

LAMPIRAN 1

L1. Perhitungan dinding geser secara analitis

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30$ Mpa

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 800 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada dinding geser P4 pada lantai 2:

$$P_u = 32820,131 \text{ Kn}$$

$$V_u = 5607,460 \text{ Kn}$$

$$M_u = 54109,755 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} = 6,4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 6,4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 5842,374 \text{ Kn}$$

$V_u = 5607,460 \text{ Kn} < 5842,374 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 6,4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 29211,870 \text{ kN}$$

OK, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser dinding geser

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

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

Luas dinding geser / meter panjang

$$= t_s \times 1m$$

$$= 0.8 \text{ m} \times 1m = 0,8 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= t_s \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,8 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,002 \text{ m}^2 = 2000 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{2000\text{mm}^2}{628\text{mm}^2} = 3,18 \text{ pasang} \sim 4 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Karena $s < 450$ mm, maka syarat batas spasi maksimum terpenuhi

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{250} + \frac{800}{250} \right] = 70,4 \approx 71 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser dinding geser :

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800\text{mm} \times 8000\text{mm}} = 0,0055735$$

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

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 800 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,0055735 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 20122,219 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 5607,460 \text{ Kn}$) < ($V_n = 20122,219 \text{ Kn}$), dinding geser cukup kuat menahan geser.

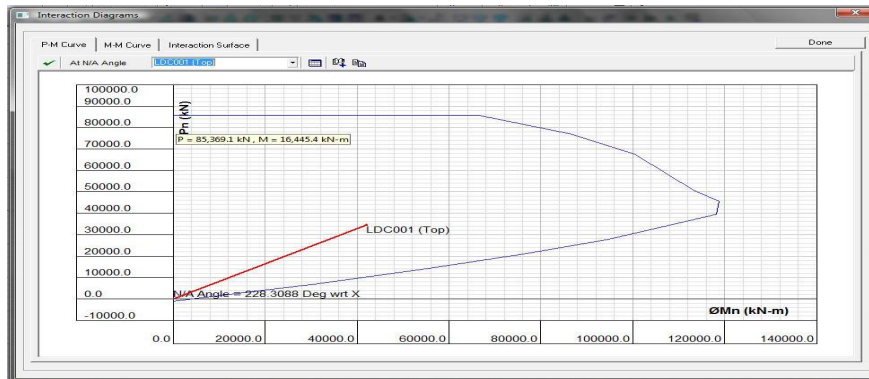
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/I_w < 2$, yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

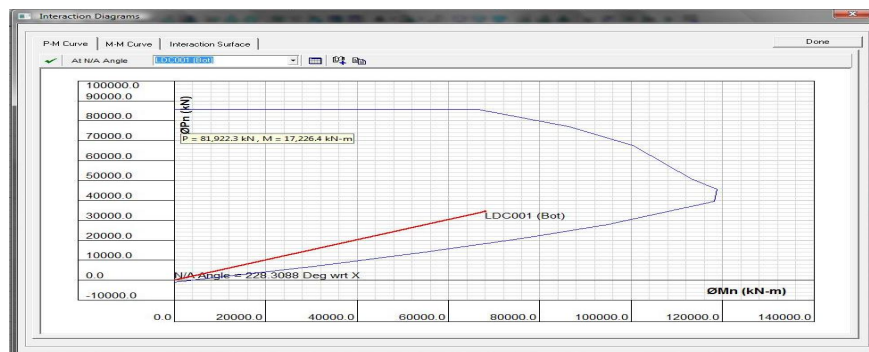
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur dinding geser dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi dinding geser



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi dinding geser

4. Tentukan apakah *special boundary element* diperlukan ?

Speciall boundary element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada dinding geser melebihi $0,2 f_c'$

Speciall boundary element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} &= \frac{32820,13 \text{ kN}}{6,4 \text{ m}^2} + \frac{54109,755 \text{ kNm} \times 4 \text{ m}}{34,134 \text{ m}^4} \\ &= 1,1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1,1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

.

$$= 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = $0,25 \times 1000 = 250 \text{ mm}$
- atau

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

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk dinding geser

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 800 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (471,34)}{3} = 59,55 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 50 mm = 5 cm

Jadi, untuk *confinement* arah paralel terhadap dinding geser misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} Ash &= \frac{0,09 s hc fc'}{fyh} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 707 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 477,225 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $Ash =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13				532
	4	13	133	

Ok, $532 \text{ mm}^2 > 477,25 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 800 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada dinding geser P4 pada lantai 3:

$$P_u = 30896,004 \text{ Kn}$$

$$V_u = 5142,359 \text{ Kn}$$

$$M_u = 44175,190 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} = 6,4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 6,4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 5842,374 \text{ Kn}$$

$V_u = 5142,359 \text{ Kn} < 5842,374 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 6,4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 29211,870 \text{ kN}$$

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 dinding geser / meter panjang

$$= ts \times 1m$$

$$= 0.8 \text{ m} \times 1m = 0,8 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,8 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,002 \text{ m}^2 = 2000 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{2000 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 3,18 \text{ pasang} \sim 4 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Karena $s < 450$ mm, maka syarat batas spasi maksimum terpenuhi

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{250} + \frac{800}{250} \right] = 70,4 \approx 71 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser dinding geser:

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm}} = 0,0055735$$

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

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

$$= 800 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,0055735 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 20122,219 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 5142,359 \text{ Kn}$) $<$ ($V_n = 20122,219 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

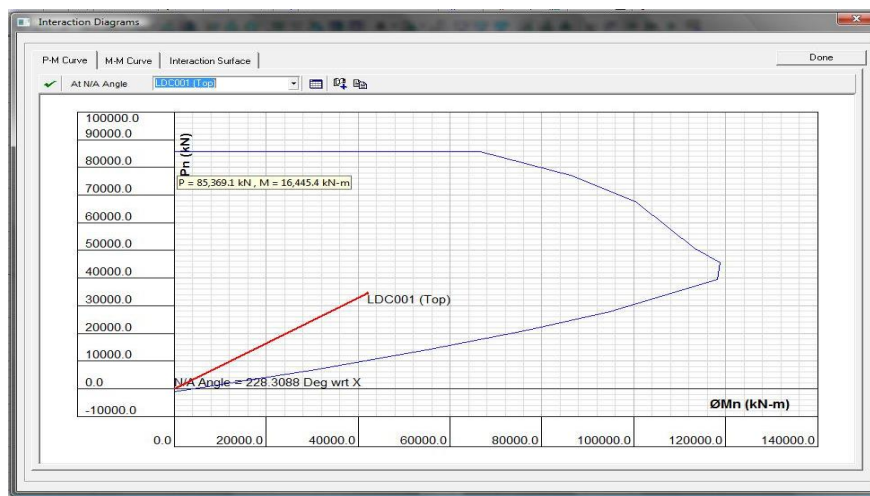
Untuk itu kita bisa menggunakan dua layer D20 dengan spasi 250 mm

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $hw/I_w < 2$, yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

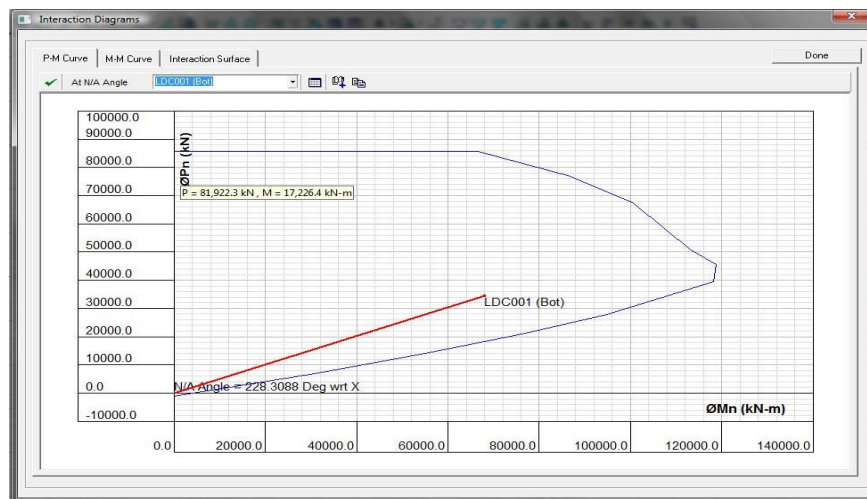
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur dinding geser dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi dinding geser



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi dinding geser



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi dinding geser

4. Tentukan apakah *speciall boundary element* diperlukan ?

Speciall boundary element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada dinding geser melebihi $0,2 f_c'$

Speciall boundary element diperlukan jika :

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

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{Muy}{I} &= \frac{30896,004 \text{ kN}}{6,4 \text{ m}^2} + \frac{44175,190 \text{ kNm} \times 4 \text{ m}}{34,134 \text{ m}^4} \\ &= 1,1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1,1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = $0,25 \times 1000 = 250 \text{ mm}$
- atau

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

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk dinding geser

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 800 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (471,34)}{3} = 59,55 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 50 mm = 5 cm

Jadi, untuk *confinement* arah paralel terhadap dinding geser misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} Ash &= \frac{0,09 s hc fc'}{fyh} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 707 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 477,225 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka *Ash* sama dengan

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			<i>As</i> (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13	4	13	133	532

Ok, 532 mm² > 477,25 mm², D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30$ Mpa

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 800 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada dinding geser P4 pada lantai 4:

$$P_u = 29107,637 \text{ Kn}$$

$$V_u = 4744,769 \text{ Kn}$$

$$M_u = 35835,845 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} = 6,4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 6,4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 5842,374 \text{ Kn}$$

$V_u = 4744,769 \text{ Kn} < 5842,374 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 6,4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 29211,870 \text{ kN}$$

OK, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser dinding geser

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

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

Luas dinding geser / meter panjang

$$= ts \times 1m$$

$$= 0.8 \text{ m} \times 1m = 0,8 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,8 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,002 \text{ m}^2 = 2000 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20	2	20	314	628

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{2000 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 3,18 \text{ pasang} \sim 4 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Karena $s < 450 \text{ mm}$, maka syarat batas spasi maksimum terpenuhi

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{250} + \frac{800}{250} \right] = 70,4 \approx 71 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser dinding geser :

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $hw/l_w > 2 = 1.67$, untuk $hw/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm}} = 0,0055735$$

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

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 800 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,0055735 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 20122,219 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 4744,769 \text{ Kn}$) < ($V_n = 20122,219 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

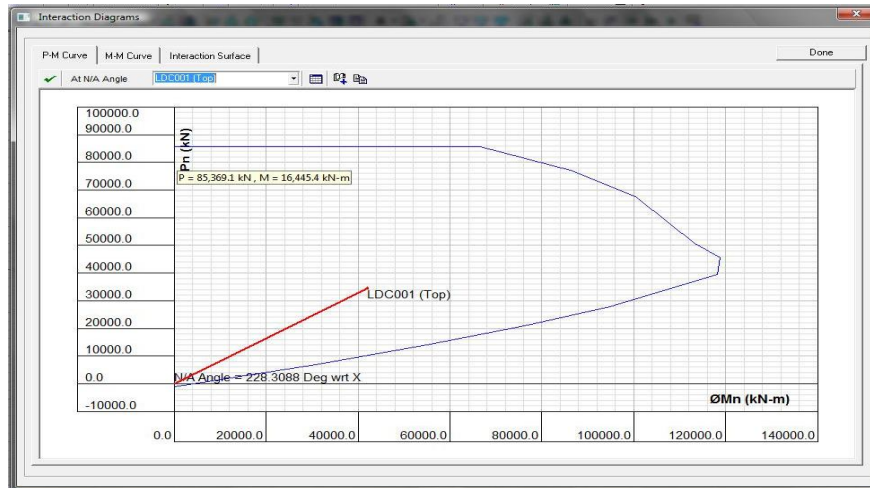
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $hw/l_w < 2$, yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

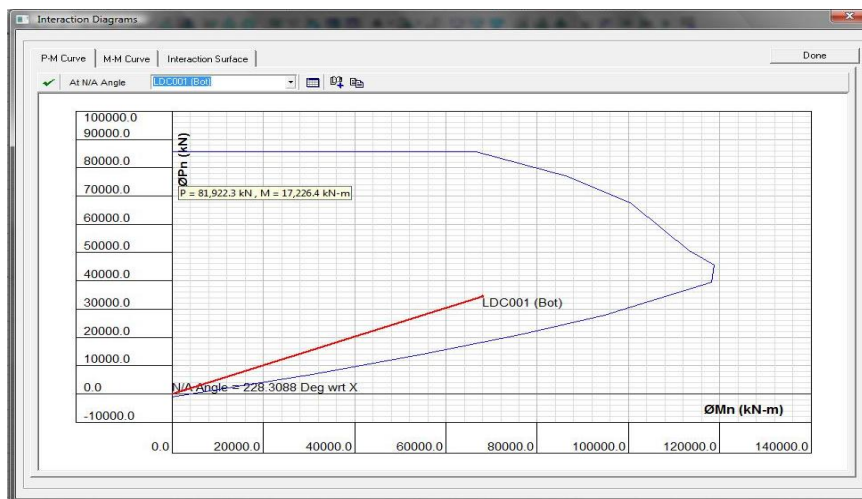
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur dinding geser dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi dinding geser.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. Tentukan apakah *special boundary element* diperlukan ?

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

Speciall boundary element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} &= \frac{29107,637kN}{6,4m^2} + \frac{35835,845kNm \times 4m}{34,134m^4} \\ &= 1,1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1,1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = $0,25 \times 1000 = 250 \text{ mm}$
- atau

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

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk dinding geser

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 800 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (471,34)}{3} = 59,55 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 50 mm = 5 cm

Jadi, untuk *confinement* arah paralel terhadap dinding geser misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} Ash &= \frac{0,09 s hc fc'}{fyh} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 707 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 477,225 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka *Ash* sama dengan

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			<i>As</i> (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13				532
	4	13	133	

Ok, $532 \text{ mm}^2 > 477,25 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 400 \text{ Mpa}$

Data dinding geser : tebal (t_w) = 800 mm

panjang (l_w) = 8000 mm

* Hasil keluaran dari ETABS pada dinding geser P4 pada lantai 5:

$$P_u = 27306,851 \text{ kN}$$

$$V_u = 4378,104 \text{ kN}$$

$$M_u = 28904,250 \text{ kNm}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} = 6,4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 6,4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 5842,374 \text{ Kn}$$

$V_u = 4378,104 \text{ kN} < 5842,374 \text{ kN}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 6,4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 29211,870 \text{ kN}$$

OK, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser dinding geser.

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

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

Luas dinding geser : / meter panjang

$$= ts \times 1m$$

$$= 0.8 \text{ m} \times 1m = 0,8 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,8 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,002 \text{ m}^2 = 2000 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{2000 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 3,18 \text{ pasang} \sim 4 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Karena $s < 450$ mm, maka syarat batas spasi maksimum terpenuhi

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{250} + \frac{800}{250} \right] = 70,4 \approx 71 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser dinding geser :

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm}} = 0,0055735$$

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

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

$$= 800 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,0055735 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 20122,219 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 4378,104 \text{ Kn}$) < ($V_n = 20122,219 \text{ Kn}$), dinding geser : cukup kuat menahan geser.

