

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Kelangsingan

Tingkat kelangsingan suatu kolom diungkapkan sebagai rasio kelangsingan.

$$\text{Rasio kelangsingan} = \frac{KL}{r} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan;

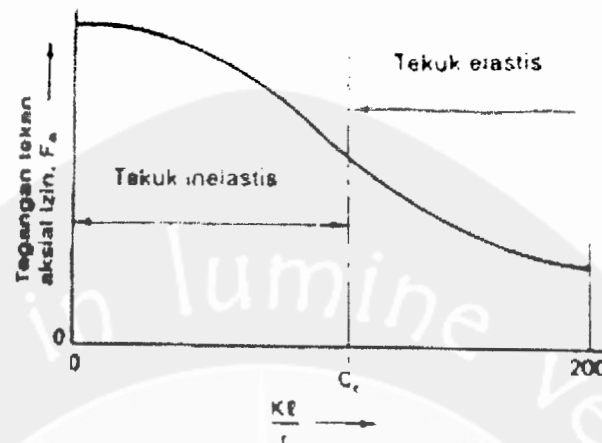
L = panjang struktur tekan yang tidak ditopang;

r = jari-jari putaran (*radius of gyration*) potongan lintang komponen

$$\text{struktur tekan} = \sqrt{I/A}$$

Harga KL/r dibatasi pada 200 untuk elemen struktur tekan. Harga KL/r yang memisahkan tekuk elastis (perilaku kolom panjang) dari tekuk inelastis (perilaku kolom pendek) ditentukan secara sembarang sebagai harga di mana tegangan tekuk Euler (f_e) sama dengan $F_y/2$. Harga KL/r ini disebut C_c dapat dilihat pada gambar 3.1. Harganya ditentukan sebagai berikut:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \dots\dots\dots (3.2)$$



Gambar 3.1 Kurva Tegangan Tekan Aksial dengan Nilai KL/r

Daerah di sebelah kiri harga C_c adalah perilaku untuk kolom pendek, sedangkan disebelah kanan C_c adalah untuk perilaku kolom langsing.

3.2. Teori Euler

Salah satu di antara rumus kolom yang paling populer yang pernah diusulkan diturunkan kira-kira pada tahun 1759 oleh Leonhardt Euler, seorang sarjana matematika Swiss. Batang dengan beban konsentris yang semula lurus dan semua seratnya tetap elastis hingga tekuk terjadi akan mengalami lengkung yang kecil seperti pada Gambar 3.2 (Salmon,1986). Rumus tersebut dapat diturunkan sebagai berikut:

Di suatu titik sejarak z , momen lentur Mz (terhadap sumbu x) pada batang yang sedikit melengkung adalah

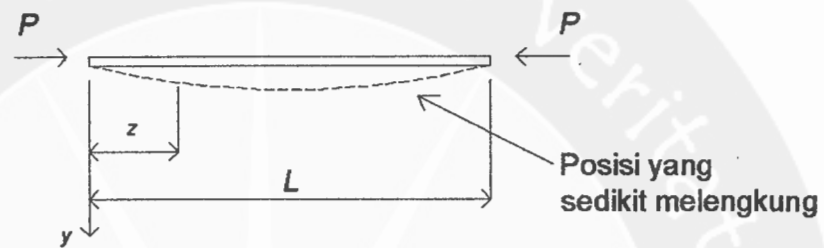
$$Mz - Py \dots\dots\dots (3.3)$$

dan karena

$$\frac{d^2 y}{dz^2} = -\frac{M z}{EI} \dots\dots\dots (3.4)$$

Persamaan diferensialnya menjadi

$$\frac{d^2 y}{dz^2} + \frac{P}{EI} y = 0 \dots\dots\dots (3.5)$$



Gambar 3.2 Kolom Euler

Bila $k^2 = P/EI$, penyelesaian persamaan diferensial linear ordo dua ini dapat dinyatakan sebagai

$$Y = A \sin kz + B \cos kz \dots\dots\dots (3.6)$$

Menetapkan syarat batas : (a) $y = 0$ di $z = 0$; dan (b) $y = 0$ di $z = L$, kita peroleh dari syarat (a), $B = 0$; dan dari syarat (b),

