

DAFTAR LAMPIRAN

L.1 *Preliminary*

L.2 Perhitungan Manual

LAMPIRAN 1

PREMINARY

Desain penampang balok

L (bentang terpanjang) = 6 m (Dua Tumpuan)

$$h = 1/16L = 1/16 \cdot 6000 = 375 \text{ mm} \sim 400 \text{ mm}$$

$$b = 1/2 h = 1/2 \cdot 400 = 200 \text{ mm} \sim 300 \text{ mm}$$

dipilih ukuran balok $h = 400 \text{ mm}$, $b = 300 \text{ mm}$

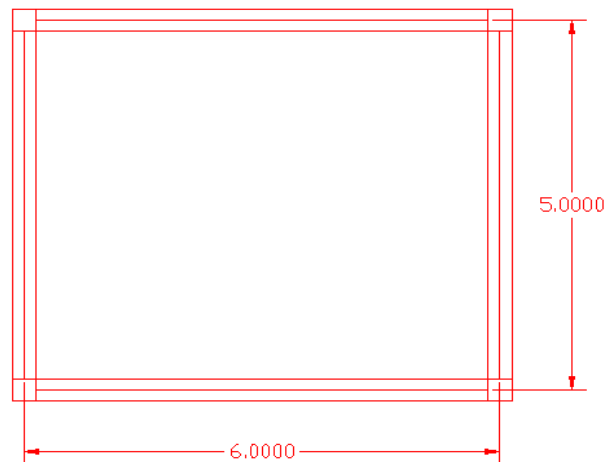
dimensi diatas dipakai untuk bentangan 5 m dan 2 m juga.

Desain pelat

Diketahui: $f_c' = 40 \text{ MPa}$

$f_y = 400 \text{ MPa}$

Perhitungan Tebal Pelat lantai diambil dari luasan yang terbesar



Cek perilaku pelat lantai

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{6000}{5000} = 1,2 \leq 2 \text{ memakai pelat 2 arah}$$

Bentang bersih (L_n)

$$L_{n1} = 6000 - 2 \left(\frac{1}{2} \times 300 \right) = 5700 \text{ mm}$$

$$L_{n2} = 5000 - 2\left(\frac{1}{2} \times 300\right) = 4700 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_{n1}}{L_{n2}} = \frac{5700}{4700} = 1,212$$

$$h_{\max} = \frac{L_{n1} \left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36} = \frac{5700 \left(0,8 + \frac{400}{1500}\right)}{36} = 168,889 \sim 170 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = \frac{L_{n2} \left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{4700 \left(0,8 + \frac{400}{1500}\right)}{36 + 9(1,212)} = 106,875 \sim 110 \text{ mm}$$

Tebal pelat (h) = 140 mm

Maka tebal rencana 140 mm memenuhi $h_{\min} < h < h_{\max}$

LAMPIRAN 2

HASIL PERHITUNGAN MANUAL

Data Struktur : tinggi gedung (h_w) = 80 m

Data Material : $f_c' = 40$ MPa

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Data dinding geser: tebal (t_s) = 500 mm

$$\text{Panjang } (l_w) = 5000 \text{ mm}$$

Hasil keluaran dari *ETABS* pada *shearwall* (P1X) pada lantai 1-5:

$$P_u = 22829,28 \text{ KN}$$

$$V_u = 3921,50 \text{ KN}$$

$$M_u = 64771,92 \text{ KNm}$$

Langkah perhitungan tulangan *shearwall*:

1. Menentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.
 - a. Periksa apakah dibutuhkan *dual layer* tulangan

$$V_u \geq \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'}$$

$$A_{cv} = 5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 2,5 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} 2,5 \sqrt{40} \times 10^3 = 2635,231 \text{ KN}$$

$V_u = 3921,50 \text{ KN} > 2635,231 \text{ KN}$, sehingga diperlukan *dual layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 3 \times \sqrt{40}}{6} \times 10^3 = 13176,156 \text{ KN}$$

Ok, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser *shearwall*

- b. Baja tulangan horisontal dan *transversal* yang dibutuhkan.

Rasio distribusi tulangan minimum 0,0025 dan spasi maksimum 45 cm

Luas *Shearwall* / meter panjang

$$= t_s \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{sh} = t_s \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,00125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D25, maka

Jenis baja tulangan D25 dipasang *dual layer*, diperoleh data seperti Tabel L2.1

Tabel L2.1 Jumlah tulangan horisontal dan transversal *shearwall*

Jenis	Dimensi			A _s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D25	2	25	490,873	981,7477

Maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah

$$= \frac{t_s \times 1 \text{ m} \times 0,0025}{A_s}$$

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{981,7477 \text{ mm}^2} = 1,27 \text{ pasang} \rightarrow 2 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

Karena $s = 500$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{5000}{500} + \frac{500}{500} \right] = 22 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu dual layer D25, tapi dengan spasi tulangan 300 mm

Kuat geser *shearwall*:

$$V_n = A_{cv} \left(\alpha_c \sqrt{f_c'} + \rho_n f \right)$$

Dimana:
$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{80}{5} = 16 > 2$$

Untuk $h_w/l_w > 2$, $\alpha_c = 0,167$ untuk $h_w/l_w < 1,5$, $\alpha_c = 1/4$

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times n}{500mm \times 5000mm} = 0,01727$$

Ok, $\rho_n > \rho_n \text{ min} = 0,0025$

$$\begin{aligned} V_n &= A_{cv} (\alpha_c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y) \\ &= 5000 \times 500 (0,167 \sqrt{40} + 0,01727 \times 400) \times 10^{-3} \\ &= 19919,261 \text{ KN} \end{aligned}$$

OK, $V_u = 3921,50 \text{ KN} < V_n = 19919,261 \text{ KN}$, *shearwall* cukup kuat menahan geser

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/l_w < 2$, jadi karena $h_w/l_w = 16$, maka yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

Gunakan dual layer D25 dengan spasi 300 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

Karena $s = 300$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{5000}{300} + \frac{500}{300} \right] = 36,666 \text{ diambil } 38 \text{ buah}$$

3. Tentukan apakah *Special boundary Element* diperlukan?

Special boundary Element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shearwall* melebihi $0,2 f_c'$

a. *Special boundary Element* diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} &= \frac{22829,28kN}{2,5m^2} + \frac{64771,92kNm \times 2,5m}{5,20833m^4} \\ &= 40222,23N/m^2 \sim 40,22 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 40MPa \\ &= 8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

40,22 Mpa > 8 Mpa, maka *Special boundary element* diperlukan.

