

IV. METODE PERENCANAAN KAPASITAS

1. Umum.

Struktur secara keseluruhan dianalisa terhadap beban-beban rencana untuk mendapatkan gaya-gaya dalam serta deformasi dari semua komponen struktur. Pada Analisa struktur sebaiknya dilakukan untuk masing-masing beban rencana guna mengetahui lebih baik perihal perilaku bangunan akibat pengaruh dari masing-masing beban rencana tersebut. Beban-beban rencana tersebut terdiri dari :

1. Beban mati.

Adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung dan sifatnya permanen.

2. Beban hidup.

Adalah beban yang terjadi akibat adanya penggunaan suatu gedung termasuk beban-beban pada lantai.

3. Beban vertikal ekuivalen akibat gaya prategang.

Merupakan beban yang terjadi akibat adanya gaya prategangan yang didasarkan atas lintasan dari tendon.

4. Beban gempa.

Adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya yang dikerjakan pada struktur akibat terjadinya gerakan pada tanah oleh gempa.

Setiap struktur gedung harus direncanakan untuk menahan suatu beban geser dasar akibat gempa (V) dalam arah-arrah yang ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$V = C.I.K.W_t \quad \dots\dots\dots(4-1)$$

dimana :

V = beban geser horisontal dasar akibat gempa

C = koefisien gempa dasar yang ditentukan berdasarkan wilayah gempa [8]

I = faktor keutamaan yang nilainya ≥ 1.00 , yang ditentukan berdasarkan kepentingan bangunan [8].

K = Faktor jenis struktur , yang nilainya dapat bergerak antara 1 s/d 3 bergantung dari jenis struktur yang direncanakan.

W_t = Kombinasi dari beban mati dan beban hidup yang telah direduksi.

2. PERSYARATAN KUAT LENTUR BALOK PORTAL.

Kuat lentur perlu bagi balok portal sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 [7] dinyatakan sebagai $M_{u,b}$, harus memenuhi persyaratan kuat lentur perlu untuk kondisi pembebanan tanpa beban gempa maupun dengan beban gempa sebagai berikut :

$$M_{u,b} = 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{L,b} \dots\dots\dots(4-2)$$

$$M_{u,b} = 1,05 (M_{D,b} + M_{Lr,b} + M_{E,b}) \dots\dots\dots(4-3)$$

(SKSNI pasal 3.2.2)

dimana

$M_{D,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban mati tributari tak berfaktor.

$M_{Lr,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban hidup tributari tak berfaktor dengan memperhitungkan reduksinya sehubungan dengan peluang terjadinya pada lantai tingkat yang ditinjau sesuai dengan ketentuan SNI 1726-1989 F [8] tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung.

$M_{E,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban gempa tak terfaktor.

M_{bal} = momen lentur balok akibat beban balancing.

Momen tumpuan negatif balok boleh dilakukan redistribusi dengan persyaratan yang telah ditulis pada Bab II.7 . Selanjutnya momen tumpuan negatif

balok portal yang telah dimodifikasi nilainya sebagai hasil redistribusi momen digunakan untuk menghitung kuat lentur perlu dari balok menurut persamaan (4-2) dan (4-3). Momen kapasitas balok portal di sendi plastis pada bidang muka kolom harus dihitung berdasarkan luas baja tulangan dan baja prategang yang terpasang.

