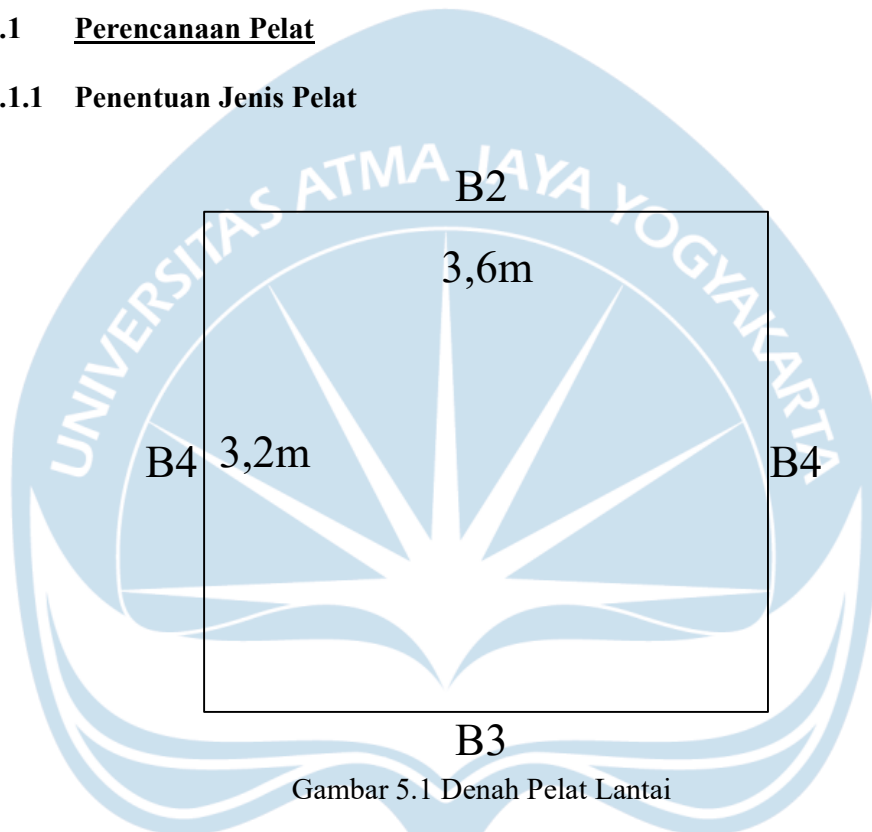


**BAB V**  
**ANALISIS STRUKTUR**

**5.1 Perencanaan Pelat**

**5.1.1 Penentuan Jenis Pelat**



Gambar 5.1 Denah Pelat Lantai

Direncanakan:

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa (BJTD)}$$

Penentuan jenis pelat ( $3600 \times 3200$ ) mm<sup>2</sup>

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{3200}{3600} = 0,89$$

$$\frac{l_y}{l_x} < 2 \rightarrow \text{termasuk jenis pelat dua arah}$$

**5.1.2 Penentuan Tebal Pelat**

- a. Tebal pelat asumsi = 120 mm

## b. Lebar efektif pelat

$$hb \leq 4hf$$

$$600 \leq (4 \times 120)$$

$$600 \leq 480 \text{ ( OKE )}$$

## c. Momen inersia

$$I = \frac{1}{12} bh^3$$

$$I_{b1} = \frac{1}{12} \times 450 \times 700^3 = 12.862.500.000 \text{ mm}^4$$

$$I_{b2} = \frac{1}{12} \times 300 \times 600^3 = 5.400.000.000 \text{ mm}^4$$

$$I_{b3} = \frac{1}{12} \times 250 \times 450^3 = 1.898.437.500 \text{ mm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 3200 \times 120^3 = 460.800.000 \text{ mm}^4$$

## d. Rasio kekuatan pelat

$$\alpha_f = \frac{Eclc \text{ balok}}{Eclc \text{ pelat}}$$

$$\alpha_1 = \frac{I_{b1}}{I_s} = \frac{12.862.500.000}{460.800.000} = 11,72$$

$$\alpha_2 = \frac{I_{b2}}{I_s} = \frac{5.400.000.000}{460.800.000} = 4,12$$

$$\alpha_3 = \frac{I_{b3}}{I_{s1}} = \frac{1.898.437.500}{460.800.000} = 1,55$$

$$\alpha_f = \frac{\sum \alpha_f}{n} = \frac{11,72+4,12+(2 \times 1,55)}{4} = 4,74 > 2$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Pasal 9.5.3.3 point c, jika  $f\alpha$  lebih besar dari 2 maka tebal pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{ln(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36+9\beta} = \frac{4000(0,8 + \frac{400}{1400})}{36+9(\frac{4000}{3000})} = 90,48\text{mm}$$

Sehingga tebal pelat yang digunakan adalah 120 mm.

### 5.1.3 Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai

Perhitungan untuk pembebanan pada pelat lantai dapat dilihat pada rincian perhitungan dibawah ini :

a. Beban mati ( $D$ )

$$\text{Berat sendiri} = 0,14 \times 24 = 3,36 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat pasir} = 0,03 \times 16 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat spesi} = 0,02 \times 21 = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat ubin} = 0,01 \times 24 = 0,24 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat plafond} = 0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat ME} = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{D} = 4,83 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban hidup ( $L$ )

Beban hidup berdasarkan Tabel 4-1 SNI 1727 : 2013, yaitu :

$$\text{Kamar apartemen} = 1,92 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Koridor} = 4,79 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Gudang} = 6 \text{ KN/m}^2$$

c. Beban rencana ( $U$ )

$$1,2 D + 1,6 L = (1,2 \times 4,83) + (1,6 \times 4,79) = 13,46 \text{ KN/m}^2$$

### 5.1.4 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

Perhitungan momen pada pelat dua arah menggunakan acuan 314R – 11 pada halaman 58, seperti dibawah ini :

a. Bentang pendek

$$M_{lx} = \frac{1}{20} \times W_u \times l_x^2$$

$$= \frac{1}{20} \times 13,46 \times 3,6^2$$

$$= 8,72 \text{ kNm}$$

$$M_{lx+} = \frac{1}{31} \times W_u \times lx^2$$

$$= \frac{1}{31} \times 13,46 \times 3,6^2$$

$$= 5,63 \text{ kNm}$$

b. Bentang panjang

$$M_{lx-} = \frac{1}{20} \times W_u \times lx^2$$

$$= \frac{1}{20} \times 13,46 \times 3,2^2$$

$$= 6,89 \text{ kNm}$$

$$M_{lx+} = \frac{1}{31} \times W_u \times lx^2$$

$$= \frac{1}{31} \times 13,46 \times 3,2^2$$

$$= 4,45 \text{ kNm}$$

Data – data yang digunakan dalam penulangan pelat dua arah adalah

sebagai berikut :

$$f'c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ (BJTD)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tul. longitudinal} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$dx = \text{Tebal pelat} - (\text{Selimut} + (0,50 \times \text{Tul. pokok}))$$

$$= 120 - (20 + (0,50 \times 10))$$

$$= 95 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= \text{Tebal pelat} - (\text{Selimut} + \text{Tul. pokok} + (0,50 \times \text{Tul. pokok})) \\
 &= 120 - (20 + 10 + (0,50 \times 10)) \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Sumbu X

$$M_{lx+} = 5,63 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{5,63 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,69$$

$$\rho = 0,001857, \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}}\right) = \frac{0,85 \times 30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,69}{0,85 \times 30}}\right) = 0,0018$$

$$A_{Smin} = \rho_{min} \times b \times h_{pelat} = 0,001875 \times 1000 \times 120 = 222,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{Sperlu} = \rho_{perlu} \times b \times dx = 0,0018 \times 1000 \times 95 = 166,83 \text{ mm}^2$$

Karena  $A_{Sperlu} < A_{Smin}$ , maka  $A_s = 222,84 \text{ mm}^2$

$$\text{Spasi} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2}{A_s} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2}{222,84} = 352,45 \text{ mm}$$

Digunakan spasi 200 mm

$$A_{Spakai} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2}{s} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2}{200} = 392,7 \text{ mm} > 222,84 \text{ mm}$$

Digunakan D10 – 200

Pemeriksaan kekuatan pelat untuk daerah tumpuan

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{392,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 6,16 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,85 - \frac{0,05}{7} (f_c' - 28) = 0,85 - \frac{0,05}{7} (30 - 28) = 0,8357$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{6,16}{0,8357} = 7,37 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{dx-c}{c}\right) = 0,003 \left(\frac{95-7,37}{7,37}\right) = 0,0357$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.3.2.1, apabila  $\epsilon_t > 0,005$  maka penampang terkendali tarik sehingga  $\phi = 0,90$ .

$$M_n = A_s \times f_y \left( dx - \frac{a}{2} \right) = 392,7 \times 400 \left( 95 - \frac{6,16}{2} \right) = 14,44 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,90 \times 14,44 = 12,99 \text{ kNm} > M_{lx+} = 5,63 \text{ kNm (OK!)}$$

#### Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah Sumbu X

$$M_{lx-} = 8,72 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{8,72 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 1,07$$

$$\rho = 0,001857, \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) = \frac{0,85 \times 30}{400} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,07}{0,85 \times 30}} \right) = 0,0027$$

$$A_{smin} = \rho_{min} \times b \times h_{pelat} = 0,001875 \times 1000 \times 120 = 222,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{sperlu} = \rho_{perlu} \times b \times d_x = 0,0027 \times 1000 \times 95 = 260,64 \text{ mm}^2$$

Karena  $A_{sperlu} > A_{smin}$ , maka  $A_s = 260,64 \text{ mm}^2$

$$\text{Spasi} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2}{A_s} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2}{260,64} = 301,33 \text{ mm}$$

Digunakan spasi 200 mm

$$A_{spakai} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2}{s} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2}{200} = 392,7 \text{ mm} > 260,64 \text{ mm}$$

Digunakan D10 – 200

Pemeriksaan kekuatan pelat untuk daerah tumpuan

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{392,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 6,16 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,85 - \frac{0,05}{7} (f_c' - 28) = 0,85 - \frac{0,05}{7} (30 - 28) = 0,8357$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{6,16}{0,8357} = 7,37 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{dx-c}{c} \right) = 0,003 \left( \frac{95-7,37}{7,37} \right) = 0,036$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.3.2.1, apabila  $\epsilon_t > 0,005$  maka penampang terkendali tarik sehingga  $\phi = 0,90$ .

$$M_n = A_s \times f_y \left( dx - \frac{a}{2} \right) = 392,7 \times 400 \left( 95 - \frac{6,16}{2} \right) = 14,44 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,90 \times 14,44 = 12,99 \text{ kNm} > M_{lx+} = 8,72 \text{ kNm (OK!)}$$

#### Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Sumbu Y

$$M_{ly+} = 4,45 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times d_y^2} = \frac{4,45 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 85^2} = 0,68$$

$$\rho = 0,001857, \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) = \frac{0,85 \times 30}{400} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,68}{0,85 \times 30}} \right) = 0,0017$$

$$A_{smin} = \rho_{min} \times b \times h_{pelat} = 0,001875 \times 1000 \times 120 = 222,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{sperlu} = \rho_{perlu} \times b \times d_y = 0,0017 \times 1000 \times 85 = 147,3 \text{ mm}^2$$

Karena  $A_{sperlu} < A_{smin}$ , maka  $A_s = 222,84 \text{ mm}^2$

$$\text{Spasi} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2}{A_s} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2}{222,84} = 352,45 \text{ mm}$$

Digunakan spasi 200 mm

$$A_{spakai} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2}{s} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2}{200} = 392,7 \text{ mm}^2 > 222,84 \text{ mm}^2$$

Digunakan D10 – 200

Pemeriksaan kekuatan pelat untuk daerah tumpuan

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{392,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 6,16 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,85 - \frac{0,05}{7} (f_c' - 28) = 0,85 - \frac{0,05}{7} (30 - 28) = 0,8357$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{6,16}{0,8357} = 7,37 \text{ mm}$$

$$E_t = 0,003 \left( \frac{dy-c}{c} \right) = 0,003 \left( \frac{85-7,37}{7,37} \right) = 0,032$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.3.2.1, apabila  $E_t > 0,005$  maka penampang terkendali tarik sehingga  $\phi = 0,90$ .

$$M_n = A_s \times f_y \left( dy - \frac{a}{2} \right) = 392,7 \times 400 \left( 85 - \frac{6,16}{2} \right) = 12,87 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,90 \times 12,87 = 11,58 \text{ kNm} > M_{lx+} = 4,45 \text{ kNm (OK!)}$$

#### Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah Sumbu Y

$$M_{ly-} = 6,89 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dy^2} = \frac{6,89 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 85^2} = 1,06$$

$$\rho = 0,001857, \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) = \frac{0,85 \times 30}{400} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,06}{0,85 \times 30}} \right) = 0,0027$$

$$A_{smin} = \rho_{min} \times b \times h_{pelat} = 0,001875 \times 1000 \times 120 = 222,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{sperlu} = \rho_{perlu} \times b \times dy = 0,0027 \times 1000 \times 85 = 230,1 \text{ mm}^2$$

Karena  $A_{sperlu} > A_{smin}$ , maka  $A_s = 230,1 \text{ mm}^2$

$$\text{Spasi} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2}{A_s} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2}{230,1} = 341,33 \text{ mm}$$

Digunakan spasi 200 mm

$$A_{spakai} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2}{s} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2}{200} = 392,7 \text{ mm}^2 > 230,1 \text{ mm}^2$$