- b. *Special boundary element* diperlukan jika jarak c dari serat terluar zone kompresi lebih besar lebih besar dari harga yang diperoleh dari:

$$c > \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)}, \frac{\delta_u}{h_w} > 0,007$$

$$c = \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} = \frac{500 \text{ cm}}{600 \left(\frac{35 \text{ cm}}{8000 \text{ cm}} \right)} = 190,476 \text{ cm}$$

$$c = \frac{\delta_u}{h_w} = c = \frac{35}{8000} = 0,004375 \text{ cm}$$

Diambil nilai c terbesar dari hasil perhitungan diatas.

Special boundary element setidaknya harus dibuat sepanjang $c - 0,1l_w$ dari serat tekan,

atau $\frac{c}{2}$

$$c - 0,1l_w = 1904,76 \text{ mm} - (0,1 \times 5000 \text{ mm}) = 1404,76 \text{ mm} \sim 1405 \text{ mm}$$

$$\text{atau } \frac{c}{2} = \frac{1904,76}{2} = 952,38 \text{ mm}$$

gunakan yang terbesar, panjang *special boundary element* yaitu 1405mm

Confinement 100 cm x 40 cm

Asumsi kita gunakan hoops berbentuk persegi dengan tulangan D19.

Karakteristik inti penampang :

h_c = dimensi inti (*core*), jarak yang diukur dari *centroid* ke *centroid hoops*.

$$= 1000 \text{ mm} - (2 \times 50 + 2 \times 19/2) = 881 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 1/4 panjang sisi terpendek
= 1/4 x 400 = 100 mm
 - 6 x diameter tulangan longitudinal
6 x 25 mm = 150 mm
- atau

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - \frac{2}{3}h_c}{3} = 100 + \frac{350 - 604,667}{3} = 20,888 \text{ mm}$$

jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D19 dengan spasi 100 mm

Dengan D19 dengan spasi 10 cm, *confinement* yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s h_c f_c'}{f_{yh}} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 881 \text{ mm} \times 40 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 792,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kolom menggunakan 24 D20, sehingga dapat mengaitkan 3 *hoops* dan cross tie di masing-masing sisi.

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel L2.2

Tabel L2.2 Tulangan *Confinement* 100 cm x 40 cm

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/bar (mm ²)	
19	3	19	283,528	850,584

Ok, 850,584 mm² > 792,9 mm², 3 *hoops* D19 dengan spasi 100 cm dapat digunakan.

Confinement untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan tulangan D19. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D19 adalah

- 1/4 panjang sisi terpendek
= 1/4 x 400 = 100 mm
 - 6 x diameter tulangan longitudinal
6 x 25 mm = 150 mm
- atau

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - hx}{3}$$

hc = dimensi inti (*core*), jarak yang diukur dari *centroid* ke *centroid hoops*.

$$= 500 \text{ mm} - (2 \times 50 + 2 \times 19/2) = 381 \text{ mm}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - \frac{2}{3}hc}{3} = 132 \text{ mm}$$

jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D19 dengan spasi 100 mm

Dengan D19 dengan spasi 10 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc f'_c}{f_{yh}} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 381 \text{ mm} \times 40 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 342,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, dipeoleh data seperti pada Tabel L2.3

Tabel L2.3 Tulangan *Confinement* untuk *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D19	2	19	283,528	567,056

Ok, 567,056mm² > 342,9 mm² 2 *hoops* D19 dengan spasi 10 cm dapat digunakan.

Tulangan transversal di *boundry element* harus dilebihi panjangnya sepanjang $l_w = 5 \text{ m}$ atau

$$M_u / 4V_u = 64771,92 / 4(3921,50) = 4,129 \text{ m} \sim 4,2 \text{ m}$$

Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* (P2X) pada lantai 6-10:

$$P_u = 21544,01 \text{ KN}$$

$$V_u = 3928,17 \text{ KN}$$

$$M_u = 58819,17 \text{ KNm}$$

Langkah perhitungan tulangan *shearwall*:

1. Menentukan baja tulangan horizontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

- a. Periksa apakah dibutuhkan dual layer tulangan

$$V_u \geq \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c}$$

$$A_{cv} = 5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 2,5 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c} = \frac{1}{6} 2,5 \sqrt{40} \times 10^3 = 2635,231 \text{ KN}$$

$V_u = 3928,17 \text{ KN} > 2635,231 \text{ KN}$, sehingga diperlukan dual layer tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c} = \frac{5 \times 2,5 \times \sqrt{40}}{6} \times 10^3 = 13176,156 \text{ KN}$$

Ok, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser *shearwall*

- b. Baja tulangan horizontal dan transversal yang dibutuhkan.

