



DESAIN BATANG TEKAN

Aris Aryanto

Structural Engineering Research Groups - FTSL
CIBE Building 4th Floor - Institut Teknologi Bandung

DESAIN BATANG TEKAN

Topik-topik bahasan:

- Pendahuluan
- Teori kolom
- Desain Kolom
- Panjang Efektif
- Kelangsingan/kekompakan

Referensi:

- Buku Salmon & Johnson : Chapter 6
- Buku William T. Segui (2018) : Chapter 4
- AISC Steel Manual Specification Chapters **B** (Design Requirements) and **E** (Design Members for Compression)

Pendahuluan

- **Batang tekan** adalah elemen struktur yang hanya dikenai gaya aksial tekan, yaitu beban diterapkan sepanjang sumbu longitudinal melalui pusat penampang.
- Dalam kasus ini, tegangan aksial f dihitung sebagai:

$$f = P/A$$

- Perhatikan bahwa kondisi ideal tidak pernah terjadi dalam praktiknya eksentrisitas beban tidak dapat dihindari. Kecuali momen diabaikan, komponen struktur harus disebut balok-kolom dan bukan kolom.



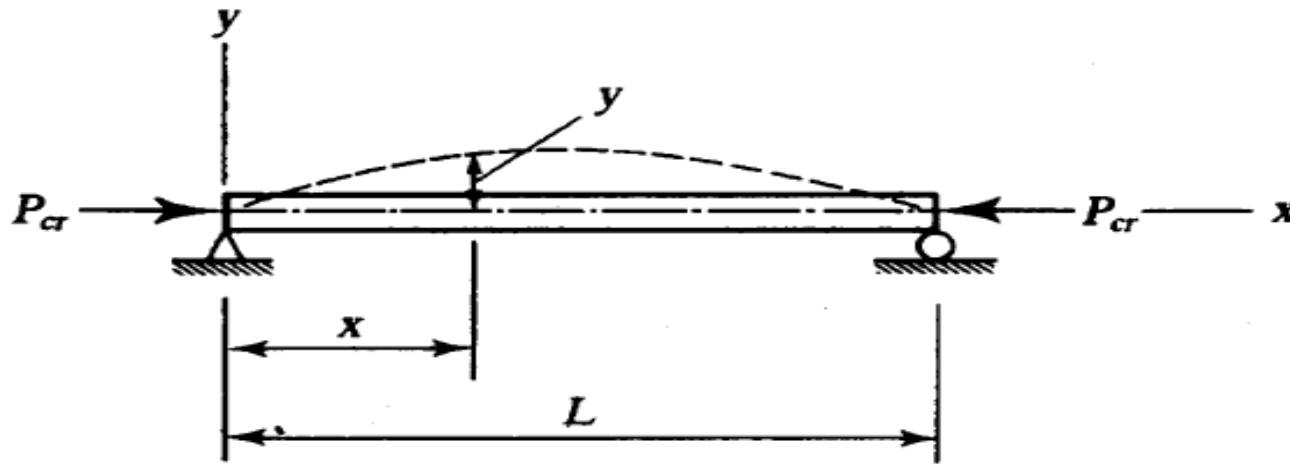
TEORI KOLOM

Aris Aryanto

Structural Engineering Research Groups - FTSL
CIBE Building 4th Floor - Institut Teknologi Bandung

Teori Kolom

- Jika beban aksial P diberikan secara perlahan, pada akhirnya akan menjadi cukup besar yang menyebabkan komponen struktur menjadi tidak stabil dan membentuk kurva yang ditunjukkan oleh garis putus-putus.
- Batang kemudian mengalami tekuk dan beban tersebut disebut **beban tekuk kritis (critical buckling load)** juga disebut **beban tekuk Euler**.



Teori Kolom

- Persamaan diferensial yang memberikan bentuk defleksi dari komponen elastis yang mengalami lentur adalah

$$M_z = P y \quad (6.2.1)$$

$$\frac{d^2 y}{dz^2} + \frac{P}{EI} y = 0 \quad (6.2.3)$$

di mana z adalah lokasi sepanjang sumbu longitudinal komponen struktur, y adalah defleksi sumbu pada titik tersebut, $M (= P y)$ adalah momen lentur pada titik tersebut, dan suku-suku lain telah didefinisikan sebelumnya

Teori Kolom

- Persamaan terakhir adalah linear, persamaan diferensial biasa orde kedua dengan solusi

$$y = A \sin(kz) + B \cos(kz) \quad (6.2.4)$$

dimana A dan B adalah konstanta dan $k^2 = P/EI$.

- Konstanta diperoleh dengan menerapkan kondisi batas (*boundary conditions*) $y(0) = 0$ and $y(L) = 0$. Hal ini akan menghasilkan $A = 0$ [BC 1] dan $0 = B \sin(kL)$ [BC 2].
- Untuk solusi non-trivial (solusi trivial adalah $B = 0$), $\sin(kL) = 0$, atau $kL = 0, \pi, 2\pi, 4\pi, \dots = N\pi$ dan

$$P = \frac{N^2 \pi^2 EI}{L^2} \quad (6.2.6)$$

Teori Kolom

- Nilai n yang berbeda sesuai dengan mode tekuk yang berbeda. Nilai $n = 0$ memberikan kasus trivial tanpa beban; $n = 1$ mewakili mode pertama, $n = 2$ mewakili mode kedua, dst.

- Untuk kasus $n = 1$, nilai non-trivial terendah dari beban tekuk adalah

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (6.2.7)$$

jari-jari girasi r (*radius of gyration*) dapat ditulis sebagai $I = A_g r^2$

- Sehingga tegangan tekuk kritis dan ditulis ulang menjadi

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A_g} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2} \quad (6.2.8)$$

dimana L/r adalah rasio kelangsingan (*slenderness ratio*).

Contoh : Tekuk Elastik Euler

Contoh 3.1

Dengan menggunakan persamaan Euler, tentukan nilai P_{kritis} yang menyebabkan sebuah batang berpenampang *square-hollow* mulai mengalami tekuk. Baja memiliki nilai $E = 200000$ MPa dan $f_y = 240$ MPa. Penampang *square-hollow* yang digunakan berukuran 100 mm dengan tebal pelat 3.0 mm, $L = 4$ m, sambungan pada kedua ujung batang berupa sendi-sendi. Asumsi tidak terjadi tekuk lokal pada penampang tersebut.

Jawab:

Besaran penampang *square-hollow* 200

$$A_g = 11.41 \text{ cm}^2 = 1141 \text{ mm}^2$$

$$r_x = 3.939 \text{ cm}$$

$$r_y = 3.939 \text{ cm}$$

Perletakan sendi-sendi dalam arah x dan y: $k_{cx} = k_{cy} = 1.0$ maka $L_{kx} = L_{ky} = 1.0 * L = 4000$ mm

Tegangan kritis:

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{3.14^2 \times 200000}{(1 \times 4000 / 3.939)^2} \\ &= 191.42 \text{ MPa} < f_y = 240 \text{ MPa} \rightarrow \text{berada pada zona elastik} \end{aligned}$$

Maka $P_{kritis} = f_{kritis} A_g = 191.42 * 1141 = 218.41$ kN. Tekuk terjadi pada saat batang masih bersifat elastik, belum terjadi leleh. Artinya, batang dapat kembali lurus apabila beban dihilangkan.

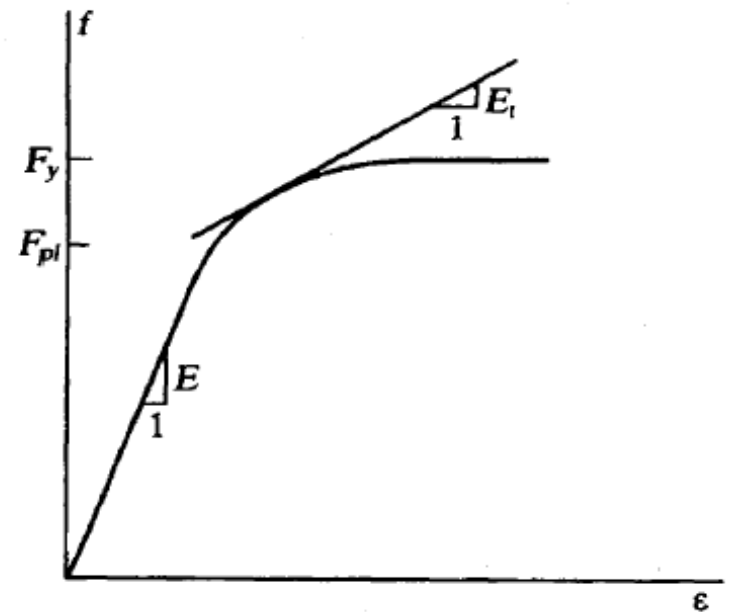
Sumber : Diktat Kuliah Struktur Baja oleh Muslinang Moestopo, PhD (ITB)

Teori Kolom

- Persamaan di atas untuk **beban tekuk kritis** (beban tekuk Euler) diturunkan dengan asumsi:
 - Kolom lurus sempurna
 - Beban aksial tanpa eksentrisitas
 - Sendi/pin di kedua ujungnya
- Jika kolom tidak lurus (awalnya bengkok), momen lentur akan terjadi pada kolom. Demikian pula, jika beban aksial diterapkan secara eksentrik ke pusat massa, momen lentur akan terjadi.
- Asumsi ketiga adalah batasan yang serius dan kondisi batas lainnya akan menimbulkan beban kritis yang berbeda. Seperti disebutkan sebelumnya, momen lentur umumnya fungsi dari z (dan bukan y saja), menghasilkan persamaan diferensial non-homogen.

Teori Kolom

- Persamaan di atas tidak memberikan hasil yang dapat diandalkan untuk kolom pendek (*stocky columns*), misal $L/r < 40$, tegangan tekuk kritisnya melebihi batas proporsional. Alasannya adalah bahwa hubungan antara tegangan dan regangan tidak linier.
- Untuk tegangan antara batas proporsional dan tegangan leleh, digunakan **modulus tangen** E_t , yang didefinisikan sebagai kemiringan kurva tegangan-regangan untuk nilai f antara dua batas ini.



Teori Kolom

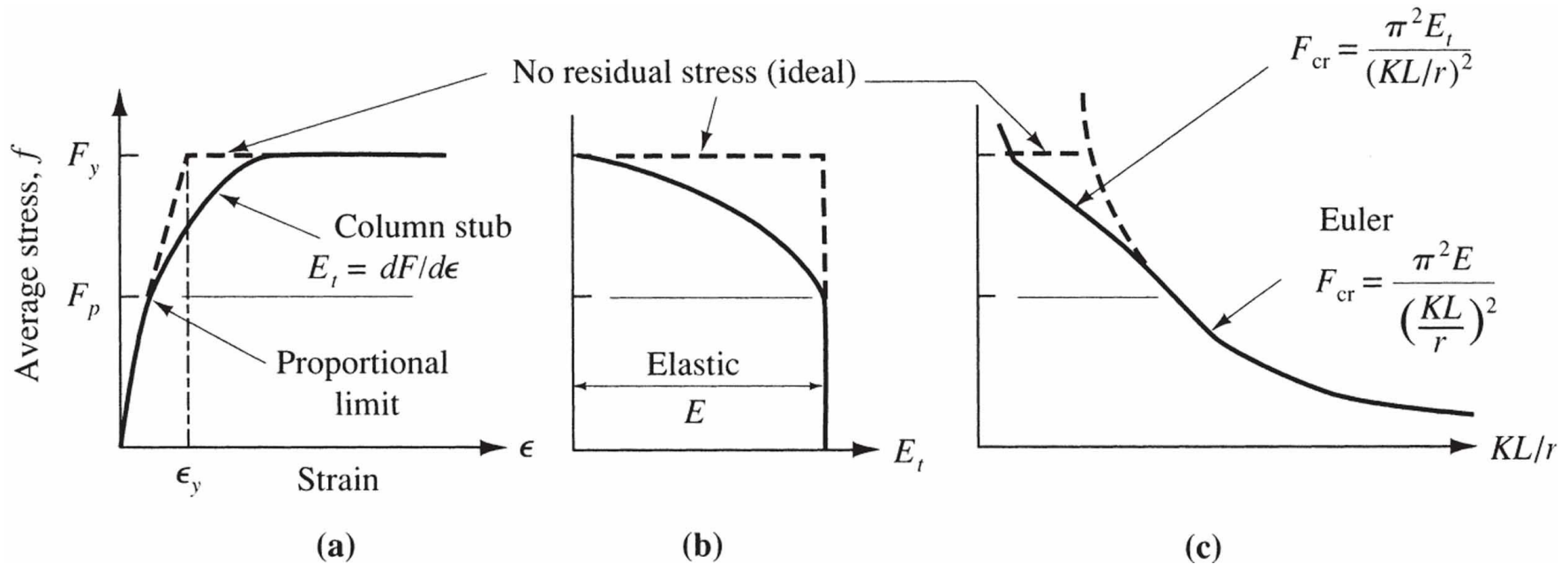
- Kurva seperti itu terlihat dari pengujian kolom pendek dan terutama disebabkan oleh tegangan sisa.
- Pada daerah transisi $F_{pl} < f \leq F_y$, tegangan tekuk kritis dapat ditulis sebagai

$$F_{cr} = \frac{P_t}{A_g} = \frac{\pi^2 E_t}{(KL/r)^2} \quad (6.4.1)$$

- Tetapi ini tidak terlalu berguna karena modulus tangen E_t adalah fungsi regangan. Dengan demikian, sebagian besar spesifikasi desain berisi rumus empiris untuk kolom inelastis.

Teori Kolom

- Tegangan tekuk kritis sering diplot sebagai fungsi kelangsingan seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah. Kurva ini disebut **Kurva Kekuatan Kolom**. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kurva **modulus tangen** bersinggungan dengan kurva Euler pada titik yang sesuai dengan **batas proporsional**.



