

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pendahuluan

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terbentuknya sendi-sendi plastis yang mampu memancarkan energi gempa dan membatasi besarnya beban gempa yang masuk ke dalam struktur, harus dikendalikan agar struktur tidak sampai mengalami keruntuhan saat terjadi gempa besar. Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis terlebih dahulu di tentukan secara pasti terlepas dari kekuatan dan karakteristik gempa. Filosofi perencanaan ini dikenal sebagai Konsep Desain Kapasitas (Vis & Gidon, 1994). Untuk mengatasi kerusakan fatal dapat diatasi dengan desain kapasitas yang memiliki daktilitas penuh.

Sesuai dengan fungsinya, portal adalah suatu rangka struktur pada bangunan gedung haruslah mampu menahan beban-beban yang bekerja baik yaitu beban mati, beban hidup, maupun beban sementara. Pada struktur portal tingkat tinggi akan menerima beban gempa yang tinggi terutama pada struktur baja. Perilaku portal merupakan tumpuan utama bagi kekuatan bangunan dalam menjalankan fungsinya selama umur layaknya, dalam keadaan umum, fungsional, dan tetap memiliki nilai ekonomis dalam pembangunannya (Merati, 1993).

3.2. Analisis Beban Gempa

Perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus menganalisis beban akibat gempa. Pada penelitian ini, menggunakan analisis gempa beban ekuivalen statik sesuai PPTGIUG (1987).

3.2.1. Gaya Geser Dasar (V)

Gaya geser dasar merupakan gaya geser horizontal yang besarnya dipengaruhi oleh persamaan (Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1726-2002) :

$$V = C.K.I.W_t \dots\dots\dots(3.1)$$

- dengan : C = koefisien gempa dasar
I = faktor keutaman gedung
K = faktor jenis gedung
W_t = berat total struktur (KN/m²)

3.2.2. Koefisien gempa dasar (C)

Periode getar alami struktur (T) untuk struktur portal baja dapat ditentukan dengan rumus :

$$T = 0.06.H^{3/4} \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan H = tinggi bangunan total (m).

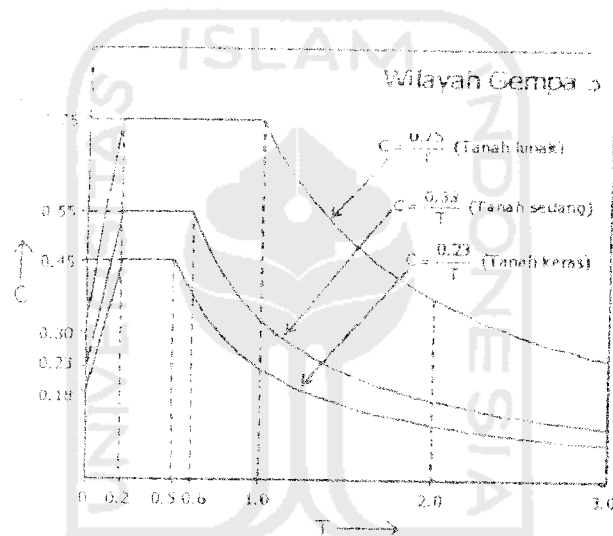
T = waktu getar alami (detik).

Setelah struktur gedung direncanakan, waktu getar alami struktur dihitung kembali dengan rumus *Rayleigh* :

$$T_R = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i . d_i^2}{g . \sum F_i . d_i}} \dots\dots\dots(3.3)$$

di mana W_i adalah bagian dari seluruh beban vertikal yang bekerja pada tingkat i , H_i adalah beban gempa horizontal dalam arah yang ditinjau yang bekerja pada tingkat i , d_i adalah simpangan horizontal pusat massa pada tingkat i akibat beban horizontal H_i , dan g adalah percepatan gravitasi.