Rasio distribusi tulangan minimum 0,0025 dan spasi maksimum 45 cm

Luas *Shearwall* / meter panjang

$$= t_s \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{sh} = t_s \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,00125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D25, maka

Jenis baja tulangan D25 dipasang dua layer, diperoleh data seperti Tabel L2.4

Tabel L2.4 Jumlah tulangan horizontal dan transversal *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D25	2	25	490,873	981,7477

Maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah

$$= \frac{t_s \times 1m \times 0,0025}{As}$$

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{981,7477 \text{ mm}^2} = 1,27 \text{ pasang} \rightarrow 2 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

Karena $s = 500$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{5000}{500} + \frac{500}{500} \right] = 22 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu dual layer D25, tapi dengan spasi tulangan 300 mm

Kuat geser *shearwall*:

$$V_n = Acv \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y \right)$$

Dimana: $\frac{h_w}{l_w} = \frac{80}{5} = 16 > 2$

Untuk $h_w/l_w > 2$, $\alpha c = 0,167$ untuk $h_w/l_w < 1,5$, $\alpha c = 1/4$

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{500 \text{ mm} \times 5000 \text{ mm}} = 0,01727$$

Ok, $\rho_n > \rho_n \text{ min} = 0,0025$

$$V_n = Acv \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y \right)$$

$$= 5000 \times 500 \left(0,167 \sqrt{40} + 0,01727 \times 400 \right) \times 10^{-3}$$

$$= 19919,261 \text{ KN}$$

OK, $V_u = 3928,17 \text{ KN} < V_n = 19919,261 \text{ KN}$, *shearwall* cukup kuat menahan geser

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/l_w < 2$, jadi karena $h_w/l_w = 16$, maka yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

Gunakan dual layer D25 dengan spasi 300 mm untuk arah vertikal dan horizontal.

Karena $s = 300$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{5000}{300} + \frac{500}{300} \right] = 36,666 \text{ diambil } 38 \text{ buah}$$

3. Tentukan apakah *Special boundary Element* diperlukan?

Special boundary Element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shearwall* melebihi $0,2 f_c'$

a. *Special boundary Element* diperlukan jika:

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} &= \frac{21544,01 \text{ kN}}{2,5 \text{ m}^2} + \frac{58819,78 \text{ kNm} \times 2,5 \text{ m}}{5,20833 \text{ m}^4} \\ &= 38051,09 \text{ KN/m}^2 \sim 38,051 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Sedangkan

$$0,2 f_c' = 0,2 \times 40 \text{ MPa}$$

$$= 8 \text{ Mpa}$$

$38,051 \text{ Mpa} > 8 \text{ Mpa}$, maka *Special boundary element* diperlukan.

b. *Special boundary element* diperlukan jika jarak c dari serat terluar zone kompresi lebih besar lebih besar dari harga yang diperoleh dari:

$$c > \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)}, \frac{\delta_u}{h_w} > 0,007$$

$$c = \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} = \frac{500 \text{ cm}}{600 \left(\frac{35 \text{ cm}}{8000 \text{ cm}} \right)} = 190,476 \text{ cm}$$

$$c = \frac{\delta_u}{h_w} = c = \frac{35}{8000} = 0.004375 \text{ cm}$$

Diambil nilai c terbesar dari hasil perhitungan diatas.

Spesial boundary element setidaknya harus dibuat sepanjang $c \cdot 0,1l_w$ dari serat tekan,

atau $\frac{c}{2}$

$$c \cdot 0,1l_w = 1904,76 \text{ mm} - (0,1 \times 5000 \text{ mm}) = 1404,76 \text{ mm} \sim 1405 \text{ mm}$$

atau $\frac{c}{2} = \frac{1904,76}{2} = 952,38 \text{ mm}$

gunakan yang terbesar, panjang *spesial boundary element* yaitu 1405 mm

Confinement 100 cm x 40 cm

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D19.

Karakteristik inti penampang :

h_c = dimensi inti (*core*), jarak yang diukur dari *centroid* ke *centroid hoops*.

$$= 1000 \text{ mm} - (2 \times 50 + 2 \times 19/2) = 881 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 1/4 panjang sisi terpendek
= $1/4 \times 400 = 100 \text{ mm}$
- 6 x diameter tulangan longitudinal
 $6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

atau

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - \frac{2}{3} h_c}{3} = 100 + \frac{350 - 604,667}{3} = 20,888 \text{ mm}$$

jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D19 dengan spasi 100 mm

Dengan D19 dengan spasi 10 cm, *confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 s h_c f_c'}{f_{yh}}$$

$$= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 881 \text{ mm} \times 40 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 792,9 \text{ mm}^2$$

Kolom menggunakan 24 D20, sehingga dapat mengaitkan 3 *hoops* dan cross tie di masing-masing sisi.

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel L2.5

Tabel L2.5 Tulangan *Confinement* 100 cm x 40 cm

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/bar (mm ²)	
19	3	19	283,528	850,584

Ok, 850,584 mm² > 792,9 mm², 3 *hoops* D19 dengan spasi 100 cm dapat digunakan.

Confinement untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan tulangan D19. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D19 adalah

- 1/4 panjang sisi terpendek
= 1/4 x 400 = 100 mm
- 6 x diameter tulangan longitudinal
6 x 25 mm = 150 mm

atau

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - hc}{3}$$

hc = dimensi inti (*core*), jarak yang diukur dari *centroid* ke *centroid hoops*.

$$= 500 \text{ mm} - (2 \times 50 + 2 \times 19/2) = 381 \text{ mm}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - \frac{2}{3}hc}{3} = 132 \text{ mm}$$

jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D19 dengan spasi 100 mm

Dengan D19 dengan spasi 10 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 shc f_c'}{f_{yh}} \\
 &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 381 \text{ mm} \times 40 \text{ Mpa}}{400} \\
 &= 342,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel L2.6

Tabel L2.6 Tulangan *Confinement* untuk *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D19	2	19	283,528	567,056

Ok, $567,056 \text{ mm}^2 > 342,9 \text{ mm}^2$ 2 *hoops* D19 dengan spasi 10 cm dapat digunakan.

