

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Analisis dan Kombinasi Beban

Penerapan faktor keamanan sangat penting dalam perencanaan struktur bangunan. Faktor keamanan mengendalikan kemungkinan terjadinya runtuh yang dapat membahayakan keselamatan penghuninya, di samping faktor ekonomis bangunan yang juga perlu untuk diperhatikan. Sehingga dalam penerapan perlu ditetapkan suatu kebutuhan relatif yang ingin dicapai, di mana struktur gedung mampu memikul beban yang lebih besar dari beban yang direncanakan.

Kriteria dasar kuat rencana yang digunakan adalah sebagai berikut: Kekuatan yang tersedia lebih besar dari kekuatan yang dibutuhkan (Dipohusodo, 1999, hal 40).

Kekuatan semua penampang komponen struktur dari gedung direncanakan sesuai dengan kriteria dasar di atas. Kekuatan yang diperlukan, disebut kuat perlu dan diberi simbol U menurut RSNI *Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung* (BSN,2002a) adalah sebagai berikut :

1. Kuat perlu U untuk menahan beban mati (D) paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,4 D \dots\dots\dots(2.1 - 1)$$

Kuat perlu U untuk menahan beban mati (D), Beban hidup (L), dan juga beban atap (A) atau beban hujan (R), paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R) \dots\dots\dots(2.1 - 2)$$

2. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa (E) harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu U harus diambil sebagai :

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E \dots\dots\dots(2.1 - 3)$$

atau

$$U = 0,9 D \pm 1,0 E \dots\dots\dots(2.1 - 4)$$

dengan:

- U = kuat perlu
 D = beban mati
 L = beban hidup
 E = beban gempa

Ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan dianggap sebagai faktor reduksi (ϕ). Dalam RSNl *Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung* (BSN, 2002a, hal 61) , faktor reduksi (ϕ) diatur sebagai berikut:

1. Lentur, tanpa beban aksial ($\phi = 0,8$),
2. Untuk beban aksial dengan lentur, kedua nilai kuat nominal dari beban aksial dan momen harus dikalikan dengan nilai ϕ tunggal yang sesuai :
 - a. Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur ($\phi = 0,8$)
 - b. Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur ($\phi = 0,7$),
3. Geser dan torsi ($\phi = 0,75$)

Kecuali pada struktur yang bergantung pada sistem rangka pemikul momen khusus atau sistem dinding khusus untuk menahan pengaruh gempa :

- a. Faktor reduksi untuk geser pada komponen struktur penahan gempa yang kuat geser nominalnya lebih kecil dari pada gaya geser yang timbul sehubungan dengan pengembangan kuat lentur nominalnya ($\phi = 0,55$)
- b. Faktor reduksi untuk geser pada diafragma tidak boleh melebihi faktor reduksi minimum untuk geser yang digunakan pada komponen vertikal dari sistem pemikul beban lateral
- c. Geser pada hubungan balok–kolom dan pada balok perangkai yang diberi tulangan longitudinal ($\phi = 0,8$)
- d. Tumpuan pada beton kecuali untuk daerah pengangkuran pasca tarik ($\phi = 0,65$)

2.2. Perhitungan Beban Gempa

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing – masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal statik ekuivalen.

Beban geser dasar nominal statik ekuivalen V yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung berdasarkan SNI Gempa pasal 6.1.2 (BSN, 2002b, hal 27) :

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_i \dots \dots \dots (2.2 - 1)$$

dengan:

- V = beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen
- C_1 = nilai faktor respons gempa yang didapat dari spektrum respons gempa rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung
- I = faktor keutamaan gedung
- W_i = berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai
- R = faktor reduksi gempa

Beban geser dasar nominal V harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban – beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke- i dihitung berdasarkan SNI Gempa pasal 6.1.3 (BSN, 2002b, hal 28) :

$$F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot z_i} \dots \dots \dots (2.2 - 2)$$

dengan:

- W_i = berat lantai tingkat ke- i , termasuk beban hidup yang sesuai
- z_i = ketinggian lantai tingkat ke- i diukur dari taraf penjepitan lateral
- n = nomor lantai tingkat paling atas

Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan dalam arah masing – masing sumbu utama dapat ditentukan dengan rumus Rayleigh sebagai berikut :

$$T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i \cdot d_i}} \dots\dots\dots (2.2 - 3)$$

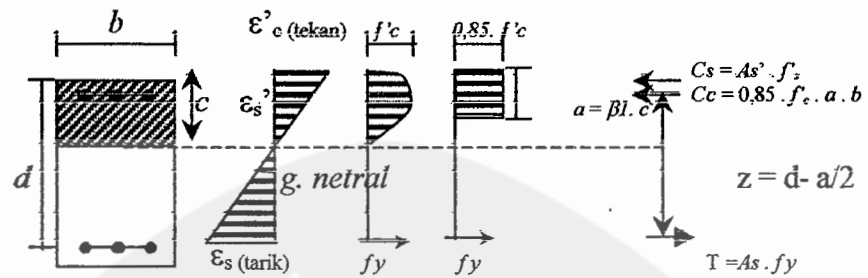
dengan :

- d_i = simpangan horisontal lantai tingkat ke-i dalam mm
 g = percepatan gravitasi yang ditetapkan sebesar 9810 mm/det²

Apabila waktu getar alami fundamental T_1 struktur gedung untuk penentuan faktor respons gempa C_1 ditentukan dengan rumus – rumus empirik atau didapat dari hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, nilainya tidak boleh menyimpang lebih dari 20 % dari nilai yang dihitung menurut persamaan (2.2 –3) (SNI Gempa Pasal 6.2.2 (BSN, 2002b, hal 29).

2.3. Perencanaan Balok

Balok adalah batang struktural untuk menahan gaya – gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya lenturan. Balok merupakan elemen struktur yang menyalurkan beban – beban dari pelat lantai ke kolom penyangga vertikal. Dua hal utama yang dialami oleh balok adalah tekan dan tarik, antara lain karena adanya pengaruh lentur ataupun gaya lateral. Gambar 2.1 menjelaskan tentang regangan dan tegangan yang terjadi pada balok.



Gambar 2.1. Distribusi tegangan regangan balok

Gaya – gaya yang bekerja pada blok desak beton, baja desak dan baja tarik berturut – turut adalah :

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \dots\dots\dots (2.3 - 1a)$$

$$C_s = A_s' \cdot f'_s \dots\dots\dots (2.3 - 1b)$$

$$T_s = A_s \cdot f_y \dots\dots\dots (2.3 - 1c)$$

dengan:

- A_s' = luas tulangan pada daerah desak
- A_s = luas tulangan pada daerah tarik
- f'_c = mutu beton
- f'_s = mutu baja pada daerah desak
- f_y = mutu baja pada daerah tarik
- a = tinggi blok tegangan persegi ekivalen
- b = lebar dari muka tekan komponen struktur

jika ϵ'_s (regangan dari baja yang mengalami desak) < ϵ_s (regangan dari baja yang mengalami tarik) maka tegangan pada baja desak dapat dihitung dengan :

$$f'_s = 600 \left(1 - \beta_1 \frac{d'}{a} \right) \dots\dots\dots (2.3 - 2)$$

Keseimbangan gaya-gaya horisontal $Cc + Cs = Ts$, dan dengan menggunakan persamaan (2.3 – 1a), (2.3 – 1b) dan (2.3 – 1c) menghasilkan nilai rasio penulangan ρ sebagai berikut :

$$\rho = 0,85 \cdot \frac{a}{d} \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{1}{\left(1 - \delta \cdot \frac{f'_s}{f_y}\right)} \dots\dots\dots (2.3 - 3)$$

dengan :