Video - Elastic Buckling Failure

<https://www.youtube.com/watch?v=08-l61kVnD0>

Video - Inelastic Buckling Failure

<https://www.youtube.com/watch?v=jNwvub87l8o>



DESAIN BATANG TEKAN / KOLOM

Aris Aryanto

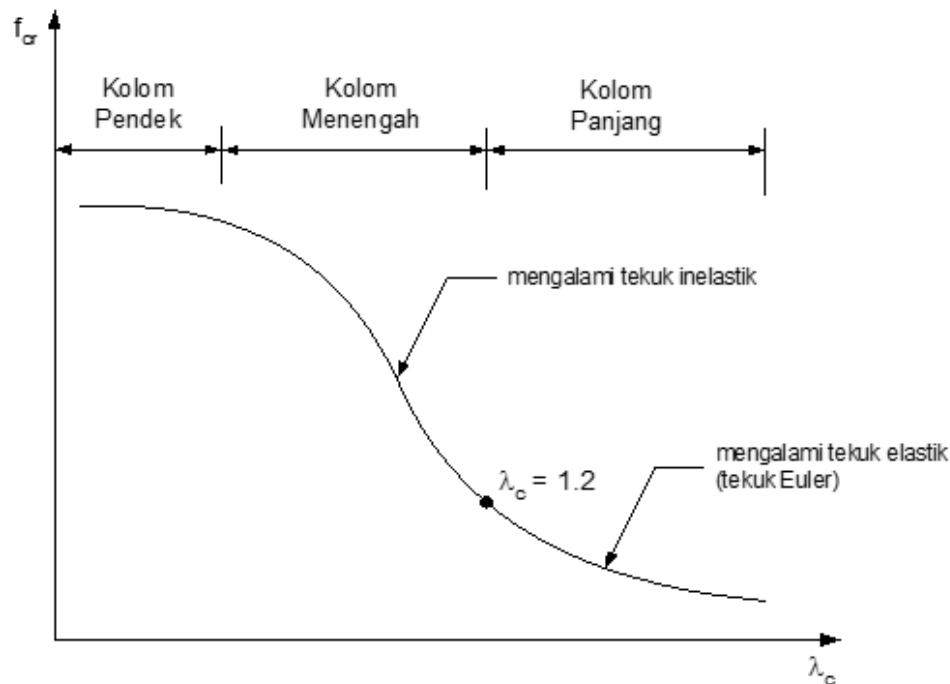
Structural Engineering Research Groups - FTSL
CIBE Building 4th Floor - Institut Teknologi Bandung

Tiga Mode Keruntuhan Tekuk Lentur

Elastic → tekuk sebelum mencapai leleh → kolom langsing

Inelastic buckling → leleh sebagian sebelum tekuk → kolom menengah

leleh penuh → mencapai leleh tanpa tekuk → kolom pendek



Gambar 3.5 Pembagian Kolom Berdasarkan Parameter Kelangsingan λ_c

$$\lambda_c = \frac{KL}{\pi r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Tiga Mode Keruntuhan Tekuk Lentur

Elastic → tekuk sebelum mencapai leleh → kolom langsing

Inelastic buckling → leleh sebagian sebelum tekuk → kolom menengah

leleh penuh → mencapai leleh tanpa tekuk → kolom pendek

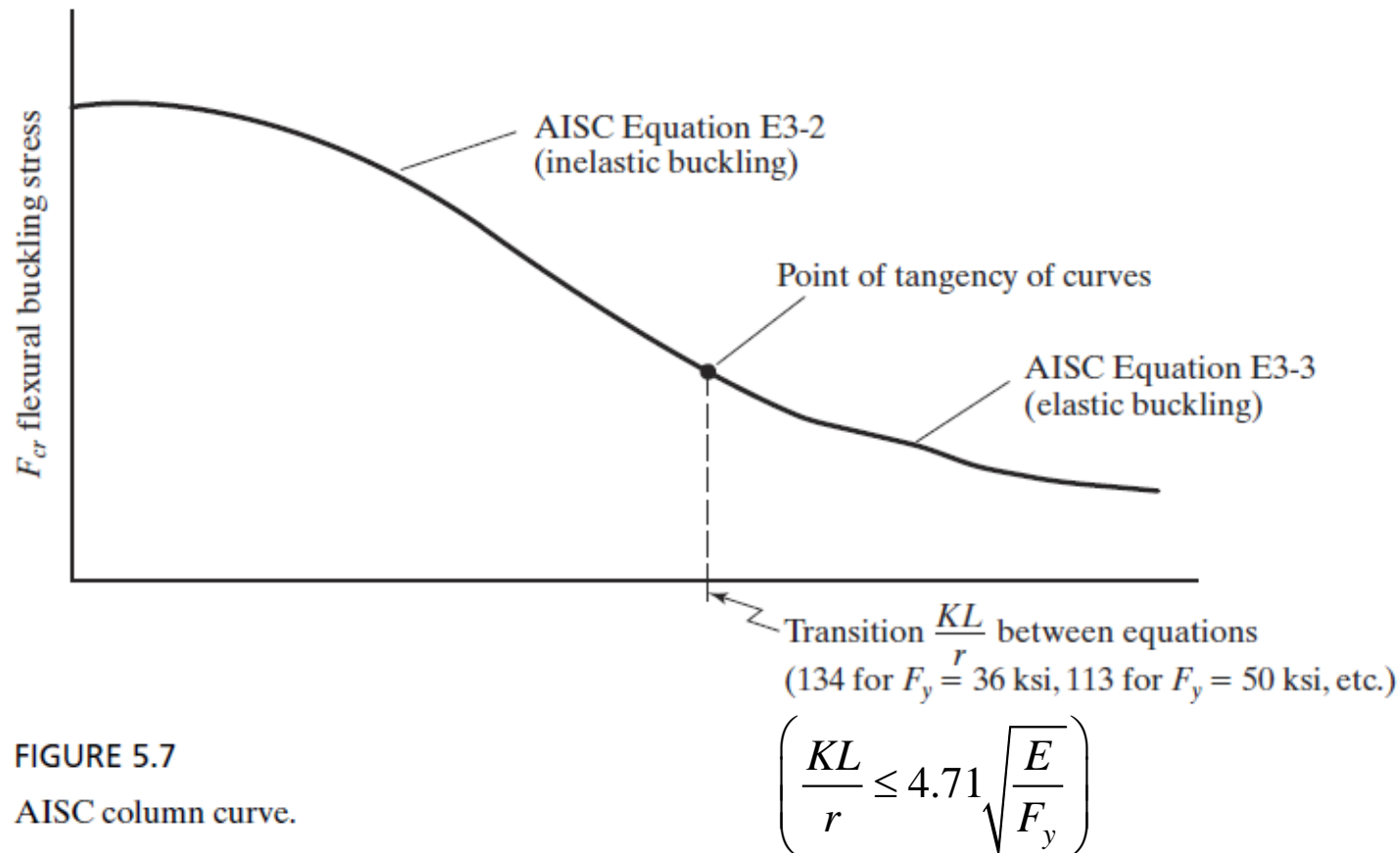


FIGURE 5.7
AISC column curve.

Desain Kolom per SNI/AISC

- Persyaratan dasar untuk batang tekan tercakup dalam Bab E dari AISC Steel Manual. Bentuk dasar dari hubungan tersebut adalah

$$P_u \leq \phi_c P_n = \phi_c (A_g F_{cr}) \quad (6.8.1)$$

dimana ϕ_c adalah faktor tahanan untuk batang tekan (=0.9) dan

- F_{cr} adalah tegangan tekuk kritis (inelastik atau elastik) dan F_e adalah tegangan tekuk elastis

$$F_e = F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL / r)^2} \quad (6.7.9)$$

Desain Kolom per SNI/AISC

- Kuat nominal P_n batang tekan (AISC-E3) adalah

$$P_n = A_g F_{cr}$$

- Untuk kolom inelastik $\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}}$ atau $F_e \geq 0.44QF_y$

$$F_{cr} = \left(0.658^{QF_y/F_e}\right) QF_y \quad (6.8.2)$$

- Untuk kolom elastik $\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}}$ atau $F_e < 0.44QF_y$

$$F_{cr} = 0.877 F_e \quad (6.8.3)$$

(Nilai 0.877 untuk memperhitungkan faktor imperfection)

- $Q = 1$ untuk sebagian besar penampang profil gilas berbentuk H (Bentuk W, S, dan M Standar); Lainnya dibahas kemudian.

Desain Kolom per SNI/AISC

TABLE 6.8.1 Axial Compression—AISC Specification References

Topic	Specification sections
	AISC [1.13]
Local buckling limits for “noncompact” sections	B4
Local buckling limits for “compact” sections	B4
Slenderness limits	E2
Moment resisting frame, definition	C1.3a
Unbraced frame, definition	C1.3b
Effective length factors	C2
Column formulas, basic	E3
Torsional and flexural torsional buckling	E4
Single angles	E5
Built-up members	E6
Slender compression elements	E7
Alignment chart	Commentary C2



PANJANG EFEKTIF (EFFECTIVE LENGTH)

Aris Aryanto

Structural Engineering Research Groups - FTSL
CIBE Building 4th Floor - Institut Teknologi Bandung

Panjang Efektif (Effective Length)

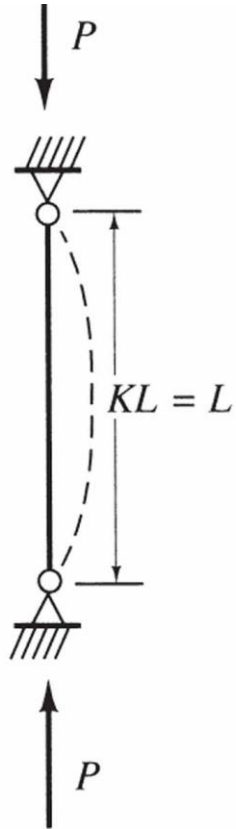
- Pertimbangkan kolom sendi di salah satu ujungnya ($y(0) = y''(0) = 0$) dan jepit terhadap translasi dan rotasi di ujung lainnya ($y(0) = y'(0) = 0$). Beban tekuk kritis adalah:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(0.7L)^2}$$

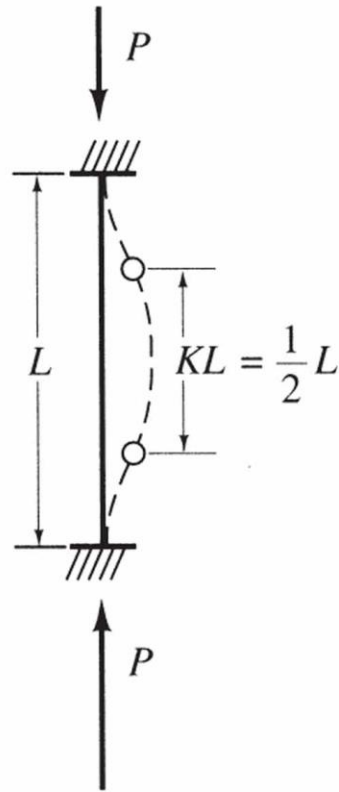
- Kasus lain dijepit di satu ujung ($y(0) = y'(0) = 0$) dan bebas di ujung lainnya. Beban tekuk kritis adalah:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(2.0L)^2}$$

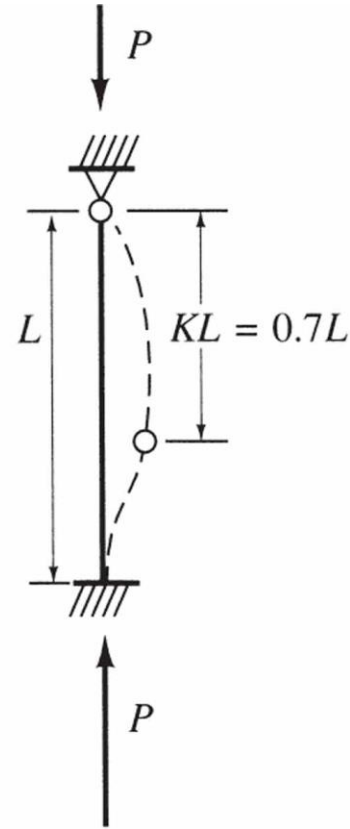
Panjang Efektif (Effective Length)



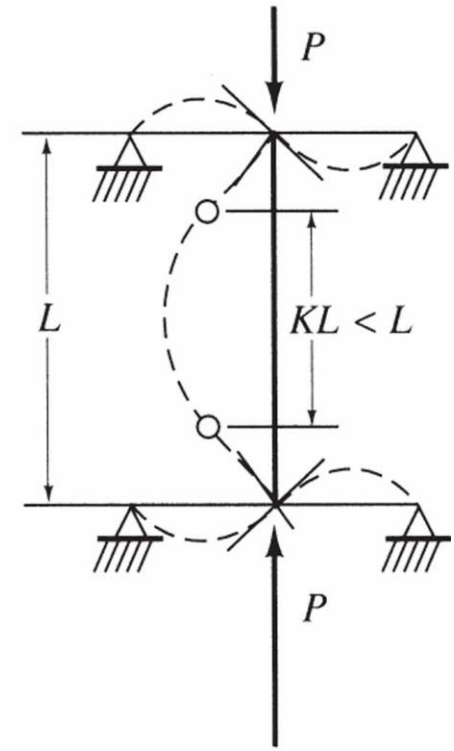
(a) End rotations unrestrained



(b) End rotations fully restrained

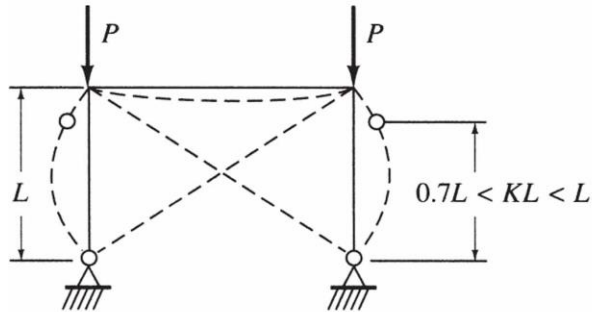


(c) One end restrained, other unrestrained

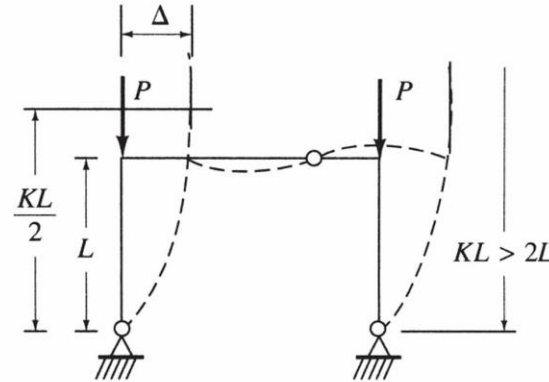


(d) Partially restrained at each end

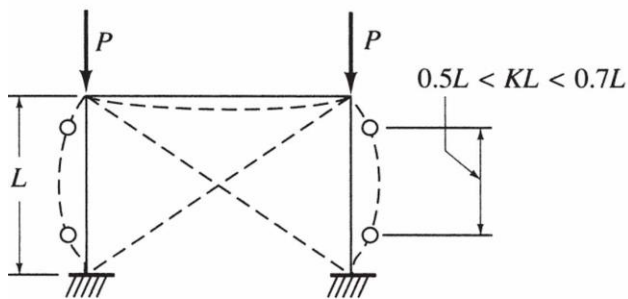
Panjang Efektif (Effective Length)