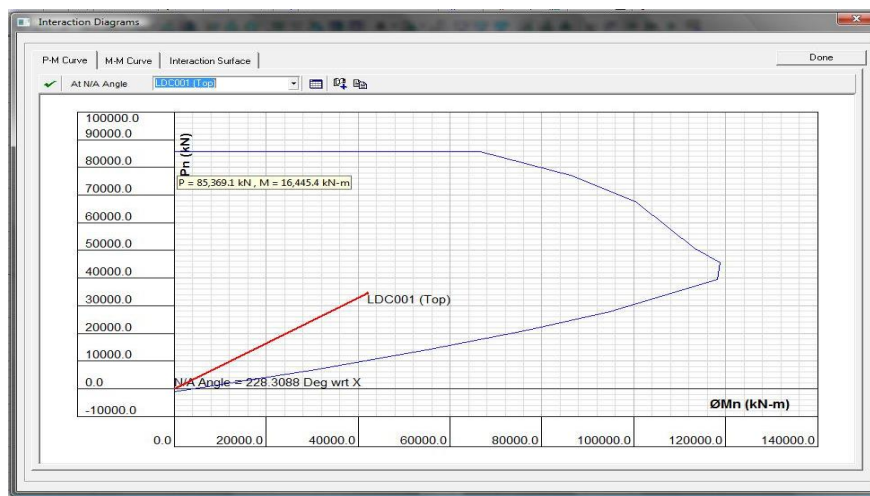
Untuk itu kita bisa menggunakan dua layer D20 dengan spasi 250 mm

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $hw/I_w < 2$, yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

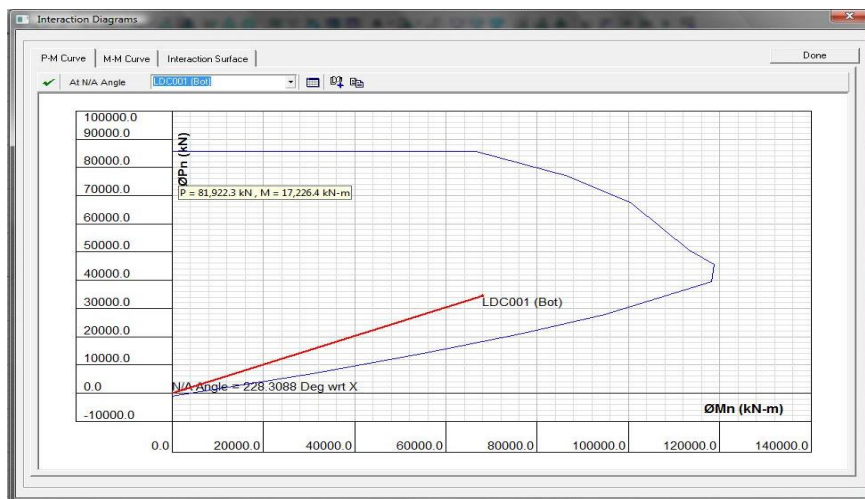
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur dinding geser : dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi dinding geser .



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi Shearwall



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi Shearwall

4. Tentukan apakah *speciall boundary element* diperlukan ?

Speciall boundary element diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada dinding geser melebihi $0,2 f_c'$

Speciall boundary element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} &= \frac{27306,851 \text{ kN}}{6,4 \text{ m}^2} + \frac{28904,250 \text{ kNm} \times 4 \text{ m}}{34,134 \text{ m}^4} \\ &= 1,1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1,1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = $0,25 \times 1000 = 250 \text{ mm}$

- atau

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

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 800 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (471,34)}{3} = 59,55 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 50 mm = 5 cm

Jadi, untuk *confinement* arah pararel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s hc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 707 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 477,225 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13				532

	4	13	133	
--	---	----	-----	--

Ok, $532 \text{ mm}^2 > 477,25 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 800 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 6:

$$P_u = 25483,888 \text{ Kn}$$

$$V_u = 4040,481 \text{ Kn}$$

$$M_u = 23176,634 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} = 6,4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 6,4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 5842,374 \text{ Kn}$$

$V_u = 4040,481 \text{ Kn} < 5842,374 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 6,4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 29211,870 \text{ kN}$$

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

$$= t_s \times 1m$$

$$= 0,8 \text{ m} \times 1m = 0,8 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= t_s \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,8 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,002 \text{ m}^2 = 2000 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{2000\text{mm}^2}{628\text{mm}^2} = 3,18 \text{ pasang} \sim 4 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Karena $s < 450$ mm, maka syarat batas spasi maksimum terpenuhi

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{250} + \frac{800}{250} \right] = 70,4 \approx 71 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800\text{mm} \times 8000\text{mm}} = 0,0055735$$

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

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 800 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,0055735 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 20122,219 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 4040,481 \text{ Kn}$) < ($V_n = 20122,219 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

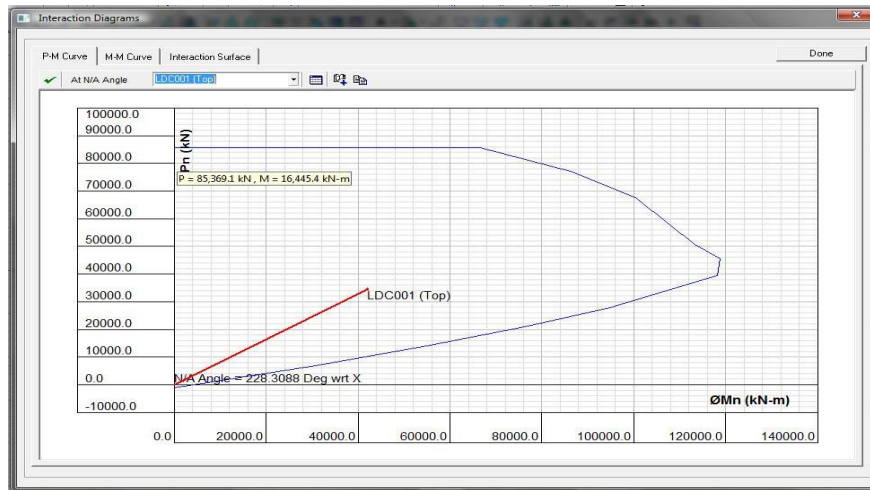
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/I_w < 2$, yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

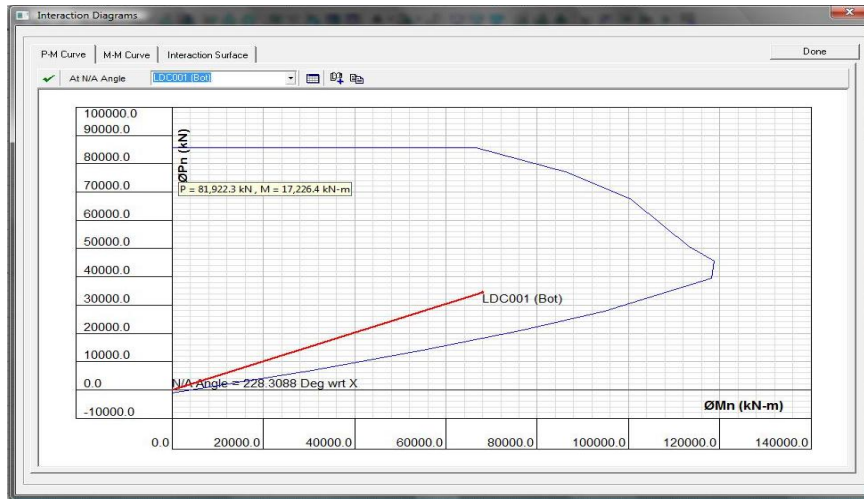
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. Tentukan apakah *speciall boundary element* diperlukan ?

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

Speciall boundary element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} = \frac{25483888kN}{6,4m^2} + \frac{23176634kNm \times 4m}{34,134m^4}$$

$$= 1,1 \text{ Mpa}$$

sedangkan

$$0,2 f_c' = 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2}$$

$$= 6 \text{ Mpa}$$

1,1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element*.

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 800 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 \frac{350 - (471,34)}{3} = 59,55 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 50 mm = 5 cm

Jadi, untuk *confinement* arah paralel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 s hc fc'}{fyh}$$

$$= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 707 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 477,225 \text{ mm}^2.$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm^2)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm^2)	
13	4	13	133	532

Ok, $532 \text{ mm}^2 > 477,25 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 800 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 7:

$$P_u = 23640,361 \text{ Kn}$$

$$V_u = 3725,175 \text{ Kn}$$

$$M_u = 18505,530 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} = 6,4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 6,4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 5842,374 \text{ Kn}$$

$V_u = 3725,175 \text{ Kn} < 5842,374 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 6,4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 29211,870 \text{ kN}$$

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

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

$$= 0.8 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,8 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

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

$$= 0,8 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025 = 0,002 \text{ m}^2 = 2000 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628

	2	20	314	
--	---	----	-----	--

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

$$= \frac{tsx1mx0,0025}{As}$$

$$= \frac{2000mm^2}{628mm^2} = 3,18 \text{ pasang} \sim 4 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Karena $s < 450$ mm, maka syarat batas spasi maksimum terpenuhi

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{250} + \frac{800}{250} \right] = 70,4 \approx 71 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = Acv[ac\sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800\text{mm} \times 8000\text{mm}} = 0,0055735$$

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

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 800 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,0055735 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 20122,219 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 3725,175 \text{ Kn}$) < ($V_n = 20122,219 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

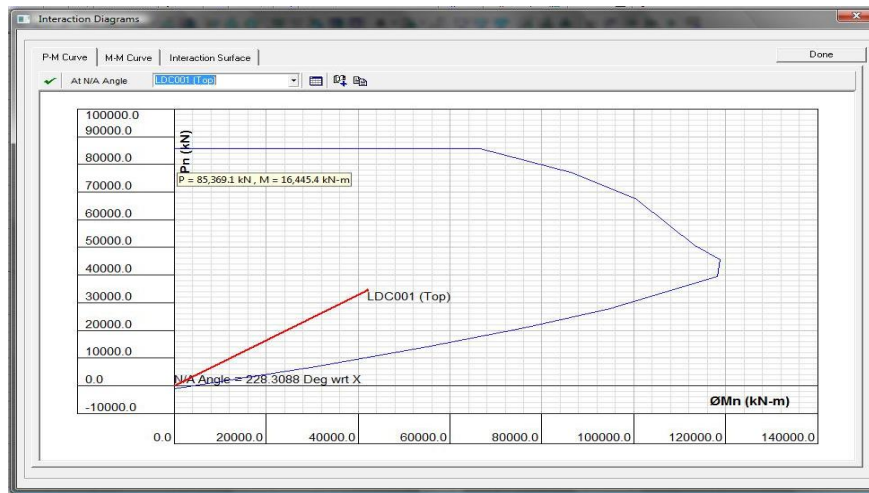
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/I_w < 2$, yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

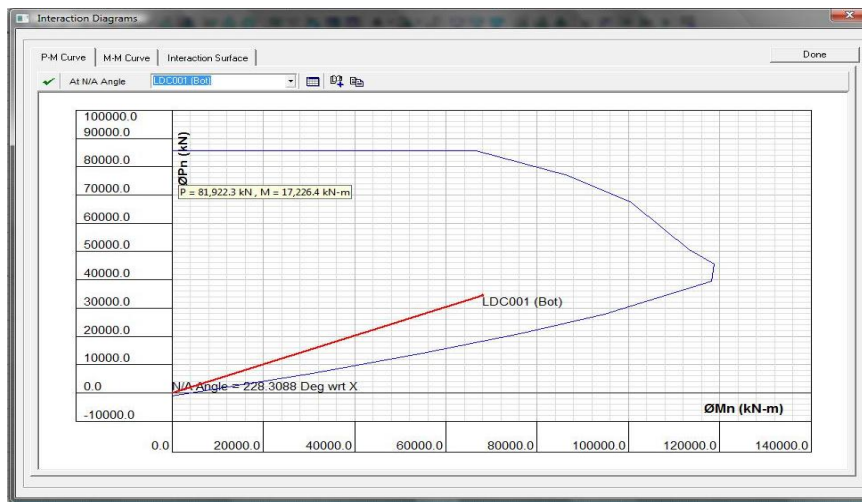
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi Shearwall



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi Shearwall

4. 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 :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} &= \frac{23640361kN}{6,4m^2} + \frac{18505530kNm \times 4m}{34,134m^4} \\ &= 1,1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$0,2 f_c' = 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2}$$

$$= 6 \text{ Mpa}$$

1,1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element*.

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} h_c)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc f_c'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 800 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (471,34)}{3} = 59,55 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 50 mm = 5 cm

Jadi, untuk *confinement* arah paralel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 s h c f_c'}{f_y h} \\
 &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 707 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\
 &= 477,225 \text{ mm}^2.
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13	4	13	133	532

Ok, $532 \text{ mm}^2 > 477,25 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 400 \text{ Mpa}$

Data dinding geser : tebal (t_w) = 800 mm

panjang (l_w) = 8000 mm

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 8:

$P_u = 21727,530 \text{ Kn}$

$V_u = 3423,358 \text{ Kn}$

$M_u = 14771,968 \text{ Kn m}$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

- a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} = 6,4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 6,4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 5842,374 \text{ Kn}$$

$V_u = 3423,358 \text{ Kn} < 5842,374 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 6,4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 29211,870 \text{ kN}$$

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

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

$$= 0.8 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,8 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

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

$$= 0,8 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025 = 0,002 \text{ m}^2 = 2000 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
D20	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

$$= \frac{t_s x l_m x 0,0025}{A_s}$$

$$= \frac{2000 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 3,18 \text{ pasang} \sim 4 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Karena $s < 450$ mm, maka syarat batas spasi maksimum terpenuhi

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{250} + \frac{800}{250} \right] = 70,4 \approx 71 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = A_c v [a_c \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$\alpha c = 1,67$$

nilai αc untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800\text{mm} \times 8000\text{mm}} = 0,0055735$$

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

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 800 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,0055735 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 20122,219 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 3423,358 \text{ Kn}$) < ($V_n = 20122,219 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

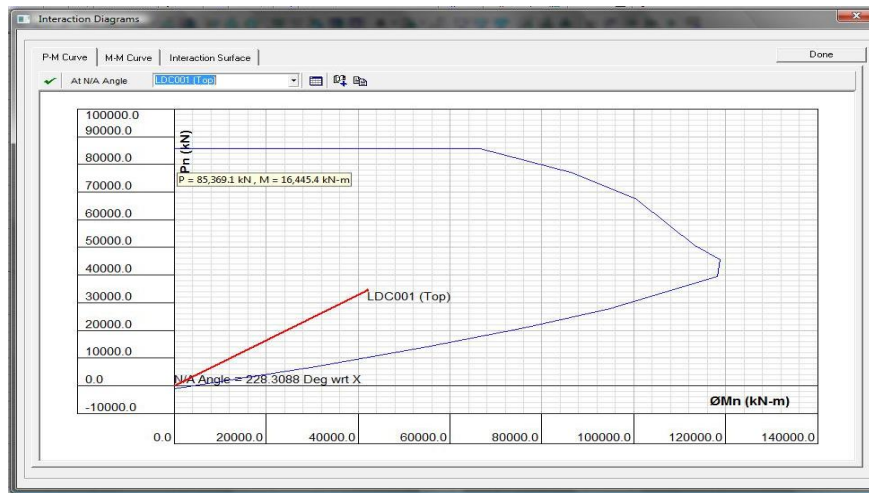
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