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \dots\dots\dots (2.3 - 4)$$

$$\delta = \frac{A_s'}{A_s} \dots\dots\dots (2.3 - 5)$$

Dari keseimbangan momen diperoleh Momen nominal Mn sebagai berikut :

$$Mn = Cc \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs \cdot (d - d') \dots\dots\dots (2.3 - 6)$$

dengan menggunakan persamaan (2.3 – 1), (2.3 – 4) dan (2.3 – 5) menghasilkan :

$$Rn = \rho \left\{ f_y \cdot \left(1 - \delta \cdot \frac{f'_s}{f_y}\right) \cdot \left(1 - 0,5 \cdot \frac{a}{d}\right) + \delta \cdot f'_s \cdot \left(1 - \frac{d'}{d}\right) \right\} \dots\dots\dots (2.3 - 7)$$

dengan tahanan momen Rn didefinisikan sebagai :

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.3 - 8)$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots (2.3 - 9)$$

Perencanaan tulangan balok menggunakan langkah – langkah sebagai berikut :

1. menentukan tinggi garis netral dengan cara asumsi terlebih dahulu,
2. menghitung f'_s , ρ , momen nominal dan momen ultimit dari persamaan (2.3 – 2), (2.3 – 3), (2.3 – 6), dan (2.3 – 9),
3. nilai momen ultimit dibandingkan dengan nilai momen luar yang bekerja,
4. hitungan diulang untuk nilai c tertentu sampai didapatkan nilai momen ultimit \approx nilai momen luar yang bekerja,
5. syarat $\rho - \rho' < \beta_1 \cdot \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \cdot \frac{d'}{d}$ (2.3 – 10)

untuk tulangan desak belum luluh.

Kuat geser perlu balok portal dihitung menurut persamaan :

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L} \pm \frac{W_u \cdot L}{2} \text{(2.3 – 11)}$$

dengan:

- M_{pr1} = momen kapasitas balok, $M_{pr} = M_{kap} = 1,25 \cdot M_n$
 M_{pr2} = momen kapasitas balok di ujung yang lain
 L = bentang bersih balok
 W_u = berat total balok

Penulangan torsi balok dihitung dengan cara sebagai berikut :

1. Periksa apakah balok memerlukan tulangan torsi atau tidak dengan menggunakan persamaan :

$$T = \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots \dots \dots (2.3 - 12)$$

dengan:

- ϕ = faktor reduksi untuk torsi ($\phi = 0,75$)
- f'_c = mutu beton
- A_{cp} = luas penampang beton
- P_{cp} = keliling penampang beton

jika momen torsi yang terjadi kurang dari persamaan (2.3 - 12) maka berdasarkan RSNI beton pasal 13.6 butir 1.a (BSN, 2002a, hal 95) pengaruh torsi boleh diabaikan.

2. Momen torsi terfaktor maksimum T_u dapat dikurangi menjadi

$$T_u = \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{3} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots \dots \dots (2.3 - 13)$$

3. Dimensi penampang melintang akibat geser dan torsi harus memenuhi ketentuan berikut ini :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2} \right)} \leq \phi \cdot \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + \frac{2\sqrt{f'_c}}{3} \right) \dots \dots \dots (2.3 - 14)$$

dengan:

- Vu = gaya geser terfaktor pada penampang
- bw = lebar badan balok
- d = jarak dari serat terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal
- Tu = Momen puntir terfaktor pada penampang
- p_h = keliling dari garis pusat tulangan sengkang torsi terluar
- A_{oh} = luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang Terluar
- Vc = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

4. Nilai Momen torsi nominal dihitung dengan persamaan :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} \dots\dots\dots(2.3 - 15)$$

5. Tulangan sengkang untuk torsi dihitung dengan persamaan :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yv}}{s} \cot \theta \dots\dots\dots(2.3 - 16)$$

dengan:

- T_n = kuat momen torsi nominal
 A_o = luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser ($A_o = 0,85 A_{oh}$)
 A_t = luas satu kaki sengkang tertutup
 f_{yv} = kuat leleh tulangan sengkang torsi
 s = spasi tulangan torsi
 θ = sudut diagonal tekan

6. Tulangan longitudinal untuk torsi dihitung dengan persamaan :

$$A_l = \frac{A_t}{s} p_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yl}} \right) \cot^2 \theta \dots\dots\dots(2.3 - 17)$$

dengan :

- f_{yl} = kuat leleh tulangan longitudinal torsi

2.4. Perencanaan Kolom

Kolom merupakan bagian dari suatu kerangka bangunan yang menempati posisi penting dalam sistem struktur bangunan. Bila terjadi kegagalan pada kolom maka dapat berakibat keruntuhan komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan terjadi keruntuhan total pada keseluruhan struktur bangunan (Dipohusodo, 1999, hal 287).