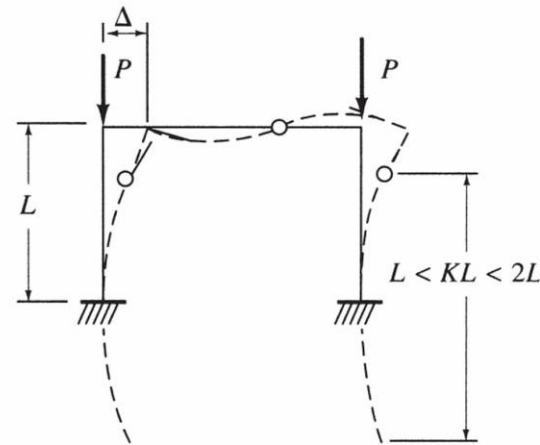
(a) Braced frame, hinged base



(b) Unbraced frame, hinged base



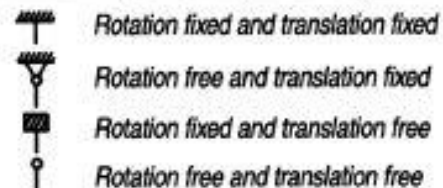
(c) Braced frame, fixed base



(d) Unbraced frame, fixed base

Panjang Efektif (Effective Length)

- Manual Baja AISC menyajikan tabel untuk membantu dalam perhitungan **panjang efektif**. Nilai-nilai teoretis dan desain direkomendasikan. Nilai desain konservatif umumnya harus digunakan kecuali jika kondisi akhir yang diusulkan benar-benar sesuai dengan kondisi teoritis.

Buckled shape of column is shown by dashed line.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code						

Panjang Efektif (Effective Length)

- Tabel AISC yang disajikan sebelumnya menyajikan nilai untuk beban desain berdasarkan rasio kelangsingan yang dihitung menggunakan **radius girasi minimum, r_y** .
- Pertimbangkan gambar yang ditunjukkan.

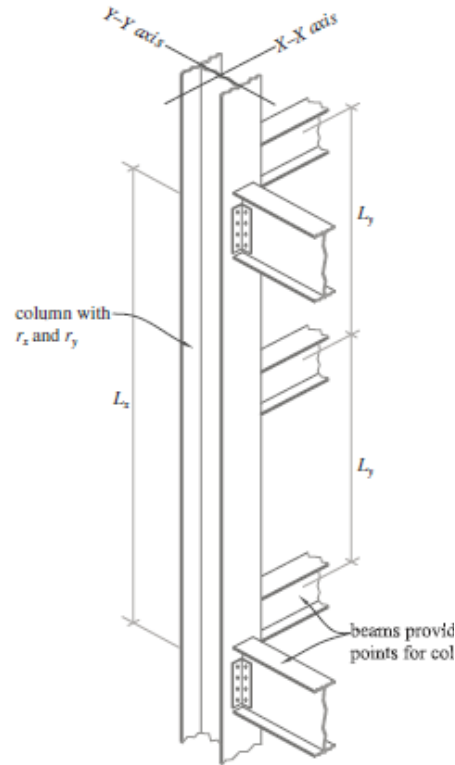
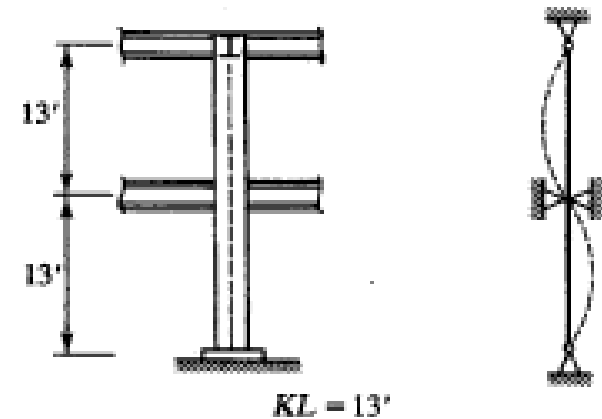
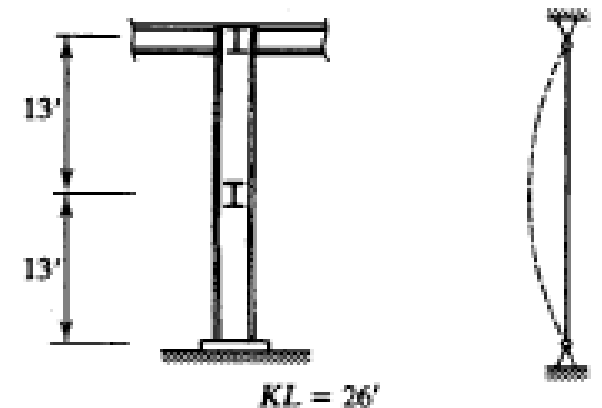


Figure 5-8 Effective length and slenderness ratio.



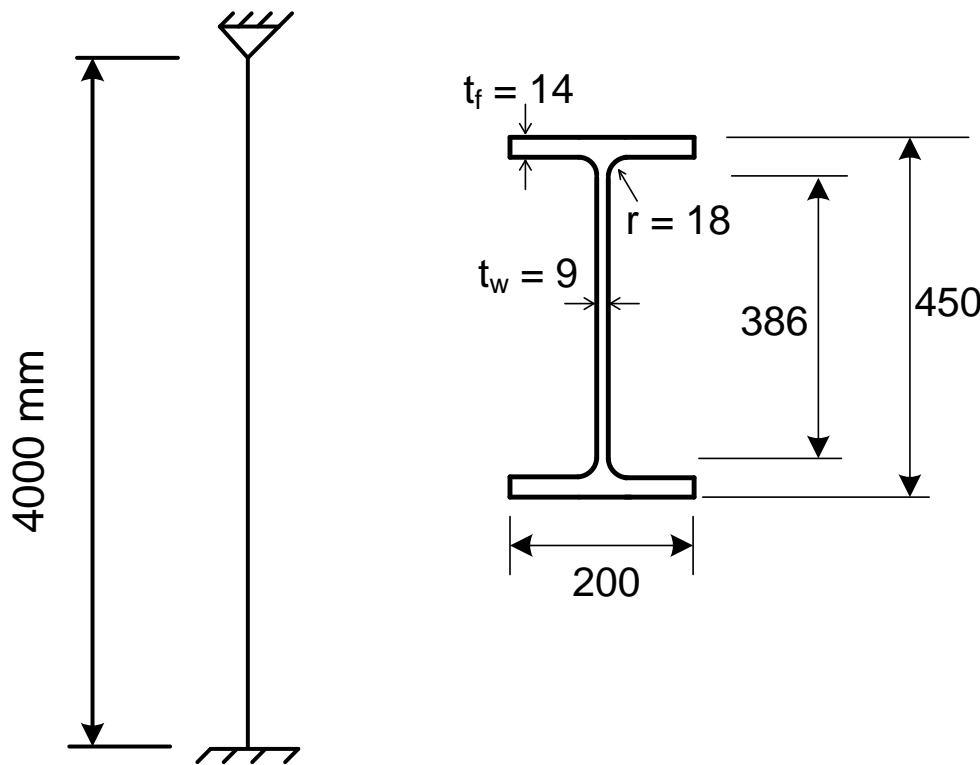
(a) Minor Axis Buckling



(b) Major Axis Buckling

Contoh : Soal 1

Sebuah kolom dengan tinggi 4 m, terbuat dari penampang WF 450.200.9.14 dengan material BJ 37. Tentukanlah kapasitas tekan kolom tersebut.



$$A_g = 9680 \text{ mm}^2$$
$$r_x = 186 \text{ mm}$$
$$r_y = 44 \text{ mm}$$

Sumber: Diktat Kuliah Muslinang Moestopo (ITB)

Contoh : Soal 1

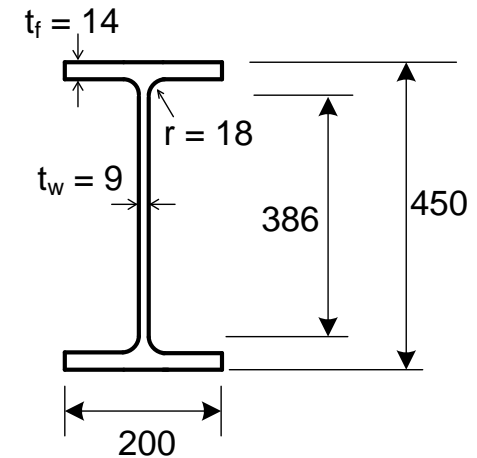
1. Cek kelangsingan penampang:

Elemen tanpa pengaku (flens):

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 14} = 7.143$$

$$\lambda_r = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.56 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 16.16$$

$\lambda_f < \lambda_r$ (kompak)

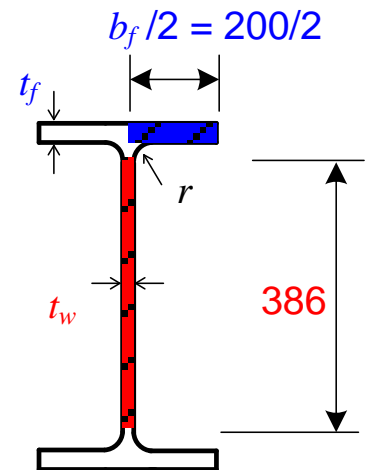


Elemen dengan pengaku (web):

$$\lambda_w = \frac{h - 2r - 2t_f}{t_w} = \frac{386}{9} = 42.89$$

$\lambda_w < \lambda_r$ (kompak)

$$\lambda_r = 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.49 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 43.01$$



Contoh : Soal 1

2. Menentukan kelangsingan kolom:

Terhadap Arah - x

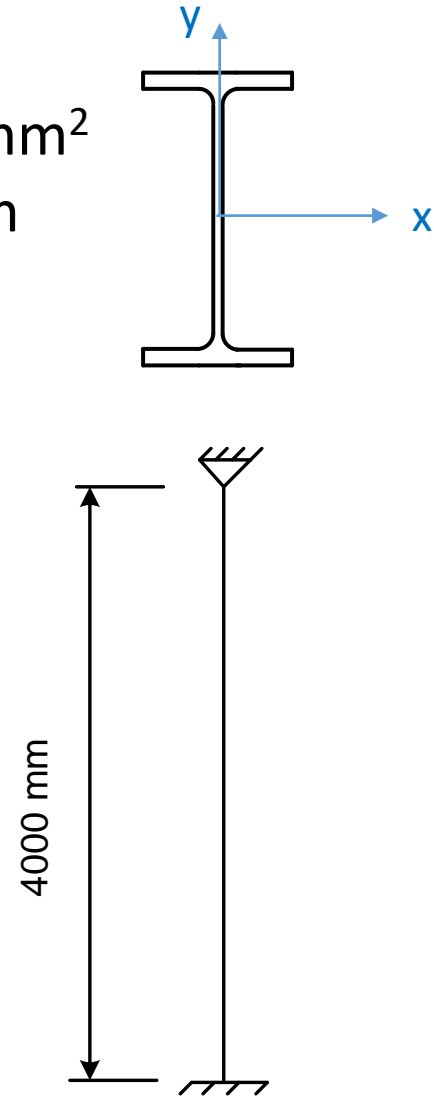
$$\left(\frac{KL}{r}\right)_x = \left(\frac{0.8 \times 4000}{186}\right) = 17.2$$

Terhadap Arah - y

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_y = \left(\frac{0.8 \times 4000}{44}\right) = 72.73$$

Kelangsingan arah - y lebih besar dari arah - x,
jadi kuat tekuk terhadap arah - y akan menentukan

$$\begin{aligned} A_g &= 9680 \text{ mm}^2 \\ r_x &= 186 \text{ mm} \\ r_y &= 44 \text{ mm} \end{aligned}$$



Contoh : Soal 1

3. Menentukan tegangan tekuk elastik:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_y = \left(\frac{0.8 \times 4000}{44}\right) = 72.73$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{3.14^2 \times 200000}{(72.73)^2} = 372.82 \text{ MPa}$$

4. Menentukan tegangan kritis inelastik:

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135.97$$

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \longrightarrow$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{F_y/F_e}\right) F_y$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{240/372.82}\right) \times 240$$

$$F_{cr} = 183.3 \text{ MPa}$$

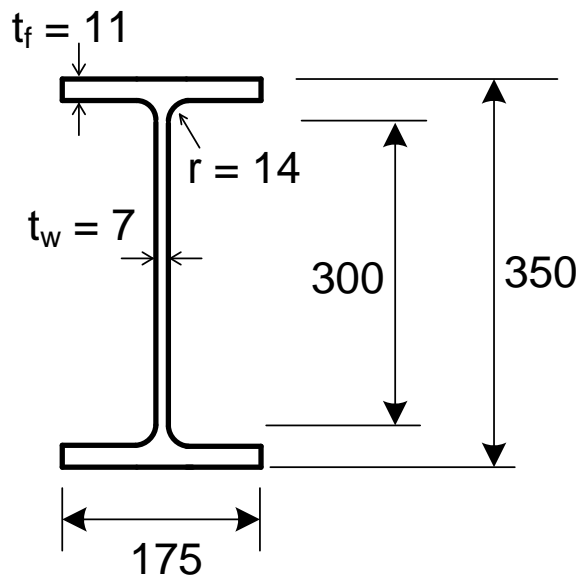
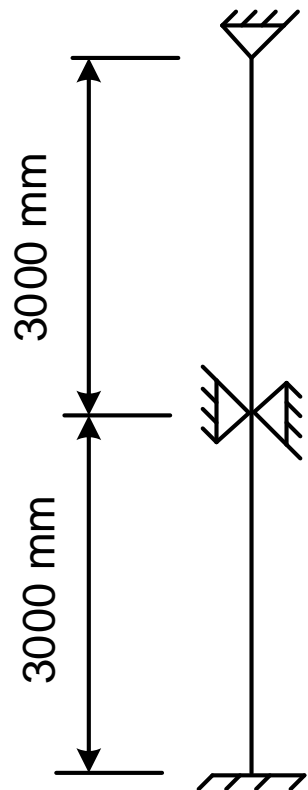
Contoh : Soal 1