$$0 = A \sin kL \dots\dots\dots (3.7)$$

Persamaan 3.7 dapat dipenuhi oleh tiga keadaan; (a) konstanta $A = 0$, yaitu tidak ada lendutan; (b) $kL = 0$, yaitu tidak ada beban luar; dan (c) $kL = N\pi$, yakni syarat terjadinya tekuk. Jadi:

$$P = \frac{N^2 \pi^2 EI}{L^2} \dots\dots\dots (3.8)$$

Ragam tekuk dasar (pertama), yaitu lendutan dengan lengkungan tunggal ($y = A \sin \pi z/L$ dari persamaan 3.6), akan terjadi bila $N = 1$; dengan demikian beban kritis Euler untuk kolom yang bersendi di kedua ujungnya ($K = 1$) adalah

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \dots\dots\dots (3.9)$$

atau bila dinyatakan dalam tegangan rata-rata dan $I = A_g r^2$

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A_g} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \dots\dots\dots (3.10)$$

Untuk kolom dengan harga KL/r lebih kecil daripada C_c harga F_a (tegangan tekan aksial ijin) ditentukan dari:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2C_c^2}\right] F_y}{FS} \dots\dots\dots (3.11)$$

sedangkan rumus FS adalah:

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3\left(\frac{KL}{r}\right)}{8C_c} - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^3}{8C_c^3} \dots\dots\dots (3.12)$$

Untuk harga KL/r lebih besar dari C_c adalah sebagai berikut:

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \dots\dots\dots (3.13)$$

Semakin besar angka kelangsingan, semakin tinggi pengaruh eksentrisitas tak terduga, bengkokan awal dan faktor panjang efektif (K). Faktor panjang efektif untuk kolom dapat dilihat pada gambar 3.3

Bentuk kolom yang tertekuk ditunjukkan oleh garis terputus	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Harga K teoretis	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Harga perencanaan yang disarankan bila kondisi ideal hanya merupakan pendekatan	0,65	0,80	1,0	1,2	2,10	2,0
Tanda kondisi ujung	 Rotasi tak mungkin, Translasi tak mungkin  Rotasi bebas, Translasi tak mungkin  Rotasi tak mungkin, Translasi bebas  Rotasi bebas, Translasi bebas					

Gambar 3.3 Faktor Panjang Efektif untuk Kolom yang Dibebani Secara Terpusat dengan Berbagai Kondisi yang Ideal

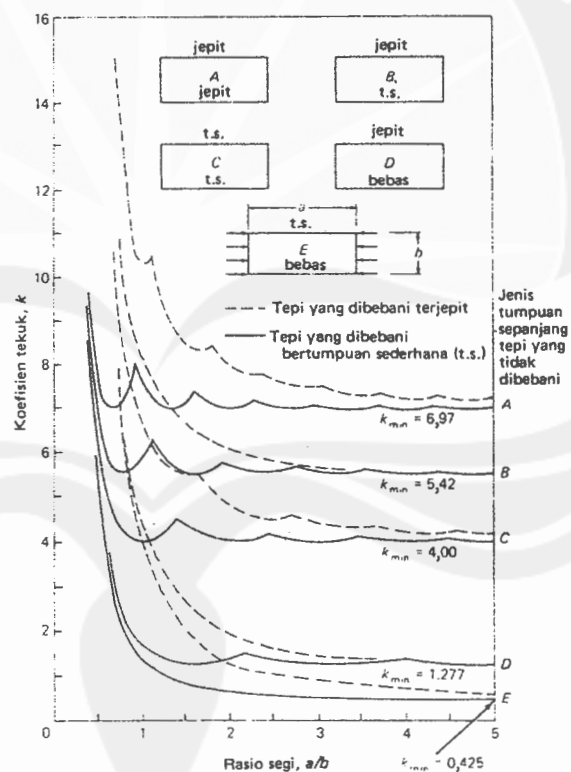
3.3 Stabilitas Plat

Semua penampang kolom, baik penampang profil giling ataupun penampang tersusun terdiri dari elemen-elemen plat. Tekuk setempat (*local buckling*) dapat terjadi lebih dahulu pada salah satu elemen plat pembentuk penampang. Tekuk setempat menyebabkan elemen yang tertekuk tidak dapat memikul lagi beban yang harus diterimanya jika kolom harus menerima suatu beban tambahan (Salmon, 1986).

