

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Kolom Pendek

Menurut McComac dan Nelson dalam bukunya yang berjudul *Structural Steel Design LRFD Method* yang berdasarkan dari AISC Manual, persamaan kekuatan kolom pendek didasarkan pada keadaan lentur batas tekuk (persamaan 3.6). Persamaan 3.6 adalah hubungan empiris untuk *inelastic range*.

Persamaan ini mencakup dampak tegangan sisa dan kelangsingan. Batas antara ketidakstabilan elastis (*inelastic*) dan elastis (*elastic*) adalah $\lambda_c = 1.5$ dimana parameternya ;

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (3-1)$$

Untuk beban kolom aksial dengan semua elemen yang memiliki lebar rasio kelangsingan $< \lambda_c$, desain kekuatan tekan = $\phi_c P_n$

Dimana,

$$\phi = 0,9$$

$$P_n = A_g F_{cr}$$

$$A_g = \text{Luas penampang}$$

Untuk kolom pendek memiliki nilai $\lambda_c \leq 1.5$. Persamaan tegangan kritisnya didapat sebagai berikut :

$$F'_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (3-2)$$

Pada AISC 2010, batang komposit dapat diklasifikasikan sebagai batang kompak, tidak kompak dan ramping. Dikatakan batang tidak kompak apabila rasio perbandingan maksimum antara lebar dan tebal dari satu atau lebih elemen tekan bajanya melebihi λ_p tetapi tidak melebihi λ_r . Untuk klasifikasi batang komposit dan rasio perbandingan lebar dan tebal dari elemen tekan baja dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Batas Perbandingan Antara Lebar dan Tebal untuk Elemen Tekan Baja pada Batang Komposit. (AISC, 2010)

Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	λ_p Compact/ Noncompact	λ_p Noncompact / Slender	Maximum Permitted
Walls of Rectangular HSS and Boxes of Uniform Thickness	b/t	$2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

3.2 Kolom Pendek Beban Tekan Aksial (Sentris)

Kondisi pembebanan sentris tanpa adanya eksentrisitas yang akan menyebabkan lentur, sehingga kuat beban sentris maksimum atau kuat tekan beban aksial nominal (P_o) dinyatakan sebagai berikut :

$$P_o = 0.85 f'c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \quad (3-3)$$

Apabila diuraikan lebih lanjut didapatkan :

$$P_o = A_g \{0.85 f'c(1 - \rho_g) + f_y \rho_g\} \quad (3-4)$$

$$P_o = A_g \{0.85 f'c + \rho_g (f_y - 0.85 f'c)\} \quad (3-5)$$

Ketentuan hubungan dasar antara beban dengan kekuatan sebagai berikut :

$$P_u \leq \phi P_n \quad (3-6)$$

dimana, A_g = luas kotor penampang lintang kolom (mm^2)
 A_{st} = luas total penampang penulangan memanjang (mm^2)
 P_o = kuat beban aksial nominal tanpa eksentrisitas
 P_n = kuat beban aksial nominal dengan eksentrisitas tertentu
 P_u = beban aksial terfaktor dengan eksentrisitas

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} \quad (3-7)$$

Beban aksial yang tidak disertai eksentrisitas, P_n akan menjadi sama dengan P_o . Dalam prakteknya tidak ada kolom yang dibebani tanpa eksentrisitas, maka sebagai tambahan faktor reduksi kekuatan untuk memperhitungkan eksentrisitas minimum. Dengan ketentuan bahwa kekuatan kolom nominal dengan pengikat sengkang direduksi 20%, sehingga rumus kuat beban aksial minimum adalah sebagai berikut :

$$P_{n(maks)} = 0.8 \{0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\} \quad (3-8)$$

Kekuatan nominal untuk perencanaan perlu dikalikan dengan nilai faktor reduksi kekuatan, untuk kolom dengan pengikat sengkang diberikan sebesar $\phi = 0.65$, sehingga rumus kuat beban aksial maksimum menjadi :

$$P_{n(maks)} = 0.8 \phi \{0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\} \quad (3-9)$$

3.3 Kelangsingan Kolom

Kelangsingan suatu kolom dinyatakan dalam suatu rasio yang disebut rasio kelangsingan. Rasio kelangsingan dapat ditulis sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{KL}{r} \quad (3-10)$$

Keterangan :

λ = rasio kelangsingan
 K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

L = panjang struktur tekan yang tidak ditopang
 r = jari-jari putaran (*radius of gyration*) potongan lintang komponen struktur tekan = $\sqrt{\frac{I}{A}}$

Nilai K sangat berpengaruh pada kelangsingan kolom yang ditentukan berdasarkan ujung kedua kolom. Nilai K ditunjukkan pada Gambar 3.1.

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai λ_c teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai λ_c yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung						

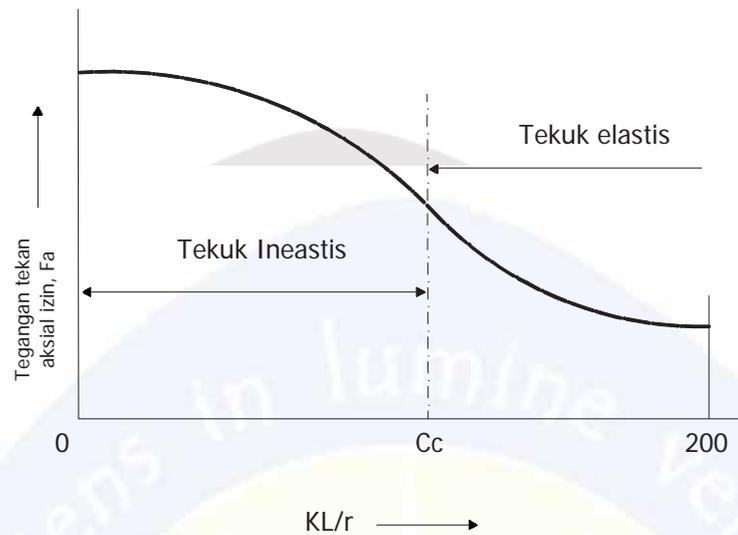
Gambar 3.1 Faktor panjang efektif pada kondisi ideal (Spiegel, 1991)

