

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Load and Resistensi Factor Design 1986 (LRFD 1986)

LRFD adalah suatu metode yang berdasarkan pada kekuatan batas (ultimit), yang pada umumnya terbagi dua kategori yaitu kekuatan (*strength*) dan kemampuan layanan (*seviceability*). Keadaan batas kekuatan merupakan fenomena-fenomena perilaku pada saat mencapai kekuatan duktil maksimum (kekuatan plastis) tekukan, retakan dan geseran. Keadaan batas kemampuan layanan menyangkut penggunaan bangunan, misalnya karena adanya defleksi, deformasi permanen dan rekakan.

Format umum dari spesifikasi LRFD diberikan dengan persamaan sebagai berikut : $\phi R_n \geq \sum \gamma_i \cdot Q_i$ (3.1)

Secara umum persamaan 3.1, berarti bahwa kekuatan (ϕR_n) yang disediakan dalam desain minimal harus sama dengan pemfaktoran beban-beban yang bekerja ($\sum \gamma_i \cdot Q_i$).

Faktor resistensi ϕ bervariasi menurut tipe batang dan keadaan batas yang sedang diperhitungkan. Adapun faktor resistensi menurut LRFD sebagai berikut :

1. Batang Tarik (LRFD-D1) :
 - a. $\phi_t = 0,90$ untuk keadaan batas leleh
 - b. $\phi_t = 0,75$ untuk keadaan batas tekan.

2. Batang Tekan (LRFD-E2) : $\phi_c = 0,85$
3. Balok (LRFD-F2.2) : $\phi_b = 0,90$
4. Peyambung Baut (A325)(LRFD-Tabel J3.2) :
 - a. $\phi = 0,75$ untuk keadaan kuat tarik
 - b. $\phi = 0,65$ untuk keadaan kuat geser

Beban-beban yang akan ditanggung oleh suatu struktur atau elemen struktur tidak selalu dapat diramalkan dengan tepat sebelumnya, demikian juga dengan pendistribusian bebannya dari suatu elemen pada keseluruhan struktur yang biasanya masih membutuhkan asumsi dan pendekatan. Beban-beban yang akan ditinjau pada pembebanan struktur gedung yakni : beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin. Spesifikasi AISC LRFD 1986 mengambil kombinasi-kombinasi beban terfaktor menurut ANSI (*American National Standard minimum Design Loads for Building and other structure*, 1982) dan LRFD-A4.1 menyatakan bahwa kombinasi-kombinasi berikut ini perlu diselidiki :

$$a. \quad 1,4 D \quad (3.2)$$

$$b. \quad 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r + \text{atau } S \text{ atau } R) \quad (3.3)$$

$$c. \quad 1,2 D + 1,6 L (L_r + \text{atau } S \text{ atau } R) + (0,5 L \text{ atau } 0,8 W) \quad (3.4)$$

$$d. \quad 1,2 D + 1,3 W + 0,5 L (L_r + \text{atau } S \text{ atau } R) \quad (3.5)$$

$$e. \quad 1,2 D \pm 1,5 E + (0,5 L \text{ atau } 0,2 S) \quad (3.6)$$

$$f. \quad 0,9 D \pm (1,3 W \text{ atau } 1,5 E) \quad (3.7)$$

Dimana :

D = Beban mati

L = beban hidup

L_r = beban hidup atap

W = beban angin

S = beban salju

E = beban gempa

R = beban air hujan atau es

3.2. Analisis Struktur Pelat dengan menggunakan Beton.

Apabila pelat didukung sepanjang sisi-sisi balok anak dan balok induk, maka dinamakan pelat dua arah dimana lenturan akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus. Namun, apabila perbandingan sisi panjang terhadap sisi pendek yang saling tegak lurus lebih besar dari 2, pelat dapat dianggap hanya bekerja sebagai pelat satu arah dengan lenturan utama pada sisi yang lebih pendek.

