

## BAB IV

### ANALISA STRUKTUR DAN DESAIN TULANGAN

#### 4.1 Pembebanan

##### 4.1.1 Beban Mati

Beban mati merupakan beban gaya berat pada suatu posisi tertentu yang bekerja terus menerus menuju arah bumi pada saat struktur telah berfungsi. Berat struktur dianggap sebagai beban mati, demikian pula segala yang menempel pada struktur tersebut seperti pipa-pipa, saluran listrik, saluran Ac, penutup lantai, penutup atap, plafon, yakni segala yang tetap berada pada struktur selama masa bangunan.

##### 4.1.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban-beban gravitasi yang bekerja pada saat struktur yang telah berfungsi, namun bervariasi dalam besar dan lokasinya. Contohnya adalah beban orang, beban air hujan pada atap, furnitur, perkakas yang dapat bergerak, kendaraan, dan barang-barang yang dapat disimpan. Secara praktis beberapa beban hidup bersifat permanen, sedangkan yang lainnya sering berpindah-pindah. Beban hidup tipikal suatu struktur didasarkan pada fungsi guna bangunan tersebut.

### 4.1.3 Beban Gempa

Gempa bumi terdiri dari gerakan-gerakan lapisan bumi ke arah horisontal dan vertikal, dimana biasanya gerakan vertikalnya lebih kecil ketimbang gerakan horisontalnya. Karena efek terbesar ditimbulkan oleh gerakan arah horisontal, efek ini pula yang biasanya diperhitungkan. Apabila lapisan tanah dibawah struktur dengan masa tertentu tiba-tiba saja bergerak, inersia dari masa tersebut cenderung melawan gerakan. Diantara lapisan tanah dengan masa tersebut akan timbul gaya geser. Gaya geser tersebut disebut gaya geser dasar akibat gempa ( $V$ ) yang diperoleh dari

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

$C$  = koefesien gempa

$I$  = faktor peruntukan bangunan

$K$  = faktor jenis struktur

$W$  = berat total bangunan

## 4.2. Perencanaan Dinding Geser Untuk Desain Lentur

### 4.2.1. Langkah-langkah perencanaan

Data-data yang diperlukan untuk perencanaan dinding geser :

- a. Kuat desak beton ( $f_c'$ )
- b. Kuat tarik baja ( $f_y$ )
- c. Dimensi portal dan denah

#### 4.2.2. Stabilitas dinding geser

Stabilitas dinding geser sangat perlu untuk menjamin kestabilan dinding geser dalam menerima beban. Stabilitas dinding geser juga ditujukan agar tampang dapat mengembangkan regangan plastis tanpa mengalami kegagalan. Jika tidak dilakukan peninjauan terhadap stabilitas maka sangatlah mungkin dinding geser runtuh sebelum mengalami regangan plastis yang disebut kegagalan prematur.

Anggapan terbaik yang dapat dilakukan terhadap dinding geser untuk menghindari bahaya tekuk adalah memperlakukannya sebagai kolom (T.Pauly dan R.L.William,1980 ), maka dimensi dinding geser perlu dibatasi.

Batasan dimensi dinding geser

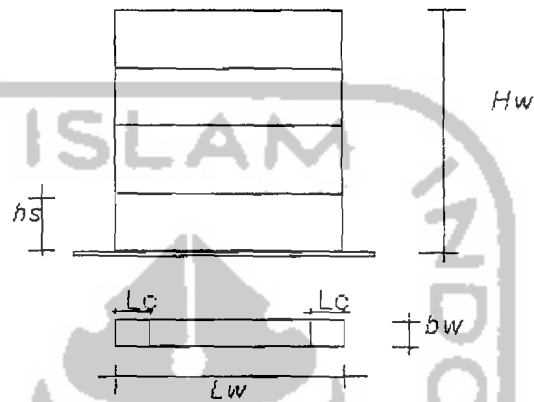
$$b_w = \frac{h_s}{20} \quad (4.2)$$
$$= 150 \text{ mm}$$

dengan  $h_s$  - tinggi tingkat

Dimensi panjang sayap

$$L_c \geq 0.15 L_w \quad (4.3)$$
$$\geq 1.5 b_w$$

seperti terlihat pada gambar 4.1.