Nilai kL/r yang memisahkan tekuk elastis (perilaku kolom panjang) dari tekuk inelastis (perilaku kolom pendek) ditentukan secara sembarang sebagai nilai di mana tegangan tekuk Euler (F_e) sama dengan F_y . Nilai kL/r ini disebut C_c , yang besarnya ditentukan sebagai berikut (Bowles, 1985) :

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad (3-11)$$

Keterangan:

C_c = nilai rasio kelangsingan KL/r
 E = modulus elastis baja
 F_y = kuat luluh baja



Gambar 3.2 Kurva Tegangan Tekan Aksial dengan Nilai KL/r (Spiegel, 1991)

Pada gambar 3.2, daerah di sebelah kiri harga Cc adalah perilaku untuk kolom pendek, sedangkan di sebelah kanan Cc adalah untuk perilaku kolom panjang. Untuk kolom yang nilai KL/r lebih kecil atau sama dengan Cc ($KL/r \leq Cc$), nilai Fa (tegangan tekan aksial yang diizinkan) ditentukan dari (Bowles, 1985) :

$$Fa = \frac{Fy}{SF} \left(1 - \frac{0.5(KL/r^2)}{Cc^2} \right) \quad (3-12)$$

Dimana $SF = Safety Factor$, adalah :

$$SF = \frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8Cc} - \frac{(KL/r)^3}{8Cc^3} \quad (3-13)$$

3.4 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Nilai kuat desak beton didapatkan melalui cara standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban desak bertingkat terhadap silinder benda uji yang berukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm sampai hancur. Kuat desak masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan desak tertinggi ($f'c$) pada saat regangan beton $\pm 0,002$ yang dicapai benda uji pada umur 28 hari. Besar kecilnya penambahan kuat tekan beton dipengaruhi salah satunya oleh nilai faktor air semen (fas), dengan bertambahnya fas maka kuat tekan beton akan berkurang.

Kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh perawatan benda uji selama proses pengerasan berlangsung, beberapa kondisi yang mempengaruhinya antara lain:

1. Temperatur yang hangat sehingga mempercepat proses kimia.
2. Kelembaban yang cukup sehingga kebutuhan air untuk proses hidrasi terpenuhi.

Untuk memperoleh kuat tekan beton digunakan benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm, hal ini sesuai dengan standar ASTM (*American Society for Testing and Material*).

Untuk perhitungan kuat tekan beton dengan benda uji silinder, berlaku rumus berikut (Antono, 1993) :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3-14)$$

Keterangan :

$f'c$ = kuat tekan (MPa)
 P = beban tekan (N)
 A = luas penampang benda uji silinder (mm²)

3.5 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton adalah kemiringan kurva tegangan regangan beton pada kondisi linier atau mendekati linier. Beberapa faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas adalah kelembaban udara dan agregat penyusun beton.

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 Pasal 10.5.1, digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton sebagai berikut:

$$Ec = 0.043 \times Wc^{1.50} \sqrt{f'c} \quad (3-15)$$

Keterangan:

Ec = modulus elastisitas beton tekan (MPa)
 Wc = beban tekan (N)
 $f'c$ = kuat tekan (MPa)

Rumus empiris tersebut hanya berlaku untuk beton dengan berat isi berkisar antara 1500-2500 kgf/m³.

Untuk beton kepadatan normal dengan berat isi ± 23 kN/m³ dapat digunakan nilai (SNI 03-2847-2002 Pasal 10.5.1) :

$$Ec = 4700 \sqrt{f'c} \quad (3-16)$$

Keterangan :

Ec = modulus elastisitas beton tekan (MPa)
 $f'c$ = kuat tekan (MPa)

$$E_c = \frac{f_p}{\varepsilon_p} \quad (3-17)$$

Keterangan:

f_p = tegangan beton (MPa)
 ε_p = regangan beton

3.6 Pelat Kopel

Untuk menentukan kuat tekan batang tersusun yang dihubungkan dengan pelat melintang (pelat kopel) harus dipenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Pelat-pelat kopel membagi komponen struktur tersusun menjadi beberapa bagian yang sama panjang atau dapat dianggap sama panjang.
2. Banyaknya pembagian komponen struktur minimum adalah tiga.
3. Hubungan antara pelat kopel dengan elemen komponen struktur harus kaku.
4. Pelat kopel harus cukup kaku hingga memenuhi persamaan (SNI 03-1729-2000 Pasal 9.3.5)

$$\frac{I_p}{a} \geq 10 \frac{I_l}{L_l} \quad (3.18)$$

Keterangan:

I_p = momen inersia pelat kopel ;
 Untuk pelat kopel di muka dan di belakang yang tebalnya (t) dan tingginya (h), maka : $I_p = 2 \times \frac{1}{12} \times t h^3$
 I_l = momen inersia elemen komponen struktur terhadap sumbu 1-1
 a = jarak antara dua pusat titik berat elemen komponen struktur