Nilai koefisien gempa dasar (C) dipengaruhi oleh periode getar struktur (T). Cara mencari koefisien gempa dasar adalah dengan menggunakan grafik respon struktur seperti ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Spektrum respon (SNI-03-1726-2002)

3.2.3. Faktor keutamaan gedung (I)

Faktor keutamaan digunakan untuk memperbesar gempa rencana agar struktur dapat memikul beban gempa dengan periode ulang yang panjang atau struktur mempunyai tingkat kerusakan yang lebih kecil. Karena fungsi bangunan dalam perencanaan ini adalah sebagai perkantoran, maka faktor keutamaannya (I) adalah 1.

3.2.4. Faktor jenis struktur (K)

Faktor jenis struktur K dimaksudkan agar struktur mempunyai kekuatan lateral yang cukup untuk menjamin bahwa daktilitas yang dituntut tidak lebih besar dari daktilitas yang tersedia pada saat terjadi gempa kuat. Semakin tinggi K maka nilai daktilitas makin rendah. Untuk bangunan gedung ini faktor jenis struktur K adalah 1, dengan tingkat daktilitas penuh.

3.2.5. Berat total bangunan (Wt)

Merupakan berat total dari struktur bangunan yang direncanakan ditambah dengan faktor reduksi. Menggunakan faktor reduksi dengan nilai faktor keutamaan gedung $I = 1$ dan faktor jenis struktur $K = 1$.

3.2.6. Distribusi gaya horizontal (Fi)

Distribusi gaya horizontal akibat beban gempa (F_i) tergantung pada perbandingan tinggi total struktur (H) terhadap lebar struktur (B) pada arah yang ditinjau. Adapun distribusinya adalah sebagai berikut :

1. Struktur bangunan yang mempunyai nilai $H/B < 3$, maka gaya horizontal akibat beban gempa (F_i) untuk masing-masing lantai dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} V \dots\dots\dots(3.4)$$

2. Struktur bangunan gedung yang memiliki nilai $H/B \geq 3$, maka 90 % beban didistribusikan berupa gaya horizontal akibat beban gempa (F_i) untuk

masing-masing lantai dihitung dan 10 % beban lainnya ditambahkan pada tingkat paling atas atau atap. Yang dihitung melalui persamaan berikut :

$$F_n = 0,1V + \frac{W_n \cdot h_n}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot 0,9V \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

untuk lantai selain atap dihitung dengan persamaan berikut :

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot 0,9V \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

dengan F_i gaya horizontal akibat gempa tingkat ke-1, F_n gaya horizontal akibat beban gempa pada atap, h_i tinggi lantai ke-1, h_n tinggi atap, V gaya geser dasar, W_i berat lantai ke-1 dan W_n adalah berat atap.

3.3. Perencanaan Balok

Dasar perencanaan balok adalah beban yang bekerja pada struktur tersebut. Balok pada umumnya merupakan elemen struktur yang berfungsi memikul beban lentur. Pembebanan yang digunakan dalam metode ASD, disebutkan bahwa apabila suatu struktur terbebani kombinasi antara beban mati, beban hidup, beban angin, ataupun gempa maka diperbolehkan untuk menaikkan tegangan ijinnya 1/3 kali semula. Kombinasi beban yang digunakan dalam perencanaan portal baja adalah sebagai berikut:

$$D + L \quad \dots\dots\dots(3.6a)$$

$$D + E \quad \dots\dots\dots(3.6b)$$

$$D - E \quad \dots\dots\dots(3.6c)$$

$$D + L + E \quad \dots\dots\dots(3.6d)$$

$$D + L - E \quad \dots\dots\dots(3.6e)$$

Dengan :

D = beban mati

L = beban hidup

W = beban angin

E = beban gempa

3.3.1. Perencanaan Lentur Balok

Suatu balok yang mengalami momen lentur akan mengalami tegangan sebesar $f_b = \frac{M}{S}$. Dalam perencanaan lentur balok, tegangan yang terjadi tersebut (f_b) tidak boleh lebih besar daripada tegangan ijin lentur (F_b). Persamaan dasar perencanaan balok dalam lentur :