Tulangan transversal di *boundry element* harus dilebihi panjangnya sepanjang $l_w = 5 \text{ m}$ atau

$$\frac{M_u}{4V_u} = \frac{58819,78}{4(3928,17)} = 3,743 \text{ m} \sim 3,8 \text{ m}$$

Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* (P3X) pada lantai 11-15:

$$P_u = 15053,35 \text{ KN}$$

$$V_u = 3461,49 \text{ KN}$$

$$M_u = 31359,50 \text{ KNm}$$

Langkah perhitungan tulangan *shearwall*:

1. Menentukan baja tulangan horizontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

- a. Periksa apakah dibutuhkan dual layer tulangan

$$V_u \geq \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c}$$

$$A_{cv} = 5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 2,5 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c} = \frac{1}{6} 2,5 \sqrt{40} \times 10^3 = 2635,231 \text{ KN}$$

$V_u = 3928,17 \text{ KN} > 2635,231 \text{ KN}$, sehingga diperlukan dual layer tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c} = \frac{5 \times 2,5 \times \sqrt{40}}{6} \times 10^3 = 13176,156 \text{ KN}$$

Ok, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser *shearwall*

- b. Baja tulangan horizontal dan transversal yang dibutuhkan.

Rasio distribusi tulangan minimum 0,0025 dan spasi maksimum 45 cm

Luas *Shearwall* / meter panjang

$$= t_s \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{sh} = t_s \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,00125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D25, maka

Jenis baja tulangan D25 dipasang dua layer, diperoleh data seperti Tabel L2.7

Tabel L2.7 Jumlah tulangan horizontal dan transversal *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D25	2	25	490,873	981,7477

Maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah

$$= \frac{t_s \times 1m \times 0,0025}{As}$$

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{981,7477 \text{ mm}^2} = 1,27 \text{ pasang} \rightarrow 2 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

Karena $s = 500$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{5000}{500} + \frac{500}{500} \right] = 22 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu dual layer D25, tapi dengan spasi tulangan 300 mm

Kuat geser *shearwall*:

$$V_n = Acv \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f \right)$$

Dimana: $\frac{h_w}{l_w} = \frac{80}{5} = 16 > 2$

Untuk $h_w/l_w > 2$, $\alpha c = 0,167$ untuk $h_w/l_w < 1,5$, $\alpha c = 1/4$

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{500\text{mm} \times 5000\text{mm}} = 0,01727$$

Ok, $\rho_n > \rho_n \text{ min} = 0,0025$

$$V_n = Acv \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y \right)$$

$$= 5000 \times 500 (0,167\sqrt{40} + 0,01727 \times 400) \times 10^{-3}$$

$$= 19919,261 \text{ KN}$$

OK, $V_u = 3928,17 \text{ KN} < V_n = 19919,261 \text{ KN}$, *shearwall* cukup kuat menahan geser

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/l_w < 2$, jadi karena $h_w/l_w = 16$, maka yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

Gunakan dual layer D25 dengan spasi 300 mm untuk arah vertikal dan horizontal.

Karena $s = 300$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{5000}{300} + \frac{500}{300} \right] = 36,666 \text{ diambil } 38 \text{ buah}$$

3. Tentukan apakah *Special boundary Element* diperlukan?

Special boundary Element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shearwall* melebihi $0,2 f_c'$

a. *Special boundary Element* diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} = \frac{15053,35 \text{ kN}}{2,5 \text{ m}^2} + \frac{31359,50 \text{ kNm} \times 2,5 \text{ m}}{5,20833 \text{ m}^4}$$

$$= 21073,909 \text{ KN/m}^2 \sim 21,073 \text{ Mpa}$$

Sedangkan

$$0,2 f_c' = 0,2 \times 40 \text{ MPa}$$

$$= 8 \text{ Mpa}$$

$38,051 \text{ Mpa} > 8 \text{ Mpa}$, maka *Special boundary element* diperlukan.

b. *Spesial boundary element* diperlukan jika jarak c dari serat terluar zone kompresi lebih besar lebih besar dari harga yang diperoleh dari:

$$c > \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)}, \frac{\delta_u}{h_w} > 0,007$$

$$c = \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} = \frac{500 \text{ cm}}{600 \left(\frac{35 \text{ cm}}{8000 \text{ cm}} \right)} = 190,476 \text{ cm}$$

$$c = \frac{\delta_u}{h_w} = c = \frac{35}{8000} = 0.004375 \text{ cm}$$

Diambil nilai c terbesar dari hasil perhitungan diatas.

Spesial boundary element setidaknya harus dibuat sepanjang $c - 0,1l_w$ dari serat tekan,

atau $\frac{c}{2}$

$$c - 0,1l_w = 1904,76 \text{ mm} - (0,1 \times 5000 \text{ mm}) = 1404,76 \text{ mm} \sim 1405 \text{ mm}$$

$$\text{atau } \frac{c}{2} = \frac{1904,76}{2} = 952,38 \text{ mm}$$

gunakan yang terbesar, panjang *spesial boundary element* yaitu 1405mm

Confinement 100 cm x 40 cm

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D19.

Karakteristik inti penampang :

h_c = dimensi inti (*core*), jarak yang diukur dari *centroid* ke *centroid hoops*.

$$= 1000 \text{ mm} - (2 \times 50 + 2 \times 19/2) = 881 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 1/4 panjang sisi terpendek
- 6 x diameter tulangan longitudinal

$$6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

atau

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - \frac{2}{3} h_c}{3} = 100 + \frac{350 - 604,667}{3} = 20,888 \text{ mm}$$

jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D19 dengan spasi 100 mm

Dengan D19 dengan spasi 10 cm, *confinement* yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 s h_c f_c'}{f_{yh}} \\
 &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 881 \text{ mm} \times 40 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\
 &= 792,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kolom menggunakan 24 D20, sehingga dapat mengaitkan 3 *hoops* dan cross tie di masing-masing sisi.