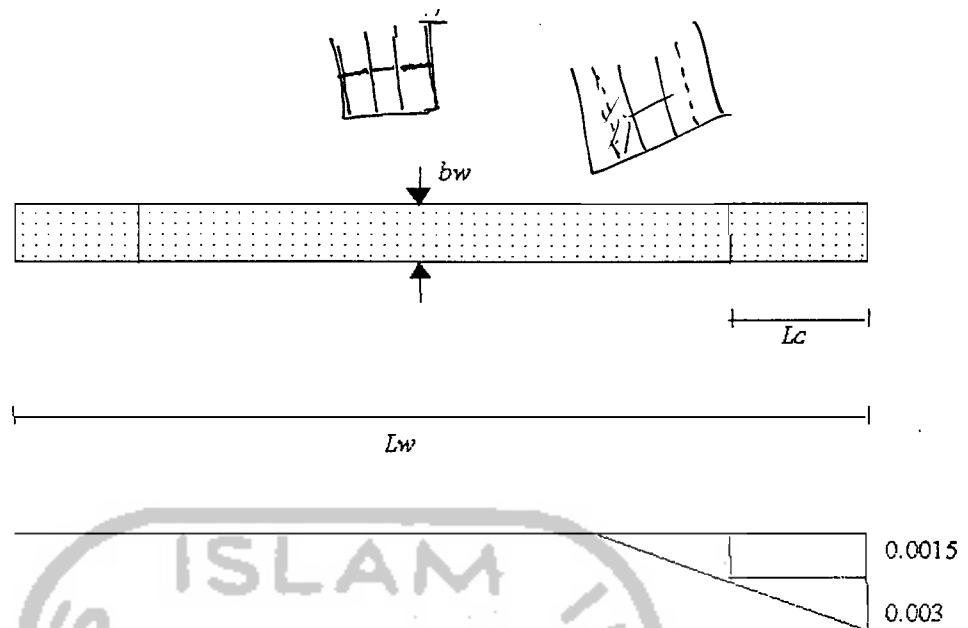


Gambar 4.1. Dimensi dinding geser

#### Kontrol dimensi dinding geser

Untuk mencapai keadaan regangan seimbang letak garis netral ( $y$ ) dibatasi sehingga pada regangan serat tekan terluar sebesar 0.003 maka regangan pada sisi dalam kolom maksimal sebesar 0.0015

Batasan dimensi tampang dinding geser dan batasan regangan dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Batasan dimensi dan regangan