Persyaratan gaya agar elemen tegak tersebut dapat dirancang sebagai kolom adalah :

$$Pu > 0,1 \cdot Ag \cdot f_c \dots\dots\dots(2.4 - 1)$$

dengan:

Pu = gaya aksial yang bekerja pada kolom
 Ag = luas penampang kolom

Jika syarat dari persamaan (2.4 - 1) terpenuhi maka dirancang sebagai kolom dengan faktor reduksi ($\phi = 0,65$), jika tidak maka kolom dirancang sebagai balok dengan menggunakan faktor reduksi ($\phi = 0,8$).

Gaya – gaya kolom yang masih merupakan gaya biaksial dikonversikan menjadi momen uniaksial dengan cara – cara sebagai berikut (Sudarmoko dan Aswin, 1994, hal 44) :

$$\frac{Mny}{Mnx} \geq \frac{b}{h} \dots\dots\dots(2.4 - 2)$$

dengan:

Mnx = momen nominal yang terjadi searah sumbu x
 Mny = momen nominal yang terjadi searah sumbu y
 b = lebar penampang kolom
 h = tinggi penampang kolom

Jika syarat persamaan (2.4 - 2) terpenuhi maka digunakan persamaan :

$$Mnoy = Mnx \cdot \frac{b}{h} \cdot \left(\frac{1 - \beta}{\beta} \right) + Mny \dots\dots\dots(2.4 - 3)$$

dengan:

$Mnoy$ = momen uniaksial kolom
 β = nilai yang didapatkan dari hubungan interaksi untuk lentur biaksial, untuk perancangan biasanya diambil 0,65

Jika tidak memenuhi maka digunakan persamaan :

$$M_{nox} = M_{ny} \cdot \frac{b}{h} \cdot \left(\frac{1 - \beta}{\beta} \right) + M_{nx} \dots\dots\dots(2.4 - 4)$$

Analisis kemampuan penampang kolom dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, tergantung pada nilai beban aksial nominalnya (P_n).

$$P_n > 0,1 \cdot A_g \cdot f_c \dots\dots\dots(2.4 - 5)$$

Jika syarat persamaan (2.4 - 5) terpenuhi maka digunakan *Bresler Reciprocal Load Method*.

$$\frac{1}{\frac{1}{P_{0x}} + \frac{1}{P_{0y}} - \frac{1}{P_0}} = P_i \dots\dots\dots(2.4 - 6)$$

dengan:

- P_i = nilai P yang ingin diketahui
- P_0 = kekuatan nominal di bawah tekan aksial saja tanpa eksentrisitas
- P_{0x} = kekuatan nominal pada eksentrisitas uniaksial e_{yB}
- P_{0y} = kekuatan nominal pada eksentrisitas uniaksial e_{xA}

Jika syarat pada persamaan (2.4 - 5) tidak terpenuhi maka digunakan Metode Kontur Beban.

$$\frac{M_{nx}}{M_{nox}} + \frac{M_{ny}}{M_{noy}} \leq 1 \dots\dots\dots(2.4 - 7)$$

Kuat lentur kolom juga harus memenuhi persamaan berikut :

$$\sum M_e \geq \frac{6}{5} \sum M_g \dots\dots\dots(2.4 - 8)$$

dengan:

- M_e = momen lentur kolom pada pusat hubungan balok – kolom
- M_g = momen lentur balok pada pusat hubungan balok – kolom

