

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Beton bertulang adalah suatu bahan bangunan yang kuat, tahan lama, dan dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Kolom adalah batang vertikal dari rangka (*frame*) struktur yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai tanah melalui pondasi. Dalam kenyataannya, unsur struktur tekan dengan beban aksial murni (eksentrisitas sama dengan nol) merupakan hal yang sangat mustahil. Umumnya kolom memikul beban aksial dan momen yang dapat ditimbulkan oleh kekangan ujung akibat ketidaktepatan letak dan ukuran kolom atau karena eksentrisitas yang terjadi akibat ketidaktepatan letak dan ukuran kolom, beban yang tidak simetris akibat perbedaan tebal plat disekitar kolom atau karena ketidak sempurnaan lainnya (Sudarmoko 1994).

Suatu penampang beton bertulang harus menahan tidak hanya beban momen lentur M tetapi juga gaya normal (gaya aksial) P , maka distribusi tegangan internal menjadi lebih kompleks. Dari teori elastisitas diketahui bahwa tegangan – tegangan yang ditimbulkan M dan P boleh dijumlahkan sehingga memperoleh tegangan resultan (Vis & Gideon 1993).

3.2 Analisis Struktur Pelat

Didalam Analisis pelat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu pelat dengan tulangan satu arah dan pelat dengan tulangan dua arah.

1. Menentukan Tebal Minimum Pelat (h)

- Tegangan leleh baja (f_y) : dalam satuan MPa
- Mutu beton rencana (f'_c) : dalam satuan MPa

Pada SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5 butir 3.3 memberikan pendekatan empiris mengenai batasan defleksi dilakukan dengan tebal pelat minimum sebagai berikut:

$$\frac{Ln\left(0.8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \leq h \leq \frac{Ln\left(0.8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\text{Sehingga diambil } h : \frac{Ln\left(0.8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan :

H = Ketebalan Pelat (mm)

Ln = Panjang terpanjang tulangan (mm)

Fy = Mutu baja tulangan (MPa)

β = l_y/l_x (rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek)

α_m = Rasio kekakuan balok terhadap pelat

Syarat tebal minimum pelat:

- Untuk α_m kurang dari 2,0 digunakan nilai h minimal 120 mm.
- Untuk α_m lebih dari atau sama dengan 2,0 digunakan nilai h minimal 90 mm.

2. Menentukan Momen Lentur Terjadi

Perencanaan dan analisis pelat dua arah untuk beban gravitasi dilakukan dengan menggunakan metode *koefisien momen*. Besar momen lentur dalam arah bentang panjang:

$$M_{tx} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx \cdot c_{tx} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx \cdot c_{lx} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx \cdot c_{ty} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx \cdot c_{ly} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

- qu = Beban merata
- Lx = Panjang bentang pendek
- c_{tx} = koefisien momen tumpuan arah x
- c_{lx} = koefisien lapangan arah x

c_y = koefisien momen tumpuan arah y

c_x = koefisien lapangan arah y

Nilai koefisien momen (c) diambil dari tabel 13.3.1 dan 13.3.2 PBI 1971

3. Menentukan Tinggi Manfaat (d) arah x dan y

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\rho_b = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(3.9)$$

dengan nilai β_1 :

$$f'_c \leq 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,77$$

$$f'_c = 50 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,69$$

Pada pelat dua arah, tulangan momen positif untuk kedua arah dipasang saling tegak lurus. Karena momen positif arah bentang pendek (x) lebih besar dari bentang panjang (y), maka tulangan bentang pendek diletakkan pada lapis bawah agar memberikan d (tinggi manfaat) yang besar.

$$d_x = h - P_b - \frac{1}{2} \phi_{tul} \dots\dots\dots(3.10)$$

$$d_y = h - P_b - \frac{1}{2} \phi_{tul} \dots\dots\dots(3.11)$$

Untuk tulangan $d_x - d_y - d_x$

4. Menentukan Luas Tulangan (A_s) arah x dan y

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots(3.12)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \dots\dots\dots(3.13)$$

$$\rho_{ada} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \dots\dots\dots(3.14)$$

