

# BAB IV

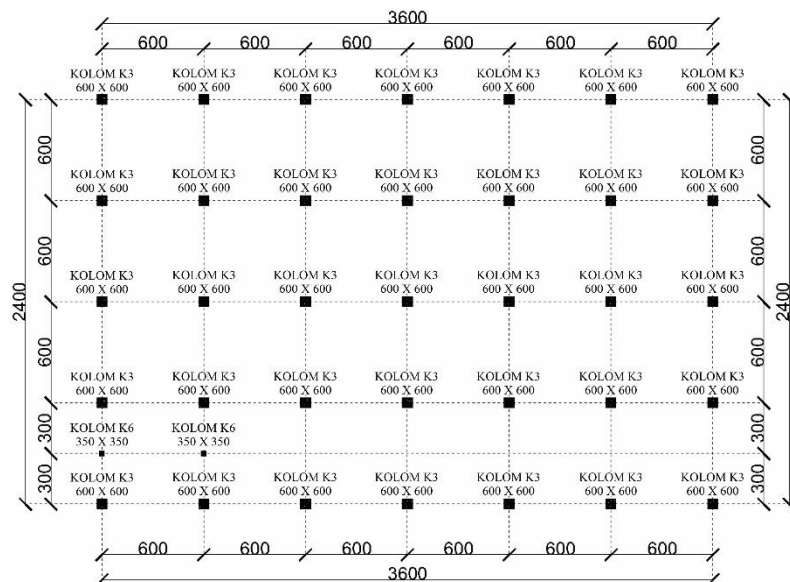
## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Struktur Bangunan *Existing*

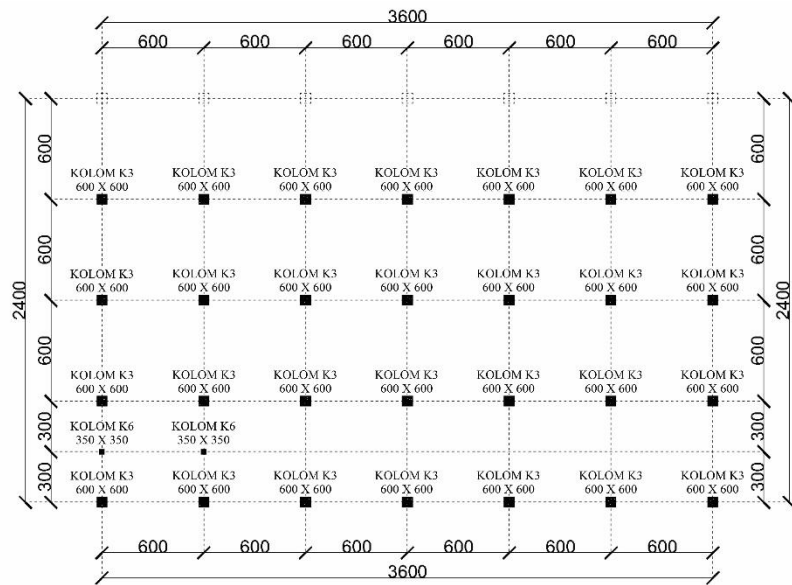
#### 4.1.1 Data Struktur Bangunan Existing

a. Data Gambar

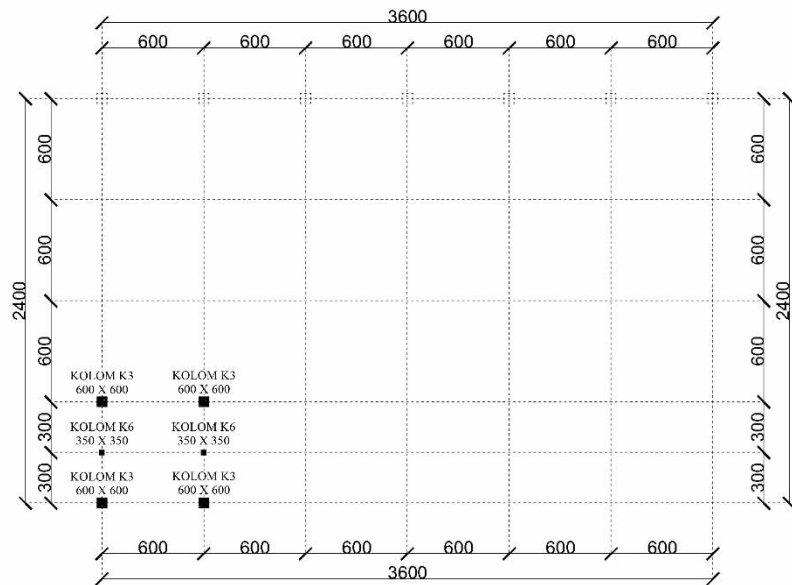
1) Denah Perletakan Kolom



Gambar 4.1 Denah Perletakan Kolom L1

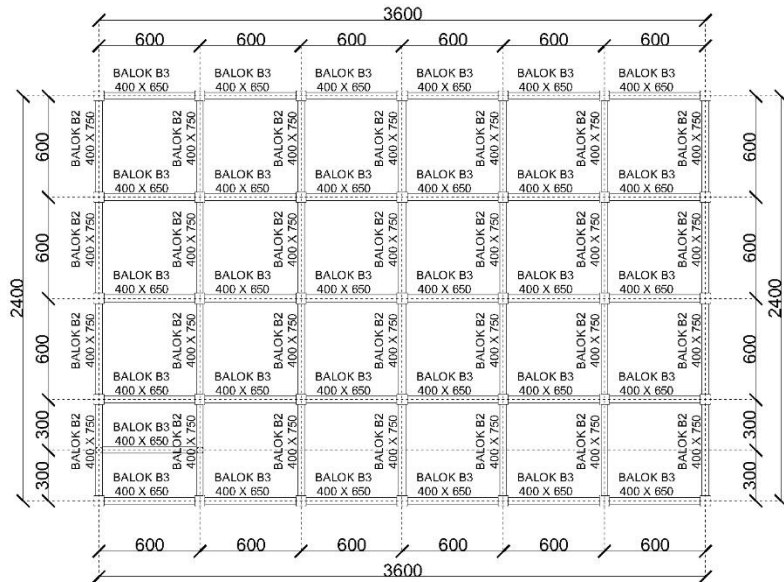


**Gambar 4.2** Denah Perletakan Kolom L2

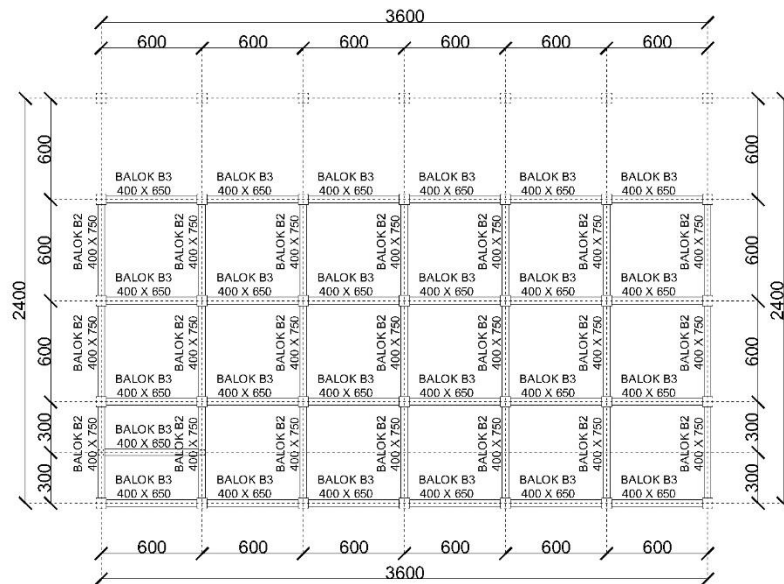


**Gambar 4.3** Denah Perletakan Kolom L3

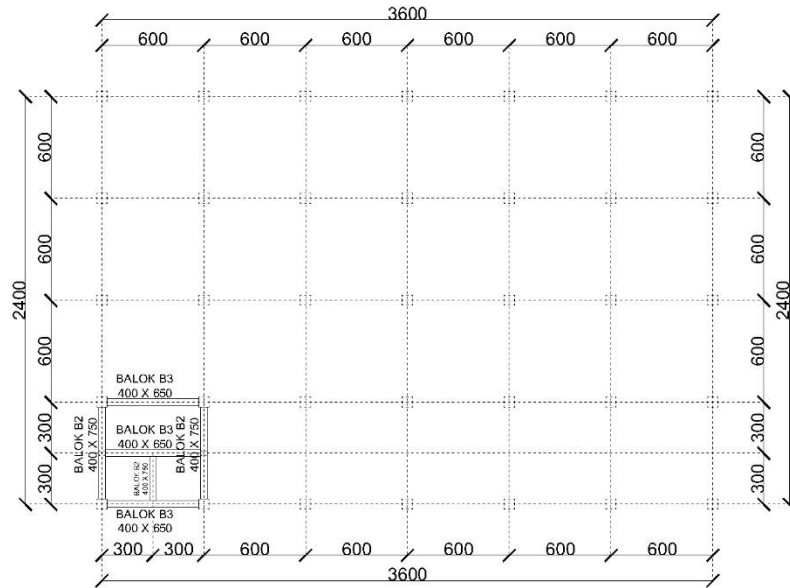
## 2) Denah Perletakan Balok



**Gambar 4.4** Denah Perletakan Balok L1



**Gambar 4.5** Denah Perletakan Balok L2



**Gambar 4.6** Denah Perletakan Balok L3

b. Data Material dan Fungsi Bangunan

1) Mutu Kuat Tekan Beton ( $f'c$ )

(a) Lantai 1

**Tabel 4.1** Mutu Kuat Tekan Beton Lantai 1

No	Nama material	$f'c$ (MPa)	E (MPa)
1	Kolom K3 dan K6	30	25742.9602
2	Balok B2 dan B3	30	25742.9602

(b)Lantai 2

**Tabel 4.2** Mutu Kuat Tekan Beton Lantai 2

No	Nama material	f'c (MPa)	E (MPa)
1	Kolom K3 dan K6	30	25742.9602
2	Balok B2 dan B3	30	25742.9602

(c)Lantai 3

**Tabel 4.3** Mutu Kuat Tekan Beton Lantai 3

No	Nama material	f'c (MPa)	E (MPa)
1	Kolom K3 dan K6	30	25742.9602
2	Balok B2 dan B3	30	25742.9602

2) Mutu Baja Tulangan

**Tabel 4.4** Mutu Baja Tulangan

No	Nama material	Fy (MPa)	Fu (MPa)	Fye (MPa)	Fue (MPa)
1	Baja Tulangan U39	410	550	451	825
2	Baja Tulangan U24	240	370	264	555

3) Existing Tebal Pelat

- (a) Pelat L1 : 0,12 m
- (b) Pelat L2 : 0,10 m
- (c) Pelat L3 : 0,10 m
- (d) Pelat dinding geser (*Shear Wall*) : 0,15 m

4) Berat Bahan Dan Rangka Plafon : 0,2 kN/m<sup>2</sup>

5) Fungsi Lantai Bangunan

(a) Lantai 1 (satu) : laboratorium, kantor, toilet

(b) Lantai 2 (dua) : laboratorium, kantor, toilet

(c) Lantai 3 (tiga) : ruang mesin *lift*, *rooftop*

c. Data Material dan Fungsi Bangunan

1) Lokasi bangunan : Kota Bogor

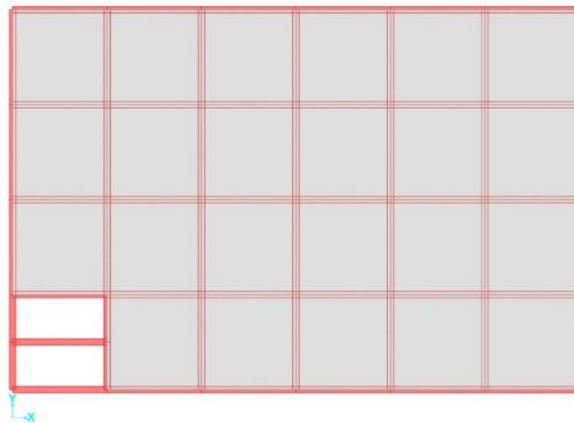
2) Fungsi layanan konstruksi : Gedung Rumah Sakit

3) Jenis tanah di lokasi : Tanah Sedang (SD)

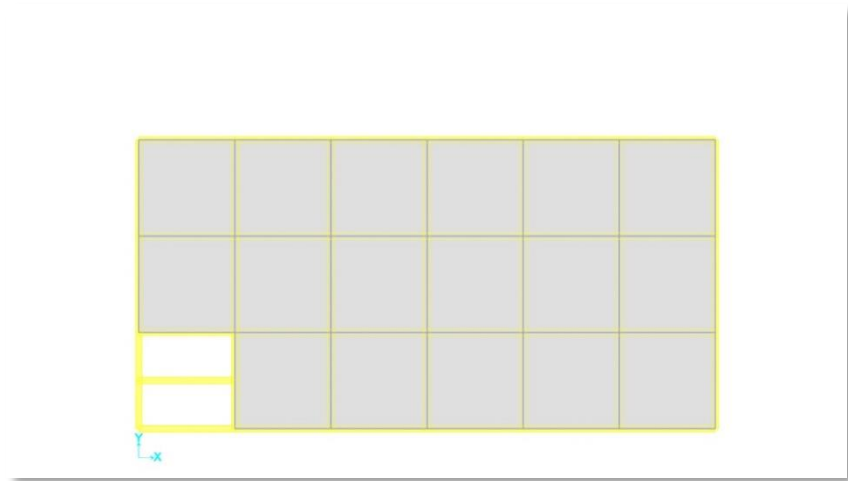
4) Sistem struktur bangunan : RPKM

#### 4.1.2 Model Struktur *Existing*

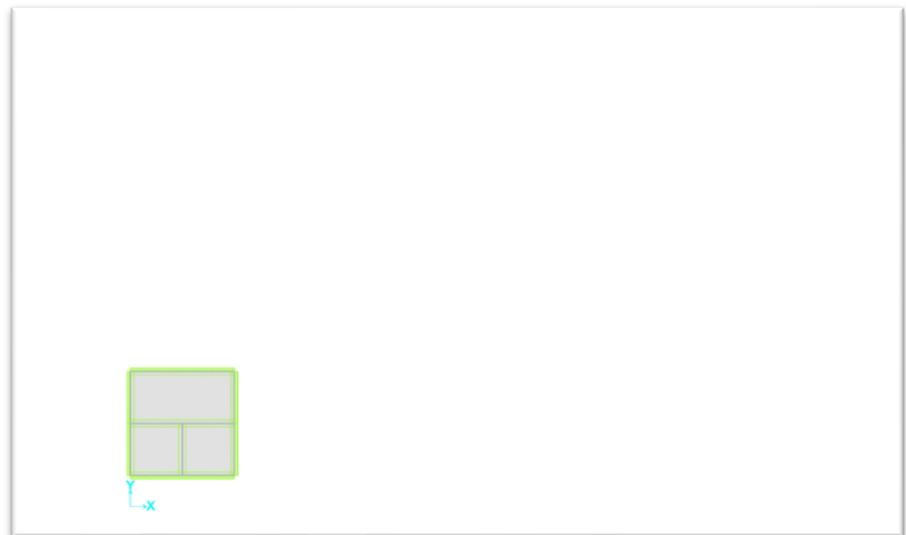
a. Denah



**Gambar 4.7** Denah Model Struktur Rumah Sakit L1

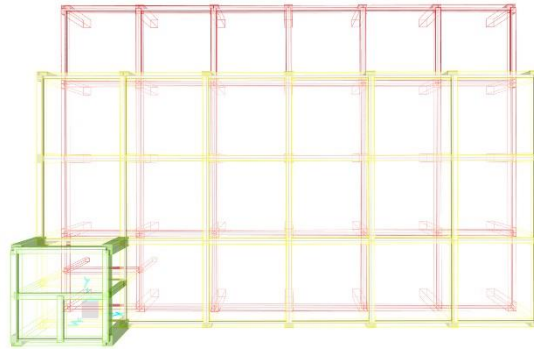


**Gambar 4.8** Denah Model Struktur Rumah Sakit L2

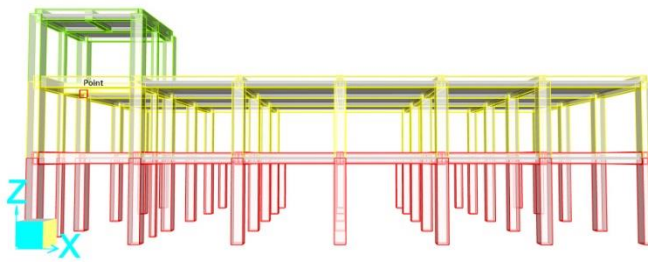


**Gambar 4.9** Denah Model Struktur Rumah Sakit L3

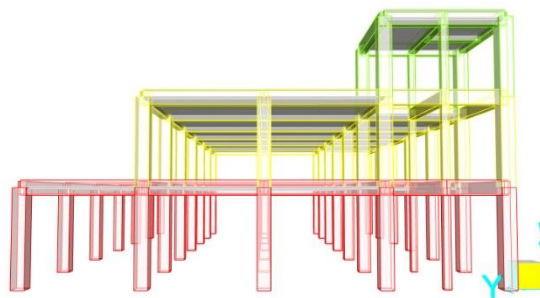
b. Tampak



**Gambar 4.10** Portal Struktur Rumah Sakit (X-Z)



**Gambar 4.11** Portal Struktur Rumah Sakit (Y-Z)



**Gambar 4.12** Portal Struktur Rumah Sakit (X-Y)



### **4.1.3 Pembebanan Struktur *Existing***

Dalam analisis struktur ini, digunakan sejumlah asumsi untuk menentukan dan mengalirkan beban-beban yang beroperasi pada struktur. Tujuannya adalah untuk menyederhanakan pola pembebanan yang kompleks karena berbagai jenis dan desain struktur, tetapi tanpa mengurangi besar dari beban-beban tersebut. Di bawah ini adalah asumsi-asumsi pembebanan yang digunakan:

1. Beban yang bekerja pada struktur mencakup beban mati, beban hidup, beban angin, beban hujan, dan beban gempa.
2. Bobot sendiri dari komponen struktur seperti balok, kolom, dan pelat dihitung secara otomatis oleh program SAP2000 V.22.
3. Beban pada pelat dihitung dan dimasukkan ke dalam program SAP2000 V.22, termasuk beban plafon dan peralatan Mechanical Electrical and Plumbing (MEP), serta beban hidup sesuai dengan fungsi lantai masing-masing.
4. Beban pada balok dihitung dan dimasukkan ke dalam program SAP2000 V.22 sebagai beban mati yang dihasilkan oleh berat dinding sesuai dengan lokasi dinding pada denah.
5. Tangga dan atap diasumsikan hanya sebagai beban pada balok tempat mereka berada, dan tidak dimodelkan sebagai bagian integral dari struktur portal bangunan.
6. Beban yang berasal dari lift dan ruang mesin lift diasumsikan bekerja pada kolom yang berada di bawah profil baja yang terletak di atas area lift. Dengan menggunakan berbagai asumsi ini, pembebanan pada struktur dapat dihitung sebagai berikut:

## A. Beban pada masing-masing lantai

### 1. Lantai 2

- a. Tinggi tingkat : 4,5 m
- b. Fungsi tingkat : Lobi, kantor, ruang makan dan restoran

#### Pembebanan

##### a. Pada Pelat Lantai

###### 1) Beban mati

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat pasir 6,4 cm	=	$0,064 \times 16 = 1,024 \text{ kN/M}^2$
Berat spesi 3 cm	=	$0,03 \times 22 = 0,66 \text{ kN/M}^2$
Berat ubin 0,6 cm	=	$0,006 \times 22 = 0,132 \text{ kN/M}^2$
Berat plafon	=	$0,2 = 0,2 \text{ kN/M}^2$
Berat instalasi ME	=	$0,25 = 0,25 \text{ kN/M}^2$
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	$2,266 \text{ kN/M}^2$

###### 2) Beban hidup

Lobi	=	$4,79 \text{ kN/M}^2$
Kantor	=	$2,4 \text{ kN/M}^2$
Toilet <i>rooms</i>	=	$2,87 \text{ kN/M}^2$
Ruang makan dan restoran	=	$4,79 \text{ kN/M}^2$

##### b. Pada Balok

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat dinding bata	=	$2,5 \times 2,5 = 6,25 \text{ kN/M}^2$
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	$6,25 \text{ kN/M}^2$

## 2. Lantai 3

- a. Tinggi tingkat : 4 m
- b. Fungsi tingkat : Lobi, kantor, ruang makan dan restoran

### Pembebanan

#### c. Pada Pelat Lantai

##### 1) Beban mati

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat pasir 6,4 cm	=	0,064 x 16 = 1,024 kN/M <sup>2</sup>
Berat spesi 3 cm	=	0,03 x 22 = 0,66 kN/M <sup>2</sup>
Berat ubin 0,6 cm	=	0,006 x 22 = 0,132 kN/M <sup>2</sup>
Berat plafon	=	0,2 = 0,2 kN/M <sup>2</sup>
Berat instalasi ME	=	0,25 = 0,25 kN/M <sup>2</sup>
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	2,266 kN/M <sup>2</sup>

##### 2) Beban hidup

Lobi	=	4,79 kN/M <sup>2</sup>
Kantor	=	2,4 kN/M <sup>2</sup>
Toilet <i>rooms</i>	=	2,87 kN/M <sup>2</sup>
Ruang makan dan restoran	=	4,79 kN/M <sup>2</sup>

#### 3. Pada Pelat Atap

##### 1) Beban mati

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat <i>waterproofing</i>	=	0,02 x 14 = 0,28 kN/M <sup>2</sup>
Berat plafon	=	0,2 = 0,2 kN/M <sup>2</sup>
Berat instalasi ME	=	0,25 = 0,25 kN/M <sup>2</sup>
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	0,73 kN/M <sup>2</sup>

#### 4. Pada Balok

Berat sendiri = Perhitungan oleh SAP2000

Berat dinding bata =  $2,5 \times 2,5 = 6,25 \text{ kN/M}^2$

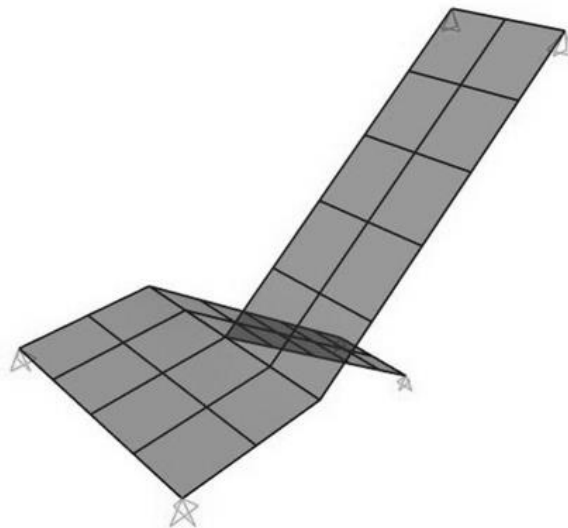
---

Total beban mati pada pelat lantai =  $6,25 \text{ kN/M}^2$

### B. Beban akibat tangga dan lift

#### 1. Akibat Tangga

##### a. Model 3D tangga



**Gambar 4.13** Model 3D Tangga

- b. Tebal Pelat Tangga : 150 mm
- c. Optride : 270 mm
- d. Antride : 300 mm
- e. Tinggi Tingkat Max : 4000 mm
- f. Lebar Bordes : 1200 mm
- g. Pembebanan pada Tangga

1) Beban Mati Anak Tangga

Berat spesi dan tegel x 20 anak tangga	=	1,28	kN/M <sup>2</sup>
Berat mati total trap beton	=	0,34	kN/M <sup>2</sup>
Berat besi pegangan	=	0,1	kN/M <sup>2</sup>
Total beban mati pada pelat tangga	=	1,72	kN/M <sup>2</sup>

2) Beban Mati Anak Tangga

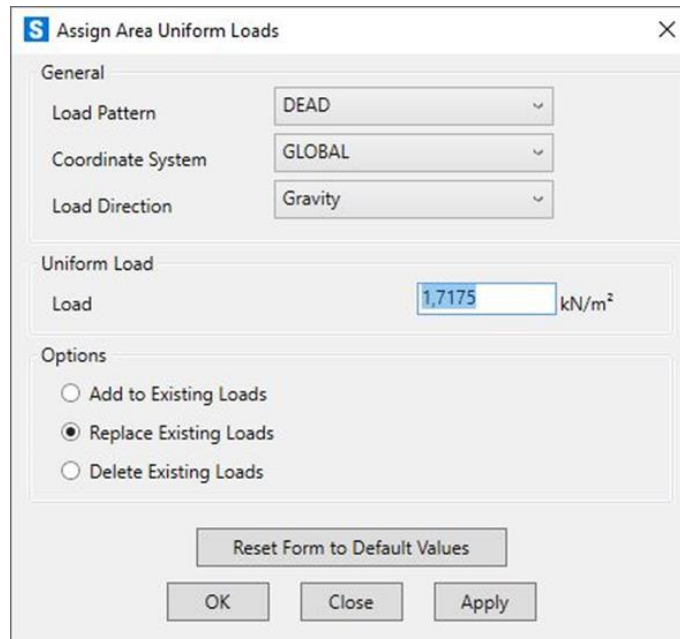
Berat spesi dan tegel x 20 anak tangga	=	1,28	kN/M <sup>2</sup>
Total beban mati pada bordes	=	1,28	kN/M <sup>2</sup>

3) Beban Hidup

Beban hidup	=	3	kN/M <sup>2</sup>
-------------	---	---	-------------------

h. Model Pembebanan pada Tangga

Dimodelkan pada SAP 2000 V.22 dengan tampang 3 dimensi.