Tulangan geser atau tulangan transversal untuk kolom direncanakan diletakkan pada sejarak l_o dari setiap muka hubungan balok kolom, berikut ini adalah syarat untuk menentukan l_o berdasarkan pasal 23.4.(4.(4)) (BSN, 2002a, hal 214), yaitu :

\geq tinggi penampang komponen struktur

$\geq \frac{1}{6}$ bentang bersih komponen struktur

≥ 500 mm

Gaya geser kolom didapatkan dari persamaan :

$$V_e \text{ kolom} = \frac{M_{pr} \text{ kolom atas} + M_{pr} \text{ kolom bawah}}{h} \dots\dots\dots(2.4 - 9)$$

dengan:

h = bentang bersih kolom

2.5. Perencanaan Sambungan Balok – Kolom

Kuat geser nominal hubungan balok-kolom tidak boleh diambil lebih besar daripada ketentuan berikut ini untuk beton berat normal.

Untuk hubungan balok-kolom yang terkekang pada keempat sisinya, kuat geser nominalnya adalah

$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j \dots\dots\dots(2.5 - 1)$$

Untuk hubungan balok-kolom yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan adalah

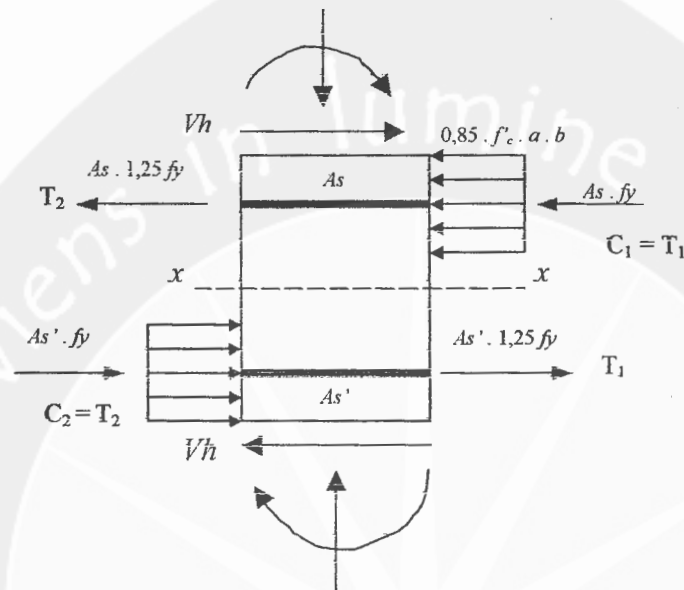
$$V_n = 1,25 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j \dots\dots\dots(2.5 - 2)$$

Untuk hubungan lainnya adalah

$$V_n = 1,0 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j \dots \dots \dots (2.5 - 3)$$

dengan:

A_j = Luas efektif hubungan balok kolom



Gambar 2.2 Gaya – Gaya yang Terjadi di Hubungan Balok - Kolom

Gambar 2.2 menunjukkan keseimbangan gaya yang terjadi pada hubungan balok kolom

Nilai V_h dihitung menurut persamaan berikut :

$$V_h = \frac{M_{kap\ total}}{0,5 \cdot (h_{atas} + h_{bawah})} \dots \dots \dots (2.5 - 4)$$

Dari gambar dapat di perhatikan keseimbangan gaya yang terjadi yaitu :

Pada bagian atas garis netral $x - x$

$V_u = T_2 + C_1 - V_h$, karena $C_1 = T_1$ maka

$$V_u = T_2 + T_1 - V_h \dots \dots \dots (2.5 - 5)$$

$$T_1 = A_s' \cdot 1,25 f_y \dots\dots\dots(2.5 - 6)$$

$$T_2 = A_s \cdot 1,25 f_y \dots\dots\dots(2.5 - 7)$$

Periksa kemampuan beton untuk menahan geser dengan menggunakan persamaan :