3. PERSYARATAN KUAT GESER BALOK DAN KOLOM PORTAL.

Kuat geser rencana sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 [7] adalah sebagai berikut :

1. Dalam komponen struktur rangka yang terutama dibebani lentur geser rencana V_{ub} harus ditentukan dari pertimbangan mengenai gaya statis pada bagian dari komponen struktur diantara sisi muka join. Perlu diasumsikan suatu kondisi dimana momen-momen dengan tanda yang berlawanan dan nilai sebesar kekuatan penampang yang mungkin terjadi akan bekerja pada sisi-sisi muka join dan bahwa komponen struktur yang ditinjau dibebani oleh beban gravitasi tributari berfaktor sepanjang bentangnya. Atau dengan lain kata kuat geser rencana bagi balok portal yang dibebani oleh beban gravitasi tributari berfaktor sepanjang bentangnya harus dihitung dalam kondisi terjadinya momen-momen kapasitas di sendi plastis pada kedua ujung balok portal itu dengan tanda yang berlawanan , menurut persamaan berikut :

$$V_{u,b} = 0.70 \frac{M_{kap} + M_{kap}'}{l'} + 1.05 V_g \dots (4-4)$$

(SKSNI pasal 3.14.7)

dimana :

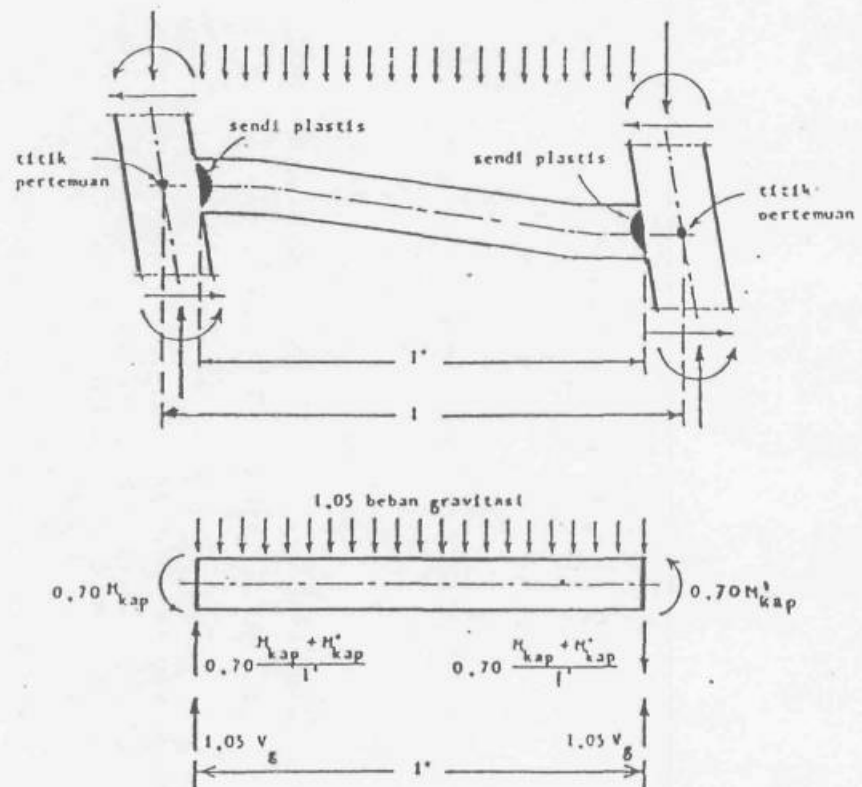
M_{kap} = momen kapasitas balok portal disendi plastis pada bidang muka kolom, yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan dan baja prategang yang terpasang.

M_{kap}' = momen kapasitas balok portal di sendi plastis pada bidang muka kolom sebelah nya, yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan dan baja prategang yang terpasang.

l' = bentang bersih balok portal.

V_g = gaya geser balok portal pada bidang muka kolom akibat beban gravitasi tributari tak berfaktor.

Dalam perhitungan gaya geser ini kondisi balok portal adalah sebagai balok bebas atas dua tumpuan.



Gambar 4.1. Balok portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok.

Tetapi dalam segala hal, kuat geser perlu bagi balok portal tidak perlu diambil lebih besar dari :

$$V_{u,b} = 1,05 (V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4}{K} V_{R,b}) \dots\dots(4-5)$$

(SKSNI pasal 3.14.7)

dimana :

$V_{D,b}$ = gaya geser balok portal pada bidang muka kolom akibat beban mati tributari tak berfaktor.