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel L2.8

Tabel L2.8 Tulangan *Confinement* 100 cm x 40 cm

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/bar (mm ²)	
19	3	19	283,528	850,584

Ok, 850,584 mm² > 792,9 mm², 3 *hoops* D19 dengan spasi 100 cm dapat digunakan.

Confinement untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan tulangan D19. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D19 adalah

- 1/4 panjang sisi terpendek
= 1/4 x 400 = 100 mm
- 6 x diameter tulangan longitudinal
6 x 25 mm = 150 mm

atau

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - hc}{3}$$

hc = dimensi inti (*core*), jarak yang diukur dari *centroid* ke *centroid hoops*.

$$= 500 \text{ mm} - (2 \times 50 + 2 \times 19/2) = 381 \text{ mm}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - \frac{2}{3} hc}{3} = 132 \text{ mm}$$

jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D19 dengan spasi 100 mm
 Dengan D19 dengan spasi 10 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 shc f_c'}{f_{yh}} \\
 &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 381 \text{ mm} \times 40 \text{ Mpa}}{400} \\
 &= 342,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, dipeoleh data seperti pada Tabel L2.9

Tabel L2.9 Tulangan *Confinement* untuk *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D19	2	19	283,528	567,056

Ok, 567,056mm² > 342,9 mm² 2 *hoops* D19 dengan spasi 10 cm dapat digunakan.

Tulangan transversal di *boundry element* harus dilebihi panjangnya sepanjang $l_w = 5$ m atau

$$\frac{M_u}{4V_u} = \frac{31359,50}{4(3461,49)} = 2,265 \text{ m} \sim 2,3 \text{ m}$$

Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* (P3X) pada lantai 16-20:

$$P_u = 7988,17 \text{ KN}$$

$$V_u = 2394,01 \text{ KN}$$

$$M_u = 10276,70 \text{ KNm}$$

Langkah perhitungan tulangan *shearwall*:

1. Menentukan baja tulangan horizontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

- a. Periksa apakah dibutuhkan dual layer tulangan

$$V_u \geq \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c}'$$

$$A_{cv} = 5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 2,5 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c}' = \frac{1}{6} 2,5 \sqrt{40} \times 10^3 = 2635,231 \text{ KN}$$

$V_u = 2394,01 \text{ KN} < 2635,231 \text{ KN}$, sehingga diperlukan *dual layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c}' = \frac{5 \times 2,5 \times \sqrt{40}}{6} \times 10^3 = 13176,156 \text{ KN}$$

Ok, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser *shearwall*

- b. Baja tulangan horizontal dan transversal yang dibutuhkan.

Rasio distribusi tulangan minimum 0,0025 dan spasi maksimum 45 cm

Luas *Shearwall* / meter panjang

$$= t_s \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{sh} = t_s \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,00125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D25, maka

Jenis baja tulangan D25 dipasang dua layer, diperoleh data seperti Tabel L2.10

Tabel L2.10 Jumlah tulangan horizontal dan transversal *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D25	2	25	490,873	981,7477

Maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah

$$= \frac{t_s \times 1m \times 0,0025}{A_s}$$

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{981,7477 \text{ mm}^2} = 1,27 \text{ pasang} \rightarrow 2 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

Karena $s = 500$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{5000}{500} + \frac{500}{500} \right] = 22 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu dual layer D25, tapi dengan spasi tulangan 300 mm

Kuat geser *shearwall*:

$$V_n = A_c v \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f \right)$$

Dimana: $\frac{h_w}{l_w} = \frac{80}{5} = 16 > 2$

Untuk $h_w/l_w > 2$, $\alpha c = 0,167$ untuk $h_w/l_w < 1,5$, $\alpha c = \frac{1}{4}$

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{500 \text{ mm} \times 5000 \text{ mm}} = 0,01727$$

Ok, $\rho_n > \rho_n \text{ min} = 0,0025$

$$V_n = A_c v \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y \right)$$

$$= 5000 \times 500 \left(0,167 \sqrt{40} + 0,01727 \times 400 \right) \times 10^{-3}$$

$$= 19919,261 \text{ KN}$$

OK, $V_u = 3928,17 \text{ KN} < V_n = 19919,261 \text{ KN}$, *shearwall* cukup kuat menahan geser

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/l_w < 2$, jadi karena $h_w/l_w = 16$, maka yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

Gunakan dual layer D25 dengan spasi 300 mm untuk arah vertikal dan horizontal.

Karena $s = 300$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{5000}{300} + \frac{500}{300} \right] = 36,666 \text{ diambil } 38 \text{ buah}$$

3. Tentukan apakah *Special boundary Element* diperlukan?

Special boundary Element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shearwall* melebihi $0,2 f_c'$

a. *Special boundary Element* diperlukan jika :

$$\frac{p_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{p_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} &= \frac{15053,35 \text{ kN}}{2,5 \text{ m}^2} + \frac{31359,50 \text{ kNm} \times 2,5 \text{ m}}{5,20833 \text{ m}^4} \\ &= 21073,909 \text{ KN/m}^2 \sim 21,073 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Sedangkan

$$0,2 f_c' = 0,2 \times 40 \text{ MPa}$$

$$= 8 \text{ Mpa}$$

$21,073 \text{ Mpa} > 8 \text{ Mpa}$, maka *Special boundary element* diperlukan.

b. *Spesial boundary element* diperlukan jika jarak c dari serat terluar zone kompresi lebih besar lebih besar dari harga yang diperoleh dari:

$$c > \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)}, \frac{\delta_u}{h_w} > 0,007$$

$$c = \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} = \frac{500 \text{ cm}}{600 \left(\frac{35 \text{ cm}}{8000 \text{ cm}} \right)} = 190,476 \text{ cm}$$

$$c = \frac{\delta_u}{h_w} = c = \frac{35}{8000} = 0.004375 \text{ cm}$$

Diambil nilai c terbesar dari hasil perhitungan diatas.

