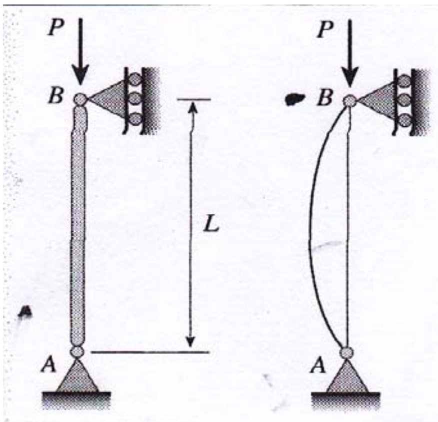
Pertemuan XIV

IX. Kolom

9.1 Kolom Dengan Beban Aksial Tekan

Suatu batang langsing yang dikenai tekanan aksial disebut dengan kolom. Terminologi kolom biasanya digunakan untuk menyatakan suatu batang vertikal. Sedangkan untuk batang horisonatl dan batang miring disebut dengan istilah *strul.*



Gambar 9.1 Kolom Dengan Beban Aksial Tekan

Keruntuhan pada kolom terjadi karena tekukan, yaitu deformasi arah lateral dari suatu batang. Keruntuhan suatu balok pendek terjadi karena kelelahan bahan. Tekukan dan juga keruntuhan suatu kolom dapat terjadi walaupun tegangan maksimum pada balok lebih rendah dari titik lelah bahan.

9.2 Beban Kritis

Beban kritis suatu balok langsing yang dikeni tekanan aksial adalah nilai gaya aksial yang hanya cukup untuk mempertahankan batang dalam kondisi sedikit terdefleksi dan biasanya dinotasikan dengan P_{cr}.

Peralihan antara kondisi stabil dan kondisi tidak stabil terjadi pada gaya aksial khusus yang disebut beban kritis kolom (*Pcr*). Rasio panjang kolom terhadap terhadap jari-jari minimum penampang melintang kolom disebut kelangsingan kolom = *L/r* dan tidak berdimensi.

Apabila suatu kolom adalah bebas berputar pada ujung-ujungnya, maka tekukan akan terjadi pada suatu sumbu dimana jari-jari adalah minimum.

Jika suatu kolom panjang yang mempunyai luas penampang tetap ditumpu di kedua ujungnya dan dikenai tekanan aksial, beban kritis kolom langsing panjang yang akan menyebabkab terjadiya tekukan dinyatakan dengan :

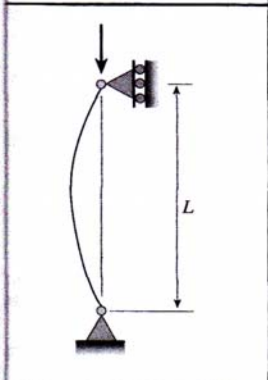
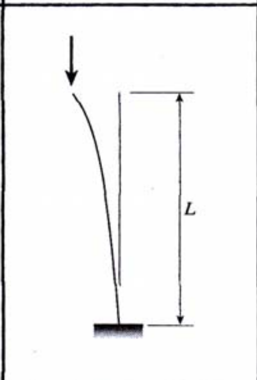
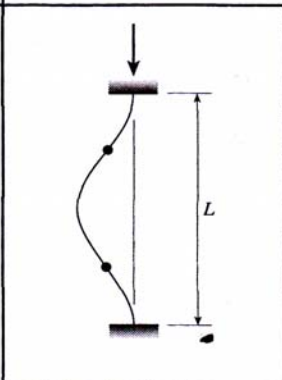
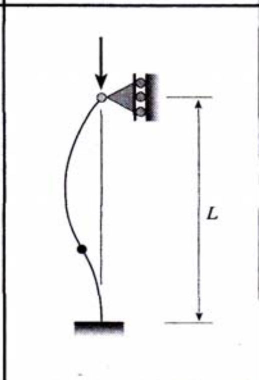
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \qquad \text{.......... (9.1a)}$$

atau

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \qquad \text{.......... (9.1b)}$$

Dimana E adalah modulus elstisitas, I adalah momen luasan minimum penampang melintang terhadap sumbu yang melalui titik berat, L adalah panjang kolom, dan KL adalah panjang efektif kolom yang tergantung pada koefisien tekuk K.

Tabel 9.1 Beban kritis, panjang efektif, dan faktor panjang efektif kolom ideal

(a) Kolom sendi-sendi	(b) Kolom jepit-bebas	(c) Kolom jepit-jepit	(d) Kolom jepit-sendi
$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$	$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$	$P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{L^2}$	$P_{cr} = \frac{2{,}046\pi^2 EI}{L^2}$
			
$L_e = L$	$L_e = 2\,L$	$L_e = 0{,}5\,L$	$L_e = 0{,}699\,L$
$K = 1$	$K = 2$	$K = 0{,}5$	$K = 0{,}699$

9.3 Rancang Bangun Kolom Dengan Beban Eksentris

Derivasi pernyataan yang menghasilkan model pembebanan tekuk Euler mengasumsikan bahwa beban adalah konsentris. Jika suatu gaya aksial *P* dikenakan dengan tingkat eksentrisitas *e*, puncak tegangan pada batang terjadi pada serat-serat yang lebih luar pada bagian tengah panjang batang dan dinyatakan dengan persamaan :

$$\sigma_{mak} = \frac{P}{A}\left[1 + \frac{ec}{r^2}\sec\left(\frac{L}{2}\sqrt{\frac{P}{AE}}\right)\right] \qquad \text{.......... (9.2)}$$

Dimana *c* adalah jarak dari suatu sumbu netral ke serat luar, *r* adalah jari-jari putar, *L* adalah panjang kolom, *A* adalah luas potonga melintang.