5. Kapasitas tekan kolom

$$\begin{aligned}\phi_c F_{cr} A_g &= 0.9 \times 183.3 \text{MPa} \times 9680 \text{mm}^2 \\ &= 1596.6 \text{kN}\end{aligned}$$

Contoh : Soal 2

Sebuah kolom dengan tinggi 6 m, terbuat dari penampang WF 350.175.7.11 dengan material BJ 37. Kolom tersebut disokong secara lateral pada arah tegak lurus sumbu-y penampang di tengah bentang. Tentukanlah kapasitas tekan kolom tersebut.



$$A_g = 6314 \text{ mm}^2$$
$$r_x = 147 \text{ mm}$$
$$r_y = 39.5 \text{ mm}$$

Sumber: Diktat Kuliah Muslinang Moestopo (ITB)

Contoh : Soal 2

1. Cek kelangsingan penampang:

Elemen tanpa pengaku (flens):

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{175}{2 \times 11} = 7.95$$

$\lambda_f < \lambda_r$ (kompak)

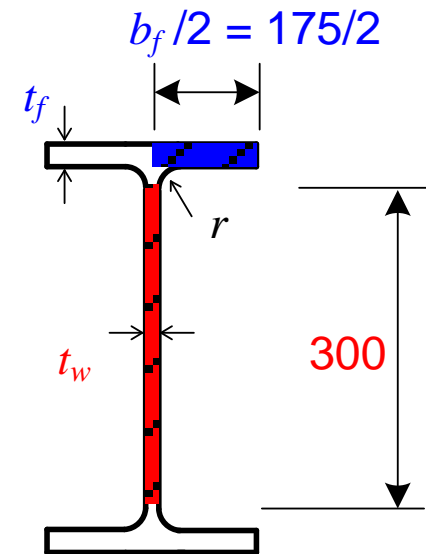
$$\lambda_r = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.56 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 16.16$$

Elemen dengan pengaku (web):

$$\lambda_w = \frac{h - 2r - 2t_f}{t_w} = \frac{300}{7} = 42.86$$

$\lambda_w < \lambda_r$ (kompak)

$$\lambda_r = 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.49 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 43.01$$



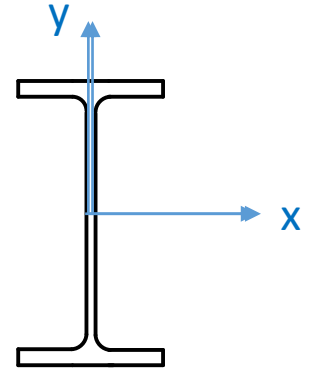
Contoh : Soal 2

2. Menentukan kelangsingan kolom:

Arah-x

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_x = \left(\frac{0.8 \times 6000}{147}\right) = 32.65$$

$$\begin{aligned} A_g &= 6314 \text{ mm}^2 \\ r_x &= 147 \text{ mm} \\ r_y &= 39.5 \text{ mm} \end{aligned}$$



Arah - y

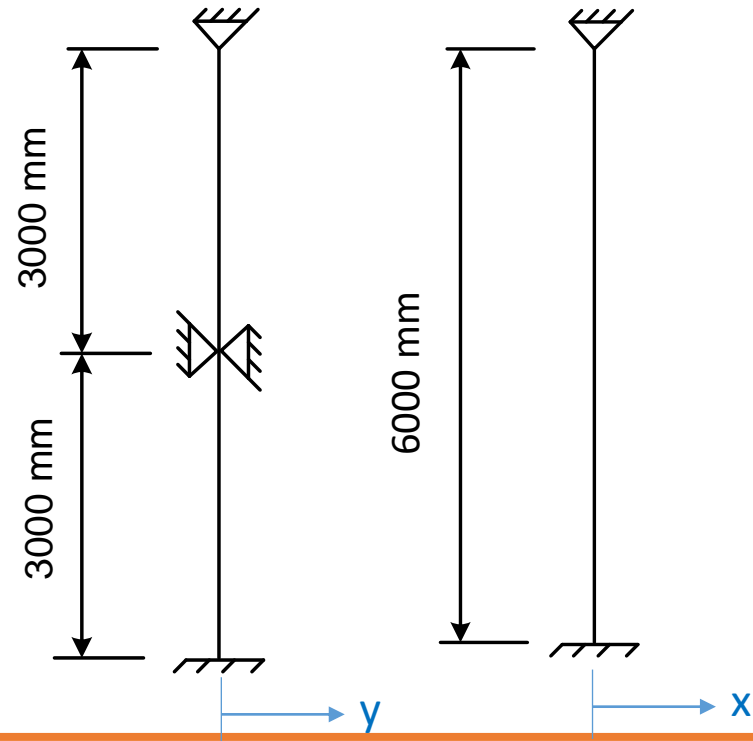
Bentang sendi-sendi:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_y = \left(\frac{1 \times 3000}{39.5}\right) = 75.95$$

(menentukan)

Bentang jepit-sendi:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_y = \left(\frac{0.8 \times 3000}{39.5}\right) = 60.76$$



Contoh : Soal 2

3. Menentukan tegangan tekuk elastik:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_y = \left(\frac{1 \times 3000}{39.5}\right) = 75.95$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{3.14^2 \times 200000}{(75.95)^2} = 341.85 \text{ MPa}$$

4. Menentukan tegangan kritis inelastik:

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135.97$$

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{F_y/F_e}\right) F_y$$

$$F_{cr} = 0.745 \times 240 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 178.9 \text{ MPa}$$

Contoh : Soal 2

5. Kapasitas tekan kolom

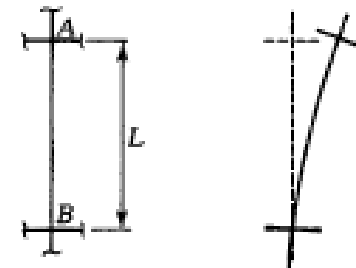
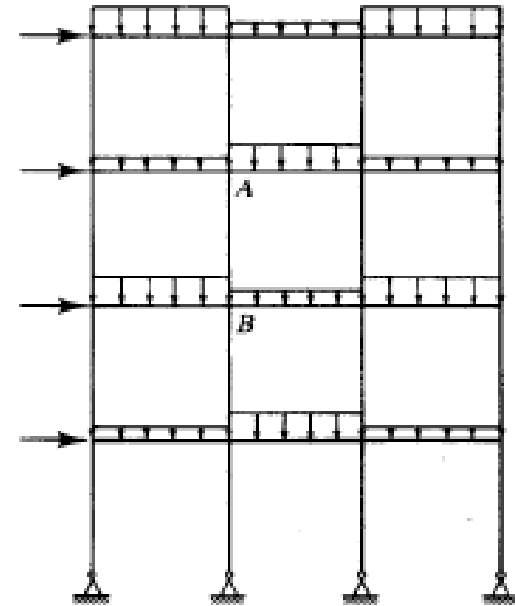
$$\begin{aligned}\phi_c F_{cr} A_g &= 0.9 \times 178.9 \text{MPa} \times 6314 \text{mm}^2 \\ &= 1016.6 \text{kN}\end{aligned}$$

Panjang Efektif (Effective Length)

Untuk kolom dalam sistem rangka momen, nilai tabulasi K yang disajikan pada Tabel C-C2.1 dari AISC Steel Manual tidak akan mencukupi untuk desain.

Perhatikan kerangka momen yang ditunjukkan yang diizinkan untuk bergoyang.

- Kolom ujungnya bukan sendi atau jepit
- Kolom diizinkan untuk bergoyang.
- Kolom ditahan oleh elemen struktur yang dirangkai ke dalam sambungan di setiap ujung kolom



Panjang Efektif (Effective Length)

Faktor panjang efektif untuk kolom di sepanjang sumbu yang dipilih dapat dihitung menggunakan **rumus sederhana** dan **nomograph**. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

- Hitung nilai G , yang didefinisikan di bawah ini, untuk setiap ujung kolom, dan nyatakan nilai masing-masing sebagai G_A dan G_B

$$G = \frac{\Sigma(EI / L)_{col}}{\Sigma(EI / L)_{beam}}$$

- Gunakan nomograph yang disediakan oleh AISC (lihat slide berikut). Interpolasi antara nilai G_A dan G_B yang dihitung untuk menentukan K

AISC menetapkan $G = 10$ untuk tumpuan sendi $G = 1.0$ untuk tumpuan jepit.

Panjang Efektif (Effective Length)

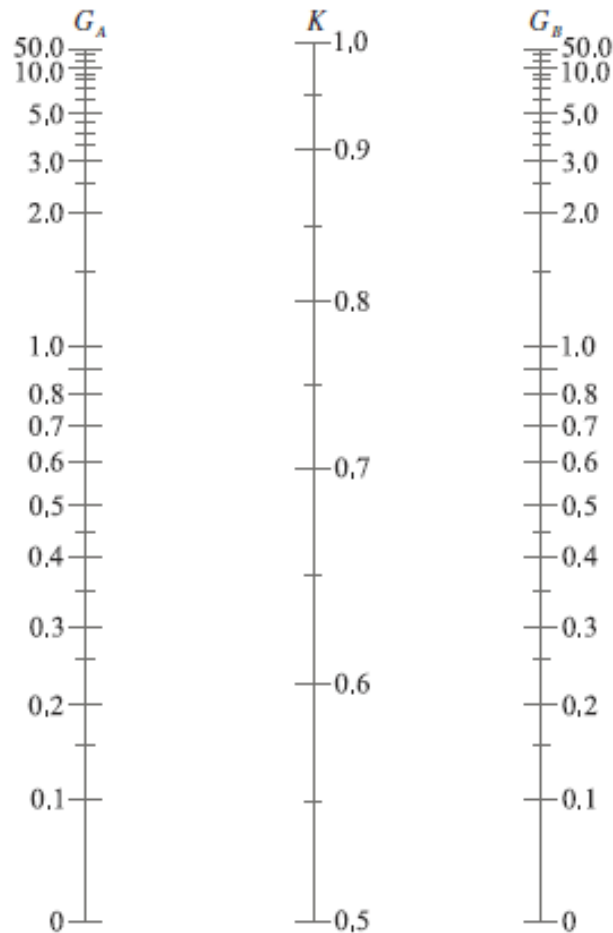


Figure 5-9 Alignment chart: Sidesway inhibited (i.e., braced frames). [1]

Struktur tidak bergoyang

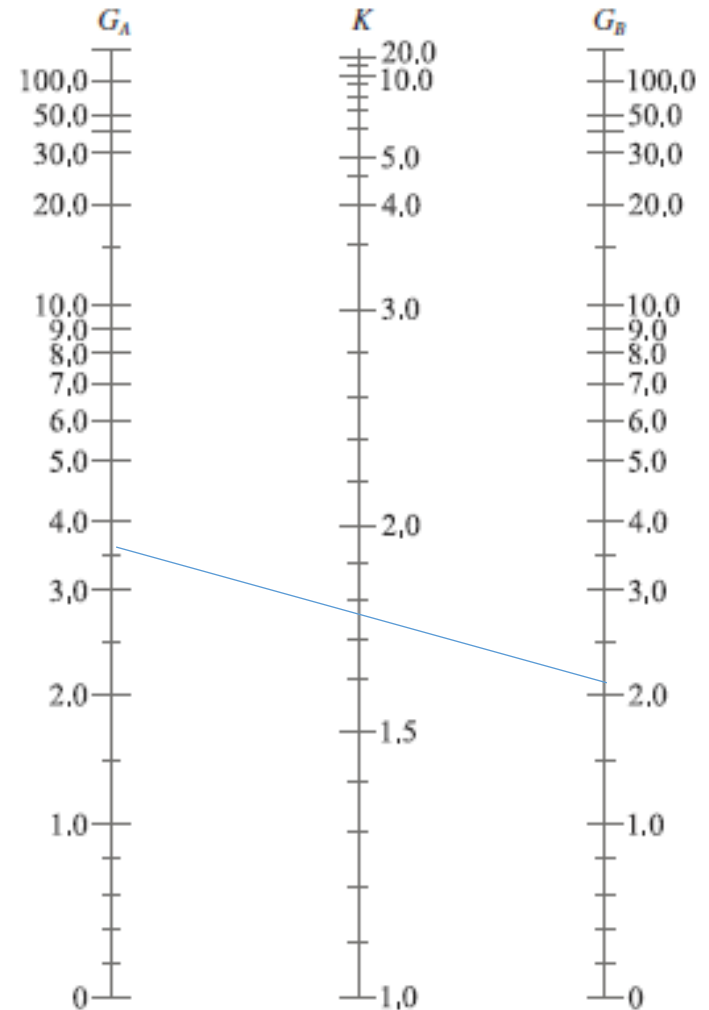
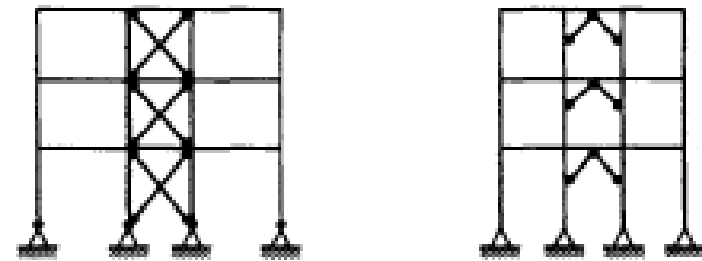


Figure 5-10 Alignment chart: Sidesway uninhibited (i.e., moment frames). [1]

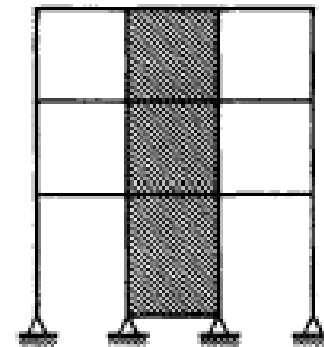
Struktur bergoyang

Panjang Efektif (Effective Length)

- Perbedaan antara rangka yang dibreising (tidak bergorang) dan tidak dibreising (bergoyang) adalah penting, seperti yang ditunjukkan oleh perbedaan antara nilai K yang dihitung di atas.