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

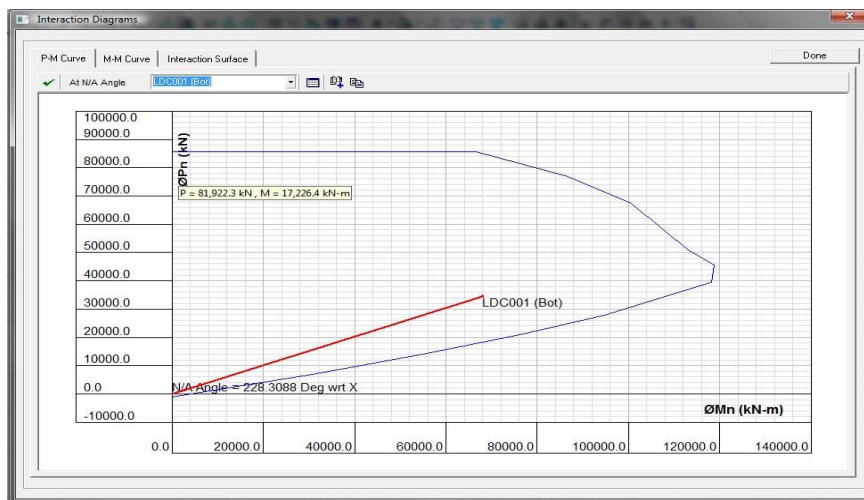
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. 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 :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} &= \frac{21727,530kN}{6,4m^2} + \frac{14771,968kNm \times 4m}{34,134m^4} \\ &= 1,1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1,1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 s h c f_c'}{f_y h} \\
 &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\
 &= 994,8825 \text{ mm}^2.
 \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			<i>A_s</i> (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 800 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (471,34)}{3} = 59,55 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 50 mm = 5 cm

Jadi, untuk *confinement* arah pararel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s hc f_c'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 707 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 477,225 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka *Ash* sama dengan

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			<i>A_s</i> (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13				532
	4	13	133	

Ok, 532 mm² > 477,25 mm², D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (*h_w*) = 76,5 m

Data Material : *f_c'* = 30 Mpa

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

Data dinding geser : tebal (*t_w*) = 800 mm

panjang (l_w) = 8000 mm

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 9:

$$P_u = 19553,422 \text{ Kn}$$

$$V_u = 3128,516 \text{ Kn}$$

$$M_u = 11882,455 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} = 6,4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 6,4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 5842,374 \text{ Kn}$$

$V_u = 3128,516 \text{ Kn} < 5842,374 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 6,4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 29211,870 \text{ kN}$$

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

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

$$= 0.8 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,8 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,8 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,002 \text{ m}^2 = 2000 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{2000 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 3,18 \text{ pasang} \sim 4 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Karena $s < 450 \text{ mm}$, maka syarat batas spasi maksimum terpenuhi

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{250} + \frac{800}{250} \right] = 70,4 \approx 71 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm}} = 0,0055735$$

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

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 800 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,0055735 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 20122,219 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 3128,516 \text{ Kn}$) < ($V_n = 20122,219 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

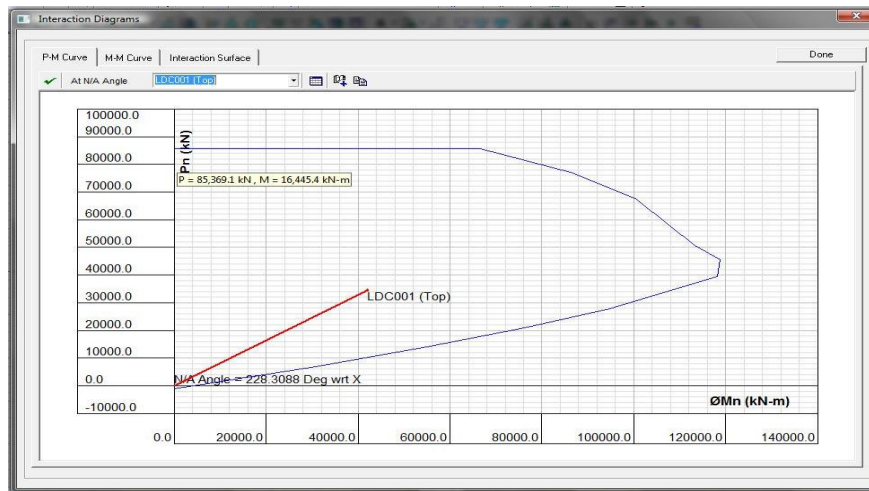
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

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

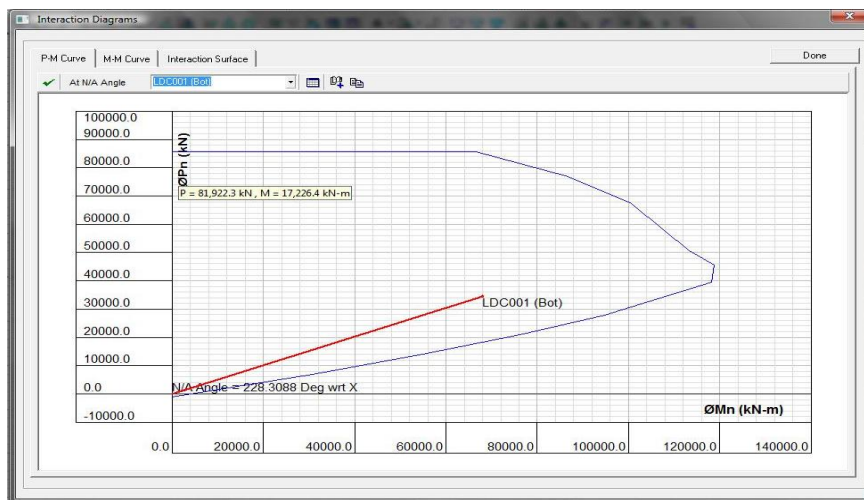
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. 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 :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} &= \frac{19553,422 \text{ kN}}{6,4 \text{ m}^2} + \frac{11882,455 \text{ kNm} \times 4 \text{ m}}{34,134 \text{ m}^4} \\ &= 1,1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1,1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element*.

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 \, s h c \, f_c'}{f_y h} \\
 &= \frac{0,09 \times 170 \, \text{mm} \times 867 \, \text{mm} \times 30 \, \text{Mpa}}{400} \\
 &= 994,8825 \, \text{mm}^2.
 \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 800 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (471,34)}{3} = 59,55 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 50 mm = 5 cm

Jadi, untuk *confinement* arah pararel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s hc f_c'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 707 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 477,225 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13				532
	4	13	133	

Ok, $532 \text{ mm}^2 > 477,25 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 500 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 10 :

$$P_u = 15950,257 \text{ Kn}$$

$$V_u = 2864,166 \text{ Kn}$$

$$M_u = 8459,438 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 3651,843 \text{ Kn}$$

$V_u = 2864,166 \text{ Kn} < 3651,843 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 18257,41858 \text{ kN}$$

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

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

$$= 0.5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,00125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 1,99 \text{ pasang} \sim 2 \text{ pasang}$$

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

Karena $s < 450 \text{ mm}$, maka syarat batas spasi maksimum terpenuhi

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{450} + \frac{500}{250} \right] = 39,55 \approx 40 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = Acv[ac\sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 m}{8 m} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times As \times \text{jumlahtulangan}}{500mm \times 8000mm} = 0,011932$$

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

$$V_n = Acv[ac\sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 500 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,011932 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 22749,986 \text{Kn}$$

OK, ($V_u = 2864,166 \text{ Kn}$) < ($V_n = 22749,986 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

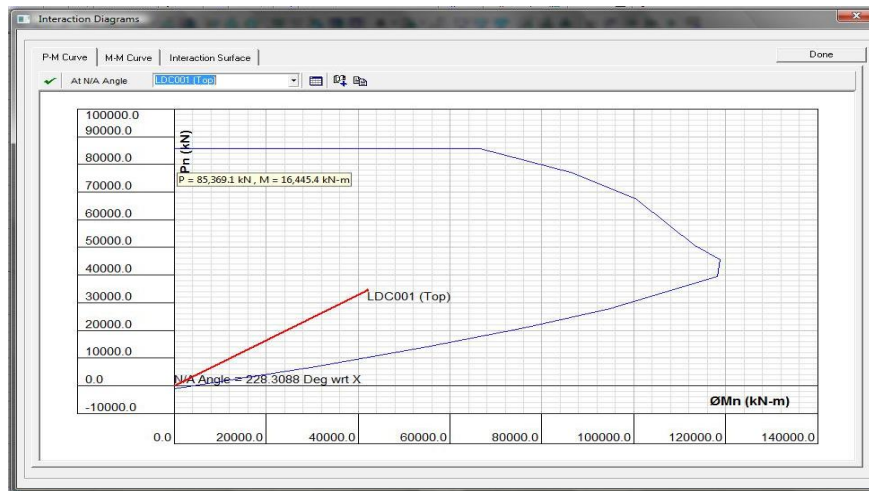
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

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

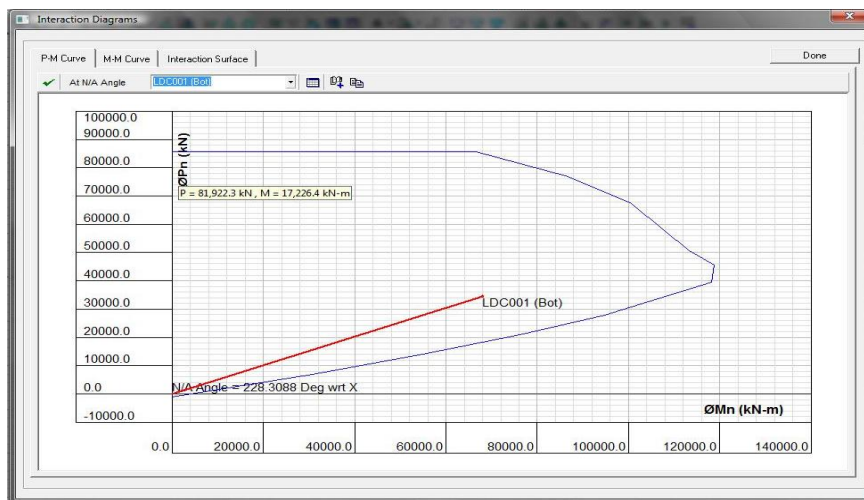
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. 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 :

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

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{Muy}{I} &= \frac{15950,257kN}{4m^2} + \frac{8459,438kNm \times 4m}{21,34m^4} \\ &= 1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 \, s h c \, f_c'}{f_y h} \\
 &= \frac{0,09 \times 170 \, \text{mm} \times 867 \, \text{mm} \times 30 \, \text{Mpa}}{400} \\
 &= 994,8825 \, \text{mm}^2.
 \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 500 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (271,34)}{3} = 126,22 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 130 mm = 13 cm

Jadi, untuk *confinement* arah pararel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 130 mm.

$$hc = 500 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s hc f_c'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 407 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 274,725 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13				399
	3	13	133	

Ok, $399 \text{ mm}^2 > 274,725 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 150 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 400 \text{ Mpa}$

Data dinding geser : tebal (t_w) = 500 mm

panjang (l_w) = 8000 mm

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 11 :

$$P_u = 9039,079 \text{ Kn}$$

$$V_u = 2619,453 \text{ Kn}$$

$$M_u = 7037,098 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 3651,843 \text{ Kn}$$

$V_u = 2619,453 \text{ Kn} < 3651,843 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 18257,41858 \text{ kN}$$

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

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

$$= 0.5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,0125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20	2	20	314	628

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 1,99 \text{ pasang} \sim 2 \text{ pasang}$$

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

Karena $s < 450 \text{ mm}$, maka syarat batas spasi maksimum tidak terpenuhi, maka digunakan nilai $s = 450 \text{ mm}$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{450} + \frac{500}{250} \right] = 39,55 \approx 40 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = A_{cv}[\alpha c \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$\alpha c = 1,67$$

nilai αc untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{500 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm}} = 0,011932$$

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

$$V_n = A_{cv}[\alpha c \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

$$= 500 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,011932 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 22749,986 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 2619,453 \text{ Kn}$) < ($V_n = 22749,986 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

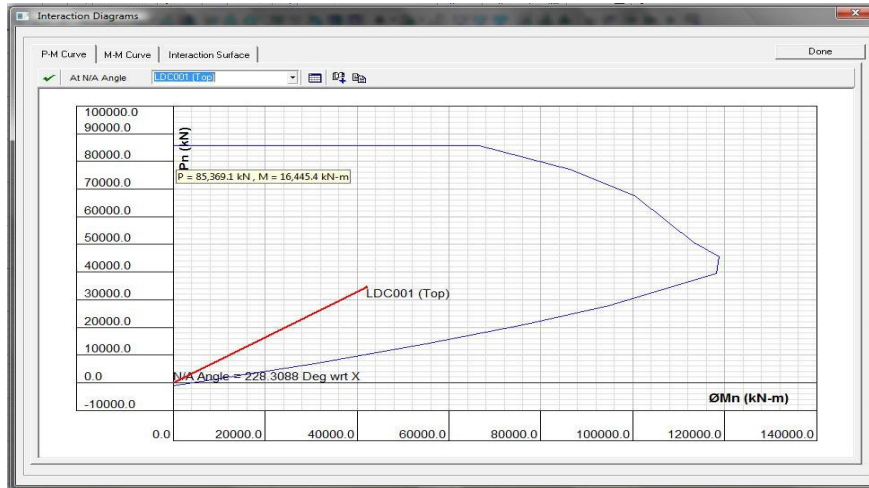
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

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

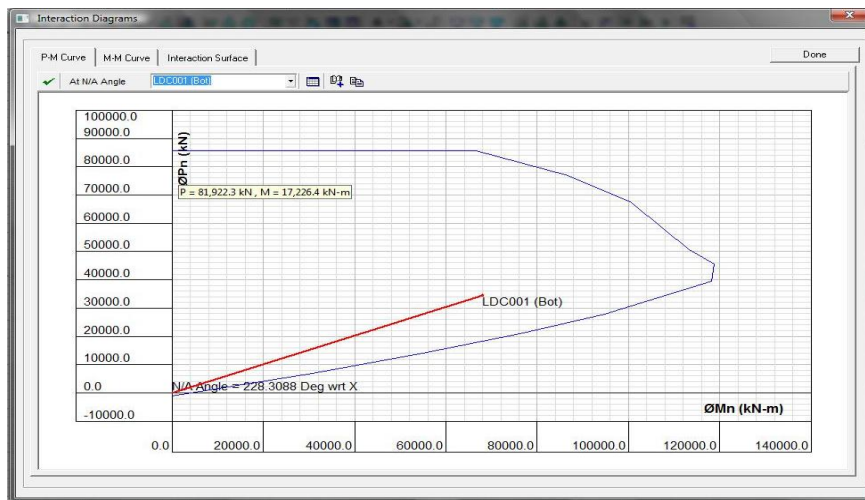
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. Tentukan apakah *speciall boundary element* diperlukan ?