Spesial boundary element setidaknya harus dibuat sepanjang c- $0,1l_w$ dari serat tekan,

atau $\frac{c}{2}$

$$c - 0,1l_w = 1904,76 \text{ mm} - (0,1 \times 5000 \text{ mm}) = 1404,76 \text{ mm} \sim 1405 \text{ mm}$$

atau $\frac{c}{2} = \frac{1904,76}{2} = 952,38 \text{ mm}$

gunakan yang terbesar, panjang *spesial boundary element* yaitu 1405mm

Confinement 100 cm x 40 cm

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D19.

Karakteristik inti penampang :

h_c = dimensi inti (*core*), jarak yang diukur dari *centroid* ke *centroid hoops*.

$$= 1000 \text{ mm} - (2 \times 50 + 2 \times 19/2) = 881 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 1/4 panjang sisi terpendek
= $1/4 \times 400 = 100 \text{ mm}$
- 6 x diameter tulangan longitudinal
 $6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

atau

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - \frac{2}{3} h_c}{3} = 100 + \frac{350 - 604,667}{3} = 20,888 \text{ mm}$$

jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D19 dengan spasi 100 mm

Dengan D19 dengan spasi 10 cm, *confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 s h_c f_c'}{f_{yh}}$$

$$= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 881 \text{ mm} \times 40 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 792,9 \text{ mm}^2$$

Kolom menggunakan 24 D20, segingga dapat mengaitkan 3 *hoops* dan cross tie di masing-masing sisi.

Jenis baja tulangan, dipeoleh data seperti pada Tabel L2.11

Tabel L2.11 Tulangan *Confinement* 100 cm x 40 cm

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/bar (mm ²)	
19	3	19	283,528	850,584

Ok, 850,584 mm² > 792,9 mm², 3 *hoops* D19 dengan spasi 100 cm dapat digunakan.

Confinement untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan tulangan D19. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D19 adalah

- 1/4 panjang sisi terpendek
= 1/4 x 400 = 100 mm
 - 6 x diameter tulangan longitudinal
6 x 25 mm = 150 mm
- atau

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - hc}{3}$$

hc = dimensi inti (*core*), jarak yang diukur dari *centroid* ke *centroid hoops*.

$$= 500 \text{ mm} - (2 \times 50 + 2 \times 19/2) = 381 \text{ mm}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - \frac{2}{3}hc}{3} = 132 \text{ mm}$$

jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D19 dengan spasi 100 mm

Dengan D19 dengan spasi 10 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 shc f_c'}{f_{yh}} \\
 &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 381 \text{ mm} \times 40 \text{ Mpa}}{400} \\
 &= 342,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel L2.12

Tabel L2.12 Tulangan *Confinement* untuk *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D19	2	19	283,528	567,056

Ok, $567,056 \text{ mm}^2 > 342,9 \text{ mm}^2$ 2 *hoops* D19 dengan spasi 10 cm dapat digunakan.

Tulangan transversal di *boundry element* harus dilebihi panjangnya sepanjang $l_w = 5 \text{ m}$ atau

$$\frac{M_u}{4V_u} = \frac{10276,70}{4(2394,01)} = 1,073 \text{ m} \sim 1,1 \text{ m}$$

Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* (P1Y) pada lantai 1-5:

$$P_u = 4429,84 \text{ KN}$$

$$V_u = 542,74 \text{ KN}$$

$$M_u = 998,70 \text{ KNm}$$

Langkah perhitungan tulangan *shearwall*:

1. Menentukan baja tulangan horizontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

- a. Periksa apakah dibutuhkan dual layer tulangan

$$V_u \geq \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c}'$$

$$A_{cv} = 6 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c}' = \frac{1}{6} 3 \sqrt{40} \times 10^3 = 3162,277 \text{ KN}$$

$V_u = 542,74 \text{ KN} < 3162,277 \text{ KN}$, sehingga tidak diperlukan dual layer tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c}' = \frac{5 \times 3 \times \sqrt{40}}{6} \times 10^3 = 65880,775 \text{ KN}$$

Ok, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser *shearwall*

- b. Baja tulangan horizontal dan transversal yang dibutuhkan.

Rasio distribusi tulangan minimum 0,0025 dan spasi maksimum 45 cm

Luas *Shearwall* / meter panjang

$$= t_s \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{sh} = t_s \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,00125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D22, maka

Jenis baja tulangan D22, diperoleh data seperti Tabel L2.13

Tabel L2.13 Jumlah tulangan horizontal dan transversal *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D22	2	22	380,132	760,265

Maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah

$$= \frac{t_s \times 1m \times 0,0025}{A_s}$$

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{760,265 \text{ mm}^2} = 1,64 \text{ pasang} \rightarrow 2 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

Karena $s = 500$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{6000}{500} + \frac{500}{500} \right] = 26 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu dual layer D22, tapi dengan spasi tulangan 300 mm

Kuat geser *shearwall*:

$$V_n = A_c v \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y \right)$$

Dimana: $\frac{h_w}{l_w} = \frac{80}{6} = 13,333 > 2$

Untuk $h_w/l_w > 2$, $\alpha c = 0,167$ untuk $h_w/l_w < 1,5$, $\alpha c = 1/4$

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{500 \text{ mm} \times 6000 \text{ mm}} = 0,013177$$

Ok, $\rho_n > \rho_n \text{ min} = 0,0025$

$$V_n = A_c v \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y \right)$$

$$= 6000 \times 500 \left(0,167 \sqrt{40} + 0,01317 \times 400 \right) \times 10^{-3}$$

$$= 18982,114 \text{ KN}$$

OK, $V_u = 542,74 \text{ KN} < V_n = 18982,115 \text{ KN}$, *shearwall* cukup kuat menahan geser

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/l_w < 2$, jadi karena $h_w/l_w = 13,33$, maka yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

Gunakan dual layer D22 dengan spasi 300 mm untuk arah vertikal dan horizontal.