(a) Diagonal bracing



(b) Shear Walls
(masonry, reinforced concrete,
or steel plate)

Panjang Efektif (Effective Length)

- Hal di atas mengasumsikan bahwa semua perilaku dalam rangka momen itu elastis. Jika kolom tekuk inelastik ($\lambda_c \leq 1.5$), maka faktor panjang efektif yang dihitung dari monograph akan konservatif. Salah satu strategi sederhana adalah menyesuaikan setiap nilai G menggunakan faktor pengurangan kekakuan (SRF),

$$G_{inelastic} = \frac{\Sigma(E_t I / L)_{col}}{\Sigma(EI / L)_{beam}} = G_{elastic} [\tau_a] \quad (6.9.1)$$

$$\tau_a = \frac{E_t}{E} = \frac{F_{cr,inelastic}}{F_{cr,elastic}} = \frac{Eq.6.8.2}{Eq.6.8.3} \quad (6.9.2)$$

- Tabel 4-21 dari AISC Steel Manual, menyajikan nilai SRF (AISC menyebut τ) untuk berbagai nilai F_y dan P_u/A_g .

Panjang Efektif (Effective Length)

$$\begin{aligned} G &= \frac{\text{Total column stiffness at the joint}}{\text{Total girder stiffness at the joint}} \\ &= \frac{\sum \left[\frac{\tau_a E_c I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[\frac{\tau_g E_g I_g}{L_g} \right]} = \frac{\left[\frac{\tau_a E_c I_c}{L_c} \right]_{\text{bottom}} + \left[\frac{\tau_a E_c I_c}{L_c} \right]_{\text{top}}}{\left[\frac{\tau_g E_g I_g}{L_g} \right]_{\text{left}} + \left[\frac{\tau_g E_g I_g}{L_g} \right]_{\text{right}}}, \end{aligned} \quad (5-12)$$

where

E_c, E_g = Modulus of elasticity for columns and girders, respectively;

I_c = Moment of inertia of column in the plane of bending of the frame;

I_g = Moment of inertia of the girders in the plane of bending of the column;

L_c, L_g = Unsupported or unbraced length of the columns and girders, respectively;

τ_a = Column stiffness modification factor for inelasticity from Table 5-2

= 1.0 if the assumptions on pages 189 and 190 are satisfied; and

Panjang Efektif (Effective Length)

Table 5-2 Column reduction factors, $*\tau_c$

$\frac{P_c}{A_g}$ ksi	F_y			
	36 ksi	42 ksi	46 ksi	50 ksi
45	—	—	—	—
44	—	—	—	0.0599
43	—	—	—	0.118
42	—	—	—	0.175
41	—	—	0.0262	0.231
40	—	—	0.0905	0.285
39	—	—	0.153	0.338
38	—	—	0.214	0.389
37	—	0.057	0.274	0.438
36	—	0.127	0.331	0.486
35	—	0.194	0.387	0.532
34	—	0.260	0.441	0.577
33	—	0.323	0.492	0.620
32	0.0334	0.384	0.542	0.660
31	0.115	0.443	0.590	0.699
30	0.194	0.500	0.636	0.736
29	0.270	0.554	0.679	0.771
28	0.344	0.606	0.720	0.804
27	0.414	0.655	0.759	0.835
26	0.481	0.701	0.796	0.863
25	0.545	0.745	0.830	0.890
24	0.606	0.786	0.861	0.913
23	0.663	0.823	0.890	0.934
22	0.716	0.858	0.915	0.953
21	0.766	0.890	0.938	0.969
20	0.811	0.917	0.957	0.982
19	0.853	0.942	0.974	0.992
18	0.890	0.962	0.986	0.998
17	0.922	0.979	0.996	1.0
16	0.949	0.991	1.0	1.0
15	0.971	0.999	1.0	1.0
14	0.988	1.0	1.0	1.0
13	0.998	1.0	1.0	1.0
12	1.0	1.0	1.0	1.0
11	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0
9	1.0	1.0	1.0	1.0
8	1.0	1.0	1.0	1.0
7	1.0	1.0	1.0	1.0
6	1.0	1.0	1.0	1.0

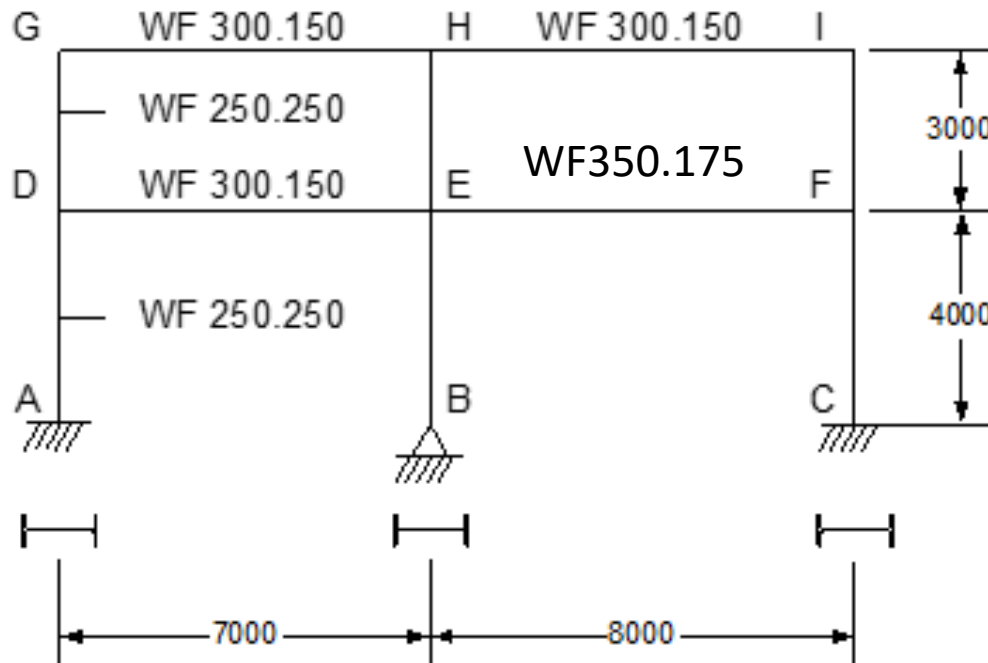
Table 5-3 Girder stiffness modification factors, τ_g

	Girder Far-End Condition	Girder Stiffness Modification Factor, τ_g
Sidesway Uninhibited (i.e., unbraced or moment frames)	Far end is fixed	$\frac{2}{3}$
	Far end is pinned	0.5
Sidesway Inhibited (i.e., braced frames)	Far end is fixed	2.0
	Far end is pinned	1.5

Contoh : Soal 3

Contoh 3.2

Perhatikan sistem portal 2D tanpa pengaku (*bracing*) pada Gambar 3.12. Tentukan panjang efektif kolom-kolom pada portal baja tersebut dengan menggunakan nomograf pada Gambar 3.11.



Gambar 3.12 Ilustrasi Contoh 3.2

Sumber: Diktat Kuliah Muslinang Moestopo (ITB)

Contoh : Soal 3

Jawab:

Perhatikan:

- chart** yang digunakan (struktur tanpa pengaku dianggap struktur bergoyang)
- posisi pemasangan profil** kolom dan balok dalam bidang gambar.

Faktor kekakuan untuk tiap komponen portal dalam arah lentur pada bidang gambar ditampilkan pada Tabel 3.3. Balok dan kolom ditinjau dalam arah sumbu kuat (x-x).

Tabel 3.3 Faktor Kekakuan Tiap Elemen

Komponen	Profil	I_x (cm ⁴)	L (cm)	I_y/L
AD	WF 250.250	10800	400	27.0
BE	WF 250.250	10800	400	27.0
CF	WF 250.250	10800	400	27.0
DG	WF 250.250	10800	300	36.0
EH	WF 250.250	10800	300	36.0
FI	WF 250.250	10800	300	36.0
DE	WF 300.150	7210	700	10.3
EF	WF 350.175	13600	800	17.0
GH	WF 300.150	7210	700	10.3
HI	WF 350.175	13600	800	17.0

Contoh : Soal 3

Hitung nilai G untuk tiap joint

Nilai G untuk tiap joint ditampilkan pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Nilai G untuk Tiap Joint

Joint	$\Sigma(I/L)_c / \Sigma(I/L)_b$	G
A	–	1 ¹⁾
B	–	10 ²⁾
C	–	1 ¹⁾
D	$(27+36)/10.3$	6.12
E	$(27+36)/(10.3+17)$	2.31
F	$(27+36)/17$	3.70
G	$36/10.3$	3.50
H	$36/(10.3+17)$	1.32
I	$36/17$	2.11

Catatan: 1) untuk dasar kolom jepit nilai G = 1
2) untuk dasar kolom sendi nilai G = 10

Contoh : Soal 3

Hitung koefisien panjang tekuk, k_c

Dengan menggunakan batuan *chart* untuk portal bergoyang, maka akan diperoleh nilai k_c untuk tiap kolom. Panjang efektif kolom dihitung sebagai $k_c L$, ditampilkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Panjang Efektif Kolom Kekakuan Tiap Elemen

Elemen Kolom	G_A	G_B	k_c	k_c^*L (cm)
AD	1.0	6.12	1.75	700
BE	10.0	2.31	2.20	880
CF	1.0	3.17	1.75	700
DG	6.12	3.50	2.20	660
EH	2.31	1.32	1.52	456
FI	3.70	2.11	1.76	528

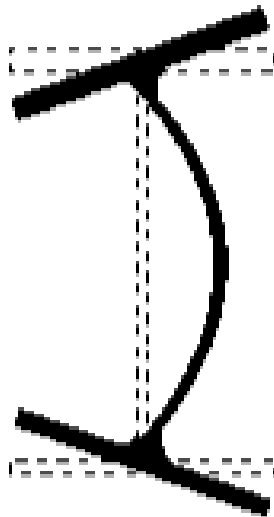


TEKUK LOKAL

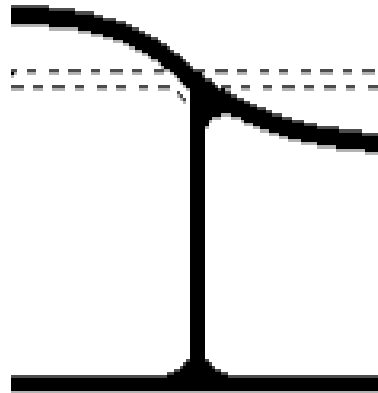
Aris Aryanto

Structural Engineering Research Groups - FTSL
CIBE Building 4th Floor - Institut Teknologi Bandung

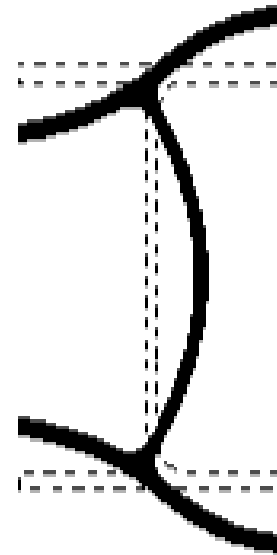
Mode Keruntuhan – Tekuk Lokal



a. Tekuk Lokal pada Web



b. Tekuk Lokal pada Flens



c. Tekuk Lokal pada Web & Flens

Gambar 3.6 Tekuk Lokal pada Pelat Badan dan Pelat Sayap

Sumber : Diktat Kuliah Struktur Baja oleh Muslinang Moestopo, PhD (ITB)

Mode Keruntuhan – Tekuk Lokal

Sumber gambar

Abi Aghayere and Jason Vigil,
Structural Steel Design – A Practice
Oriented Approach, Prentice Hall,
2009

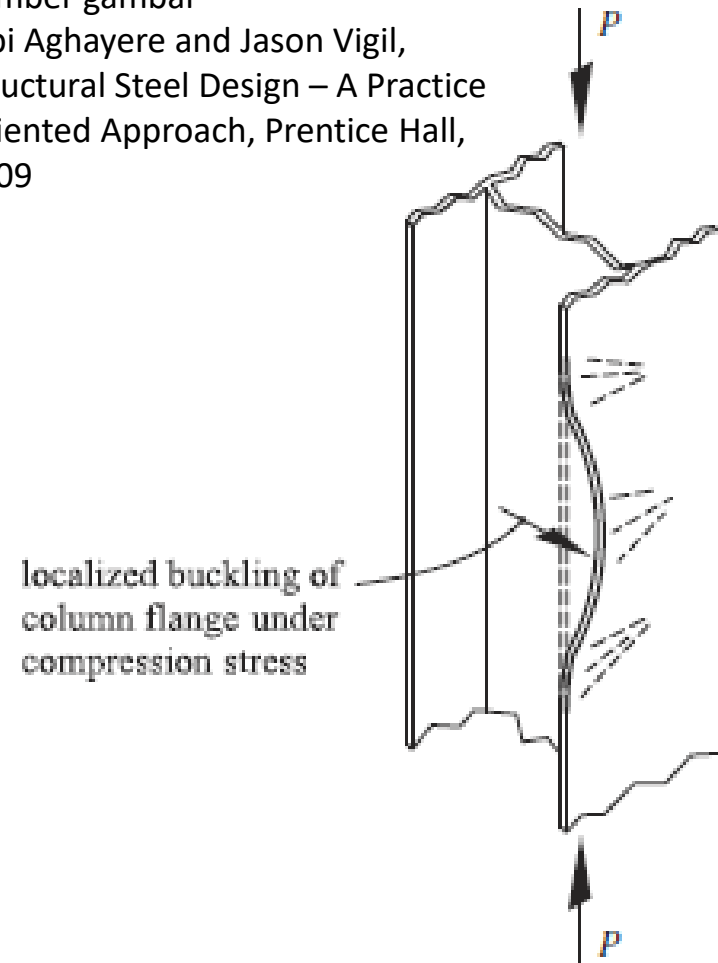
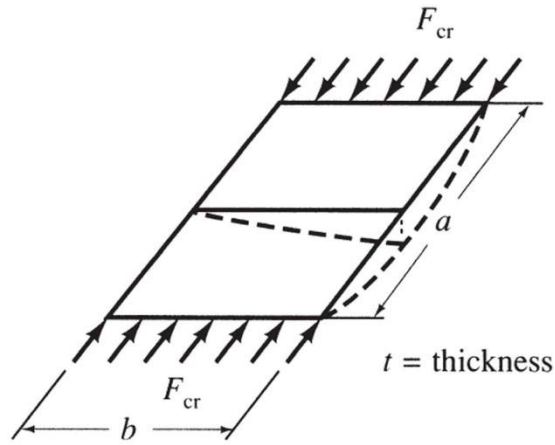
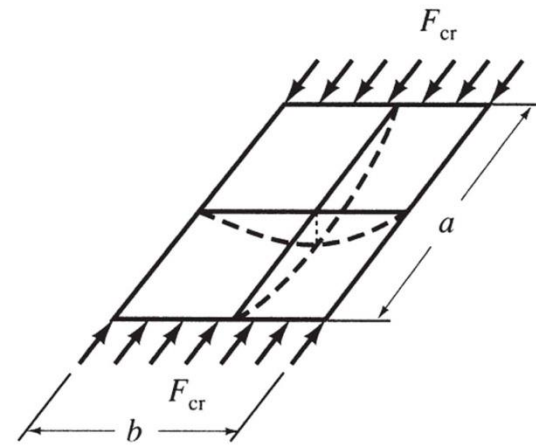


Figure 5-6 Local buckling of column under axial compression load.