- Jika $\rho_{ada} > \rho_{maks}$ tebal minimum (h) harus diperbesar
- Jika $\rho_{min} < \rho_{ada} < \rho_{maks}$ dipakai nilai : $\rho_{pakai} = \rho_{ada}$
- Jika $\rho_{ada} < \rho_{min}$ dan $1,33 \rho_{ada} > \rho_{min}$ dipakai nilai : $\rho_{perlu} = \rho_{min}$
- Jika $\rho_{ada} < \rho_{min}$ dan $1,33 \rho_{ada} < \rho_{min}$
dipakai nilai : $\rho_{perlu} = 1,33 \rho_{pakai}$

Setelah didapat nilai ρ_{perlu} maka:

$$As_{Perlu} = \rho_{perlu} . b . d \geq As_{susut/bagi} = 0,002 . b . h$$

Nilai lebar pelat (b), diambil tiap 1 meter (1000 mm)

Jarak antar tulangan: $s \leq \frac{A_1 . b}{As_{perlu}}$ (3.15)

$$s \leq 2h$$
 (3.16)

$$s \leq 250 \text{ mm}$$
 (3.17)

Diambil jarak tulangan (s) yang terkecil, sehingga didapatkan nilai:

$$As_{ada} = \frac{A_1 \phi . b}{s}$$
(3.18)

5. Kontrol Kapasitas Momen Lentur (Mn) Pelat yang Terjadi

$$a = \frac{As_{ada} . fy}{0,85 . f'c . b}$$
 (3.19)

$$Mn = As_{ada} . fy . (d - \frac{a}{2}) \geq \frac{Mu}{\phi}$$
 (3.20)

Bila $\rho_{perlu} = 1,33 . \rho_{ada}$, maka :

$$Mn = As_{ada} . fy . (d - \frac{a}{2}) \geq 1,33 . \frac{Mu}{\phi}$$

Untuk tulangan susut/bagi digunakan seluas, $As_{susut/bagi} = 0,002 . b . h$

3.3 Analisis Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban yang sangat tidak dapat diperkirakan baik besarnya maupun arahnya. Agar gaya – gaya gempa yang diperhitungkan tidak terlalu besar, arahnya cukup dapat diperkirakan, dan distribusi gaya – gayanya

dapat dilakukan secara sederhana, ketentuan – ketentuan dibawah ini sangat perlu untuk diperhatikan dalam perencanaan struktur beton didaerah gempa.

1. Tata letak struktur
2. Desain kapasitas
3. Pendetailan.

Dengan memenuhi ketiga syarat – syarat ini maka perencanaan struktur beton didaerah gempa dapat dilakukan dengan sederhana, aman dan ekonomis.

1. Gaya Geser Dasar (V)

Gaya geser dasar merupakan gaya geser horisontal yang besarnya dipengaruhi oleh persamaan :

$$V = C . I . K Wt \quad \dots\dots\dots(3.21)$$

- Dimana : C = Koefisien gempa dasar
 I = Faktor keutamaan gedung
 K = Faktor jenis gedung
 Wt = Berat total struktur

2. Koefisien Gempa Dasar (C)

Koefisien gempa dasar dipengaruhi kondisi wilayah gempa, waktu getar alami struktur (T) dan kondisi tanah setempat. (C) dapat dicari dengan gambar wilayah gempa. Waktu getar struktur (T) dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$T = 0,06 \times H^{3/4} \quad \dots\dots\dots(3.22)$$

- Dimana : T = waktu getar alami struktur (det).
 H = Tinggi struktur (meter).

3. Faktor Keutamaan Gedung (I)

Faktor keutamaan digunakan untuk memperbesar beban rencana agar struktur dapat memikul beban gempa dengan periode ulang yang panjang atau struktur mempunyai tingkat kerusakan yang lebih kecil.

4. Faktor Jenis Struktur (K)

Faktor jenis struktur K dimaksudkan agar struktur mempunyai kekuatan lateral yang cukup untuk menjamin daktilitas yang dituntut tidak lebih besar dari daktilitas yang tersedia pada saat terjadi gempa kuat.

5. Berat Total Bangunan (Wt)

Merupakan berat total dari struktur bangunan yang direncanakan di tambah dengan beban hidup.

