 125	x	60	6,0	8,0	9,0	17,0	91,0	16,84	13,22	413	29	4,95	1,32	66	10	3,75	20,83	1,57	2,60	76,50	2,160		
		125	6,5	9,0	10,0	19,0	87,0	30,31	23,79	847	293	5,29	3,11	136	47	6,94	19,23	3,44	1,11	159,30	506,30		
H 150	x	75	5,0	7,0	8,0	15,0	120,0	17,85	14,01	666	49	5,11	1,67	89	13	5,36	30,00	1,96	2,86	95,60	196,90		
H 148	x	100	6,0	9,0	11,0	20,0	108,0	26,8	21,07	1020	151	6,16	2,37	138	30	5,56	24,67	2,70	1,64	127,50	342,10		
H 150	x	150	7,0	10,0	11,0	21,0	108,0	40,1	31,51	1640	563	6,39	3,75	219	75	7,50	21,43	4,13	1,00	191,20	562,60		
H 175	x	90	5,0	8,0	9,0	17,0	141,0	23,1	18,09	1210	98	7,25	2,06	138	22	5,63	35,00	2,39	2,43	114,70	2,315		
		175	7,5	11,0	12,0	23,0	129,0	51,2	40,20	2880	984	7,50	4,38	329	112	7,95	23,33	4,82	0,91	223,10	6,188		
H 198	x	99	4,5	7,0	11,0	18,0	162,0	23,2	18,20	1580	114	8,26	2,22	160	23	7,07	44,00	2,61	2,86	1,262	196,90		
H 200	x	100	5,5	8,0	11,0	19,0	162,0	27,2	21,32	1840	134	8,23	2,22	184	27	6,25	36,36	2,62	2,50	127,50	225,00		
H 194	x	150	6,0	9,0	13,0	22,0	150,0	39,0	30,62	2690	507	8,30	3,61	277	58	8,33	32,33	4,07	1,44	1,912	3,915		
H 200	x	200	8,0	12,0	13,0	25,0	150,0	63,53	49,87	4720	1600	8,62	5,02	472	160	8,33	25,00	5,51	0,83	254,9	675,1		
H 248	x	124	5,0	8,0	12,0	20,0	208,0	32,68	25,65	3540	255	10,41	2,79	285	41	7,75	49,60	3,28	2,50	158,1	225,0		
H 250	x	125	6,0	9,0	12,0	21,0	208,0	37,66	29,56	4050	294	10,37	2,79	324	47	6,94	41,67	3,29	2,22	159,3	253,2		
H 244	x	175	7,0	11,0	16,0	27,0	190,0	56,24	44,15	6120	984	10,43	4,18	502	112	7,95	34,86	4,74	1,27	223,1	443,8		
H 250	x	250	9,0	14,0	16,0	30,0	190,0	92,18	72,36	10800	3650	10,82	6,29	864	292	8,93	27,78	6,90	0,71	318,7	787,6		
H 298	x	149	5,5	8,0	13,0	21,0	256,0	40,80	32,03	6320	442	12,45	3,29	424	59	9,31	54,18	3,90	2,50	189,9	225,0		
H 300	x	150	6,5	9,0	13,0	22,0	256,0	46,78	36,72	7210	508	12,41	3,30	481	68	8,33	46,15	3,91	2,22	191,2	253,2		
H 294	x	200	8,0	12,0	18,0	30,0	234,0	72,38	56,82	11300	1600	12,49	4,70	769	160	8,33	36,75	5,38	1,22	254,9	459,3		
H 300	x	300	10,0	15,0	18,0	33,0	234,0	119,80	94,04	20400	6750	13,05	7,51	1360	450	10,00	30,00	8,26	0,67	382,40	843,9		
		305	15,0	15,0	18,0	33,0	234,0	134,80	105,82	21500	7100	12,63	7,26	1433	466	10,17	20,00	8,22	0,66	388,8	857,9		
H 346	x	174	6,0	9,0	14,0	23,0	300,0	52,68	41,35	11100	792	14,52	3,88	642	91	9,67	57,67	4,57	2,21	221,80	254,6		
H 350	x	175	7,0	11,0	14,0	25,0	300,0	63,14	49,56	13600	984	14,68	3,95	777	112	7,95	50,00	4,61	1,82	223,1	309,4		
H 340	x	250	9,0	14,0	20,0	34,0	272,0	101,50	79,68	21700	3650	14,62	6,00	1276	292	8,93	37,78	6,78	0,97	318,7	579,1		
H 350	x	350	12,0	19,0	20,0	39,0	272,0	173,90	136,51	40300	13600	15,22	8,84	2303	777	9,21	29,17	9,66	0,53	455,3	1113,5		