Digunakan D10 – 200

Pemeriksaan kekuatan pelat untuk daerah tumpuan

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{392,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 6,16 \text{ mm}$$



$$\beta = 0,85 - \frac{0,05}{7} (f_c' - 28) = 0,85 - \frac{0,05}{7} (30 - 28) = 0,8357$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{6,16}{0,8357} = 7,37 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d_y - c}{c} \right) = 0,003 \left( \frac{85 - 7,37}{7,37} \right) = 0,032$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.3.2.1, apabila  $\epsilon_t > 0,005$  maka penampang terkendali tarik sehingga  $\phi = 0,90$ .

$$M_n = A_s \times f_y \left( d_y - \frac{a}{2} \right) = 392,7 \times 400 \left( 85 - \frac{6,16}{2} \right) = 12,87 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,90 \times 12,87 = 11,58 \text{ kNm} > M_{lx+} = 6,89 \text{ kNm (OK!)}$$

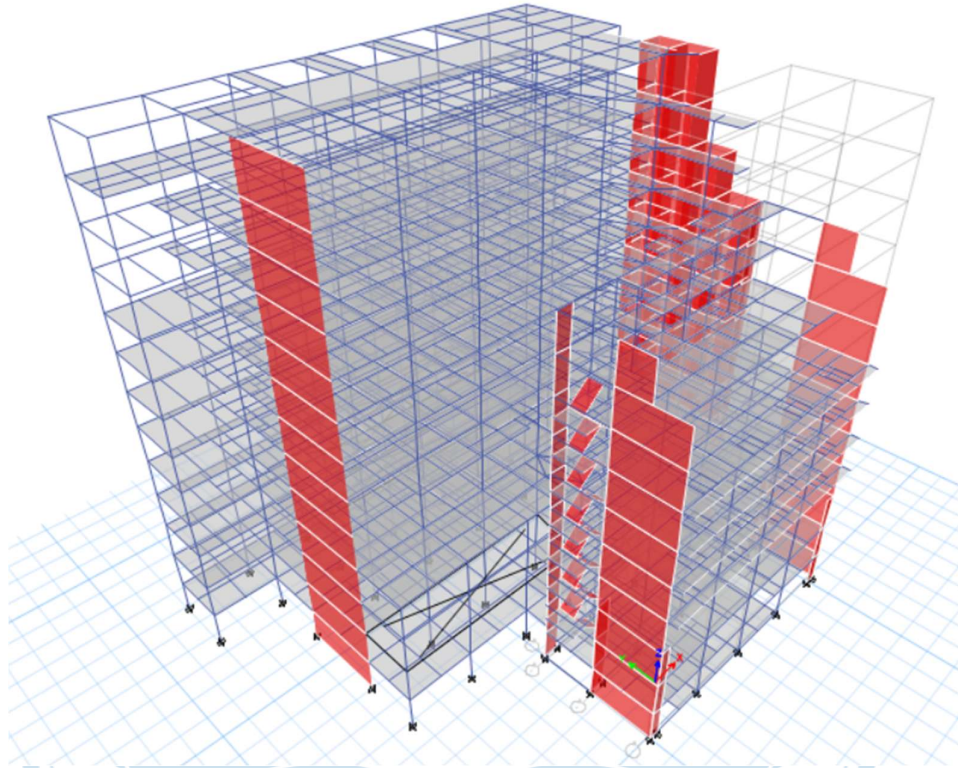
Tabel 5.1 Perhitungan Penulangan Pelat

	$M_{lx}$	$M_{lx}$	$M_{ly}$	$M_{ly}$
$M_u$ (kNm)	5,63	8,72	6,89	4,45
$R_n$	0,69	1,07	0,68	1,06
$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	222,84	260,64	222,84	230,1
Tul. Pokok	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200
$A_s$ terpasang (mm <sup>2</sup> )	392,45	392,7	392,7	392,7
a (mm)	6,16	6,16	6,16	6,16
c (mm)	7,37	7,37	7,37	7,37
$\epsilon_t$	0,036	0,036	0,032	0,032
$M_n$ (kNm)	14,44	14,44	12,87	12,87
$\phi M_n$ (kNm)	12,99	12,99	11,58	11,58

## 5.2 Pemodelan Struktur

### 5.2.1 Model Struktur

Model struktur yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah struktur beton bertulang dengan 9 lantai gedung. Data ketinggian antar lantai dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:



Gambar 5.2 Model Struktur

Tabel 5.2 Data Tinggi Lantai

Lantai	Jarak Antar Lantai (m)	Ketinggian (m)
9	3,11	24,74
8	3,1	21,63
7	3,1	18,53
6	3,1	15,43
5	3,1	12,33
4	3,1	9,23
3	3,1	6,13
2	3,23	3,03
1	3,1	-0,2
Dasar	2,7	-3,3

### 5.2.2 Dimensi Struktur

Dimensi struktur yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5.3 Dimensi Balok

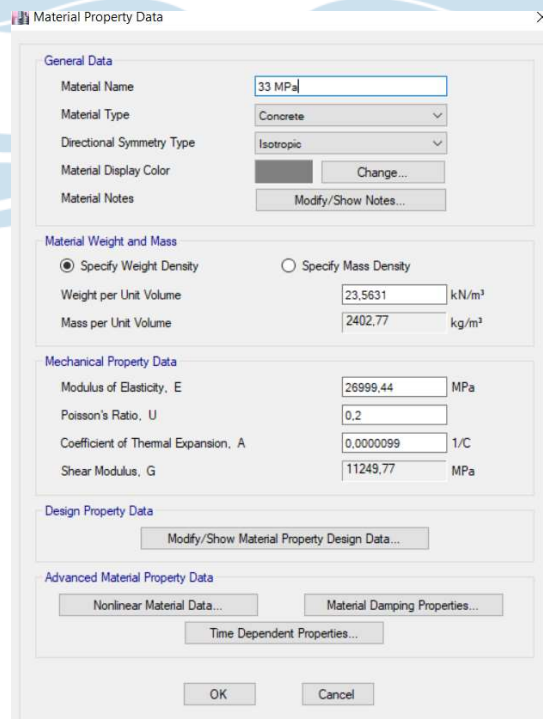
No	Jenis Balok	Dimensi	
		b (mm)	h (mm)
1.	B1	450	700
2.	B2	300	600
3.	B3	250	450
4.	B4	200	350

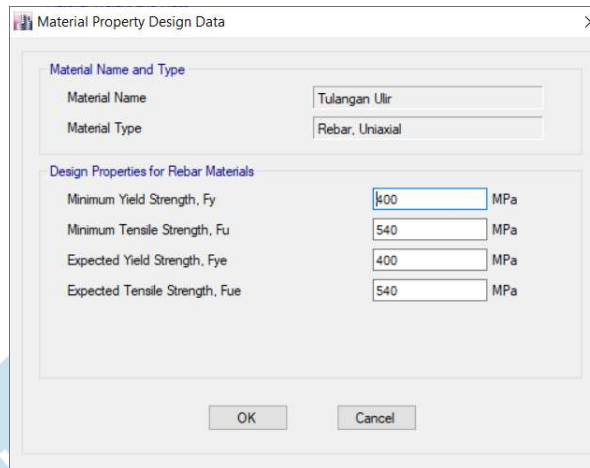
Tabel 5.4 Dimensi Kolom

No	Jenis Kolom	Dimensi	
		b (mm)	h (mm)
1.	K1	450	650
2.	K2	250	550

### 5.2.3 Material pada ETABS

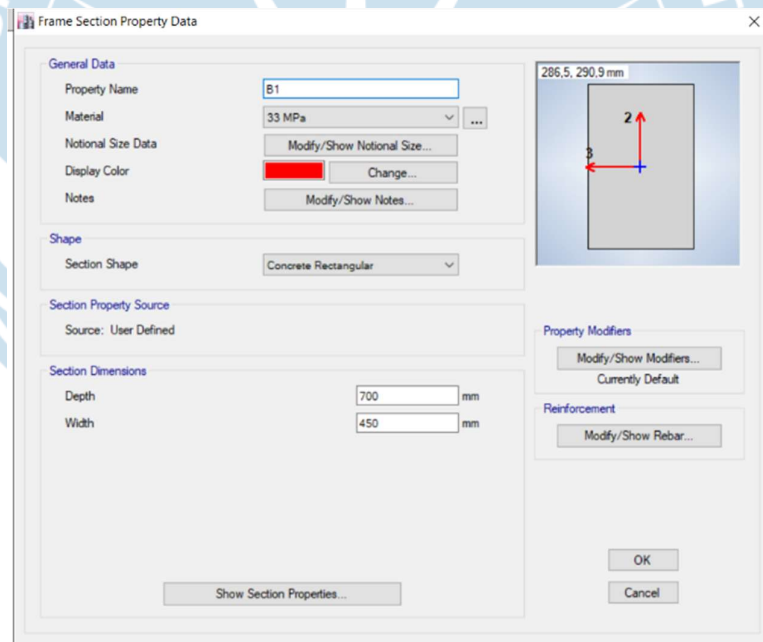
Mutu beton yang digunakan adalah  $f_c' = 30$  MPa, sedangkan mutu tulangan baja *deform*  $f_y = 40$  MPa. Nilai modulus elastis beton ditentukan sesuai dengan SNI 2845:2013 pasal 8.5.1 yaitu sebesar  $4700 \sqrt{f_c'}$

Gambar 5.3 Material Beton Bertulang  $f_c' = 30$  Mpa

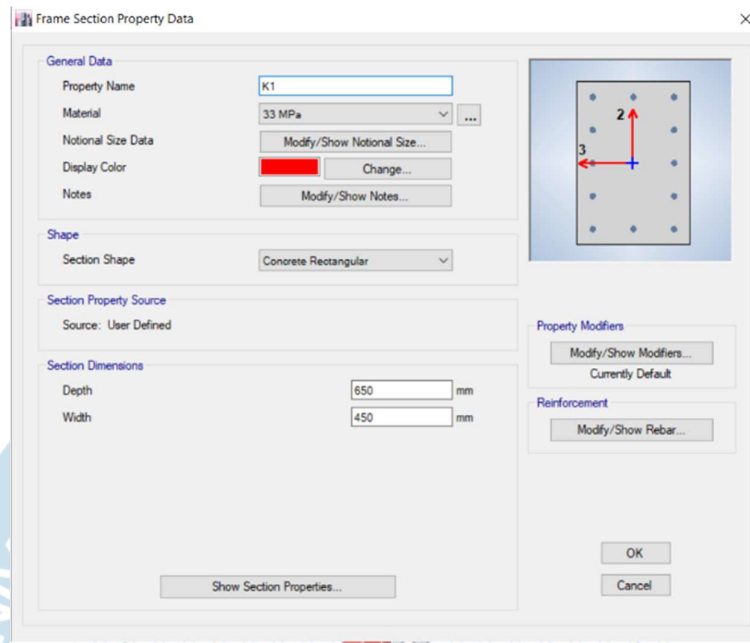


Gambar 5.4 Material Baja

#### 5.2.4 Dimensi Balok dan Kolom pada ETABS



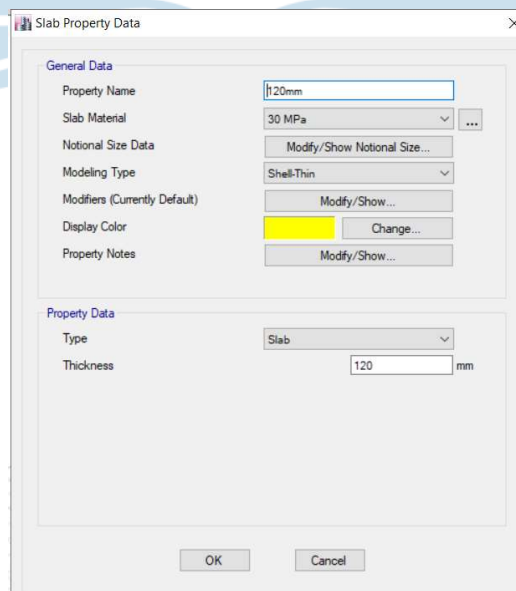
Gambar 5.5 Dimensi Penampang Balok



Gambar 5.6 Dimensi Penampang Kolom

### 5.2.5 Dimensi Pelat Lantai pada ETABS

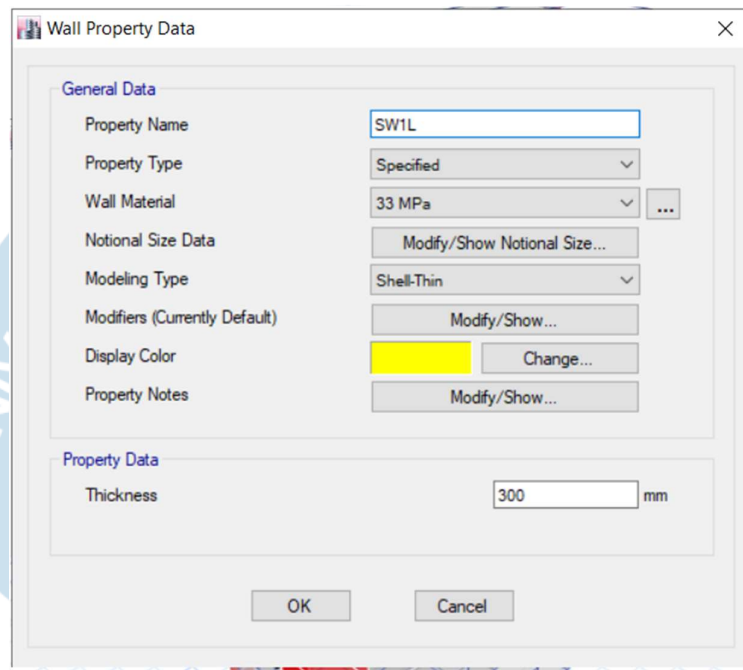
Dalam perencanaan ini, pelat lantai dimodelkan dengan *diaphragm rigid* dengan ketebalan sesuai dengan perhitungan sebelumnya yaitu 120 mm.