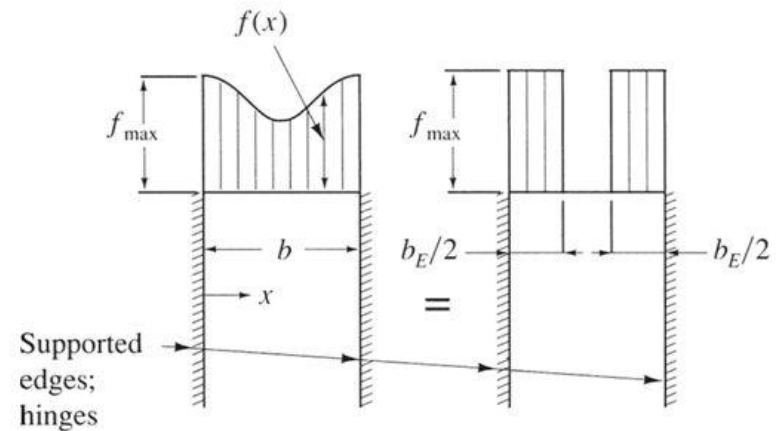
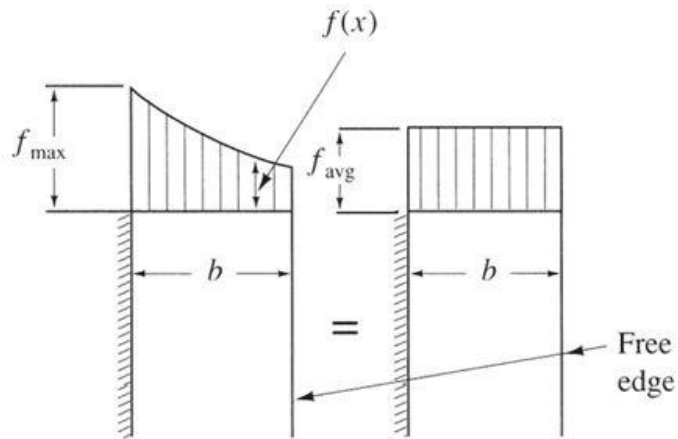
Stabilitas Pelat



(a) Unstiffened element
(plate with one edge free)

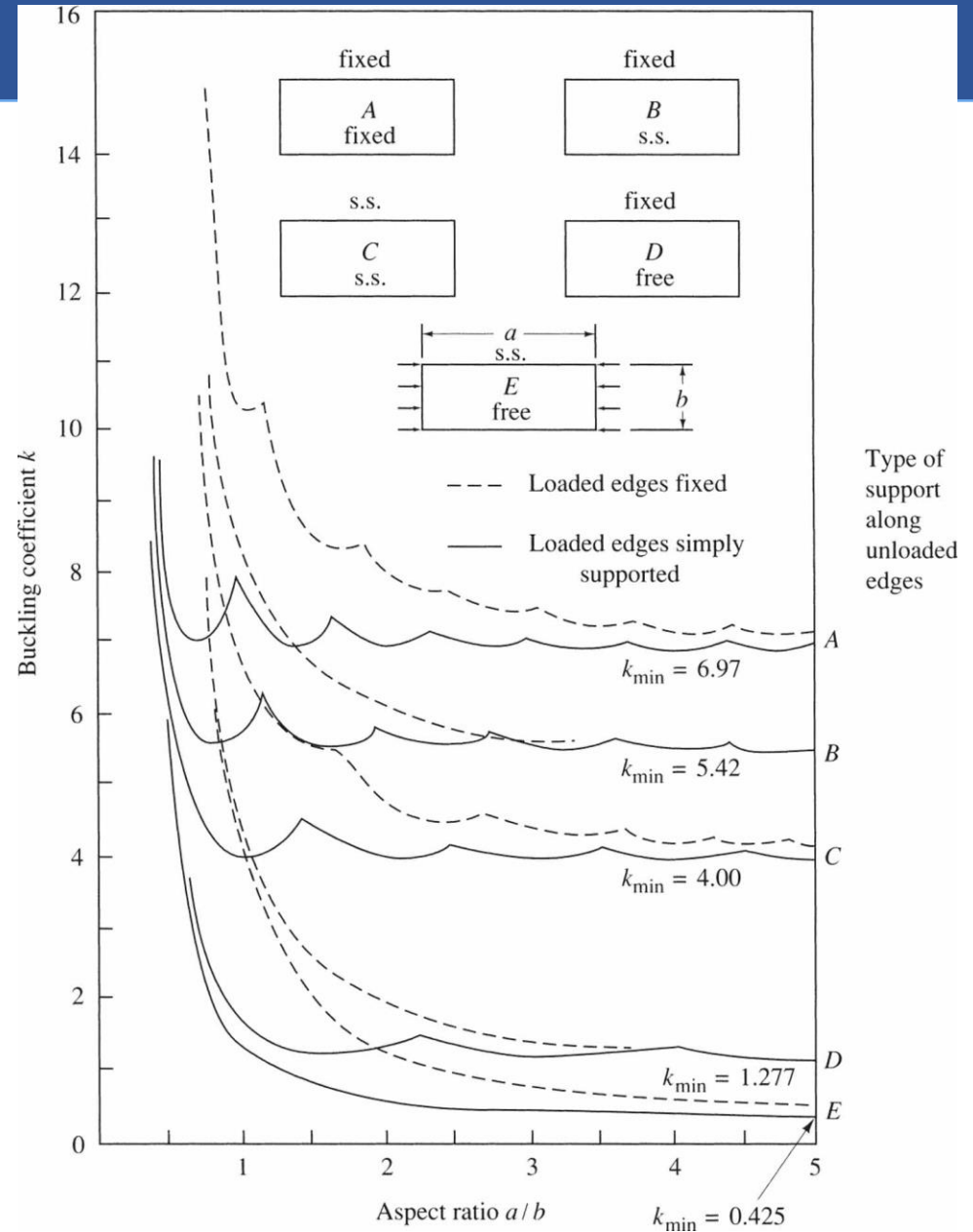


(b) Stiffened element
(plate supported along all four edges)



Stabilitas Pelat

Stabilitas Pelat



Kekompakan Penampang

Kekompakan bagian sayap (flens) dan badan (web)

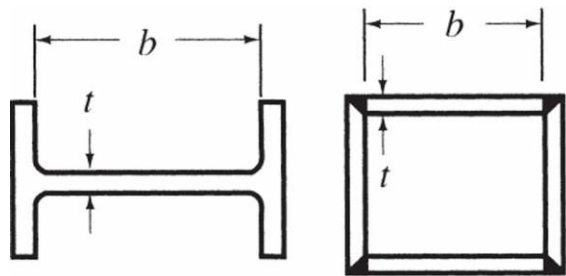
- Agar kekuatan yang terkait dengan mode tekuk dapat berkembang, tekuk lokal penampang harus dicegah. Jika tekuk lokal (sayap atau badan) terjadi,
 - Penampang tidak lagi sepenuhnya efektif.
 - Kuat tekan yang diberikan oleh F_{cr} harus dikurangi
- Bagian B4 dari Manual Baja memberikan nilai batas rasio lebar-tebal (λ_r) di mana penampang diklasifikasikan sebagai
 - Kompak
 - Tidak kompak
 - Langsing

Kekompakan Penampang

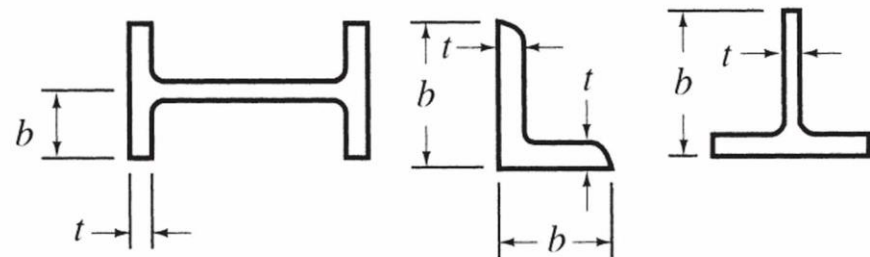
- AISC mencatat bahwa jika melebihi nilai ambang batas λ_r , penampangnya dianggap langsing dan potensi tekuk lokal harus diatasi.
- Penilaian kekompakan penampang, dua jenis elemen harus dipertimbangkan
 - Elemen tanpa pengaku (*Unstiffened elements*) - Tidak didukung sepanjang satu sisi sejajar dengan arah beban (AISC Tabel B4.1, hal 16.1-16)
 - Elemen dengan pengaku (*stiffened elements*) - Didukung sepanjang kedua tepi sejajar dengan beban (Tabel AISC B4.1, hal 16.1-17)

Kekompakan Penampang

Gambar pada halaman berikut menyajikan batas batang tekan (λ_r) untuk berbagai bentuk penampang yang secara tradisional telah digunakan untuk desain.



(a) Elements supported along two edges (stiffened elements)



(b) Elements supported along one edge (unstiffened elements)

Kekompakan Penampang

Untuk
Elemen tanpa
pengaku
(unstiffened
elements)

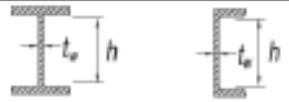
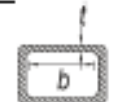
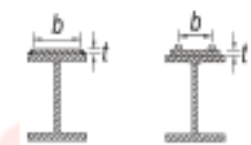
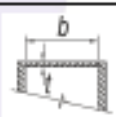
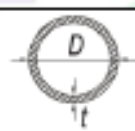
Tabel B4.1a
Rasio Tebal-terhadap-Lebar: Elemen Tekan
Komponen Struktur yang Menahan Tekan Aksial

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal-terhadap-lebar	Batasan rasio tebal-terhadap-lebar	Contoh
Elemen tanpa pengaku	1	Sayap dari Profil I canai panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I canai panas; kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap dari kanal, dan sayap dari T	bt	$0,56\sqrt{E/F_y}$	
	2	Sayap dari profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun	bt	$0,64\sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}^{(a)}$	
	3	Kaki dari siku tunggal, kaki dari siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen tak-diperkaku lainnya	bt	$0,45\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	stem dari T	bt	$0,75\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Kekompakan Penampang

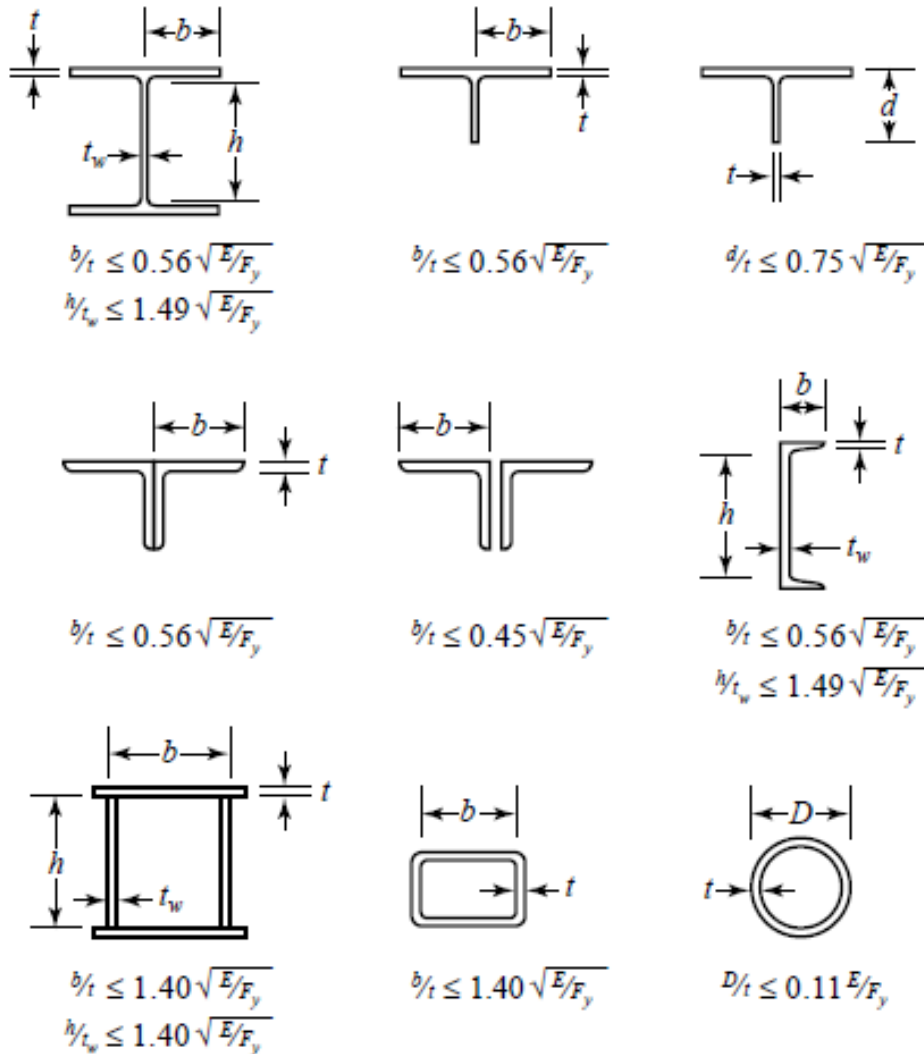
Tabel B4.1a (Lanjutan)

Untuk Elemen
dengan
pengaku
(stiffened
elements)

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal-terhadap-lebar	Batasan rasio tebal-terhadap-lebar	Contoh
Elemen yang diperkaku	5	badan dari profil I simetris ganda dan kanal	bt	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	dinding PSB persegi dan boks dari ketebalan merata	bt	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambung atau las	bt	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	Semua elemen diperkaku lainnya	bt	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	PSB bulat	Dt	$0,11 \frac{E}{F_y}$	

Kekompakan Penampang

FIGURE 4.9



Sumber: Segui, W. T., "Steel Design – 5th Edition," 2013.