Distribusi Gaya Geser Horizontal (Fi)

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

1. Struktur bangunan yang memiliki nilai $H/B < 3$, gaya horisontal untuk masing – masing lantai dapat dihitung dengan persamaan:

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} V \quad \dots\dots\dots(3.23)$$

2. Struktur bangunan gedung yang memiliki nilai $H/B \geq 3$, maka 90% beban didistribusikan berupa gaya horisontal akibat beban gempa (Fi) untuk masing – masing lantai dihitung dan 10% beban lainnya ditambahkan pada tingkat paling atas atau atap. Yang dihitung melalui persamaan berikut:

$$F_n = 0.1V + \frac{W_n \cdot h_n}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot 0.9V \quad \dots\dots\dots(3.24)$$

Untuk lantai selain atap dihitung dengan persamaan berikut :

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot 0.9V \quad \dots\dots\dots(3.25)$$

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

3.4 Perencanaan Balok

Pada perencanaan ini digunakan metode kekuatan batas (ultimit), dimana beban kerja dikalikan faktor beban yang disebut beban terfaktor. Dari beban terfaktor ini, dimensi struktur direncanakan sedemikian rupa sehingga didapat kuat penampang yang pada saat runtuh besarnya kira – kira lebih kecil sedikit dari

kuat batas runtuh sesungguhnya. Kekuatan pada saat runtuh disebut kuat batas (ultimit) dan beban bekerja saat runtuh disebut beban ultimit. Kuat rencana penampang didapat dari perkalian kuat nominal/teoritis dengan faktor kapasitas.

Langkah-langkah perencanaan elemen balok adalah sebagai berikut:

1. Menentukan mutu beton dan baja tulangan

- Tegangan leleh baja (f_y) : dalam satuan MPa
- Kuat desak rencana beton ($f'c$) : dalam satuan MPa

Didapat nilai faktor tegangan beton (β_1), sama dengan : (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.3 butir 7.3)

$$f'c \leq 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f'c > 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 \cdot (f'c - 30) \geq 0,65 \dots \dots (3.26)$$

2. Menentukan nilai rasio tulangan (ρ)

Dalam menentukan nilai rasio tulangan (ρ), beton dalam keadaan regangan seimbang, yaitu pada saat regangan beton mencapai maksimum $\epsilon_{cu} = 0,003$ bersamaan regangan baja mencapai leleh $\epsilon_s = \epsilon_y = f_y/\epsilon_s$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \dots \dots (3.27)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b \dots \dots \dots (3.28)$$

$$\text{Dalam perencanaan dipakai nilai } \rho, \rho_{pakai} = \rho_{maks} > \rho_{min} \dots \dots \dots (3.29)$$

dengan nilai β_1 :

$$f'c \leq 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f'c = 40 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,77$$

$$f'c = 50 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,69$$

Dimana : ρ_b = rasio tulangan terhadap luas efektif dalam keadaan seimbang

ρ_{maks} = rasio tulangan maksimum

ρ_{pakai} = rasio tulangan yang dipakai dalam perencanaan

ρ_{min} = rasio tulangan minimum

3. Menentukan tinggi efektif (d) dan lebar (b) penampang beton

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \quad \dots\dots\dots (3.30)$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m\right) \quad \dots\dots\dots (3.31)$$

$$b \cdot d^2 = \frac{M_u / \theta}{R_n} \quad \dots\dots\dots (3.32)$$

karena nilai $\frac{M_u / \theta}{R_n}$ diketahui, maka d_{perlu} dan b penampang beton dapat dicari dengan coba – coba (*trial and error*). Untuk mendapatkan nilai d_{perlu} dan b penampang beton yang proporsional digunakan perbandingan $b/d_{perlu} = 1,2 - 3,0$

Pada beton tulangan sebelah dipakai nilai d_1 :

- $d_1 = 50 - 70$ mm → untuk tulangan tarik 1 lapis
- $d_1 = 71 - 100$ mm → untuk tulangan tarik 2 lapis

Dimana : m = Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk yang tertutup

R_n = Koefisien tahanan untuk perencanaan kuat

d = tinggi efektif penampang, diukur dari serat atas ke pusat tulangan tarik (mm)

d_e = tebal selimut beton, diukur dari serat bawah ke pusat tulangan tarik (mm)

Mu = momen lentur ultimit akibat beban luar (Nmm)

θ = faktor reduksi kekuatan, diambil nilai 0,80 (lentur tanpa aksial)

H = tinggi total penampang

Setelah nilai d_{perlu} didapat, maka :

$$h = d_{\text{ada}} + d_c$$

nilai d_c diatas, tergantung dari banyaknya tulangan tarik yang digunakan.