Gambar 5.7 Model Pelat Lantai

### 5.2.6 Dimensi Dinding Struktur pada ETABS

Tebal dinding struktur yang digunakan dalam perancangan ini adalah dua tipe, yaitu ketebalan 300 mm dan 250 mm.



Gambar 5.8 Model Dinding Struktur

## 5.3 Analisis Beban Gempa

### 5.3.1 Menentukan $S_s$ dan $S_l$

Berdasarkan lokasi bangunan yang terletak di Yogyakarta, maka nilai  $S_s$  dan  $S_l$  dapat dilihat di puskim dan hasilnya adalah sebagai berikut :

$$S_s = 1,182 \text{ ( Periode 0,2 Detik )}$$

$$S_l = 0,436 \text{ ( Periode 1 Detik )}$$

### 5.3.2 Menentukan Kelas Situs dan Nilai Koefisien Situs $F_a$ dan $F_v$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 5.3 pada tabel klasifikasi situs, diketahui kelas situs lokasi proyek pembangunan gedung Apartemen dan Condotel Lloyd

Yogyakarta termasuk kelas situs SD (tanah sedang), dikarenakan kriteria tanah data proyek dari laboratorium mekanika tanah yang diambil memenuhi syarat pada tanah sedang.

Dalam menentukan  $F_a$  dan  $F_v$  digunakan SNI 1726:2012 pasal 6.2 pada tabel 4 dan tabel 5, kemudian dilakukan interpolasi linier sehingga didapatkan nilai sebagai berikut:

$$F_a = 1,027$$

$$F_v = 1,564$$

### 5.3.3 Menentukan $S_{MS}$ dan $S_{MI}$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.2, maka nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{MI}$  dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_s \\ &= 1,027 \times 1,182 \\ &= 1,2139 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{MI} &= F_v \times S_I \\ &= 1,564 \times 0,436 \\ &= 0,6819 \end{aligned}$$

### 5.3.4 Parameter Percepatan Spektral Respons Rencana pada Periode Pendek ( $S_{DS}$ ) dan Periode 1 detik ( $S_{DI}$ )

Berdasarkan SNI 1726 : 2012 pasal 6.3, nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{DI}$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 1,2139 \end{aligned}$$

$$= 0,8090$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI}$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,6819$$

$$= 0,4546$$

### 5.3.5 Kategori Resiko

Jenis pemanfaatan gedung Apartemen dan Condotel Lloyd Yogyakarta berdasarkan Tabel 1 pada SNI 1726 : 2012 termasuk kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa  $I_e = 1$

### 5.3.6 Kategori Desain Seismik (KDS)

Berdasarkan Tabel 6 SNI 1726:2012 , parameter respon percepatan pada perioda pendek dengan nilai  $SDS = 0,8090$  termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D.

### 5.3.7 Sistem Struktur dan Parameter Struktur

Gedung Apartemen dan Condotel Lloyd Yogyakarta termasuk KDS D dan menggunakan Sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Khusus, yaitu dinding geser beton bertulang khusus, maka berdasarkan tabel 9 SNI Gempa 1726:2012 nilai parameter struktur adalah sebagai berikut :

$$R = 7$$

$$Cd = 5,5$$

$$\Omega_0 = 2,5$$

### 5.3.8 Desain Respons Spektrum

Nilai  $T_0$  dan  $T_S$

$$T_0 = 0,2 \frac{SDI}{SDS}$$



$$= 0,2 \times \frac{0,4546}{0,8090}$$

$$= 0,112 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS}$$

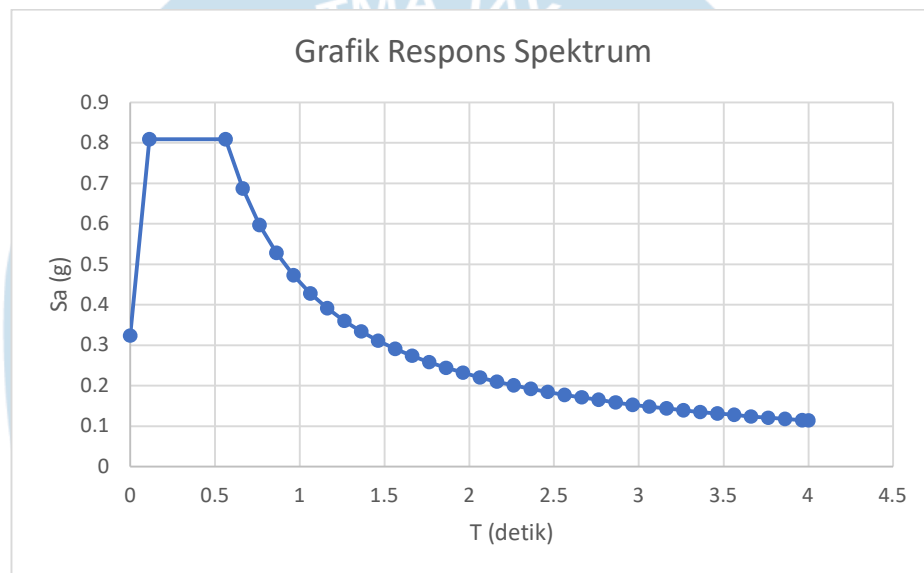
$$= \frac{0,4546}{0,8090}$$

$$= 0,562 \text{ detik}$$

Tabel 5.5 Desain Respons Spektrum

No	T (detik)	S <sub>a</sub> (g)
1	0	0,324
2	0,112	0,809
3	0,562	0,809
4	0,662	0,687
5	0,762	0,597
6	0,862	0,528
7	0,962	0,473
8	1,062	0,428
9	1,162	0,391
10	1,262	0,36
11	1,362	0,334
12	1,462	0,311
13	1,562	0,291
14	1,662	0,274
15	1,762	0,258
16	1,862	0,244
17	1,962	0,232
18	2,062	0,22
19	2,162	0,21
20	2,262	0,201
21	2,362	0,192
22	2,462	0,185
23	2,562	0,177
24	2,662	0,171
25	2,762	0,165
26	2,862	0,159
27	2,962	0,153
28	3,062	0,148
29	3,162	0,144
30	3,262	0,139
31	3,362	0,135

No	T (detik)	S <sub>a</sub> (g)
32	3,462	0,131
33	3,562	0,128
34	3,662	0,124
35	3,762	0,121
36	3,862	0,118
37	3,962	0,115
38	4	0,114



Gambar 5.9 Grafik Respons Spektrum

### 5.3.9 Periode Fundamental

Dari hasil analisis *software* ETABS didapatkan periode getar sebagai berikut:

$$T_{cx} = 0,748 \text{ detik}$$

$$T_{cy} = 1,013 \text{ detik}$$

Struktur gedung ini memiliki ketinggian  $24,74 > 12$  m, maka periode fundamental didapatkan dari pendekatan yang harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t \times h^x \\
 &= 0,0488 \times 24,74^{0,75} \\
 &= 0,541 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Nilai  $C_t$  dan  $h^x$  diambil berdasarkan SNI Gempa 1726 : 2012 pasal 7.8.2.1

tabel 14 dan 15.

Perioda maksimal yang diijinkan adalah :

$$\begin{aligned}
 T_{maks} &= C_u T_a \\
 &= 1,4 \times 0,541 \\
 &= 0,758 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Syarat yang berlaku adalah :

$$T_a < T_c < C_u T_a$$

Maka digunakan nilai berikut ini:

$$\begin{aligned}
 T_x &= 0,748 \text{ detik} \\
 T_y &= 0,758 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

### 5.3.10 Koefisien Respons Gempa

$$\begin{aligned}
 C_S &= \frac{SDS}{\frac{R}{I_e}} \\
 &= \frac{0,8090}{\frac{7}{1}} \\
 &= 0,1156
 \end{aligned}$$

Nilai  $C_S$  yang dihitung di atas tidak boleh melebihi:

$$\begin{aligned}
 C_{SX} &= \frac{SD}{T_x \left( \frac{R}{I_e} \right)} \\
 &= \frac{0,4546}{0,748 \left( \frac{7}{1} \right)}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0868$$

$$C_{SY} = \frac{SD1}{T_y \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$= \frac{0,4546}{0,758 \left(\frac{7}{1}\right)}$$

$$= 0,0857$$

$$C_{Smin} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e$$

$$= 0,044 \times 0,8090 \times 1$$

$$= 0,0356$$

Maka  $C_S$  terpakai:

$$C_{SX} = 0,0868$$

$$C_{SY} = 0,0857$$

### 5.3.11 Eksponen K

Nilai dari eksponen k dapat dihitung sebagai berikut :

$$k_x = 0,75 + (0,5 \times T_x)$$

$$= 0,75 + (0,5 \times 0,748)$$

$$= 1,124$$

$$k_y = 0,75 + (0,5 \times T_y)$$

$$= 0,75 + (0,5 \times 0,758)$$

$$= 1,1289$$

### 5.3.12 Berat Efektif Bangunan

Berat efektif bangunan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.6 Berat Efektif Bangunan

Story	W	
	UX	UY
	kg	kg
11	581287	581287
10	621732,34	621732,34
9	696938,22	696938,22
8	760810,78	760810,78
7	750888,7	750888,7
6	802811,46	802811,46
5	912249,61	912249,61
4	740883,75	740883,75
3	892005,04	892005,04
2	895584,64	895584,64
1	178022,04	178022,04
<b>Total</b>	<b>7833213,58</b>	<b>7833213,58</b>

### 5.3.13 Gaya Dasar Seismik

Gaya dasar seismik dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.7 Gaya Geser Dasar

Load Case	Vi	
	FX	FY
	kN	kN
Ex Max	3635,5861	770,8093
Ey Max	770,8092	4035,9173

Sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.2 jika respons terkombinasi untuk geser dasar ragam ( $V_i$ ) kurang dari 85% nilai  $C_s \times W$ , maka simpangan antar lantai harus dikalikan dengan  $0,85 \frac{C_s \times W}{V_t}$

Tabel 5.8 Perhitungan Faktor Skala

	X	Y	
<b>W (kN)</b>	76817,5840	76817,5840	kN
<b>Cs</b>	0,0868	0,0857	
<b>V</b>	6669,4564	6582,5536	kN

	<b>X</b>	<b>Y</b>	
<b>Vi</b>	3635,5861	4035,9173	kN
<b>Vt</b>	0,5451	0,6131	
<b>Cek</b>	NOT OK	NOT OK	
<b>Faktor Skala</b>	1,4010	1,4010	
<b>Faktor Skala Baru</b>	2,1845	1,9422	m/s <sup>2</sup>

Pada tabel 5.8 dapat dilihat bahwa nilai  $V_i$  kurang dari 85% sehingga faktor skala yang awal harus diganti dengan faktor skala baru supaya nilai  $V_i$  tidak kurang dari 85%

Tabel 5.9 Perhitungan Faktor Skala Baru

	<b>X</b>	<b>Y</b>	
<b>W (kN)</b>	76817,5840	76817,5840	kN
<b>Cs</b>	0,0868	0,0857	
<b>V</b>	6669,4564	6582,5536	kN
<b>Vi</b>	5667,0970	5593,2544	kN
<b>Vt</b>	0,85	0,85	

#### 5.3.14 Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan nilai partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 % dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal, ortogonal dari respons yang ditinjau. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan oleh ETABS, jumlah partisipasi massa pada mode 41 telah mencapai minimum 90%.

Tabel 5.10 Partisipasi Massa

<b>Mode</b>	<b>Period (sec)</b>	<b>Sum UX</b>	<b>Sum UY</b>
1	1,013	0,5383	0,0049
2	0,748	0,5524	0,3371
3	0,494	0,6631	0,3458
4	0,387	0,6653	0,5869
5	0,353	0,6655	0,6172

Mode	Period (sec)	Sum UX	Sum UY
6	0,289	0,7361	0,6266
7	0,28	0,7961	0,6267
8	0,207	0,8055	0,6349
9	0,2	0,8063	0,647
10	0,177	0,8116	0,7489
11	0,153	0,8602	0,7526
12	0,15	0,8635	0,7533
13	0,126	0,872	0,759
14	0,12	0,8744	0,7608
15	0,116	0,8751	0,7724
16	0,111	0,8911	0,7757
17	0,101	0,8913	0,8502
18	0,091	0,9084	0,8507
19	0,088	0,9086	0,8513
20	0,087	0,91	0,8677
21	0,081	0,9101	0,8678
22	0,081	0,9129	0,8682
23	0,078	0,9171	0,8686
24	0,077	0,9176	0,8698
25	0,075	0,9249	0,8718
26	0,073	0,925	0,8722
27	0,071	0,9253	0,8733
28	0,07	0,9264	0,8736
29	0,069	0,9268	0,874
30	0,068	0,9269	0,8741
31	0,066	0,933	0,8801
32	0,064	0,9369	0,8858
33	0,063	0,939	0,8858
34	0,061	0,9391	0,8858
35	0,06	0,94	0,8861
36	0,058	0,9404	0,89
37	0,058	0,943	0,8937
38	0,056	0,9535	0,8978
39	0,054	0,9538	0,8979
40	0,052	0,954	0,898
41	0,052	0,9547	0,9116

### 5.3.15 Simpangan Ijin Antar Lantai ( $\Delta\alpha$ )

Simpangan antar lantai yang diijinkan untuk struktur rangka pemikul momen khusus menurut SNI 1726:2012 pasal 7.12.1.1 adalah ( $\Delta\alpha/\rho$ ). Kategori desain seismik D, maka faktor redundansi ( $\rho$ ) menurut SNI 1726:2012 pasal 7.3.4.2 adalah 1,3. Jenis struktur yang dipilih adalah Sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Khusus yaitu dinding geser beton bertulang khusus, maka faktor amplikasi defleksi ( $C_d$ ) adalah 5,5. Kategori resiko II, simpangan antar lantai ijin ( $\Delta\alpha$ ) menurut SNI 1726:2012 pasal 1.12.1 adalah  $0,020h_{sx}$ .