**Gambar 4.14** Beban Tangga Akibat Beban Mati pada Plat Tangga

**S Assign Area Uniform Loads** [X]

**General**

Load Pattern: DEAD

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

**Uniform Load**

Load: 1,28 kN/m<sup>2</sup>

**Options**

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

**Gambar 4.15** Beban Tangga Akibat Beban Mati pada Bordes

**S Assign Area Uniform Loads** [X]

**General**

Load Pattern: Live

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

**Uniform Load**

Load: 3 kN/m<sup>2</sup>

**Options**

Add to Existing Loads

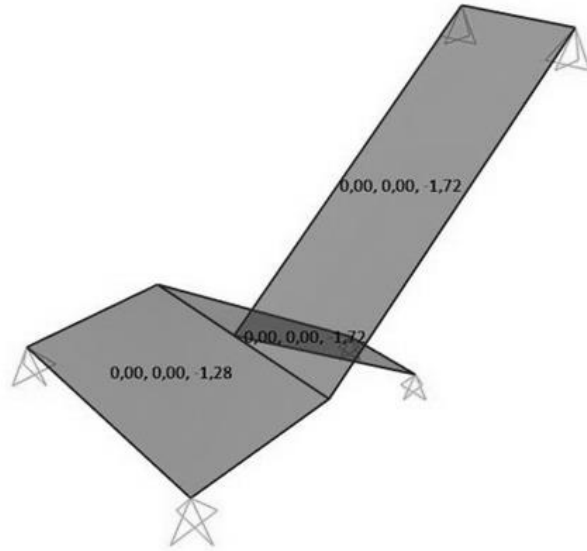
Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

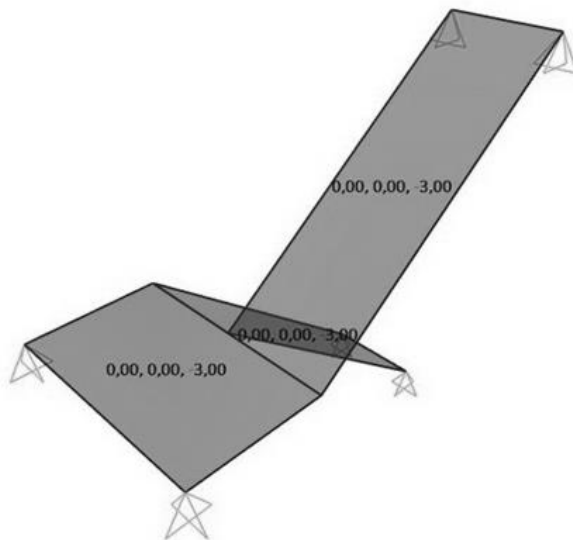
Reset Form to Default Values

OK Close Apply

**Gambar 4.16** Beban Hidup pada Tangga

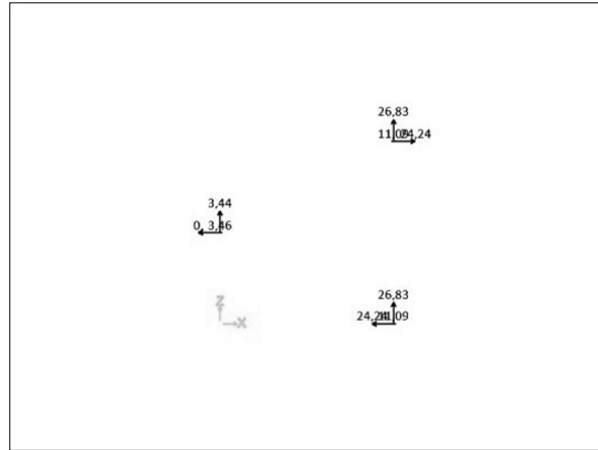


**Gambar 4.17** Model Beban Tangga Akibat Beban Mati



**Gambar 4.18** Model Beban Tangga Akibat Beban Hidup

i. Hasil Running SAP 2000 V.22



**Gambar 4.19** Hasil Running Pembebanan Tangga

j. Pembebanan Pada Balok Akibat Tangga

1) Balok 1 (pada balok bawah tangga)

Beban merata,  $q_T = 11,417 \text{ kN/m}$

2) Balok 2 (pada balok bordes tangga)

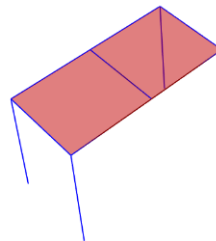
Beban merata,  $q_T = 1,464 \text{ kN/m}$

3) Balok 3 (pada balok atas tangga)

Beban merata,  $q_T = 11,417 \text{ kN/m}$

2. Akibat *Lift*

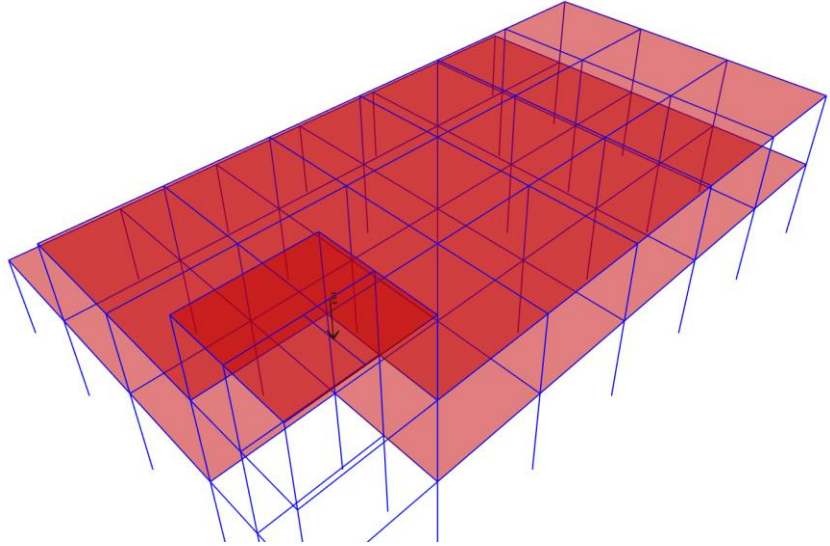
a. Model 3D Rumah *Lift*



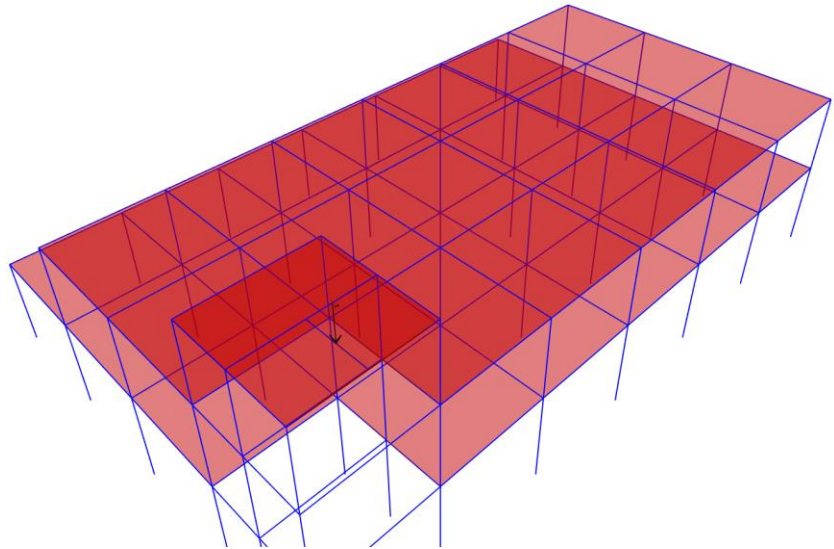
**Gambar 4.20** Model 3d Rumah *Lift*



b. Model Pembebanan pada *Lift*



**Gambar 4.21** Model 3d Pembebanan Mati pada *Lift*



**Gambar 4. 22** Model 3d Pembebanan Hidup pada *Lift*

1) Beban mati pada *lift* = 1050 Kg = 10,297 kN

The screenshot shows the 'Assign Joint Forces' dialog box with the following settings:

- General:** Load Pattern is set to 'DEAD' and Coordinate System is set to 'GLOBAL'.
- Forces:** Force Global X is 0 kN, Force Global Y is 0 kN, Force Global Z is -10,297 kN, and all moments about Global X, Y, and Z are 0 kN-m.
- Options:** 'Replace Existing Loads' is selected.

Buttons at the bottom include 'Reset Form to Default Values', 'OK', 'Close', and 'Apply'.

**Gambar 4.23** Beban Mati pada *Lift*

2) Beban Hidup = 3 kN

The screenshot shows the 'Assign Joint Forces' dialog box with the following settings:

- General:** Load Pattern is set to 'Live' and Coordinate System is set to 'GLOBAL'.
- Forces:** Force Global X is 0 kN, Force Global Y is 0 kN, Force Global Z is -3 kN, and all moments about Global X, Y, and Z are 0 kN-m.
- Options:** 'Replace Existing Loads' is selected.

Buttons at the bottom include 'Reset Form to Default Values', 'OK', 'Close', and 'Apply'.

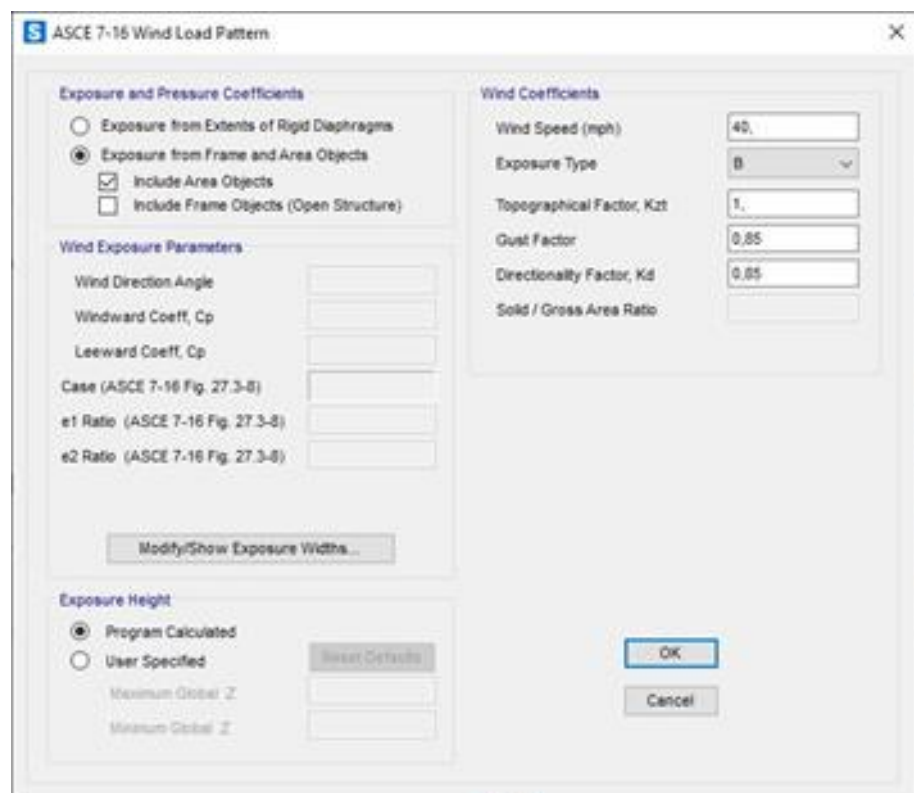
**Gambar 4.24** Beban Hidup pada *Lift*

### C. Beban Akibat Hujan

$$\begin{aligned} \text{Total beban hujan} &= 24 \quad \text{kg/M}^2 \\ \text{Total beban hujan} &= 0.23536 \quad \text{kN/M}^2 \end{aligned}$$

### D. Beban Akibat Angin

$$\begin{aligned} \text{Kec. Angin (V)} &= 40 \quad \text{kN/M}^2 \\ K_z &= 0,85 \\ K_d &= 0,85 \\ K_{zt} &= 1 \\ q_h &= 708,63 \end{aligned}$$



**Gambar 4.25** Load Pattern Beban Angin pada Atap

a. Dinding di Sisi Angin Datang Arah X

The dialog box is titled "Assign Area Wind Pressure Coefficient Loads". It contains the following settings:

- Load Pattern:** WX
- Pressure Type:** Windward (pressure varies over height) is selected.
- Load Value:** Pressure Coefficient, Cp is 0,5.
- Options:** Replace Existing Loads is selected.

Buttons at the bottom include "Reset Form to Default Values", "OK", "Close", and "Apply".

**Gambar 4.26** Beban Angin pada Dinding Di Sisi Angin Datang Arah X

b. Dinding di Sisi Angin Pergi Arah X

The dialog box is titled "Assign Area Wind Pressure Coefficient Loads". It contains the following settings:

- Load Pattern:** WX
- Pressure Type:** Windward (pressure varies over height) is selected.
- Load Value:** Pressure Coefficient, Cp is -0,8.
- Options:** Replace Existing Loads is selected.

Buttons at the bottom include "Reset Form to Default Values", "OK", "Close", and "Apply".

**Gambar 4.27** Beban Angin pada Dinding Di Sisi Angin Pergi Arah X

c. Dinding di Sisi Angin Datang Arah Y

The dialog box titled "Assign Area Wind Pressure Coefficient Loads" is shown. It has a close button (X) in the top right corner. The "Load Pattern" dropdown menu is set to "WY". Under "Pressure Type", the "Windward (pressure varies over height)" radio button is selected. The "Pressure Coefficient, Cp" text box contains the value "0,513333". Under "Options", the "Replace Existing Loads" radio button is selected. At the bottom, there are buttons for "Reset Form to Default Values", "OK", "Close", and "Apply".

Gambar 4.28 Beban Angin pada Dinding Di Sisi Angin Datang Arah Y

d. Dinding di Sisi Angin Pergi Arah Y

The dialog box titled "Assign Area Wind Pressure Coefficient Loads" is shown. It has a close button (X) in the top right corner. The "Load Pattern" dropdown menu is set to "WY". Under "Pressure Type", the "Windward (pressure varies over height)" radio button is selected. The "Pressure Coefficient, Cp" text box contains the value "-0,8". Under "Options", the "Replace Existing Loads" radio button is selected. At the bottom, there are buttons for "Reset Form to Default Values", "OK", "Close", and "Apply".

Gambar 4.29 Beban Angin pada Dinding Di Sisi Angin Pergi Arah Y

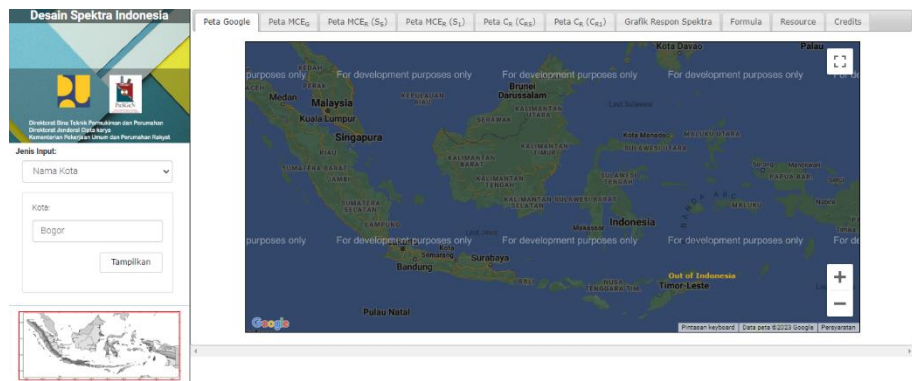
#### 4.1.4 Pengaruh Beban Gempa *Existing*

##### A. Faktor Keutamaan Gempa (I)

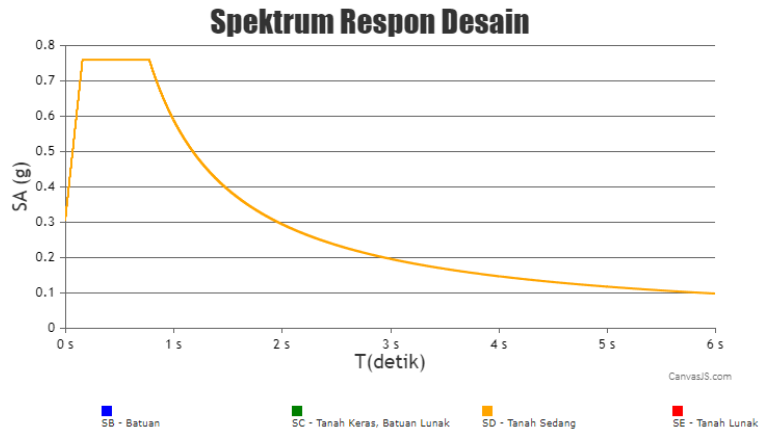
1. Fungsi pelayanan gedung = Gedung Rumah Sakit
2. Kategori risiko bangunan = Risiko II
3. Faktor keutamaan gempa = 1,00
4. Zonasi wilayah gempa = Kota Bogor
5. Klasifikasi situs (jenis tanah) = SD (tanah sedang)

##### B. Parameter Percepatan Respon Gempa

Untuk berbagai variabel respon gempa, harus disesuaikan dengan lokasi bangunan yang ditinjau, adapun parameter-parameter yang didapat dari Desain *Spectra* Indonesia untuk bangunan gedung rumah sakit daerah kota bogor sebagai berikut:



Gambar 4.30 Desain *Spectra* Kota Bogor



**Gambar 4.31** Diagram Respon Spektrum Kota Bogor

1. Parameter percepatan terpetakan pada periode pendek  $T = 0,2$  detik ( $S_s$ ) dan pada periode  $T = 0,1$  detik ( $S_1$ ).

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

Kelas	$T_0$ (detik)	$T_s$ (detik)	$S_{ds}(g)$	$S_{d1}(g)$
SD - Tanah Sedang	0.16	0.78	0.76	0.59

Rentang  $T(s)$ : Value: 6  
 PGA MCE<sub>G</sub>: 0.4913 (g) bedrock  
 SS MCE<sub>r</sub>: 1.0580 (g) bedrock  
 S1 MCE<sub>r</sub>: 0.4815 (g) bedrock  
 TL: 20 Detik

**Gambar 4.32** Percepatan Batuan Dasar Terpetakan

Dari gambar di atas maka diperoleh nilai percepatan terpetakan untuk lokasi rumah sakit daerah kota bogor sebagai berikut:

- a. Periode pendek ( $S_s$ ) = 1,0580
  - b. Periode 1 detik ( $S_1$ ) = 0,4815
2. Parameter Percepatan Puncak (PGA, MCE<sub>G</sub>).

Dari gambar di atas diperoleh nilai percepatan puncak (PGA, MCE<sub>G</sub>) untuk lokasi rumah sakit daerah kota bogor sebesar, PGA = 0,4913

C. Koefisien Situs dan Parameter Respon *Spectra* Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Target ( $MCE_R$ )

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 dan pada periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran pada periode pendek ( $F_a$ ) dan perioda 1 detik ( $F_v$ ).

**Tabel 4.5** Nilai  $F_a$  untuk Masing-masing Klasifikasi Situs

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ )				
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
<b>SD</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9
SF	$S_S^{(b)}$				

**Tabel 4.6** Nilai  $F_v$  untuk Masing-masing Klasifikasi Situs

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ )				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>SD</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>	<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	<b>1,8</b>
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2
SF	$S_S^{(b)}$				



#### D. Parameter Percepatan Desain Respon Spektrum

Parameter percepatan spektrum desain ditentukan dengan formula sebagai berikut:

1. Parameter spektrum desain periode pendek

$$S_{DS} = 0,76$$

2. Parameter spektrum periode 1 detik

$$S_{D1} = 0,59$$

#### E. Desain Respon Spektrum

Dalam memperhitungkan ragam respon dari rumah sakit daerah kota bogor maka harus Menentukan periode getar fundamental struktur (T).

$$T_0 = 0,2 \times \frac{0,59}{0,76}$$

$$T_0 = 0,1552$$

$$T_s = \frac{0,59}{0,76}$$

$$T_s = 0,7763$$

#### F. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki kategori desain seismik. Struktur dengan risiko I, II, atau III yang berada di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik,  $S_1$ , lebih dari atau sama dengan 0,75 ditetapkan sebagai struktur Kategori Desain Seismik **D**. Apabila  $S_1$  lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diizinkan untuk ditentukan menggunakan Nilai  $S_{DS}$  saja (SNI 1726 2019). Berdasarkan data-data yang ada diperoleh:

1.  $S_1 = 0,4815 < 0,75$ , maka desain seismik menggunakan  $S_{DS}$
2.  $S_{DS} = 0,76$
3. Kategori resiko = resiko II
4. Kategori desain seismik ( $0,50 \leq S_{DS}$ ) = Kategori desain D

#### G. Koefisien Modifikasi Respon

Berdasarkan tipe struktur bangunan gedung rumah sakit daerah kota bogor yakni Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) maka diperoleh nilai modifikasi respon ( $R$ ) = 8,0 (berdasarkan tabel faktor gempa).

## 4.2 Analisis Struktur Bangunan Existing

### 4.2.1 Analisis Respon Spektrum

Hasil Evaluasi Awal untuk Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa, Berdasarkan SNI 1726 - 2019, Menghasilkan Data Perencanaan sebagai Berikut:

1. Lokasi bangunan berada dalam kelas situs SD.
2. Fungsi bangunan sebagai gedung fasilitas rumah sakit dengan kategori risiko II dan Faktor Keutamaan ( $I_e$ ) = 1.
3. Parameter respons percepatan pada periode pendek (SDS) = 0,76 dan periode 1 detik (SD1) = 0,59, dengan nilai  $S_1 = 0,4815$  yang melebihi 0,75. Ini menempatkan bangunan gedung dalam Kriteria Desain Sesimik (KDS) : D.
4. Sistem penahan gaya gempa yang diizinkan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dengan Koefisien Modifikasi Respon ( $R$ ) = 8,0.
5. Perhitungan beban gempa pada struktur dilakukan dengan Metode Analisis Dinamik Ragam Respon spektrum.

### 4.2.2 Prosedur Analisis

1. Mendefinisikan karakteristik material  
Penggunaan 4 jenis material dasar, yaitu beton, baja tulangan, baja profil, dan baja ringan dalam analisis ini.

## 2. Mendefinisikan Dimensi Elemen

Dimensi dan material yang dimasukkan pada SAP 2000 V.22 harus sesuai dengan data yang ada di lapangan. Sebagai contoh pada elemen kolom berikut:

DETAIL PENULANGAN KOLOM				
TYPE	K3		K6	
TUMPUKAN/LAPANGAN	1/4 L	1/2 L	1/4 L	1/2 L
PENAMPANG				
DIMENSI	600 x 600	600 x 600	300 x 300	300 x 300
TULANGAN UTAMA	24 D22	24 D22	8 D16	8 D16
SENGKANG	Ø 13 - 100 + Ø 13 - 150	Ø 13 - 100 + Ø 13 - 150	Ø 10 - 150	Ø 10 - 150
SELUBUNG BETON		40		40

**Gambar 4.33** Elemen Kolom pada Kondisi Lapangan

Untuk dimensi kolom K3 menggunakan 60x60, tulangan utama 24 D22, Sengkang Ø13 – 100 + Ø13 – 150. Dan dimensi kolom K6 menggunakan 30x30, tulangan utama 8 D16, Tulangan Sengkang Ø10 – 100 + Ø1 – 150.

DETAIL PENULANGAN BALOK				
TYPE	B2		B3	
TUMPUKAN/LAPANGAN	1/8 L	1/2 L	1/8 L	1/2 L
PENAMPANG				
DIMENSI	430 x 750	400 x 750	430 x 850	400 x 850
TULANGAN UTAMA	8 D22 + 2 D13 + 2 D13 + 4 D22	4 D22 + 2 D13 + 2 D13 + 7 D22	7 D22 + 2 D13 + 2 D13 + 4 D22	4 D22 + 2 D13 + 2 D13 + 7 D22
SENGKANG	Ø 13 - 120	Ø 13 - 200	Ø 13 - 120	Ø 13 - 200
SELUBUNG BETON		40		40

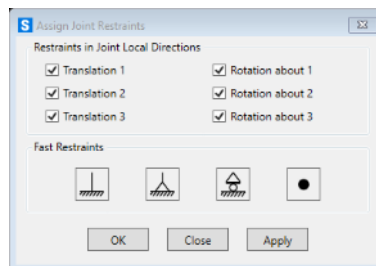
**Gambar 4.34** Elemen Balok pada Kondisi Lapangan

Sebagai contoh untuk desain penampang pada program SAP 2000 V.22 dilakukan pada menu Section Designer material tulangan adalah sebagai berikut:

3. Menggambarkan Elemen Struktur Menjadi Sebuah Struktur Rangka  
Dalam menggambar dapat digunakan tools yang tersedia pada SAP 2000 V.22, yang disesuaikan dengan dimensi dan posisi elemen struktur tersebut.

4. Mendefinisikan Jenis Tumpuan

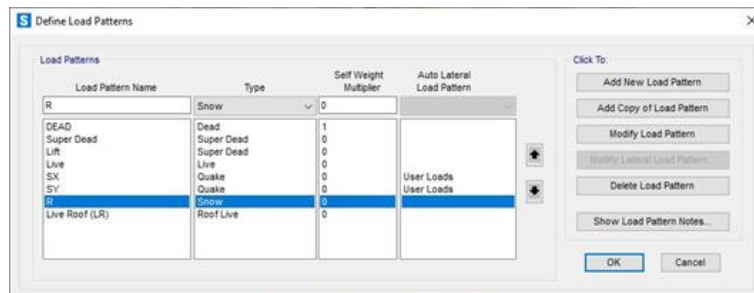
Dalam analisis ini, tumpuan pada dasar kolom struktur menggunakan tumpuan jepit yang dapat digambarkan pada program SAP 2000 V.22 dengan pemodelan sebagai berikut:



**Gambar 4.35** Jenis Tumpuan Jepit pada SAP2000

5. Mendefinisikan Beban-beban yang Bekerja

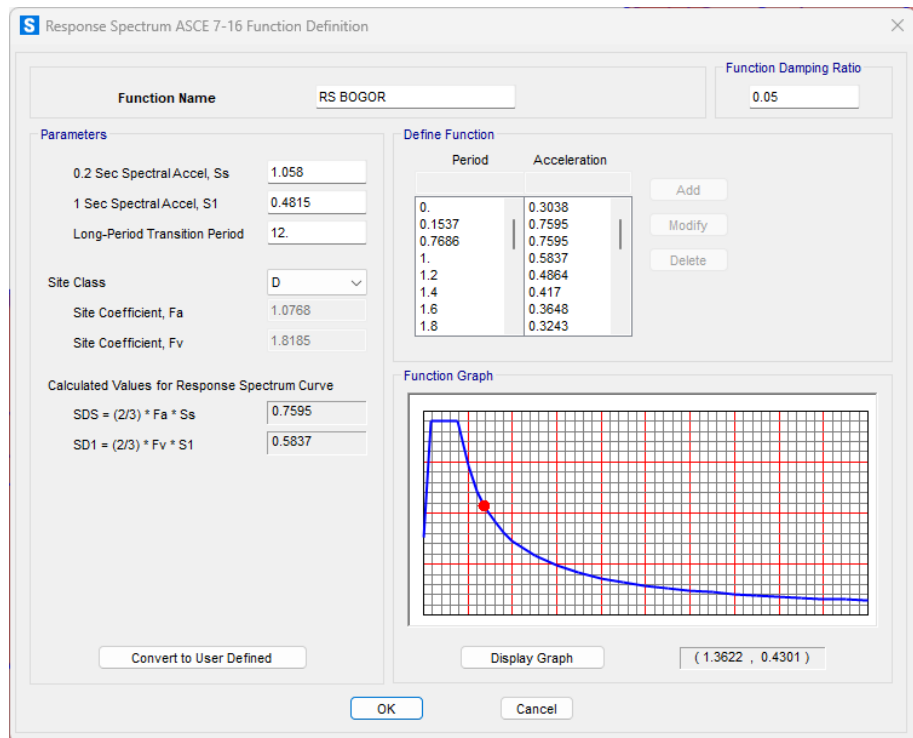
Dalam evaluasi terhadap gedung rumah sakit daerah kota bogor, kita harus mempertimbangkan berbagai jenis beban yang memengaruhi struktur tersebut, termasuk beban mati, beban hidup, beban hujan, beban angin, dan beban gempa.



**Gambar 4.36** Beban yang Bekerja

## 6. Mendefinisikan Parameter Respon Spektrum

Untuk menganalisis beban gempa, langkah awal adalah menyusun fungsi Respon Spektrum yang akan digunakan. Ini dapat dilakukan melalui menu Define, Function, dan Response Spectrum. Pada opsi Define Respon Spectrum Function, dalam kotak Choose Function Type to Add, pilih User Spektrum, lalu klik Add New Function. Fungsi Respon Spektrum yang akan dimasukkan adalah yang sesuai dengan lokasi atau koordinat gedung rumah sakit daerah kota bogor, dengan klasifikasi jenis tanah SD (Tanah Sedang).