3.2.1. Penentuan Tebal Pelat

a. Pelat dua arah

Menurut SKSNI T15-1991-03 sub 3.25-3, rumus pendekatan tebal pelat (h):

$$h_{\min} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \quad (3.8)$$

b. Pelat satu arah

$$h_{\min} = \frac{\ln}{24} \quad (3.9)$$

dimana : \ln = panjang bentang bersih

3.2.2. Menentukan Koefisien Momen

Dalam angka usaha penyederhanaan perencanaan, SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.3 ayat 3 mengijinkan penggunaan koefisien-koefisien dari persamaan momen gaya geser standar apabila keadaa bentang dan beban memenuhi

persyaratan tertentu. Pendekatan tersebut merupakan suatu cara perkiraan dan digunakan untuk bangunan-bangunan gedung standar yang memiliki bentangan, tinggi lapis lantai, dan cara pelaksanaan pembangunan yang berlaku umum. Pendekatan tersebut boleh diterapkan untuk pelat penulangan satu arah dan pelat penulangan dua arah.

3.2.3. Cek Geser

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot 1,15 \cdot w_u \cdot L_n \quad (3.10)$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c} \cdot b \cdot d}{6} \quad (3.11)$$

Syarat $\phi V_c > V_u$

Dimana : ϵ_c = Regangan baja tulangan

ϵ_y = Regangan baja tulangan belum mencapai luluh

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm

C_c = Gaya tekan dalam beton, KN

f_c = Kuat tekan beton, MPa

T_b = Gaya tarik dalam beton, KN

A_s = Luas tulangan tarik, mm²

b = Lebar daerah tekan komponen struktur, mm

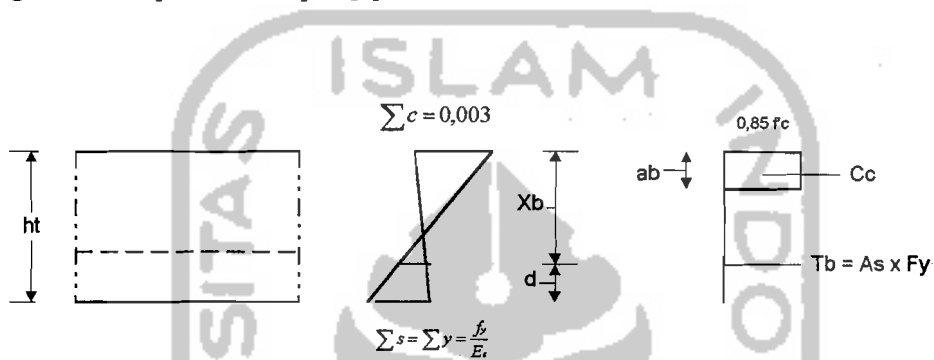
h = Tinggi atau tebal plat beton, mm

V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang, Mpa

V_c = Tegangan geser ijin beton, MPa

3.2.4. Analisis Tampang Pelat

SKSNI T15-1991-03 sub bab 3.3.5 digunakan sebagai acuan dalam menganalisa kapasitas tampang pelat.



Gambar 3.1. Diagram tegangan pelat

a. Dari diagram regangan

$$\frac{x_b}{d} = \frac{\epsilon_c}{(\epsilon_c + \epsilon_y)} = \frac{0.003}{\left(0.003 + \frac{f_y}{200000}\right)} = \frac{600}{(600 + f_y)}$$

b. Dari diagram gaya dalam

$$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot a_b \cdot b = 0,85 \cdot f'c \cdot x_b \cdot \beta_1 \cdot b$$

Dimana : $f'c < 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$

$f'c > 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'c - 30)$

$$T_b = A_s \cdot f_y = \rho \cdot b \cdot d$$

c. Persamaan kesetimbangan

$$C_c = T_b$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot x_b \cdot \beta_1 \cdot b = \rho_b \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{x_b}{d}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad (3.12)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.13)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (3.14)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \quad (3.15)$$

$$R_n = \frac{M_{\max}}{b \cdot d^2} \quad (3.16)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (3.17)$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