Contoh perhitungan simpangan lantai :

#### 1. Arah X

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1$$

$$h_{sx} = 3110 \text{ mm}$$

$$\delta_x \text{ lantai atas} = 15,8 \text{ mm}$$

$$\delta_x \text{ lantai bawah} = 13,669 \text{ mm}$$

$$\Delta_e = 15,8 - 13,669$$

$$= 2,131 \text{ mm}$$

$$\text{Simpangan} = \frac{C_d \Delta_e}{I_e}$$

$$= \frac{5,5 \times 2,131}{1}$$

$$= 11,7205 \text{ mm}$$

$$\text{Ijin} = \frac{\Delta\alpha}{\rho}$$

$$= \frac{0,02 \times 3110}{1,3}$$



$$= 47,84615 \text{ mm}$$

## 2. Arah Y

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1$$

$$h_{sx} = 3110 \text{ mm}$$

$$\delta_x \text{ lantai atas} = 10,301 \text{ mm}$$

$$\delta_x \text{ lantai bawah} = 8,182 \text{ mm}$$

$$\Delta_e = 10,301 - 8,182$$

$$= 2,119 \text{ mm}$$

$$\text{Simpangan} = \frac{C_d \Delta_e}{I_e}$$

$$= \frac{5,5 \times 2,119}{1}$$

$$= 11,6545 \text{ mm}$$

$$\text{Ijin} = \frac{\Delta \alpha}{\rho}$$

$$= \frac{0,02 \times 3110}{1,3}$$

$$= 47,84615 \text{ mm}$$

Tabel 5.11 Simpangan Ijin Antar Lantai Arah X

Story	$h_{sx}$ (mm)	Defleksi Elastisitas $\delta$ (mm)	$\Delta_e$ (mm)	Simpangan Lantai (mm)	Simpangan Izin (mm)	Cek
24,74	3110	15,8	2,131	11,7205	47,84615	OK
21,63	3100	13,669	1,243	6,8365	47,69231	OK
18,53	3100	12,426	1,054	5,797	47,69231	OK
15,43	3100	11,372	1,872	10,296	47,69231	OK
12,33	3100	9,5	2,184	12,012	47,69231	OK
9,23	3100	7,316	2,218	12,199	47,69231	OK
6,13	3100	5,098	1,751	9,6305	47,69231	OK
3,03	3230	3,347	1,581	8,6955	49,69231	OK

Story	$h_{sx}$ (mm)	Defleksi Elastisitas $\delta$ (mm)	$\Delta_e$ (mm)	Simpangan Lantai (mm)	Simpangan Izin (mm)	Cek
-0,2	3100	1,766	1,201	6,6055	47,69231	OK
-3,3	2700	0,565	0,565	3,1075	41,53846	OK

Tabel 5.12 Simpangan Ijin Antar Lantai Arah Y

Story	$h_{sx}$ (mm)	Defleksi Elastisitas $\delta$ (mm)	$\Delta_e$ (mm)	Simpangan Lantai (mm)	Simpangan Izin (mm)	Cek
24,74	3110	10,301	2,119	11,6545	47,84615	OK
21,63	3100	8,182	2,435	13,3925	47,69231	OK
18,53	3100	5,747	1,041	5,7255	47,69231	OK
15,43	3100	4,706	1,025	5,6375	47,69231	OK
12,33	3100	3,681	0,996	5,478	47,69231	OK
9,23	3100	2,685	0,903	4,9665	47,69231	OK
6,13	3100	1,782	0,731	4,0205	47,69231	OK
3,03	3230	1,051	0,54	2,97	49,69231	OK
-0,2	3100	0,511	0,351	1,9305	47,69231	OK
-3,3	2700	0,16	0,16	0,88	41,53846	OK

Berdasarkan hasil perhitungan yang terdapat pada tabel yang di tampilkan diatas maka simpangan antar lantai ijin arah-x dan arah-y yang terjadi pada setiap lantai < simpangan ijin, maka memenuhi syarat.

### 5.3.16 Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.7, pengaruh P-delta tidak diisyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas ( $\theta$ ) sama dengan atau kurang dari 0,1 . Koefisien stabilitas ( $\theta$ ) harus tidak melebihi  $\theta_{maks} = 0,1$ .

Tabel 5.13 Stabilitas Koefisien  $\theta$  Arah X

Story	$h_{sx}$ (mm)	$P_x$ (kN)	$\Delta$ (mm)	$V_x$ (kN)	$\theta$	$\theta_{maks}$	Cek
24,74	3110	38730,1	11,721	2535,0	0,0105	0,09091	Aman
21,63	3100	51410,1	6,837	2994,5	0,0069	0,09091	Aman
18,53	3100	65461,0	5,797	3373,2	0,0066	0,09091	Aman
15,43	3100	80578,1	10,296	3673,3	0,0132	0,09091	Aman

Story	$h_{sx}$ (mm)	$P_x$ (kN)	$\Delta$ (mm)	$V_x$ (kN)	$\theta$	$\theta_{maks}$	Cek
12,33	3100	95489,7	12,012	3979,1	0,0169	0,09091	Aman
9,23	3100	111135,4	12,199	4236,0	0,0188	0,09091	Aman
6,13	3100	128226,9	9,631	4424,7	0,0164	0,09091	Aman
3,03	3230	141795,5	8,696	3611,7	0,0192	0,09091	Aman
-0,2	3100	158507,7	6,606	3378,0	0,0182	0,09091	Aman
-3,3	2700	176069,9	3,108	5662,6	0,0065	0,09091	Aman

Tabel 5.14 Stabilitas Koefisien  $\theta$  Arah Y

Story	$h_{sx}$ (mm)	$P_x$ (kN)	$\Delta$ (mm)	$V_x$ (kN)	$\theta$	$\theta_{maks}$	Cek
24,74	3110	38730,1	11,655	2341,7	0,0113	0,09091	Aman
21,63	3100	51410,1	13,393	2874,9	0,0140	0,09091	Aman
18,53	3100	65461,0	5,726	3268,5	0,0067	0,09091	Aman
15,43	3100	80578,1	5,638	3751,4	0,0071	0,09091	Aman
12,33	3100	95489,7	5,478	4153,9	0,0074	0,09091	Aman
9,23	3100	111135,4	4,967	4528,3	0,0071	0,09091	Aman
6,13	3100	128226,9	4,021	4921,1	0,0061	0,09091	Aman
3,03	3230	141795,5	2,970	5169,8	0,0046	0,09091	Aman
-0,2	3100	158507,7	1,931	5369,2	0,0033	0,09091	Aman
-3,3	2700	176069,9	0,880	5589,6	0,0019	0,09091	Aman

#### 5.4 Kombinasi Pembebanan

Dari perhitungan analisis gempa, diperoleh nilai  $S_{DS} = 0,8090$ , karena  $S_{DS} > 0,05$  maka gedung termasuk kategori desain seismik D memiliki faktor redundansi ( $\rho$ ) sebesar 1,3. Dari data tersebut diperoleh kombinasi pembebanan yang digunakan dalam ETABS untuk menganalisis adalah sebagai berikut :

$$U = 1,4 D \quad (5-1)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L \quad (5-2)$$

$$U = 1,3618 D + 1,0 L + 1,3 Ex + 0,39 Ey \quad (5-3)$$

$$U = 1,3618 D + 1,0 L + 1,3 Ex - 0,39 Ey \quad (5-4)$$

$$U = 1,3618 D + 1,0 L - 1,3 Ex + 0,39 Ey \quad (5-5)$$

$$U = 1,3618 D + 1,0 L - 1,3 Ex - 0,39 Ey \quad (5-6)$$

$$U = 1,3618 D + 1,0 L + 0,39 Ex + 1,3 Ey \quad (5-7)$$

$$U = 1,3618 D + 1,0 L + 0,39 Ex - 1,3 Ey \quad (5-8)$$

$$U = 1,3618 D + 1,0 L - 0,39 Ex + 1,3 Ey \quad (5-9)$$

$$U = 1,3618 D + 1,0 L - 0,39 Ex - 1,3 Ey \quad (5-10)$$

$$U = 0,7382 D + 1,3 Ex + 0,39 Ey \quad (5-11)$$

$$U = 0,7382 D + 1,3 Ex - 0,39 Ey \quad (5-12)$$

$$U = 0,7382 D - 1,3 Ex + 0,39 Ey \quad (5-13)$$

$$U = 0,7382 D - 1,3 Ex - 0,39 Ey \quad (5-14)$$

$$U = 0,7382 D + 0,39 Ex + 1,3 Ey \quad (5-15)$$

$$U = 0,7382 D + 0,39 Ex - 1,3 Ey \quad (5-16)$$

$$U = 0,7382 D - 0,39 Ex + 1,3 Ey \quad (5-17)$$

$$U = 0,7382 D - 0,39 Ex - 1,3 Ey \quad (5-18)$$

### 5.5 Perencanaan Balok

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, mengingat perhitungan yang cukup panjang maka hasil perhitungan balok yang akan ditampilkan adalah balok B1 dengan dimensi  $450 \times 700$ . Untuk data analisis struktur balok digunakan data terbesar pada balok yang di tinjau. Data - data yang akan digunakan dalam perancangan balok adalah sebagai berikut :

- a.  $f'_c$  = 33 MPa
- b.  $f_y$  = 400 MPa
- c. Dia Longitudinal = 22 mm
- d. Dia Sengkang = 13 mm

- e. Selimut beton = 40 mm
- f.  $d$  = t.balok – (selimut beton + dia sengkang + (0,5 × dia longitudinal))  
 $= 700 - (40 + 13 + (0,5 \times 22))$   
 $= 636$  mm
- g. Bentang = 5568 mm

### 5.5.1 Tulangan Longitudinal

Dari hasil analisis struktur menggunakan bantuan ETABS maka diperoleh hasil sama dengan tabel seperti berikut :

Tabel 5.15 Gaya Geser dan Momen Balok B1

Posisi	Momen	$M_u$ (kNm)	$V_u$ (kN)
Tumpuan	Negatif	458,934	410,5651
	Positif	272,0404	
Lapangan	Negatif	291,5947	
	Positif	423,0689	

#### 1. Tulangan Tumpuan Negatif

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times d^2}$$

$$= \frac{458,934}{0,9 \times 450 \times 636^2}$$

$$= 2,8$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 f'c}}\right)$$

$$= \frac{0,85 \times 33}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,8}{0,85 \times 33}}\right)$$

$$= 0,0074$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$= 0,0074 \times 450 \times 636$$

$$= 2115,97 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{\sqrt{f'c}}{4f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{\sqrt{33}}{4 \times 400} \times 450 \times 636$$

$$= 1027,56 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1  $A_{s \text{ min}}$  tersebut tidak boleh lebih kecil dari:

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1,4}{f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{1,4}{400} \times 450 \times 636$$

$$= 1001,7 \text{ mm}^2$$

$\rho_{\text{maks}}$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1 diambil nilainya sebesar 0,025

$$A_{s \text{ maks}} = \rho_{\text{maks}} \times b \times d$$

$$= 0,025 \times 450 \times 636$$

$$= 7166,25 \text{ mm}^2$$

Karena  $A_{s \text{ min}} < A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ maks}}$ , maka  $A_s = 2112,261 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

$$= \frac{2115,97}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2}$$

$$= 5,55 \rightarrow 6$$

$$A_{s \text{ terpakai}} = n \times \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2$$

$$= 2281,71 \text{ mm}^2 > 2115,97 \text{ mm}^2$$

Digunakan 6D22, dengan jarak bersih

$$x = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (6 \times 22)}{(6-1)}$$

$$= 42,4 \text{ mm} > 25 \text{ mm (syarat minimal pasal 7.6.1)}$$

Periksa momen nominal

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{2281,71 \times 400}{0,85 \times 33 \times 450}$$

$$= 72,31 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,85 - \frac{0,05}{7} (f'_c - 28)$$

$$= 0,85 - \frac{0,05}{7} (33 - 28)$$

$$= 0,8143$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$= \frac{72,31}{0,8143}$$

$$= 88,8 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d_t - c}{c} \right)$$

$$= 0,003 \left( \frac{636 - 88,8}{88,8} \right)$$

$$= 0,0185$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1, apabila  $\epsilon_t > 0,005$  maka penampang terkendali tarik sehingga  $\phi = 0,90$ .