**Gambar 4.37** Respon Spektrum SD (Tanah Sedang)

### 7. Menambahkan Analisis Case untuk Respon Spektrum

Untuk case pada respon spektrum digunakan respon spektrum arah X (RSX) dan respon spektrum arah Y (RSY).

Sebelum melakukan input case maka harus dihitung terlebih dahulu nilai scale faktor dari respon tersebut dengan formula sebagai berikut:

Data seismik:

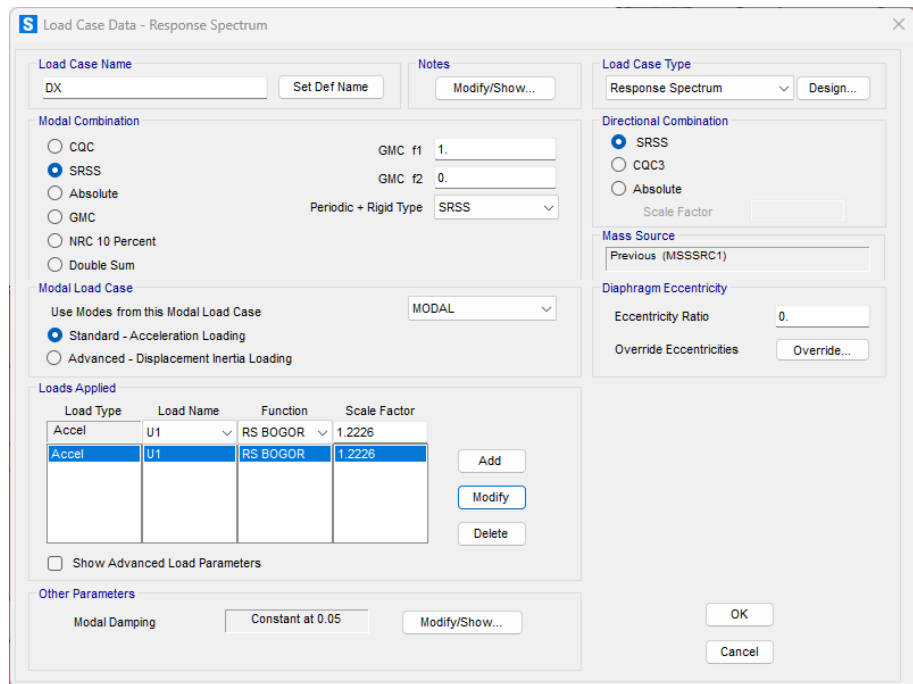
- a. Gaya gravitasi (g) : 9,81 m/dt<sup>2</sup>
- b. Faktor keutamaan (Ie) : 1,00
- c. Koefisien modifikasi respon (R) : 8,00
- d. Dari data tersebut diperoleh :

$$Scale\ faktor = g \times \frac{Ie}{R}$$

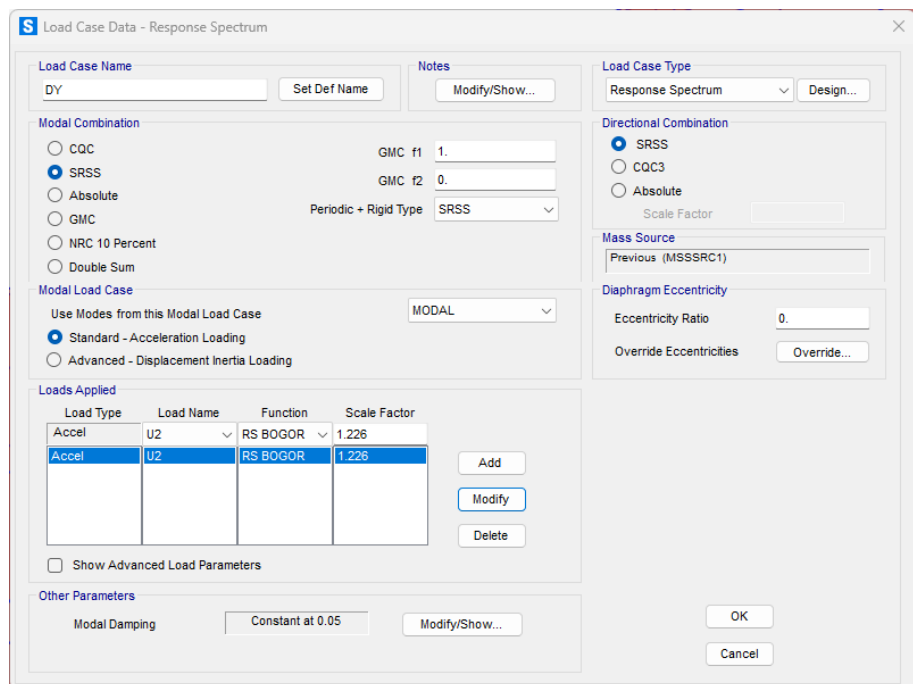
$$Scale\ faktor = 9,81 \times \frac{1,00}{8,00}$$

$$\text{Scale faktor} = 1,226$$

Nilai dari scale factor yang diperoleh dapat dimasukkan dalam program SAP 2000 V.22 dengan cara sebagai berikut:



**Gambar 4.38** Case Respon Spektrum Arah X



**Gambar 4.39** Case Respon Spektrum Arah Y

## 8. Mendefinisikan Kombinasi Pembebanan

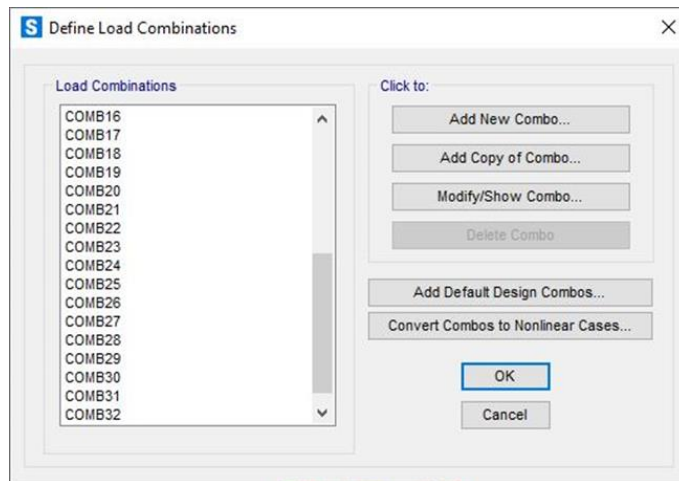
Untuk mengetahui pengaruh dari semua beban yang bekerja jika hasil dari analisis akan digunakan untuk perencanaan elemen struktur, maka beban tersebut harus dikombinasikan berdasarkan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- COMB 1 :  $1,4 D + 1,4 SD$
- COMB 2 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 L + 0,5 Lr$
- COMB 3 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 L + 0,5 R$
- COMB 4 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 Lr + 1 L$
- COMB 5 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 R + 1 L$
- COMB 6 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 Lr + 0,5 Wx$
- COMB 7 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 Lr + 0,5 Wy$
- COMB 8 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 R + 0,5 Wx$
- COMB 9 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 R + 0,5 Wy$
- COMB 10 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1 L + 0,5 Lr$
- COMB 11 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1 Wx + 1 L + 0,5 Lr$
- COMB 12 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1 Wy + 1 L + 0,5 Lr$
- COMB 13 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1 Wx + 1 L + 0,5 R$
- COMB 14 :  $1,2 D + 1,2 SD + 1 Wy + 1 L + 0,5 R$
- COMB 15 :  $0,9 D + 0,9 SD + 1 Wx$
- COMB 16 :  $0,9 D + 0,9 SD + 1 Wy$
- COMB 17 :  $1,341 D + 1,341 SD + 1,3 EX + 0,39 EY + 1 L$
- COMB 18 :  $1,341 D + 1,341 SD + 1,3 EX - 0,39 EY + 1 L$
- COMB 19 :  $1,341 D + 1,3407 SD - 1,3 EX + 0,39 EY + 1 L$
- COMB 20 :  $1,341 D + 1,341 SD - 1,3 EX - 0,39 EY + 1 L$
- COMB 21 :  $1,341 D + 1,341 SD + 0,39 EX + 1,3 EY + 1 L$
- COMB 22 :  $1,341 D + 1,341 SD + 0,39 EX - 1,3 EY + 1 L$
- COMB 23 :  $1,341 D + 1,341 SD - 0,39 EX + 1,3 EY + 1 L$
- COMB 24 :  $1,341 D + 1,341 SD - 0,39 EX - 1,3 EY + 1 L$



- COMB 25 :  $0,759 D + 0,759 SD + 1,3 EX + 0,39 EY$
- COMB 26 :  $0,759 D + 0,759 SD + 1,3 EX - 0,39 EY$
- COMB 27 :  $0,759 D + 0,759 SD - 1,3 EX + 0,39 EY$
- COMB 28 :  $0,759 D + 0,759 SD - 1,3 EX - 0,39 EY$
- COMB 29 :  $0,759 D + 0,759 SD + 0,39 EX + 1,3 EY$
- COMB 30 :  $0,759 D + 0,759 SD + 0,39 EX - 1,3 EY$
- COMB 31 :  $0,759 D + 0,759 SD - 0,39 EX + 1,3 EY$
- COMB 32 :  $0,759 D + 0,759 SD - 0,39 EX - 1,3 EY$

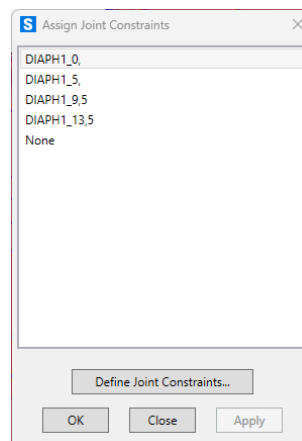
Untuk mengkombinasikan pembebanan pada program SAP 2000 V.22 dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:



**Gambar 4.40** Kombinasi Pembebanan

#### 9. Memasukkan Joint Constraint pada Pelat Lantai

Joint Constraint dilakukan agar pelat lantai dapat bekerja bersama dengan struktur lainnya dalam menahan gaya lateral. Hal ini sesuai dengan prinsip setem Rigid Floor.



**Gambar 4.41** Memasukkan Joint Constraint

## 10. Running Analysis

Pada saat running, case-case harus dinyalakan (run) supaya semua pembebanan yang sudah di input bisa di analisis oleh sap2000.

### 4.2.3 Pengecekan Prilaku Struktur Bangunan Existing

#### a. Pemeriksaan Jumlah Ragam

Pada SNI 1726 : 2019 Pasal 7.9.1.1 disebutkan bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

#### 1. Jumlah Ragam / Partisipasi Massa

**Tabel 4.7** Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.568149	0.75987	0.01192
MODAL	Mode	2	0.517947	0.79584	0.83416
MODAL	Mode	3	0.453152	0.88777	0.90446
MODAL	Mode	4	0.210758	0.95862	0.90654

#### 2. Pemilihan Jenis Ragam

$$\Delta T 1 = ( \text{Period 1} - \text{Period 2} ) / \text{Period 1} \times 100$$

$$\Delta T 1 = ( 0.5681 - 0.5179 ) / 0.5681 \times 100$$

$$\Delta T 1 = ( 0.0502 ) / 0.5681 \times 100$$

$$\Delta T 1 = \mathbf{8.84 \text{ kN/m}}$$

$$\Delta T 2 = ( \text{Period 2} - \text{Period 3} ) / \text{Period 2} \times 100$$

$$\Delta T 2 = ( 0.5179 - 0.4532 ) / 0.5179 \times 100$$

$$\Delta T 2 = ( 0.0648 ) / 0.5179 \times 100$$

$$\Delta T 2 = \mathbf{12.51 \text{ kN/m}}$$

$$\Delta T 3 = ( \text{Period 3} - \text{Period 4} ) / \text{Period 3} \times 100$$

$$\Delta T 3 = ( 0.4532 - 0.2108 ) / 0.4532 \times 100$$

$$\Delta T 3 = ( 0.2424 ) / 0.4532 \times 100$$

$$\Delta T 3 = \mathbf{53.49 \text{ kN/m}}$$

$$\Delta T 4 = 0.2108 \times 100$$

$$\Delta T 4 = \mathbf{21.0758 \text{ kN/m}}$$

**Tabel 4.8** Pemilihan Jenis Ragam

Mode	Period (T)	$\Delta T$
1	0.5681	8.84
2	0.5179	12.51
3	0.4532	53.49
4	0.2108	21.08

Dikarenakan nilai  $\Delta T$  melebihi 15% Maka digunakan metode SRSS bukan CQC.

b. Perbandingan Geser Dasar VSatik Vs VDinamik

Sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.9.4.1 mengenai skala gaya, peraturan ini mengisyaratkan bahwa gaya geser dasar dinamik harus lebih besar dari 100 % gaya geser statik. Dirumuskan sebagai  $VD > 100\% VS$ . Bila hal tersebut tidak memenuhi maka perlu diberikan skala gaya pada model struktur gedung.

**Tabel 4.9** Base Reactions

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
SX	LinStatic	-1497.54	0.00	0.00
SY	LinStatic	0.00	-1497.54	0.00
DX	LinRespSpec	1194.55	330.20	3.27
DY	LinRespSpec	308.30	1196.21	0.54

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \frac{\text{Statik Geser Dasar Arah X}}{\text{Dinamik Geser Dasar Arah X}}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \frac{1497.535}{1194.549}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \mathbf{1.254}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \frac{\text{Statik Geser Dasar Arah Y}}{\text{Dinamik Geser Dasar Arah Y}}$$

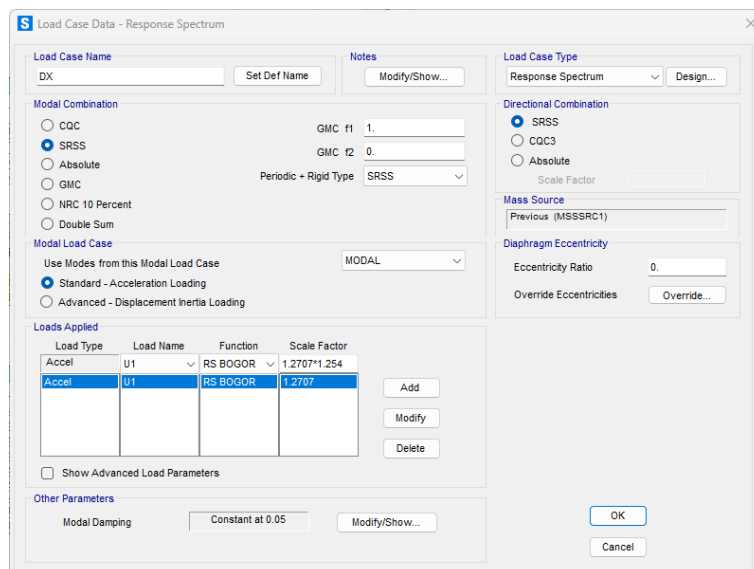
$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \frac{1497.535}{1196.209}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \mathbf{1.252}$$

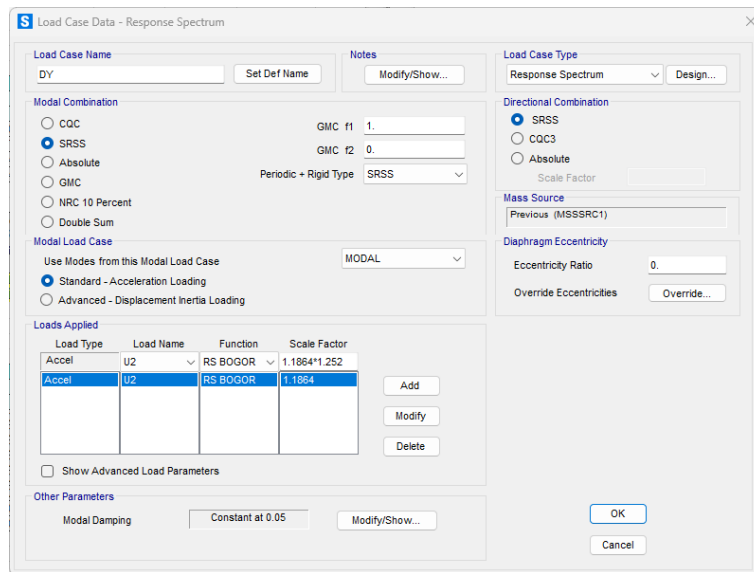
**Tabel 4.10** Perbandingan VStatik Vs VDinamik Tidak Memenuhi

Base Shear	Dinamik (kN)	Statik (kN)	Faktor Skala VS / VD	Kontrol VD > 100% VS
X	1194.549	1497.535	<b>1.254</b>	<b>Tidak Memenuhi</b>
Y	1196.209	1497.535	<b>1.252</b>	<b>Tidak Memenuhi</b>

Dari Tabel tersebut disimpulkan persyaratan gaya geser gempa dinamik belum terpenuhi ( $VD < VS$ ), maka besarnya VD harus dikalikan nilainya dengan faktor skala.



**Gambar 4.42** Koreksi Skala faktor gempa dinamik arah-X



**Gambar 4.43** Koreksi Skala faktor gempa dinamik arah-Y

**Tabel 4.11** Base Reactions

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
SX	LinStatic	-1497.54	0.00	0.00
SY	LinStatic	0.00	-1497.54	0.00
DX	LinRespSpec	1497.98	414.07	4.10
DY	LinRespSpec	385.98	1497.65	0.67

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \frac{\text{Statik Geser Dasar Arah X}}{\text{Dinamik Geser Dasar Arah X}}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \frac{1497.535}{1497.981}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \mathbf{1.00}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \frac{\text{Statik Geser Dasar Arah Y}}{\text{Dinamik Geser Dasar Arah Y}}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \frac{1497.535}{1497.645}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \mathbf{1.00}$$

**Tabel 4.12** Perbandingan VSatik Vs VDinamik Memenuhi

Base Shear	Dinamik (kN)	Statik (kN)	Faktor Skala VS / VD	Kontrol VD>100% VS
X	1497.981	1497.535	<b>1.00</b>	<b>Memenuhi</b>
Y	1497.645	1497.535	<b>1.00</b>	<b>Memenuhi</b>

Dari Tabel tersebut disimpulkan persyaratan gaya geser gempa dinamik terpenuhi ( $VD < VS$ ), maka bisa dilanjut ke perhitungan selanjutnya.

c. Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 Penentuan simpangan antar lantai desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah. Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1. Simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin.

**Tabel 4.13** Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2
Text	Text	Text	Text	mm	mm
21.00	DX	LinRespSpec	Max	6.89	3.72
21.00	DY	LinRespSpec	Max	0.95	5.74
50.00	DX	LinRespSpec	Max	13.10	6.89
50.00	DY	LinRespSpec	Max	1.77	11.18
70.00	DX	LinRespSpec	Max	16.85	8.43
70.00	DY	LinRespSpec	Max	2.31	13.95



79.00	DX	LinRespSpec	Max	0.00	0.00
79.00	DY	LinRespSpec	Max	0.00	0.00

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1. Simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin. Untuk sistem rangka pemikul momen pada struktur yang didesain KDS D simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi  $\Delta a/\rho\rho$  untuk semua tingkat.

$$\Delta x = \frac{\delta \quad x \quad Cd}{I}$$

$$\Delta x +13,50 = \frac{(\delta 4 - \delta 3) \quad x \quad Cd}{I}$$

$$\Delta x +13,50 = \frac{(16.85 - 13.10) \quad x \quad 5.5}{1}$$

$$\Delta x +13,50 = \mathbf{20.65 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +13,50 = 0.025 \quad x \quad 4000$$

$$\Delta a +13,50 = \mathbf{100 \text{ mm}}$$

$$\Delta x +9,50 = \frac{(\delta 3 - \delta 2) \quad x \quad Cd}{I}$$

$$\Delta x +9,50 = \frac{(13.10 - 6.89) \quad x \quad 5.5}{1}$$

$$\Delta x +9,50 = \mathbf{34.15 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +9,50 = 0.025 \quad x \quad 4500$$

$$\Delta a +9,50 = \mathbf{113 \text{ mm}}$$

$$\Delta x +5,00 = \frac{(\delta 2) \times Cd}{I}$$

$$\Delta x +5,00 = \frac{(6.89) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta x +5,00 = \mathbf{37.88 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +5,00 = 0.025 \times 5000$$

$$\Delta a +5,00 = \mathbf{125 \text{ mm}}$$

$$\Delta y +13,50 = \frac{(\delta 4 - \delta 3) \times 0}{I}$$

$$\Delta y +13,50 = \frac{(13.95 - 11.18) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta y +13,50 = \mathbf{15.25 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +13,50 = 0.025 \times 4000$$

$$\Delta a +13,50 = \mathbf{100 \text{ mm}}$$

$$\Delta y +9,50 = \frac{(\delta 3 - \delta 2) \times Cd}{I}$$

$$\Delta y +9,50 = \frac{(11.18 - 5.74) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta y +9,50 = \mathbf{29.92 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +9,50 = 0.025 \times 4500$$

$$\Delta a +9,50 = \mathbf{113 \text{ mm}}$$

$$= \frac{(\delta 2) \times Cd}{I}$$

$$\Delta y_{+5,00} = \frac{I}{1} \left( \frac{5.74}{1} \right) \times 5.5$$

$$\Delta y_{+5,00} = 31.58 \text{ mm}$$

$$\Delta a_{+5,00} = 0.025 \times 5000$$

$$\Delta a_{+5,00} = 125 \text{ mm}$$

**Tabel 4.14** Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	Joint	Hsx	$\delta x$	$\Delta x$	$\Delta a$	Keterangan
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
+ 13,50	70.00	4000	16.85	20.65	100	<b>Aman</b>
+ 09,50	50.00	4500	13.10	34.15	112.5	<b>Aman</b>
+ 05,00	21.00	5000	6.89	37.88	125	<b>Aman</b>

**Tabel 4.15** Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Joint	Hsx	$\delta y$	$\Delta y$	$\Delta a$	Keterangan
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
+ 13,50	70.00	4000	13.95	15.25	100	<b>Aman</b>
+ 09,50	50.00	4500	11.18	29.92	112.5	<b>Aman</b>
+ 05,00	21.00	5000	5.74	31.58	125	<b>Aman</b>

#### 4.2.4 Pengecekan Penulangan Element Struktural Bangunan Existing

##### a. Pemeriksaan Tulangan Balok

##### 1) $A_{s_{min}}$ Tulangan Lentur

- B2

- Tulangan Tumpuan Atas

$$= \left( \frac{1.4 \times P_x (L - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}))}{f_y} \right)$$

$$= ((1.4 \times 400 \times (750 - 40 - 13 - (0.5 \times 22)) / 400))$$

$$= 960.4 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Tumpuan Bawah

$$= ((1.4 \times P_x (L - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur})) / f_y))$$

$$= ((1.4 \times 400 \times (750 - 40 - 13 - (0.5 \times 22)) / 400))$$

$$= 960.4 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan Atas

$$= ((1.4 \times P_x (L - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur})) / f_y))$$

$$= ((1.4 \times 400 \times (750 - 40 - 13 - (0.5 \times 22)) / 400))$$

$$= 960.4 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan Bawah

$$= ((1.4 \times P_x (L - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur})) / f_y))$$

$$= ((1.4 \times 400 \times (750 - 40 - 13 - (0.5 \times 22)) / 400))$$

$$= 960.4 \text{ mm}^2$$

- B3

- Tulangan Tumpuan Atas

$$= ((1.4 \times P_x (L - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur})) / f_y))$$

$$= ((1.4 \times 400 \times (650 - 40 - 13 - (0.5 \times 22)) / 400))$$

$$= 820.4 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Tumpuan Bawah

$$= ((1.4 \times P_x (L - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur})) / f_y))$$

$$= ((1.4 \times 400 \times (650 - 40 - 13 - (0.5 \times 22)) / 400))$$

$$= 820.4 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan Atas

$$= ((1.4 \times P_x (L - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur})) / f_y))$$

$$= ((1.4 \times 400 \times (650 - 40 - 13 - (0.5 \times 22)) / 400))$$

$$= 820.4 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan Bawah
  - =  $((1.4 \times P_x(L - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/f_y)$
  - =  $((1.4 \times 400 \times (650 - 40 - 13 - (0.5 \times 22))/400)$
  - =  $820.4 \text{ mm}^2$

## 2) Luas Tulangan Lentur

- B2

- Tulangan Tumpuan Atas
  - =  $0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2$
  - =  $0.25 \times 3.14 \times 22^2$
  - =  $380.29 \text{ mm}^2$

- Tulangan Tumpuan Bawah
  - =  $0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2$
  - =  $0.25 \times 3.14 \times 22^2$
  - =  $380.29 \text{ mm}^2$

- Tulangan Lapangan Atas
  - =  $0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2$
  - =  $0.25 \times 3.14 \times 22^2$
  - =  $380.29 \text{ mm}^2$

- Tulangan Lapangan Bawah
  - =  $0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2$
  - =  $0.25 \times 3.14 \times 22^2$
  - =  $380.29 \text{ mm}^2$

- B3

- Tulangan Tumpuan Atas
  - =  $0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2$
  - =  $0.25 \times 3.14 \times 22^2$
  - =  $380.29 \text{ mm}^2$

- Tulangan Tumpuan Bawah
  - =  $0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 22^2$$

$$= 380.29 \text{ mm}^2$$

○ Tulangan Lapangan Atas

$$= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 22^2$$

$$= 380.29 \text{ mm}^2$$

○ Tulangan Lapangan Bawah

$$= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 22^2$$

$$= 380.29 \text{ mm}^2$$

3)  $A_{SAktual}$  Tulangan Lentur

• B2

○ Tulangan Tumpuan Atas

$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 8 \times 380.2857143$$

$$= 3042.28 \text{ mm}^2$$

○ Tulangan Tumpuan Bawah

$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 4 \times 380.2857143$$

$$= 1521.14 \text{ mm}^2$$

○ Tulangan Lapangan Atas

$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 4 \times 380.2857143$$

$$= 1521.14 \text{ mm}^2$$

○ Tulangan Lapangan Bawah

$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 7 \times 380.2857143$$

$$= 2662 \text{ mm}^2$$

- B3

- Tulangan Tumpuan Atas

$$\begin{aligned} &= n \times \text{Luas Tulangan} \\ &= 7 \times 380.2857143 \\ &= 2662 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Tulangan Tumpuan Bawah

$$\begin{aligned} &= n \times \text{Luas Tulangan} \\ &= 4 \times 380.2857143 \\ &= 1521.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan Atas

$$\begin{aligned} &= n \times \text{Luas Tulangan} \\ &= 4 \times 380.2857143 \\ &= 1521.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan Bawah

$$\begin{aligned} &= n \times \text{Luas Tulangan} \\ &= 7 \times 380.2857143 \\ &= 2662 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### 4) Cek Tulangan Lentur

- B2

- Tulangan Tumpuan Atas

$$\begin{aligned} &= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}} \\ &= 3042 > 1045 \\ &= \text{Aman} \end{aligned}$$

- Tulangan Tumpuan Bawah

$$\begin{aligned} &= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}} \\ &= 1521 > 687 \\ &= \text{Aman} \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan Atas

$$\begin{aligned} &= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}} \\ &= 1521 > 341 \\ &= \text{Aman} \end{aligned}$$