Dengan : M = momen lentur yang terjadi (K.in)

S = Modulus tampang elastis = $\frac{I}{y}$

F_b = tegangan ijin lentur (ksi)

Persyaratan penampang profil I kompak

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{ksi}) \quad \text{sayap} \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\frac{d}{t_w} \leq \frac{640}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{ksi}) \quad \text{badan} \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

Gambar 3.2. Hubungan antara momen lentur dan panjang bentang

Panjang kritis batang diambil nilai terkecil dari persamaan (3.10a) dan (3.10b)

$$L_c = \frac{76 \cdot b_f}{12 \cdot \sqrt{F_y}} (ft) \text{ atau} \dots\dots\dots(3.10a)$$

$$L_c = \frac{20000}{12 \cdot \frac{d}{A_f} \cdot F_y} (ft) \dots\dots\dots(3.10b)$$

Untuk penampang kompak dengan $L_b \leq L_c$, tegangan ijin lentur (F_b) dihitung dengan rumus:

$$F_b = 0,66 F_y \dots\dots\dots(3.11)$$

Panjang kritis batang diambil yang terbesar dari persamaan (3.12a) dan (3.12b)

$$L_u = \frac{20000}{12 \cdot \frac{d}{A_f} \cdot F_y} (ft) \text{ atau} \dots\dots\dots(3.12a)$$

$$L_u = \frac{r_T}{12} \sqrt{102000 \frac{C_b}{F_y}} (ft) \dots\dots\dots(3.12b)$$

Penampang dengan $L_b > L_c$ dan $L_b \leq L_u$

Untuk penampang dengan kondisi seperti diatas, tegangan ijin lenturnya ditentukan dengan rumus :

$$F_{bx} = 0,6 F_y \quad \dots\dots\dots(3.13)$$

Untuk Penampang dengan $L_b > L_u$ dan $\frac{L_b}{r_T} \leq \sqrt{\frac{510000.C_b}{F_y}}$

Bila penampang mempunyai kategori seperti diatas maka nilai tegangan ijin lenturnya diambil yang terbesar diantara dua nilai berikut ini :

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{(L_b/r_T)^2 \cdot F_y}{1530.000.C_b} \right] F_y \quad \dots\dots\dots(3.18)$$

$$F_b = \frac{12000.C_b}{L_b \frac{d}{A_f}} \quad \dots\dots\dots(3.19)$$

Nilai F_b tersebut tidak boleh lebih besar dari $F_b = 0,6 F_y$

Untuk Penampang dengan $L_b > L_u$ dan $\frac{L_b}{r_T} > \sqrt{\frac{510000.C_b}{F_y}}$

Bila penampang mempunyai kategori seperti tersebut diatas maka tegangan ijin lenturnya diambil yang terbesar diantara dua nilai berikut ini:

$$F_b = \frac{170000.C_b}{\left(\frac{L_b}{r_T} \right)^2} \quad \dots\dots\dots(3.20)$$

$$F_b = \frac{12000.C_b}{L_b \frac{d}{A_f}} \quad \dots\dots\dots(3.21)$$

Nilai F_b tersebut tidak boleh lebih besar dari $F_b = 0,6 F_y$

Pengaruh gradient momen (C_b)

Rumus umum C_b :

$$C_b = 1,75 + 1,05 \left(\pm \frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,30 \text{ dengan } \left| \frac{M_1}{M_2} \right| \leq 1,0 \dots\dots\dots(3.22)$$

C_b sama dengan 1,0 untuk batang yang tidak ada tambahan lateralnya. Rasio antara $\frac{M_1}{M_2}$ adalah positif bila M_1 dan M_2 bertanda sama (reverse curvature) dan akan bernilai negatif bila M_1 dan M_2 berlawanan tanda (single curvature).