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

Speciall boundary element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} &= \frac{9039,079kN}{4m^2} + \frac{7037,098kNm \times 4m}{21,34m^4} \\ &= 1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm

- atau

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

$$hc = 500 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (271,34)}{3} = 126,22 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 130 mm = 13 cm

Jadi, untuk *confinement* arah pararel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 130 mm.

$$hc = 500 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s hc f_c'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 407 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 274,725 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13	3	13	133	399

Ok, $399 \text{ mm}^2 > 274,725 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 150 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30$ Mpa

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 500 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 12 :

$$P_u = 12689,195 \text{ Kn}$$

$$V_u = 2375,571 \text{ Kn}$$

$$M_u = 6086,696 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 3651,843 \text{ Kn}$$

$V_u = 2375,571 \text{ Kn} < 3651,843 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 18257,41858 \text{ kN}$$

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

$$= ts \times 1m$$

$$= 0.5 \text{ m} \times 1m = 0,5 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,0125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			<i>As</i> (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 1,99 \text{ pasang} \sim 2 \text{ pasang}$$

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

Karena $s < 450 \text{ mm}$, maka syarat batas spasi maksimum tidak terpenuhi, maka digunakan nilai $s = 450 \text{ mm}$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{450} + \frac{500}{250} \right] = 39,55 \approx 40 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm}} = 0,011932$$

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

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 500 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,011932 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 22749,986 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 2375,571 \text{ Kn}$) < ($V_n = 22749,986 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

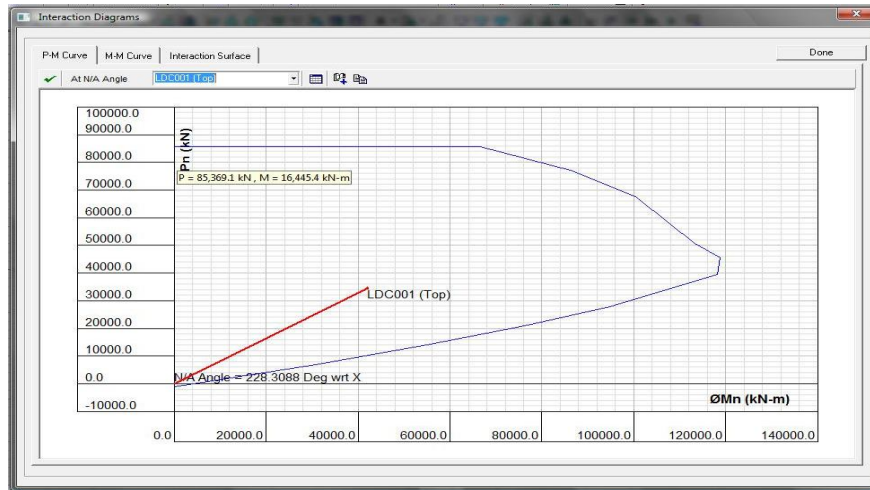
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

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

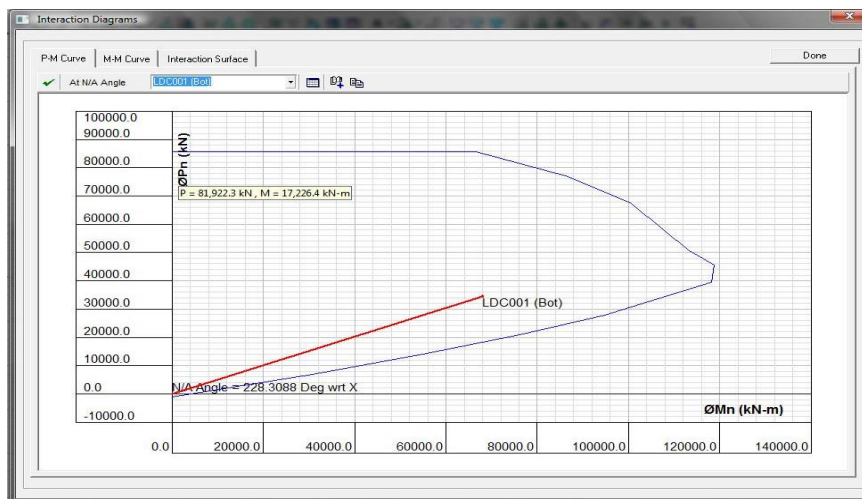
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. Tentukan apakah *special boundary element* diperlukan ?

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

Speciall boundary element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} &= \frac{12689,195 kN}{4 m^2} + \frac{6086,696 kNm \times 4 m}{21,34 m^4} \\ &= 1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = $0,25 \times 1000 = 250 \text{ mm}$
- atau

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

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 500 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 \frac{350 - (271,34)}{3} = 126,22 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 130 mm = 13 cm

Jadi, untuk *confinement* arah pararel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 130 mm.

$$hc = 500 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s hc f_c'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 407 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 274,725 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13	3	13	133	399

Ok, 399 mm² > 274,725 mm², D 13 dengan spasi 150 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30$ Mpa

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 500 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 13 :

$$P_u = 7125,374 \text{ Kn}$$

$$V_u = 2126,705 \text{ Kn}$$

$$M_u = 5516,334 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 3651,843 \text{ Kn}$$

$V_u = 2126,705 \text{ Kn} < 3651,843 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 18257,41858 \text{ kN}$$

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

$$= ts \times 1m$$

$$= 0.5 \text{ m} \times 1m = 0,5 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,0125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
D20	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 1,99 \text{ pasang} \sim 2 \text{ pasang}$$

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

Karena $s < 450 \text{ mm}$, maka syarat batas spasi maksimum tidak terpenuhi, maka digunakan nilai $s = 450 \text{ mm}$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{450} + \frac{500}{250} \right] = 39,55 \approx 40 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm}} = 0,011932$$

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

$$\begin{aligned} V_n &= A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y] \\ &= 500 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,011932 \times 400) \times 10^{-3}] \\ &= 22749,986 \text{ Kn} \end{aligned}$$

OK, ($V_u = 2126,705 \text{ Kn}$) < ($V_n = 22749,986 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

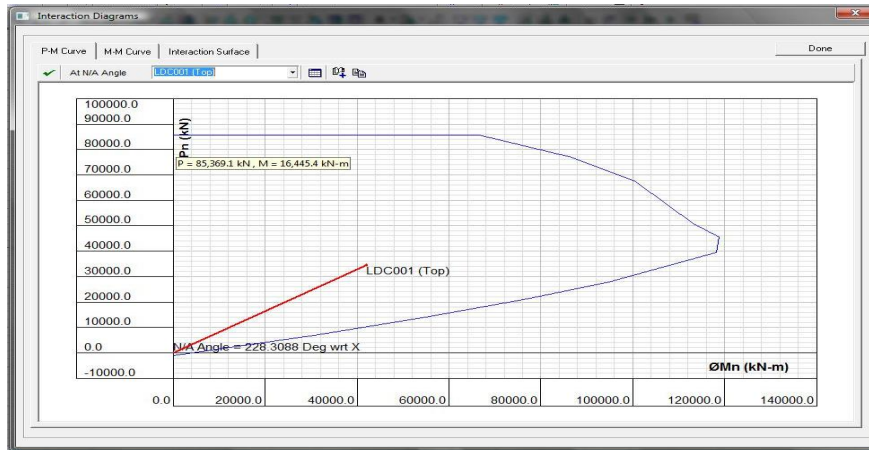
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

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

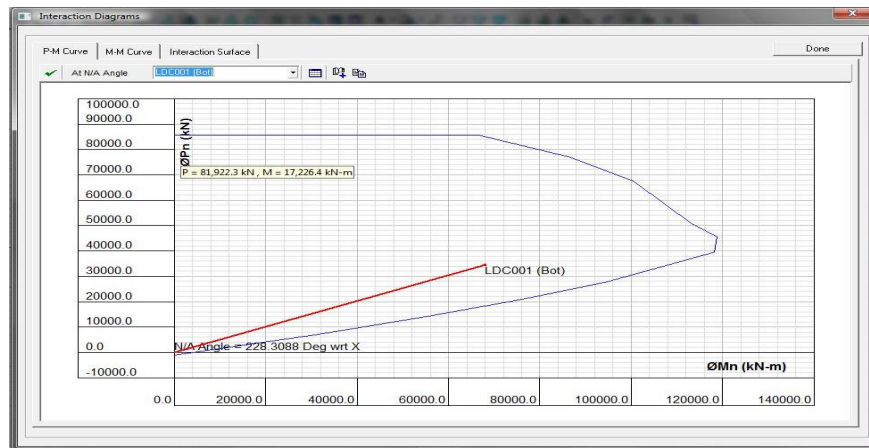
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. Tentukan apakah *special boundary element* diperlukan ?

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

Speciall boundary element diperlukan jika :

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

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{Muy}{I} &= \frac{7125,374kN}{4m^2} + \frac{5516,334kNm \times 4m}{21,34m^4} \\ &= 1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = $0,25 \times 1000 = 250 \text{ mm}$
- atau

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

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 500 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 \frac{350 - (271,34)}{3} = 126,22 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 130 mm = 13 cm

Jadi, untuk *confinement* arah paralel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 130 mm.

$$hc = 500 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s hc f_c'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 407 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 274,725 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13	3	13	133	399

Ok, $399 \text{ mm}^2 > 274,725 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 150 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 500 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 14 :

$$P_u = 9593,611 \text{ Kn}$$

$$V_u = 1862,591 \text{ Kn}$$

$$M_u = 5205,084 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 3651,843 \text{ Kn}$$

$V_u = 1862,591 \text{ Kn} < 3651,843 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 18257,41858 \text{ kN}$$

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

$$= ts \times 1m$$

$$= 0.5 \text{ m} \times 1m = 0,5 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 1m \times 0,0025 = 0,0125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
D20	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 1,99 \text{ pasang} \sim 2 \text{ pasang}$$

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

Karena $s < 450$ mm, maka syarat batas spasi maksimum tidak terpenuhi, maka digunakan nilai $s = 450$ mm

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{450} + \frac{500}{250} \right] = 39,55 \approx 40 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm}} = 0,011932$$

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

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 500 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,011932 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 22749,986 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 1862,591 \text{ Kn}$) < ($V_n = 22749,986 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

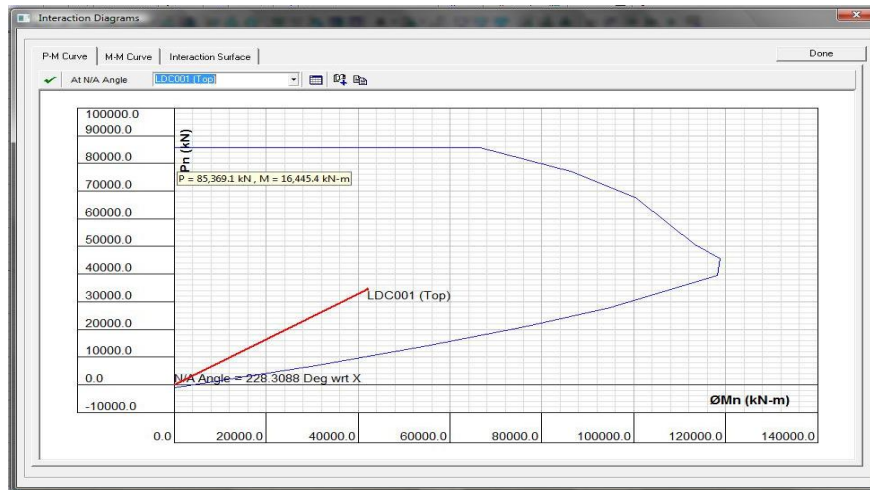
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/I_w < 2$, yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

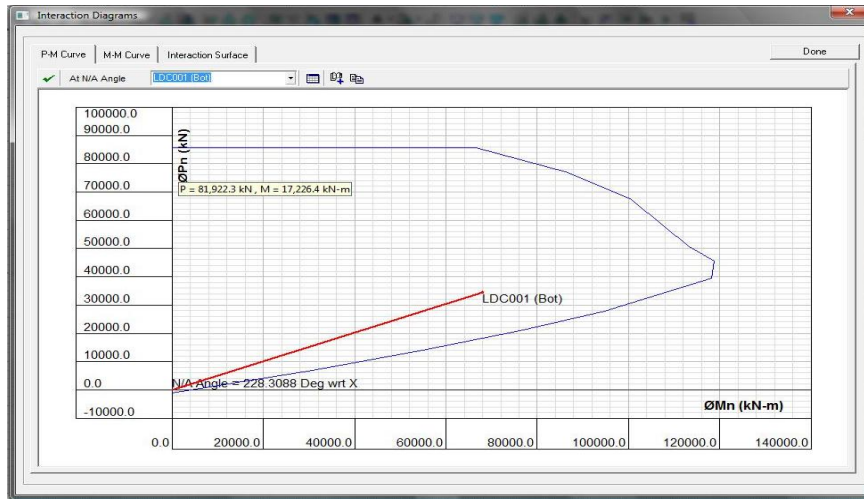
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. Tentukan apakah *speciall boundary element* diperlukan ?

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

Speciall boundary element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} = \frac{9593,61 \text{ kN}}{4 \text{ m}^2} + \frac{5205,084 \text{ kNm} \times 4 \text{ m}}{21,34 \text{ m}^4}$$

$$= 1 \text{ Mpa}$$

sedangkan

$$0,2 f_c' = 0,2 \times 3000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$= 6 \text{ Mpa}$$

1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element*.

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 500 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}$$

$$s_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 \frac{350 - (271,34)}{3} = 126,22 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 130 mm = 13 cm

Jadi, untuk *confinement* arah paralel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 130 mm.

$$hc = 500 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}.$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 s hc f_c'}{f_y h}$$

$$= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 407 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 274,725 \text{ mm}^2.$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13				399
	3	13	133	

Ok, $399 \text{ mm}^2 > 274,725 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 150 mm dapat digunakan..

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 500 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 15 :

$$P_u = 8003,367 \text{ Kn}$$

$$V_u = 1574,410 \text{ Kn}$$

$$M_u = 5015,188 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 3651,843 \text{ Kn}$$

$V_u = 1574,410 \text{ Kn} < 3651,843 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 18257,41858 \text{ kN}$$

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

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

$$= 0.5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

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

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025 = 0,0125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628

	2	20	314	
--	---	----	-----	--

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

$$= \frac{t_s x l_m x 0,0025}{A_s}$$

$$= \frac{1250 \text{ mm}^2}{628 \text{ mm}^2} = 1,99 \text{ pasang} \sim 2 \text{ pasang}$$

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

Karena $s < 450$ mm, maka syarat batas spasi maksimum tidak terpenuhi, maka digunakan nilai $s = 450$ mm

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{450} + \frac{500}{250} \right] = 39,55 \approx 40 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = A_c v [ac \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times As \times jumlahtulangan}{800mm \times 8000mm} = 0,011932$$

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

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 500 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,011932 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 22749,986 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 1574,410 \text{ Kn}$) < ($V_n = 22749,986 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

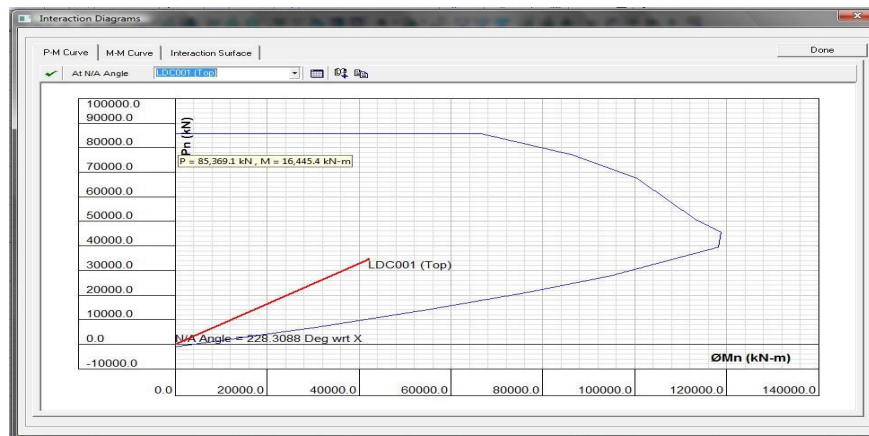
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/I_w < 2$, yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

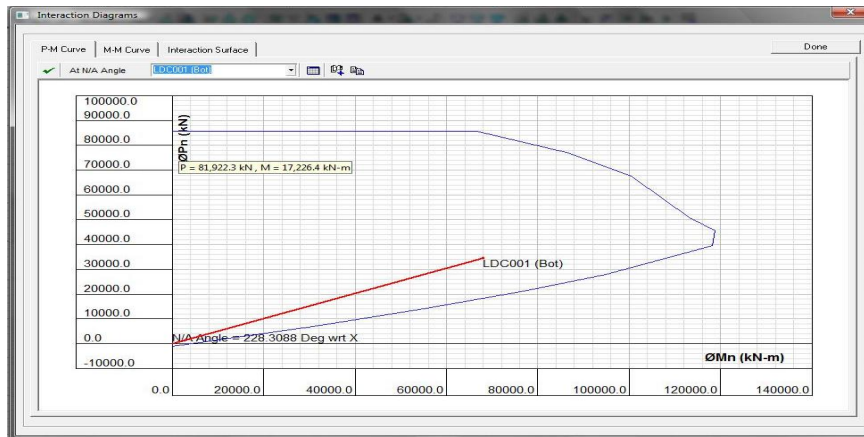
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi Shearwall

4. 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 :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} = \frac{8003,367kN}{4m^2} + \frac{5015,188kNm \times 4m}{21,34m^4}$$

$$= 1 \text{ Mpa}$$

sedangkan

$$0,2 f_c' = 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2}$$

$$= 6 \text{ Mpa}$$

1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element*.

