

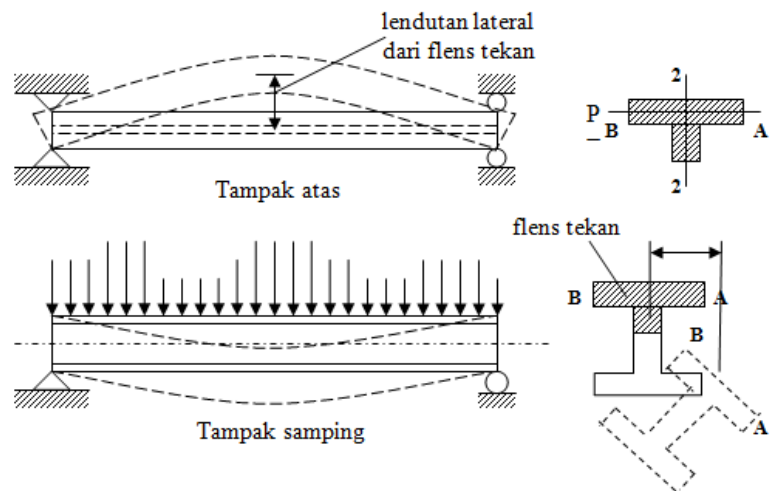
Mata Kuliah : Perancangan Struktur Baja
Kode : TSP - 306
SKS : 3 SKS

Tekuk Torsi Lateral

Pertemuan – 9, 10

- TIU :
 - Mahasiswa dapat merencanakan kekuatan elemen struktur baja beserta alat sambungnya
- TIK :
 - Mahasiswa dapat menjelaskan perilaku balok yang mengalami peristiwa tekuk torsi lateral
- Sub Pokok Bahasan :
 - Definisi Tekuk Torsi Lateral
 - Tumpuan Lateral
 - Perilaku Balok I Akibat Beban Momen Seragam
 - Desain LRFD Balok I

- Perhatikan struktur balok tanpa kekangan lateral dalam Gambar
- Pembebanan pada bidang web balok akan menghasilkan tegangan yang sama besar antara titik *A* dan *B* (menurut teori umum balok).
- Namun adanya ketidaksempurnaan balok dan eksentrisitas beban, maka akan mengakibatkan perbedaan tegangan antara *A* dan *B*.
- Tegangan residu juga mengakibatkan distribusi tegangan yang tidak sama sepanjang lebar sayap.



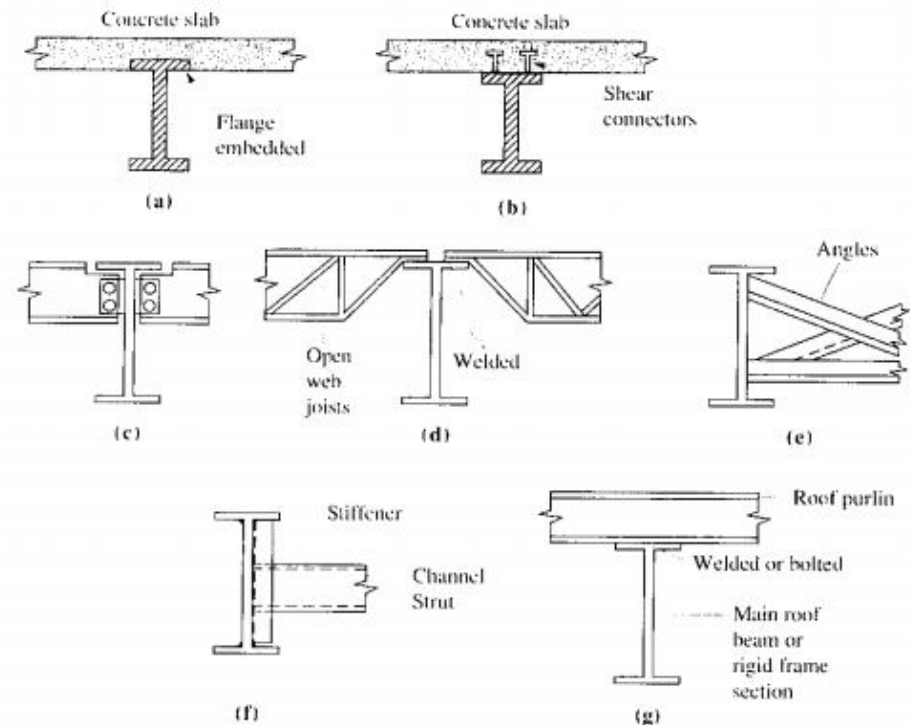
Gambar Balok Terkekang Lateral Pada Ujung – Ujungnya