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 2281,71 \times 400 \left( 636 - \frac{72,31}{2} \right) \\
 &= 547471670,9 \text{ Nmm} \\
 &= 547,47 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 \times 547,47 \\
 &= 492,72 \text{ kNm} > M_{u \text{ tumpuan}} = 458,934 \text{ kNm (OK!)}
 \end{aligned}$$

## 2. Tulangan Tumpuan Positif

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2} \\
 &= \frac{272,0404}{0,9 \times 450 \times 636^2} \\
 &= 1,66
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 f'_c}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 33}{400} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,66}{0,85 \times 33}} \right) \\
 &= 0,0043
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &= 0,0043 \times 450 \times 636 \\
 &= 1225,577 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{\sqrt{33}}{4 \times 400} \times 450 \times 636 \\
 &= 1027,56 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1  $A_{s\ min}$  tersebut tidak boleh lebih kecil dari:

$$\begin{aligned} A_{s\ min} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 450 \times 636 \\ &= 1001,7\ \text{mm}^2 \end{aligned}$$

$\rho_{maks}$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1 diambil nilainya sebesar 0,025

$$\begin{aligned} A_{s\ maks} &= \rho_{maks} \times b \times d \\ &= 0,025 \times 450 \times 636 \\ &= 7166,25\ \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Karena  $A_{s\ min} < A_{s\ perlu} < A_{s\ maks}$ , maka  $A_s = 1225,577\ \text{mm}^2$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} \\ &= \frac{1225,577}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 3,22 \rightarrow 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s\ terpakai} &= n \times \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\ &= 1521,14\ \text{mm}^2 > 1225,577\ \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan 4D22, dengan jarak bersih

$$\begin{aligned} x &= \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (4 \times 22)}{(4 - 1)} \\ &= 85,33\ \text{mm} > 25\ \text{mm (syarat minimal pasal 7.6.1)} \end{aligned}$$

Periksa momen nominal

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{1521,14 \times 400}{0,85 \times 33 \times 450} \\
 &= 48,20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= 0,85 - \frac{0,05}{7} (f'_c - 28) \\
 &= 0,85 - \frac{0,05}{7} (33 - 28) \\
 &= 0,8143
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta} \\
 &= \frac{48,20}{0,8143} \\
 &= 59,20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= 0,003 \left( \frac{d-t-c}{c} \right) \\
 &= 0,003 \left( \frac{636 - 59,20}{59,20} \right) \\
 &= 0,0293
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1, apabila  $\epsilon_t > 0,005$  maka penampang terkendali tarik sehingga  $\phi = 0,90$ .

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 1521,14 \times 400 \left( 636 - \frac{48,20}{2} \right) \\
 &= 372313656,9 \text{ Nmm} \\
 &= 372,31 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 \times 372,31 \\
 &= 335,08 \text{ kNm} > M_{u \text{ tumpuan}} = 272,0404 \text{ kNm (OK!)}
 \end{aligned}$$

### 3. Tulangan Lapangan Negatif

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times d^2}$$

$$= \frac{291,5947}{0,9 \times 450 \times 636^2}$$

$$= 1,78$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 f'c}}\right)$$

$$= \frac{0,85 \times 33}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,78}{0,85 \times 33}}\right)$$

$$= 0,0046$$

$$A_{s\ perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$= 0,0046 \times 450 \times 636$$

$$= 1316,757 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\ min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{\sqrt{33}}{4 \times 400} \times 450 \times 636$$

$$= 1027,56 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1  $A_{s\ min}$  tersebut tidak boleh lebih kecil dari:

$$A_{s\ min} = \frac{1,4}{f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{1,4}{400} \times 450 \times 636$$

$$= 1001,7 \text{ mm}^2$$

$\rho_{maks}$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1 diambil nilainya sebesar 0,025

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ maks} &= \rho_{\text{maks}} \times b \times d \\
 &= 0,025 \times 450 \times 636 \\
 &= 7166,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena  $A_s \text{ min} < A_s \text{ perlu} < A_s \text{ maks}$ , maka  $A_s = 1314,545 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} \\
 &= \frac{1316,757}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\
 &= 3,46 \rightarrow 4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ terpakai} &= n \times \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\
 &= 1521,14 \text{ mm}^2 > 1316,757 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan 4D22, dengan jarak bersih

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (4 \times 22)}{(4 - 1)} \\
 &= 85,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm (syarat minimal pasal 7.6.1)}
 \end{aligned}$$

Periksa momen nominal

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{1521,14 \times 400}{0,85 \times 33 \times 450} \\
 &= 48,20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= 0,85 - \frac{0,05}{7} (f'_c - 28) \\
 &= 0,85 - \frac{0,05}{7} (33 - 28) \\
 &= 0,8143
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta} \\
 &= \frac{48,20}{0,8143} \\
 &= 59,20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= 0,003 \left( \frac{d-t-c}{c} \right) \\
 &= 0,003 \left( \frac{636-59,20}{59,20} \right) \\
 &= 0,0293
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1, apabila  $\epsilon_t > 0,005$  maka penampang terkendali tarik sehingga  $\phi = 0,90$ .

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 1521,14 \times 400 \left( 636 - \frac{48,20}{2} \right) \\
 &= 372313656,9 \text{ Nmm} \\
 &= 372,31 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 \times 372,31 \\
 &= 335,08 \text{ kNm} > M_u \text{ lapangan} = 291,5947 \text{ kNm (OK!)}
 \end{aligned}$$

#### 4. Tulangan Lapangan Positif

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{0,9 \times b \times d^2} \\
 &= \frac{423,0689}{0,9 \times 450 \times 636^2} \\
 &= 2,58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 f'c}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 33}{400} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,58}{0,85 \times 33}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,0068$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0068 \times 450 \times 636 \\ &= 1941,714 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{\sqrt{f'c}}{4f} \times b \times d \\ &= \frac{\sqrt{33}}{4 \times 400} \times 450 \times 636 \\ &= 1027,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1  $A_{s \text{ min}}$  tersebut tidak boleh lebih kecil dari:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 450 \times 636 \\ &= 1001,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{maks}}$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1 diambil nilainya sebesar 0,025

$$\begin{aligned} A_{s \text{ maks}} &= \rho_{\text{maks}} \times b \times d \\ &= 0,025 \times 450 \times 636 \\ &= 7166,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena  $A_{s \text{ min}} < A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ maks}}$ , maka  $A_s = 1938,34 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} \\ &= \frac{1941,714}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 5,11 \rightarrow 6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ terpakai} &= n \times \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\
 &= 2281,71 \text{ mm}^2 > 1941,714 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan 6D22, dengan jarak bersih

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (6 \times 22)}{(6-1)} \\
 &= 42,4 \text{ mm} > 25 \text{ mm (syarat minimal pasal 7.6.1)}
 \end{aligned}$$

Periksa momen nominal

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{2281,71 \times 400}{0,85 \times 33 \times 450} \\
 &= 72,31 \text{ mm} \\
 \beta &= 0,85 - \frac{0,05}{7} (f'_c - 28) \\
 &= 0,85 - \frac{0,05}{7} (33-28) \\
 &= 0,8143
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta} \\
 &= \frac{72,31}{0,8143} \\
 &= 88,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= 0,003 \left( \frac{d_t - c}{c} \right) \\
 &= 0,003 \left( \frac{636 - 88,8}{88,8} \right) \\
 &= 0,0185
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1, apabila  $\epsilon_t > 0,005$  maka penampang terkendali tarik sehingga  $\phi = 0,90$ .

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 2281,71 \times 400 \left( 636 - \frac{72,31}{2} \right) \\
 &= 547471670,9 \text{ Nmm} \\
 &= 547,47 \text{ kNm} \\
 \phi M_n &= 0,9 \times 547,47 \\
 &= 492,72 \text{ kNm} > M_u \text{ lapangan} = 423,0689 \text{ kNm (OK!)}
 \end{aligned}$$

### 5.5.2 Tulangan Transversal

#### 1. Sengkang Daerah Tumpuan

Untuk menghindari terjadi keretakan beton pada tumpuan maka beton diasumsikan tidak berpengaruh menahan gaya geser,  $V_c = 0$ .

Didapat nilai  $V_u$  dari ETABS adalah 410,5651 kN

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{410,5651}{0,75} - 0 \\
 &= 547,42 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Pasal 11.4.7.9  $V_s \text{ maks}$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ maks}} &= 0,66 \sqrt{f'c} b d \\
 &= 0,66 \times \sqrt{33} \times 450 \times 636 \\
 &= 548031 \text{ N}
 \end{aligned}$$



$$= 548,03 \text{ kN}$$

$V_s < V_{s \text{ maks}}$ , memenuhi syarat.

Dicoba dengan menggunakan tulangan geser 2 kaki diameter 13 mm.

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2$$

$$= 265,46 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

$$= \frac{265,46 \times 400 \times 636}{547,42}$$

$$= 123,37 \text{ mm}$$

Sehingga tulangan geser yang digunakan adalah 2D13-100

## 2. Sengkang Daerah Lapangan

Kontribusi beton dalam menahan gaya geser lapangan diperhitungkan berdasarkan pasal 11.2.1.1 pada SNI 2847:2013.

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 0,17 \times \sqrt{33} \times 450 \times 636$$

$$= 274015,6 \text{ N}$$

$$= 274,02 \text{ kN}$$

Didapat nilai  $V_u$  dari ETABS adalah 117,2385 kN

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{117,2385}{0,75} - 274,02$$

$$= -117,698 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Pasal 11.4.7.9  $V_{s \text{ maks}}$  dapat dihitung

sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ maks}} &= 0,66\sqrt{f'c} b d \\
 &= 0,66 \times \sqrt{33} \times 450 \times 636 \\
 &= 548031 \text{ N} \\
 &= 548,03 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$V_s < V_{s \text{ maks}}$ , memenuhi syarat.

Dicoba dengan menggunakan tulangan geser 2 kaki diameter 13 mm.

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\
 &= 265,46 \text{ mm} \\
 S &= \frac{A_v f_y d}{V_s} \\
 &= \frac{265,46 \times 400 \times 636}{117,698} \\
 &= 573,794 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan geser yang digunakan adalah 2D13-200

Dilakukan perhitungan dengan cara yang sama pada balok tipe lainnya, sehingga didapatkan tulangan balok sebagai berikut.

Tabel 5.16 Penulangan Balok

Tipe Balok	b (mm)	h (mm)	Tump. Atas	Tump. Bawah	Lap. Atas	Lap. Bawah	Senggang Tump.	Senggang Lap.
B1	450	700	6D22	4D22	4D22	6D22	2D13-100	2D13-200
B2	300	600	4D22	3D22	3D22	4D22	2D13-100	2D13-150
B3	250	450	3D19	2D19	2D19	3D19	2D10-150	2D10-200
B4	200	350	2D19	2D19	2D19	2D19	2D10-150	2D10-200

## 5.6 Perencanaan Kolom

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, mengingat perhitungan yang cukup panjang maka hasil perhitungan kolom yang akan ditampilkan adalah kolom

K1 dengan dimensi  $450 \times 650$ . Untuk data analisis struktur kolom digunakan data terbesar pada kolom yang di tinjau. Data - data yang akan digunakan dalam perancangan kolom adalah sebagai berikut :

- a.  $f'_c$  = 33 MPa
- b.  $f_y$  = 400 MPa
- c. Dia Longitudinal = 22 mm
- d. Dia Sengkan = 13 mm
- e. Selimut beton = 40 mm
- f.  $d$  = t.kolom – (selimut beton + dia sengkan +  
( $0,5 \times$  dia longitudinal))  
=  $700 - (40 + 13 + (0,5 \times 22))$   
= 636 mm
- g. Panjang = 2700 mm

### 5.6.1 Perhitungan Tulangan Longitudinal

Dari hasil analisis struktur yang telah dilakukan dengan bantuan ETABS, diperoleh data sebagai berikut:

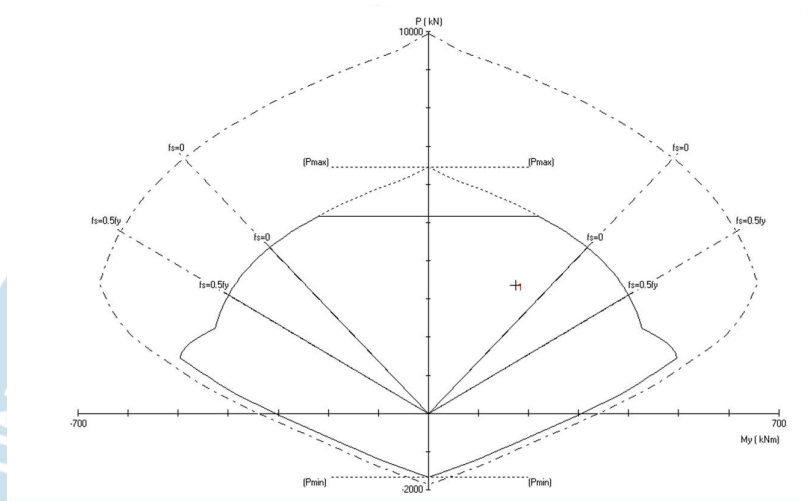
Tabel 5.17 Gaya-gaya Kolom K1

Pu maks (kN)	Pu min (kN)	Mu maks (kNm)	Mu min (kNm)	Vu (kN)
3365,6501	256,7546	138,0592	131,9113	83,4374

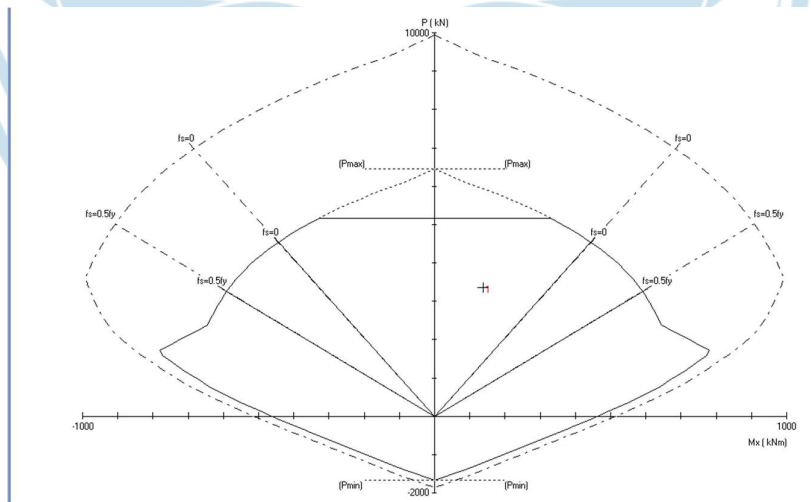
Dalam melakukan perhitungan tulangan longitudinal untuk kolom, digunakan program bantu PCACol untuk memprediksi rasio penulangan, dan dapat digunakan tulangan longitudinal 12D22, sehingga:

$$\rho = \frac{As}{b \times h} = \frac{12(0,25 \times \pi \times 22^2)}{450 \times 650} = 0,0156 = 1,56\%$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.9.1 batasan rasio tulangan komponen struktur tekan diijinkan dari 1% - 6%, sehingga persyaratan ini sudah terpenuhi. Diagram interaksi penampang kolom ini ditunjukkan dalam gambar di bawah.