3.2.5. Perhitungan Tulangan

a. Tulangan pokok

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \quad (3.18)$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{A_{1\phi} \cdot 100}{A_s} \quad (3.19)$$

b. Perhitungan tulangan susut (SKSNI T15-1991-03, sub bab 3.16.12)

$$A_s = 0,0018 \cdot b \cdot h \quad (3.20)$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{A_{1\phi} \cdot 100}{A_{s_{\text{bagi}}}} \quad (3.21)$$

3.2.6. Kontrol Kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a$$

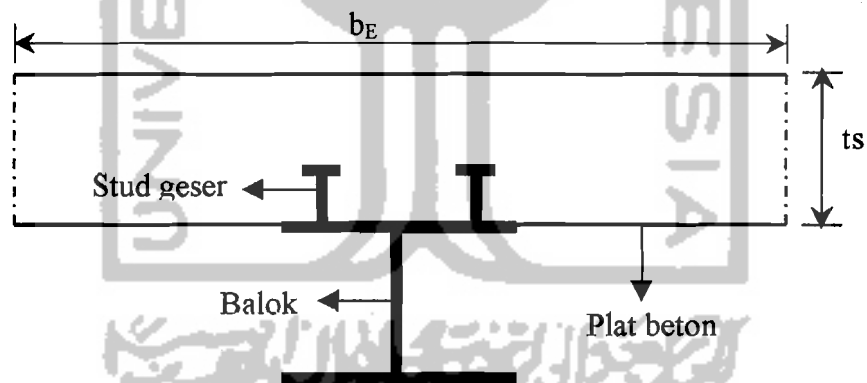
$$T_s = A_s \cdot F_y$$

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \quad (3.22)$$

$$M_n \text{ total} = T_s \cdot (d - \frac{1}{2} \cdot a) > M_n \text{ yang terjadi} \quad (3.23)$$

3.3. Analisis Struktur Balok Komposit

Dalam pelaksanaan konstruksi, struktur komposit dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu konstruksi yang ditopang dengan dukungan sementara (*Shored Construction*) dan konstruksi yang tidak ditopang (*Unshored Construction*).



Gambar 3.2. Balok komposit dengan Shear Conector

3.3.1. Lebar efektif

Lebar efektif diberikan oleh LRFD-13.1 untuk setiap sisi pelat harus diambil berdasarkan nilai terkecil dari :

a. Untuk gelagar interior :

$$b_E \leq \frac{1}{4} L \quad : \quad L = \text{Panjang bentang balok}$$

$$b_E \leq b_o \quad : \quad b_o = \text{Jarak antara balok yang sama}$$

b. Untuk gelagar eksterior :

$$b_E \leq \frac{1}{8} L$$

$$b_E \leq \frac{1}{2} b_o + (\text{jarak dari pusat balok kepinggir slab})$$

3.3.2. Kekuatan Nominal Penampang

Kekuatan momen nominal M_n bila slabnya dalam tekan dibagi dalam dua kategori menurut LRFD-13.2 yang tergantung pada kerampingan badan.

1. Untuk $h_o/t_w \leq (\lambda_p = 640/\sqrt{F_y f})$

M_n = Berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang komposit.

$$\phi_b = 0,85$$

2. Untuk $h_o/t_w > (\lambda_p = 640/\sqrt{F_y f})$

M_n = Berdasarkan superposisi tegangan-tegangan elastis, memperhitungkan efek-efek sekur.

$$\phi_b = 0,90$$

Kekuatan momen nominal M_n , menurut LRFD 13-2, diselesaikan berdasarkan distribusi tegangan plastis untuk 2 daerah momen, yaitu :

a. Pada daerah momen positif

Dengan memanfaatkan nilai terkecil dari gaya tekan C dalam pelat beton diperoleh :