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 500 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 \frac{350 - (271,34)}{3} = 126,22 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 130 mm = 13 cm

Jadi, untuk *confinement* arah pararel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 130 mm.

$$hc = 500 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}.$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 s hc fc'}{f_y h}$$

$$= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 407 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 274,725 \text{ mm}^2.$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13				399
	3	13	133	

Ok, $399 \text{ mm}^2 > 274,725 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 150 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 500 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 16 :

$$P_u = 6341,149 \text{ Kn}$$

$$V_u = 1252,696 \text{ Kn}$$

$$M_u = 4807,690 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

$$V_u > \frac{1}{6} A_c v \sqrt{f_c'}$$

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 4 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 3651,843 \text{ Kn}$$

$V_u = 1252,696 \text{ Kn} < 3651,843 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 4 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 18257,41858 \text{ kN}$$

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

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

$$= 0.5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

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

$$= 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025 = 0,0125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628

	2	20	314	
--	---	----	-----	--

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

$$= \frac{tsx1mx0,0025}{As}$$

$$= \frac{1250mm^2}{628mm^2} = 1,99 \text{ pasang} \sim 2 \text{ pasang}$$

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

Karena $s < 450$ mm, maka syarat batas spasi maksimum tidak terpenuhi, maka digunakan nilai $s = 450$ mm

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{450} + \frac{500}{250} \right] = 39,55 \approx 40 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = Acv[ac\sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$ac = 1,67$$

nilai ac untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{800\text{mm} \times 8000\text{mm}} = 0,011932$$

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

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 500 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,011932 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 22749,986 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 1252,696 \text{ Kn}$) < ($V_n = 22749,986 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

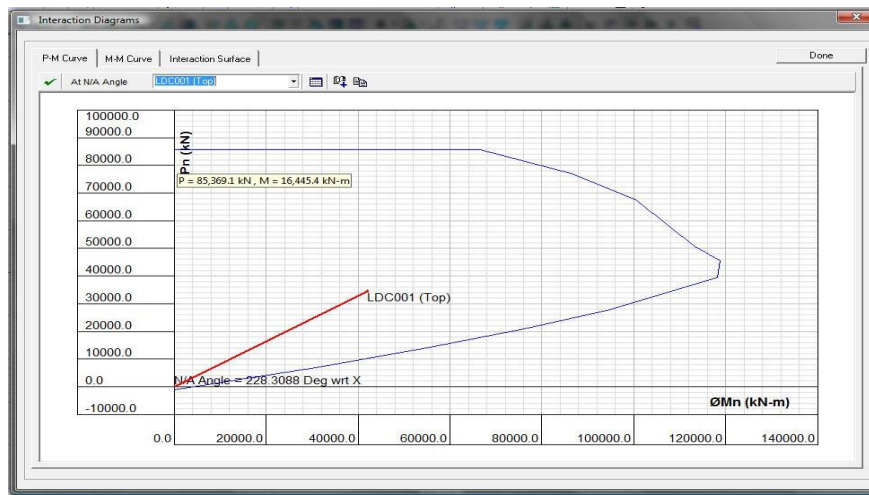
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $h_w/I_w < 2$, yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

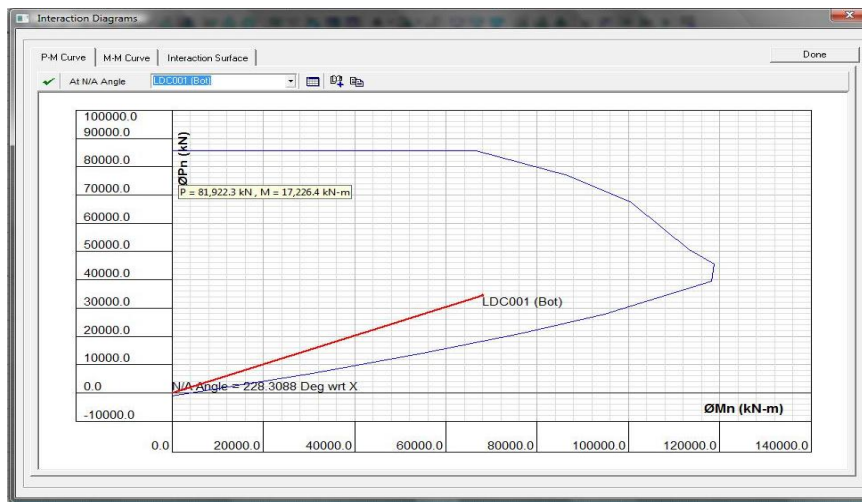
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi Shearwall



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi Shearwall

4. 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 :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} &= \frac{6341,149kN}{4m^2} + \frac{4807,690kNm \times 4m}{21,34m^4} \\ &= 1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$0,2 f_c' = 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2}$$

$$= 6 \text{ Mpa}$$

1 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 shc f_c'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 170 \text{ mm} \times 867 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400} \\ &= 994,8825 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 500 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}$$

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (271,34)}{3} = 126,22 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 130 mm = 13 cm

Jadi, untuk *confinement* arah paralel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 130 mm.

$$hc = 500 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 407 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 s hc fc'}{f_y h} \\
 &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 407 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\
 &= 274,725 \text{ mm}^2.
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13				399
	3	13	133	

Ok, $399 \text{ mm}^2 > 274,725 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 150 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 400 \text{ Mpa}$

Data dinding geser : tebal (t_w) = 400 mm

panjang (l_w) = 8000 mm

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 17 :

$$P_u = 4463,828 \text{ Kn}$$

$$V_u = 899,737 \text{ Kn}$$

$$M_u = 3846,882 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} = 3,2 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 3,2 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 2921,186 \text{ Kn}$$

$V_u = 899,737 \text{ Kn} < 2921,186 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 3,2 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 14605,935 \text{ kN}$$

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

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

$$= 0.4 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,4 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

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

$$= 0,4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,0025 = 0,001 \text{ m}^2 = 1000 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi	A_s (mm ²)

D20	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

$$= \frac{tsx1mx0,0025}{As}$$

$$= \frac{1000mm^2}{628mm^2} = 1,59 \text{ pasang} \sim 2 \text{ pasang}$$

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

Karena $s > 450$ mm, maka syarat batas spasi maksimum tidak terpenuhi, maka digunakan nilai $s = 450$ mm

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{450} + \frac{400}{450} \right] = 37,33 \approx 38 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = Acv[ac\sqrt{f'_c} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$\alpha c = 1,67$$

nilai αc untuk $hw/l_w > 2 = 1.67$, untuk $hw/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times As \times \text{jumlahtulangan}}{400mm \times 8000mm} = 0,014915$$

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

$$V_n = A_{cv} [ac \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 400 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,014915 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 190912,9147 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 899,737 \text{ Kn}$) < ($V_n = 190912,9147 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

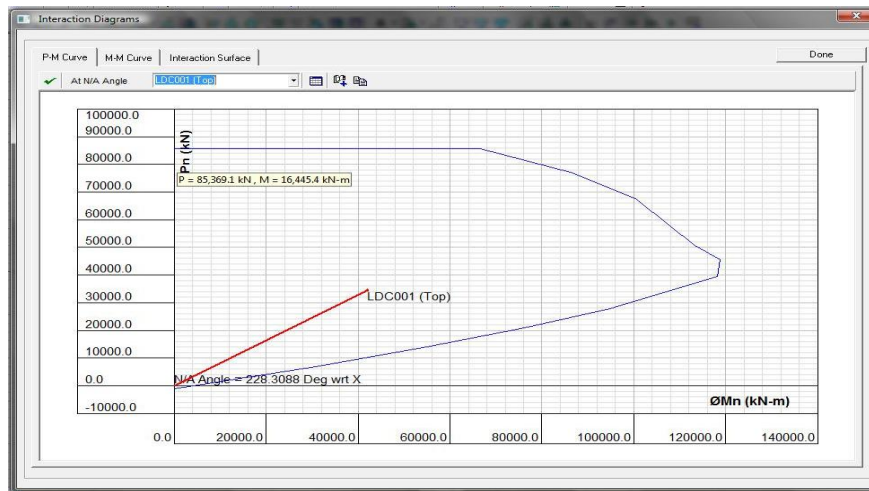
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

Rasio tulangan ρ_v tidak boleh kurang dari ρ_n apabila $hw/l_w < 2$, yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.

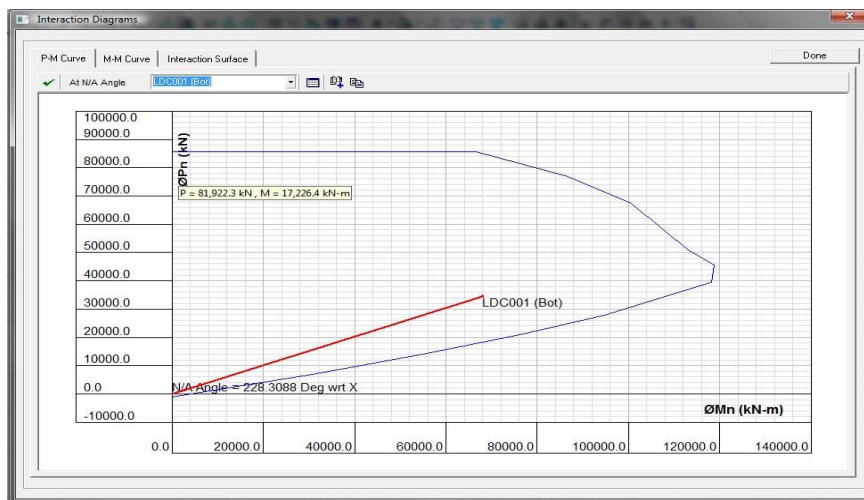
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. 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 :

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

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{Muy}{I} &= \frac{4463,828kN}{4m^2} + \frac{3846,882kNm \times 4m}{17,067m^4} \\ &= 1,11 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1,11 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 \, s h c \, f_c'}{f_y h} \\
 &= \frac{0,09 \times 170 \, \text{mm} \times 867 \, \text{mm} \times 30 \, \text{Mpa}}{400} \\
 &= 994,8825 \, \text{mm}^2.
 \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 400 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 307 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (204,67)}{3} = 100,57 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 100 mm = 10 cm

Jadi, untuk *confinement* arah pararel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s hc f_c'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 307 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 207,225 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm^2)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm^2)	
13				266
	2	13	133	

Ok, $266 \text{ mm}^2 > 207,25 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

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

Data dinding geser : tebal (t_w) = 400 mm

$$\text{panjang } (l_w) = 8000 \text{ mm}$$

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 18 :

$$P_u = 2976,489 \text{ Kn}$$

$$V_u = 544,347 \text{ Kn}$$

$$M_u = 3467,314 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} = 3,2 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 3,2 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 2921,186 \text{ Kn}$$

$V_u = 544,347 \text{ Kn} < 2921,186 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 3,2 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 14605,935 \text{ kN}$$

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

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

$$= 0.4 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,4 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,4 m \times 1m \times 0,0025 = 0,001 m^2 = 1000 mm^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20				628
	2	20	314	

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{1000mm^2}{628mm^2} = 1,59 \text{ pasang} \sim 2 \text{ pasang}$$

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

Karena $s > 450 mm$, maka syarat batas spasi maksimum tidak terpenuhi, maka digunakan nilai $s = 450 mm$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{450} + \frac{400}{450} \right] = 37,33 \approx 38 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = A_c v [\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 m}{8 m} = 9,56 > 3$$

$$\alpha c = 1,67$$

nilai αc untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{400mm \times 8000mm} = 0,014915$$

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

$$V_n = A_c v [\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 400 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,014915 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 190912,9147 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 544,347 \text{ Kn}$) < ($V_n = 190912,9147 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

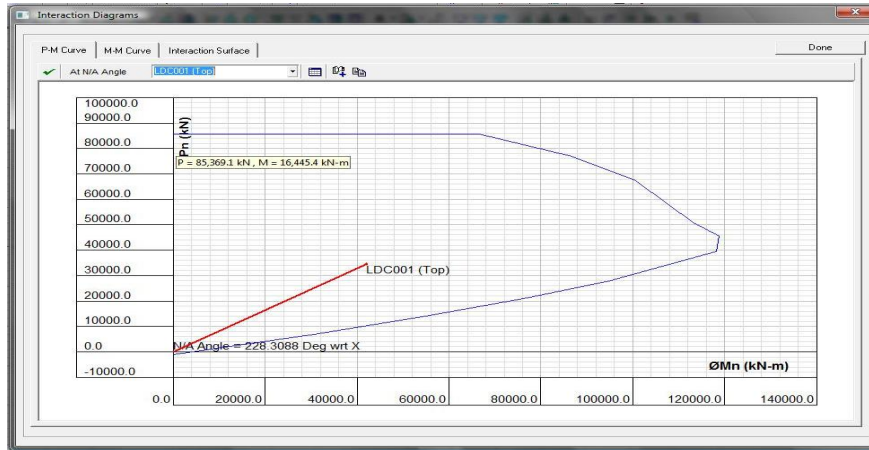
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

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

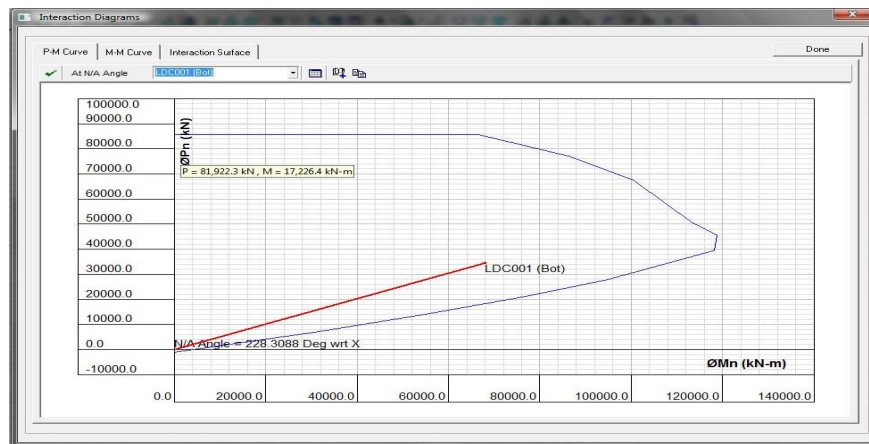
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. Tentukan apakah *speciall boundary element* diperlukan ?