$V_{L,b}$ = gaya geser balok portal pada bidang muka kolom akibat beban hidup tributari tak berfaktor.

$V_{E,b}$ = gaya geser balok portal pada bidang muka kolom akibat beban gempa tak berfaktor.

K = Faktor Jenis Struktur yang berlaku untuk struktur yang ditinjau.

2. Dalam komponen struktur rangka yang dibebani kombinasi lentur dan aksial, gaya geser rencana kolom harus ditentukan berdasarkan terjadinya sendi plastis pada ujung balok-balok yang bertemu pada kolom tersebut, dan dihitung menurut persamaan berikut :

$$V_{u,k} = \frac{M_{uk,a} + M_{uk,b}}{h_k} \dots\dots\dots(4-6)$$

(SKSNI pasal 3.14.7)

tetapi

$$V_{uk} < 1.05 \left(V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4}{K} V_{E,k} \right) \dots\dots(4-7)$$

(SKSNI pasal 3.14.7)

dimana :

$M_{uk,a}$ = momen lentur perlu dari kolom portal pada ujung atas kolom pada bidang muka balok yang dihitung menurut pers.(4-8).

$M_{uk,b}$ = momen lentur perlu dari kolom portal pada ujung bawah kolom pada bidang muka balok yang dihitung menurut pers.(4-8).

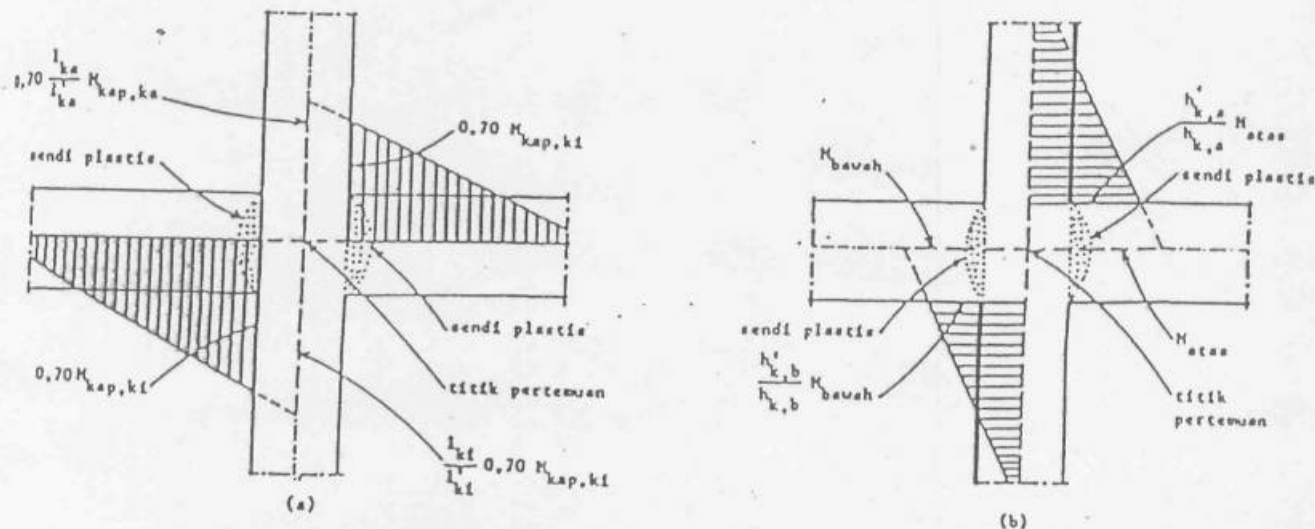
h_k = tinggi bersih kolom portal.

$V_{D,k}$ = gaya geser kolom portal akibat beban mati tributari tak berfaktor.

$V_{L,k}$ = gaya geser kolom portal akibat beban hidup tributari tak berfaktor.

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

K = Faktor jenis struktur yang berlaku untuk struktur yang ditinjau.



