

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

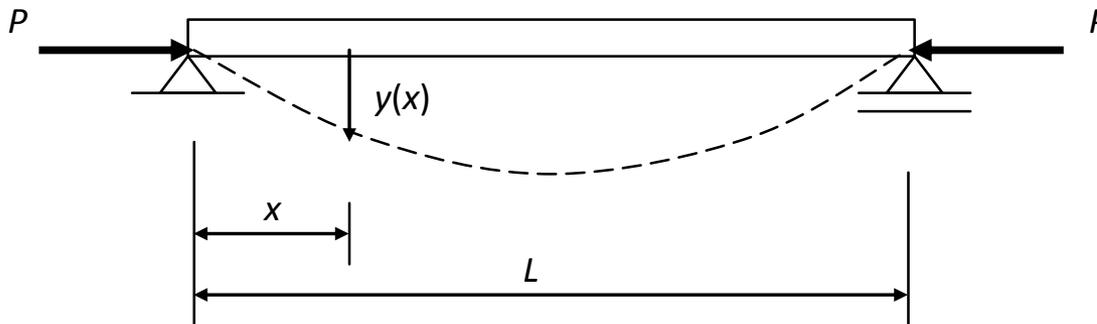
Komponen Struktur Tekan

Pertemuan – 4, 5

- Sub Pokok Bahasan :
 - Panjang Tekuk
 - Tekuk Lokal
 - Tekuk Batang
 - Desain Batang Tekan

- Batang – batang tekan yang banyak dijumpai yaitu kolom dan batang – batang tekan dalam struktur rangka batang.
- Komponen struktur tekan dapat terdiri dari profil tunggal atau profil tersusun yang digabung dengan menggunakan pelat kopel.
- Syarat kestabilan dalam mendisain komponen struktur tekan sangat perlu diperhatikan, mengingat adanya bahaya tekuk (*buckling*) pada komponen – komponen tekan yang langsing.

- Teori tekuk kolom pertama kali diperkenalkan oleh Leonhard Euler di tahun 1744.
- Komponen struktur yang dibebani secara konsentris, di mana seluruh serat bahan masih dalam kondisi elastik hingga terjadinya tekuk, perlahan – lahan melengkung.



Beban tekuk Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad \rightarrow \quad f_{cr} = \frac{P_{cr}}{A_g} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2}$$

- Pendekatan Euler pada umumnya diabaikan dalam disain karena hasil dari percobaan – percobaan yang dilakukan tak sesuai dengannya.
- Pendekatan Euler hanya mungkin terjadi bila nilai λ ($= L/r$) yang cukup besar ($\lambda > 110$).
- Untuk nilai λ yang lebih kecil, akan terjadi **tekuk inelastis**. Dan bila nilai $\lambda < 20$ akan terjadi leleh pada seluruh penampang.
- Pada kenyataannya keruntuhan kolom lebih banyak terjadi akibat tekuk inelastis.
- Kolom ideal yang memenuhi persamaan Euler harus memenuhi anggapan-anggapan sebagai berikut :
 - kurva hubungan tegangan – regangan tekan yang sama di seluruh penampang
 - tak ada tegangan sisa
 - kolom benar – benar lurus dan prismatis
 - beban bekerja pada titik berat penampang, hingga batang melentur
 - kondisi tumpuan harus ditentukan secara pasti
 - berlakunya teori lendutan kecil (*small deflection theory*)
 - tak ada puntir pada penampang, selama terjadi lentur

- Bila asumsi-asumsi di atas dipenuhi, maka kekuatan kolom dapat ditentukan berdasarkan :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E_t}{(kL/r)^2} A_g = f_{cr} \cdot A_g$$

dengan :

E_t = tangen Modulus Elatisitas pada tegangan P_{cr}/A_g

A_g = luas gross penampang batang

kL/r = rasio kelangsingan efektif

k = faktor panjang efektif

L = panjang batang

r = jari – jari girasi

Klasifikasi Penampang

- Pasal B.4 SNI 1729:2015 memberikan klasifikasi bagi penampang struktur berdasarkan rasio tebal terhadap lebar dari masing-masing elemennya.
- Untuk suatu komponen struktur tekan, maka penampang diklasifikasikan sebagai penampang langsing dan penampang non langsing.
- Apabila rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak melebihi nilai λ_r , maka penampang dikategorikan sebagai penampang **non langsing**.
- Sedangkan apabila rasio tebal terhadap lebar melebihi λ_r , maka penampang dikategorikan sebagai penampang **langsing**.