$$C = A_{sw} \cdot F_{yw} + 2 \cdot A_{sf} \cdot F_{yf} \quad (3.24)$$

$$C = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_E \quad (3.25)$$

$$(a) = \frac{C}{0,85 \cdot f'c \cdot b_E} \quad (3.26)$$

$$P_{yw} = (d - 2 \cdot tf) \cdot t_w \cdot F_y \quad (3.27)$$

$$P_{yf} = 0,5 \cdot (A_s \cdot F_y - P_{yw}) \quad (3.28)$$

$$P_y = P_{yw} + 2 \cdot P_{yf} \quad (3.29)$$

$$M_{pw} = 0,25 \cdot P_{yw} \cdot (d - 2 \cdot tf) \quad (3.30)$$

$$M_{pf} = P_{yf} \cdot (d - tf) \quad (3.31)$$

$$M_p = M_{pw} + M_{pf} \quad (3.32)$$

Momen nominal penampang dihitung berdasarkan beberapa kondisi yang dipengaruhi oleh letak sumbu netral plastis (PNA), yaitu :

1. Jika $C \leq P_{yw}$, maka PNA terletak pada badan balok,

$$M_n = M_p - \left(\frac{C}{P_{yw}} \right)^2 M_{pw} + C \cdot e \quad (3.33)$$

2. Jika $C = P_{yw}$, maka PNA terletak pada bagian atas badan balok

$$M_n = M_{pf} + P_{yw} \cdot e \quad (3.34)$$

3. Jika $P_{yw} \leq C \leq P_y$, maka PNA terletak pada sayap balok

$$M_n = 0,5 \cdot (P_y - C) \left[d - \left(\frac{P_y - C}{2 \cdot P_{yf}} \right) \right] + C \cdot e \quad (3.35)$$

4. Jika $C < 0,85 \cdot f'c \cdot A_c$, maka sumbu netral terletak pada pelat

$$M_n = P_y \cdot e \quad (3.36)$$

b. Pada daerah momen negatif

Analisis ini dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal di antaranya :

1. Balok anak diasumsikan balok sebagai simple beam bukan sebagai balok menerus, sehingga momen negatif sama nol.
2. Sistem penulangan pelat pada balok induk yang menyebar menyebabkan analisa momen negatif seperti balok menerus dalam LRFD Apendiks I3 tidak dapat dilakukan dengan sempurna, sehingga analisis kapasitas tampangnya dianggap sebagai baja murni.
3. Pelat lantai dianggap terikat / bersatu dengan sayap tekan baja profil melalui konektor geser, sehingga panjang balok tak berpenopang :
 - a. $L_b = 0$, untuk momen yang terjadi pada daerah positif
 - b. $L_b \neq 0$, untuk momen yang terjadi pada daerah negatif.

Kuat desak balok (*Design Strength of Beam*) menurut LRFD berdasarkan analisis plastis untuk penampang kompak ($C_b = 1,0$), LRFD Apendiks F1 dinyatakan sebagai $\phi_b M_n = \phi_b M_p$, yang tergantung pada panjang batang yang tak berpenopang (*Unbraced length / L_b*) . :

$$\text{Jika } L_b \leq L_p \quad \phi_b M_n = \phi_b M_p, \text{ Kip-ft}$$

$$\text{Jika } L_p < L_b < L_r \quad \phi_b M_n = C_b [\phi_b M_p - BF (L_b - L_p)] \leq \phi_b M_p, \text{ Kip-ft}$$

$$\text{Jika } L_b > L_r \quad \phi_b M_n = \phi_b M_{cr} = \phi_b \left(\frac{S_x X_1 \sqrt{2}}{L_b / r_y} \right) \sqrt{1 + \frac{X_1^2 \cdot X_2}{2(L_b / r_y)^2}} \leq \phi_b M_r, \text{ Kip-ft}$$

Untuk mempermudah perhitungan digunakan tabel LRFD p.3-9 – 3-17.

3.3.3. Defleksi

Defleksi pada balok komposit penuh (LRFD p. 4-7), dihitung berdasarkan momen Inertia “*lower bound*” (I_b). Momen inersia “*lower bound*” ini dihitung untuk daerah momen positif, sedangkan untuk daerah momen negatif, momen inersia = I_x , dari penampang baja profil. Momen inersia lower bound ini diperoleh dari manual LRFD.