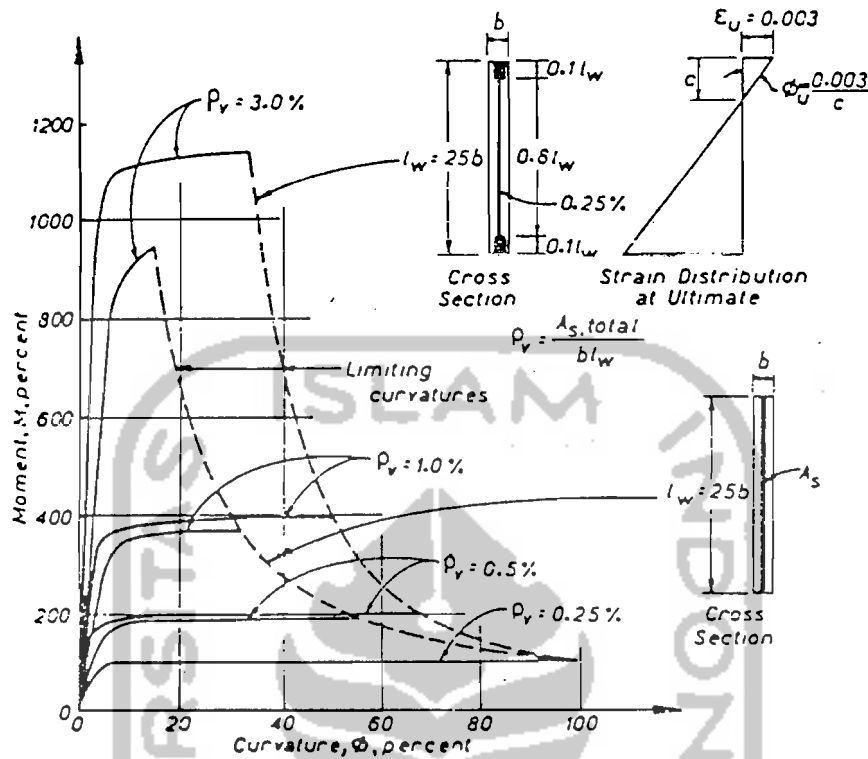
#### 4.2.3. Perencanaan Tulangan Lentur

Tulangan lentur dapat berfungsi menahan tegangan tarik yang terjadi akibat momen lentur. Tulangan lentur terdapat pada bagian kolom dinding geser. Pemasangan tulangan lentur pada bagian kolom selain memperhatikan besarnya beban juga kemampuan dalam menyerap energi bila terjadi sendi plastis.

Penempatan tulangan memperhatikan efektifitas kerja tulangan terhadap kekuatan momen dari tulangan lentur. Selain tergantung luas tampang tulangan dan tegangan leleh tulangannya. Penggunaan tulangan akan tidak efisien jika tulangan bekerja dengan lengan momen yang kecil ( R. Park dan T. Paulay, 1974 ). Selain mengurangi efisiensi penggunaan atulangan pada dinding geser juga akan mengurangi daktilitas, pengaruh penempatan tulangan dapat dilihat pada gambar 4.3.

## The Behavior of Cantilever Walls

613



Gambar 4.3. pengaruh distribusi tulangan terhadap momen daktilitas

(R. Park dan T. Paulay, 1974)

Gambar 4.3. memperlihatkan perbandingan perilaku tampang pada kondisi rasio tulangan yang sama dengan perbedaan penempatan jumlah tulangan lentur. Kurva pada tampang bentuk persegi dimana tulangan lentur ditempatkan merata menunjukkan peningkatan kekuatan momen seiring dengan meningkatnya rasio tulangan yang diikuti penurunan daktilitas yang cukup drastis. Kurva pada tampang bentuk I dimana sebagian besar tulangan ditempatkan ditepi menunjukkan perilaku yang

sama tetapi memiliki peningkatan kekuatan momen yang lebih besar dan daktilitas yang lebih baik.

Perbandingan di atas menunjukkan bahwa tampang dinding geser efisien jika tulangan lentur sebagian besar digunakan rasio tulangan minimum.

Momen yang terjadi akibat beban lateral ( arah bolak-balik ), maka tulangan pada dua sisi luar. Momen internal dinding geser sebaiknya dihasilkan oleh pasangan tulangan ( *steel couple* ), karena akan menghasilkan daktilitas yang lebih baik ( R. Park dan T. Paulay, 1974 ).

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho_{\min} = \frac{A_s}{b_w \cdot L_c} \quad (4.4)$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0.85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad (4.5)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R}{f_y}} \right] \frac{1}{m} \quad (4.6)$$

$\beta_1$  adalah konstanta yang merupakan fungsi dari kuat tekan beton. Menurut SK-SNI :