Karena $s = 300$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{6000}{300} + \frac{500}{300} \right] = 43,333 \text{ diambil } 44 \text{ buah}$$

3. Tentukan apakah *Special boundary Element* diperlukan?

Special boundary Element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shearwall* melebihi $0,2 f_c'$

Special boundary Element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} &= \frac{4429,84 \text{ kN}}{3 \text{ m}^2} + \frac{998,70 \text{ kNm} \times 3 \text{ m}}{9 \text{ m}^4} \\ &= 1809,513 \text{ KN/m}^2 \sim 1,809 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 40 \text{ MPa} \\ &= 8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$1,809 \text{ Mpa} < 8 \text{ Mpa}$, maka *Special boundary element* tidak diperlukan.

Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* (P2Y) pada lantai 6-10:

$$P_u = 4018,31 \text{ KN}$$

$$V_u = 602,88 \text{ KN}$$

$$M_u = 1210,13 \text{ KNm}$$

Langkah perhitungan tulangan *shearwall*:

1. Menentukan baja tulangan horizontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

- a. Periksa apakah dibutuhkan dual layer tulangan

$$V_u \geq \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c}'$$

$$A_{cv} = 6 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c}' = \frac{1}{6} 3 \sqrt{40} \times 10^3 = 3162,277 \text{ KN}$$

$V_u = 602,88 \text{ KN} < 3162,277 \text{ KN}$, sehingga tidak diperlukan *dual layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c}' = \frac{5 \times 3 \times \sqrt{40}}{6} \times 10^3 = 65880,775 \text{ KN}$$

Ok, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser *shearwall*

- b. Baja tulangan horizontal dan transversal yang dibutuhkan.

Rasio distribusi tulangan minimum 0,0025 dan spasi maksimum 45 cm

Luas *Shearwall* / meter panjang

$$= ts \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{sh} = ts \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,00125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D22, maka

Jenis baja tulangan D22, diperoleh data seperti Tabel L2.14

Tabel L2.14 Jumlah tulangan horizontal dan transversal *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D22	2	22	380,132	760,265

Maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah

$$= \frac{t_s \times 1m \times 0,0025}{A_s}$$

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{760,265 \text{ mm}^2} = 1,64 \text{ pasang} \rightarrow 2 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

Karena $s = 500$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{6000}{500} + \frac{500}{500} \right] = 26 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu dual layer D22, tapi dengan spasi tulangan 300 mm

Kuat geser *shearwall*:

$$V_n = A_c v \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f \right)$$

Dimana: $\frac{h_w}{l_w} = \frac{80}{6} = 13,333 > 2$

Untuk $h_w/l_w > 2$, $\alpha c = 0,167$ untuk $h_w/l_w < 1,5$, $\alpha c = 1/4$

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{500 \text{ mm} \times 6000 \text{ mm}} = 0,013177$$

Ok, $\rho_n > \rho_n \text{ min} = 0,0025$

$$V_n = A_c v \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y \right)$$

$$= 6000 \times 500 \left(0,167 \sqrt{40} + 0,01317 \times 400 \right) \times 10^{-3}$$

$$= 18982,114 \text{ KN}$$

OK, $V_u = 602,88 \text{ KN} < V_n = 18982,115 \text{ KN}$, *shearwall* cukup kuat menahan geser

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/l_w < 2$, jadi karena $h_w/l_w = 13,33$, maka yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

Gunakan dual layer D22 dengan spasi 300 mm untuk arah vertikal dan horizontal.

Karena $s = 300$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{6000}{300} + \frac{500}{300} \right] = 43,333 \text{ diambil } 44 \text{ buah}$$

3. Tentukan apakah *Special boundary Element* diperlukan?

Special boundary Element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shearwall* melebihi $0,2 f_c'$

Special boundary Element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} &= \frac{4018,31 \text{ kN}}{3 \text{ m}^2} + \frac{1210,13 \text{ kNm} \times 3 \text{ m}}{9 \text{ m}^4} \\ &= 1742,8133 \text{ KN/m}^2 \sim 1,742 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 40 \text{ MPa} \\ &= 8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$1,742 \text{ Mpa} < 8 \text{ Mpa}$, maka *Special boundary element* tidak diperlukan.

Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* (P3Y) pada lantai 10-15:

$$P_u = 3472,10 \text{ KN}$$

$$V_u = 558,29 \text{ KN}$$

$$M_u = 1161,64 \text{ KNm}$$

Langkah perhitungan tulangan *shearwall*:

1. Menentukan baja tulangan horizontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dual layer tulangan

$$V_u \geq \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c}$$

$$A_{cv} = 6 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c} = \frac{1}{6} 3 \sqrt{40} \times 10^3 = 3162,277 \text{ KN}$$

$V_u = 558,29 \text{ KN} < 3162,277 \text{ KN}$, sehingga tidak diperlukan *dual layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c} = \frac{5 \times 3 \times \sqrt{40}}{6} \times 10^3 = 65880,775 \text{ KN}$$

Ok, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser *shearwall*

b. Baja tulangan horizontal dan transversal yang dibutuhkan.