3.3.2. Geser Balok

Besarnya tegangan geser dalam arah membujur yang terjadi dapat ditentukan dengan rumus :

$$f_v = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} \dots\dots\dots(3.23)$$

Dengan:

V = gaya geser vertikal

Q = statis momen dari suatu segmen dari penampang terhadap garis netral

I = momen inersia dari penampang

t = lebar dari penampang yang tegangan gesernya sedang diperiksa

Besarnya tegangan geser membujur yang diizinkan adalah:

$$F_v = \frac{V}{A_{web}} \dots\dots\dots(3.24)$$

Dimana A_{web} = hasil perkalian dari tinggi penampang profil d dengan tebal dari badan profil t_w .

Tegangan geser yang diizinkan seperti yang ditentukan oleh AISC, pada penampang bruto dari sebuah batang, ditentukan dengan rumus :

$$F_v = 0,40.F_y \dots\dots\dots(3.25)$$

3.3.3. Lendutan balok

Untuk memenuhi prinsip *serviceability limit state*, maka balok harus dikontrol aman terhadap lendutan. Dimana AISC membatasi lendutan maksimum yang boleh terjadi pada balok sebesar :

Untuk balok yang mendukung beban lantai,

$$\frac{L}{360} \geq \Delta_{\text{pertengahan bentang}} \dots\dots\dots(3.26)$$

Untuk balok yang mendukung beban atap,

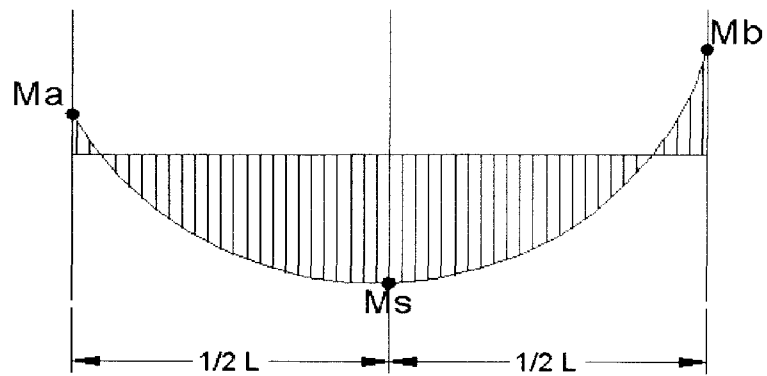
$$\frac{L}{240} \geq \Delta_{\text{pertengahan bentang}} \dots\dots\dots(3.27)$$

Dimana lendutan pada tengah bentang dapat dilihat dari program bantu analisis struktur maupun menggunakan rumus persamaan

$$\Delta_{\text{pertengahan bentang}} = \frac{5L^2}{48EI} [M_s - 0,1(M_a + M_b)] \dots\dots\dots(3.28)$$

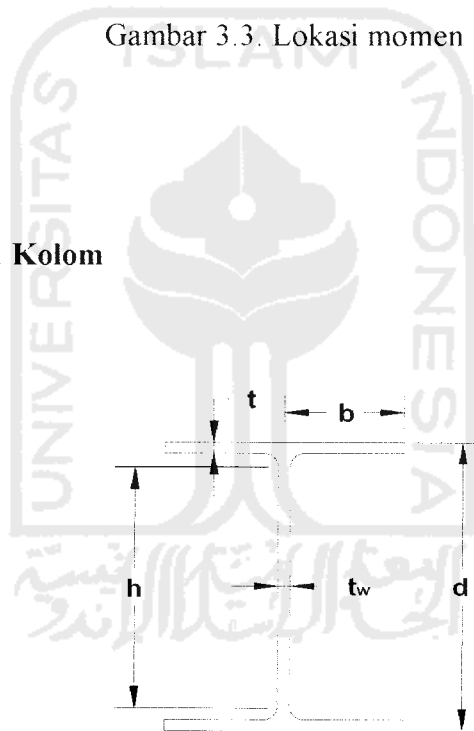
dengan L = panjang bentang balok

M_a, M_b, M_s dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3.3. Lokasi momen