Gambar 5.10 Diagram Interaksi K1 Arah X



Gambar 5.11 Diagram Interaksi K1 Arah Y

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\begin{aligned}
 \phi P_n \text{ maks} &= 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}] \\
 &= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 33 \times (292500 - 4561,59) + 400 \times 4561,59] \\
 &= 5148681 \text{ N} \\
 &= 5148,681 \text{ kN} > 3365,6501 \text{ (OK!)}
 \end{aligned}$$

### 5.6.2 Perhitungan Tulangan Transversal

Penulangan geser menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4, dibedakan menjadi dua bagian yaitu bagian didaerah  $l_o$  dan diluar daerah  $l_o$ . Dimana  $l_o$  tidak boleh kurang dari :

- a. Tinggi elemen kolom = 650 mm
- b. 1/6 tinggi bersih kolom =  $\frac{1}{6} \times 2700$   
= 450 mm
- c. 450 mm

#### 5.6.2.1 Penulangan Geser Daerah $l_o$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.3 spasi tulangan transversal sepanjang panjang  $l_o$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari syarat dibawah ini :

- a.  $\frac{1}{4}$  dimensi min struktur =  $\frac{1}{4} \times 450$   
= 112,5 mm
- b. 6d =  $6 \times 22$   
= 132 mm

c.  $S_0 = 100 + \left(\frac{350-h}{3}\right)$ , dimana  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil bila kurang dari 100. Jadi untuk mempermudah dan mempercepat perhitungan digunakan nilai  $S_0 = 100$ .

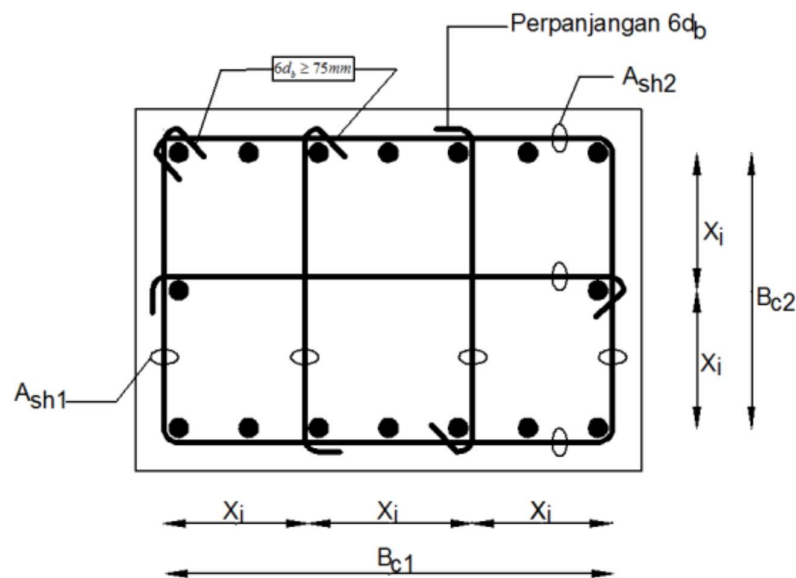
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4, luas sengkang minimum daerah

$l_0$  harus dihitung dengan persamaan berikut dan diambil yang terbesar.

$$A_{sh-1} = 0,3 \frac{sbc \times f'c}{f_y} \left[ \frac{A_g}{A_s} - 1 \right]$$

$$A_{sh-2} = 0,09 \frac{sbc \times f'c}{f_y}$$

Dimana nilai  $b_c$  ditentukan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 5.12 Penulangan Geser Kolom

Untuk menghitung kedua persamaan di atas, diperlukan menghitung beberapa nilai berikut ini:

$$b_c = 650 - (2 \times 40) = 570 \text{ mm}$$

$$b_{c2} = 450 - (2 \times 40) = 370 \text{ mm}$$

$$A_g = 450 \times 650 = 292500 \text{ mm}^2$$

$$A_{ch} = 570 \times 370 = 210900 \text{ mm}^2$$

Dari luasan nilai tersebut, dapat dihitung luasan tulangan geser minimum berikut:

$$A_{sh-1(1)} = 0,3 \frac{100 \times 570 \times 33}{400} \left[ \frac{292500}{210900} - 1 \right]$$

$$= 545,8378 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh-2(1)} = 0,09 \frac{100 \times 570 \times 33}{400}$$

$$= 423,225 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh-1(2)} = 0,3 \frac{100 \times 370 \times 33}{400} \left[ \frac{292500}{210900} - 1 \right]$$

$$= 354,3158 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh-2(2)} = 0,09 \frac{100 \times 370 \times 33}{400}$$

$$= 274,725 \text{ mm}^2$$

Dari perhitungan di atas diambil masing-masing nilai yang paling besar, maka  $A_{sh-1} = 545,84 \text{ mm}^2$  dan  $A_{sh-2} = 354,32 \text{ mm}^2$ . Selanjutnya, untuk jumlah kaki tulangan geser yang dibutuhkan untuk masing-masing posisi dihitung dengan membagi kebutuhan tulangan geser minimum dengan luasan tulangan-tulangan geser yang tersedia. Perhitungan jumlah kaki tulangan geser adalah sebagai berikut

$$n = \frac{A_{sh-1}}{A_{tul.sengkang}}$$

$$= \frac{545,8378}{0,25 \times \pi \times 13^2}$$

$$= 4,11 \rightarrow 5$$

$$n = \frac{A_{sh-2}}{A_{tul.sengkang}}$$

$$= \frac{354,32}{0,25 \times \pi \times 13^2}$$

$$= 2,66 \rightarrow 3$$

### 5.6.2.2 Penulangan Geser Daerah Luar $l_o$

Pada daerah di luar  $l_o$ , dapat dipasang tulangan sengkang dengan jarak  $d/2$ .

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{selimut beton} - \text{dia. sengkang} - \text{dia. lentur} \\
 &= 650 - 40 - 22 - 13 \\
 &= 575 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai  $d/2$  didapatkan 287,5 mm

Namun berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.5, spasi tulangan geser pada kolom tidak boleh melebihi 150 mm, sehingga digunakan jarak maksimal 150mm.

Berdasarkan perencanaan penulangan digunakan tulangan geser spasi 100 mm pada 1 meter masing-masing tumpuan, dan spasi 150 mm diluar 1 meter tersebut.

Tabel 5.18 Penulangan Kolom

Tipe Kolom	b (mm)	h (mm)	Tul. Kolom	Tul. Geser dalam $l_0$	Tul. Geser luar $l_0$
K1	450	650	12D22	3D13-100	3D13-150
K2	250	550	10D22	2D13-100	2D13-150

## 5.7 Perencanaan Dinding Struktur

Dalam perencanaan dinding geser ini, ditinjau dinding geser SW1 sebagai contoh perhitungan. Untuk data analisis struktur dinding geser, digunakan data terbesar pada tipe dinding geser yang di tinjau. Data - data yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{a. } f'_c &= 33 \text{ MPa} \\
 \text{b. } f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 \text{c. } \beta &= 0,85 - \frac{0,05}{7} (f'_c - 28) \\
 &= 0,85 - \frac{0,05}{7} (33 - 28)
 \end{aligned}$$



- = 0,8143
- d. Tebal = 300 mm
- e. Panjang = 5900 mm
- f. Dia. Longitudinal = 22 mm
- g. Dia. Senggang = 19 mm

Dari hasil analisis struktur yang telah dilakukan dengan bantuan ETABS, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 5.19 Gaya-gaya Pada Dinding Geser SW1

Pu maks (kN)	Mu maks (kNm)	Mu min (kNm)	Vu (kN)
6958,2594	703,1266	355,097	2328,5766

### 5.7.1 Kebutuhan Baja Tulangan Vertikal dan Horizontal

1. Periksa apakah dibutuhkan dua lapis tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.2, baja tulangan vertikal dan horizontal masing-masing harus dipasang dua lapis apabila gaya geser bidang terfaktor yang bekerja pada dinding melebihi

$$0,17 \times A_{cv} \times \lambda \times \sqrt{f'c}$$

$$\begin{aligned} A_{cv} &= 300 \times 5900 \\ &= 1770000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

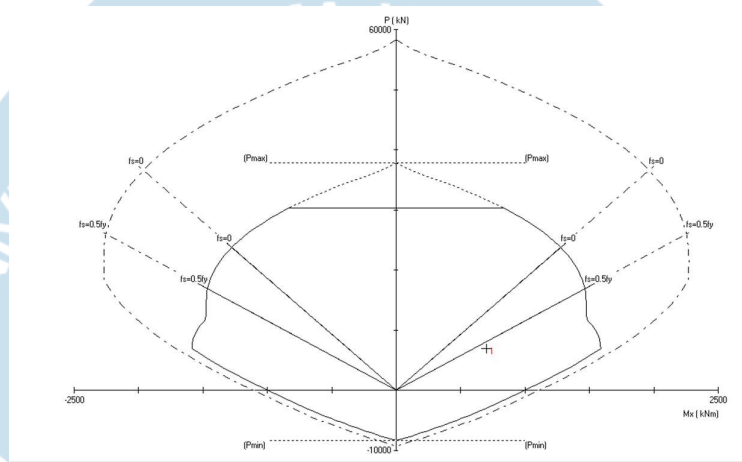
Sehingga:

$$\begin{aligned} 0,17 \times A_{cv} \times \lambda \times \sqrt{f'c} &= 0,17 \times 1770000 \times 1 \times \sqrt{33} \\ &= 1728538,9 \text{ N} \\ &= 1728,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

$0,17 \times A_{cv} \times \lambda \times \sqrt{f'c} < V_u$ , sehingga diperlukan tulangan dua lapis.

## 2. Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.1. rasio tulangan longitudinal  $\rho_l$  minimum adalah 0,0025 dan spasi maksimum masing-masing arah tulangan adalah 450 mm. Dengan bantuan program PCA Col didapatkan hasil  $\rho_l = 1,22\%$



Gambar 5.13 Diagram Interaksi SW1

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \rho \times b \times h \\
 &= 0,0122 \times 300 \times 5900 \\
 &= 21594 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tul.} &= \frac{A_{st}}{\frac{1}{4}\pi d^2} \\
 &= \frac{21594}{\frac{1}{4}\pi 22^2} \\
 &= 56,81 \rightarrow 60
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= n \times \frac{1}{4}\pi \times d^2 \\
 &= 60 \times \frac{1}{4}\pi \times 22^2 \\
 &= 22807,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan longitudinal yang digunakan adalah 60D22 dikarenakan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.9.1 nilai  $A_{st}$  harus memenuhi persamaan:

$$1\% A_g \leq A_{st} \leq 8\% A_g$$

$$21594 \leq 22808 \leq 172752, \text{ memenuhi syarat}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 7.6.3 besar spasi antara tulangan sejajar harus dicek tidak boleh kurang dari 40 mm.

$$x = \frac{300 - (2 \times 40) - (2 \times 16) - \left(\frac{60}{30} + 1\right) \times 22}{\left(\frac{60}{30}\right)}$$

$$= 80 \text{ mm} > 40 \text{ mm}$$

### 3. Perhitungan baja tulangan untuk menahan geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser nominal dinding geser dihitung sesuai persamaan berikut:

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho f_y)$$

$$\text{Dengan } h_w/l_w = 3,1/6,0 = 0,45 < 2 \rightarrow \alpha_c = 0,25$$

Rasio tulangan transversal:

$$\rho_t = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}{bh}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2}{300 \times 5900}$$

$$= 0,00016 < 0,0025 \text{ (SNI 21.9.4.2)}$$

Kuat geser nominal:

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho f_y)$$

$$= 300 \times 5900 \times (0,25 \times 1 \times \sqrt{33} + 0,0025 \times 400)$$

$$\begin{aligned}
 &= 4311969 \text{ N} \\
 &= 4311,97 \text{ kN} \\
 \phi V_n &= 0,75 \times 4311,97 \\
 &= 3233,98 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diperoleh  $\phi V_n > V_u$ , dinding geser mampu menahan gaya geser yang terjadi. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal dinding tidak boleh melebihi kuat geser nominal maksimum dinding sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{n \text{ maks}} &= 0,83 \times A_{cv} \times \sqrt{33} \\
 &= 0,83 \times 300 \times 5900 \times \sqrt{33} \\
 &= 8439337 \text{ N} \\
 &= 8439,33 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Untuk tulangan geser digunakan D19 – 300

#### 4. Menentukan *special boundary element*

Dalam perancangan ini *special boundary element* ditentukan berdasarkan pendekatan tegangan, dalam hal ini berdasarkan SNI 2847:2013 SBE diperlukan jika tegangan tekan maksimum akibat kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada penampang dinding geser melebihi  $0,2 f'_c$ . Jadi, SBE diperlukan jika :

$$\frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu}{I} > 0,2 f'_c$$

$$\frac{6958,2594 \times 1000}{300 \times 5900} + \frac{703,1266}{\frac{1}{12} \times 300 \times 5900^2} < 0,2 \times 33$$

$3,93 < 6,6$ , maka dinding geser tidak membutuhkan SBE.