Defleksi vertikal untuk baja giling W, M, HP, S, C, & MC menurut LRFD p.3 – 129 dihitung sebagai berikut :

$$\Delta = \frac{e.P.(L^3)}{E.I} \quad (3.37)$$

dimana : e = Koefisien pembebanan berdasarkan perletakannya.

3.3.4. Konektor Geser

Gaya geser horisontal yang terjadi ditransfer oleh konektor geser dan diidentifikasi sebagai berikut :

1. Pada daerah momen positif, gaya geser horisontal total antara momen maksimum dan momen nol adalah nilai terkecil dari :
 - a) $0,85 \cdot f_c \cdot b_E \cdot t_s$: Gaya tekan maksimum dalam lebar efektif dari plat beton.
 - b) $A_s \cdot F_y$: Gaya tarik maksimum terjadi pada baja struktural.
 - c) $\sum Q_n$: Jumlah kuat nominal dari konektor geser.
2. Pada daerah momen negatif, gaya geser horisontal total antara momen maksimum dan momen nol adalah nilai terkecil dari :
 - a) $A_s \cdot F_{yr}$: Gaya tarik maksimum oleh baja tulangan longitudinal.

b) $\sum Q_n$: Jumlah kuat nominal konektor geser.

Jika kondisi 1c) atau 2b) yang menentukan, maka gaya geser horisontal total diklasifikasikan sebagai aksi komposit sebagian (*Partial Composite Action*), sedangkan untuk selain kondisi di atas diklasifikasikan sebagai aksi komposit penuh (*Full Composite Action*).

Kuat nominal untuk satu konektor geser (LRFD 15-3), dapat dilihat dari LRFD p.4-7, atau dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot F_u, \text{ untuk stud berkepala} \quad (3.38)$$

Jumlah konektor geser (n) yang diperlukan antara momen maksimum dan momen nol adalah

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \quad (3.39)$$

Dimana :

T_s = Tinggi atau tebal plat beton, in

A_s = Luas profil balok, in²

F_y = Tegangan luluh baja profil, Ksi

Q_n = Kekuatan nominal salah satu stud, kips

A_r = Luas total baja tulangan longitudinal yang dikembangkan sepenuhnya di dalam lebar efektif b_E plat betonnya, in²

F_{yr} = Tegangan leleh minimum yang dispesifikasikan dari baja tulangannya, Ksi

A_{sc} = Luas penampang lintang stud, ($= \frac{1}{4} \pi \times d_s^2$), in²

d_s = Diameter stud, in

E_c = Modulus elastisitas beton, ksi

F_u^b = Kekuatan tarik stud minimum yang dispesifikasikan,ksi

3.4. Analisis Struktur Kolom Komposit

3.4.1. Batasan-batasan

Batasan-batasan untuk dapat digolongkan sebagai kolom komposit, LRFD-12.1 menggolongkan sebagai berikut :

1. Luas baja $A_s \geq 0,04 A_g$ (luas penampang komposit).
2. Untuk Beton :
 - a. Batang tulangan longitudinal harus digunakan batang yang memikul beban harus kontinu pada level perangkaan (bila ada balok atau slab yang merangka ke kolom). Batang longitudinal lainnya yang hanya digunakan untuk mengekang beton dapat dipotong pada level rangka tersebut.
 - b. Jarak antar sengkang tidak boleh lebih dari $2/3$ dimensi kolom lateral terkecil.
 - c. Luas sengkang lateral dan tulangan longitudinal masing-masing harus lebih dari $0,007 \text{ in}^2/\text{in}$ dari jarak antar tulangan.
 - d. Tebal bersih beton penutup sekurang-kurangnya harus 1,5 in.
3. Kekuatan beton f'_c :
 - a. Beton normal : $3 \text{ ksi} \leq f'_c \leq 8 \text{ ksi}$
 - b. Beton ringan struktural : $f'_c \geq 4 \text{ ksi}$
4. Tegangan leleh maksimum baja yang digunakan dalam perhitungan kekuatan adalah 55 ksi untuk baja struktural maupun untuk batang tulangan.