3.4. Perencanaan Kolom



Gambar 3.4. Profil baja

Perencanaan kolom baja dihitung dengan menggunakan rumus – rumus berikut ini :

Tegangan ijin (kekuatan elemen) untuk kolom pendek dan kolom langsing

2. Dapat pula disebabkan beban simetris pada portal yang tidak simetris.

2.2. Permasalahan yang akan diteliti

Permasalahan yang akan diteliti adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh konfigurasi balok anak terhadap struktur portal baja bertingkat banyak, apabila pembebanan balok anak tersebut ditinjau sebagai beban terpusat dan sebagai balok anak sebagai satu kesatuan monolit terhadap struktur.



Desak aksial = Fa

$$F_a = \frac{\left(1 - \frac{1}{2} \left\{ \frac{K.L/r}{C_c} \right\}^2\right) F_y}{F_s} \dots\dots\dots(3.29)$$

$\frac{K.L}{r_x}$ atau $\frac{K.L}{r_y}$ dipakai nilai yang terbesar.

Untuk Kolom Pendek $\frac{K.L}{r} \leq C_c$

Rumus umum kelangsingan batas (C_c):

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \dots\dots\dots(3.30)$$

Angka aman dihitung dengan persyaratan :

$$F_s = \frac{5}{3} + \frac{3 K.L/r}{8 C_c} - \frac{1 (K.L/r)^3}{8 C_c^3} \dots\dots\dots(3.31)$$

$$F_a = \frac{F_y}{F_s} \left(1 - \frac{(K.L/r)^2}{2C_c^2}\right) \dots\dots\dots(3.32)$$

Untuk Kolom langsing $K.L/r > C_c$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(K.L/r)^2} \dots\dots\dots(3.33)$$

Kontrol beban balok-kolom

$$f_a = \frac{P}{A} < F_a \dots\dots\dots(3.34)$$

$$f_{bx} = \frac{M}{S_x} \dots\dots\dots(3.35)$$

Perencanaan yang menghitung komponen lentur dan aksial .

Untuk $\frac{f_a}{F_a} \geq 0,15$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad \dots\dots\dots(3.36)$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} \cdot f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{e'x}}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} \cdot f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{e'y}}\right) F_{by}} \leq 1.0 \quad \dots\dots\dots(3.37)$$

Untuk $\frac{f_a}{F_a} \leq 0,15$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad \dots\dots\dots(3.38)$$

$$\text{Dengan } F_a = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \left(\frac{kL}{r}\right)^2} \quad \dots\dots\dots(3.39)$$

Kriteria stabilitas

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} \cdot f_{bx}}{\left(1 - f_a / F_{e'x}\right) F_{bx}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots(3.40)$$

Kriteria pelelehan

$$\frac{f_a}{0,6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots(3.41)$$

Dengan:

F_a = tegangan ijin desak (ksi)

f_a = tegangan desak yang terjadi (ksi)

C_m = faktor pengaruh momen ujung

KL/r = angka kelangsingan elemen desak

F_s = faktor keamanan

P = gaya aksial pada batang (kips)

M = momen pada kolom (K in)

S = modulus tampang elastis

A = luas profil (in^2)

Dalam segala hal nilai $\frac{C_m}{1 - \frac{f_a}{F_c}}$ baik arah x maupun arah y ≥ 1

Ada tiga kategori nilai C_m seperti tersebut dibawah ini:

1. Kolom merupakan bagian dari portal bergoyang, $C_m = 0,85$
2. Kolom diasumsikan dikekang terhadap rotasi dan dicegah terhadap perpindahan join atau goyangan, nilai C_m ditentukan dengan rumus berikut ini :

$$C_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2}, \text{ dengan } \left| \frac{M_1}{M_2} \right| < 1,0 \dots\dots\dots(3.42)$$

Ratio $\frac{M_1}{M_2}$ akan positif bila batang tersebut melengkung dengan membentuk lengkung ganda dan bernilai negatif bila sebaliknya.