Tabel 5.20 Penulangan Dinding Geser

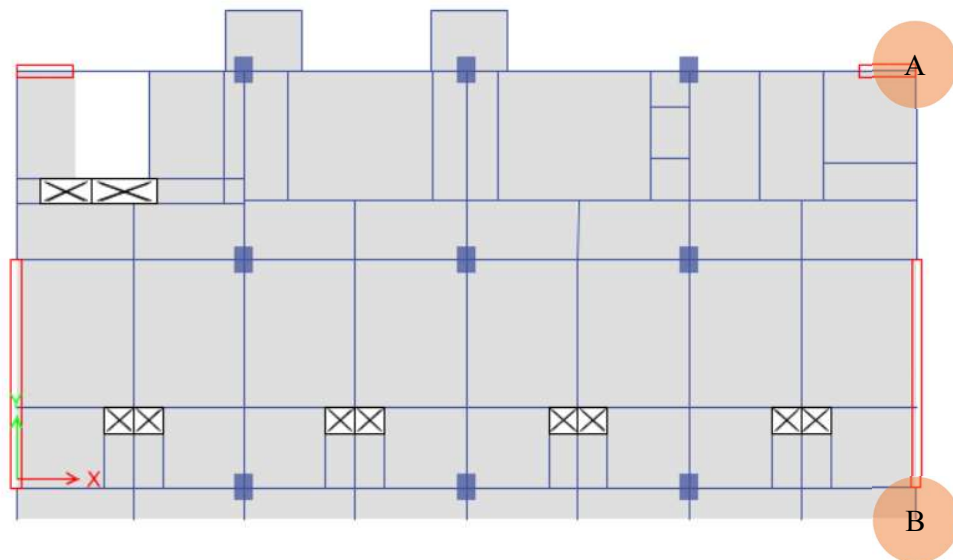
No	Tipe SW	Tebal	Tul. SW	Sengkang SW
1	SWL1	300	60D22	D19-400
2	SWL2	250	30D22	D19-400

## 5.8 Perbandingan Dilatasi Total dan Dilatasi Parsial

### 5.8.1 Hasil *Displacement*

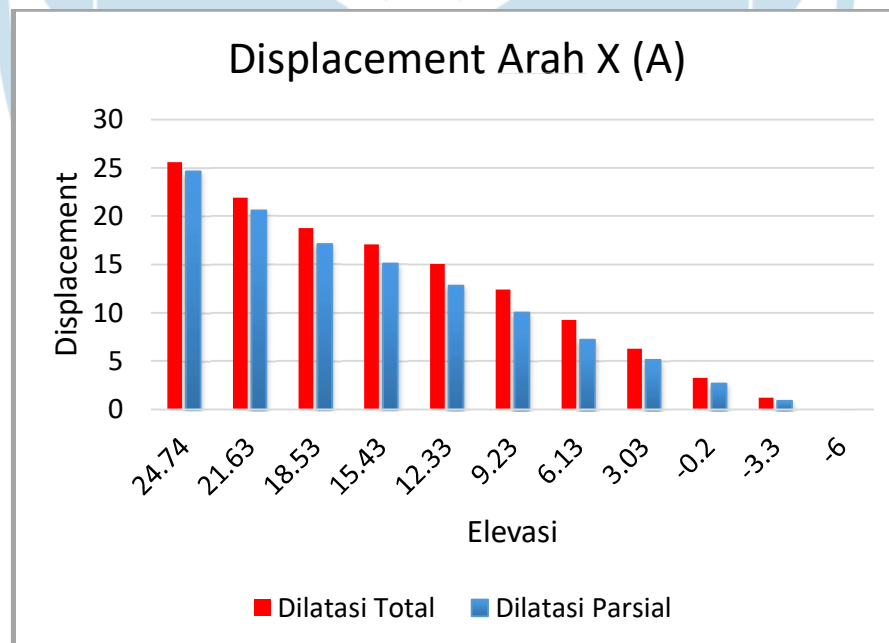
Dari hasil analisis ETABS, didapatkan nilai *displacement* pada gedung dengan dilatasi parsial dan gedung dengan dilatasi total untuk arah X dan arah Y adalah sebagai berikut:

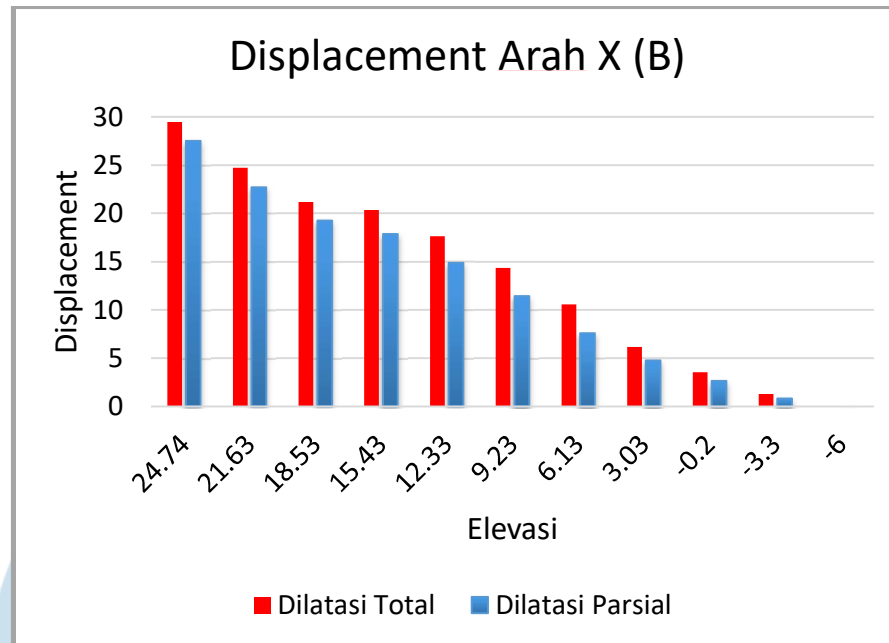
1. Arah X ditinjau pada titik A dan titik B seperti pada gambar 5.14, sehingga didapatkan hasil seperti pada tabel 5.21, yang kemudian digambarkan pada grafik gambar 5.15 dan gambar grafik 5.16.

Gambar 5.14 Titik Tinjau *Displacement* Arah X

Tabel 5.21 Hasil *Displacement* Arah X

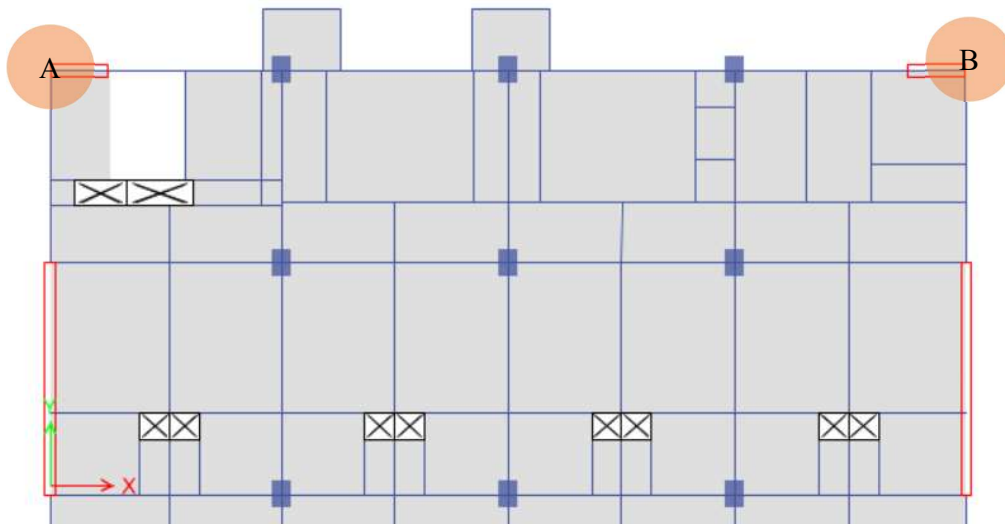
Arah X				
Elevasi	A		B	
	Dilatasi Total	Dilatasi Parsial	Dilatasi Total	Dilatasi Parsial
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
24,74	25,586	24,64	29,466	27,514
21,63	21,895	20,591	24,718	22,693
18,53	18,754	17,118	21,203	19,27
15,43	17,087	15,082	20,364	17,87
12,33	15,062	12,786	17,655	14,897
9,23	12,404	10,035	14,336	11,458
6,13	9,267	7,22	10,58	7,597
3,03	6,28	5,111	6,177	4,769
-0,2	3,265	2,681	3,582	2,665
-3,3	1,222	0,863	1,294	0,84
-6	0	0	0	0

Gambar 5.15 Grafik *Displacement* Arah X Titik A



Gambar 5.16 Grafik *Displacement* Arah X Titik B

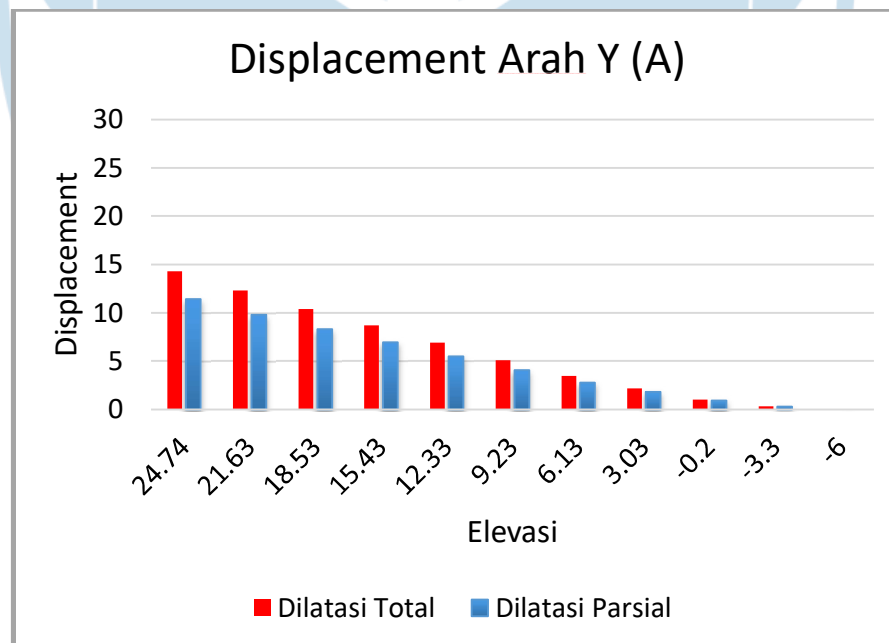
2. Arah Y ditinjau pada titik A dan titik B seperti pada gambar 5.17, sehingga didapatkan hasil seperti pada tabel 5.22, yang kemudian digambarkan pada grafik gambar 5.18 dan gambar grafik 5.19.



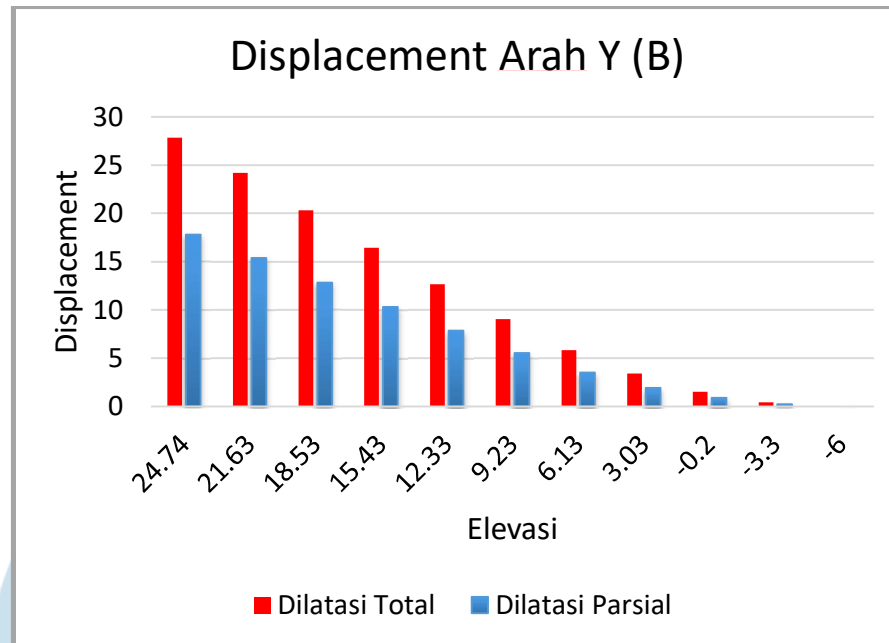
Gambar 5.17 Titik Tinjau *Displacement* Arah Y

Tabel 5.22 Hasil *Displacement* Arah Y

Arah Y				
Elevasi	A		B	
	Dilatasi Total	Dilatasi Parsial	Dilatasi Total	Dilatasi Parsial
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
24,74	14,287	11,417	27,863	17,786
21,63	12,279	9,784	24,182	15,377
18,53	10,397	8,291	20,306	12,834
15,43	8,702	6,943	16,465	10,324
12,33	6,897	5,494	12,66	7,857
9,23	5,082	4,051	9,053	5,543
6,13	3,442	2,769	5,854	3,515
3,03	2,182	1,794	3,422	1,928
-0,2	1,035	0,911	1,549	0,905
-3,3	0,297	0,277	0,444	0,255
-6	0	0	0	0

Gambar 5.18 Grafik *Displacement* Arah Y Titik A





Gambar 5.19 Grafik *Displacement* Arah Y Titik B

Dapat dilihat bahwa hasil *displacement* pada gedung dilatasi parsial lebih kecil dibandingkan gedung dilatasi total. Namun pengurangan nilai *displacement* pada arah X tidak terlalu signifikan yaitu sekitar 3 mm, dikarenakan arah X merupakan arah tebal bangunan, sedangkan pada arah Y terjadi pengurangan yang signifikan yaitu sekitar 10 mm, dikarenakan arah Y merupakan arah tipis bangunan.