a. jika  $f_c' \leq 30$  Mpa, maka  $\beta_1 = 0.85$

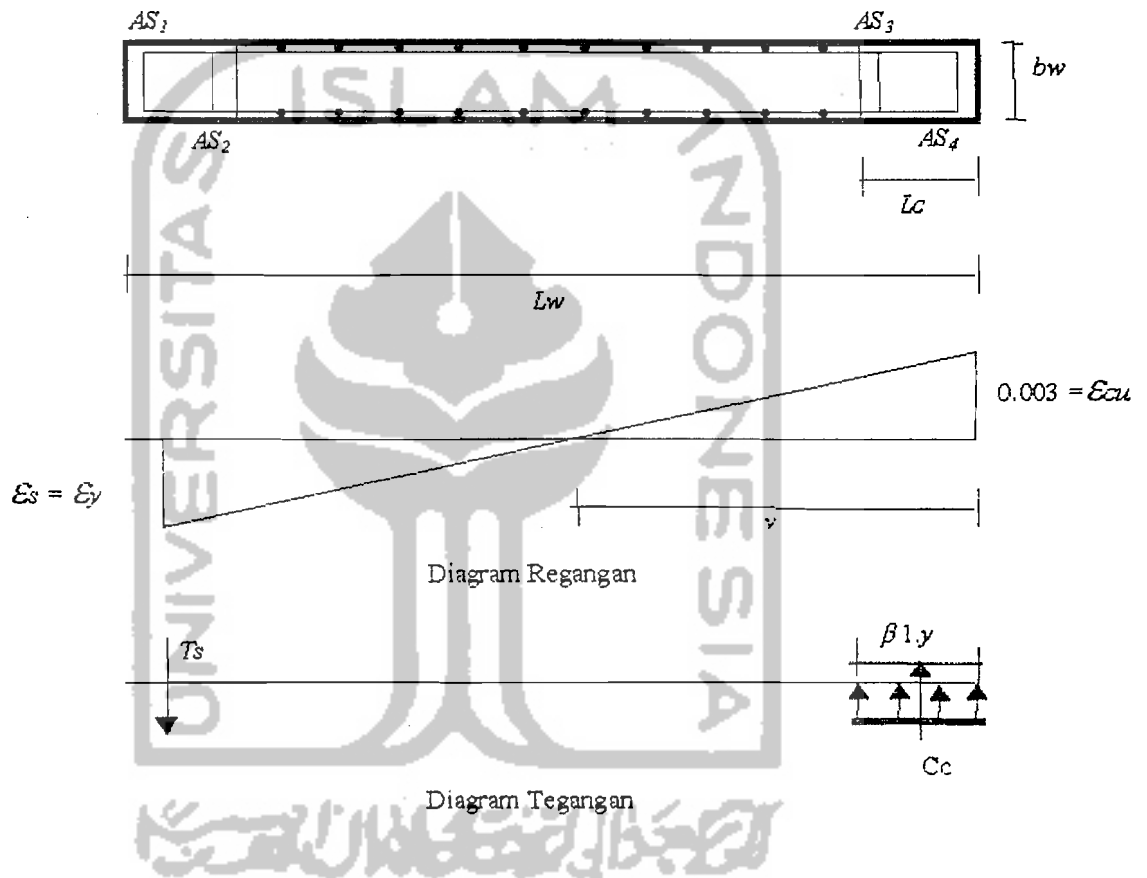
b. jika  $f_c' \geq 30$  Mpa, maka  $\beta_1 = 0.85 - 0.008(f_c' - 30) \geq 0.65$

Pembatasan rasio tulangan :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < (\rho_{\text{maks}} = 0.75 \rho_{\text{balance}})$$

Luas tulangan yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b_w \times L_c \quad (4.7)$$



Gambar 4.4. Diagram Regangan Berimbangan

Untuk mencapai keseimbangan gaya dalam ( $T_s = C_c$ ) dipengaruhi oleh letak garis netral ( $y$ ) yang tergantung pada jumlah baja tulangan tarik ( $A_s$ ), lihat gambar 4.4.



Dari diagram regangan berimbang didapat

$$\frac{y}{d} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y}$$

$$\frac{y}{d} = \frac{600}{600 + f_y} \quad (4.8)$$

Regangan berimbang dicapai bila :

- Serat terluar beton tekan mencapai regangan maksimum  $\epsilon_{cu} = 0.003$
- Bersamaan dengan tulangan tarik mencapai regangan leleh  $\epsilon_y = f_y / E_s$

#### 4.2.4. Hitungan Kontribusi Gaya Tekan Beton

Beton hanya berfungsi pada daerah tekan dan diabaikan pada daerah tarik.

Perhitungan kontribusi gaya oleh beton.

$$C_c = 0.85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot y \cdot b_w \quad (4.9)$$

$$L_{mc} = d \cdot \beta_1 \cdot y / 2 \quad (4.10)$$

$$M_n = C_c \cdot L_{mc} \quad (4.11)$$

Dengan :

$C_c$  = gaya tekan beton

$L_{mc}$  = lengan momen

#### 4.2.5 Hitungan Kontribusi Gaya Baja Tulangan

Baja tulangan berfungsi menahan tarik, dan gaya tarik ditahan oleh tulangan kolom.