○ Tulangan Lapangan Bawah

$$= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}}$$

$$= 2662 > 689$$

$$= \text{Aman}$$

• B3

○ Tulangan Tumpuan Atas

$$= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}}$$

$$= 2662 > 1029$$

$$= \text{Aman}$$

○ Tulangan Tumpuan Bawah

$$= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}}$$

$$= 1521 > 673$$

$$= \text{Aman}$$

○ Tulangan Lapangan Atas

$$= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}}$$

$$= 1521 > 673$$

$$= \text{Aman}$$

○ Tulangan Lapangan Bawah

$$= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}}$$

$$= 2662 > 715$$

$$= \text{Aman}$$

5) Luas Tulangan Geser

• B2

○ Tulangan Tumpuan

$$= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2 \times 2$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 2$$

$$= 265.57 \text{ mm}^2$$

○ Tulangan Lapangan

$$= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2 \times 2$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 2$$

$$= 265.57 \text{ mm}^2$$



- B3

- Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \times 2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 2 \\ &= 265.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \times 2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 2 \\ &= 265.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

6)  $S_{\text{perlu}}$  Tulangan Geser

- B2

- Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} &= \text{Luas} / Av/S_{\text{Perlu}} \\ &= 265.57 / 1.28 \\ &= 208.13 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} &= \text{Luas} / Av/S_{\text{Perlu}} \\ &= 265.57 / 1.20 \\ &= 220.94 \text{ mm} \end{aligned}$$

- B3

- Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} &= \text{Luas} / Av/S_{\text{Perlu}} \\ &= 265.57 / 1.24 \\ &= 215.04 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} &= \text{Luas} / Av/S_{\text{Perlu}} \\ &= 265.57 / 1.28 \\ &= 208.13 \text{ mm} \end{aligned}$$

7)  $S_{\max}$  Tulangan Geser

- B2

- Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} &= \text{Minimal}(((\text{Lebar Balok}-40-\varnothing \text{ Tulangan Geser}-(0.5 \times \varnothing \text{ Tulangan Lentur}))/4) \\ & \quad , (6 \times \varnothing \text{ Tulangan Lentur}), (150)) \\ &= \text{Minimal}(((750-40-13-(0.5 \times 22))/4), (6 \times 22), (150)) \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} &= \text{Minimal}(((\text{Lebar Balok}-40-\varnothing \text{ Tulangan Geser}-(0.5 \times \varnothing \text{ Tulangan Lentur}))/2)) \\ &= \text{Minimal}(((750-40-13-(0.5 \times 22))/2)) \\ &= 343 \text{ mm} \end{aligned}$$

- B3

- Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} &= \text{Minimal}(((\text{Lebar Balok}-40-\varnothing \text{ Tulangan Geser}-(0.5 \times \varnothing \text{ Tulangan} \\ & \quad \text{Lentur}))/4), (6 \times \varnothing \text{ Tulangan Lentur}), (150)) \\ &= \text{Minimal}(((650-40-13-(0.5 \times 22))/4), (6 \times 22), (150)) \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} &= \text{Minimal}(((\text{Lebar Balok}-40-\varnothing \text{ Tulangan Geser}-(0.5 \times \varnothing \text{ Tulangan Lentur}))/2)) \\ &= \text{Minimal}(((650-40-13-(0.5 \times 22))/2)) \\ &= 293 \text{ mm} \end{aligned}$$

8)  $S_{\text{terpakai}}$  Tulangan Geser

- B2

- Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} &= \text{Minimal ( Sperlu : } S_{\max} \text{ )} \\ &= \text{Minimal ( 208.13 : 132 )} \\ &= 132.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} &= \text{Minimal ( Sperlu : } S_{\max} \text{ )} \\ &= \text{Minimal ( 220.94 : 343 )} \\ &= 220.94 \text{ mm} \end{aligned}$$

- B3
  - Tulangan Tumpuan
    - = Minimal (  $S_{perlu} : S_{max}$  )
    - = Minimal ( 215.04 : 132 )
    - = 132.00 mm
  - Tulangan Lapangan
    - = Minimal (  $S_{perlu} : S_{max}$  )
    - = Minimal ( 239.47 : 293 )
    - = 239.47 mm

9) Jarak Antar Tulangan Geser

- B2
  - Tulangan Tumpuan
    - = Pembulatan (  $S_{terpakai} / 10$  ) x 10
    - = Pembulatan ( 132.00 / 10 ) x 10
    - = 130 mm
  - Tulangan Lapangan
    - = Pembulatan (  $S_{terpakai} / 10$  ) x 10
    - = Pembulatan ( 220.94 / 10 ) x 10
    - = 220 mm
- B3
  - Tulangan Tumpuan
    - = Pembulatan (  $S_{terpakai} / 10$  ) x 10
    - = Pembulatan ( 132.00 / 10 ) x 10
    - = 130 mm
  - Tulangan Lapangan
    - = Pembulatan (  $S_{terpakai} / 10$  ) x 10
    - = Pembulatan ( 239.47 / 10 ) x 10
    - = 230 mm

10) Tabel Pemeriksaan Tulangan Balok

**Tabel 4.16** Pemeriksaan Tulangan Lentur Balok

Nama	Ukuran Balok	Daerah	Letak Tulangan	As <sub>perlu</sub> mm <sup>2</sup>	As <sub>min</sub> mm <sup>2</sup>	Ø mm	Luas mm <sup>2</sup>	n	As <sub>Aktua</sub> i mm <sup>2</sup>	Cek	Di Pasang
B2	400 x 750	Tump.	Atas	1045	960	22	380.29	8	3042	Aman	8 D 22
			bawah	687	960	22	380.29	4	1521	Aman	4 D 22
		Lap.	Atas	341	960	22	380.29	4	1521	Aman	4 D 22
			bawah	689	960	22	380.29	7	2662	Aman	7 D 22
B3	400 x 650	Tump.	Atas	1029	820	22	380.29	7	2662	Aman	7 D 22
			bawah	673	820	22	380.29	4	1521	Aman	4 D 22
		Lap.	Atas	345	820	22	380.29	4	1521	Aman	4 D 22
			bawah	715	820	22	380.29	7	2662	Aman	7 D 22

**Tabel 4.17** Pemeriksaan Tulangan Geser Balok

Nama	Ukuran Balok	Daerah	Av/S <sub>perlu</sub> mm <sup>2</sup> /mm	Ø mm	Luas mm <sup>2</sup>	S <sub>perlu</sub> mm	S <sub>max</sub> mm	S <sub>terpakai</sub> mm	di Pasang
B2	400 x 750	Tump.	1.276	13	265.57	208.13	132	132.00	P 13 - 130
		Lap.	1.202	13	265.57	220.94	343	220.94	P 13 - 220
B3	400 x 650	Tump.	1.235	13	265.57	215.04	132	132.00	P 13 - 130
		Lap.	1.109	13	265.57	239.47	293	239.47	P 13 - 230

b. Pemeriksaan Tulangan Kolom

1) Luas Tulangan Lentur

- K3

$$\begin{aligned}
 &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \\
 &= 380.29 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- K6

$$\begin{aligned}
 &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 16^2 \\
 &= 201.14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

2) AS<sub>Aktual</sub> Tulangan Lentur

- K3

$$\begin{aligned}
 &= n \times \text{Luas Tulangan} \\
 &= 24 \times 380.2857143 \\
 &= 9126.85 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- K6
 
$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 6 \times 201.1428571$$

$$= 1206.85 \text{ mm}^2$$

### 3) Cek Tulangan Lentur

- K3
 
$$= \text{AsAktual} > \text{As perlu}$$

$$= 9127 > 4556$$

$$= \text{Aman}$$

- K6
 
$$= \text{AsAktual} > \text{As perlu}$$

$$= 9127 > 1206$$

$$= \text{Aman}$$

### 4) Luas Tulangan Geser

- K3
 
$$= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \times n$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 3$$

$$= 398.36 \text{ mm}^2$$

- K6
 
$$= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \times n$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times 2$$

$$= 157.14 \text{ mm}^2$$

### 5) $S_{\text{perlu}}$ Tulangan Geser

- K3
 
$$= \text{Luas} / \text{Av/SPerlu}$$

$$= 398.36 / 1.305$$

$$= 305.25 \text{ mm}$$

- K6
  - = Luas / Av/SPerlu
  - = 157.14 / 0.709
  - = 221.64 mm

#### 6) $S_{\max}$ Tulangan Geser

- K3
  - = Minimal ( ( 6 x  $\frac{\text{Ø Tulangan}}{\text{Lentur}}$  ) , ( 150 ) )
  - = Minimal ( ( 6 x 22 ) , ( 150 ) )
  - = 132 mm
- K6
  - = Minimal ( ( 6 x  $\frac{\text{Ø Tulangan}}{\text{Lentur}}$  ) , ( 150 ) )
  - = Minimal ( ( 6 x 16 ) , ( 150 ) )
  - = 96 mm

#### 7) $S_{\text{pakai}}$ Tulangan Geser

- K3
  - = Minimal ( Sperlu : Smax )
  - = Minimal ( 305.25 : 132 )
  - = 132.00 mm
- K6
  - = Minimal ( Sperlu : Smax )
  - = Minimal ( 221.64 : 96 )
  - = 96.00 mm

#### 8) Jarak Antar Tulangan Geser

- K3
  - = Pembulatan ( Spakai / 10 ) x 10
  - = Pembulatan ( 132.00 / 10 ) x 10
  - = 130 mm

- K6
  - = Pembulatan ( Spakai / 10 ) x 10
  - = Pembulatan ( 96.00 / 10 ) x 10
  - = 90 mm

9) Tabel Pemeriksaan Tulangan Kolom

**Tabel 4.18** Pemeriksaan Tulangan Lentur Kolom

Nama	Ukuran Kolom	As perlu	Ø	Luas	n	AsAktual	Cek	di Pasang		
		mm <sup>2</sup>	mm	mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>				
K3	400 x 400	4556	22	380.286	24	9126.857	Aman	24	D	22
K6	350 x 350	1206	16	201.143	6	1206.857	Aman	6	D	16

**Tabel 4.19** Pemeriksaan Tulangan Geser Kolom

Nama	Ukuran Kolom	Av/S <sub>perlu</sub>	Ø	n	Luas	S <sub>perlu</sub>	S <sub>max</sub>	S <sub>pakai</sub>	di Pasang				
		mm <sup>2</sup>	mm		mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm					
K3	400 x 400	1.305	13	3	398.36	305.25	132	132	3	P	13	-	130
K6	350 x 350	0.709	10	2	157.14	221.64	96	96	2	P	10	-	90

c. Pemeriksaan Tulangan Pelat Lantai

1) Luas Tulangan

- Arah X

○ Tumpuan

$$\begin{aligned}
 &= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Ø Tulangan}^2}{4} \times 1000 / \text{jarak} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times \frac{12^2}{4} \times 1000 / 95 \\
 &= 1190.97 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

○ Lapangan

$$\begin{aligned}
 &= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Ø Tulangan}^2}{4} \times 1000 / \text{jarak} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times \frac{12^2}{4} \times 1000 / 210 \\
 &= 538.77 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Tulangan}^2}{\text{jarak}}$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times \frac{12^2 \times 1000}{95}$$

$$= 1190.97 \text{ mm}^2$$

- Lapangan

$$= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Tulangan}^2}{\text{jarak}}$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times \frac{12^2 \times 1000}{210}$$

$$= 538.77 \text{ mm}^2$$

## 2) Menentukan a

- Arah X

- Tumpuan

$$= \left( \frac{\text{Luas} \times f_y}{80} \right) / \left( \frac{f_c \times 0.8 \times 100}{95} \right)$$

$$= \left( \frac{1190.9 \times 24}{80} \right) / \left( \frac{24. \times 0.8 \times 100}{95} \right)$$

$$= 13.51 \text{ mm}^2$$

- Lapangan

$$= \left( \frac{\text{Luas} \times f_y}{80} \right) / \left( \frac{f_c \times 0.8 \times 100}{95} \right)$$

$$= \left( \frac{538.7 \times 24}{80} \right) / \left( \frac{24. \times 0.8 \times 100}{95} \right)$$

$$= 6.11 \text{ mm}^2$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$= \left( \frac{\text{Luas} \times f_y}{80} \right) / \left( \frac{f_c \times 0.8 \times 100}{95} \right)$$

$$= \left( \frac{1190.9 \times 24}{80} \right) / \left( \frac{24. \times 0.8 \times 100}{95} \right)$$

$$= 13.51 \text{ mm}^2$$



○ Lapangan

$$\begin{aligned} &= \left( \text{Luas} \times f_y \right) / \left( f_c \times 0.8 \times 100 \right) \\ &= \left( \frac{538.7}{8} \times 24 \right) / \left( \frac{24.9}{5} \times 0.8 \times 100 \right) \\ &= 6.11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### 3) Menentukan $\phi M_n$

• Arah X

○ Tumpuan

$$\begin{aligned} &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{ Pelat} - 20 - \phi \text{ Tulangan} - (\phi \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= (1190.98 \times 240 \times ((120 - 20 - 12 - (12/2)) - 13.51/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= 19.36 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

○ Lapangan

$$\begin{aligned} &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{ Pelat} - 20 - \phi \text{ Tulangan} - (\phi \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= (538.78 \times 240 \times ((120 - 20 - 12 - (12/2)) - 6.11/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= 9.19 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

• Arah Y

○ Tumpuan

$$\begin{aligned} &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{ Pelat} - 20 - \phi \text{ Tulangan} - (\phi \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= (1190.98 \times 240 \times ((120 - 20 - 12 - (12/2)) - 13.51/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= 19.36 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

○ Lapangan

$$\begin{aligned} &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{ Pelat} - 20 - \phi \text{ Tulangan} - (\phi \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= (538.78 \times 240 \times ((120 - 20 - 12 - (12/2)) - 6.11/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= 9.19 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

#### 4) Cek Tulangan Plat

- Arah X
  - Tumpuan
    - =  $\phi M_n > M_u$
    - =  $19.36 > 19.09$
    - = Aman
  - Lapangan
    - =  $\phi M_n > M_u$
    - =  $9.19 > 9.05$
    - = Aman
- Arah Y
  - Tumpuan
    - =  $\phi M_n > M_u$
    - =  $19.36 > 18.75$
    - = Aman
  - Lapangan
    - =  $\phi M_n > M_u$
    - =  $9.19 > 9.02$
    - = Aman

#### 5) Tabel Pemeriksaan Tulangan Plat Lantai

**Tabel 4.20** Pemeriksaan Tulangan Pelat Lantai

Nama	Daerah	Mu KNm	$\phi$ mm	jarak mm	Luas mm <sup>2</sup>	fc	fy	$\phi M_n$ KNm	a mm	Cek	di Pasang
Tulangan Arah x	Tump.	19.09	12	95	1191	25	240	19.357	13.51	Aman	P 12 - 95
Tulangan Arah x	Lap.	9.05	12	210	538.78	25	240	9.187	6.109	Aman	P 12 - 210
Tulangan Arah Y	Tump.	18.75	12	95	1191	25	240	19.357	13.51	Aman	P 12 - 95
Tulangan Arah Y	Lap.	9.02	12	210	538.78	25	240	9.187	6.109	Aman	P 12 - 210

#### d. Pemeriksaan Tulangan Pelat Atap

##### 1) Luas Tulangan

- Arah X

- Tumpuan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Tulangan}^2}{\text{jarak}} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \frac{10^2 \times 1000}{70} \\ &= 1122.44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Tulangan}^2}{\text{jarak}} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \frac{10^2 \times 1000}{165} \\ &= 476.19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Tulangan}^2}{\text{jarak}} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \frac{10^2 \times 1000}{75} \\ &= 1047.61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Tulangan}^2}{\text{jarak}} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \frac{10^2 \times 1000}{170} \\ &= 462.18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

##### 2) Menentukan a

- Arah X

- Tumpuan

$$\begin{aligned} &= \left( \frac{\text{Luas} \times f_y}{50} \right) / \left( \frac{f_c \times 0.8 \times 100}{9 \times 50} \right) \\ &= \left( \frac{1122.4 \times 24}{50} \right) / \left( \frac{24 \times 0.8 \times 100}{9 \times 50} \right) \\ &= 12.73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

○ Lapangan

$$= \left( \frac{\text{Luas} \times f_y}{f_c \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= \left( \frac{476.1 \times 24}{9 \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= 5.40 \text{ mm}^2$$

• Arah Y

○ Tumpuan

$$= \left( \frac{\text{Luas} \times f_y}{f_c \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= \left( \frac{1047.6 \times 24}{2 \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= 11.88 \text{ mm}^2$$

○ Lapangan

$$= \left( \frac{\text{Luas} \times f_y}{f_c \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= \left( \frac{462.1 \times 24}{8 \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= 5.24 \text{ mm}^2$$

3) Menentukan  $\emptyset M_n$

• Arah X

○ Tumpuan

$$= (\text{Luas} \times f_y \times ((T. \text{ Pelat} - 20 - \emptyset \text{ Tulangan} - (\emptyset \text{ Tulangan} / 2)) - a / 2) \times 10^{-6}) \times 0.9$$

$$= (1122.45 \times 240 \times ((120 - 20 - 10 - (10 / 2)) - 12.73 / 2) \times 10^{-6}) \times 0.9$$

$$= 19.07 \text{ kN/m}$$

○ Lapangan

$$= (\text{Luas} \times f_y \times ((T. \text{ Pelat} - 20 - \emptyset \text{ Tulangan} - (\emptyset \text{ Tulangan} / 2)) - a / 2) \times 10^{-6}) \times 0.9$$

$$= (476.19 \times 240 \times ((120 - 20 - 10 - (10 / 2)) - 5.40 / 2) \times 10^{-6}) \times 0.9$$

$$= 8.47 \text{ kN/m}$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{ Pelat } -20 - \emptyset \text{ Tulangan} - (\emptyset \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\
 &= (1047.62 \times 240 \times ((120 - 20 - 10 - (10/2)) - 11.88/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\
 &= 17.89 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{ Pelat } -20 - \emptyset \text{ Tulangan} - (\emptyset \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\
 &= (462.18 \times 240 \times ((120 - 20 - 10 - (10/2)) - 5.24/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\
 &= 8.22 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

#### 4) Cek Tulangan Plat

- Arah X

- Tumpuan

$$\begin{aligned}
 &= \emptyset M_n > M_u \\
 &= 19.07 > 18.35 \\
 &= \text{Aman}
 \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned}
 &= \emptyset M_n > M_u \\
 &= 8.47 > 8.35 \\
 &= \text{Aman}
 \end{aligned}$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$\begin{aligned}
 &= \emptyset M_n > M_u \\
 &= 17.89 > 17.75 \\
 &= \text{Aman}
 \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned}
 &= \emptyset M_n > M_u \\
 &= 8.22 > 8.13 \\
 &= \text{Aman}
 \end{aligned}$$

5) Tabel Pemeriksaan Tulangan Plat Atap

Tabel 4.21 Pemeriksaan Tulangan Pelat Atap

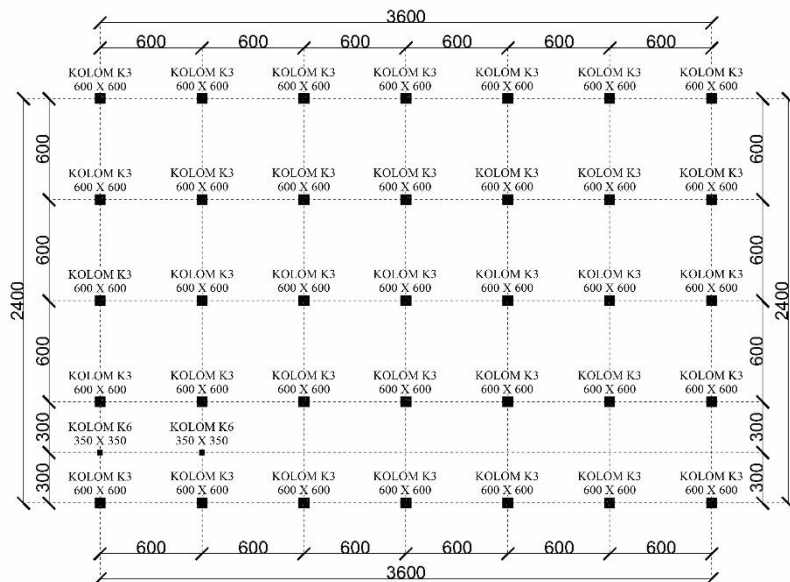
Nama	Daerah	Mu KNm	Ø mm	jarak mm	Luas mm <sup>2</sup>	fc	fy	ØMn KNm	a mm	Cek	di Pasang
Tulangan Arah x	Tump.	18.35	10	70	1122.4	25	240	19.065	12.73	Aman	P 10 - 70
Tulangan Arah x	Lap.	8.35	10	165	476.19	25	240	8.465	5.4	Aman	P 10 - 165
Tulangan Arah Y	Tump.	17.75	10	75	1047.6	25	240	17.890	11.88	Aman	P 10 - 75
Tulangan Arah Y	Lap.	8.13	10	170	462.18	25	240	8.224	5.241	Aman	P 10 - 170

4.3 Struktur Bangunan Setelah Penambahan Lantai

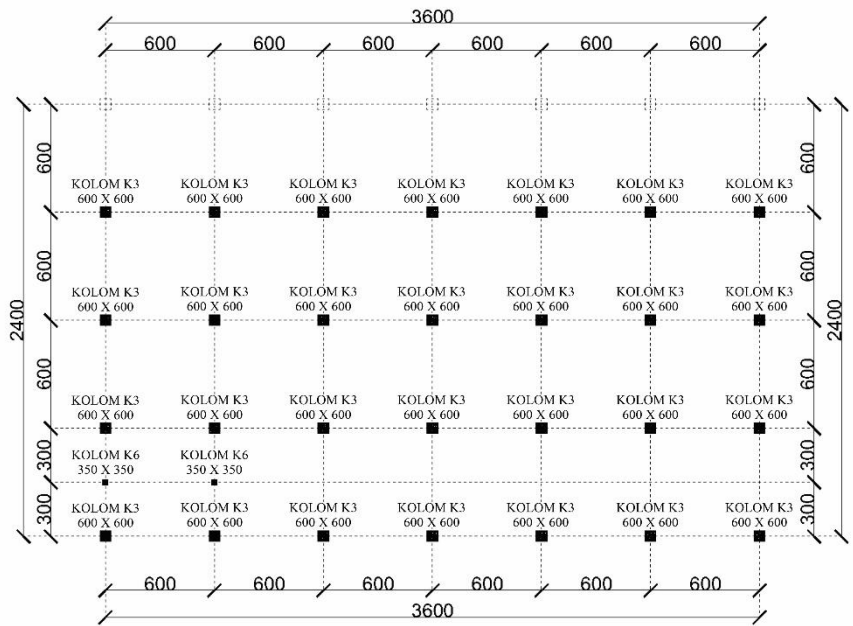
4.3.1 Data Struktur Bangunan Existing

a. Data Gambar

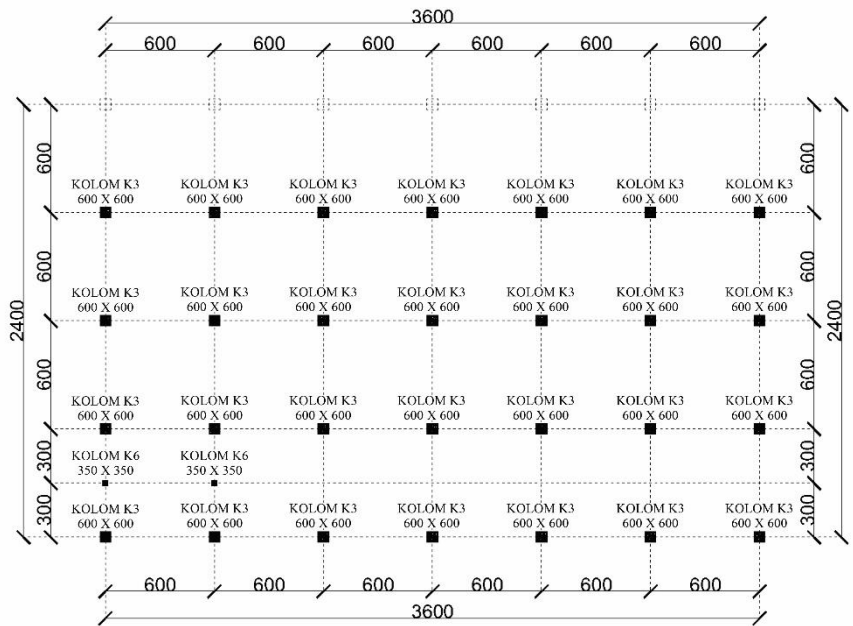
1) Denah Perletakan Kolom



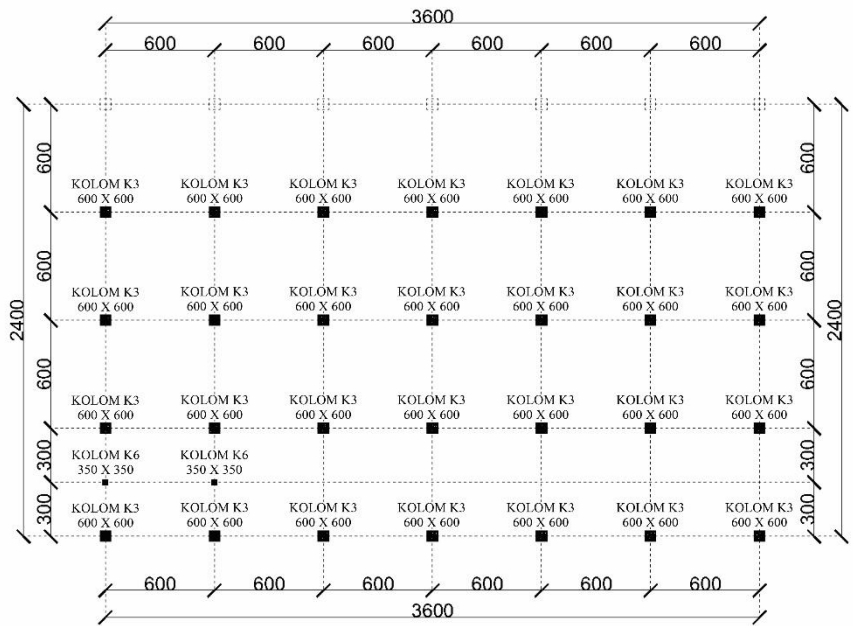
Gambar 4.44 Denah Perletakan Kolom L1



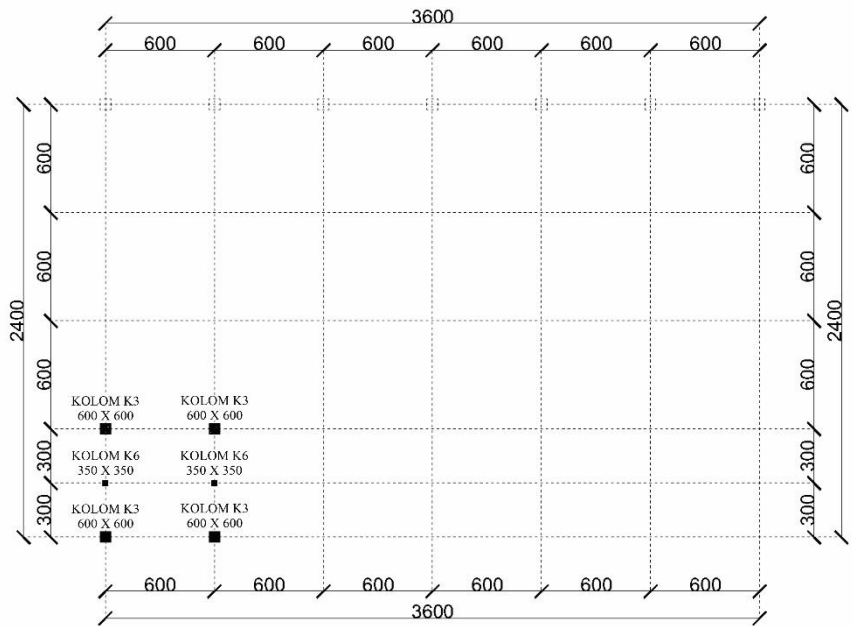
**Gambar 4.45** Denah Perletakan Kolom L2