Gambar 4.2. Pertemuan balok-kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok.

4. PERSYARATAN KUAT LENTUR KOLOM PORTAL.

1. Kuat lentur perlu bagi kolom portal yang memikul kombinasi momen dan gaya aksial tekan yang melebihi $(A_g \cdot f_c' / 10)$ harus ditentukan menurut butir 2 atau 3.

Kolom portal yang tidak memenuhi kuat perlu menurut butir 2 atau 3, tidak boleh diperhitungkan kekuatan dan kekakuannya di dalam analisis struktur, tetapi harus memenuhi persyaratan dalam SKSNI T-15-1991-03 [7] untuk komponen struktur yang tidak diproporsikan terhadap gaya-gaya akibat beban gempa.

2. Kuat lentur perlu bagi kolom portal pada bidang muka balok berdasarkan terjadinya momen kapasitas di sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom itu, yang dinyatakan oleh momen lentur perlu $M_{u,k}$ dengan gaya aksial $N_{u,k}$ yang bersangkutan, harus dihitung berturut-turut menurut persamaan-persamaan berikut:

$$\sum M_{u,k} \geq 0.7 w_d \sum M_{kap,b} \dots\dots\dots(4-8)$$

$$N_{u,k} = 1,05 N_{g,k} + \frac{0,7 R_v \sum M_{kap,b}}{L_b} \dots\dots(4-9)$$

(SKSNI pasal 3.14.4)

dan $M_{kap,b} = 0 M_{nak,b}$

dimana:

w_d = faktor pembesar dinamik untuk memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi-sendi plastis pada struktur secara keseluruhan.

$$= 1,3$$

$M_{kap,k1}$ = momen kapasitas balok portal sebelah kiri di sendi plastis pada bidang muka kolom yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan dan baja prategang yang terpasang.

$M_{kap.k1}$ = momen kapasitas balok portal sebelah kiri di sendi plastis pada bidang muka kolom sebelahnya yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan dan baja prategang yang terpasang.

$M_{kap.ka}$ = momen kapasitas balok portal sebelah kanan di sendi plastis pada bidang muka kolom yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan dan baja prategang yang terpasang.

$M_{kap.kk}$ = momen kapasitas balok portal sebelah kanan di sendi plastis pada bidang muka kolom sebelahnya yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan dan baja prategang yang terpasang.

h_k = tinggi bersih kolom portal.

R_v = faktor reduksi gaya aksial kolom portal untuk memperhitungkan pengaruh tidak terbentuknya sendi plastis yang tidak pada semua balok portal di dalam struktur, yang nilainya harus diambil sebagai berikut:

$$R_v = 1,0 \quad \text{untuk } 1 < n < 4$$

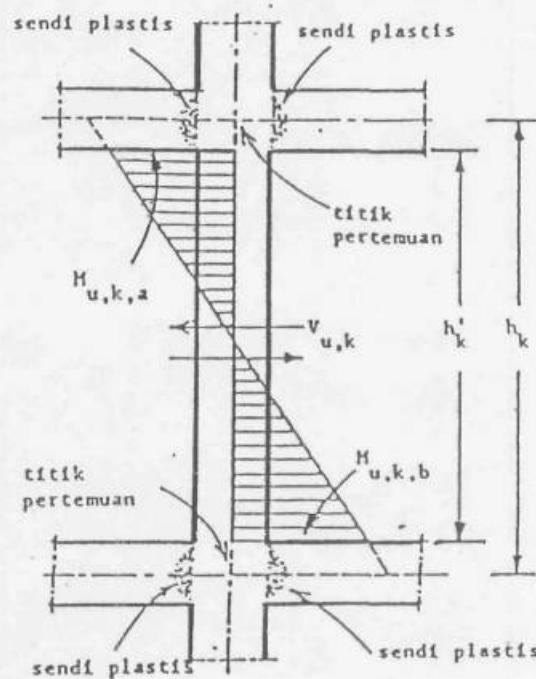
$$R_v = 1,10 - 0,025 n \quad \text{untuk } 4 < n < 20$$

$$R_v = 0,6 \quad \text{untuk } n > 20$$

dimana n adalah jumlah lantai tingkat di atas kolom yang ditinjau .