1. Menghitung luas tulangan kolom

$$As_1 = As_2 = As_3 = As_4 = 0.5 \times \rho \times Lc \times bw \quad (4.12)$$

2. Menghitung Regangan

Hitungan regangan didasarkan pada regangan hancur beton sebesar 0.003 yang terjadi pada serat tekan terluar beton

Besarnya regangan :

$$\epsilon_s = \frac{(y - d_i)}{y} \times 0.003 \quad (4.13)$$

$\epsilon_{s_i}$  = regangan tulangan ke -i

$d_i$  = jarak tulangan ke -i dari serat tarik terluar

jika :

$$\epsilon_i < \epsilon_y \text{ maka } F_{s_i} = \epsilon_i \cdot E_s$$

$$\epsilon_i > \epsilon_y \text{ maka } F_{s_i} = f_y$$

Dengan :

$F_{s_i}$  = tegangan tulangan ke-i

$E$  = Modulus elastis baja, diambil sebesar 200.000 Mpa

3. Gaya Baja Tulangan

$$T_{s_i} = As_i \cdot F_{s_i} \quad (4.14)$$

Lengan momen

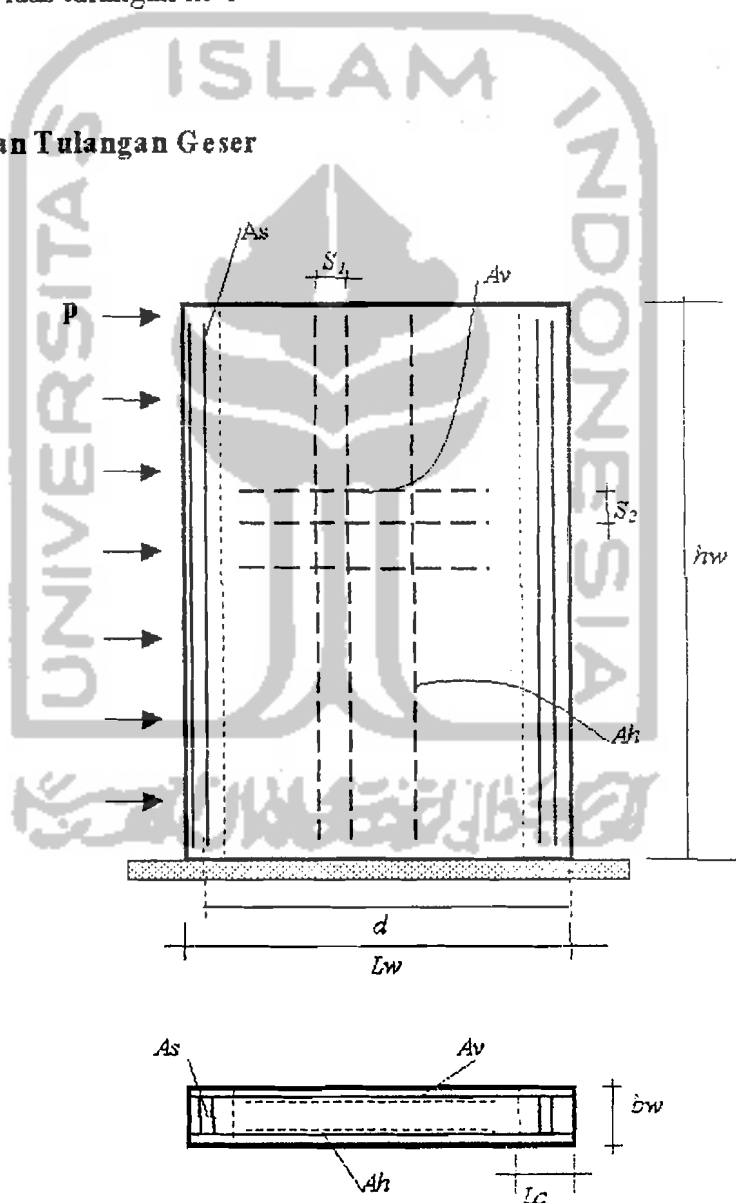
$$L_m = L_w - \beta_1 \times \frac{y}{2} - d, \tag{4.15}$$

Momen

$$M_n = T_s \cdot L_m \tag{4.16}$$

Dengan :  $A_{s_i}$  = luas tulangan ke-i

#### 4.4. Perencanaan Tulangan Geser



Gambar 4.5.