- Dalam perencanaan rasio lebar terhadap tebal dari suatu elemen penampang sebaiknya dibatasi sehingga tidak masuk ke dalam kategori penampang langsing.
- Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya tekuk lokal pada penampang, serta agar kekuatan penampang tidak perlu direduksi

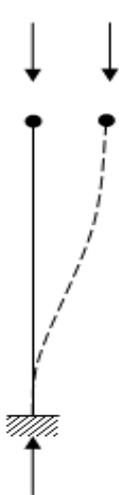
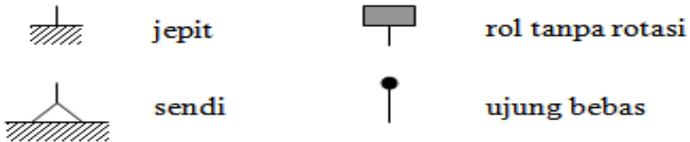
Panjang Tekuk

- **Panjang efektif** suatu kolom secara sederhana dapat didefinisikan sebagai jarak di antara dua titik pada kolom tersebut yang mempunyai momen sama dengan nol, atau didefinisikan pula sebagai jarak di antara dua titik belok dari kelengkungan kolom.
- Dalam perhitungan kelangsingan komponen struktur tekan ($\lambda = L/r$), panjang komponen struktur yang digunakan harus dikalikan suatu **faktor panjang tekuk k** untuk memperoleh panjang efektif dari kolom tersebut.

Faktor Panjang Tekuk

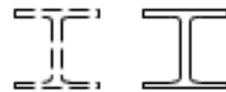
- SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.3.1 memberikan daftar nilai faktor panjang tekuk untuk berbagai kondisi tumpuan ujung dari suatu kolom.
- Nilai k ini diperoleh dengan mengasumsikan bahwa kolom tidak mengalami goyangan atau translasi pada ujung – ujung tumpuannya.

Faktor Panjang Tekuk

<p>Garis putus menunjukkan posisi kolom pada saat tertekuk</p>						
<p>k teoritis</p>	<p>0,5</p>	<p>0,7</p>	<p>1,0</p>	<p>1,0</p>	<p>2,0</p>	<p>2,0</p>
<p>k disain</p>	<p>0,65</p>	<p>0,80</p>	<p>1,2</p>	<p>1,0</p>	<p>2,10</p>	<p>2,0</p>
<p>Keterangan</p>						

Tekuk Lentur Dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing

- Jika sebuah komponen struktur tekan dibebani beban aksial tekan sehingga terjadi tekuk terhadap keseluruhan elemen tersebut (bukan tekuk lokal), maka ada tiga macam potensi tekuk yang mungkin terjadi :
 - **Tekuk lentur.** Dapat terjadi pada semua penampang
 - **Tekuk torsi.** Tekuk torsi hanya terjadi pada elemen-elemen yang langsing dengan sumbu simetri ganda. Contoh : penampang cruciform
 - **Tekuk lentur torsi.** Tekuk lentur torsi dapat terjadi pada penampang – penampang dengan satu sumbu simetri saja seperti profil kanal, T, siku ganda dan siku tunggal sama kaki. Di samping itu juga dapat terjadi pada penampang – penampang tanpa sumbu simetri seperti profil siku tunggal tak sama kaki dan profil Z



(a) Tekuk Lentur



(b) Tekuk Torsi



(c) Tekuk Lentur Torsi

- Kekuatan tekan nominal, P_n , dari suatu komponen struktur tekan **akibat tekuk lentur** harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur. Nilai P_n , menurut SNI 1729-2015, pasal E.3 adalah :

$$P_n = F_{cr} A_g$$

dengan :

A_g adalah luas bruto penampang

F_{cr} adalah tegangan kritis yang ditentukan sebagai berikut :

a. Jika $\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad 1.a$$

b. Jika $\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad 1.b$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2}$$

- Besarnya faktor ketahanan ϕ_c , dan faktor keamanan tekan, Ω_c , ditentukan dalam pasal E.1 SNI 1729:2015 sebagai berikut :

Metode DFBK

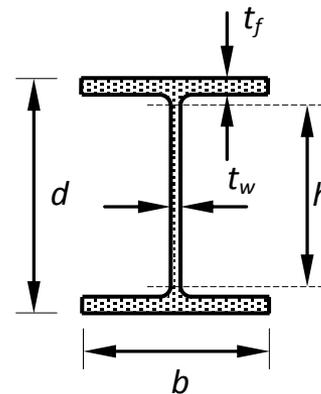
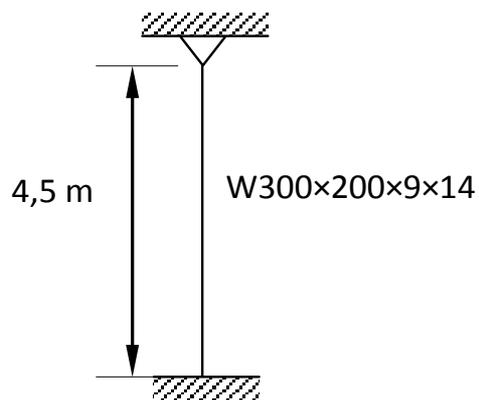
$$\phi_c = 0,90$$