Jika nilai d_{ada} lebih besar ($>$) d_{perlu} , maka digunakan tulangan sebelah.

Jika nilai d_{ada} lebih kecil ($<$) d_{perlu} , maka digunakan tulangan rangkap.

3.4.1 Perencanaan Balok Penampang Persegi Menahan Lentur Tulangan Rangkap

Balok lentur tulangan rangkap direncanakan, **jika nilai d_{ada} lebih kecil ($<$) d_{perlu} .** Langkah – langkah perencanaannya sebagai berikut :

1. Menentukan A_{s1} dan M_{n1}

$$A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d_{\text{ada}} \quad \dots \dots \dots (3.33)$$

$$\text{Diambil } \rho_1 = \rho_{\text{awal}} = \rho_{\text{maks}}$$

$$c = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \quad \dots \dots \dots (3.34)$$

$$a = c \cdot \beta \quad \dots \dots \dots (3.35)$$

$$M_{n1} = A_{s1} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) < \frac{M_u}{\phi} \quad \dots \dots \dots (3.36)$$

2. Menentukan M_{n2}

$$\frac{M_u}{\phi} \leq M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n2} = \frac{M_u}{\phi} - M_{n1} \quad \dots \dots \dots (3.37)$$

Dimana :

M_{n1} = kuat momen pas.kopel gaya beton tekan dan tul.baja tarik(Nmm).

M_{n2} = kuat momen pas.kopel tul.baja tekan dan baja tarik tambahan (Nmm).

3. Menentukan $As' = As_2$ dan As

Tegangan baja desak :

$$f's = 600 \cdot \left(1 - \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot d'}{(\rho - \rho') \cdot fy \cdot d} \right) \dots\dots\dots(3.38)$$

jika $f's \geq fy$, maka baja desak sudah leleh, sehingga dipakai : $f's = fy$

jika $f's < fy$, maka baja desak belum leleh, sehingga dipakai : $f's = f's$

$$As' = \frac{Mn_2}{f's \cdot (d - d')} \dots\dots\dots(3.39)$$

$$n = \frac{As'}{As} \quad \begin{array}{l} n \text{ bilangan bulat} \\ n \geq 2 \text{ batang} \end{array}$$

$$As = As_1 + As', \quad As' = As_2 \dots\dots\dots(3.40)$$

Dimana: n = Jumlah tulangan yang dipakai (buah).
 As_1 = Luas penampang tulangan baja tarik (mm^2).
 As_2 = Luas penampang tulangan baja tarik tambahan (mm^2).
 As' = Luas penampang tulangan baja tekan (mm^2).
 ρ_1 = Rasio tulangan yang dipakai dalam perencanaan.

4. Kontrol kapasitas lentur

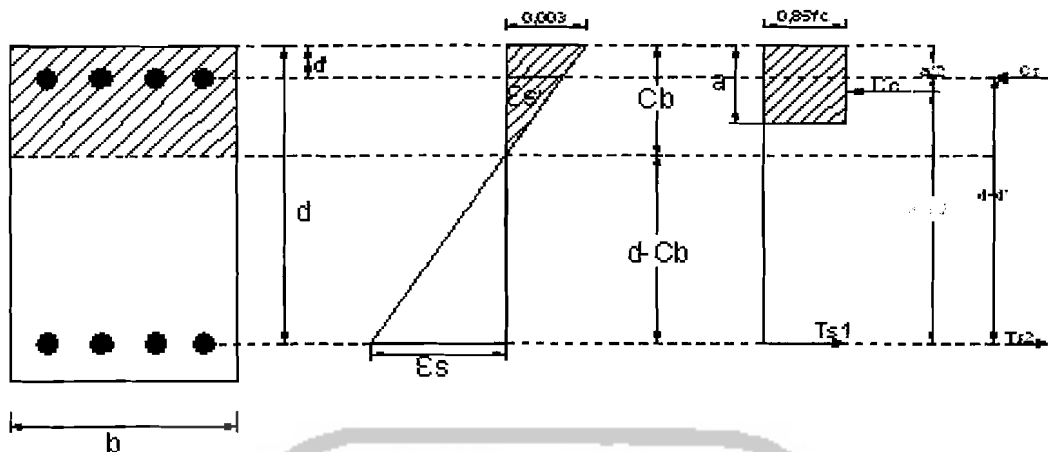
$$As_{baru} = As \text{ ada} - As' \text{ ada} \dots\dots\dots(3.41)$$