Tegangan tekuk elastis teoritis untuk plat dapat dituliskan sebagai:

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2} \dots\dots\dots (3.14)$$

Koefisien tekuk k merupakan fungsi dari jenis tegangan (dalam hal ini tekanan merata pada dua tepi yang berseberangan) dan kondisi tumpuan tepi (dalam hal ini keempat tepi merupakan tumpuan sederhana), dan juga rasio a/b (Salmon dan Johnson, 1986). Gambar 3.4 memperlihatkan variasi k terhadap rasio a/b untuk kondisi ideal yang umum, ialah tumpuan jepit, tumpuan sederhana, dan tumpuan bebas.

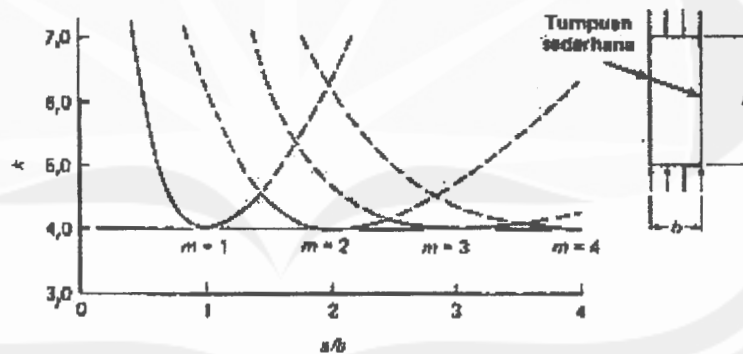


Gambar 3.4 Koefisien k untuk Tekanan pada Plat Segi Empat

Persamaan untuk tekuk plat pada persamaan 3.14 bersifat umum dalam suku k . Harga m menunjukkan jumlah setengah gelombang yang terjadi dalam arah x pada plat tertekuk. Gambar 3.5 menunjukkan bahwa sembarang jumlah setengah gelombang memiliki harga k minimum, yaitu kondisi terlemah. Keadaan terlemah ini terjadi bila panjang plat merupakan kelipatan bulat (tanpa pecahan) dari lebarnya dan kelipatan ini sama dengan jumlah setengah gelombang.

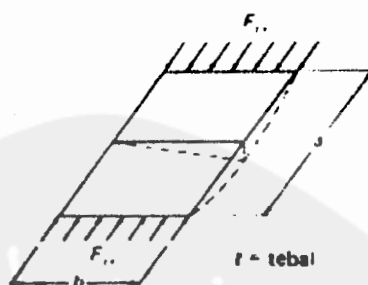
Rumus dari harga k adalah sebagai berikut:

$$k = \left[\frac{1}{m} \frac{a}{b} + m \frac{b}{a} \right]^2 \dots\dots\dots (3.15)$$

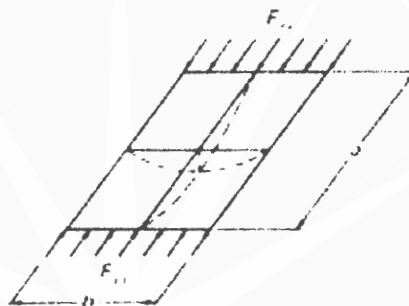


Gambar 3.5 Koefisien Tekuk untuk Plat yang Ditekan Secara Merata-Tepi Longitudinal Bertumpuan Sederhana

Secara umum, lendutan tekuk plat yang ditekan secara merata dapat dibedakan atas dua kategori: (1) elemen yang tidak diperkuat, yaitu elemen yang bertumpu pada satu tepi dan bebas di tepi lain yang sejajar arah tegangan tekan. Keadaan ini dapat dilihat pada Gambar 3.6. dan (2) elemen yang diperkuat, yaitu elemen yang bertumpu pada dua tepi yang sejajar arah tegangan tekan. Keadaan ini dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3.6 Elemen yang Tidak Diperkuat
(Plat dengan Satu Tepi Bebas)



Gambar 3.7 Elemen yang Diperkuat
(Plat yang Bertumpu pada Keempat Tepinya)