Pernyataan pembebanan tekukan Euler dapat diperluas untuk selang inelastis dari aksi dengan mengggntikan modulus Young *E* dengan modulus tangen E_t. Dengan demikian formula tekukan kolom sama dengan P_{cr}.

Suatu batang yang dikenai beberapa gaya bersamaan dengan tekanan aksial dan pembebanan lateral disebut dengan *beam-columns*

Persamaan differensial untuk tekuk kolom, suatu kolom ideal yang berujung sendi, dengan persamaan momen lentur :

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = M \qquad \text{.......... (9.3a)}$$

Dari keseimbangan momen terhadap salah satu ujungnya, diperoleh

$$M + P.y = 0 \rightarrow M = -P.y \qquad \text{.......... (9.3b)}$$

dimana y = defleksi dipotongan melintang

Jadi,

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = -P.y \qquad \text{.......... (9.3c)}$$

$$k^2 = \frac{P}{EI} \rightarrow k = \sqrt{\frac{P}{EI}} \qquad \text{.......... (9.3d)}$$

Sehingga,

$$\frac{d^2y}{dx^2} + k^2.y = 0 \qquad \text{.......... (9.3e)}$$

Penyelesaian persamaan :

$$y = c_1 \sin kx + c_2.\cos kx \qquad \text{.......... (9.3f)}$$

c_1 dan c_2 adalah konstanta integrasi

Kondisi batas ujung-ujung kolom, yaitu defleksi adalah nol, apabila $x = 0$ dan $x = L$, Kondisi pertama menghasilkan $c_2 = 0$, sehingga :

$$y = c_1.\sin kx \qquad \text{.......... (9.3g)}$$

Kondisi kedua menghasilkan :

$$c_1.\sin kL = 0 \qquad \text{.......... (9.3h)}$$

$c_1 = 0$ atau $\sin kL = 0$ .... (9.3i)

Persamaan dipenuhi apabila kL = 0, π, 2π, …

$kL = n\pi$ n = 1, 2, 3, ….

atau

$$P = \frac{n^2.\pi^2.EI}{L^2} \qquad \text{......... (9.3j)}$$

n = 1, 2, 3, …

Dengan disubstitusikan

$$k = \sqrt{\frac{P}{EI}} \qquad \text{.......... (9.3k)}$$

$$\sqrt{\frac{P}{EI}}.L = n.\pi \qquad \text{.......... (9.3l)}$$

diperoleh :

atau $P = \dfrac{n^2.\pi^2.EI}{L^2}$ .... (9.3m)

Beban kritis

Apabila n = 1, beban kritis dapat dinyatakan dengan

$$P_{cr} = \frac{\pi^2.EI}{L^2}$$ .... (9.3n)

Persamaan ini disebut beban tekuk Euler, dan didefleksinya dinyatakan dengan

$$y = c.\sin\left(\sqrt{\frac{P}{EI}}.x\right)$$ .... (9.3o)

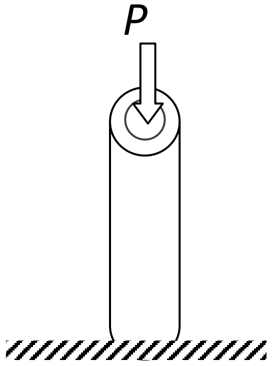
Atau $y = c.\sin\dfrac{\pi.x}{L}$ .... (9.3p)

Tegangan kritis : $\sigma_{cr} = \dfrac{P_{cr}}{A} = \dfrac{\pi^2.EI}{A.L^2}$ .... (9.4a)

Dimana $r = \sqrt{\dfrac{I}{A}}$ sehingga $\sigma_{cr} = \dfrac{\pi^2.E}{\left(L/r\right)^2}$ .... (9.4b)

9.4 Contoh-Contoh Soal dan Pembahasan

Soal 1. Suatu kolom baja berlobang dengan tinggi 2 m, mempunyai diameter luar 16 cm da tebal dinding 3 cm. Tentukan beban kritis kolom.



Penyelesaian :

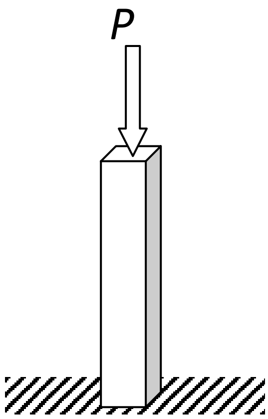
$$d_1 = 16 - 2.3 = 10\ .cm$$

$$E = 2{,}1x10^6\ kc / cm^2$$

$$I = \frac{1}{64}\pi.(d_2^2 - d_1^2) = \frac{1}{64}\pi.(16^2 - 10^2) = 7{,}66\ .cm4$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 (2{,}1x10^6)(7{,}66)}{200^2} = 3969{,}06\ .kg$$

Soal 2. Suatu tiang kayu 8/12 dengan tinggi 1,5 m, Kayu mempuyai modulus elastisitas lentur 26000 MPa. Tentukan beban kritis tian dan tegangan kritis yang terjadi.



Penyelesaian :

$$E = 26000\ .MPa$$

$$I = \frac{1}{12} 80.120^3 = 11520000\ \ .mm^4$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 (26000)(11520000)}{1500^2} = 1313841\ \ .N$$

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{1313841}{80\,x120} = 136{,}86\ .N / mm^2$$