N_g = gaya aksial kolom portal dititik pertemuan akibat berat sendiri kolom dan beban gravitasi tributari tak berfaktor yang bekerja di lantai tingkat itu dan semua tingkat di atasnya dengan memperhitungkan beban hidup yang telah direduksi sehubungan dengan peluang terjadinya, baik pada lantai tingkat itu maupun pada semua lantai tingkat di atasnya. Dalam perhitungan gaya aksial ini kondisi balok-balok portal yang bertemu di titik pertemuan tersebut adalah sebagai balok-balok bebas atas dua tumpuan.

= penjumlahan dalam pers.(4-9) dimulai dari balok portal di titik pertemuan yang ditinjau sampai balok portal di titik pertemuan paling atas.



Gambar 4.3. Kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu dengan kolom tersebut.

3. Dalam segala hal, momen lentur perlu bagi kolom portal pada bidang muka balok menurut pers.(4-8) tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$M_{u,k} = 1,05 \left(M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4}{K} M_{R,k} \right) \dots\dots(4-10)$$

dengan gaya aksialnya yang bersangkutan:

$$N_{u,k} = 1,05 \left(N_{D,k} + N_{L,k} + \frac{4}{K} N_{R,k} \right) \dots\dots(4-11)$$

(SKSNI pasal 3.14.4)

dimana:

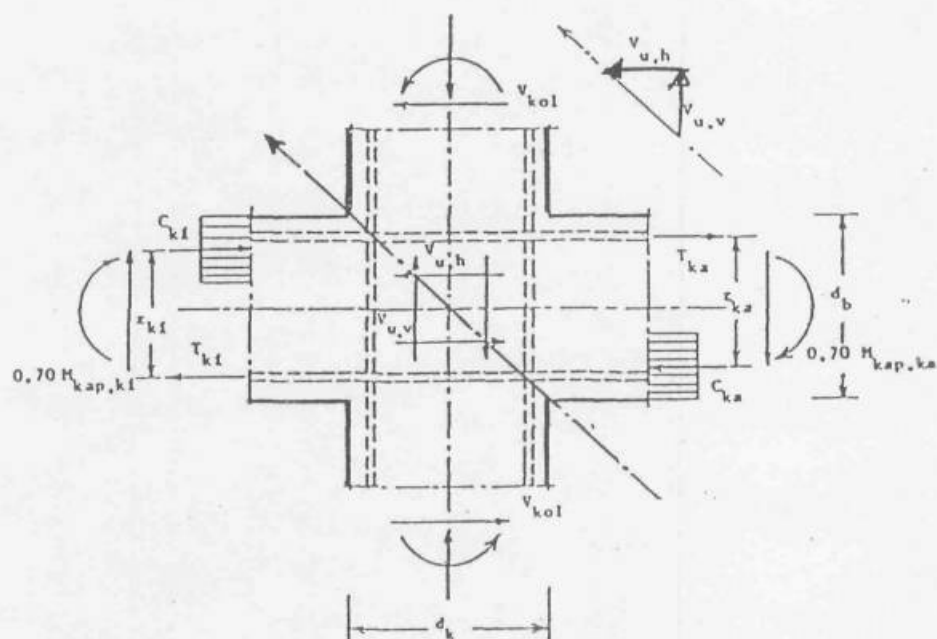
- $M_{D,k}$: momen lentur kolom portal akibat beban mati tributari tak berfaktor pada bidang muka balok.
 $M_{L,k}$: momen lentur kolom portal akibat beban hidup tributari tak berfaktor pada bidang muka balok.
 M_E,k : momen lentur kolom portal akibat beban gempa tak berfaktor pada bidang muka balok.
 $N_{D,k}$: gaya aksial kolom portal akibat beban mati tributari tak berfaktor di titik pertemuan.
 $N_{L,k}$: gaya aksial kolom portal akibat beban hidup tributari berfaktor di titik pertemuan.
 N_E,k : gaya aksial kolom portal akibat beban gempa tak berfaktor di titik pertemuan.
 K : faktor jenis struktur yang berlaku untuk struktur yang ditinjau.