Rasio distribusi tulangan minimum 0,0025 dan spasi maksimum 45 cm

Luas *Shearwall* / meter panjang

$$= ts \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{sh} = ts \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,00125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D22, maka

Jenis baja tulangan D22, diperoleh data seperti Tabel L2.15

Tabel L2.15 Jumlah tulangan horizontal dan transversal *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D22	2	22	380,132	760,265

Maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah

$$= \frac{t_s \times 1m \times 0,0025}{As}$$

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{760,265 \text{ mm}^2} = 1,64 \text{ pasang} \rightarrow 2 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

Karena $s = 500$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{6000}{500} + \frac{500}{500} \right] = 26 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu dual layer D22, tapi dengan spasi tulangan 300 mm

Kuat geser *shearwall*:

$$V_n = A_c v \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f \right)$$

Dimana: $\frac{h_w}{l_w} = \frac{80}{6} = 13,333 > 2$

Untuk $h_w/l_w > 2$, $\alpha c = 0,167$ untuk $h_w/l_w < 1,5$, $\alpha c = \frac{1}{4}$

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{500 \text{ mm} \times 6000 \text{ mm}} = 0,013177$$

Ok, $\rho_n > \rho_n \text{ min} = 0,0025$

$$V_n = A_c v \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y \right)$$

$$= 6000 \times 500 \left(0,167 \sqrt{40} + 0,01317 \times 400 \right) \times 10^{-3}$$

$$= 18982,114 \text{ KN}$$

OK, $V_u = 558,29 \text{ KN} < V_n = 18982,115 \text{ KN}$, *shearwall* cukup kuat menahan geser

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/l_w < 2$, jadi karena $h_w/l_w = 13,33$, maka yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

Gunakan dual layer D22 dengan spasi 300 mm untuk arah vertikal dan horizontal.

Karena $s = 300$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{6000}{300} + \frac{500}{300} \right] = 43,333 \text{ diambil } 44 \text{ buah}$$

3. Tentukan apakah *Special boundary Element* diperlukan?

Special boundary Element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shearwall* melebihi $0,2 f_c'$

Special boundary Element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} &= \frac{3472,10 \text{ kN}}{3 \text{ m}^2} + \frac{1161,64 \text{ kNm} \times 3 \text{ m}}{9 \text{ m}^4} \\ &= 1544,58 \text{ KN/m}^2 \sim 1,544 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Sedangkan

$$0,2 f_c' = 0,2 \times 40 \text{ MPa}$$

$$= 8 \text{ Mpa}$$

$1,544 \text{ Mpa} < 8 \text{ Mpa}$, maka *Special boundary element* tidak diperlukan.

Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* (P4Y) pada lantai 16-20:

$$P_u = 2147,41 \text{ KN}$$

$$V_u = 387,16 \text{ KN}$$

$$M_u = 843,39 \text{ KNm}$$

Langkah perhitungan tulangan *shearwall*:

1. Menentukan baja tulangan horizontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dual layer tulangan

$$V_u \geq \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c}$$

$$A_{cv} = 6 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c} = \frac{1}{6} 3 \sqrt{40} \times 10^3 = 3162,277 \text{ KN}$$

$V_u = 387,16 \text{ KN} < 3162,277 \text{ KN}$, sehingga tidak diperlukan dual layer tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c} = \frac{5 \times 3 \times \sqrt{40}}{6} \times 10^3 = 65880,775 \text{ KN}$$

Ok, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser *shearwall*

b. Baja tulangan horizontal dan transversal yang dibutuhkan.

Rasio distribusi tulangan minimum 0,0025 dan spasi maksimum 45 cm

Luas *Shearwall* / meter panjang

$$= t_s \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{sh} = t_s \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025$$

$$= 0,00125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D22, maka

Jenis baja tulangan D22, diperoleh data seperti Tabel L2.16

Tabel L2.16 Jumlah tulangan horizontal dan transversal *shearwall*

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas/ bar (mm ²)	
D22	2	22	380,132	760,265

Maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah

$$= \frac{t_s \times 1m \times 0,0025}{A_s}$$

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{760,265 \text{ mm}^2} = 1,64 \text{ pasang} \rightarrow 2 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

Karena $s = 500$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{6000}{500} + \frac{500}{500} \right] = 26 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu dual layer D22, tapi dengan spasi tulangan 300 mm

Kuat geser *shearwall*:

$$V_n = A_c v \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f \right)$$

Dimana: $\frac{h_w}{l_w} = \frac{80}{6} = 13,333 > 2$

Untuk $h_w/l_w > 2$, $\alpha c = 0,167$ untuk $h_w/l_w < 1,5$, $\alpha c = \frac{1}{4}$

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{500 \text{ mm} \times 6000 \text{ mm}} = 0,013177$$

Ok, $\rho_n > \rho_n \text{ min} = 0,0025$

$$V_n = A_c v \left(\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y \right)$$

$$= 6000 \times 500 \left(0,167 \sqrt{40} + 0,01317 \times 400 \right) \times 10^{-3}$$

$$= 18982,114 \text{ KN}$$

OK, $V_u = 387,16 \text{ KN} < V_n = 18982,115 \text{ KN}$, *shearwall* cukup kuat menahan geser

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/l_w < 2$, jadi karena $h_w/l_w = 13,33$, maka yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

Gunakan dual layer D22 dengan spasi 300 mm untuk arah vertikal dan horizontal.

Karena $s = 300$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{6000}{300} + \frac{500}{300} \right] = 43,333 \text{ diambil } 44 \text{ buah}$$

3. Tentukan apakah *Special boundary Element* diperlukan?

Special boundary Element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shearwall* melebihi $0,2 f_c'$

Special boundary Element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u y}{I} &= \frac{2147,41 \text{ kN}}{3 \text{ m}^2} + \frac{843,39 \text{ kNm} \times 3 \text{ m}}{9 \text{ m}^4} \\ &= 996,933 \text{ KN/m}^2 \sim 0,996 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Sedangkan

$$0,2 f_c' = 0,2 \times 40 \text{ MPa}$$

$$= 8 \text{ Mpa}$$

$0,996 \text{ Mpa} < 8 \text{ Mpa}$, maka *Special boundary element* tidak diperlukan.