H 396	x	199	7,0	11,0	16,0	27,0	342,0	72,16	56,65	20000	1450	16,65	4,48	1010	146	9,05	56,57	5,25	1,81	253,7	311,0		
H 400	x	200	8,0	13,0	16,0	29,0	342,0	84,12	66,03	23700	1740	16,79	4,55	1185	174	7,69	50,00	5,29	1,54	254,9	365,7		
H 390	x	300	10,0	16,0	22,0	38,0	314,0	136,00	106,76	38700	7210	16,87	7,28	1985	481	9,38	39,00	8,17	0,81	382,4	692,4		
H 400	x	400	13,0	21,0	22,0	43,0	314,0	218,70	171,68	66600	22400	17,45	10,12	3330	120	9,52	30,77	11,05	0,48	520,4	1230,7		
H 450	x	200	9,0	14,0	18,0	32,0	386,0	96,76	75,96	33500	1870	18,61	4,40	1489	187	7,14	50,00	5,22	1,61	254,9	350,1		
H 440	x	300	11,0	18,0	24,0	42,0	356,0	157,40	123,56	56100	8110	18,88	7,18	2550	541	8,33	40,00	8,12	0,81	390,3	719,2		
H 496	x	199	9,0	14,0	20,0	34,0	428,0	101,30	79,52	41900	1840	20,34	4,26	1690	185	7,11	55,11	5,14	1,78	253,7	316,0		
H 500	x	200	10,0	16,0	20,0	36,0	428,0	114,20	89,65	47800	2140	20,46	4,33	1912	214	6,25	50,00	5,18	1,56	254,9	360,1		
H 482	x	300	11,0	15,0	26,0	41,0	400,0	145,50	114,22	60400	6760	20,37	6,82	2506	451	1,000	43,82	7,96	1,07	382,4	525,2		
H 488	x	300	11,0	18,0	26,0	44,0	400,0	163,50	128,35	71000	8110	20,84	7,04	2910	541	8,33	44,36	8,05	0,90	390,3	648,5		
H 596	x	199	10,0	15,0	22,0	37,0	522,0	120,50	94,59	68700	1980	23,88	4,05	2305	199	6,63	59,60	5,01	2,00	253,7	281,8		
H 600	x	200	11,0	17,0	22,0	39,0	522,0	134,40	105,50	77600	2280	24,03	4,12	2587	228	5,88	54,55	5,06	1,76	250,2	332,1		
H 582	x	300	12,0	17,0	28,0	45,0	492,0	174,50	136,98	103000	7670	24,30	6,63	3540	511	8,82	48,50	7,86	1,14	390,3	513,5		
H 588	x	300	12,0	20,0	28,0	48,0	492,0	192,50	151,11	118000	9020	24,76	6,85	4014	601	7,50	49,00	7,96	0,98	390,3	598,0		
H 700	x	300	13,0	24,0	28,0	52,0	596,0	215,50	184,87	201000	10800	29,21	6,77	5743	720	6,25	53,85	7,92	0,97	390,3	602,8		
H 800	x	300	14,0	26,0	28,0	54,0	692,0	267,40	209,91	292000	11700	33,05	6,61	7300	780	5,77	57,14	7,83	1,03	390,3	571,4		
H 900	x	300	16,0	28,0	28,0	56,0	788,0	309,80	243,19	411000	12600	36,42	6,38	9133	840	5,36	56,25	7,69	1,07	390,3	547,0		

										Note : *) Material : JIS G 3101 - SS 400 Fy = 2500 kg/cm ² if tf ≤ 16 mm Fy = 2400 kg/cm ² if 16 mm < tf ≤ 40 mm Fy = 2200 kg/cm ² if tf > 40 mm									
Sectional Dimension					Sectional Properties								Compact Section Criteria	rT (cm)	d/Af 1/cm	Lc (cm)	*) Lu (cm)		
d mm	x mm	bf mm	tw mm	tf mm	LL mm	Sec.of Area cm ²	Unit Weight kg/m	Geometrical Moment of Inertia (cm ⁴)		Radius of Gyration of Area (cm)		Modulus of Section (cm ³)							
								Ix	Iy	ix	iy	Sx	Sy	bf/2tf	d/tw				
H 600 x 300		12,0	25,0	8,4	217,41	170,67	141745,6	11259	25,53	7,20	4724,9	750,6	6,00	50,00	8,09	0,80	390,3	732,5	