$$\phi \cdot V_n > V_u \dots\dots\dots(2.5 - 8)$$

2.6. Perencanaan Pelat

Perancangan pelat dalam Tugas Akhir ini menggunakan pelat dua arah dengan pendistribusian beban pelat ke balok berdasarkan *envelope method* (metode amplop). Konstanta pengali dalam perhitungan pelat lantai dan pelat atap mengacu pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia (DPU, 1971). Langkah – langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. menentukan syarat – syarat batas dan bentangnya (l_x dan l_y),
2. menentukan tebal pelat,
3. menghitung beban – beban dengan :

$$W_u = 1,2W_D + 1,6W_L + 0,5W_R \dots\dots\dots(2.6 - 1)$$

atau

$$W_u = 1,2W_D + 1,6W_L \dots\dots\dots(2.6 - 2)$$

4. Menentukan momen – momen yang menentukan, berdasarkan Tabel 13.3.1 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia, DPU, 1971, hal 202),
5. menghitung tulangan dengan syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ maka perlu menentukan kembali tebal pelat, kemudian memilih tulangan.

2.7. Perencanaan Fondasi

Langkah – langkah perencanaan untuk fondasi adalah sebagai berikut :

1. Tentukan data – data yang dibutuhkan dalam perhitungan, seperti gaya – gaya luar yang terjadi, data – data tanah,
2. Hitung tegangan tanah yang terjadi (σ)

$$\sigma = \frac{N_{tot}}{F} \pm \frac{M_{tot}}{W} \dots\dots\dots(2.7 - 1)$$

dengan:

N_{tot} = gaya aksial total

M_{tot} = momen total

F = luas fondasi

$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$

3. Hitung tegangan tanah yang diijinkan (σ_{ijin}) dengan metode *Meyerhoff*

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \dots\dots\dots(2.7 - 2)$$

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{n} \dots\dots\dots(2.7 - 3)$$

dengan:

q_{ult} = daya dukung ultimit

c = nilai kohesi tanah

q = beban tanah yang diukur dari permukaan sampai ke dasar fondasi

s_c, s_q, s_γ = faktor bentuk

d_c, d_q, d_γ = faktor kedalaman

N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung Mayerhof

4. Periksa apakah tegangan yang terjadi lebih besar dari tegangan yang diijinkan. Jika lebih besar maka fondasi perlu diperbesar atau diganti jenisnya.

5. Fondasi harus kuat terhadap kombinasi antara pembebanan gravitasi dan pembebanan gempa.
6. Kuat geser fondasi harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$V_u \leq \phi \cdot V_c \dots\dots\dots(2.7-4)$$

dengan :

V_u = gaya geser akibat beban-beban terfaktor

V_c = gaya geser nominal

ϕ = faktor reduksi geser (digunakan $\phi = 0,55$)

7. Kontrol terhadap gaya geser dua arah

$$V_{cu} = \phi \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{3} \right) \cdot b_o \cdot dr \dots\dots\dots(2.7-5)$$

dengan :

V_{cu} = kemampuan beton menahan gaya geser

ϕ = faktor reduksi geser ($\phi = 0,55$)

b_o = keliling daerah kritis fondasi

dr = jarak dari serat beton teratas ke pusat berat penampang tulangan baja

$$V_u - P_{t_{netto}} \cdot ((m \cdot n) - (k + dr_1) \cdot (l + dr_2)) \dots\dots\dots(2.7-6)$$

dengan:

V_u = gaya geser ultimit

$P_{t_{netto}}$ = tegangan bersih

m = lebar fondasi

n = panjang fondasi

k = panjang kolom

l = lebar kolom

8. Kontrol terhadap gaya geser satu arah

$$V_{cu} = \phi \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots(2.7-7)$$

$$V_u = P_{t_{netto}} \cdot (q \cdot m) \dots\dots\dots(2.7-8)$$

Langkah-langkah untuk menghitung tulangan untuk fondasi adalah sebagai berikut:

1. hitung $Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$ (2.7-9)

2. hitung $\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c}} \right)$ (2.7-10)

3. periksa apakah memenuhi syarat $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$

dengan :

$$\rho_{\min} = 0,0018 \text{(2.7-11)}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \left\{ \left(\frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{fy} \right) \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \right\} \text{(2.7-12)}$$