**Gambar 4.46** Denah Perletakan Kolom L3



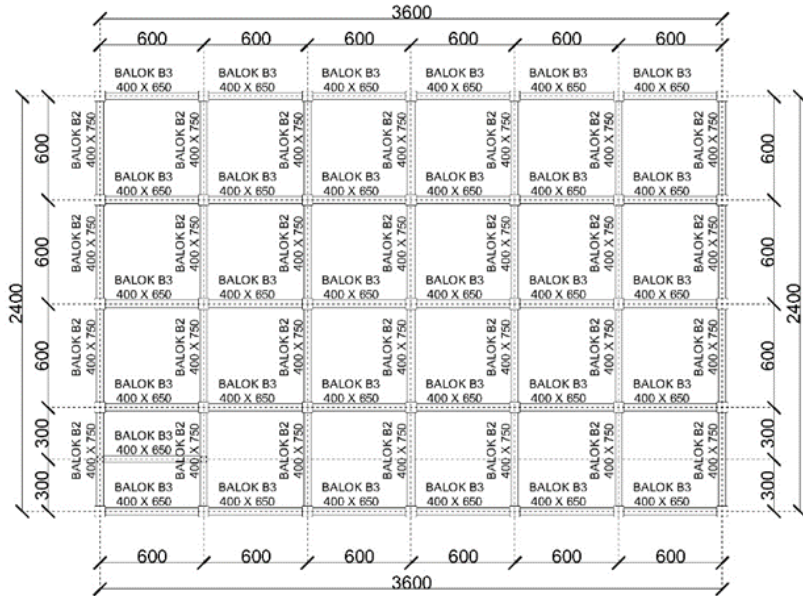
**Gambar 4.47** Denah Perletakan Kolom L4



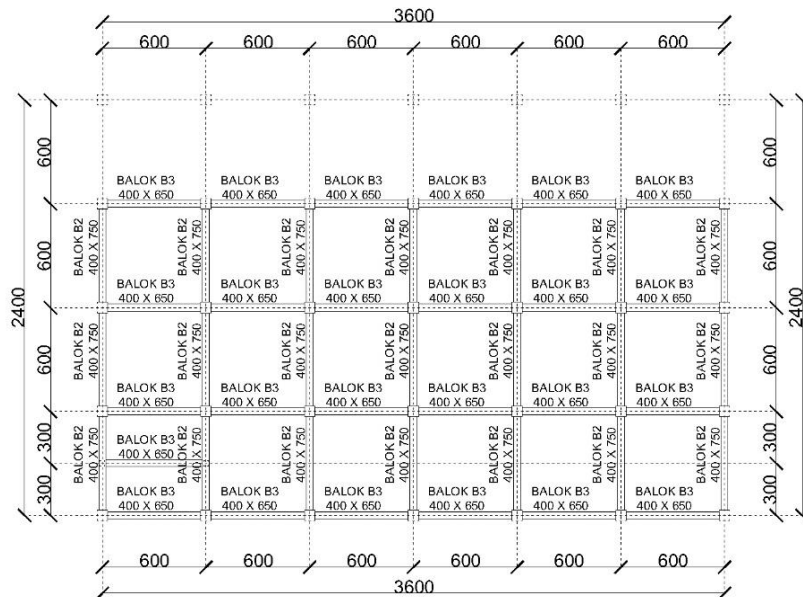
**Gambar 4.48** Denah Perletakan Kolom L5



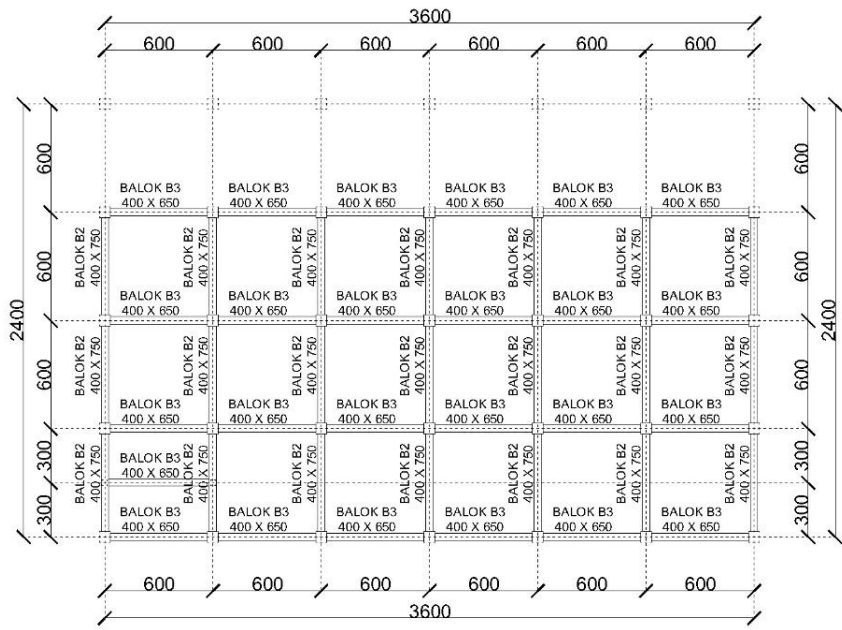
## 2) Denah Perletakan Balok



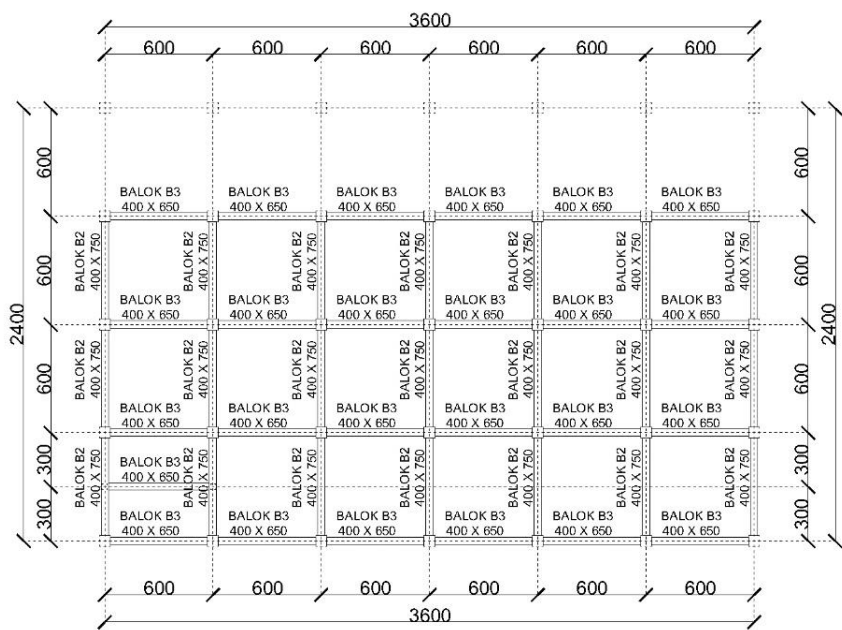
**Gambar 4.49** Denah Perletakan Balok L1



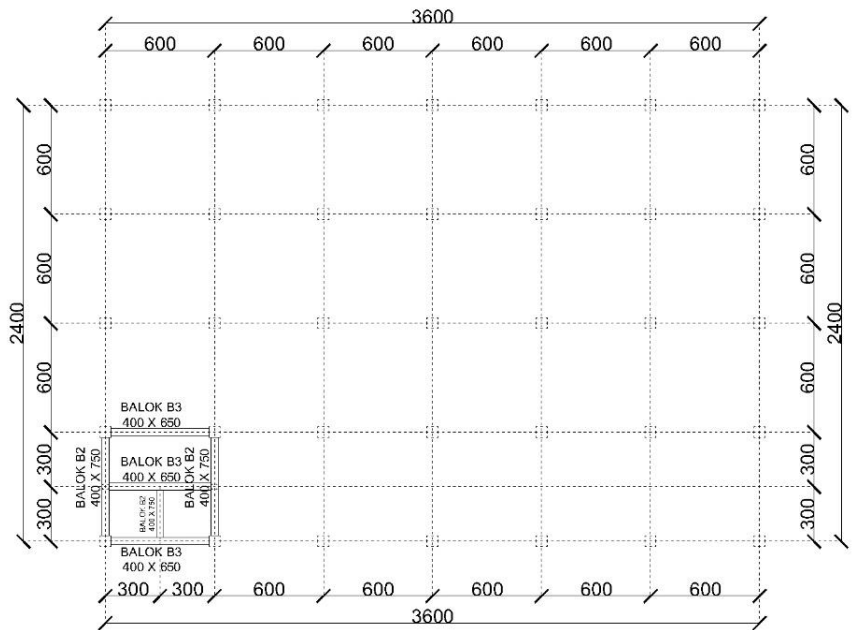
**Gambar 4.50** Denah Perletakan Balok L2



**Gambar 4.51** Denah Perletakan Balok L3



**Gambar 4.52** Denah Perletakan Balok L4



**Gambar 4.53** Denah Perletakan Balok L5

b. Data Material dan Fungsi Bangunan

1) Mutu Kuat Tekan Beton ( $f'c$ )

(a) Lantai 1

**Tabel 4.22** Mutu Kuat Tekan Beton Lantai 1

No	Nama material	$f'c$ (MPa)	E (MPa)
1	Kolom K3 dan K6	30	25742.9602
2	Balok B2 dan B3	30	25742.9602

(b) Lantai 2

**Tabel 4.23** Mutu Kuat Tekan Beton Lantai 2

No	Nama material	$f'c$ (MPa)	E (MPa)
1	Kolom K3 dan K6	30	25742.9602
2	Balok B2 dan B3	30	25742.9602

(c) Lantai 3

**Tabel 4.24** Mutu Kuat Tekan Beton Lantai 3

No	Nama material	$f'c$ (MPa)	E (MPa)
1	Kolom K3 dan K6	30	25742.9602
2	Balok B2 dan B3	30	25742.9602

(d)Lantai 4

**Tabel 4.25** Mutu Kuat Tekan Beton Lantai 4

No	Nama material	f'c (MPa)	E (MPa)
1	Kolom K3 dan K6	30	25742.9602
2	Balok B2 dan B3	30	25742.9602

(e)Lantai 5

**Tabel 4.26** Mutu Kuat Tekan Beton Lantai 4

No	Nama material	f'c (MPa)	E (MPa)
1	Kolom K3 dan K6	30	25742.9602
2	Balok B2 dan B3	30	25742.9602

2) Mutu Baja Tulangan

**Tabel 4.27** Mutu Baja Tulangan

No	Nama material	Fy (MPa)	Fu (MPa)	Fye (MPa)	Fue (MPa)
1	Baja Tulangan U39	410	550	451	825
2	Baja Tulangan U24	240	370	264	555

3) Existing Tebal Pelat

- (a) Pelat L1 : 0,12 m
- (b) Pelat L2 : 0,12 m
- (c) Pelat L3 : 0,12 m
- (d) Pelat L4 : 0,10 m
- (e) Pelat L5 : 0,10 m
- (f) Pelat dinding geser (*Shear Wall*) : 0,15 m

4) Berat Bahan Dan Rangka Plafon : 0,2 kN/m<sup>2</sup>

5) Fungsi Lantai Bangunan

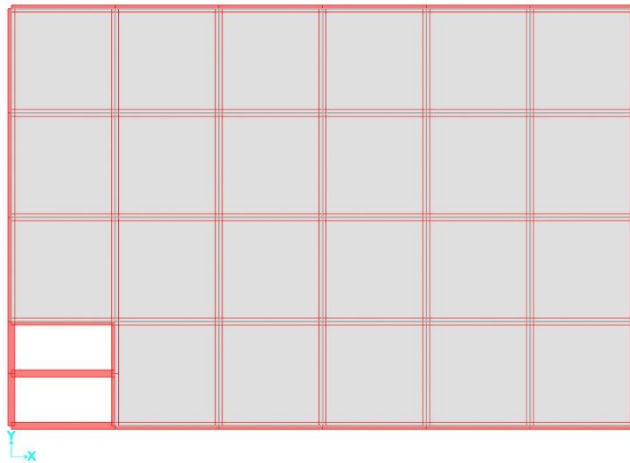
- (a) Lantai 1 (satu) : laboratorium, kantor, toilet
- (b) Lantai 2 (dua) : laboratorium, kantor, toilet
- (c) Lantai 3 (tiga) : laboratorium, kantor, toilet
- (d) Lantai 4 (tiga) : laboratorium, kantor, toilet
- (e) Lantai 5 (lima) : ruang mesin *lift*, *rooftop*

c. Data Material dan Fungsi Bangunan

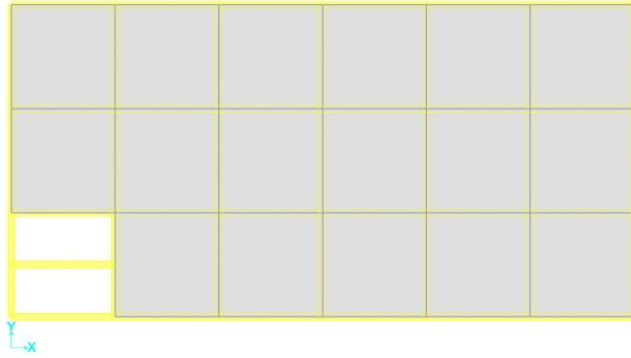
- 1) Lokasi bangunan : Kota Bogor
- 2) Fungsi layanan konstruksi : Gedung Rumah Sakit
- 3) Jenis tanah di lokasi : Tanah Sedang (SD)
- 4) Sistem struktur bangunan : RPKM

4.3.2 Model Struktur *Existing*

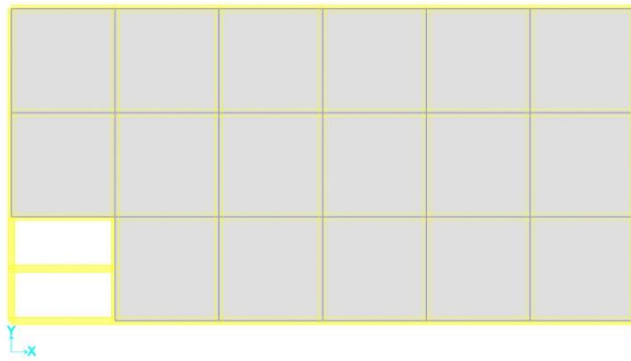
a. Denah



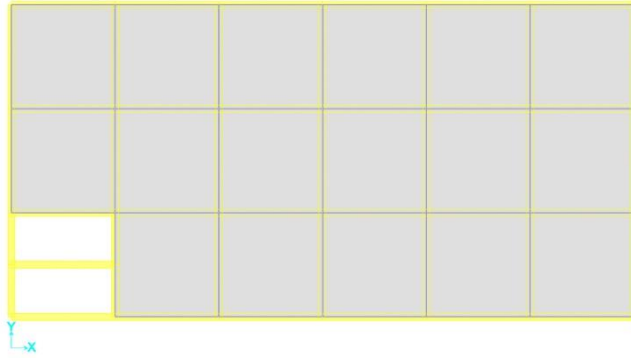
Gambar 4.54 Denah Model Struktur Rumah Sakit L1



**Gambar 4.55** Denah Model Struktur Rumah Sakit L2



**Gambar 4.56** Denah Model Struktur Rumah Sakit L3



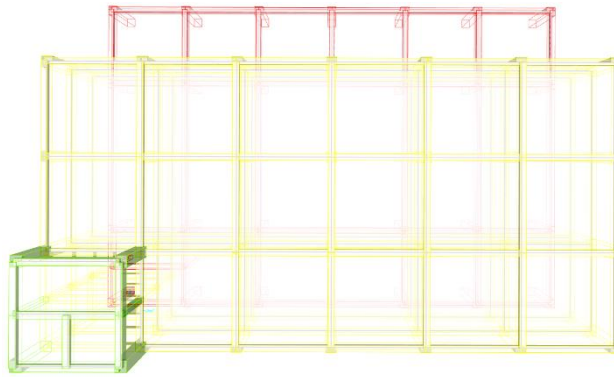
**Gambar 4.57** Denah Model Struktur Rumah Sakit L4



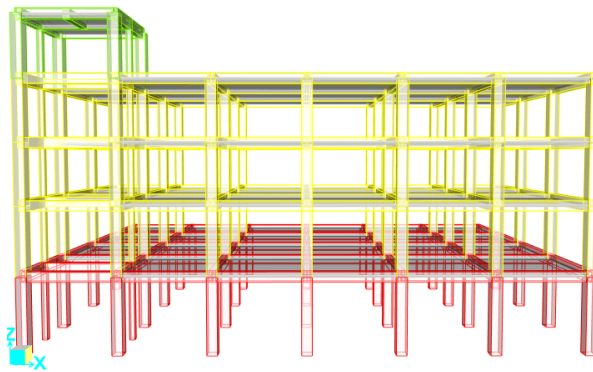
**Gambar 4.58** Denah Model Struktur Rumah Sakit L3



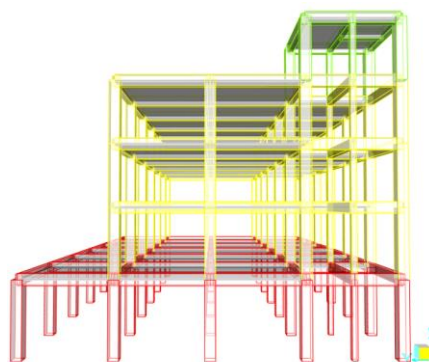
b. Tampak



**Gambar 4.59** Portal Struktur Rumah Sakit (X-Z)



**Gambar 4.60** Portal Struktur Rumah Sakit (Y-Z)



**Gambar 4.61** Portal Struktur Rumah Sakit (X-Y)

### **4.3.3 Pembebanan Struktur *Existing***

Dalam analisis struktur ini, digunakan sejumlah asumsi untuk menentukan dan mengalirkan beban-beban yang beroperasi pada struktur. Tujuannya adalah untuk menyederhanakan pola pembebanan yang kompleks karena berbagai jenis dan desain struktur, tetapi tanpa mengurangi besar dari beban-beban tersebut. Di bawah ini adalah asumsi-asumsi pembebanan yang digunakan:

1. Beban yang bekerja pada struktur mencakup beban mati, beban hidup, beban angin, beban hujan, dan beban gempa.
2. Bobot sendiri dari komponen struktur seperti balok, kolom, dan pelat dihitung secara otomatis oleh program SAP2000 V.22.
3. Beban pada pelat dihitung dan dimasukkan ke dalam program SAP2000 V.22, termasuk beban plafon dan peralatan Mechanical Electrical and Plumbing (MEP), serta beban hidup sesuai dengan fungsi lantai masing-masing.
4. Beban pada balok dihitung dan dimasukkan ke dalam program SAP2000 V.22 sebagai beban mati yang dihasilkan oleh berat dinding sesuai dengan lokasi dinding pada denah.
5. Tangga dan atap diasumsikan hanya sebagai beban pada balok tempat mereka berada, dan tidak dimodelkan sebagai bagian integral dari struktur portal bangunan.
6. Beban yang berasal dari lift dan ruang mesin lift diasumsikan bekerja pada kolom yang berada di bawah profil baja yang terletak di atas area lift. Dengan menggunakan berbagai asumsi ini, pembebanan pada struktur dapat dihitung sebagai berikut:

## A. Beban pada masing-masing lantai

### 1. Lantai 2

- a. Tinggi tingkat : 4,5 m
- b. Fungsi tingkat : laboratorium, kantor, toilet

#### Pembebanan

##### a. Pada Pelat Lantai

###### 1) Beban mati

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat pasir 6,4 cm	=	0,064 x 16 = 1,024 kN/M <sup>2</sup>
Berat spesi 3 cm	=	0,03 x 22 = 0,66 kN/M <sup>2</sup>
Berat ubin 0,6 cm	=	0,006 x 22 = 0,132 kN/M <sup>2</sup>
Berat plafon	=	0,2 = 0,2 kN/M <sup>2</sup>
Berat instalasi ME	=	0,25 = 0,25 kN/M <sup>2</sup>
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	2,266 kN/M <sup>2</sup>

###### 2) Beban hidup

Lobi	=	4,79 kN/M <sup>2</sup>
Kantor	=	2,4 kN/M <sup>2</sup>
Toilet <i>rooms</i>	=	2,87 kN/M <sup>2</sup>
Ruang makan dan restoran	=	4,79 kN/M <sup>2</sup>

##### b. Pada Balok

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat dinding bata	=	2,5 x 2,5 = 6,25 kN/M <sup>2</sup>
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	6,25 kN/M <sup>2</sup>

### 2. Lantai 3

- a. Tinggi tingkat : 4 m
- b. Fungsi tingkat : laboratorium, kantor, toilet

## Pembebanan

### c. Pada Pelat Lantai

#### 1) Beban mati

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat pasir 6,4 cm	=	0,064 x 16 = 1,024 kN/M <sup>2</sup>
Berat spesi 3 cm	=	0,03 x 22 = 0,66 kN/M <sup>2</sup>
Berat ubin 0,6 cm	=	0,006 x 22 = 0,132 kN/M <sup>2</sup>
Berat plafon	=	0,2 = 0,2 kN/M <sup>2</sup>
Berat instalasi ME	=	0,25 = 0,25 kN/M <sup>2</sup>
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	2,266 kN/M <sup>2</sup>

#### 2) Beban hidup

Lobi	=	4,79 kN/M <sup>2</sup>
Kantor	=	2,4 kN/M <sup>2</sup>
Toilet <i>rooms</i>	=	2,87 kN/M <sup>2</sup>
Ruang makan dan restoran	=	4,79 kN/M <sup>2</sup>

### 3. Lantai 4

- a. Tinggi tingkat : 4 m
- b. Fungsi tingkat : laboratorium, kantor, toilet

## Pembebanan

### c. Pada Pelat Lantai

#### 1) Beban mati

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat pasir 6,4 cm	=	0,064 x 16 = 1,024 kN/M <sup>2</sup>
Berat spesi 3 cm	=	0,03 x 22 = 0,66 kN/M <sup>2</sup>
Berat ubin 0,6 cm	=	0,006 x 22 = 0,132 kN/M <sup>2</sup>
Berat plafon	=	0,2 = 0,2 kN/M <sup>2</sup>
Berat instalasi ME	=	0,25 = 0,25 kN/M <sup>2</sup>
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	2,266 kN/M <sup>2</sup>

2) Beban hidup

Lobi	=	4,79	kN/M <sup>2</sup>
Kantor	=	2,4	kN/M <sup>2</sup>
Toilet <i>rooms</i>	=	2,87	kN/M <sup>2</sup>
Ruang makan dan restoran	=	4,79	kN/M <sup>2</sup>

4. Lantai 4

- a. Tinggi tingkat : 4 m
- b. Fungsi tingkat : ruang mesin *lift, rooftop*

Pembebanan

c. Pada Pelat Lantai

1) Beban mati

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat pasir 6,4 cm	=	0,064 x 16 = 1,024 kN/M <sup>2</sup>
Berat spesi 3 cm	=	0,03 x 22 = 0,66 kN/M <sup>2</sup>
Berat ubin 0,6 cm	=	0,006 x 22 = 0,132 kN/M <sup>2</sup>
Berat plafon	=	0,2 = 0,2 kN/M <sup>2</sup>
Berat instalasi ME	=	0,25 = 0,25 kN/M <sup>2</sup>
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	2,266 kN/M <sup>2</sup>

2) Beban hidup

Lobi	=	4,79	kN/M <sup>2</sup>
Kantor	=	2,4	kN/M <sup>2</sup>
Toilet <i>rooms</i>	=	2,87	kN/M <sup>2</sup>
Ruang makan dan restoran	=	4,79	kN/M <sup>2</sup>

## 5. Pada Pelat Atap

### 1) Beban mati

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat <i>waterproofing</i>	=	$0,02 \times 14 = 0,28 \text{ kN/M}^2$
Berat plafon	=	$0,2 = 0,2 \text{ kN/M}^2$
Berat instalasi ME	=	$0,25 = 0,25 \text{ kN/M}^2$
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	$0,73 \text{ kN/M}^2$

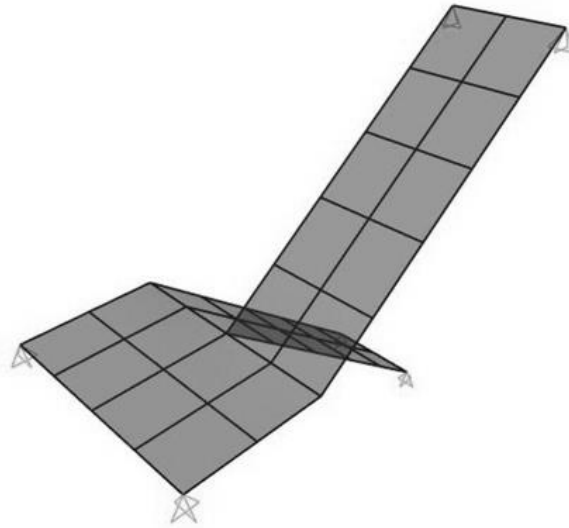
## 6. Pada Balok

Berat sendiri	=	Perhitungan oleh SAP2000
Berat dinding bata	=	$2,5 \times 2,5 = 6,25 \text{ kN/M}^2$
<hr/>		
Total beban mati pada pelat lantai	=	$6,25 \text{ kN/M}^2$

## B. Beban akibat tangga dan lift

### 1. Akibat Tangga

#### a. Model 3D tangga



**Gambar 4.62** Model 3D Tangga

- b. Tebal Pelat Tangga : 150 mm
- c. Optride : 270 mm
- d. Antride : 300 mm
- e. Tinggi Tingkat Max : 4000 mm
- f. Lebar Bordes : 1200 mm
- g. Pembebanan pada Tangga

1) Beban Mati Anak Tangga

Berat spesi dan tegel x 20 anak tangga	=	1,28	kN/M <sup>2</sup>
Berat mati total trap beton	=	0,34	kN/M <sup>2</sup>
Berat besi pegangan	=	0,1	kN/M <sup>2</sup>
Total beban mati pada pelat tangga	=	1,72	kN/M <sup>2</sup>

2) Beban Mati Anak Tangga

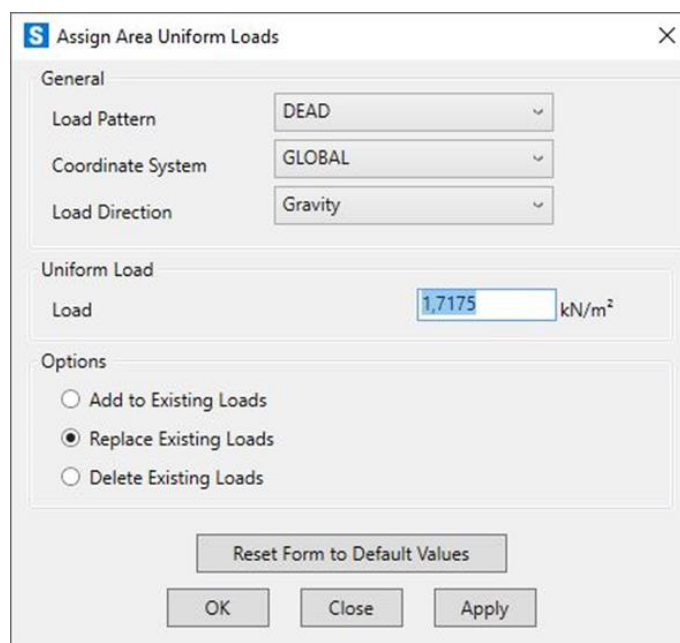
Berat spesi dan tegel x 20 anak tangga	=	1,28	kN/M <sup>2</sup>
Total beban mati pada bordes	=	1,28	kN/M <sup>2</sup>

3) Beban Hidup

Beban hidup	=	3	kN/M <sup>2</sup>
-------------	---	---	-------------------

h. Model Pembebanan pada Tangga

Dimodelkan pada SAP 2000 V.22 dengan tampang 3 dimensi.