- Flens tekan dari balok dapat dianggap sebagai kolom, akan tertekuk dalam arah lemahnya akibat lentur terhadap suatu sumbu seperti 1-1.
- Namun karena web balok memberikan sokongan untuk mencegah tekuk dalam arah ini, maka flens akan cenderung tertekuk oleh lentur pada sumbu 2-2.
- Karena bagian tarik dari balok berada dalam kondisi stabil, maka proses tekuk lentur dalam arah lateral tersebut akan dibarengi dengan proses torsi sehingga terjadilah tekuk torsi lateral (*lateral torsional buckling*).

Tumpuan Lateral

Ada dua macam kategori tumpuan lateral, yakni :

- tumpuan lateral menerus yang diperoleh dengan menanamkan flens tekan balok ke dalam pelat lantai beton
- tumpuan lateral pada jarak – jarak tertentu yang diberikan oleh balok atau rangka melintang dengan kekakuan yang cukup



Perilaku Balok I Akibat Beban Momen Seragam

A beam can fail by reaching the plastic moment and becoming fully plastic (see last section) or fail prematurely by:

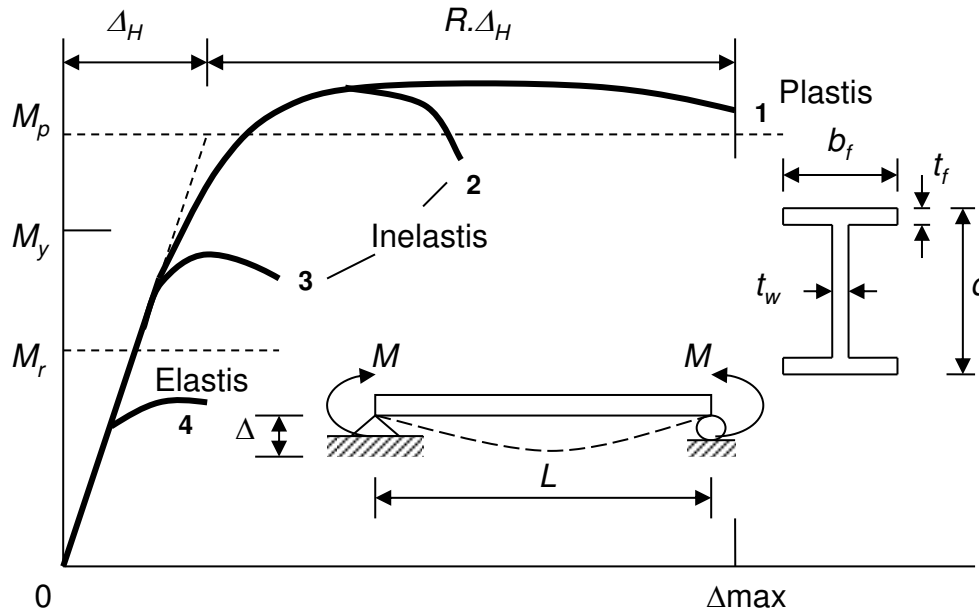
1. **LTB**, Lateral Torsional Buckling
2. **FLB**, Flange Local Buckling
3. **WLB**, Web Local Buckling



FLB



WLB



1. M_p is achieved along with large deformation ($R \geq 3$)
2. Inelastic behavior, M_p is achieved with little rotation capacity ($R < 3$)
3. Inelastic behavior, M_r is achieved, but FLB, WLB and LTB prevent achieving M_p
4. Elastic behavior, M_{cr} is controlled by elastic buckling (FLB, WLB, LTB)