(4). Dalam segala hal, kuat lentur rancang kolom portal berdasarkan tulangan longitudinal yang terpasang harus dapat menampung kombinasi pembebanan berfaktor oleh beban gravitasi dan beban gempa dalam 2 arah yang saling tegak lurus (100% dalam satu arah, 30% dalam arah tegak lurus pada arah tersebut).

5. PERSYARATAN PANEL PERTEMUAN BALOK KOLOM PORTAL.

(1) Pada panel pertemuan dari balok dan kolom portal harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga memenuhi persyaratan kuat geser perlu horisontal $V_{u,h}$ dan kuat geser perlu vertikal $V_{u,v}$ yang berkaitan dengan

terjadinya momen kapasitas di sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom tersebut seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Panel pertemuan balok kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok.

(2) Kuat geser horisontal perlu $V_{u,h}$ bagi panel pertemuan balok dan kolom portal harus dihitung dari persamaan-persamaan berikut :

$$V_{u,h} = C_{k1} + T_{ka} - V_{kol} \dots\dots\dots(4-11)$$

(SKSNI pasal 3.14.6)

dengan

$$C_{k1} = T_{k1} = 0.70 * \frac{M_{kap,k1}}{Z_{k1}} \dots\dots\dots(4-12)$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0.70 * \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} \dots\dots\dots(4-13)$$

$$V_{kol} = 0.70 * \left[\frac{\frac{l_{k1}}{l_{k1}'} M_{kap,k1} + \frac{l_{ka}}{l_{ka}'} M_{kap,ka}}{0.5 * (h_{k,a} + h_{k,b})} \right] \dots\dots(4-14)$$

(SKSNI pasal 3.14.6)

dimana :

$M_{kap,k1}$ = momen kapasitas balok portal sebelah kiri di sendi plastis pada bidang muka kolom yang dihitung berdasarkan luas baja prategang dan non prategang yang terpasang dan dengan tegangan tarik baja tulangan diambil sebesar 1,25 f_y dan tegangan tarik baja prategang diambil sebesar 1,4 fpu.

$M_{kap,ka}$ = momen kapasitas balok portal sebelah kanan di sendi plastis pada bidang muka kolom yang dihitung berdasarkan luas baja prategang dan non prategang terpasang dan dengan tegangan tarik baja tulangan diambil sebesar 1,25 f_y dan tegangan tarik baja prategang diambil 1,4 fpu.

- $Z_{,ki}$ = lengan momen intern yang berkaitan dengan $M_{kap,ki}$.
 $Z_{,ka}$ = lengan momen intern yang berkaitan dengan $M_{kap,ka}$.
 $l_{,ki}$ = bentang balok portal sebelah kiri, diukur dari titik pertemuan ke titik pertemuan.
 $l_{,ka}$ = bentang balok portal sebelah kanan, diukur dari titik pertemuan ke titik pertemuan.
 $l_{,ki'}$ = bentang bersih balok portal sebelah kiri.
 $l_{,ka'}$ = bentang bersih balok portal sebelah kanan.
 $h_{k,a}$ = tinggi kolom di atas pertemuan diukur dari titik pertemuan ke titik pertemuan.
 $h_{k,b}$ = tinggi kolom di bawah pertemuan diukur dari titik pertemuan ke titik pertemuan.