**Gambar 4.63** Beban Tangga Akibat Beban Mati pada Plat Tangga



**S Assign Area Uniform Loads** [X]

**General**

Load Pattern: DEAD

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

**Uniform Load**

Load: 1,28 kN/m<sup>2</sup>

**Options**

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

**Gambar 4.64** Beban Tangga Akibat Beban Mati pada Bordes

**S Assign Area Uniform Loads** [X]

**General**

Load Pattern: Live

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

**Uniform Load**

Load: 3 kN/m<sup>2</sup>

**Options**

Add to Existing Loads

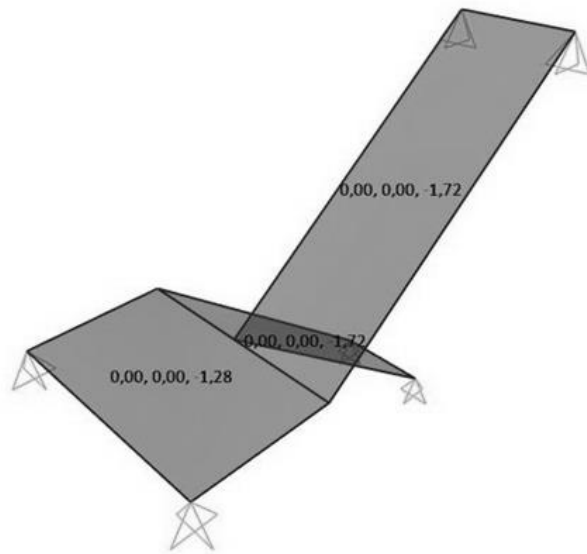
Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

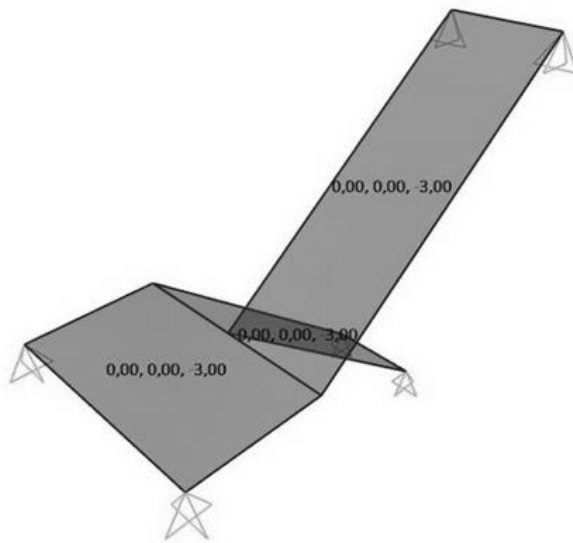
Reset Form to Default Values

OK Close Apply

**Gambar 4.65** Beban Hidup pada Tangga

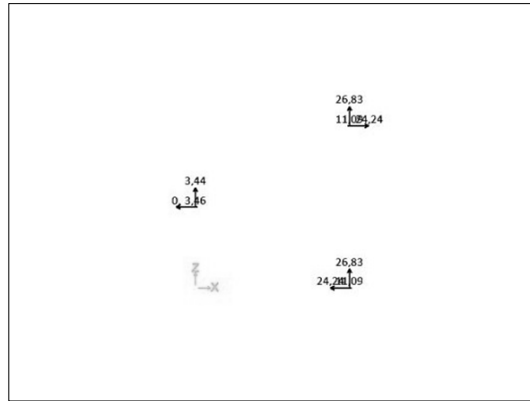


**Gambar 4.66** Model Beban Tangga Akibat Beban Mati



**Gambar 4.67** Model Beban Tangga Akibat Beban Hidup

i. Hasil Running SAP 2000 V.22



**Gambar 4.68** Hasil Running Pembebanan Tangga

j. Pembebanan Pada Balok Akibat Tangga

1) Balok 1 (pada balok bawah tangga)

Beban merata,  $q_T = 11,417 \text{ kN/m}$

2) Balok 2 (pada balok bordes tangga)

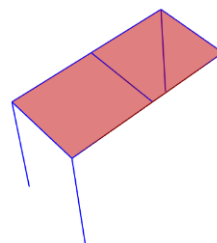
Beban merata,  $q_T = 1,464 \text{ kN/m}$

3) Balok 3 (pada balok atas tangga)

Beban merata,  $q_T = 11,417 \text{ kN/m}$

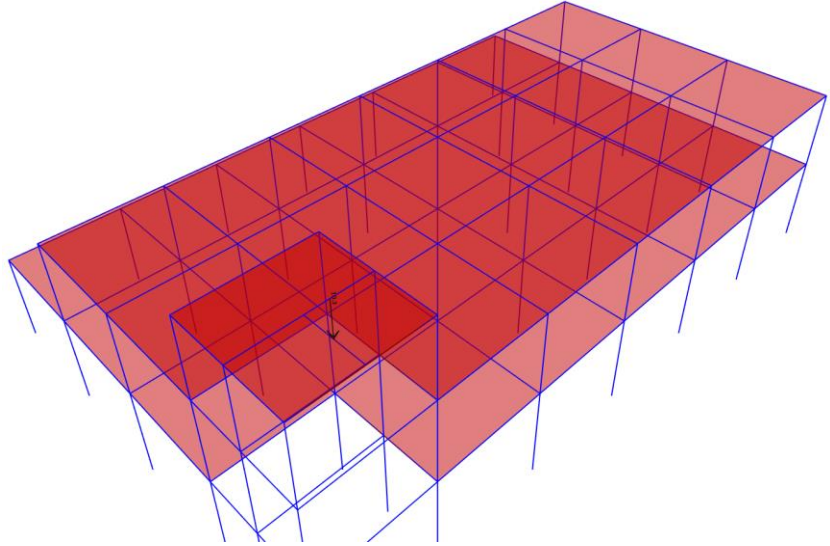
2. Akibat Lift

a. Model 3D Rumah *Lift*

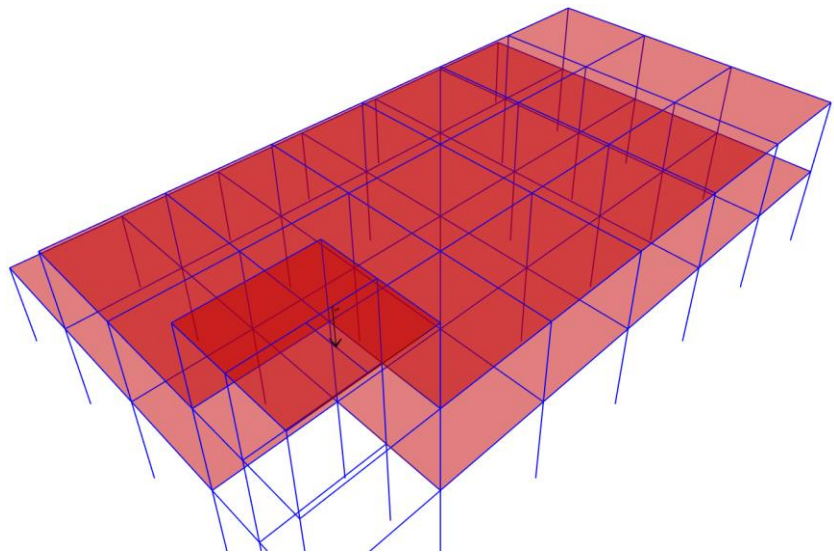


**Gambar 4.69** Model 3d Rumah *Lift*

b. Model Pembebanan pada *Lift*



**Gambar 4.70** Model 3d Pembebanan Mati pada *Lift*



**Gambar 4.71** Model 3d Pembebanan Hidup pada *Lift*

1) Beban mati pada *lift* = 1050 Kg = 10,297 kN

The screenshot shows the 'Assign Joint Forces' dialog box with the following settings:

- General:** Load Pattern is set to 'DEAD' and Coordinate System is set to 'GLOBAL'.
- Forces:** Force Global X is 0 kN, Force Global Y is 0 kN, Force Global Z is -10,297 kN, Moment about Global X is 0 kN-m, Moment about Global Y is 0 kN-m, and Moment about Global Z is 0 kN-m.
- Options:** The 'Replace Existing Loads' radio button is selected.

Buttons at the bottom include 'Reset Form to Default Values', 'OK', 'Close', and 'Apply'.

**Gambar 4.72** Beban Mati pada *Lift*

2) Beban Hidup = 3 kN

The screenshot shows the 'Assign Joint Forces' dialog box with the following settings:

- General:** Load Pattern is set to 'Live' and Coordinate System is set to 'GLOBAL'.
- Forces:** Force Global X is 0 kN, Force Global Y is 0 kN, Force Global Z is -3 kN, Moment about Global X is 0 kN-m, Moment about Global Y is 0 kN-m, and Moment about Global Z is 0 kN-m.
- Options:** The 'Replace Existing Loads' radio button is selected.

Buttons at the bottom include 'Reset Form to Default Values', 'OK', 'Close', and 'Apply'.

**Gambar 4.73** Beban Hidup pada *Lift*

### C. Beban Akibat Hujan

$$\begin{aligned} \text{Total beban hujan} &= 24 \quad \text{kg/M}^2 \\ \text{Total beban hujan} &= 0.23536 \quad \text{kN/M}^2 \end{aligned}$$

### D. Beban Akibat Angin

$$\begin{aligned} \text{Kec. Angin (V)} &= 40 \quad \text{kN/M}^2 \\ K_z &= 0,85 \\ K_d &= 0,85 \\ K_{zt} &= 1 \\ q_h &= 708,63 \end{aligned}$$

The image shows a software dialog box titled "ASCE 7-16 Wind Load Pattern". It is divided into several sections for configuring wind load parameters:

- Exposure and Pressure Coefficients:** Includes radio buttons for "Exposure from Extents of Rigid Diaphragms" and "Exposure from Frame and Area Objects" (which is selected). Below are checkboxes for "Include Area Objects" (checked) and "Include Frame Objects (Open Structure)".
- Wind Exposure Parameters:** Contains input fields for "Wind Direction Angle", "Windward Coeff. Cp", "Leeward Coeff. Cp", "Case (ASCE 7-16 Fig. 27.3-8)", "e1 Ratio (ASCE 7-16 Fig. 27.3-8)", and "e2 Ratio (ASCE 7-16 Fig. 27.3-8)". A button "Modify/Show Exposure Widths..." is located below these fields.
- Wind Coefficients:** Contains input fields for "Wind Speed (mph)" (40), "Exposure Type" (B), "Topographical Factor, Kzt" (1), "Gust Factor" (0.85), "Directionality Factor, Kd" (0.85), and "Solid / Gross Area Ratio".
- Exposure Height:** Includes radio buttons for "Program Calculated" (selected) and "User Specified". Below are input fields for "Maximum Global Z" and "Minimum Global Z", and a "View Details" button.

At the bottom right, there are "OK" and "Cancel" buttons.

Gambar 4.74 Load Pattern Beban Angin pada Atap

a. Dinding di Sisi Angin Datang Arah X

The dialog box titled "Assign Area Wind Pressure Coefficient Loads" contains the following settings:

- Load Pattern:** WX
- Pressure Type:**  Windward (pressure varies over height),  Other (pressure constant over height)
- Load Value:** Pressure Coefficient, Cp: 0,5
- Options:**  Replace Existing Loads,  Delete Existing Loads

Buttons: Reset Form to Default Values, OK, Close, Apply

**Gambar 4.75** Beban Angin pada Dinding Di Sisi Angin Datang Arah X

b. Dinding di Sisi Angin Pergi Arah X

The dialog box titled "Assign Area Wind Pressure Coefficient Loads" contains the following settings:

- Load Pattern:** WX
- Pressure Type:**  Windward (pressure varies over height),  Other (pressure constant over height)
- Load Value:** Pressure Coefficient, Cp: -0,8
- Options:**  Replace Existing Loads,  Delete Existing Loads

Buttons: Reset Form to Default Values, OK, Close, Apply

**Gambar 4.76** Beban Angin pada Dinding Di Sisi Angin Pergi Arah X

c. Dinding di Sisi Angin Datang Arah Y

The screenshot shows a dialog box titled "Assign Area Wind Pressure Coefficient Loads". It contains the following fields and options:

- Load Pattern:** A dropdown menu set to "WY".
- Pressure Type:** Two radio buttons: "Windward (pressure varies over height)" (selected) and "Other (pressure constant over height)".
- Load Value:** A text input field for "Pressure Coefficient, Cp" containing the value "0,513333".
- Options:** Two radio buttons: "Replace Existing Loads" (selected) and "Delete Existing Loads".
- Buttons:** "Reset Form to Default Values", "OK", "Close", and "Apply".

Gambar 4.77 Beban Angin pada Dinding Di Sisi Angin Datang Arah Y

d. Dinding di Sisi Angin Pergi Arah Y

The screenshot shows a dialog box titled "Assign Area Wind Pressure Coefficient Loads". It contains the following fields and options:

- Load Pattern:** A dropdown menu set to "WY".
- Pressure Type:** Two radio buttons: "Windward (pressure varies over height)" (selected) and "Other (pressure constant over height)".
- Load Value:** A text input field for "Pressure Coefficient, Cp" containing the value "-0,8".
- Options:** Two radio buttons: "Replace Existing Loads" (selected) and "Delete Existing Loads".
- Buttons:** "Reset Form to Default Values", "OK", "Close", and "Apply".

Gambar 4.78 Beban Angin pada Dinding Di Sisi Angin Pergi Arah Y



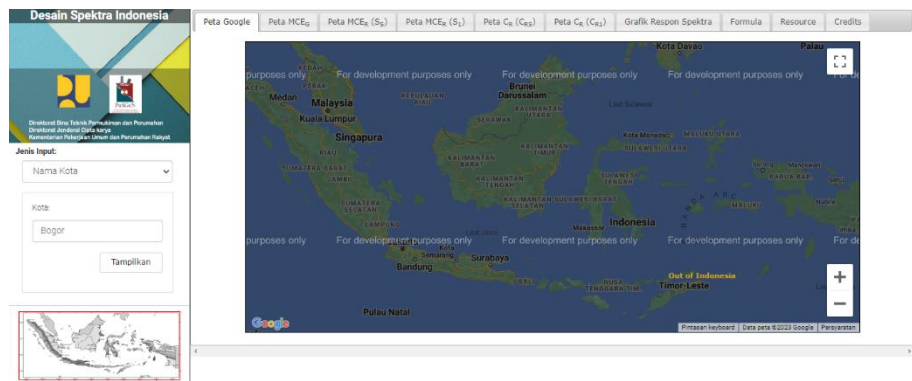
### 4.3.4 Pengaruh Beban Gempa Existing

#### A. Faktor Keutamaan Gempa (I)

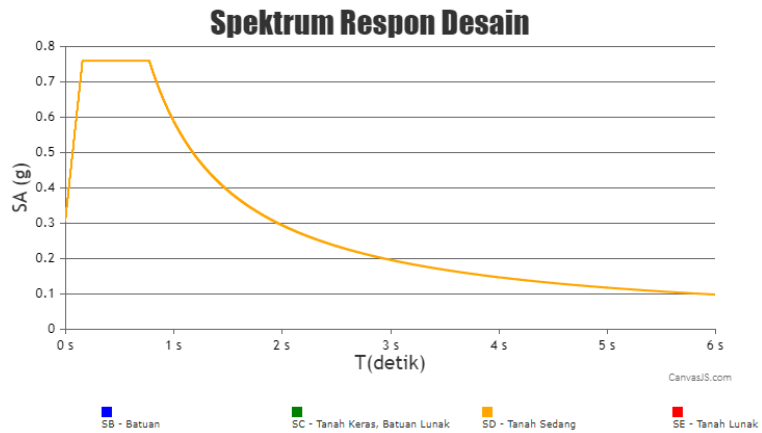
1. Fungsi pelayanan gedung = Gedung Rumah Sakit
2. Kategori risiko bangunan = Risiko II
3. Faktor keutamaan gempa = 1,00
4. Zonasi wilayah gempa = Kota Bogor
5. Klasifikasi situs (jenis tanah) = SD (tanah sedang)

#### B. Parameter Percepatan Respon Gempa

Untuk berbagai variabel respon gempa, harus disesuaikan dengan lokasi bangunan yang ditinjau, adapun parameter-parameter yang didapat dari Desain *Spectra* Indonesia untuk bangunan gedung *mess* Pemda Kabupaten Ciamis sebagai berikut:



Gambar 4.79 Desain *Spectra* Kota Bogor



**Gambar 4.80** Diagram Respon Spektrum Kota Bogor

1. Parameter percepatan terpetakan pada periode pendek  $T = 0,2$  detik ( $S_s$ ) dan pada periode  $T = 0,1$  detik ( $S_1$ ).

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

Kelas	$T_0$ (detik)	$T_s$ (detik)	$S_d$ (g)	$S_{d1}$ (g)
SD - Tanah Sedang	0.16	0.78	0.76	0.59

Rentang  $T$ (s) Value: 6

PGA MCE<sub>G</sub> 0.4913 (g) bedrock

SS MCE<sub>r</sub> 1.0580 (g) bedrock

S1 MCE<sub>r</sub> 0.4815 (g) bedrock

TL 20 Detik

Save

**Gambar 4.81** Percepatan Batuan Dasar Terpetakan

Dari gambar di atas maka diperoleh nilai percepatan terpetakan untuk lokasi *mess* Pemerintah Daerah Ciamis sebagai berikut:

- a. Periode pendek ( $S_s$ ) = 1,0580
  - b. Periode 1 detik ( $S_1$ ) = 0,4815
2. Parameter Percepatan Puncak (PGA, MCE<sub>G</sub>).

Dari gambar di atas diperoleh nilai percepatan puncak (PGA, MCE<sub>G</sub>) untuk lokasi *mess* Pemerintah Daerah Ciamis sebesar, PGA = 0,4913

C. Koefisien Situs dan Parameter Respon *Spectra* Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Target ( $MCE_R$ )

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 dan pada periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran pada periode pendek ( $F_a$ ) dan periode 1 detik ( $F_v$ ).

**Tabel 4.28** Nilai  $F_a$  untuk Masing-masing Klasifikasi Situs

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ )				
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
<b>SD</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9
SF	$S_S^{(b)}$				

**Tabel 4.29** Nilai  $F_v$  untuk Masing-masing Klasifikasi Situs

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ )				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>SD</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>	<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	<b>1,8</b>
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2
SF	$S_S^{(b)}$				

#### D. Parameter Percepatan Desain Respon Spektrum

Parameter percepatan spektrum desain ditentukan dengan formula sebagai berikut:

1. Parameter spektrum desain periode pendek

$$S_{DS} = 0,76$$

2. Parameter spektrum periode 1 detik

$$S_{D1} = 0,59$$

#### E. Desain Respon Spektrum

Dalam memperhitungkan ragam respon dari rumah sakit daerah kota bogor maka harus Menentukan periode getar fundamental struktur (T).

$$T_0 = 0,2 \times \frac{0,59}{0,76}$$

$$T_0 = 0,1552$$

$$T_s = \frac{0,59}{0,76}$$

$$T_s = 0,7763$$

#### F. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki kategori desain seismik. Struktur dengan risiko I, II, atau III yang berada di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik,  $S_1$ , lebih dari atau sama dengan 0,75 ditetapkan sebagai struktur Kategori Desain Seismik **D**. Apabila  $S_1$  lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diizinkan untuk ditentukan menggunakan Nilai  $S_{DS}$  saja (SNI 1726 2019). Berdasarkan data-data yang ada diperoleh:

1.  $S_1 = 0,4815 < 0,75$ , maka desain seismik menggunakan  $S_{DS}$
2.  $S_{DS} = 0,76$
3. Kategori resiko = resiko II
4. Kategori desain seismik ( $0,50 \leq S_{DS}$ ) = Kategori desain D

#### G. Koefisien Modifikasi Respon

Berdasarkan tipe struktur bangunan gedung rumah sakit daerah kota bogor yakni Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) maka diperoleh nilai modifikasi respon ( $R$ ) = 8,0 (berdasarkan tabel faktor gempa).

### 4.4 Analisis Struktur Bangunan Setelah Penambahan Lantai

#### 4.4.1 Analisis Respon Spektrum

Hasil Evaluasi Awal untuk Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa, Berdasarkan SNI 1726 - 2019, Menghasilkan Data Perencanaan sebagai Berikut:

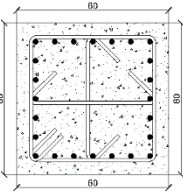
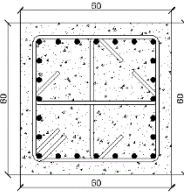
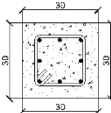
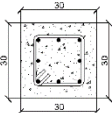
1. Lokasi bangunan berada dalam kelas situs SD.
2. Fungsi bangunan sebagai gedung fasilitas rumah sakit dengan kategori risiko II dan Faktor Keutamaan ( $I_e$ ) = 1.
3. Parameter respons percepatan pada periode pendek ( $SDS$ ) = 0,76 dan periode 1 detik ( $SD1$ ) = 0,59, dengan nilai  $S1$  = 0,4815 yang melebihi 0,75. Ini menempatkan bangunan gedung dalam Kriteria Desain Sesimik (KDS) : D.
4. Sistem penahan gaya gempa yang diizinkan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dengan Koefisien Modifikasi Respon ( $R$ ) = 8,0.
5. Perhitungan beban gempa pada struktur dilakukan dengan Metode Analisis Dinamik Ragam Respon spektrum.

#### 4.4.2 Prosedur Analisis

1. Mendefinisikan karakteristik material  
Penggunaan 4 jenis material dasar, yaitu beton, baja tulangan, baja profil, dan baja ringan dalam analisis ini.
2. Mendefinisikan Dimensi Elemen

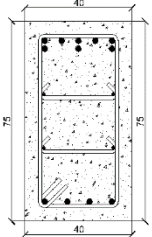
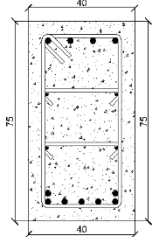
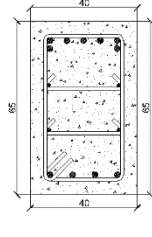
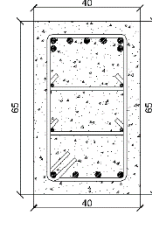
Dimensi dan material yang dimasukkan pada SAP 2000 V.22 harus sesuai dengan data yang ada di lapangan. Sebagai contoh pada elemen kolom berikut:

DETAIL PENULANGAN KOLOM

TYPE	K3		K6	
TUMPUHAN/LAPANGAN	±4 L	±2 L	±4 L	±2 L
PENAMPANG				
DIMENSI	600 x 600	600 x 600	300 x 300	300 x 300
TULANGAN UTAMA	24 D22	24 D22	8 D16	8 D16
SENGKANG	Ø 10 - 100 + Ø 13 - 150	Ø 13 - 150 + Ø 12 - 150	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
SELIMUT BETON	40	40	40	40

**Gambar 4.82** Elemen Kolom pada Kondisi Lapangan

DETAIL PENULANGAN BALOK

TYPE	B2		B3	
TUMPUHAN/LAPANGAN	1/8 L	1/2 L	1/8 L	1/2 L
PENAMPANG				
DIMENSI	400 x 750	400 x 750	400 x 650	400 x 650
TULANGAN UTAMA	8 D22 + 2 D13 + 2 D13 + 4 D22	4 D22 + 2 D13 + 2 D13 + 7 D22	7 D22 + 2 D13 + 2 D13 + 4 D22	4 D22 + 2 D13 + 2 D13 + 7 D22
SENGKANG	Ø 13 - 120	Ø 13 - 200	Ø 13 - 120	Ø 13 - 200
SELIMUT BETON	40	40	40	40

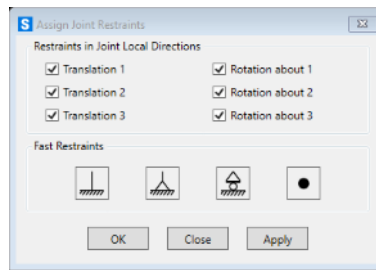
**Gambar 4.83** Elemen Balok pada Kondisi Lapangan

Sebagai contoh untuk desain penampang pada program SAP 2000 V.22 dilakukan pada menu Section Designer material tulangan adalah sebagai berikut:

3. Menggambarkan Elemen Struktur Menjadi Sebuah Struktur Rangka  
 Dalam menggambar dapat digunakan tools yang tersedia pada SAP 2000 V.22, yang disesuaikan dengan dimensi dan posisi elemen struktur tersebut.