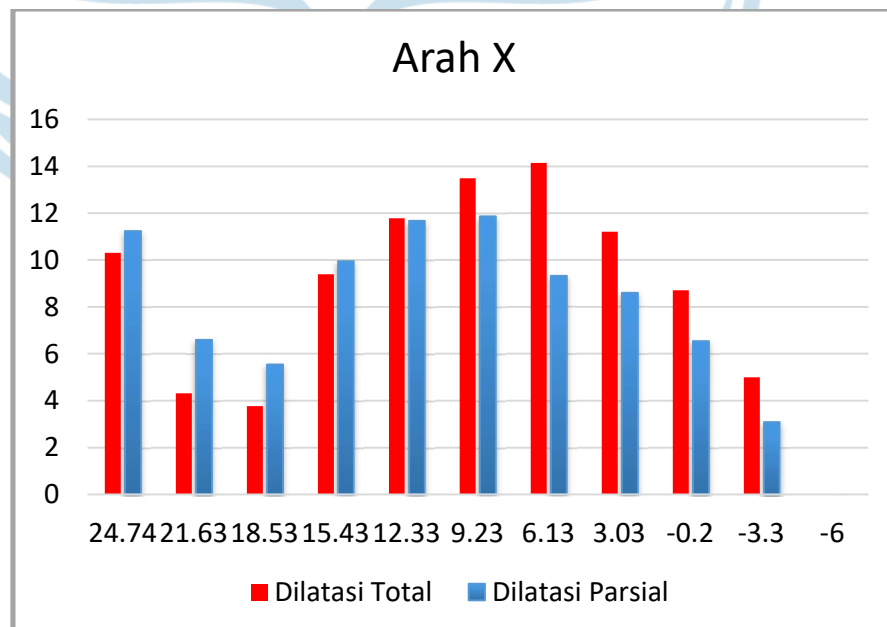
### 5.8.2 Hasil *Drift*

Dari hasil analisis ETABS, didapatkan nilai *drift* pada gedung dengan dilatasi parsial dan gedung dengan dilatasi total untuk arah X dan arah Y, namun sama seperti hasil *displacement*, nilai tersebut tidak menghasilkan perubahan yang signifikan pada arah X yaitu *drift* pada gedung dilatasi parsial berkurang sekitar 3 mm, tapi cukup signifikan pada arah Y yaitu berkurang sekitar 6 mm, sehingga dapat digambarkan pada tabel dan grafik sebagai berikut:

## 1. Arah X

Tabel 5.23 Hasil *Drift* Arah X

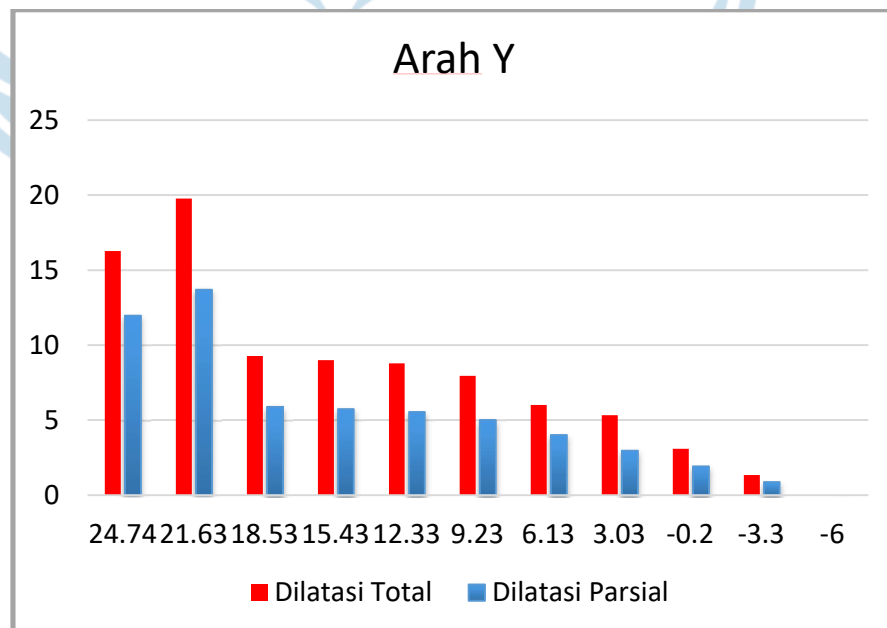
Arah X		
Elevasi	Dilatasi Total	Dilatasi Parsial
	(mm)	(mm)
24,74	10,307	11,2365
21,63	4,3175	6,6
18,53	3,762	5,544
15,43	9,383	9,9495
12,33	11,792	11,671
9,23	13,486	11,8635
6,13	14,1515	9,328
3,03	11,2145	8,6075
-0,2	8,7065	6,545
-3,3	4,9995	3,08
-6	0	0

Gambar 5.20 Grafik *Drift* Arah X

## 2. Arah Y

Tabel 5.24 Hasil *Drift* Arah Y

Arah Y		
Elevasi	Dilatasi Total	Dilatasi Parsial
	(mm)	(mm)
24,74	16,2745	11,9625
21,63	19,7725	13,695
18,53	9,273	5,874
15,43	8,998	5,7365
12,33	8,7725	5,5385
9,23	7,953	4,9995
6,13	6,006	4,0095
3,03	5,335	2,9535
-0,2	3,08	1,914
-3,3	1,331	0,869
-6	0	0

Gambar 5.21 Grafik *Drift* Arah Y

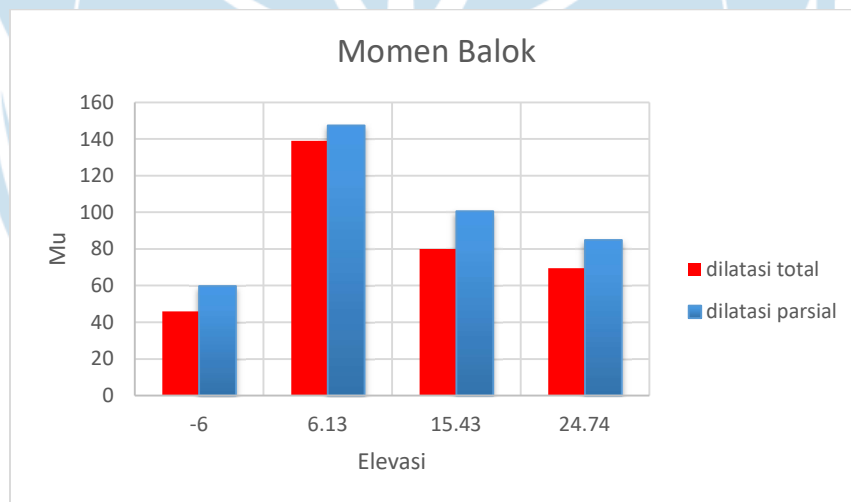
### 5.8.3 Hasil Gaya-gaya Dalam

Dari hasil analisis ETABS, didapatkan nilai momen serta gaya geser pada balok dan kolom gedung dengan dilatasi parsial dan gedung dengan dilatasi total, sehingga dapat digambarkan pada tabel dan grafik sebagai berikut:

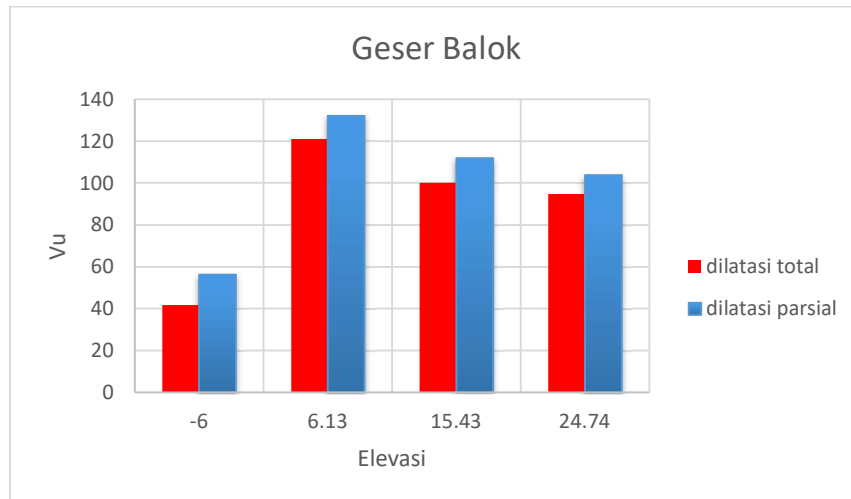
#### 1. Balok

Tabel 5.25 Hasil Gaya-gaya Dalam Balok

Elev.	As	Dimensi	L	Elemen	Dilatasi Total		Dilatasi Parsial	
					Mu (kNm)	Vu (kN)	Mu (kNm)	Vu (kN)
-6	3	600x300	5,46m	B9	45,84	41,65	59,72	56,24
6,13	3	600x300	5,46m	B79	138,94	121,08	147,33	132,11
15,43	3	600x300	5,46m	B79	80,07	100,18	100,55	111,87
24,74	3	600x300	5,46m	B79	69,55	94,68	84,79	103,76



Gambar 5.22 Grafik Momen Pada Balok

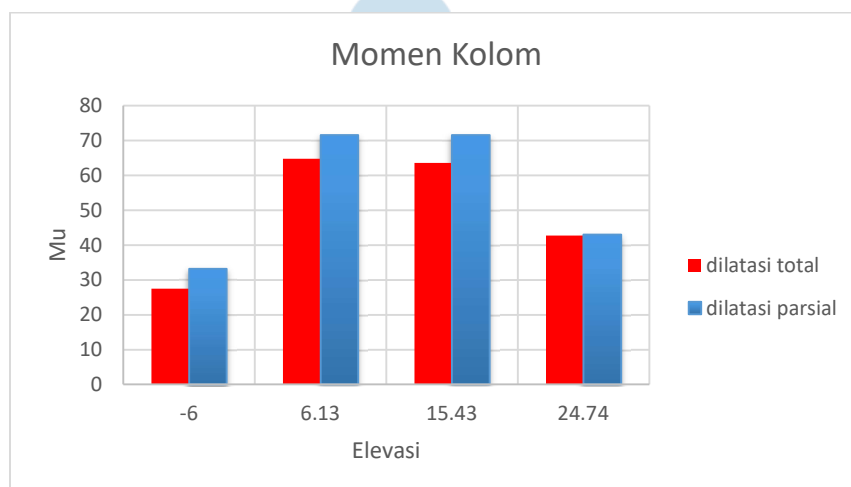


Gambar 5.23 Grafik Gaya Geser Pada Balok

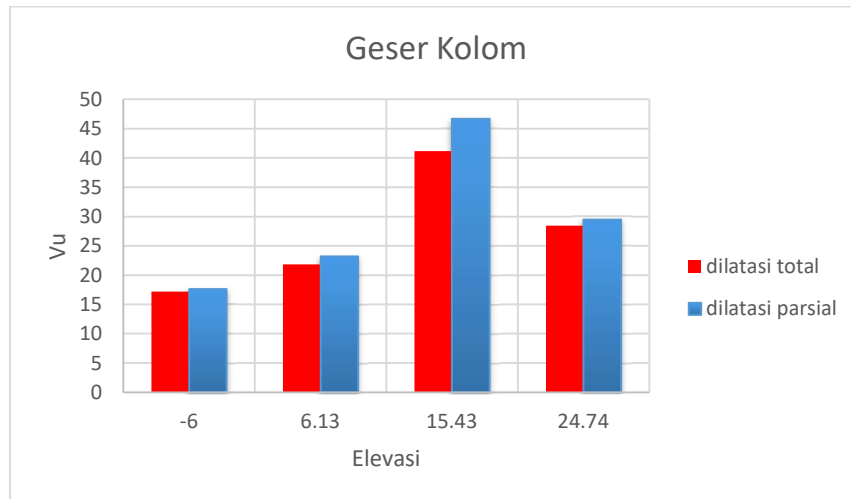
## 2. Kolom

Tabel 5.26 Hasil Gaya-gaya Dalam Kolom

Elev.	As	Dimensi	L	Elemen	Dilatasi Total		Dilatasi Parsial	
					Mu (kNm)	Vu (kN)	Mu (kNm)	Vu (kN)
-3,3	C	650x450	2,7m	C58	27,47	17,23	33,20	17,61
6,13	C	650x450	3,1m	C58	64,78	21,83	71,54	23,18
15,43	C	550x250	3,1m	C67	63,54	41,18	71,50	46,67
24,74	C	550x250	3,1m	C67	42,76	28,45	42,94	29,47



Gambar 5.24 Grafik Momen Pada Kolom



Gambar 5.25 Grafik Gaya Geser Pada Kolom

Dari hasil perbandingan gaya-gaya dalam pada kolom dan balok antara gedung dengan dilatasi total dan gedung dengan dilatasi parsial didapatkan bahwa nilai momen maupun gaya geser pada balok dan kolom bertambah pada gedung dengan dilatasi parsial. Hal ini sesuai dengan yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya, bahwa dilatasi dapat menurunkan nilai momen serta gaya geser pada balok dan kolom. Sedangkan pada perancangan kali ini, dengan dihubungkannya sebagian gedung atau dilatasi parsial, maka nilai momen dan geser akan bertambah. Namun, penambahan nilainya tidak besar sehingga tidak perlu dilakukan perancangan ulang pada dimensi maupun tulangan balok dan kolom.