(3) Nilai tegangan akibat kuat geser horisontal perlu ($v_{u,h}$) dibatasi :

$$v_{u,h} = \frac{V_{u,h}}{b_j * h_c} \leq 1,5 \sqrt{f_c'} \quad \dots\dots(4-15)$$

(SKSNI pasal 3.14.6)

dimana

h_c = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau, mm

b_j = lebar efektif join, mm, yang harus diambil sebagai berikut :

(a) apabila lebar penampang kolom lebih besar

dari lebar balok maka b_j harus diambil dari nilai terkecil antara lebar kolom dan lebar balok ditambah setengah tinggi total kolom.

- (b) apabila lebar penampang kolom lebih kecil dari lebar balok maka harus diambil nilai terkecil antara lebar balok dan lebar kolom ditambah setengah tinggi total kolom.

(4) Tulangan geser horizontal dicari dari persamaan :

$$V_{s,h} = V_{u,h} - V_{c,h} \dots\dots\dots(4-16)$$

(SKSNI pasal 3.14.6)

dimana

$V_{s,h}$ = kuat geser horizontal yang dipikul tulangan.

$V_{c,h}$ = kuat geser horizontal yang dipikul beton.

Nilai $V_{c,h}$ harus diambil sama dengan nol kecuali untuk keadaan berikut :

- (a) apabila tegangan tekan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom beton diatas join, termasuk tegangan prategang bila ada, melebihi nilai $0,1 f_c'$

$$V_{c,h} = 2/3 * f((N_{n,k}/A_g) - 0.1 f_c').b_j.h_c \dots\dots(4-17)$$

- (b) apabila balok diberi prategangan yang melewati join

$$V_{c,h} = 0,7 . P_{cs} \dots\dots\dots(4-18)$$

P_{cs} adalah gaya prategangan setelah semua kehilangan prategangan diperhitungkan yang masih terletak pada sepertiga dari tinggi balok.

- (c) apabila seluruh balok pada join dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada suatu jarak yang masih lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka :

$$V_{c,h} = 0,5 \cdot A_s' / A_s \cdot V_{u,h} (1 + N_{n,k} / 0,4 A_g \cdot f_c') \dots (4-19)$$

ratio A_s' / A_s tidak boleh lebih dari satu, apabila gaya aksial tarik pada kolom melebihi nilai $0,2f_c'$, seluruh geser join harus ditahan oleh tulangan.

- (5) Luas total efektif tulangan geser horisontal yang melewati bidang kritis diagonal dan yang diletakkan didaerah lebar join efektif b_j , tidak boleh kurang dari :

$$A_{v,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y} \dots \dots \dots (4-20)$$

(SKSNI pasal 3.14.6)

dan tidak boleh melebihi 100 mm [7]

- (6) Kuat geser vertikal perlu $V_{u,v}$, bagi panel pertemuan balok dan kolom portal, sehubungan dengan analogi rangka batang, dapat dihitung dari persamaan :

$$V_{u,v} = \frac{b_j}{h_c} \cdot V_{u,h} \dots \dots \dots (4-21)$$

(SKSNI pasal 3.14.6)

(7) Kuat geser vertikal yang harus ditahan oleh tulangan dicari dari persamaan :

$$V_{s,v} = V_{u,v} - V_{c,v} \dots\dots\dots(4-22)$$

dimana

$$V_{c,v} = A_{sc}' / A_{sc} \cdot V_{u,h} \cdot (0,6 + N_{n,k} / (A_g \cdot f_c')) \dots\dots\dots(4-23)$$

(SKSNI pasal 3.14.6)

dimana :

A_{sc} = luas tulangan longitudinal tarik kolom

A_{sc}' = luas tulangan longitudinal tekan kolom

(8) Luas total tulangan geser vertikal dicari dari persamaan :

$$A_{u,v} = \frac{V_{u,v}}{f_y} \dots\dots\dots(4-24)$$

(SKSNI pasal 3.14.6)

dengan jarak antar tulangan tidak boleh melebihi 200 mm dan minimum terdapat satu buah tulangan longitudinal kolom antara pada tiap sisi kolom [7].