$$\rho = \frac{As_{baru}}{h \cdot d_{ada}} \dots\dots\dots(3.42)$$

$$a = \frac{As \cdot fy - As' \cdot (fy - 0,85 \cdot f'c)}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots(3.43)$$

$$Mn = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot (d - \frac{a}{2}) \dots\dots\dots(3.44)$$

$$\text{Rasio} = \frac{Mn \cdot \phi}{Mu} \approx 1 \dots\dots\dots(3.45)$$



Gambar 3.1 Distribusi Tegangan Regangan Balok Bertulang Rangkap

3.4.2 Perencanaan Geser Balok

Langkah – langkah perencanaan tulangan geser balok sebagai berikut :

1. Menentukan tegangan geser beton (Vc)

Tegangan geser beton biasanya dinyatakan dalam fungsi dari $\sqrt{f'c}$ dan kapasitas beton dalam menerima geser menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah sebesar :

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \right) \times b \times d \text{ (Newton)} \dots\dots\dots(3.46)$$

Sedangkan kekuatan minimal tulangan geser vertikal menahan geser dinyatakan dalam :

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times b \times d \text{ (Newton)} \dots\dots\dots(3.47)$$

2. Menentukan jarak sengkang

Berdasarkan kriteria jarak sengkang pada SK SNI T-15-1991-03, adalah sebagai berikut :

- Bila $V_u \leq 0,5 \cdot \Phi V_c$ (3.48)

Geser tidak diperhitungkan

- Bila $0,5 \cdot V_c < \frac{V_u}{\Phi} \leq V_c$ (3.49)

Perlu tulangan geser kecuali untuk struktur sebagai berikut :
struktur pelat (lantai, atap, pondasi), balok $\leq 2,5 \cdot h_f$

Tulangan geser dengan jarak :

$$s \leq \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s_{\min}}} \dots\dots\dots (3.50)$$

$$\leq \frac{d}{2} \dots\dots\dots (3.51)$$

$$\leq 600 \text{ mm.}$$

▪ Bila $V_c < \frac{V_u}{\Phi} \leq (V_c + V_{s_{\min}})$ (3.52)

Maka perlu tulangan geser, dengan jarak sengkang :

$$s \leq \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s_{\min}}} \dots\dots\dots (3.53)$$

$$\leq \frac{d}{2} \dots\dots\dots (3.54)$$

$$\leq 600 \text{ mm.}$$

▪ Bila $(V_c + V_{s_{\min}}) < \frac{V_u}{\Phi} \leq 3.V_c$ (3.55)

Maka perlu tulangan geser, dengan jarak sengkang :

$$s \leq \frac{A_v \times f_y \times d}{\left(\frac{V_u}{\Phi} - V_c\right)} \dots\dots\dots (3.56)$$

$$\leq \frac{d}{2} \dots\dots\dots (3.57)$$

$$\leq 600 \text{ mm.}$$

▪ Bila $3.V_c < \frac{V_u}{\Phi} \leq 5.V_c$ (3.58)

$$s \leq \frac{A_v \times f_y \times d}{\left(\frac{V_u}{\Phi} - V_c\right)} \dots\dots\dots (3.59)$$

$$\leq \frac{d}{2} \dots\dots\dots (3.60)$$

$$\leq 600 \text{ mm.}$$

3.5 Perencanaan Kolom

Kolom sebagai bagian struktur menempati posisi penting dalam sistem struktur, kegagalan kolom dapat berarti keruntuhan total struktur. Oleh karena itu perencanaan kolom harus diperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan yang lebih daripada komponen struktur lainnya.