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

Speciall boundary element diperlukan jika :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2 f_c'$$

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} &= \frac{2976,489kN}{4m^2} + \frac{3467,314kNm \times 4m}{17,067m^4} \\ &= 1,11 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1,11 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 \, s h c \, f_c'}{f_y h} \\
 &= \frac{0,09 \times 170 \, \text{mm} \times 867 \, \text{mm} \times 30 \, \text{Mpa}}{400} \\
 &= 994,8825 \, \text{mm}^2.
 \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 400 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 307 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (204,67)}{3} = 100,57 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 100 mm = 10 cm

Jadi, untuk *confinement* arah pararel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s hc f_c'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 307 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 207,225 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)	
13	2	13	133	266

Ok, $266 \text{ mm}^2 > 207,25 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

Data struktur : tinggi gedung (h_w) = 76,5 m

Data Material : $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 400 \text{ Mpa}$

Data dinding geser : tebal (t_w) = 400 mm

panjang (l_w) = 8000 mm

* Hasil keluaran dari ETABS pada *shearwall* P4 pada lantai 19 :

$$P_u = 1413,647 \text{ Kn}$$

$$V_u = 676,120 \text{ Kn}$$

$$M_u = 2741,326 \text{ Kn m}$$

1. Tentukan baja tulangan horisontal dan *transversal* minimum yang diperlukan.

a. Periksa apakah dibutuhkan dua *layer* tulangan

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

$$A_{cv} = 8 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} = 3,2 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \times 3,2 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 2921,186 \text{ Kn}$$

$V_u = 676,120 \text{ Kn} < 2921,186 \text{ Kn}$, sehingga tidak diperlukan dua *layer* tulangan.

Kuat geser maksimum :

$$\frac{5}{6} A_{cv} \sqrt{f_c'} = \frac{5 \times 3,2 \times \sqrt{30}}{6} \times 10^3 = 14605,935 \text{ kN}$$

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

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

$$= 0.4 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,4 \text{ m}^2.$$

Per meter minimal harus ada

$$= ts \times 1m \times 0,0025$$

$$= 0,4 m \times 1m \times 0,0025 = 0,001 m^2 = 1000 mm^2$$

Bila digunakan baja tulangan D20, maka

Jenis baja tulangan D20 dipasang, diperoleh data seperti pada

Tabel 3.1

Jenis	Dimensi			As (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
D20	2	20	314	628

Jenis baja tulangan D20 dipasang, maka jumlah pasangan tulangan yang diperlukan adalah :

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

$$= \frac{1000mm^2}{628mm^2} = 1,59 \text{ pasang} \sim 2 \text{ pasang}$$

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

Karena $s > 450 mm$, maka syarat batas spasi maksimum tidak terpenuhi, maka digunakan nilai $s = 450 mm$

$$\text{Jumlah tulangan} = 2 \left[\frac{8000}{450} + \frac{400}{450} \right] = 37,33 \approx 38 \text{ buah}$$

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

Asumsi kita gunakan konfigurasi tulangan di point 1.b, yaitu D20, tapi dengan spasi tulangan 250 mm.

Kuat geser *shearwall* :

$$V_n = A_c v [\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{76,5 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 9,56 > 3$$

$$\alpha c = 1,67$$

nilai αc untuk $h_w/l_w > 2 = 1.67$, untuk $h_w/l_w < 1.5 = 1/4$.

$$\rho_n = \frac{n_{leg} \times A_s \times \text{jumlahtulangan}}{400 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm}} = 0,014915$$

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

$$V_n = A_c v [\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$= 400 \times 8000 \times [(0,167 \times \sqrt{30}) + (0,014915 \times 400) \times 10^{-3}]$$

$$= 190912,9147 \text{ Kn}$$

OK, ($V_u = 544,347 \text{ Kn}$) < ($V_n = 190912,9147 \text{ Kn}$), *shearwall* cukup kuat menahan geser.

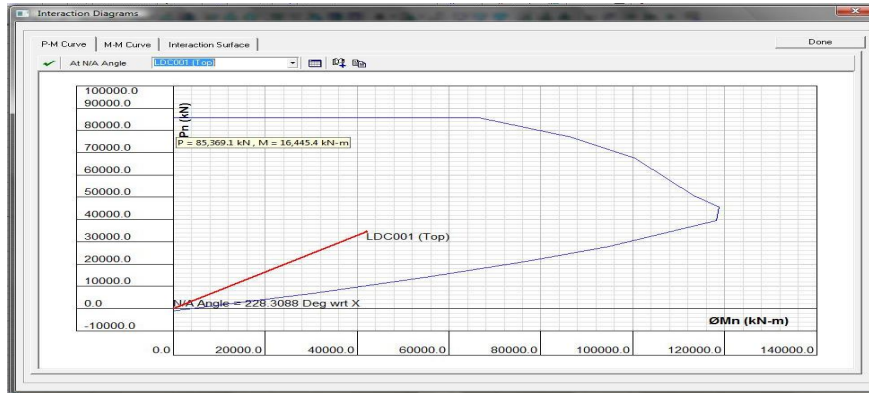
Untuk itu kita bisa menggunakan dua *layer* D20 dengan spasi 250 mm

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

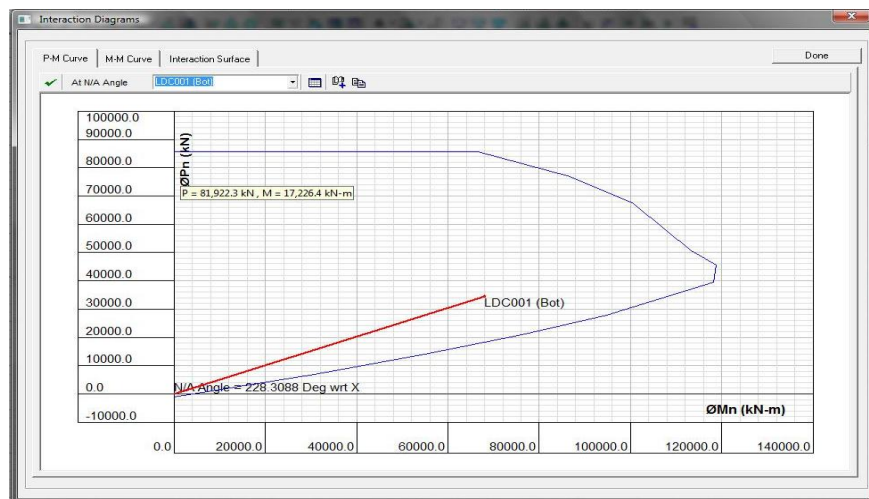
Gunakan D20 dengan spasi 250 mm untuk arah vertikal dan horisontal.

3. Kebutuhan baja tulangan untuk kombinasi aksial dan lentur.

Kuat tekan dan kuat lentur *Shearwall* dengan konfigurasi yang didesain seperti terlihat pada diagram interaksi *Shearwall*.



Gambar 3.44.a Diagram Interaksi *Shearwall*



Gambar 3.44.b Diagram Interaksi *Shearwall*

4. Tentukan apakah *speciall boundary element* diperlukan ?

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

Speciall boundary element diperlukan jika :

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

Besar persamaan diatas adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{A_g} + \frac{Muy}{I} &= \frac{1413,647kN}{4m^2} + \frac{2741,326kNm \times 4m}{17,067m^4} \\ &= 1,11 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sedangkan

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' &= 0,2 \times 3000 \frac{kN}{m^2} \\ &= 6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

1,11 Mpa < 6 Mpa, sehingga *boundary element* tidak diperlukan

✚ *Confinement* 100 cm x 100 cm pada *boundary element* .

Asumsi kita gunakan *hoops* berbentuk persegi dengan tulangan D 13.

Karakteristik inti penampang :

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

$$. = 1000 \text{ mm} - (2 \times 60 + 2 \times 13 / 2) = 867 \text{ mm}$$

Spasi maksimum *hoops* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- 0,25 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 = 250 mm
- atau

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

$$S_x \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3} hc)}{3} = 100 + \frac{350 - (578)}{3} = 176 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 170 mm = 17 cm

Dengan D 13 dengan spasi 17 cm, *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{0,09 \, s h c \, f_c'}{f_y h} \\
 &= \frac{0,09 \times 170 \, \text{mm} \times 867 \, \text{mm} \times 30 \, \text{Mpa}}{400} \\
 &= 994,8825 \, \text{mm}^2.
 \end{aligned}$$

Jenis baja tulangan, diperoleh data seperti pada Tabel 3.2

Jenis	Dimensi			A_s (mm ²)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas /bar (mm ²)	
13	8	13	133	1064

Ok, 1064 mm² > 994,8825 mm². 8 *hoops* D 13 dengan spasi 17 cm dapat digunakan

✚ *Confinement* untuk *shearwall*

Sebagai trial awal gunakan D 13. Spasi maksimum yang diizinkan untuk D13 adalah

- 0,24 panjang sisi terpendek = 0,25 x 1000 mm = 250 mm
- atau

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

$$hc = 400 \text{ mm} - (2 \times 40) - 13 \text{ mm} = 307 \text{ mm}$$

$$Sx \leq 100 + \frac{350 - (\frac{2}{3}hc)}{3} = 100 \frac{350 - (204,67)}{3} = 100,57 \text{ mm}$$

Jadi, gunakan *hoops* dengan tulangan D 13 dengan spasi 100 mm = 10 cm

Jadi, untuk *confinement* arah pararel terhadap *shearwall* misalkan digunakan spasi 100 mm.

$$hc = 800 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{0,09 s hc fc'}{f_y h} \\ &= \frac{0,09 \times 100 \text{ mm} \times 307 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 207,225 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan D 13, maka $A_{sh} =$

Jenis baja tulangan, seperti pada Tabel 3.3 berikut

Jenis	Dimensi			A_s (mm^2)
	Jumlah	Diameter (mm)	Luas / bar (mm^2)	
13				266
	2	13	133	

Ok, $266 \text{ mm}^2 > 207,25 \text{ mm}^2$, D 13 dengan spasi 100 mm dapat digunakan.

LAMPIRAN 2

L2.1 Kondisi Batas Layan

Kontrol batas *drift*

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh Gempa Rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, di samping untuk mencegah kerusakan nonstruktur dan ketidak nyamanan penghuni. Untuk memenuhi batas layan ini, simpangan yang terjadi tidak boleh melebihi $\Delta_{ijin} = (0,03/R)$ dikali tinggi tingkat bangunan. Nilai R yang digunakan ialah 8,5

Tabel L.2.1 Kondisi batas layan

Story	Hj (m)	Arah X (m)	Arah Y (m)	Δ_{ijin} (m)	Status
19	4	0,000786	0.000786	0,0141	Memenuhi syarat
18	4	0,000833	0.000827	0,0141	Memenuhi syarat
17	4	0,000884	0.000879	0,0141	Memenuhi syarat
16	4	0,000920	0.000920	0,0141	Memenuhi syarat
15	4	0,000964	0.000964	0,0141	Memenuhi syarat
14	4	0,001006	0.001006	0,0141	Memenuhi syarat
13	4	0,001043	0.001043	0,0141	Memenuhi syarat

12	4	0,001072	0.001072	0,0141	Memenuhi syarat
11	4	0,001094	0.001094	0,0141	Memenuhi syarat
10	4	0,001124	0.001124	0,0141	Memenuhi syarat
9	4	0,001071	0.001071	0,0141	Memenuhi syarat
8	4	0,001053	0.001053	0,0141	Memenuhi syarat
7	4	0,001016	0.001016	0,0141	Memenuhi syarat
6	4	0,000961	0.000961	0,0141	Memenuhi syarat
5	4	0,000884	0.000884	0,0141	Memenuhi syarat
4	4	0,000780	0.000780	0,0141	Memenuhi syarat
3	4	0,000645	0.000645	0,0141	Memenuhi syarat
2	4	0,000481	0.000481	0,0141	Memenuhi syarat
1	4,5	0,000279	0.000279	0,0158	Memenuhi syarat

Kondisi batas layan diambil dari *story drift* pada ETABS dan dikalikan dengan tinggi lantai untuk tiap tingkatnya. Setelah itu dikontrol sesuai dengan ijin yang diberikan.

Tabel L.2.1 menunjukkan bahwa batas layan pada bangunan pada tiap tingkatnya memenuhi syarat atau tidak melebihi Δ_{ijin} .

L2.1 Kondisi Batas Ultimit

Kontrol Batas ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung. Simpangan-simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali ξ sebagai berikut :

- untuk gedung beraturan $\xi = 0,7 R$
- untuk struktur gedung tidak beraturan $\xi = 0,7R/$ faktor skala

Simpangan antar tingkat ini tidak boleh melebihi 0,02 kali tinggi bangunan.

Tabel L.2.2 Kondisi batas ultimit

Story	Hj (m)	Arah X (m)	Arah Y (m)	ijin (m)	Status
19	4	0,000467	0.000467	0,08	Memenuhi syarat
18	4	0,000495	0.000492	0,08	Memenuhi syarat
17	4	0,000525	0.000523	0,08	Memenuhi syarat
16	4	0,000547	0.000547	0,08	Memenuhi syarat
15	4	0,000573	0.000573	0,08	Memenuhi syarat
14	4	0,000598	0.000598	0,08	Memenuhi syarat

13	4	0,000620	0,000620	0,08	Memenuhi syarat
12	4	0,000637	0,000637	0,08	Memenuhi syarat
11	4	0,000650	0,000650	0,08	Memenuhi syarat
10	4	0,000668	0,000668	0,08	Memenuhi syarat
9	4	0,000637	0,000637	0,08	Memenuhi syarat
8	4	0,000626	0,000626	0,08	Memenuhi syarat
7	4	0,000604	0,000604	0,08	Memenuhi syarat
6	4	0,000571	0,000571	0,08	Memenuhi syarat
5	4	0,000525	0,000525	0,08	Memenuhi syarat
4	4	0,000464	0,000464	0,08	Memenuhi syarat
3	4	0,000387	0,000387	0,08	Memenuhi syarat
2	4	0,000286	0,000286	0,08	Memenuhi syarat
1	4,5	0,000166	0,000166	0,09	Memenuhi syarat

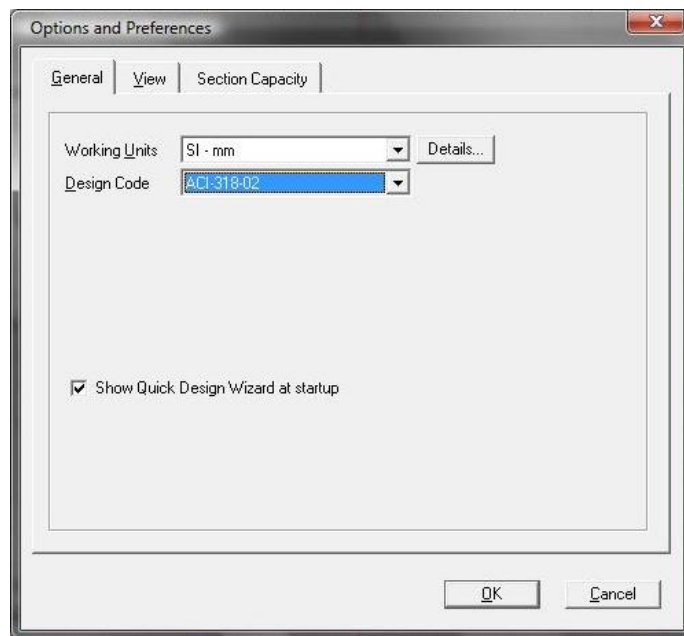
Tabel L.2.1 menunjukkan bahwa batas layan pada bangunan pada tiap tingkatnya memenuhi syarat atau tidak melebihi Δ ijin.