	350	12,0	25,0	8,4	242,41	190,29	162422,7	17814	25,88	8,59	5414,1	1021,3	7,00	50,00	9,52	0,69	455,3	854,6	
H 650 x 350		12,0	22,0	8,4	228,13	179,08	175426,2	15731	27,73	8,30	5397,7	898,9	7,95	54,17	9,39	0,84	455,3	694,2	
	350	12,0	25,0	8,4	248,41	195,00	193836,1	17874	27,93	8,48	5964,2	1021,4	7,00	54,17	9,48	0,74	455,3	788,9	
	350	12,0	32,0	8,4	295,73	232,15	235380,0	22876	28,21	8,80	7242,5	1307,2	5,47	54,17	9,61	0,58	455,3	1009,8	
H 700 x 300		12,0	22,0	8,4	212,13	166,52	181471,4	9911	29,25	6,84	5184,9	660,7	6,82	58,33	7,91	1,06	390,3	552,5	
	350	12,0	25,0	8,4	254,41	199,71	228354,6	17875	29,96	8,38	6524,4	1021,4	7,00	58,33	9,43	0,80	455,3	732,5	
	350	12,0	32,0	8,4	301,73	236,86	277204,6	22877	30,31	8,71	7920,1	1307,3	5,47	58,33	9,58	0,63	455,3	937,6	
H 800 x 300		12,0	22,0	8,4	224,13	175,94	244991,7	9912	33,06	6,65	6124,8	660,8	6,82	66,67	7,81	1,21	390,3	483,5	
	350	16,0	28,0	11,2	317,55	249,28	350473,4	20037	33,22	7,94	8761,8	1145,0	6,25	50,00	9,22	0,82	455,3	717,9	
	350	16,0	38,0	11,2	384,35	301,71	440269,0	27182	33,85	8,41	11006,7	1553,3	4,61	50,00	9,44	0,60	455,3	974,3	
H 900 x 300		16,0	25,0	11,2	288,51	226,48	373523,1	11282	35,98	6,25	8300,5	752,2	6,00	56,25	7,59	1,20	390,3	488,4	
	350	16,0	28,0	11,2	333,55	261,84	457266,8	20041	37,03	7,75	10161,5	1145,2	6,25	56,25	9,11	0,92	455,3	638,1	
	350	16,0	32,0	11,2	360,27	282,81	504317,7	22899	37,41	7,97	11207,1	1308,5	5,47	56,25	9,23	0,80	455,3	729,3	
H 1000 x 350		16,0	25,0	11,2	329,51	258,66	535878,1	17900	40,33	7,37	10717,6	1022,9	7,00	62,50	8,90	1,14	455,3	512,8	
	400	16,0	28,0	11,2	377,55	296,38	646890,8	29902	41,39	8,90	12937,8	1495,1	7,14	62,50	10,44	0,89	520,4	656,4	
	450	16,0	32,0	11,2	440,27	345,61	789647,4	48635	42,35	10,51	15792,9	2161,6	7,03	62,50	11,99	0,69	585,4	843,9	
	450	16,0	38,0	11,2	492,35	386,49	902120,1	57747	42,81	10,83	18042,4	2566,6	5,92	62,50	12,15	0,58	585,4	1002,1	
H 1100 x 350		16,0	25,0	11,2	345,51	271,22	666844,0	17904	43,93	7,20	12124,4	1023,1	7,00	68,75	8,80	1,26	455,3	480,9	
	400	16,0	32,0	11,2	424,27	333,05	885110,8	34172	45,67	8,97	16092,9	1708,6	6,25	68,75	10,47	0,86	520,4	681,9	
	450	16,0	38,0	11,2	508,35	399,05	1114365	57751	46,82	10,66	20261,2	2566,7	5,92	68,75	12,06	0,64	585,4	911,0	
H 1200 x 300		12,0	25,0	8,4	289,41	227,19	674520,4	11268	48,28	6,24	11242,0	751,20	6,00	100,0	7,58	1,60	390,3	414,3	
	350	16,0	25,0	11,2	361,51	283,78	815085,3	17907	47,48	7,04	13584,8	1023,3	7,00	75,00	8,70	1,37	455,3	475,5	
	400	16,0	32,0	11,2	440,27	345,61	1076777	34176	49,45	8,81	17946,3	1708,8	6,25	75,00	10,39	0,94	520,4	625,1	
	450	16,0	38,0	11,2	524,35	411,61	1352027	57754	50,78	10,49	22533,8	2566,9	5,92	75,00	11,98	0,70	585,4	835,1	