3. Untuk komponen tak bergoyang dengan beban transversal nilai C_m ditentukan sebagai berikut :
 - a. Batang dengan ujung terkekang, $C_m = 0,85$
 - b. Batang dengan ujung tak terkekang, $C_m = 1,0$

Setelah itu ditentukan nilai kondisi ujung (*end condition*) joint kolom.

3.4.1. Faktor Panjang Efektif Pada Kolom (k)

Faktor panjang efektif (k) pada kolom dihitung dengan menggunakan grafik Jackson dan Moreland, dengan nilai G dicari dengan persamaan berikut :

$$G = \frac{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_{balok}} \dots\dots\dots(3.43)$$

dengan G = Nilai kondisi ujung/joint kolom

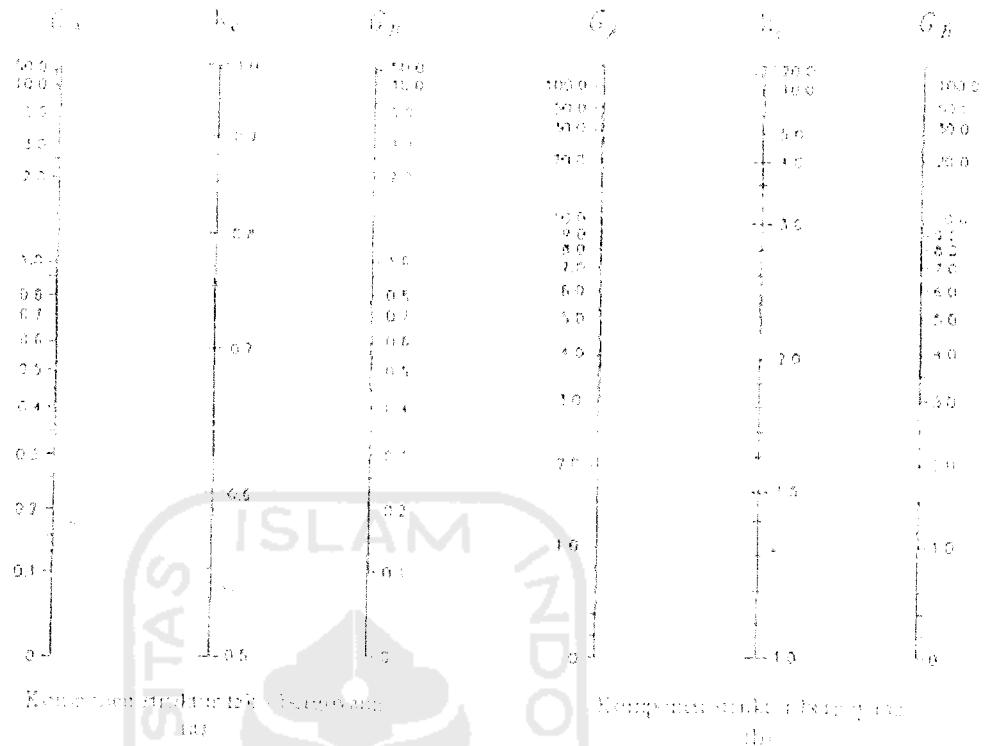
I_c = Inersia penampang kolom (in⁴)

L_c = Panjang elemen kolom (in)

I_b = Inersia penampang balok (in⁴)

L_b = Panjang elemen balok (in)

Kemudian koefisien panjang efektif K dari kolom didapatkan dengan menghubungkan nilai G ujung atas dan G ujung bawah elemen tekan pada nomogram gambar 3.10, dimana nomogram kondisi kolom bergoyang untuk (USF) dan nomogram kondisi kolom tidak bergoyang untuk (BSF). Selain itu terdapat ketentuan untuk kolom pondasi, dimana untuk dukungan jepit $G = 1,0$ dan untuk dukungan sendi $G = 10$.



Gambar 3.5.