Gambar 4.5. menunjukkan suatu dinding geser dengan tinggi  $hw$  dan panjang  $lw$  dan tebal  $bw$ . Dinding geser tersebut di anggap terjepit pada dasarnya dan dibebani gaya dalam arah horisontal sepanjang tepi kirinya. Pada sisi sebelah kiri diberi tulangan vertikal lentur dengan luas  $A_s$ , dengan pusatnya berjarak  $d$  dari permukaan yang mengalami tekan paling besar. Supaya dapat menahan gaya dari arah sebaliknya, diberikan tulangan yang sama besarnya sepanjang sisi sebelah kanan. Selain tulangan vertikal dengan luas  $A_h$  dan jarak sebesar  $S_1$  juga diberikan tulangan geser horisontal dengan luas  $A_v$  dan jarak  $S_2$ . Tulangan yang terdistribusi seperti ini biasanya dipasang dalam dua lapisan yang sejajar terhadap permukaan dinding.

Perencanaan geser pada struktur terlentur didasarkan pada anggapan beton menahan sebagian gaya geser sedangkan kelebihanannya atau kekuatan geser diatas kemampuan beton menahannya ditahan baja tulangan geser.

Dasar-dasar perencanaan penampang dinding geser akibat geser, menurut pedoman SK-SNI T-15-19991-03 dan ACI, harus didasarkan pada :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (4.17)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (4.18)$$

Dimana :

$V_u$  = Gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_n$  = Kuat geser horisontal

$$\phi = 0.65$$

Dan batas atas kekuatan geser nominal telah ditetapkan:

$$V_n \leq 5/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot L_w \cdot d \quad (4.19)$$

$d$  = diambil sebesar  $0.8 L_w$

Menurut pedoman, geser nominal beton  $V_c$  dapat ditentukan berdasarkan persamaan yang dipakai pada gelagar-gelagar

$$V_c = 0.25 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d + \frac{N_u \cdot d}{4 \cdot L_w} \quad (4.20)$$

$$V_c = \left[ \left( 0.5 \sqrt{f'_c} + \frac{L_w (\sqrt{f'_c} + 2 \cdot N_u / L_w \cdot b_w)}{M_u / V_u - L_w / 2} \right) : 10 \right] \cdot b_w \cdot d \quad (4.21)$$

diambil harga yang terkecil dari kedua persamaan tersebut.

Persamaan 4.21 tidak berlaku jika  $(M_u/V_u - L_w/2)$  bernilai negatif.

Dengan :

$N_u$  = beban aksial yang telah dikalikan dengan faktor beban

$$M_u = (h_w - h_{cr}) \cdot V_u \quad (4.22)$$

$$h_{cr} = h_w / 2 \quad (4.23)$$

$V_u$  = beban eksternal  $> \phi V_c / 2$ ,  $\phi = 0.65$

Kekuatan geser nominal  $V_s$  dari tulangan horisontal :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S_2} \quad (4.24)$$

dengan  $A_v$  = luas tulangan geser horisontal dalam jarak vertikal  $S_2$ , dalam satuan  $\text{mm}^2$

$S_2$  = jarak vertikal antara tulangan horisontal, mm

$f_y$  = kekuatan leleh baja tulangan, MPa

Luas tulangan geser horisontal yang diperlukan dalam jarak  $S_2$  :

$$A_v = \frac{(V_u - \phi V_c) S_2}{\phi f_y d} \quad (4.25)$$

Harga perbandingan minimum yang diijinkan untuk tulangan geser horisontal terhadap luas beton bruto penampang vertikal adalah :

$$\rho_h \text{ min} \geq 0.0025$$

dan jarak maksimum  $S_2$  tidak boleh melebihi  $L_w/5$ ,  $3b_w$ , atau 500 mm

menurut pedoman luas vertikal untuk suatu jarak sebesar  $S_1$ , yang besarnya sedemikian rupa sehingga harga perbandingan tulangan vertikal terhadap luas penampang horisontal bruto tidak boleh kurang dari :

$$\rho_n = 0.0025 + 0.5 \times \left( 2.5 - \frac{H_w}{L_w} \right) \times (\rho_h - 0.0025) \quad \text{atau,} \quad (4.26)$$

$$\rho_v \text{ min} \geq 0.0025$$

spasi dari tulangan geser vertikal  $S_1$  tidak boleh kurang dari  $L_w/3$ ,  $3b_w$ , 500 mm.