5. Ketebalan dinding maksimum t untuk pipa atau tabung berisi beton :

a. Untuk tiap lebar permukaan b dalam penampang segi empat

$$t \geq b \sqrt{\frac{F_y}{3.E}} \quad (3.40)$$

b. Untuk diameter luar D dalam penampang lingkaran

$$t \geq D \sqrt{\frac{F_y}{8.E}} \quad (3.41)$$

3.4.2. Kekuatan Nominal Kolom

Kekuatan nominal P_n dari suatu kolom komposit adalah dihitung menggunakan provisi kekuatan kolom reguler dari LRFD-E2 yang dimodifikasi sebagai berikut :

1. Untuk pipa atau tabung yang dicor beton :

$$F_{my} = F_y + F_{yr} \cdot \frac{A_c}{A_s} + 0,85 \cdot f_c \cdot \frac{A_c}{A_s} \quad (3.42)$$

$$E_m = 29000 + 0,4 \cdot E_c \cdot \frac{A_c}{A_s} \quad (3.43)$$

$$r_m = r_s \quad (3.44)$$

2. Untuk baja struktural dicor beton :

$$F_{my} = F_y + 0,7 \cdot F_{yr} \cdot \frac{A_c}{A_s} + 0,6 \cdot f_c \cdot \frac{A_c}{A_s} \quad (3.45)$$

$$E_m = 29000 + 0,2 \cdot E_c \cdot \frac{A_c}{A_s} \quad (3.46)$$

$$r_m = r_s < 0,3 \cdot d \text{ (lentur)} \quad (3.47)$$

Kuat nominal kolom komposit, $\Phi_c \cdot P_{nc}$ berdasarkan modifikasi tersebut menjadi :

$\Phi_c \cdot P_{nc} = 0,85 \cdot A_s \cdot F_{cr}$, dimana $F_{cr} = 0,658^{\lambda c^2} \cdot F_{my}$, jika $\lambda c \leq 1,5$

$$F_{cr} = \frac{0,877}{\lambda c^2} \cdot F_{my} \text{ jika } \lambda c > 1,5 \text{ dengan } \lambda c = \frac{k \cdot l}{r_m \cdot \pi} \sqrt{\frac{F_{my}}{E_m}}$$

Di mana :

A_c = Luas beton

A_r = Luas tulangan longitudinal

A_s = Luas bruto profil baja, pipa, atau tabung

E_c = Modulus elastis beton

F_y = Tegangan leleh minimum profil baja, pipa atau tabung

F_{yr} = Tegangan leleh minimum batang tulangan longitudinal

R_s = Jari-jari girasi profil baja, pipa atau tabung

d_{lentur} = Dimensi keseluruhan penampang komposit dalam bidang lentur

3.4.3. Analisis Struktur Balok – Kolom Komposit

Suatu batang atau elemen struktur yang dibebani gaya aksial tarik/tekan dan momen lentur, LRFD mensyaratkan harus dikontrol terhadap interaksi gaya aksial-momen dengan rumus :

$$a \text{ Jika } \frac{P_u}{\Phi P_n} \geq 2 \text{ maka } \frac{P_u}{\Phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\Phi b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\Phi b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (3.48)$$

$$b \text{ Jika } \frac{P_u}{\Phi P_n} < 2 \text{ maka } \frac{P_u}{2 \cdot \Phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\Phi b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\Phi b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (3.49)$$

ΦP_n , diselesaikan dengan mengikuti persyaratan kolom komposit dengan modifikasi sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\Phi P_n} \geq 0,3 \text{ , maka } \Phi_b M_n = 0,85 \cdot M_{nc}$$

$$\frac{P_u}{\Phi P_n} < 0,3 \text{ , maka } \Phi_b M_n \text{ diperoleh dari interpolasi linier pada } \frac{P_u}{\Phi P_n} \text{ dengan titik}$$

pada garis lurus titik B & C.