4. Mendefinisikan Jenis Tumpuan

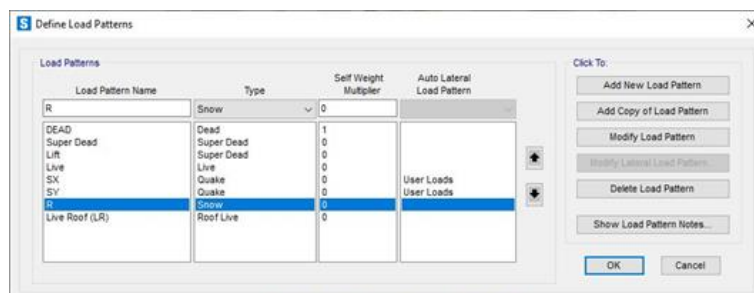
Dalam analisis ini, tumpuan pada dasar kolom struktur menggunakan tumpuan jepit yang dapat digambarkan pada program SAP 2000 V.22 dengan pemodelan sebagai berikut:



Gambar 4.84 Jenis Tumpuan Jepit pada SAP2000

5. Mendefinisikan Beban-bekan yang Bekerja

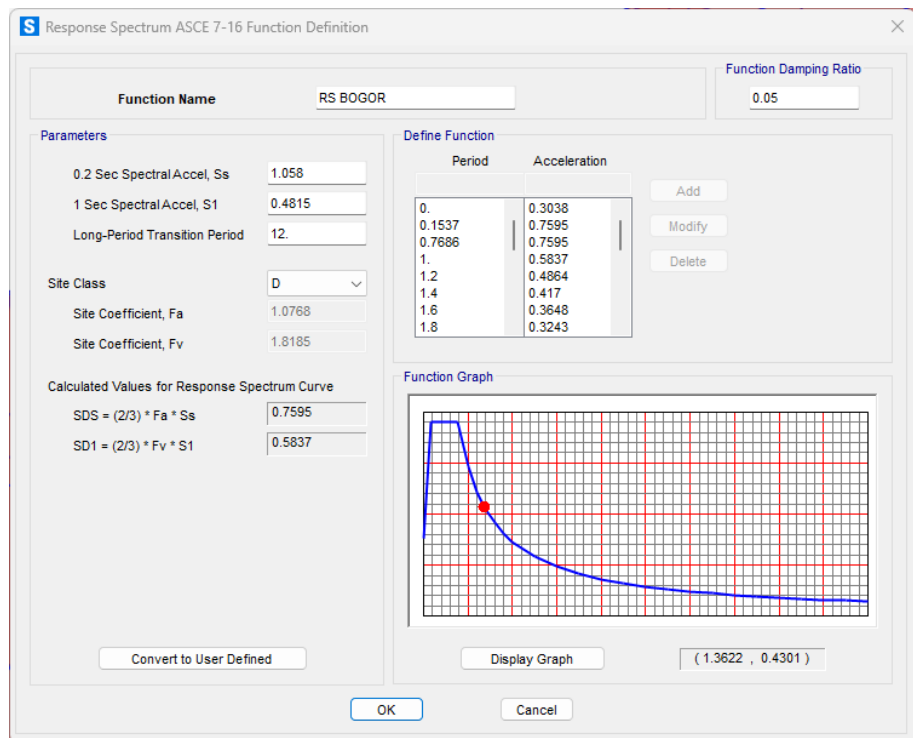
Dalam evaluasi terhadap gedung rumah sakit daerah kota bogor, kita harus mempertimbangkan berbagai jenis beban yang memengaruhi struktur tersebut, termasuk beban mati, beban hidup, beban hujan, beban angin, dan beban gempa.



Gambar 4.85 Beban yang Bekerja

## 6. Mendefinisikan Parameter Respon Spektrum

Untuk menganalisis beban gempa, langkah awal adalah menyusun fungsi Respon Spektrum yang akan digunakan. Ini dapat dilakukan melalui menu Define, Function, dan Response Spectrum. Pada opsi Define Respons Spectrum Function, dalam kotak Choose Function Type to Add, pilih User Spektrum, lalu klik Add New Function. Fungsi Respon Spektrum yang akan dimasukkan adalah yang sesuai dengan lokasi atau koordinat gedung rumah sakit daerah kota bogor, dengan klasifikasi jenis tanah SD (Tanah Sedang).



Gambar 4.86 Respon Spektrum SD (Tanah Sedang)

## 7. Menambahkan Analisis Case untuk Respon Spektrum

Untuk case pada respon spektrum digunakan respon spektrum arah X (RSX) dan respon spektrum arah Y (RSY).



Sebelum melakukan input case maka harus dihitung terlebih dahulu nilai scale faktor dari respon tersebut dengan formula sebagai berikut:

Data seismik:

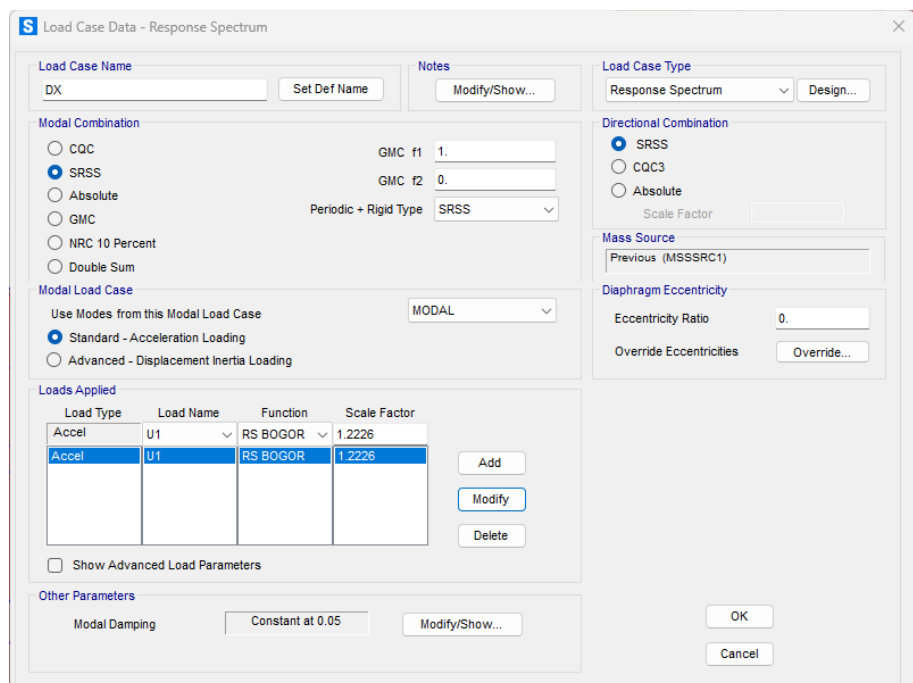
- a. Gaya gravitasi (g) : 9,81 m/dt<sup>2</sup>
- b. Faktor keutamaan (Ie) : 1,00
- c. Koefisien modifikasi respon (R) : 8,00
- d. Dari data tersebut diperoleh :

$$Scale\ faktor = g \times \frac{Ie}{R}$$

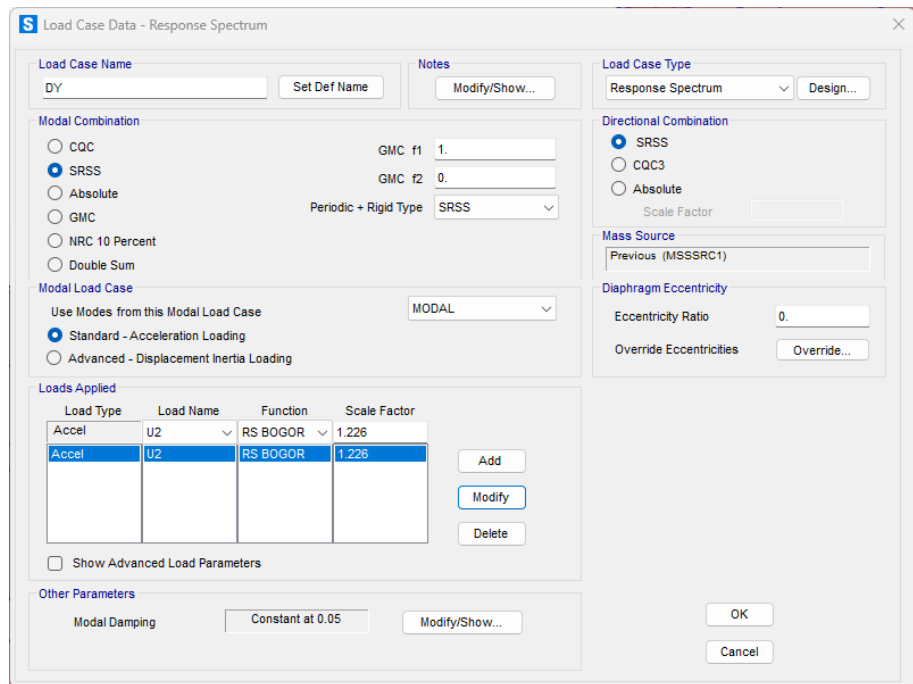
$$Scale\ faktor = 9,81 \times \frac{1,00}{8,00}$$

$$Scale\ faktor = 1,226$$

Nilai dari scale factor yang diperoleh dapat dimasukkan dalam program SAP 2000 V.22 dengan cara sebagai berikut:



**Gambar 4.87** Case Respon Spektrum Arah X



**Gambar 4.88** Case Respon Spektrum Arah Y

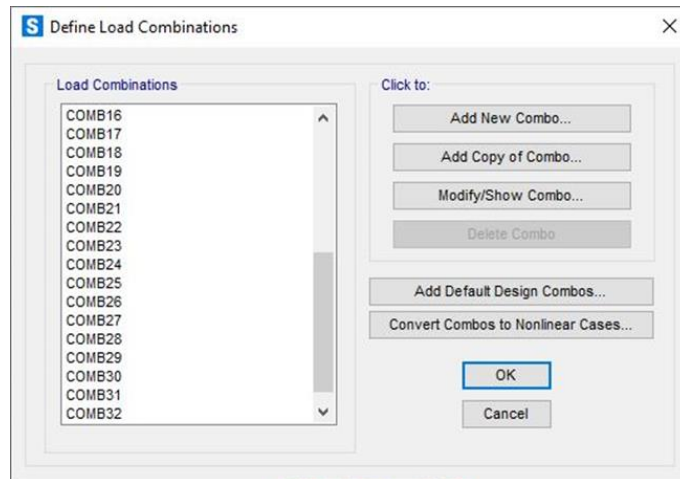
## 8. Mendefinisikan Kombinasi Pembebanan

Untuk mengetahui pengaruh dari semua beban yang bekerja jika hasil dari analisis akan digunakan untuk perencanaan elemen struktur, maka beban tersebut harus dikombinasikan berdasarkan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- COMB 1 : 1,4 D + 1,4 SD
- COMB 2 : 1,2 D + 1,2 SD + 1,6 L + 0,5 Lr
- COMB 3 : 1,2 D + 1,2 SD + 1,6 L + 0,5 R
- COMB 4 : 1,2 D + 1,2 SD + 1,6 Lr + 1 L
- COMB 5 : 1,2 D + 1,2 SD + 1,6 R + 1 L
- COMB 6 : 1,2 D + 1,2 SD + 1,6 Lr + 0,5 Wx
- COMB 7 : 1,2 D + 1,2 SD + 1,6 Lr + 0,5 Wy
- COMB 8 : 1,2 D + 1,2 SD + 1,6 R + 0,5 Wx
- COMB 9 : 1,2 D + 1,2 SD + 1,6 R + 0,5 Wy
- COMB 10 : 1,2 D + 1,2 SD + 1 L + 0,5 Lr
- COMB 11 : 1,2 D + 1,2 SD + 1 Wx + 1 L + 0,5 Lr

- COMB 12 : 1,2 D + 1,2 SD + 1 Wy + 1 L + 0,5 Lr
- COMB 13 : 1,2 D + 1,2 SD + 1 Wx + 1 L + 0,5 R
- COMB 14 : 1,2 D + 1,2 SD + 1 Wy + 1 L + 0,5 R
- COMB 15 : 0,9 D + 0,9 SD + 1 Wx
- COMB 16 : 0,9 D + 0,9 SD + 1 Wy
- COMB 17 : 1,341 D + 1,341 SD + 1,3 EX + 0,39 EY + 1 L
- COMB 18 : 1,341 D + 1,341 SD + 1,3 EX - 0,39 EY + 1 L
- COMB 19 : 1,341 D + 1,3407 SD - 1,3 EX + 0,39 EY + 1 L
- 20 COMB 20 : 1,341 D + 1,341 SD - 1,3 EX - 0,39 EY + 1 L
- COMB 21 : 1,341 D + 1,341 SD + 0,39 EX + 1,3 EY + 1 L
- COMB 22 : 1,341 D + 1,341 SD + 0,39 EX - 1,3 EY + 1 L
- COMB 23 : 1,341 D + 1,341 SD - 0,39 EX + 1,3 EY + 1 L
- COMB 24 : 1,341 D + 1,341 SD - 0,39 EX - 1,3 EY + 1 L
- COMB 25 : 0,759 D + 0,759 SD + 1,3 EX + 0,39 EY
- COMB 26 : 0,759 D + 0,759 SD + 1,3 EX - 0,39 EY
- COMB 27 : 0,759 D + 0,759 SD - 1,3 EX + 0,39 EY
- COMB 28 : 0,759 D + 0,759 SD - 1,3 EX - 0,39 EY
- COMB 29 : 0,759 D + 0,759 SD + 0,39 EX + 1,3 EY
- COMB 30 : 0,759 D + 0,759 SD + 0,39 EX - 1,3 EY
- COMB 31 : 0,759 D + 0,759 SD - 0,39 EX + 1,3 EY
- COMB 32 : 0,759 D + 0,759 SD - 0,39 EX - 1,3 EY

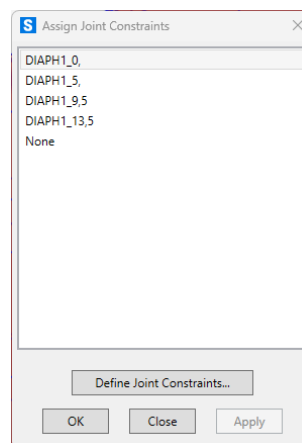
Untuk mengkombinasikan pembebanan pada program SAP 2000 V.22 dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:



**Gambar 4.89** Kombinasi Pembebanan

#### 9. Memasukkan Joint Constraint pada Pelat Lantai

Joint Constraint dilakukan agar pelat lantai dapat bekerja bersama dengan struktur lainnya dalam menahan gaya lateral. Hal ini sesuai dengan prinsip setem Rigid Floor.



**Gambar 4.90** Memasukkan Joint Constraint

## 10. Running Analysis

Pada saat running, case-case harus dinyalakan (run) supaya semua pembebanan yang sudah di input bisa di analisis oleh sap2000.

### 4.4.3 Pengecekan Perilaku Struktur Bangunan Setelah Penambahan Lantai

#### a. Pemeriksaan Jumlah Ragam

Pada SNI 1726 : 2019 Pasal 7.9.1.1 disebutkan bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

#### 1. Jumlah Ragam / Partisipasi Massa

**Tabel 4.30** Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.031954	0.78554	0.00129
MODAL	Mode	2	0.933555	0.78993	0.81938
MODAL	Mode	3	0.829137	0.83012	0.83972
MODAL	Mode	4	0.324356	0.95034	0.83976
MODAL	Mode	5	0.30595	0.95120	0.95612

#### 2. Pemilihan Jenis Ragam

$$\Delta T 1 = ( \text{Period 1} - \text{Period 2} ) / \text{Period 1} \times 100$$

$$\Delta T 1 = ( 1.0320 - 0.9336 ) / 1.0320 \times 100$$

$$\Delta T 1 = ( 0.0984 ) / 1.0320 \times 100$$

$$\Delta T 1 = \mathbf{9.54 \text{ kN/m}}$$

$$\Delta T 2 = ( \text{Period 2} - \text{Period 3} ) / \text{Period 2} \times 100$$

$$\Delta T 2 = ( 0.9336 - 0.8291 ) / 0.9336 \times 100$$

$$\Delta T 2 = ( 0.1044 ) / 0.9336 \times 100$$

$$\Delta T 2 = \mathbf{11.18 \text{ kN/m}}$$

$$\Delta T 3 = ( \text{Period 3} - \text{Period 4} ) / \text{Period 3} \times 100$$

$$\Delta T 3 = ( 0.8291 - 0.3244 ) / 0.8291 \times 100$$

$$\Delta T 3 = ( 0.5048 ) / 0.8291 \times 100$$

$$\Delta T 3 = \mathbf{60.88 \text{ kN/m}}$$

$$\Delta T 4 = ( \text{Period 4} - \text{Period 5} ) / \text{Period 4} \times 100$$

$$\Delta T 4 = ( 0.3244 - 0.3060 ) / 0.3244 \times 100$$

$$\Delta T 4 = ( 0.0184 ) / 0.3244 \times 100$$

$$\Delta T 4 = \mathbf{5.67 \text{ kN/m}}$$

$$\Delta T_4 = \text{Period } 5 \quad \times \quad 100$$

$$\Delta T_4 = 0.3060 \quad \times \quad 100$$

$$\Delta T_4 = \mathbf{30.60 \text{ kN/m}}$$

**Tabel 4.31** Pemilihan Jenis Ragam

Mode	Period (T)	$\Delta T$
1	1.0320	9.54
2	0.9336	11.18
3	0.8291	60.88
4	0.3244	5.67
5	0.3060	30.60

Dikarenakan nilai  $\Delta T$  melebihi 15% Maka digunakan metode SRSS bukan CQC.

b. Perbandingan Geser Dasar VSatik Vs VDinamik

Sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.9.4.1 mengenai skala gaya, peraturan ini mengisyaratkan bahwa gaya geser dasar dinamik harus lebih besar dari 100 % gaya geser statik. Dirumuskan sebagai  $VD > 100\% VS$ . Bila hal tersebut tidak memenuhi maka perlu diberikan skala gaya pada model struktur gedung.

**Tabel 4.32** Base Reactions

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
SX	LinStatic	-2720.11	0.00	0.00
SY	LinStatic	0.00	-2720.11	0.00
DX	LinRespSpec	1694.72	176.06	0.46
DY	LinRespSpec	164.38	1825.02	2.28

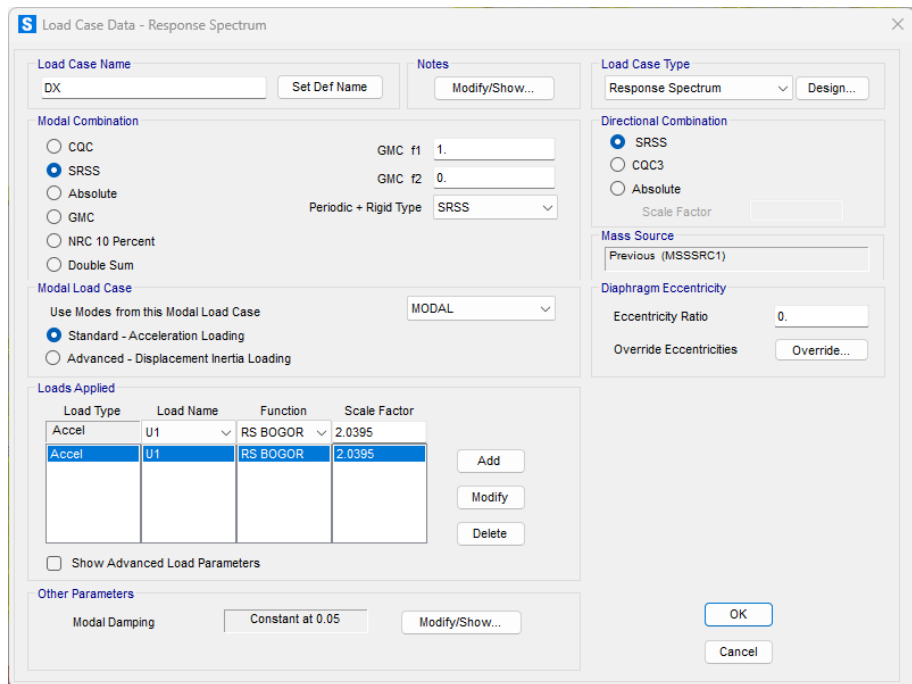
$$\begin{aligned}
 & \text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \frac{\text{Statik Geser Dasar Arah X}}{\text{Dinamik Geser Dasar Arah X}} \\
 & \text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \frac{1694.718}{2720.11} \\
 & \text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \mathbf{1.605} \\
 & \text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \frac{\text{Statik Geser Dasar Arah Y}}{\text{Dinamik Geser Dasar Arah Y}} \\
 & \text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \frac{1825.022}{2720.105} \\
 & \text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \mathbf{1.490}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.33** Perbandingan VSatik Vs VDinamik Tidak Memenuhi

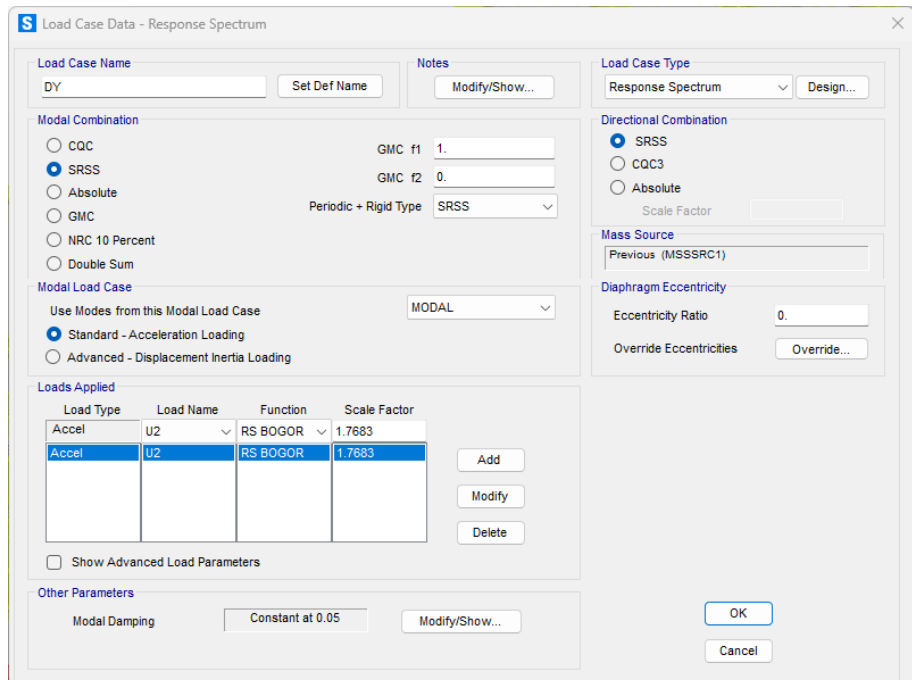
Base Shear	Dinamik (kN)	Statik (kN)	Faktor Skala VS / VD	Kontrol VD>100% VS
X	1694.718	2720.105	<b>1.605</b>	<b>Tidak Memenuhi</b>
Y	1825.022	2720.105	<b>1.490</b>	<b>Tidak Memenuhi</b>

Dari Tabel tersebut disimpulkan persyaratan gaya geser gempa dinamik belum terpenuhi ( $VD < VS$ ), maka besarnya VD harus dikalikan nilainya dengan faktor skala.





Gambar 4.91 Koreksi Skala faktor gempa dinamik arah-X



Gambar 4.92 Koreksi Skala faktor gempa dinamik arah-Y

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
SX	LinStatic	-2720.11	0.00	0.00
SY	LinStatic	0.00	-2720.11	0.00
DX	LinRespSpec	2720.14	282.59	0.74
DY	LinRespSpec	245.00	2720.13	3.40

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \frac{\text{Statik Geser Dasar Arah X}}{\text{Dinamik Geser Dasar Arah X}}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \frac{2720.144}{2720.105}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah X} = \mathbf{1.00}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \frac{\text{Statik Geser Dasar Arah Y}}{\text{Dinamik Geser Dasar Arah Y}}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \frac{2720.131}{2720.105}$$

$$\text{Faktor Skala VS / VD Arah Y} = \mathbf{1.00}$$

**Tabel 4.34** Perbandingan VSatik Vs VDinamik Memenuhi

Base Shear	Dinamik (kN)	Statik (kN)	Faktor Skala VS / VD	Kontrol VD > 100% VS
X	2720.144	2720.105	<b>1.00</b>	<b>Memenuhi</b>
Y	2720.131	2720.105	<b>1.00</b>	<b>Memenuhi</b>

Dari Tabel tersebut disimpulkan persyaratan gaya geser gempa dinamik terpenuhi ( VD < VS), maka bisa dilanjut ke perhitungan selanjutnya.

c. Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 Penentuan simpangan antar lantai desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah. Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1. Simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin.