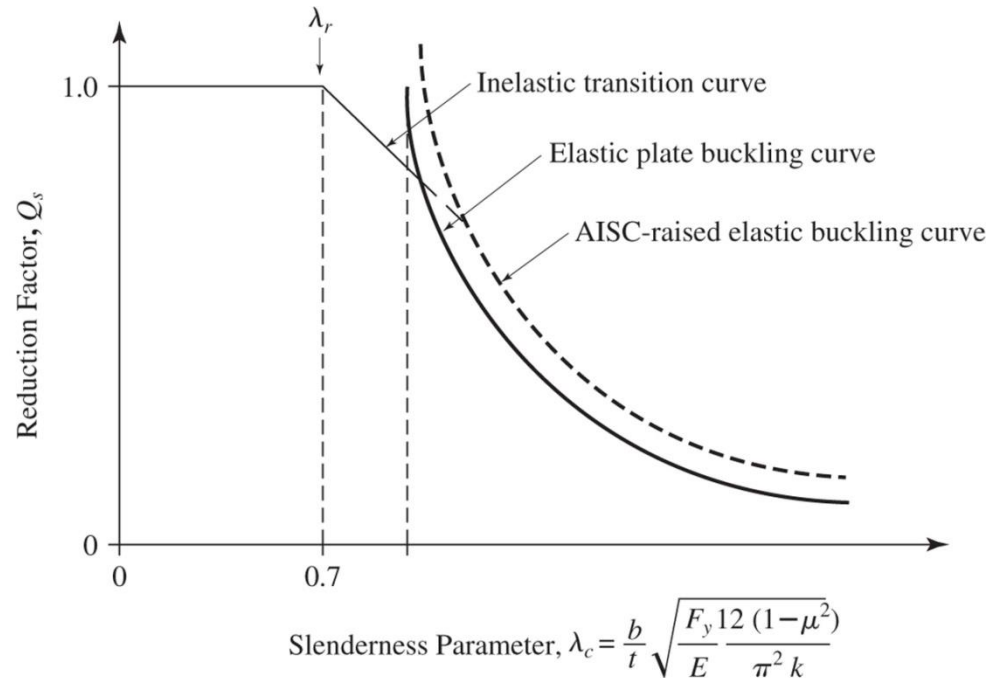
Faktor Reduksi Q

- $\lambda > \lambda_r$ pada elemen struktur, kekuatan desain elemen tersebut harus dikurangi karena tekuk lokal. Prosedur umum untuk kasus ini adalah sebagai berikut:
- Hitung faktor reduksi Q per E7.1 (elemen tekan tanpa pengaku Q_s) atau E7.2 (elemen tekan dengan pengaku Q_a).

Faktor Reduksi Q

- Elemen tekan tanpa pengaku (Unstiffened) → Hitung faktor reduksi Q_s per E7.1
- Elemen tekan dengan pengaku (Stiffened) → Hitung faktor reduksi Q_a per E7.2

Elemen tekan tanpa pengaku (Unstiffened compression element)
(S&J Fig. 6.18.2)



Faktor Reduksi Q

- Elemen tekan dengan pengaku AISC-E7.1 (Stiffened elements)

- Untuk elemen tertekan secara seragam lainnya :

$$\frac{b_E}{t} = \frac{327}{\sqrt{f}} \left[1.0 - \frac{57.9}{\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{f}} \right] \quad (6.18.24)$$

- Untuk sayap penampang kotak atau persegi dengan ketebalan seragam :

$$\frac{b_E}{t} = \frac{327}{\sqrt{f}} \left[1.0 - \frac{64.7}{\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{f}} \right] \quad (6.18.25)$$

- $f = P_u/A_g = \phi_c Q_s F_{cr,column}$ (6.18.31)

- $Q_a = A_{eff}/A_{gross} = b_E t / (bt)$ (6.18.4)

dimana $A_{eff} = A_{gross} - \Sigma(b - b_E)t$

Faktor Reduksi Q

Properti Desain (Salmon & Johnson p. 305)

- Dalam menghitung kekuatan nominal, aturan berikut berlaku sesuai dengan AISC-E7
- Untuk aksial tekan
 1. Gunakan luas bruto A_g untuk $P_n = F_{cr}A_g$
 2. Gunakan luas bruto untuk menghitung radius girasi r untuk KL/r
- Untuk lentur:
 1. Gunakan properti penampang tereduksi untuk balok dengan sayap yang mengandung elemen dengan pengaku

Salmon & Johnson Examples 6.19.1 & 4 to check local buckling)

Faktor Reduksi Q

Karena kekuatan balok tidak termasuk faktor Q yang berhubungan dengan elemen tekan tipis, maka tepat untuk menggunakan properti penampang berdasarkan luas efektif.

Untuk kolom balok:

1. Gunakan luas kotor untuk P_n
2. Gunakan properti penampang tereduksi untuk lentur yang melibatkan elemen tekan dengan pengaku untuk M_{nx} dan M_{ny}
3. Gunakan Q_a dan Q_s untuk menentukan P_n
4. Untuk F_{cr} berdasarkan tekuk torsi lateral balok seperti yang dibahas nanti dalam Balok, nilai maksimum F_{cr} adalah $Q_s F_{cr}$ ketika elemen tekan tanpa pengaku terlibat.



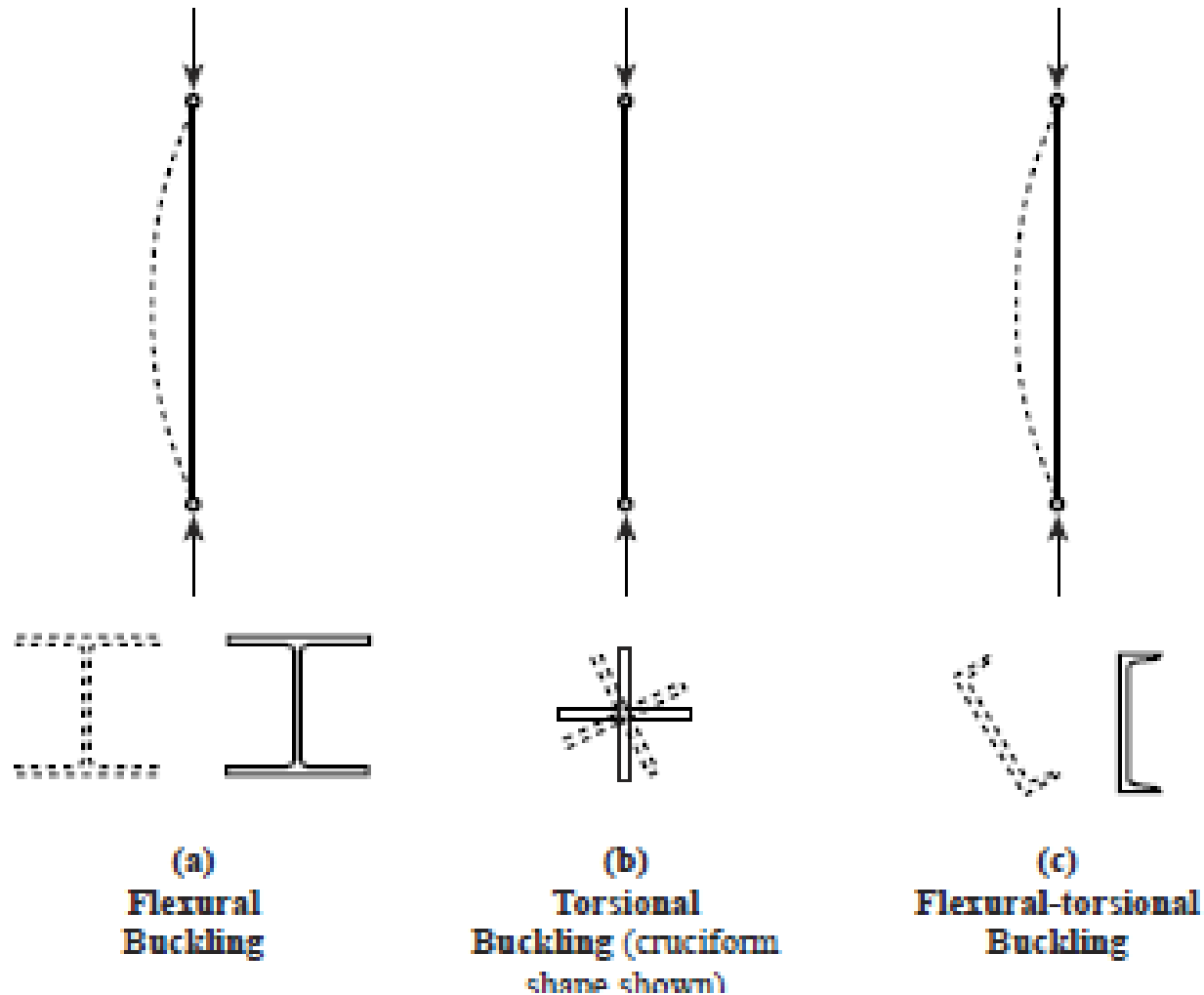
TEKUK TORSI DAN TEKUK LENTUR-TORSI

Aris Aryanto

Structural Engineering Research Groups - FTSL
CIBE Building 4th Floor - Institut Teknologi Bandung

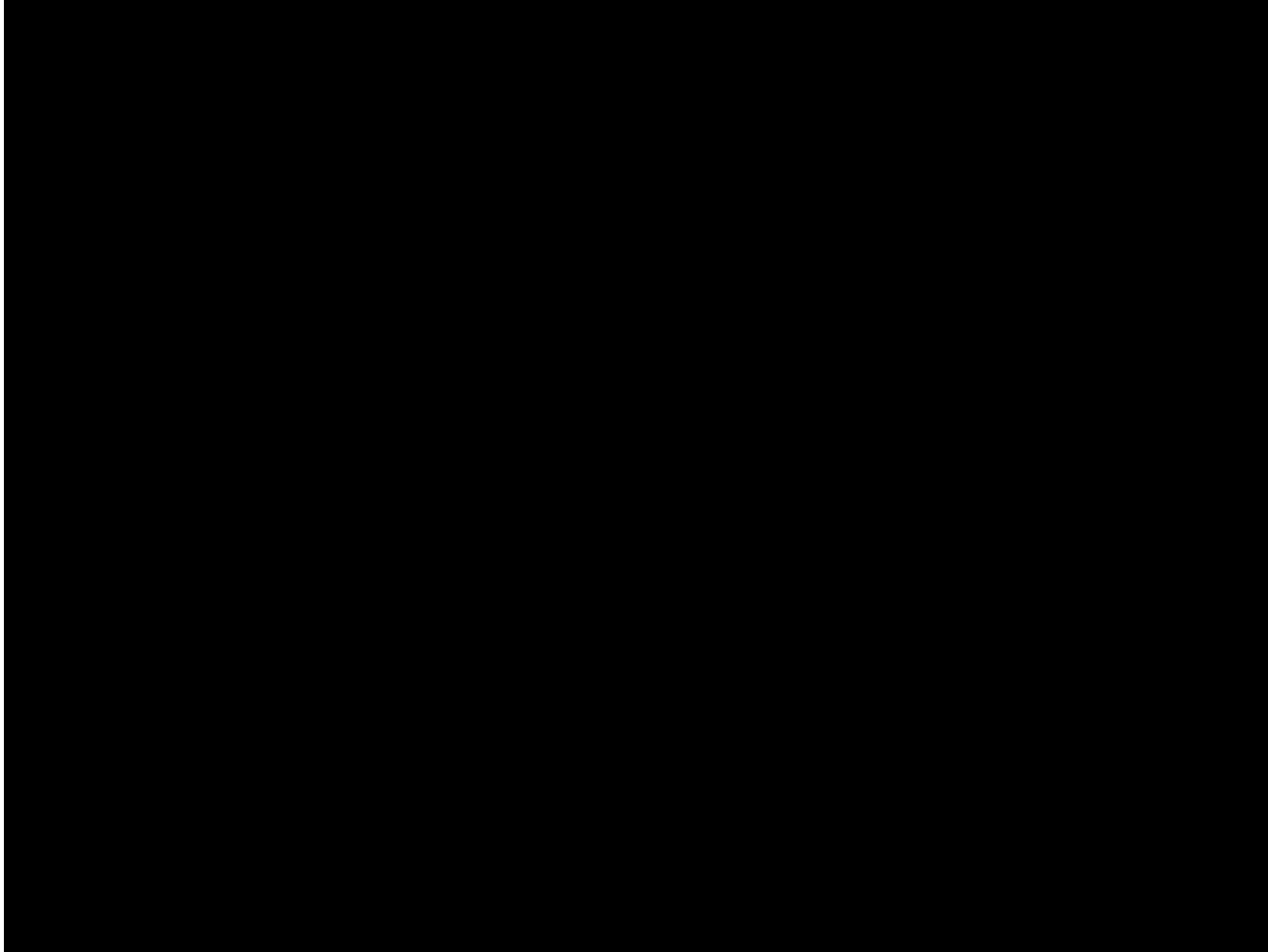
Mode Keruntuhan – Tekuk lentur dan lentur torsi

FIGURE 4.18



Sumber: Segui, W. T., "Steel Design – 5th Edition," 2013.

Video: Torsional Buckling



<https://www.youtube.com/watch?v=cYRicTk-Q08>

Tekuk Torsi dan Tekuk Torsi-lentur

Pasal ini diterapkan untuk komponen struktur simetris tunggal dan asimetris, dan komponen struktur simetris ganda tertentu, misalnya *kolom cruciform* atau *kolom* tersusun tanpa elemen langsing, seperti didefinisikan pada Pasal B4.1 untuk elemen dalam tekan merata. Sebagai tambahan, pasal ini diterapkan untuk semua komponen struktur simetris ganda tanpa elemen langsing bila *panjang tanpa breising* torsi melebihi panjang tanpa breising lateral. Ketentuan ini diperlukan untuk siku tunggal dengan $b/t > 20$.