Metode DKI (Desain Kekuatan Ijin) :

$$\Omega_c = 1,67$$

Contoh 1 :

- Tentukan kekuatan tekan desain $\phi_c P_n$, dan kekuatan tekan tersedia, P_n/Ω_c , dari suatu komponen struktur tekan dalam gambar berikut ini. Mutu baja dari ASTM A992 ($F_y = 345$ MPa)



Data penampang :

$$d = 298 \text{ mm}$$

$$b = 201 \text{ mm}$$

$$t_w = 9 \text{ mm}$$

$$t_f = 14 \text{ mm}$$

$$r_o = 18 \text{ mm}$$

1. Periksa terhadap batasan λ_r

Flens

$$\frac{b/2}{t_f} = \frac{201}{2 \times 14} = 7,18$$

$$0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200.000}{345}} = 13,48$$

$$\frac{b/2}{t_f} < \lambda_r \quad \mathbf{o.k.}$$

Web

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{9} = 26$$

$$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200.000}{345}} = 35,87$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_r \quad \mathbf{o.k.}$$

2. Menentukan rasio kelangsingan (KL/r), karena $r_y < r_x$, maka rasio kelangsingan ditentukan oleh r_y .

$$\frac{KL}{r_y} = \frac{0,8 \times 4.500}{47,7} = 75,47$$

3. Menghitung tegangan tekuk Euler, F_e .

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200.000}{75,47^2} = 346,56 \text{ MPa}$$

4. Menghitung tegangan kritis, F_{cr}

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200.000}{345}} = 113,4 > \frac{KL}{r_y} (= 75,47)$$

Sehingga F_{cr} dihitung dari persamaan 4.22.a

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y = \left[0,658^{\frac{345}{346,56}} \right] \times 345 = 227,44 \text{ MPa}$$

5. Menghitung kekuatan tekan desain $\phi_c P_n$ (DFBK) dan kekuatan tekan tersedia, P_n/Ω_c (DKI)

DFBK	DKI
$\phi_c P_n = 0,90 F_{cr} A_g$ $= 0,90(227,44)(8.336)$ $= 1.706.345,86 \text{ N}$ $= \mathbf{1.706,35 \text{ kN}}$	$P_n/\Omega_c = F_{cr} A_g / 1,67$ $= (227,44)(8.336)/1,67$ $= 1.135.293,32 \text{ N}$ $= \mathbf{1.135,29 \text{ kN}}$

Tekuk Torsi dan Tekuk Lentur Torsi Dari Komponen Tanpa Elemen Langsing

- SNI 1729:2015 pasal E.4 mencantumkan persyaratan pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi untuk profil-profil simetris tunggal, asimetris dan penampang simetris ganda tertentu, misalnya kolom cruciform, siku tunggal dengan $b/t > 20$, dan profil T.

Dinyatakan bahwa tegangan kritis, F_{cr} , pada keadaan batas dari tekuk torsi dan tekuk lentur torsi, sebagai berikut :

1. Untuk komponen struktur tekan siku ganda dan profil T

$$F_{cr} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot F_{cry} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right]$$

Dengan F_{cry} dihitung dari nilai F_{cr} seperti dalam persamaan 1a dan b untuk tekuk lentur pada sumbu y simetris,

$$F_{crz} = \frac{G \cdot J}{A \cdot r_0^2}$$

$$r_0^2 = \frac{I_x + I_y}{A_g} + x_0^2 + y_0^2$$

$$H = 1 - \left(\frac{x_0^2 + y_0^2}{r_0^2} \right)$$

- x_0, y_0 merupakan koordinat pusat geser terhadap titik berat, $x_0 = 0$ untuk siku ganda dan profil T.
- G adalah modulus geser baja, diambil sebesar 77.200 MPa
- J adalah konstanta puntir, $J = \sum \frac{1}{3} b \cdot t^3$

2. Untuk semua kasus lainnya, nilai F_{cr} harus ditentukan sesuai dengan persamaan 1.a dan b, hanya saja nilai F_e ditentukan sebagai berikut :
- a. Untuk komponen struktur simetris ganda :

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y}$$

- b. Untuk komponen struktur simetris tunggal dengan y adalah sumbu simetris :

$$F_e = \left(\frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right]$$

- c. Untuk komponen struktur tak simetris, F_e adalah akar terendah dari persamaan pangkat tiga berikut :

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2(F_e - F_{ey})\left(\frac{x_0}{\bar{r}_0}\right)^2 - F_e^2(F_e - F_{ex})\left(\frac{y_0}{\bar{r}_0}\right)^2 = 0$$

Dengan :

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_x L}{r_x}\right)^2}$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_y L}{r_y}\right)^2}$$

$$F_{ez} = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{A_g \bar{r}_0^2}$$

K_z adalah faktor panjang efektif untuk tekuk torsi