Desain LRFD Balok I

Setiap komponen struktur yang memikul momen lentur, harus memenuhi persyaratan :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

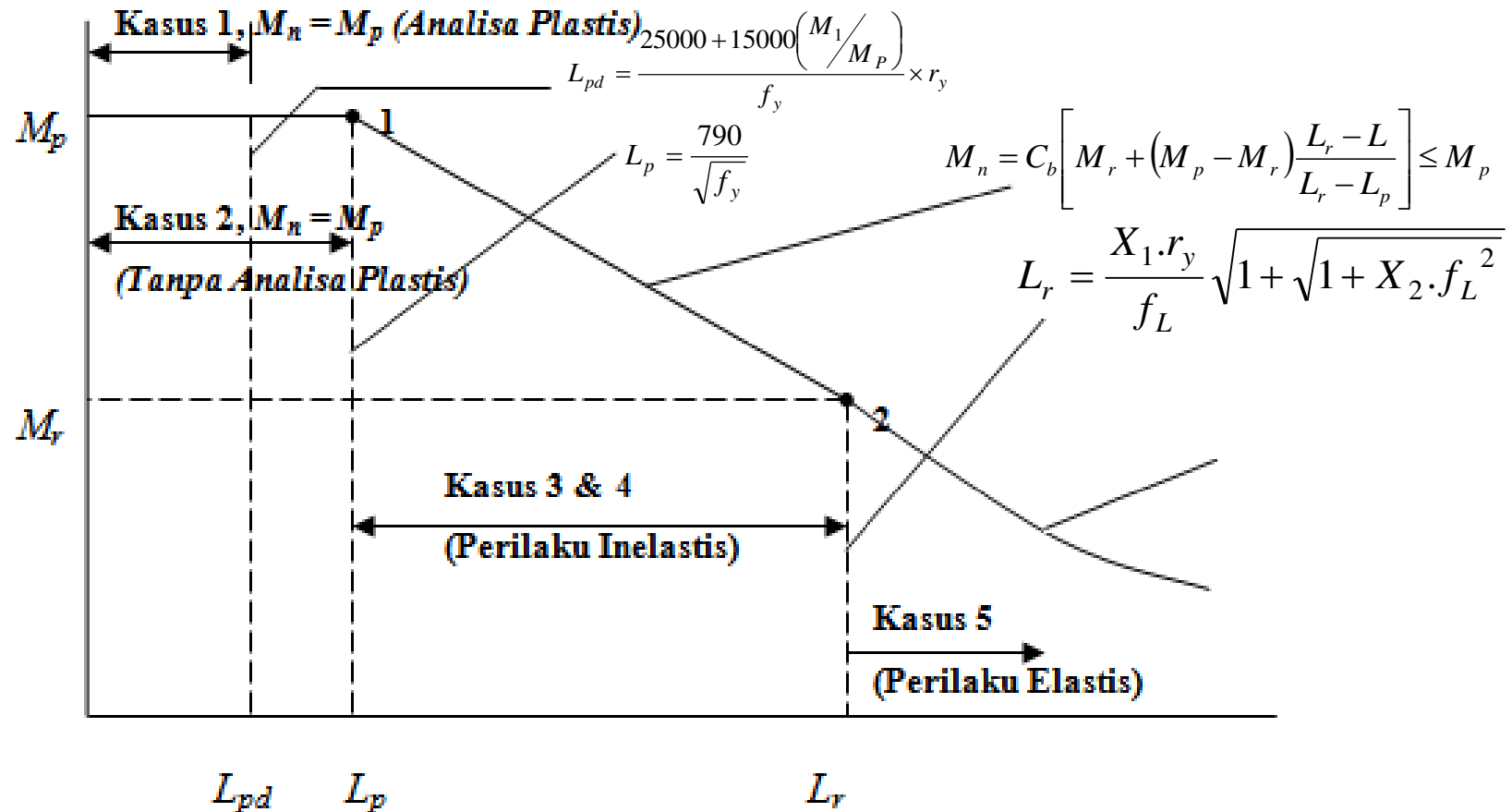
dengan :