Kekuatan tekan nominal, P_n , harus ditentukan berdasarkan pada *keadaan batas* dari *tekuk torsi* dan *tekuk torsi-lentur*, sebagai berikut:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (E4-1)$$

Tegangan kritis, F_{cr} , yang ditentukan sebagai berikut:

Tekuk Torsi dan Tekuk Torsi-lentur

Tegangan kritis, F_{cr} , ditentukan sebagai berikut:

(a) Bila $\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$)

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \quad (E3-2)$$

(b) Bila $\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$)

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (E3-3)$$

keterangan

F_e = tegangan tekuk kritis elastis ditentukan sesuai dengan Persamaan E3-4, seperti disyaratkan dalam Lampiran 7, Pasal 7.2.3(b), atau melalui suatu analisis tekuk elastis, yang sesuai, ksi (MPa)

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \quad (E3-4)$$

Tekuk Torsi dan Tekuk Torsi-lentur

(a) Untuk komponen struktur tekan siku ganda dan profil T:

$$F_{cr} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \quad (E4-2)$$

dimana F_{cry} diambil sebagai F_{cr} dari Persamaan E3-2 atau E3-3, untuk tekuk

lentur pada sumbu y simetris, dan $\frac{KL}{r} = \frac{K_y L}{r_y}$ untuk komponen struktur tekan

berbentuk T, dan $\frac{KL}{r} = \left(\frac{KL}{r} \right)_m$ dari Pasal E6 untuk komponen struktur tekan siku ganda, dan

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A_g \bar{r}_o^2} \quad (E4-3)$$

Tekuk Torsi dan Tekuk Torsi-lentur

(b) Untuk semua kasus lainnya, F_{er} harus ditentukan sesuai dengan Persamaan E3-2 atau E3-3, dengan menggunakan tegangan tekuk elastis torsi atau torsi-lentur, F_e , ditentukan sebagai berikut:

(i) Untuk komponen struktur simetris ganda:

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (\text{E4-4})$$

(ii) Untuk komponen struktur simetris tunggal dimana y adalah sumbu simetris:

$$F_e = \left(\frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right] \quad (\text{E4-5})$$

(iii) Untuk komponen struktur tak-simetris, F_e adalah akar terendah dari persamaan pangkat tiga:

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2(F_e - F_{ey})\left(\frac{x_o}{r_o}\right)^2 - F_e^2(F_e - F_{ex})\left(\frac{y_o}{r_o}\right)^2 = 0 \quad (\text{E4-6})$$

Tekuk Torsi dan Tekuk Torsi-lentur

keterangan

A_g = luas bruto penampang dari komponen struktur, in.² (mm²)

C_w = konstanta pilin, in.⁶ (mm⁶)

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

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

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

G = modulus elastis geser dari baja = 11 200 ksi (77 200 MPa)

$$H = 1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{r}_o^2} \quad (E4-10)$$

I_x, I_y = momen inersia di sumbu utama, in.⁴ (mm⁴)

J = konstanta torsi, in.⁴ (mm⁴)

K_x = faktor panjang efektif untuk tekuk lentur di sumbu x

K_y = faktor panjang efektif untuk tekuk lentur di sumbu y

K_z = faktor panjang efektif untuk tekuk torsi

\bar{r}_o = radius girasi polar di pusat geser, in. (mm)

$$\bar{r}_o^2 = x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g} \quad (E4-11)$$

r_x = radius girasi di sumbu x, in. (mm)

r_y = radius girasi di sumbu y, in. (mm)

x_o, y_o = koordinat pusat geser sehubungan dengan titik berat, in. (mm)

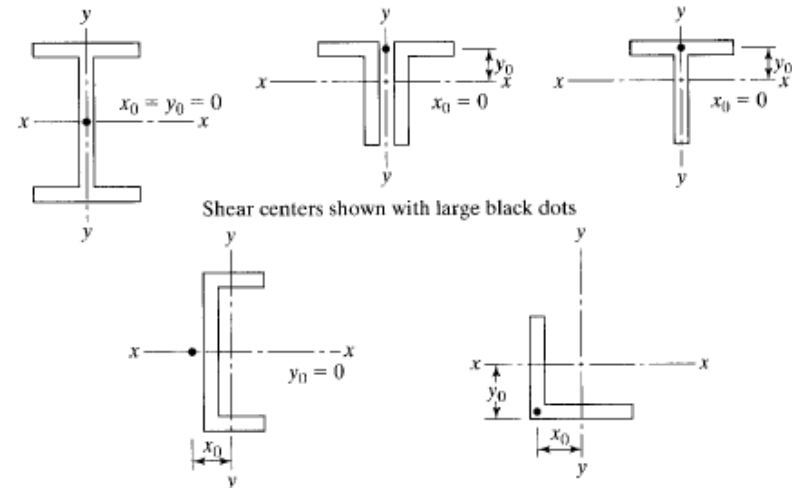




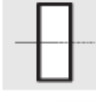





FIGURE 6.11

Shear center locations for some common column sections.

Tekuk Torsi dan Tekuk Torsi-lentur

Penerapan standar

CATATAN PENGGUNA TABEL E.1.1
Tabel Pemilihan untuk Penerapan Profil Bab E

Penampang Melintang	Tanpa Elemen Langsing		Dengan Elemen Langsing	
	Penampang pada Bab E	Keadaan Batas	Penampang pada Bab E	Keadaan Batas
	E3 E4	FB TB	E7	LB FB TB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB
	E3	FB	E7	LB FB
	E3	FB	E7	LB FB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB
	E6 E3 E4	FB FTB	E6 E7	LB FB FTB
	E5		E5	
	E3	FB	N/A	N/A
Bentuk tidak smetris selain siku tunggal	E4	FTB	E7	LB FTB

FB = tekuk lentur, TB = tekuk torsi, FTB = tekuk torsi-lentur, LB = tekuk lokal

Contoh : Soal 4

Compute the compressive strength of a WT12 × 81 of A992 steel. The effective length with respect to the x -axis is 25 feet 6 inches, the effective length with respect to the y -axis is 20 feet, and the effective length with respect to the z -axis is 20 feet. Use the general approach of AISC E4(b).

Sumber: William T Segui

Compute the flexural buckling strength for the x -axis:

$$\frac{K_x L}{r_x} = \frac{25.5 \times 12}{3.50} = 87.43$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 (29,000)}{(87.43)^2} = 37.44 \text{ ksi}$$

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{29,000}{50}} = 113$$

Since $\frac{KL}{r} < 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$, AISC Equation E3-2 applies.

$$F_{cr} = 0.658^{(F_y/F_e)} F_y = 0.658^{(50/37.44)} (50) = 28.59 \text{ ksi}$$

The nominal strength is

$$P_n = F_{cr} A_g = 28.59(23.9) = 683.3 \text{ kips}$$

Contoh : Soal 4

Compute the flexural-torsional buckling strength about the y-axis (the axis of symmetry):

$$\frac{K_y L}{r_y} = \frac{20 \times 12}{3.05} = 78.69$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 (29,000)}{(78.69)^2} = 46.22 \text{ ksi}$$

Because the shear center of a tee is located at the intersection of the centerlines of the flange and the stem,

$$x_0 = 0$$

$$y_0 = \bar{y} - \frac{t_f}{2} = 2.70 - \frac{1.22}{2} = 2.090 \text{ in.}$$

$$\bar{r}_0^2 = x_0^2 + y_0^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g} = 0 + (2.090)^2 + \frac{293 + 221}{23.9} = 25.87 \text{ in.}^2$$

$$F_{ez} = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{A_g \bar{r}_0^2}$$
$$= \left[\frac{\pi^2 (29,000)(43.8)}{(20 \times 12)^2} + 11,200(9.22) \right] \frac{1}{23.9(25.87)} = 167.4 \text{ ksi}$$

Contoh : Soal 4

$$F_{ey} + F_{ez} = 46.22 + 167.4 = 213.6 \text{ ksi}$$

$$H = 1 - \frac{x_0^2 + y_0^2}{\bar{r}_0^2} = 1 - \frac{0 + (2.090)^2}{25.87} = 0.8312$$

(Note that, for tees, the values of \bar{r}_0 and H can be found on the manual companion CD.)

$$\begin{aligned} F_e &= \left(\frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right] \\ &= \frac{213.6}{2(0.8312)} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4(46.22)(167.4)(0.8312)}{(213.6)^2}} \right] = 43.63 \text{ ksi} \end{aligned}$$

To determine which compressive strength equation to use, compare this value of F_e with

$$0.44F_y = 0.44(50) = 22.0 \text{ ksi}$$

Since $43.63 \text{ ksi} > 22.0 \text{ ksi}$, use AISC Equation E3-2.

$$F_{cr} = 0.658^{(F_y/F_e)} F_y = 0.658^{(50/37.44)} (50) = 28.59 \text{ ksi}$$

Contoh : Soal 4

The nominal strength is

$$P_n = F_{cr} A_g = 30.95(23.9) = 739.7 \text{ kips}$$

The flexural buckling strength controls, and the nominal strength is 683.3 kips.

Mode Keruntuhan – Batang Tekan

Ada tiga tipe keruntuhan (failure modes):

1. Tekuk lentur (flexural buckling)

elastic → tekuk sebelum mencapai leleh

inelastic buckling → leleh sebagian sebelum tekuk
leleh penuh → mencapai leleh tanpa tekuk

2. Tekuk lokal (local buckling)

3. Tekuk torsi dan Tekuk torsi lentur
(Torsional and flexural torsional buckling)



PROSEDUR DESAIN KOLOM

Aris Aryanto

Structural Engineering Research Groups - FTSL
CIBE Building 4th Floor - Institut Teknologi Bandung

Prosedur Desain Kolom Profil Gilas

Prosedur desain umum (Salmon & Johnson Sec. 6.10):

1. Hitung beban terfaktor P_u menggunakan semua kombinasi beban yang sesuai
2. Asumsikan tegangan kritis F_{cr} berdasarkan asumsi KL/r
3. Hitung luas penampang bruto $A_g = P_u / (\phi_c F_{cr})$
4. Pilih penampang. Perhatikan bahwa Batasan lebar/tebal λ_r AISC Tabel B4.1 untuk mencegah tekuk lokal harus dipenuhi.
5. Berdasarkan besaran $(KL/r)_x$ atau $(KL/r)_y$ untuk penampang yang dipilih, hitung tegangan kritis F_{cr} .
6. Hitung kuat desain $\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g$.
7. Bandingkan $\phi_c P_n$ dengan P_u . Ketika kekuatan yang diberikan tidak melebihi kekuatan yang dibutuhkan lebih dari beberapa persen, desain akan dapat diterima. Jika tidak, ulangi Langkah 2 hingga 7.

(Contoh : Salmon & Johnson Examples 6.10.3 & 4 for rolled shape)

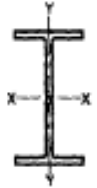
Prosedur Desain Kolom Profil Gilas

Tabel untuk desain komponen struktur tekan –

- Tabel 4.2 sampai 4.17 pada Bagian 4 dari AISC Steel Manual menyajikan kekuatan desain dalam tekan aksial untuk kolom dengan kuat leleh spesifik, misalnya, 50 ksi untuk bentuk W. Data disediakan untuk rasio kelangsingan hingga 200.
- Data sampel disediakan di halaman berikut untuk beberapa bentuk W14

Table 4-2 (cont.).
W-Shapes
Design Strength in Axial
Compression, $\phi_c P_n$, kips

$F_y = 50$ ksi
 $\phi_c P_n = 0.85 F_y A_g$



Shape	W14x									
	311*	283*	257*	233*	211	193	175	158	145	132
0	3880	3540	3210	2910	2640	2410	2200	1980	1810	1650
11	3610	3290	2980	2700	2440	2230	2030	1830	1670	1510
12	3560	3240	2940	2680	2450	2200	2000	1810	1650	1480
13	3510	3200	2890	2620	2370	2170	1970	1780	1620	1450
14	3460	3140	2850	2570	2330	2130	1940	1740	1580	1420
15	3420	3090	2800	2530	2280	2090	1900	1710	1560	1390
16	3330	3030	2740	2480	2240	2050	1860	1680	1530	1360
17	3270	2970	2690	2430	2190	2010	1820	1640	1500	1330
18	3200	2910	2630	2380	2140	1960	1780	1600	1460	1300
19	3130	2850	2570	2320	2080	1910	1740	1570	1430	1260
20	3060	2780	2510	2270	2040	1870	1700	1530	1390	1220
22	2910	2640	2380	2150	1940	1770	1610	1440	1320	1150
24	2750	2500	2250	2030	1830	1670	1510	1360	1240	1070
26	2590	2350	2120	1910	1710	1560	1420	1270	1160	997
28	2430	2200	1980	1780	1600	1460	1320	1180	1080	920
30	2270	2050	1840	1660	1490	1350	1220	1100	996	844
32	2110	1900	1710	1530	1370	1250	1130	1010	919	769
34	1950	1760	1570	1410	1260	1150	1040	928	842	697
36	1790	1620	1440	1290	1160	1050	946	846	767	627
38	1640	1480	1320	1180	1050	955	859	767	694	563
40	1480	1340	1190	1070	951	863	775	692	626	508
42	1350	1220	1080	967	863	783	703	628	568	461
44	1230	1110	987	881	786	713	641	572	518	420
46	1130	1010	903	806	719	652	586	523	474	384
48	1040	932	829	741	660	599	538	481	435	353
50	956	858	764	682	609	552	496	443	401	325
Properties										
A_g , kips	1010	861	735	621	529	454	396	333	287	243
F_y , kips/in.	70.5	64.5	58.0	53.5	49.0	44.5	41.5	37.3	34.0	32.3
F_{yb} , kips	6390	4900	3730	2780	2150	1640	1310	964	716	511
P_{10} , kips	1440	1210	1030	832	694	583	493	393	334	298
L_p , ft	14.8	14.7	14.6	14.5	14.4	14.3	14.2	14.1	14.1	13.3
L_r , ft	110	100	91.6	83.4	76	70.1	64.5	58.9	54.7	49.6