1. Momen kolom.

Untuk momen rencana pada kolom maka nilai momen ultimit dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis kedua ujung balok sebagai berikut :

$$M_{U.K} = \frac{h'}{h} \cdot 0,7 \cdot \omega_d \cdot \alpha_{ka} \left[\frac{l}{l_i} M_{kap, ki} + \frac{l}{l_a} M_{kap, ka} \right] \dots\dots\dots (3.61)$$

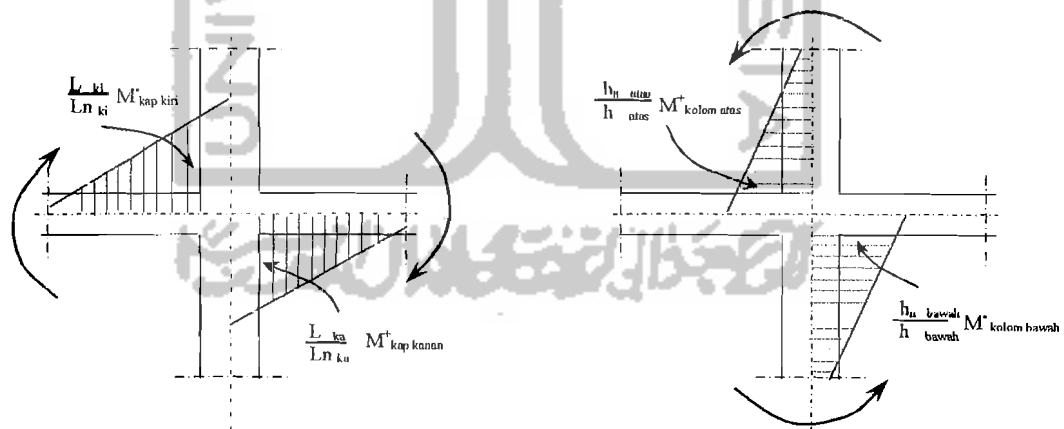
dengan :

$$\alpha_{atas} = \frac{k_{atas}}{k_{atas} + k_{bawah}} \dots\dots\dots (3.62)$$

$$\alpha_{bawah} = \frac{k_{bawah}}{k_{atas} + k_{bawah}} \dots\dots\dots (3.63)$$

tetapi harus lebih kecil dari :

$$M_{U.K} < 1,05 \left[M_{D.K} + M_{L.K} + \frac{4}{K} M_{E.K} \right] \dots\dots\dots (3.63)$$



Gambar 3.2 Momen Lentur Pada Kedua Ujung Balok.

2. Gaya aksial rencana kolom.

Setelah momen ultimit kolom maka yang harus dilakukan berikutnya adalah gaya aksial yang bekerja pada kolom.

$$P_{U,K} = R_{V,0,7} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(\sum M_{Kap})_i}{li} + \frac{(\sum M_{Kap})_a}{la} \right] + 1,05 \cdot P_{g,k} \dots \dots \dots (3.64)$$

$$\sum M_{Kap} = \sum_i^n M_{Kap} \dots \dots \dots (3.65)$$

tetapi harus lebih kecil :

$$P_{U,K} < 1,05 \left(P_{g,k} + \frac{4}{K} \cdot P_{E,K} \right) \dots \dots \dots (3.66)$$

Dengan :

P_U = Aksial terfaktor

$P_{g,k}$ = ($V_D + V_L$)

V_D = Aksial akibat beban mati

V_L = Aksial akibat beban hidup

$P_{E,k}$ = Aksial akibat beban gempa

R_V = Faktor reduksi yang nilainya tergantung dari jumlah lantai

1,0 untuk $1 < n \leq 4$

$1,1 - 0,025 n$ untuk $4 < n \leq 20$

0,6 untuk $n > 20$

n = Jumlah lantai bangunan

3. Gaya geser rencana kolom.

Kuat geser kolom portal berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung-ujung balok yang bertemu pada kolom dihitung dengan persamaan :

$$V_{U,K} = 1,05 \left(V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4}{K} V_{E,k} \right) \dots \dots \dots (3.67)$$

Dengan :

$V_{D,k}$ = gaya geser kolom akibat beban mati.

$V_{L,k}$ = gaya geser kolom akibat beban hidup.

$V_{E,k}$ = gaya geser kolom akibat beban gempa.