ϕ_b adalah faktor reduksi untuk lentur = 0,90

M_n adalah kuat nominal momen lentur dari penampang

M_u adalah beban momen lentur terfaktor

a home base to excellence



Kasus 1: $M_n = M_p$ ($R \geq 3$)

Syarat :

- $L < L_{pd}$
- $\lambda_f (= b_f/2t_f) < \lambda_p (= 170/\sqrt{f_y})$
- $\lambda_w (= h/t_w) < \lambda_p (= 1680/\sqrt{f_y})$

$$L_{pd} = \frac{25000 + 15000 \left(\frac{M_1}{M_P} \right)}{f_y} \times r_y$$

Tegangan Leleh f_y (MPa)	Tekuk Lokal Flens $\frac{b}{2t_f} = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$	Tekuk Lokal Web $\frac{h}{t_w} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	Tekuk Torsi Lateral $\frac{L}{r_y} = \frac{790}{\sqrt{f_y}}$
210	11,73	115,93	54,52
240	10,97	108,44	50,99
250	10,75	106,25	49,96
290	9,98	98,65	46,39
410	8,4	82,97	39,02

Kasus 2 : $M_n = M_p$ ($R < 3$)

Syarat :

- $L < L_p$
- $\lambda_f (= b_f/2t_f) < \lambda_p (= 170/\sqrt{f_y})$
- $\lambda_w (= h/t_w) < \lambda_p (= 1680/\sqrt{f_y})$

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{f_y}}$$

Kasus 3 : $M_p > M_n \geq M_r$

Syarat :

- $L_r < L < L_p$
- $\lambda_f (= b_f/2t_f) < \lambda_p (= 170/\sqrt{f_y})$
- $\lambda_w (= h/t_w) < \lambda_p (= 1680/\sqrt{f_y})$

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

$$M_r = S_x(f_y - f_r)$$

$$L_r = \frac{X_1 \cdot r_y}{f_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot f_L^2}}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$$

$$X_2 = 4 \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2 \frac{C_w}{I_y}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

f_r adalah tegangan residu (70 MPa untuk penampang dirol dan 115 MPa untuk penampang dilas)

Kasus 4 : $M_p > M_n \geq M_r$

Syarat :

- $L_p < L < L_r$
- $\lambda_p < (\lambda = b/2.t_f) < \lambda_r (= 370/\sqrt{f_y - f_r})$, flens tak kompak)
- $\lambda_p < (\lambda = h/t_w) < \lambda_r (= 2.550/\sqrt{f_y})$, web tak kompak)

M_n diambil dari nilai terkecil antara :

FLB & WLB

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \cdot \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$$

LTB

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

- faktor pengali momen, C_b , ditentukan oleh persamaan :

$$C_b = \frac{12,5.M_{max}}{2,5.M_{max} + 3.M_A + 4.M_B + 3.M_C} \leq 2,3$$

Dengan :

M_{max} adalah momen maksimum pada bentang yang ditinjau
 M_A adalah momen pada $\frac{1}{4}$ bentang tak terkekang
 M_B adalah momen pada tengah bentang tak terkekang
 M_C adalah momen pada $\frac{3}{4}$ bentang tak terkekang

Batasan Rasio Kelangsingan λ_r Untuk Penampang Tak Kompak Balok I
 (Modulus Elastisitas, $E = 200000$ MPa)

Tegangan Leleh f_y (MPa)	Tekuk Lokal Flens $\frac{b}{2.t_f} = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$	Tekuk Lokal Web $\frac{h}{t_w} = \frac{2550}{\sqrt{f_y}}$
210	2,64	175,97
240	2,18	164,60
250	2,06	161,28
290	1,68	149,74
410	1,09	125,94

Kasus 5 : $M_n < M_r$

Syarat :

- $L > L_r$
- $\lambda_p < (\lambda = b/2.t_f) < \lambda_r (= 370/\sqrt{f_y - f_r})$, flens tak kompak)
- $\lambda_p < (\lambda = h/t_w) < \lambda_r (= 2.550/\sqrt{f_y})$, web tak kompak)