(a) Nilai k untuk komponen struktur tak bergoyang, dan (b) untuk komponen struktur bergoyang. (Rancangan SNI)

3.5. Perencanaan Balok Anak

3.5.1. Metode Perencanaan Balok Anak Komposit

Metode perencanaan balok komposit yang dikenal sekarang ada dua metode yaitu metode ASD (*Allowable Stress Design*) dan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*).

Dalam perencanaan balok komposit baja-beton baik itu menurut metode ASD maupun LRFD selalu memperhatikan atau membedakan batasan keamanan dengan melihat metode pelaksanaan yang digunakan. Dalam pelaksanaannya dikenal 2 metode yaitu Shoring atau Unshoring (menggunakan perancah atau tanpa perancah).

3.5.2. Perhitungan Balok Anak Komposit

Menurut metode ini, elemen struktural harus direncanakan sedemikian rupa hingga tegangan yang dihitung akibat beban kerja atau servis tidak melampaui tegangan ijin yang telah ditetapkan, sehingga tegangan yang terjadi harus berada dalam batas elastis yaitu perubahan tegangan dibanding dengan perubahan regangannya selalu konstan.

$$E_c = 1750 \cdot \sqrt{f'_c} \quad (\text{ksi}) \quad \dots\dots\dots(3.44)$$

Rasio modular

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad \dots\dots\dots(3.45)$$

Lebar efektif slab beton untuk balok interior merupakan nilai terkecil dari persamaan (3.46a), (3.46b) dan (3.46c):

$$b_E \leq \frac{1}{4} L \quad (\text{in}) \quad \dots\dots\dots(3.46a)$$

$$b_E \leq 16 t_s + b_f \quad (\text{in}) \quad \dots\dots\dots(3.46b)$$

$$b_E \leq b_o \quad (\text{in}) \quad \dots\dots\dots(3.46c)$$

Lebar sayap beton ekuivalen, $\frac{b_E}{n}$ (3.47)

Luas baja transformasi, $A_{tr} = (b_E/n \cdot t_s) + A_s$ (3.48)

Metode ASD memberikan batasan keamanan sebagai berikut :

1. Untuk struktur yang menggunakan perancah (*shoring*) harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - pada serat atas slab beton, tegangan yang terjadi $f_c \leq 0,45 f'_c$

- pada serat bawah balok baja tegangan yang terjadi $f_b \leq 0,66 f_y$
2. Untuk struktur yang tanpa menggunakan perancah (*unshoring*) harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Sebelum beton mengeras :

tegangan akibat beban mati harus memenuhi syarat :

$$f_{b1} = \frac{M_{DL}}{S_x} \leq 0,66 f_y \quad \dots\dots\dots(3.49)$$

- Setelah beton mengeras :

$$f_{b2} = \frac{M_L}{S_n} \quad \dots\dots\dots(3.50)$$

$$f_{b1} + f_{b2} \leq 0,9 F_y \quad \dots\dots\dots(3.51)$$

$$f_c = \frac{M_{DL}}{n.S_n} \leq 0,45 f'_c \quad \dots\dots\dots(3.52)$$

ASD mendisain didasarkan pada kekuatan balok komposit yang tidak tergantung pada apakah baloknya dengan perancah atau tidak. ASD memberikan pendekatan-pendekatan sebagai berikut :

1. Pendekatan ASD adalah mendesain untuk beban mati dan beban hidup yang bekerja pada penampang komposit S_n

$$S_n \text{ yang dibutuhkan} = \frac{M_D + M_L}{0,66 f_y} \quad \dots\dots\dots(3.53)$$

Dengan :

M_D = Momen layanan yang disebabkan oleh beban-beban yang dikenakan sebelum waktu dengan beton tersebut mencapai 75% kekuatan yang dibutuhkan (pembebanan nonkomposit).

M_t = Momen beban layanan yang disebabkan oleh beban-beban yang dikenakan setelah beton tersebut mencapai 75% kekuatan yang dibutuhkan.