$$\text{Titik C} = 0,85 \cdot M_{nc} : \frac{P_u}{\Phi P_n} = 0,3 \text{ dan titik B} = \Phi_b \cdot M_{nc} : \frac{P_u}{\Phi P_n} = 0 \text{ dimana :}$$

$$\Phi_b M_{nb} = 0,9 \cdot Z \cdot F_y \text{ (kips-in) dan}$$

$$M_{nc} = Z \cdot F_y + \frac{1}{3} (h - 2c_r) A_r \cdot F_{yr} + \left(\frac{h}{2} - \frac{A_w \cdot F_y}{1,7 \cdot f \cdot c \cdot b} \right) A_w \cdot F_y$$

Untuk momen desain (M_u) harus dikontrol terhadap adanya faktor pembesaran momen pada ujung kolom, hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan formula LRFD HI-3 berikut ini :

$$M_u = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \quad (3.50)$$

$$P_e = \frac{A_g \cdot F_y}{\lambda^2} \quad (3.51)$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} \quad (3.52)$$

$$B_1 = \frac{c_m}{1 - \frac{P_u}{P_e}} \geq 1,0 \quad (3.53)$$

$$B_2 = \frac{c_m}{1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_e}} \geq 1,0 \quad (3.54)$$

Untuk momen desain M_u harus dikontrol terhadap adanya faktor pembesaran momen pada ujung kolom, hal ini dapat dilakukan dengan

menggunakan formula LRFD HI-3 atau lebih mudahnya dengan menggunakan tabel LRFD p.3-9 – p.3-17 yang telah disediakan.

Dimana :

P_u = Beban tekan aksial terfaktor

P_n = Kekuatan tekan nominal dengan menganggap batang hanya dibebani beban tekan aksial saja sesuai dengan LRFD-E2

Φ_c = Faktor reduksi kekuatan (faktor resistensi) untuk batang tekan
= 0,85.

M_{ux} = Momen lentur terfaktor yang bekerja menurut sumbu – x, termasuk efek-efek orde kedua.

M_{nx} = Kekuatan momen nominal untuk lentur menurut sumbu – x, sesuai dengan LRFD-F1

Φ_b = Faktor reduksi kekuatan (faktor resistensi) untuk batang-batang fleksural
= 0,90.

M_{uy} = sama dengan M_{ux} kecuali mengacu ke sumbu – y.

M_{ny} = Sama dengan M_{nx} kecuali mengacu ke sumbu – y

C_m = Koefisien momen

P_e = Beban Euler

3.5. Analisis Gaya Gempa Statik Ekuivalen

Adapun prosedur perencanaan menggunakan metode ini adalah :

1. Menghitung berat lantai total $W_T = W_m + W_h$

Dimana : W_m = beban mati & W_h = beban hidup

2. Menghitung waktu getar alami, T (PPKGURG '87, BAB II, Pasal 2.4.5.a.)

$$T = 0,085 \cdot H^{0,75} \text{ untuk portal baja} \quad (3.55)$$

3. Menentukan koefisien gempa dasar (C), berdasarkan kondisi tanah dan wilayah dimana struktyur yang ditinjau berada.(PPKGURG'87,BAB II, Pasal 2.4.2, gambar 2.3)

4. Menentukan faktor keutamaan gedung (I), berdasarkan kegunaan struktur yang akan dibuat (PPKGURG'87, BAB II, Pasal 2.4.3, tabel 2-1)

5. Menentukan faktor jenis (K), berdasarkan jenis struktur dan bahayanya (PPKGURG'87, BAB II, Pasal 2.4.4, tabel 2.2)

6. Menentukan gaya geser horisontal akibat gempa, (PPKGURG'87, BAB II, Pasal 2.4.1)

$$V = C.I.K.W_T \quad (3.56)$$

7. Kontrol rasio lebar dan tinggi struktur (PPKGURG'87, BAB II, Pasal 2.4.6)

a. Jika $\frac{H}{B} > 3$, maka $F_{atap} = 0,10 \cdot V$; $F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot 0,9 \cdot V$ (3.57)

b. Jika $\frac{H}{B} < 3$, maka $F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V$ (3.58)

Dimana : F_i = Gaya gempa lantai i

W_i = Berat lantai i

V = Gaya geser horisontal total