LAMPIRAN 3

L.3 Pengecekan Aksial dan Lentur Dengan Menggunakan Program CSICOL

Pertama yang dilakukan ialah dengan menginputkan dimensi kolom dan gaya dalam yang didapat dari program ETABS pada CSICOL.

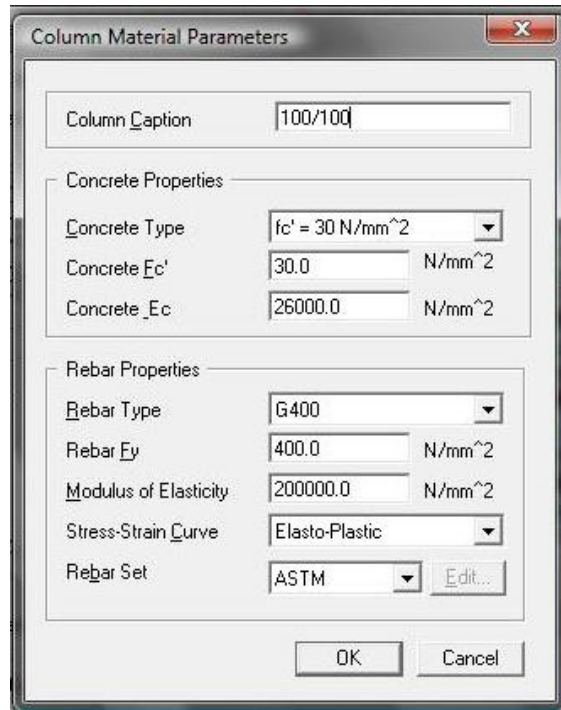
Berikut langkah *input* pada program CSICOL. Pertama menentukan satuan dan peraturan yang akan digunakan dalam menganalisis.



Gambar 1 *Input* satuan dan peraturan

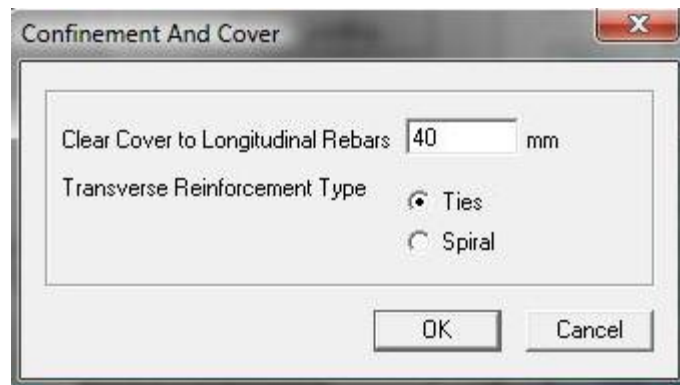
Satuan yang digunakan ialah millimeter dengan peraturan ACI-318-02.

Langkah berikutnya diinputkan material beton yang direncanakan dan tebal selimut beton yang akan dibuat



Gambar 2 Input material kolom (satuan : N/mm)

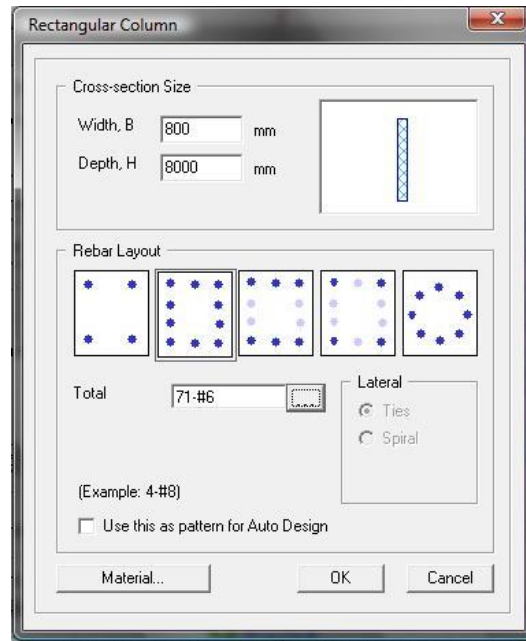
Material kolom yang digunakan ialah : $f_c' = 30$ Mpa dan Modulus Elastisitasnya = 200000 Mpa



Gambar 3 Input tebal selimut beton (satuan : mm)

Selimut yang didesain ialah 40 mm

Setelah menentukan material yang akan digunakan, dapat dilanjutkan dengan menginputkan dimensi kolom dan tulangan yang dipakai.



Gambar 4 *Input* dimensi beton dan tulangan (satuan mm)

Input dimensi kolom sesuai dengan kolom yang ada dan masukan tulangan yang telah didesain.

Uniform Reinforcing Pier Section - Design (ACI 318-02)

Story ID: STORY1 Pier ID: P4 X Loc: 12 Y Loc: 0 Units: KN-m

Flexural Design for P-M2-M3 (RLLF = 1.000)

Station Location	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	Pu	M2u	M3u	Pier Ag
Top	0.0025	0.0034	COMB4	38582.073	0.000	-42025.556	6.400
Bottom	0.0025	0.0034	COMB4	39239.786	0.000	-67991.999	6.400

Gambar 5 *Uniform Reinforcing Pier Section*

Data tersebut diatas digunakan sebagai gaya – gaya dalam yang di inputkan pada program CSICOL yang didapatkan dari program ETABS.

Sr. No	Load Comb	Load-Pu (kN)	Mux-Bot (kN-m)	Muy-Bot (kN-m)	Mux-Top (kN-m)	Muy-Top (kN-m)
1	Combination1	39239,786	-67991,999	0	-42025,556	0
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Gambar 6 *Input* gaya dalam yang bekerja pada kolom

Hasil evaluasi kekuatan kolom dengan menggunakan software CSICOL

Sr. No	Load Comb	Load-Pu (kN)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)	Capacity Ratio	Remarks
1	Combination1	39239.0	-67991.0	0.0	0.62	OK

Gambar 7 *Capacity Calculation Result (Bottom End)*

Sr. No	Load Comb	Load-Pu (kN)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)	Capacity Ratio	Remarks
1	Combination1	39239.0	-42025.0	0.0	0.49	OK

Gambar 8 Capacity Calculation Result (Top End)

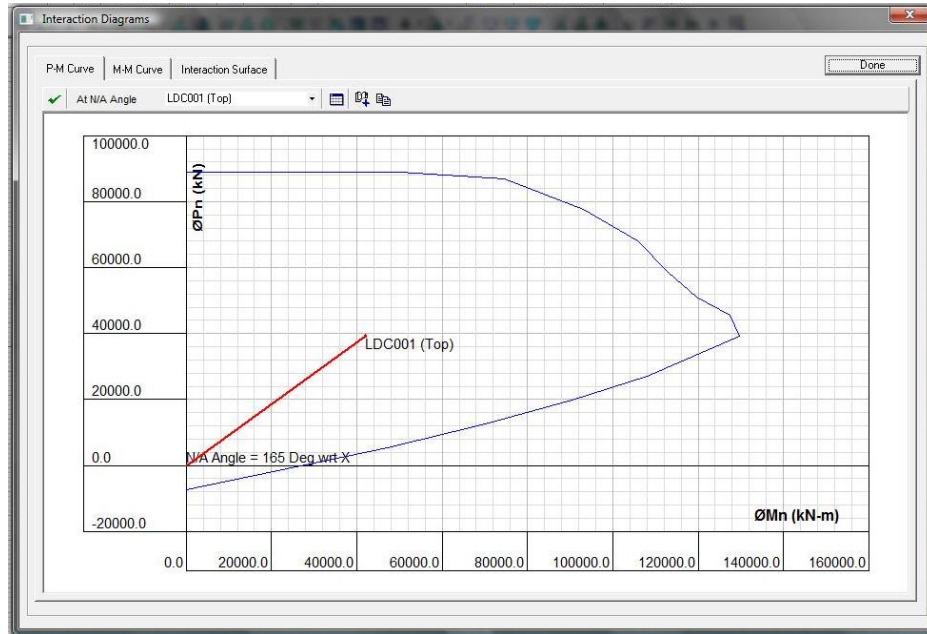
Sr. No	Load Comb	Load-Pu (kN)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)	Muz (kN-m)	Mx-My Angle (Deg)	P-M Vector	Capacity Vector	Capacity Ratio	N/A Angle (deg)	N/A Depth (mm)	Remarks
1	Combination1	39239.0	-67991.0	0.0	67991.0	180.0	79501.4	48718.4	0.62	165.0	2726.9	OK

Gambar 9 Detail Result (Bottom End)

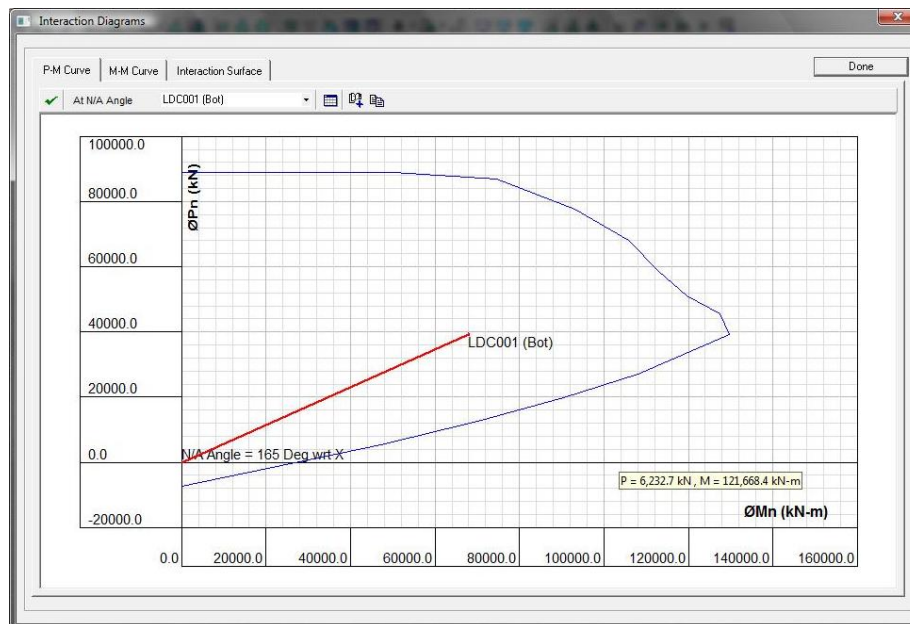
Sr. No	Load Comb	Load-Pu (kN)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)	Muz (kN-m)	Mx-My Angle (Deg)	P-M Vector	Capacity Vector	Capacity Ratio	N/A Angle (deg)	N/A Depth (mm)	Remarks
1	Combination1	39239.0	-42025.0	0.0	42025.0	180.0	57496.1	27911.8	0.49	165.0	2726.9	OK

Gambar 10 Detail Result (Top End)

Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa kondisi kolom telah memenuhi syarat.



Gambar 11 Interaction Curve (P – M Curve) Top



Gambar 12 Interaction Curve (P – M Curve) Bottom

LAMPIRAN 4

L.4. Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir dan Diagram Alir Desain *Shearwall*

Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

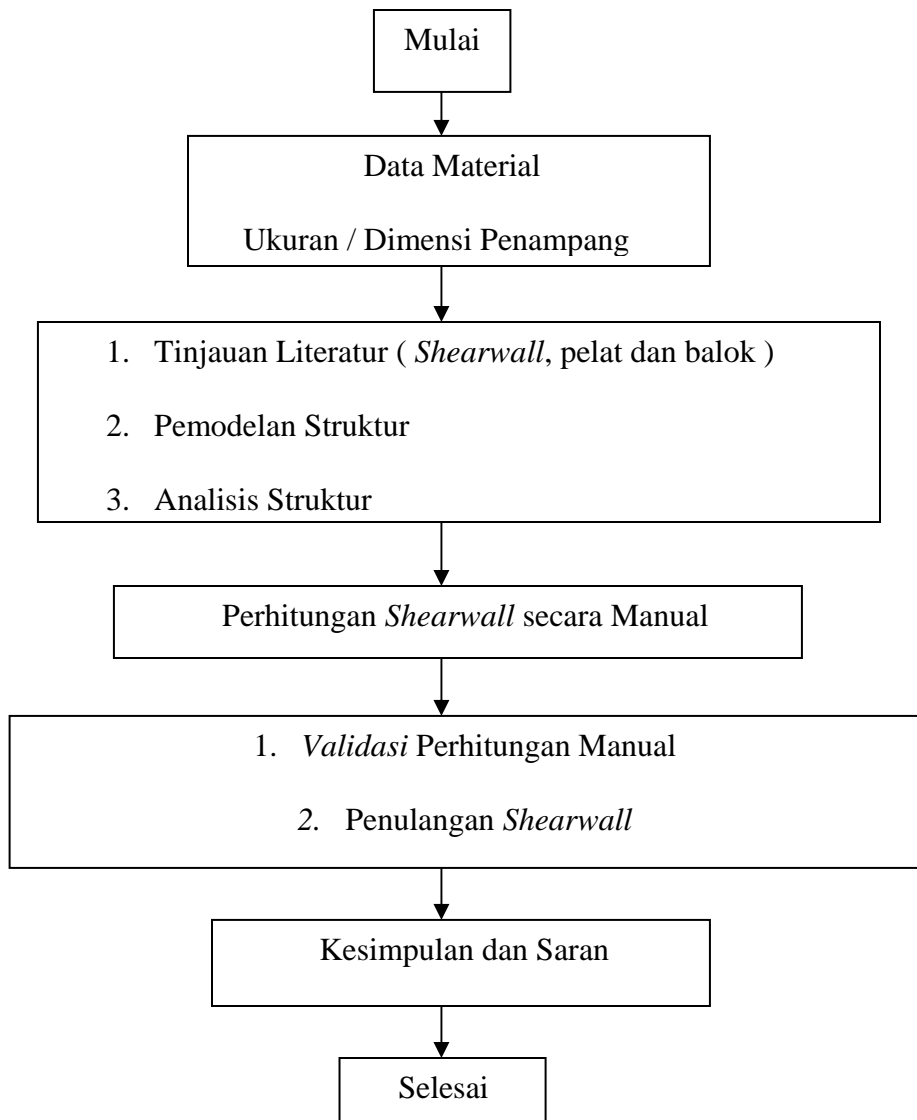
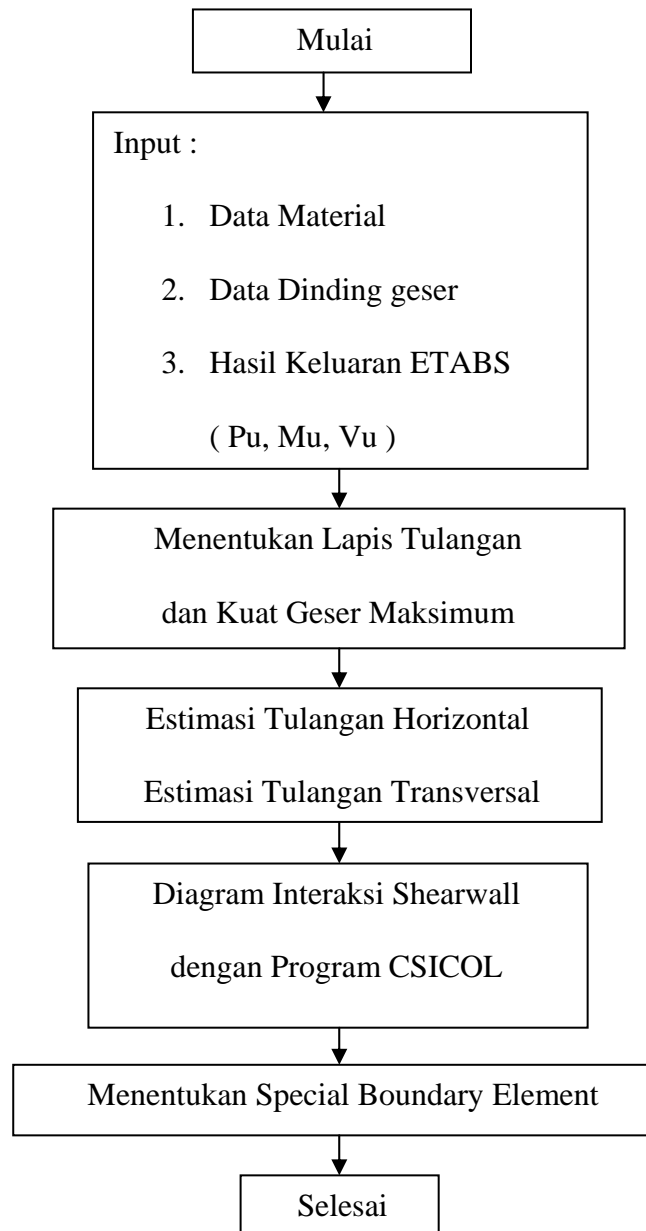


Diagram Alir Desain *Shearwall*



LAMPIRAN 5

L.5 Pengecekan Rangka pemikul momen mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral yang bekerja.