Tegangan $0,66 F_y$ didasarkan atas kondisi bahwa penampang tersebut memenuhi persyaratan penampang kompak

Bila perancah sementara tidak digunakan secara aktual, tegangan layan terhadap penampang baja harus dicek dan diferifikasikan sehingga tidak melebihi $0,9 F_y$.

$$f_b = \frac{M_{D_s}}{S_x} + \frac{M_{t_s}}{S_{tr}} \leq 0,90F_y \quad \dots\dots\dots(3.54)$$

dengan S_x = modulus penampang dari penampang bajanya saja yang diacu pada serat ekstrem tarik.

S_{tr} = modulus penampang efektif dari penampang komposit transformasi yang diacu ke flens tarik , dihitung bila kekuatan beton telah mencapai 75% dari kekuatan yang disyaratkan.

2. Bila shore tidak digunakan, balok bajanya saja harus menumpu semua beban yang dikenakan sebelum beton mencapai 75% kekuatan yang dispesifikasikan.

$$S_x \text{ yang dibutuhkan} = \frac{M_D + N_{construction}}{f_b} \quad \dots\dots\dots(3.55)$$

Dengan F_b dapat $0,66 F_y$ atau lebih kecil bila tekuk lokal flensnya atau tekuk puntir lateralnya menentukan.

3.5.3. Kontrol Terhadap Lendutan

Kontrol terhadap lendutan yang terjadi pada balok anak adalah sebagai berikut:

- a. Konstruksi tanpa dukungan sementara

Lendutan akibat beban mati pada tumpuan sederhana yang memikul beban merata :

$$\Delta_{DL} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{DL} \cdot L^4}{E \cdot I_s} \dots\dots\dots(3.56)$$

Dengan :

- q_{DL} = beban mati merata
- L = bentangan
- E = modulus- elastis baja
- I_s = momen- inersia baja

- b. Konstruksi dengan dukungan sementara :

Lendutan akibat beban mati pada tumpuan sederhana yang memikul beban merata:

$$\Delta_{DL} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{DL} \cdot L^4}{E \cdot I_c} \dots\dots\dots(3.57)$$

Dengan :

- q_{DL} = beban mati merata
- L = bentangan
- E = modulus- elastis baja
- I_c = momen- inersia irisan komposit

3.5.4. Perencanaan Penghubung Geser

Untuk menjamin kinerja penampang komposit menjadi sangat efektif, maka di antara profil baja dan beton (pelat) dipasang baut penghubung atau biasa disebut *shear conector*.

Gaya geser horizontal yang terjadi antara beton dan baja (V_h) merupakan nilai terkecil dari persamaan (3.64) dan (3.65)

$$V_h = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot A_c}{2} \dots\dots\dots(3.58)$$

Atau

$$V_h = \frac{A_s \cdot f_y}{2} \dots\dots\dots(3.59)$$

dengan $A_c = b_E \cdot t_s$

A_c = Luas beton efektif (in^2)

b_E = lebar efektif (in)

t_s = tebal beton (in)

A_s = Luas baja (in^2)

Kuat nominal satu penghubung geser jenis paku yang ditanam di dalam pelat beton massif adalah:

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \dots\dots\dots(3.60)$$

dengan A_{sc} = Luas baut *shear conector* (in^2)

f_u = kekuatan baut (ksi)

E_c = Modulus elastisitas beton (ksi)

Jumlah stud yang dibutuhkan:

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \dots\dots\dots(3.61)$$

dengan : n = jumlah stud atau alat penyambung geser yang dibutuhkan

V_h = gaya geser horizontal antara beton dan baja (kip)

Q = gaya geser ijin untuk tiap stud (kip/stud)

Sambungan geser digunakan pada perencanaan sambungan tie beam-coloum, karena momen yang bekerja pada tie beam relatif kecil. Sambungan geser yang digunakan adalah sambungan dudukan balok (*Seated Beam Connections*) dengan las E70xxx.