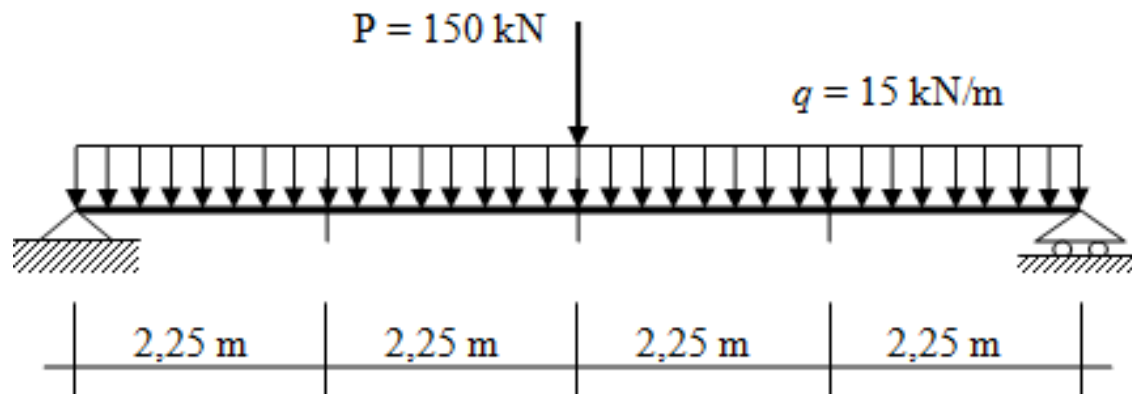
$$M_n = M_{cr} = C_b \cdot \frac{\pi}{L} \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi E}{L} \right)^2 I_y \cdot C_w}$$

- Atau :

$$M_n = M_{cr} = \frac{C_b \cdot S_x \cdot X_1 \cdot \sqrt{2}}{L / r_y} \sqrt{1 + \frac{X_1^2 \cdot X_2}{2(L / r_y)^2}}$$

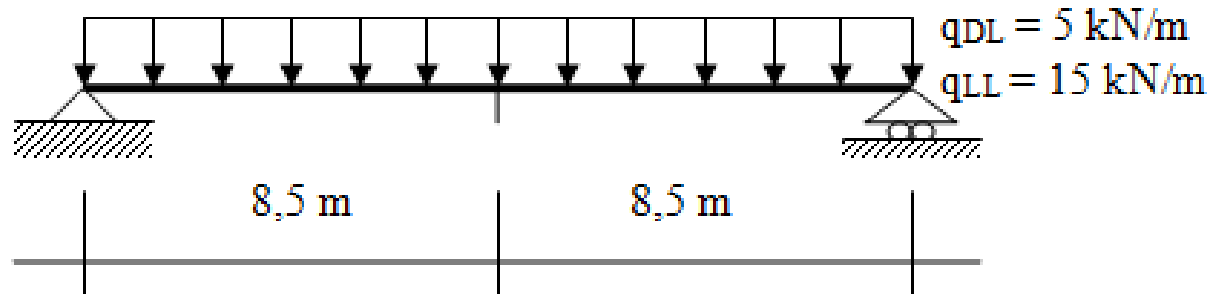
Contoh 1 :

- Desainlah sebuah balok tertumpu sederhana dengan beban seperti dalam gambar di bawah ini. Beban merata terdiri dari 15% DL dan 85% LL, beban terpusat terdiri dari 40% DL serta 60% LL. Balok tersebut diberi sokongan lateral pada ujung – ujungnya serta setiap jarak 2,25 m. Mutu baja adalah BJ 37.