Data ETABS :

	Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	SPECTRA	2	U1	805593.15	-611724.02	0.00	32963734.860	43410685.192	-17007806.119
	SPECTRA	3	U1	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-0.197
	SPECTRA	4	U1	264505.03	219842.80	0.00	-1576085.611	1896275.823	-535946.651
	SPECTRA	5	U1	182721.92	-219842.85	0.00	1576085.905	1309960.422	-4830777.616
	SPECTRA	6	U1	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-0.008
	SPECTRA	7	U1	171993.00	-33054.26	0.00	321789.288	1674395.846	-2460569.257
	SPECTRA	8	U1	6352.32	33053.77	0.00	-321787.345	61841.660	320417.526
	SPECTRA	9	U1	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-1.889
	SPECTRA	10	U1	14819.04	30802.24	0.00	-143455.524	69016.820	191797.407
	SPECTRA	11	U1	64025.50	-30803.46	0.00	143459.401	298185.846	-1137956.975
	SPECTRA	12	U1	12715.52	17832.79	0.00	-84853.940	60503.067	61410.844
	SPECTRA	1	U2	611724.03	805593.15	0.00	-43410685.22	32963734.887	2326429.526
	SPECTRA	2	U2	-611724.02	464510.26	0.00	-25030883.771	-32963734.85	12914811.382
	SPECTRA	3	U2	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-0.271
	SPECTRA	4	U2	219842.80	182721.89	0.00	-1309960.262	1576085.688	-445450.939
	SPECTRA	5	U2	-219842.85	264505.09	0.00	-1896276.143	-1576085.852	5812175.792
	SPECTRA	6	U2	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.071
	SPECTRA	7	U2	-33054.26	6352.49	0.00	-61842.668	-321791.653	472881.398
	SPECTRA	8	U2	33053.77	171992.46	0.00	-1674392.831	321787.768	1667265.095
	SPECTRA	9	U2	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	3.257
	SPECTRA	10	U2	30802.24	64024.25	0.00	-298180.719	143455.508	398662.158
	SPECTRA	11	U2	-30803.46	14819.92	0.00	-69020.087	-143460.889	547485.136
	SPECTRA	12	U2	17832.79	25009.47	0.00	-119002.814	84852.102	86125.208
	SPECTRA	All	All	1369639.68	1369927.58	0.00	68582827.529	68582665.425	21281007.383

Gambar 1 *Response Spectrum Base Reactions*

- $V_d = 1369639,68$ kg, merupakan gaya lateral yang diterima bangunan.
- $V_d \cdot 0,25 = 342409,92$ kg (beban pemikul momen harus mampu sekurang-kurangnya memikul beban 342409,92 kg)

Concrete Design Information ACI 318-02

File Drawing

Phi(Compression-Spiral): 0.700 Overstrength Factor: 1.25
 Phi(Compression-Tied): 0.650
 Phi(Tension Controlled): 0.850
 Phi(Shear): 0.750
 Phi(Seismic Shear): 0.600
 Phi(Joint Shear): 0.850

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3

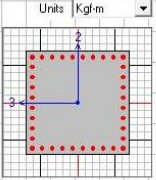
Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
0.023	1703034.659	-77045.288	3781.790	77045.288	77045.288

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

	Cm Factor	Delta ns Factor	Delta s Factor	K Factor	L Length
Major Bending(M3)	0.400	1.000	1.000	1.000	3.500
Minor Bending(M2)	0.400	1.000	1.000	1.000	3.500

SHEAR DESIGN FOR U2,U3

	Design Rebar	Shear Uu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us	Shear Up
Major Shear(U2)	0.000	2395.754	144588.998	0.000	0.000
Minor Shear(U3)	0.000	2395.754	144588.998	0.000	357793.648



- $V_p = 357793,648 \text{ kg}$ (rangka pemikul momen mampu menahan beban lateral sebesar $357793,648 \text{ kg}$)

✚ Rangka pemikul momen mampu menahan beban lateral sebesar $357793,648 \text{ kg} > V_d \cdot 0,25 = 342409,92 \text{ kg}$ (beban pemikul momen harus mampu sekurangnya memikul beban $342409,92 \text{ kg}$)...OK!

LAMPIRAN 6

L.6 Perhitungan *shearwall* menggunakan program RCWALLPRO

	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
1	UBC/ACI CONCRETE SHEARWALL ANALYSIS AND DESIGN										
2	RCWALLPRO by STRUCTECH										
3	Your company name					Project : Your project					
4	Your company address					Building : Your building					
5	Your company phone/fax					Wall ID : WALL # 40					
6											
7	REQUIRED INPUT ARE INDICATED BY BLUE COLOR NUMBERS OR WITH BLUE SHADING										
8											
9	INPUT										
10											
11	Concrete Strength, f'c:				30	MPa	Conc E, Econc:		25907	MPa	
12	Rebar Yield Strength, fy:				400	MPa	Steel E, Es:		200000	MPa	
13	Total Wall Length, Ltot:				76500	mm	< includes end sections >				
14	End 1 Length, L_1:				4000	mm	< length of left end section >				
15	End 2 Length, L_2:				4000	mm	< length of right end section >				
16	Wall Thickness, T_0:				800	mm	< thickness between end sects >				
17	End 1 Thickness, T_1:				800	mm	< thickness @ left end section >				
18	End 2 Thickness, T_2:				800	mm	< thickness @ right end section >				
19	Wall Vert. Steel, As_0:				2	-	DIA	25	@	250 mm, o.c.	
20	Wall Horiz. Steel, As_h:				2	-	DIA	25	@	250 mm, o.c.	
21	End 1 Rebar, As_1:				36	-	DIA	57	< total x pieces DIA y bar >		
22	End 2 Rebar, As_2:				36	-	DIA	57	< total x pieces DIA y bar >		
23	Wall Dead Load, P_DL:				150	kN	< NOT including wall self wt >				
24	Wall Live Load, P_LL:				250	kN					
25	Wall Seismic Load, P_EQ:				0	kN	< Seismic axial load @ wall center >				
26	R Factor, UBC Chapter 16									4.5	ndim
27	Shear Distribution Coefficient, Wv									1.33	ndim
28	Shear Strength Reduction Factor, Phi_v									0.85	ndim
29											
30											
31											
32											
33	WALL SECTION PROPERTIES AND DEFLECTIONS										
34											
35	Int. Wall Length < wall length betw end sects >, L_0:				68500	mm					
36	Total Gross Area, ATOT:									61200000	mm^2
37	Centroid Distance to End 1, NAXIS									38250	mm
38	Gross Moment of Inertia, I_GROSS:									2.98E+16	mm^4
39											
40	Elastic Bending Deflection, d_eb:									0	mm
41											
42	Elastic Shear Deflection : d_v									1	mm
43											
44	Comb. Bending and Shear Defl. at Top of Wall, d-e tot :									1	mm
45											
46											
47											
48											
49											

50	STORY HEIGHTS & UNFACTORED FORCES								
51	STORY HEIGHTS & UNFACTORED FORCES								
52									
53	Story	Story	Story	Story	Height	Story	Dist	Story	Moment
54		Height	EQ	EQ	Above	EQ	From	Moment	Diagram
55			Force	Shear	Base	OTM	Top		
56									
57	No.	m	kN	kN	m	kN-m	m	kN-m	kN-m
58									
59	40	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
60	39	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
61	38	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
62	37	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
63	36	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
64	35	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
65	34	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
66	33	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
67	32	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
68	31	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
69	30	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
70	29	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
71	28	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
72	27	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
73	26	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
74	25	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
75	24	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
76	23	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
77	22	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
78	21	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
79	20	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
76	23	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
77	22	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
78	21	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
79	20	0.00	0.0	0.0	76.50	0	0.00	0	0
80	19	4.00	272.0	272.0	76.50	20808	4.00	1088	1088
81	18	4.00	272.0	544.0	72.50	19720	8.00	2176	3264
82	17	4.00	272.0	816.0	68.50	18632	12.00	3264	6528
83	16	4.00	272.0	1088.0	64.50	17544	16.00	4352	10880
84	15	4.00	272.0	1360.0	60.50	16456	20.00	5440	16320
85	14	4.00	272.0	1632.0	56.50	15368	24.00	6528	22848
86	13	4.00	272.0	1904.0	52.50	14280	28.00	7616	30464
87	12	4.00	272.0	2176.0	48.50	13192	32.00	8704	39168
88	11	4.00	272.0	2448.0	44.50	12104	36.00	9792	48960
89	10	4.00	272.0	2720.0	40.50	11016	40.00	10880	59840
90	9	4.00	272.0	2992.0	36.50	9928	44.00	11968	71808
91	8	4.00	272.0	3264.0	32.50	8840	48.00	13056	84864
92	7	4.00	272.0	3536.0	28.50	7752	52.00	14144	99008
93	6	4.00	272.0	3808.0	24.50	6664	56.00	15232	114240
94	5	4.00	272.0	4080.0	20.50	5576	60.00	16320	130560
95	4	4.00	272.0	4352.0	16.50	4488	64.00	17408	147968
96	3	4.00	272.0	4624.0	12.50	3400	68.00	18496	166464
97	2	4.00	272.0	4896.0	8.50	2312	72.00	19584	186048
98	1	4.50	272.0	5168.0	4.50	1224	76.50	23256	209304
99									
100	Total:	76.50	5168			209304			
101									
102									

103				
104	BOUNDARY ELEMENT REQUIREMENT BASED ON GEOMETRY AND LOADING, UBC SEC. 1921.6.6.4			
105				
106	Wall Geometry		SYMMETRIC	
107	Wall Self Weight, P_SW:	112363	kN	
108	Wall Axial Load, P'u:	135141	kN	< P'u = 1.2D + 0.5L + E >
109	Factored Shear, Vu:	5168	kN	
110	Factored EQ Moment, Mu:	209304	kN-m	
111	Factored Axial Force	0.07	Ag.fc'	
112	Compressive Strength, Po	1384151	kN	
113	Ratio of Pu /Po =	0.098		OK, CAN BE USED AS SHEARWALL
114	Mu/(VuLw) =	0.53		
115	Vu/(Acv*f'c) =	0.02		
116				
117	BOUNDARY ELEMENT IS REQUIRED PER SEC. 1921.6.6.4			
118				
119	BOUNDARY ELEMENT REQUIREMENT BASED ON COMPRESSIVE STRAIN, UBC SEC. 1921.6.6.5			
120				
121	CALCULATE NOMINAL FLEXURAL CAPACITY M'n @ P'u =1.2D+0.5L+E			
122				
123	Wall Vert Steel, Rhov:	0.00491	ndim	
124	Wall Horiz Steel, Rhoh:	0.00491	ndim	
125	End 1 Steel, As_1:	91887	mm^2	
126	End 2 Steel, As_2:	91887	mm^2	
127	Betal:	0.83	ndim	
128	Conc Yld Strain, eecy:	0.00300	ndim	
129	Steel Yld Strain, eesy:	0.002	ndim	
130	Compr Zone Length, c:	12688	mm	<iterate c until sum of forces = 0>
131	Sum of Forces, ftot:	0	kN	OK M'n: 10547428 kN-m
132	Strength Red. Factor, Phi	0.75	ndim	
133	Phi M'n:	7939975	kN-m	OK > Mu at P'u
147				
148	BOUNDARY ZONE DIMENSIONS, HOOPS AND VERTICAL BARS PER 1921.6.6.6			
149				
150	Minimum Length, L_BZ :		0	mm
151	Maximum Height Above The Base, H_BZ :		0	mm
152	Thickness <shall be greater than Lu/16>, T_BZ		800	mm
153	Hoops Vertical Spacing, S_v		120	mm
154	Dist. from Face of Concrete to Center of Hoops, D_c		38	mm
155	Req. Area of Hoops in Longitudinal Dir., Ash_x:		0	mm^2
156	Req. Area of Hoops in Transverse Dir., Ash_y:		0	mm^2
157	Minimum Area of Vertical Bars, A_bv		0	mm^2
158				

175		
176	SHEAR DEMAND AND CAPACITY	
177		
178	Wall's Height to Length Ratio	1.0
179	Coefficient ALFA_C	0.250
180	Shear Capacity, $\Phi_v V_n$:	173399 kN
181	Code Shear Demand/Capacity, $V_u/(\Phi_v V_n)$	0.03 ndim
182		
183	SEE BELOW FOR REQUIRED VALUE OF Φ_v	
184		
185	Overstrength Flexural Capacity, M_o	13184285 kN-m
186	M_o/μ Ratio	62.99 ndim
187	Plastic Shear Demand, V_p	432965 kN
175		
176	SHEAR DEMAND AND CAPACITY	
177		
178	Wall's Height to Length Ratio	1.0
179	Coefficient ALFA_C	0.250
180	Shear Capacity, $\Phi_v V_n$:	173399 kN
181	Code Shear Demand/Capacity, $V_u/(\Phi_v V_n)$	0.03 ndim
182		
183	SEE BELOW FOR REQUIRED VALUE OF Φ_v	
184		
185	Overstrength Flexural Capacity, M_o	13184285 kN-m
186	M_o/μ Ratio	62.99 ndim
187	Plastic Shear Demand, V_p	432965 kN
188	Plastic Shear Demand/Capacity, $V_p/(\Phi_v V_n)$	2.50 ndim
189		
190	PER SEC. 1909.3.4, USE $\Phi_v = 0.60$ FOR SHEAR STRENGTH	
191	RECHECK YOUR INPUT FOR CORRECT Φ_v	
192		
193	END OF CALCULATIONS	
194	To report any 'bug' in the spreadsheet, please contact structech@juno.com .	
195	www.rcwallpro.com or www.flash.net/~vvaldy	
196		