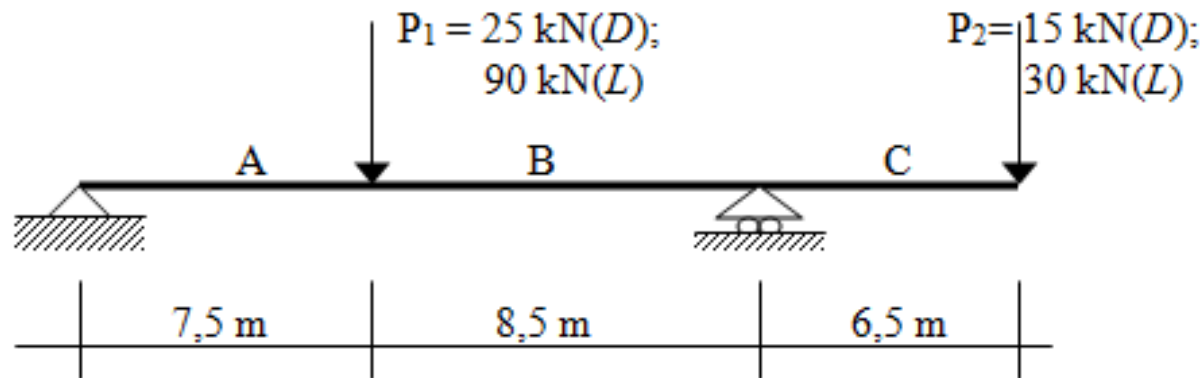
Contoh 2 :

- Periksalah apakah profil WF 700.300.12.24 cukup kuat untuk memikul beban layan seperti pada gambar di bawah ini, jika pada balok diberi sokongan lateral pada tengah bentang serta pada tumpuan – tumpuan. (mutu baja BJ 37). Berat sendiri profil WF 700.300.12.24 = 1,85 kN/m



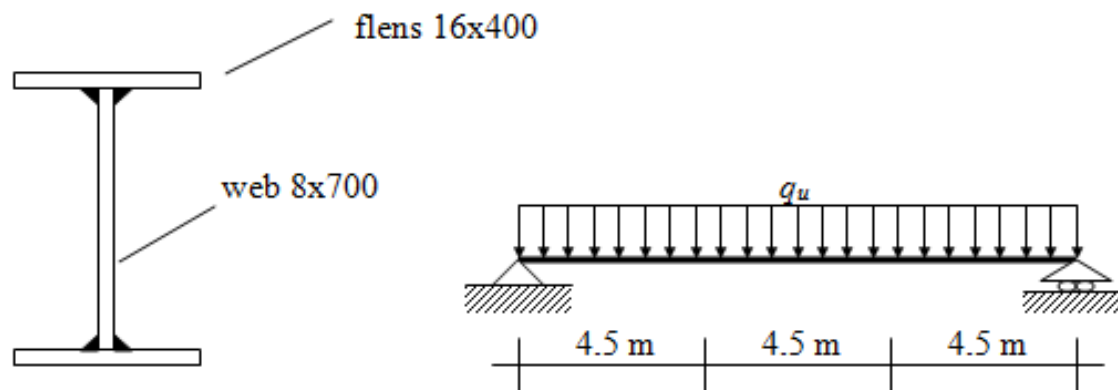
Contoh 3 :

- Pilihlah penampang WF yang ekonomis bagi balok pada struktur di bawah ini. Sokongan lateral dipasang pada kedua tumpuan serta pada kedua lokasi beban terpusat. (Mutu baja BJ 37)



Contoh 4 :

- Sebuah penampang tersusun berbentuk I yang dilas seperti dalam gambar, digunakan sebagai balok tertumpu sederhana sepanjang 13,5 m. Hitunglah beban hidup layan yang diijinkan bagi balok tersebut, jika diketahui beban mati = 20 kN/m (sudah termasuk berat sendiri). Sokongan lateral diberikan pada setiap 1/3 bentang dan pada kedua tumpuan.
- Mutu baja yang digunakan adalah BJ 55 ($f_y = 410$ MPa).



Contoh 5 :

- Pilihlah profil WF yang ekonomis untuk digunakan sebagai balok lantai perpustakaan yang tertumpu sederhana. Sokongan lateral dipasang pada kedua ujungnya dan pada lokasi beban – beban terpusat. Lendutan akibat beban hidup tak boleh melebihi $L/300$. Gunakan mutu baja BJ 37 !