**Tabel 4.35** Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2
Text	Text	Text	Text	mm	mm
21.00	DX	LinRespSpec	Max	6.89	3.72
21.00	DY	LinRespSpec	Max	0.95	5.74
50.00	DX	LinRespSpec	Max	13.10	6.89
50.00	DY	LinRespSpec	Max	1.77	11.18
70.00	DX	LinRespSpec	Max	16.85	8.43
70.00	DY	LinRespSpec	Max	2.31	13.95
79.00	DX	LinRespSpec	Max	0.00	0.00
79.00	DY	LinRespSpec	Max	0.00	0.00

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1. Simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin. Untuk sistem rangka pemikul momen pada struktur yang didesain KDS D simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi  $\Delta a/\rho\rho$  untuk semua tingkat.

$$\Delta x = \frac{\delta \quad x \quad Cd}{I}$$

$$\Delta x + 21,50 = \frac{(\Delta 6 - \Delta 5) \times Cd}{I}$$

$$\Delta x + 21,50 = \frac{(47.22 - 43.62) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta x + 21,50 = \mathbf{19.79 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +21,50 = 0.025 \times 4000$$

$$\Delta a +21,50 = \mathbf{100 \text{ mm}}$$

$$\Delta x +17,50 = \frac{(\Delta 5 - \Delta 4) \times Cd}{I}$$

$$\Delta x +17,50 = \frac{(43.62 - 37.84) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta x +17,50 = \mathbf{31.80 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +17,50 = 0.025 \times 4000$$

$$\Delta a +17,50 = \mathbf{100 \text{ mm}}$$

$$\Delta x +13,50 = \frac{(\Delta 4 - \Delta 3) \times Cd}{I}$$

$$\Delta x +13,50 = \frac{(37.84 - 28.09) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta x +13,50 = \mathbf{53.63 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +13,50 = 0.025 \times 4000$$

$$\Delta a +13,50 = \mathbf{100 \text{ mm}}$$

$$\Delta x +9,50 = \frac{(\Delta 3 - \Delta 2) \times Cd}{I}$$

$$\Delta x +9,50 = \frac{(28.09 - 12.97) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta x +9,50 = \mathbf{83.14 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +9,50 = 0.025 \times 4500$$

$$\Delta a +9,50 = \mathbf{125.5 \text{ mm}}$$

$$\Delta x +5,00 = \frac{(\Delta 2 - \Delta 1) \times Cd}{I}$$

$$\Delta x +5,00 = \frac{(12.97 - 0.00) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta x +5,00 = \mathbf{71.34 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +5,00 = 0.025 \times 5000$$

$$\Delta a +5,00 = \mathbf{125 \text{ mm}}$$

$$\Delta x +0,00 = \frac{(\Delta 1)}{I} \times Cd$$

$$\Delta x +0,00 = \frac{(0.00) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta x +0,00 = \mathbf{0.00 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +0,00 = 0.025 \times 0.00$$

$$\Delta a +0,00 = \mathbf{0.00 \text{ mm}}$$

$$\Delta y = \frac{\delta \times Cd}{I}$$

$$\Delta y +21,50 = \frac{(\Delta 6 - \Delta 5) \times Cd}{I}$$

$$\Delta y +21,50 = \frac{(39.85 - 37.04) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta y +21,50 = \mathbf{15.45 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +21,50 = 0.025 \times 4000$$

$$\Delta a +21,50 = \mathbf{100 \text{ mm}}$$

$$\Delta y +17,50 = \frac{(\Delta 5 - \Delta 4) \times Cd}{I}$$

$$\Delta y +17,50 = \frac{(37.04 - 31.83) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta y +17,50 = \mathbf{28.66 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +17,50 = 0.025 \times 4000$$

$$\Delta a +17,50 = \mathbf{100 \text{ mm}}$$

$$\Delta y +13,50 = \frac{(\Delta 4 - \Delta 3) \times Cd}{I}$$

$$\Delta y +13,50 = \frac{(31.83 - 23.18) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta y +13,50 = \mathbf{47.57 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +13,50 = 0.025 \times 4000$$

$$\Delta a +13,50 = \mathbf{100 \text{ mm}}$$

$$\Delta y +9,50 = \frac{(\Delta 3 - \Delta 2) \times Cd}{I}$$

$$\Delta y +9,50 = \frac{(23.18 - 10.32) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta y +9,50 = \mathbf{70.74 \text{ mm}}$$

$$\Delta a +9,50 = 0.025 \times 4500$$

$$\Delta a +9,50 = \mathbf{125.5 \text{ mm}}$$

$$\Delta y_{+5,00} = \frac{(\Delta 2 - \Delta 1) \times Cd}{I}$$

$$\Delta y_{+5,00} = \frac{(10.32 - 0.00) \times 5.5}{1}$$

$$\Delta y_{+5,00} = \mathbf{56.75 \text{ mm}}$$

$$\Delta a_{+5,00} = 0.025 \times 5000$$

$$\Delta a_{+5,00} = \mathbf{125 \text{ mm}}$$

$$\Delta y_{+0,00} = \frac{(\Delta 1)}{I} \times Cd$$

$$\Delta y_{+0,00} = \frac{(0.00)}{1} \times 5.5$$

$$\Delta y_{+0,00} = \mathbf{0.00 \text{ mm}}$$

$$\Delta a_{+0,00} = 0.025 \times 0.00$$

$$\Delta a_{+0,00} = \mathbf{0.00 \text{ mm}}$$

**Tabel 4.36** Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	Joint	Hsx	Δy	Δy	Δa	Keterangan
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
+ 21,50	70	4000	47.22	19.79	100	<b>Aman</b>
+ 17,50	70	4000	43.62	31.80	100	<b>Aman</b>
+ 13,50	8	4000	37.84	53.63	100	<b>Aman</b>
+ 09,50	8	4500	28.09	83.14	112.5	<b>Aman</b>
+ 05,00	216	5000	12.97	71.34	125	<b>Aman</b>
± 00,00	216	0	0.00	0.00	0	<b>Aman</b>

**Tabel 4.37** Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Joint	Hsx	$\delta y$	$\Delta y$	$\Delta a$	Keterangan
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
+ 21,50	70	4000	39.85	15.45	100	<b>Aman</b>
+ 17,50	70	4000	37.04	28.66	100	<b>Aman</b>
+ 13,50	8	4000	31.83	47.57	100	<b>Aman</b>
+ 09,50	8	4500	23.18	70.74	112.5	<b>Aman</b>
+ 05,00	216	5000	10.32	56.75	125	<b>Aman</b>
$\pm$ 00,00	216	0	0.00	0.00	0	<b>Aman</b>

#### 4.4.4 Pengecekan Penulangan Element Struktural Bangunan Setelah Penambahan Lantai

##### a. Pemeriksaan Tulangan Balok

##### 1) $A_{Smin}$ Tulangan Lentur

- B2

- Tulangan Tumpuan Atas

$$\begin{aligned}
 &= ((1.4 \times P_x(L-40-\emptyset \text{ Tulangan Geser}-(0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/f_y)) \\
 &= ((1.4 \times 400 \times (750-40-13-(0.5 \times 22))/400)) \\
 &= 960.4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Tulangan Tumpuan Bawah

$$\begin{aligned}
 &= ((1.4 \times P_x(L-40-\emptyset \text{ Tulangan Geser}-(0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/f_y)) \\
 &= ((1.4 \times 400 \times (750-40-13-(0.5 \times 22))/400)) \\
 &= 960.4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan Atas

$$\begin{aligned}
 &= ((1.4 \times P_x(L-40-\emptyset \text{ Tulangan Geser}-(0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/f_y)) \\
 &= ((1.4 \times 400 \times (750-40-13-(0.5 \times 22))/400)) \\
 &= 960.4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



- Tulangan Lapangan Bawah
 
$$= ((1.4xPx(L-40-\emptyset \text{ Tulangan Geser}-(0.5x\emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/fy))$$

$$= ((1.4x400x(750-40-13-(0.5x22))/400))$$

$$= 960.4 \text{ mm}^2$$

- B3

- Tulangan Tumpuan Atas
 
$$= ((1.4xPx(L-40-\emptyset \text{ Tulangan Geser}-(0.5x\emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/fy))$$

$$= ((1.4x400x(650-40-13-(0.5x22))/400))$$

$$= 820.4 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Tumpuan Bawah
 
$$= ((1.4xPx(L-40-\emptyset \text{ Tulangan Geser}-(0.5x\emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/fy))$$

$$= ((1.4x400x(650-40-13-(0.5x22))/400))$$

$$= 820.4 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan Atas
 
$$= ((1.4xPx(L-40-\emptyset \text{ Tulangan Geser}-(0.5x\emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/fy))$$

$$= ((1.4x400x(650-40-13-(0.5x22))/400))$$

$$= 820.4 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan Bawah
 
$$= ((1.4xPx(L-40-\emptyset \text{ Tulangan Geser}-(0.5x\emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/fy))$$

$$= ((1.4x400x(650-40-13-(0.5x22))/400))$$

$$= 820.4 \text{ mm}^2$$

## 2) Luas Tulangan Lentur

- B2

- Tulangan Tumpuan Atas
 
$$= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 22^2$$

$$= 380.29 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Tumpuan Bawah
 
$$= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 22^2$$

$$= 380.29 \text{ mm}^2$$

○ Tulangan Lapangan Atas

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \\ &= 380.29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

○ Tulangan Lapangan Bawah

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \\ &= 380.29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• B3

○ Tulangan Tumpuan Atas

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \\ &= 380.29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

○ Tulangan Tumpuan Bawah

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \\ &= 380.29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

○ Tulangan Lapangan Atas

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \\ &= 380.29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

○ Tulangan Lapangan Bawah

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \\ &= 380.29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### 3) $A_{S_{Aktual}}$ Tulangan Lentur

- B2

- Tulangan Tumpuan Atas

$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 8 \times 380.2857143$$

$$= 3042.28 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Tumpuan Bawah

$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 4 \times 380.2857143$$

$$= 1521.14 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan Atas

$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 4 \times 380.2857143$$

$$= 1521.14 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan Bawah

$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 7 \times 380.2857143$$

$$= 2662 \text{ mm}^2$$

- B3

- Tulangan Tumpuan Atas

$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 7 \times 380.2857143$$

$$= 2662 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Tumpuan Bawah

$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 4 \times 380.2857143$$

$$= 1521.14 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan Atas
  - =  $n \times \text{Luas Tulangan}$
  - =  $4 \times 380.2857143$
  - =  $1521.14 \text{ mm}^2$

- Tulangan Lapangan Bawah
  - =  $n \times \text{Luas Tulangan}$
  - =  $7 \times 380.2857143$
  - =  $2662 \text{ mm}^2$

#### 4) Cek Tulangan Lentur

- B2

- Tulangan Tumpuan Atas
  - =  $A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}}$
  - =  $3042 > 1045$
  - = Aman

- Tulangan Tumpuan Bawah
  - =  $A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}}$
  - =  $1521 > 687$
  - = Aman

- Tulangan Lapangan Atas
  - =  $A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}}$
  - =  $1521 > 341$
  - = Aman

- Tulangan Lapangan Bawah
  - =  $A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}}$
  - =  $2662 > 689$
  - = Aman

- B3

- Tulangan Tumpuan Atas

$$= A_{SAktual} > A_{Sperlu}$$

$$= 2662 > 1029$$

$$= \text{Aman}$$

- Tulangan Tumpuan Bawah

$$= A_{SAktual} > A_{Sperlu}$$

$$= 1521 > 673$$

$$= \text{Aman}$$

- Tulangan Lapangan Atas

$$= A_{SAktual} > A_{Sperlu}$$

$$= 1521 > 673$$

$$= \text{Aman}$$

- Tulangan Lapangan Bawah

$$= A_{SAktual} > A_{Sperlu}$$

$$= 2662 > 715$$

$$= \text{Aman}$$

### 5) Luas Tulangan Geser

- B2

- Tulangan Tumpuan

$$= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2 \times 2$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 2$$

$$= 265.57 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan

$$= 0.25 \times \pi \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}^2 \times 2$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 2$$

$$= 265.57 \text{ mm}^2$$

- B3

- Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \times 2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 2 \\ &= 265.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \times 2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 2 \\ &= 265.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

6)  $S_{\text{perlu}}$  Tulangan Geser

- B2

- Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} &= \text{Luas} / Av/S_{\text{Perlu}} \\ &= 265.57 / 1.28 \\ &= 208.13 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} &= \text{Luas} / Av/S_{\text{Perlu}} \\ &= 265.57 / 1.20 \\ &= 220.94 \text{ mm} \end{aligned}$$

- B3

- Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} &= \text{Luas} / Av/S_{\text{Perlu}} \\ &= 265.57 / 1.24 \\ &= 215.04 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} &= \text{Luas} / Av/S_{\text{Perlu}} \\ &= 265.57 / 1.28 \\ &= 208.13 \text{ mm} \end{aligned}$$

## 7) $S_{\max}$ Tulangan Geser

- B2

- Tulangan Tumpuan

$$= \text{Minimal}(((\text{Lebar Balok} - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/4), (6 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}), (150))$$

$$= \text{Minimal}(((750 - 40 - 13 - (0.5 \times 22))/4), (6 \times 22), (150))$$

$$= 132 \text{ mm}$$

- Tulangan Lapangan

$$= \text{Minimal}(((\text{Lebar Balok} - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/2))$$

$$= \text{Minimal}(((750 - 40 - 13 - (0.5 \times 22))/2))$$

$$= 343 \text{ mm}$$

- B3

- Tulangan Tumpuan

$$= \text{Minimal}(((\text{Lebar Balok} - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/4), (6 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}), (150))$$

$$= \text{Minimal}(((650 - 40 - 13 - (0.5 \times 22))/4), (6 \times 22), (150))$$

$$= 132 \text{ mm}$$

- Tulangan Lapangan

$$= \text{Minimal}(((\text{Lebar Balok} - 40 - \emptyset \text{ Tulangan Geser} - (0.5 \times \emptyset \text{ Tulangan Lentur}))/2))$$

$$= \text{Minimal}(((650 - 40 - 13 - (0.5 \times 22))/2))$$

$$= 293 \text{ mm}$$

8)  $S_{\text{terpakai}}$  Tulangan Geser

- B2

- Tulangan Tumpuan

- = Minimal (  $S_{\text{perlu}} : S_{\text{max}}$  )

- = Minimal ( 208.13 : 132 )

- = 132.00 mm

- Tulangan Lapangan

- = Minimal (  $S_{\text{perlu}} : S_{\text{max}}$  )

- = Minimal ( 220.94 : 343 )

- = 220.94 mm

- B3

- Tulangan Tumpuan

- = Minimal (  $S_{\text{perlu}} : S_{\text{max}}$  )

- = Minimal ( 215.04 : 132 )

- = 132.00 mm

- Tulangan Lapangan

- = Minimal (  $S_{\text{perlu}} : S_{\text{max}}$  )

- = Minimal ( 239.47 : 293 )

- = 239.47 mm

9) Jarak Antar Tulangan Geser

- B2

- Tulangan Tumpuan

- = Pembulatan (  $S_{\text{terpakai}} / 10$  ) x 10

- = Pembulatan ( 132.00 / 10 ) x 10

- = 130 mm

- Tulangan Lapangan

- = Pembulatan (  $S_{\text{terpakai}} / 10$  ) x 10

- = Pembulatan ( 220.94 / 10 ) x 10

- = 220 mm



- B3
  - Tulangan Tumpuan
    - = Pembulatan ( Sterpakai / 10 ) x 10
    - = Pembulatan ( 132.00 / 10 ) x 10
    - = 130 mm
  - Tulangan Lapangan
    - = Pembulatan ( Sterpakai / 10 ) x 10
    - = Pembulatan ( 239.47 / 10 ) x 10
    - = 230 mm

10) Tabel Pemeriksaan Tulangan Balok

**Tabel 4.38** Pemeriksaan Tulangan Lentur Balok

Nama	Ukuran Balok	Daerah	Letak Tulangan	As <sub>perlu</sub> mm <sup>2</sup>	As <sub>min</sub> mm <sup>2</sup>	Ø mm	Luas mm <sup>2</sup>	n	As <sub>Aktua</sub> mm <sup>2</sup>	Cek	Di Pasang
B2	400 x 750	Tump.	Atas	1172	960	22	380.29	8	3042	Aman	8 D 22
			bawah	723	960	22	380.29	4	1521	Aman	4 D 22
		Lap.	Atas	352	960	22	380.29	4	1521	Aman	4 D 22
			bawah	918	960	22	380.29	7	2662	Aman	7 D 22
B3	400 x 650	Tump.	Atas	1177	820	22	380.29	7	2662	Aman	7 D 22
			bawah	772	820	22	380.29	4	1521	Aman	4 D 22
		Lap.	Atas	383	820	22	380.29	4	1521	Aman	4 D 22
			bawah	672	820	22	380.29	7	2662	Aman	7 D 22

**Tabel 4.39** Pemeriksaan Tulangan Geser Balok

Nama	Ukuran Balok	Daerah	Av/S <sub>perlu</sub> mm <sup>2</sup> /mm	Ø mm	Luas mm <sup>2</sup>	S <sub>perlu</sub> mm	S <sub>max</sub> mm	S <sub>terpakai</sub> mm	di Pasang
B2	400 x 750	Tump.	1.142	13	265.57	232.55	132	132.00	P 13 - 130
		Lap.	0.537	13	265.57	494.55	343	343.00	P 13 - 340
B3	400 x 650	Tump.	1.514	13	265.57	175.41	132	132.00	P 13 - 130
		Lap.	0.672	13	265.57	395.20	293	293.00	P 13 - 290

## b. Pemeriksaan Tulangan Kolom

### 1) Luas Tulangan Lentur

- K3

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \\ &= 380.29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- K6

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 16^2 \\ &= 201.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### 2) $A_{S\text{Aktual}}$ Tulangan Lentur

- K3

$$\begin{aligned} &= n \times \text{Luas Tulangan} \\ &= 24 \times 380.2857143 \\ &= 9126.85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- K6

$$\begin{aligned} &= n \times \text{Luas Tulangan} \\ &= 6 \times 201.1428571 \\ &= 1206.85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### 3) Cek Tulangan Lentur

- K3

$$\begin{aligned} &= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}} \\ &= 9127 > 4556 \\ &= \text{Aman} \end{aligned}$$

- K6

$$\begin{aligned} &= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}} \\ &= 9127 > 1206 \\ &= \text{Bahaya} \end{aligned}$$

#### 4) Luas Tulangan Geser

- K3

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \times n \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 3 \\ &= 398.36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- K6

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \times n \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times 2 \\ &= 157.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### 5) $S_{\text{perlu}}$ Tulangan Geser

- K3

$$\begin{aligned} &= \text{Luas} / A_v / S_{\text{Perlu}} \\ &= 398.36 / 1.305 \\ &= 305.25 \text{ mm} \end{aligned}$$

- K6

$$\begin{aligned} &= \text{Luas} / A_v / S_{\text{Perlu}} \\ &= 157.14 / 0.453 \\ &= 346.89 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 6) $S_{\text{max}}$ Tulangan Geser

- K3

$$\begin{aligned} &= \text{Minimal} \left( \left( 6 \times \frac{\text{Ø Tulangan Lentur}}{22} \right), \left( 150 \right) \right) \\ &= \text{Minimal} \left( \left( 6 \times 22 \right), \left( 150 \right) \right) \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

- K6

$$\begin{aligned} &= \text{Minimal} \left( \left( 6 \times \frac{\text{Ø Tulangan Lentur}}{16} \right), \left( 150 \right) \right) \\ &= \text{Minimal} \left( \left( 6 \times 16 \right), \left( 150 \right) \right) \\ &= 96 \text{ mm} \end{aligned}$$

7)  $S_{\text{pakai}}$  Tulangan Geser

- K3
  - = Minimal (  $S_{\text{perlu}}$  :  $S_{\text{max}}$  )
  - = Minimal ( 305.25 : 132 )
  - = 132.00 mm
- K6
  - = Minimal (  $S_{\text{perlu}}$  :  $S_{\text{max}}$  )
  - = Minimal ( 221.64 : 96 )
  - = 96.00 mm

8) Jarak Antar Tulangan Geser

- K3
  - = Pembulatan (  $S_{\text{pakai}} / 10$  ) x 10
  - = Pembulatan ( 132.00 / 10 ) x 10
  - = 130 mm
- K6
  - = Pembulatan (  $S_{\text{pakai}} / 10$  ) x 10
  - = Pembulatan ( 96.00 / 10 ) x 10
  - = 90 mm

9) Tabel Pemeriksaan Tulangan Kolom

**Tabel 4.40** Pemeriksaan Tulangan Lentur Kolom

Nama	Ukuran Kolom	As perlu	Ø	Luas	n	As <sub>Aktual</sub>	Cek	di Pasang		
		mm <sup>2</sup>						mm	mm <sup>2</sup>	
K3	400 x 400	4556	22	380.286	24	9126.857	Aman	24	D	22
K6	350 x 350	1225	16	201.143	6	1206.857	Bahaya	6	D	16

**Tabel 4.41** Pemeriksaan Tulangan Geser Kolom

Nama	Ukuran Kolom	Av/S <sub>Perlu</sub>	Ø	n	Luas	S <sub>perlu</sub>	S <sub>max</sub>	S <sub>pakai</sub>	di Pasang				
		mm <sup>2</sup>							mm	mm	mm		
K3	400 x 400	1.305	13	3	398.36	305.25	132	132	3	P	13	-	130
K6	350 x 350	0.453	10	2	157.14	346.89	96	96	2	P	10	-	90

c. Pemeriksaan Tulangan Pelat Lantai

1) Luas Tulangan

• Arah X

○ Tumpuan

$$\begin{aligned}
 &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø}^2 \times 1000 / \text{jarak} \\
 &= \text{Tulangan} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 12^2 \times 1000 / 75 \\
 &= 1508.57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

○ Lapangan

$$\begin{aligned}
 &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø}^2 \times 1000 / \text{jarak} \\
 &= \text{Tulangan} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 12^2 \times 1000 / 115 \\
 &= 983.85 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

• Arah Y

○ Tumpuan

$$\begin{aligned}
 &= 0.25 \times \pi \times \text{Ø}^2 \times 1000 / \text{jarak} \\
 &= \text{Tulangan} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 12^2 \times 1000 / 75 \\
 &= 1508.57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

○ Lapangan

$$\begin{aligned}
&= 0.25 \times \pi \times \text{Tulangan}^2 \times 1000 / \text{jarak} \\
&= 0.25 \times 3.14 \times 12^2 \times 1000 / 120 \\
&= 942.85 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

## 2) Menentukan a

- Arah X

- Tumpuan

$$\begin{aligned}
&= ( \text{Luas} \times f_y ) / ( f_c \times 0.8 \times 100 ) \\
&= ( 1508.5 \times 24 ) / ( 24.9 \times 0.8 \times 100 ) \\
&= 17.11 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned}
&= ( \text{Luas} \times f_y ) / ( f_c \times 0.8 \times 100 ) \\
&= ( 983.8 \times 24 ) / ( 24.9 \times 0.8 \times 100 ) \\
&= 11.16 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$\begin{aligned}
&= ( \text{Luas} \times f_y ) / ( f_c \times 0.8 \times 100 ) \\
&= ( 1508.5 \times 24 ) / ( 24.9 \times 0.8 \times 100 ) \\
&= 17.11 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned}
&= ( \text{Luas} \times f_y ) / ( f_c \times 0.8 \times 100 ) \\
&= ( 942.8 \times 24 ) / ( 24.9 \times 0.8 \times 100 ) \\
&= 10.69 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

### 3) Menentukan $\phi M_n$

- Arah X

- Tumpuan

$$\begin{aligned} &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{ Pelat } -20 - \phi \text{ Tulangan} - (\phi \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= (1508.57 \times 240 \times ((120 - 20 - 12 - (12/2)) - 17.11/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= 23.93 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned} &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{ Pelat } -20 - \phi \text{ Tulangan} - (\phi \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= (983.85 \times 240 \times ((120 - 20 - 12 - (12/2)) - 11.16/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= 16.24 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$\begin{aligned} &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{ Pelat } -20 - \phi \text{ Tulangan} - (\phi \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= (1508.57 \times 240 \times ((120 - 20 - 12 - (12/2)) - 17.11/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= 23.93 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned} &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{ Pelat } -20 - \phi \text{ Tulangan} - (\phi \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= (942.86 \times 240 \times ((120 - 20 - 12 - (12/2)) - 10.69/2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\ &= 15.61 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### 4) Cek Tulangan Plat

- Arah X

- Tumpuan

$$\begin{aligned} &= \phi M_n > M_u \\ &= 23.93 > 23.2 \\ &= \text{Aman} \end{aligned}$$

- Lapangan
  - =  $\phi M_n > M_u$
  - = 16.24 > 16.2
  - = Aman
- Arah Y
  - Tumpuan
    - =  $\phi M_n > M_u$
    - = 23.93 > 22.8
    - = Aman
  - Lapangan
    - =  $\phi M_n > M_u$
    - = 15.61 > 15.3
    - = Aman

#### 5) Tabel Pemeriksaan Tulangan Plat Lantai

**Tabel 4.42** Pemeriksaan Tulangan Pelat Lantai

Nama	Daerah	Mu KNm	Ø	jarak mm	Luas mm <sup>2</sup>	fc	fy	ØMn KNm	a mm	Cek	di Pasang
Tulangan Arah x	Tump.	23.2	12	75	1508.6	25	240	23.933	17.11	Aman	P 12 - 75
Tulangan Arah x	Lap.	16.2	12	115	983.85	25	240	16.241	11.16	Aman	P 12 - 115
Tulangan Arah Y	Tump.	22.8	12	75	1508.6	25	240	23.933	17.11	Aman	P 12 - 75
Tulangan Arah Y	Lap.	15.3	12	120	942.86	25	240	15.611	10.69	Aman	P 12 - 120



#### d. Pemeriksaan Tulangan Pelat Atap

##### 1. Luas Tulangan

- Arah X

- Tumpuan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Tulangan}}{\text{jarak}} \times \text{Ø}^2 \times 1000 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \frac{10}{65} \times 10^2 \times 1000 \\ &= 1208.79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Tulangan}}{\text{jarak}} \times \text{Ø}^2 \times 1000 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \frac{10}{190} \times 10^2 \times 1000 \\ &= 413.53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Tulangan}}{\text{jarak}} \times \text{Ø}^2 \times 1000 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \frac{10}{80} \times 10^2 \times 1000 \\ &= 982.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times \pi \times \frac{\text{Tulangan}}{\text{jarak}} \times \text{Ø}^2 \times 1000 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \frac{10}{275} \times 10^2 \times 1000 \\ &= 285.71 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

##### 2. Menentukan a

- Arah X

- Tumpuan

$$\begin{aligned} &= \left( \frac{\text{Luas}}{9} \times f_y \right) / \left( \frac{f_c \times 0.8 \times 100}{5 \times 0} \right) \\ &= \left( \frac{1208.7}{9} \times 24 \right) / \left( \frac{24 \times 0.8 \times 100}{9 \times 5 \times 0} \right) \\ &= 13.71 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Lapangan

$$= \left( \frac{\text{Luas} \times f_y}{f_c \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= \left( \frac{413.5 \times 24}{3 \times 0 \times 24.9 \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= 4.69 \text{ mm}$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$= \left( \frac{\text{Luas} \times f_y}{f_c \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= \left( \frac{982.1 \times 24}{4 \times 0 \times 24.9 \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= 11.14 \text{ mm}$$

- Lapangan

$$= \left( \frac{\text{Luas} \times f_y}{f_c \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= \left( \frac{285.7 \times 24}{1 \times 0 \times 24.9 \times 0.8 \times 100} \right)$$

$$= 3.24 \text{ mm}$$

### 3. Menentukan $\emptyset M_n$

- Arah X

- Tumpuan

$$= (\text{Luas} \times f_y \times ((T. \text{ Pelat} - \emptyset \text{ Tulangan} - (\emptyset \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9$$

$$= (1208.79 \times 240 \times ((120 - 20 - 10 - (10/2)) - 13.71/2) \times 10^{-6}) \times 0.9$$

$$= 20.40 \text{ kN/m}$$

- Lapangan

$$= (\text{Luas} \times f_y \times ((T. \text{ Pelat} - \emptyset \text{ Tulangan} - (\emptyset \text{ Tulangan}/2)) - a/2) \times 10^{-6}) \times 0.9$$

$$= (413.53 \times 240 \times ((120 - 20 - 10 - (10/2)) - 4.69/2) \times 10^{-6}) \times 0.9$$

$$= 7.38 \text{ kN/m}$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{Pelat} - 20 - \emptyset \text{ Tulangan} - \\
 &(\emptyset \text{ Tulangan} / 2)) - a / 2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\
 &= (982.14 \times 240 \times ((120 - 20 - 10 - (10 / 2)) - 11.14 / 2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\
 &= 16.85 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Luas} \times f_{ys} \times ((T. \text{Pelat} - 20 - \emptyset \text{ Tulangan} - \\
 &(\emptyset \text{ Tulangan} / 2)) - a / 2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\
 &= (285.71 \times 240 \times ((120 - 20 - 10 - (10 / 2)) - 3.24 / 2) \times 10^{-6}) \times 0.9 \\
 &= 5.15 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

#### 4. Cek Tulangan Plat

- Arah X

- Tumpuan

$$\begin{aligned}
 &= \emptyset M_n > M_u \\
 &= 20.40 > 19.5 \\
 &= \text{Aman}
 \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned}
 &= \emptyset M_n > M_u \\
 &= 7.38 > 7.2 \\
 &= \text{Aman}
 \end{aligned}$$

- Arah Y

- Tumpuan

$$\begin{aligned}
 &= \emptyset M_n > M_u \\
 &= 16.85 > 16.2 \\
 &= \text{Aman}
 \end{aligned}$$

- Lapangan

$$\begin{aligned}
 &= \emptyset M_n > M_u \\
 &= 5.15 > 5.1 \\
 &= \text{Aman}
 \end{aligned}$$

## 5. Tabel Pemeriksaan Tulangan Plat Atap

**Tabel 4.43** Pemeriksaan Tulangan Pelat Atap

Nama	Daerah	Mu KNm	Ø mm	jarak mm	Luas mm <sup>2</sup>	fc	fy	ØMn KNm	a mm	Cek	di Pasang
Tulangan Arah x	Tump.	19.5	10	65	1208.8	25	240	20.404	13.71	Aman	P 10 - 65
Tulangan Arah x	Lap.	7.2	10	190	413.53	25	240	7.383	4.689	Aman	P 10 - 190
Tulangan Arah Y	Tump.	16.2	10	80	982.14	25	240	16.851	11.14	Aman	P 10 - 80
Tulangan Arah Y	Lap.	5.1	10	275	285.71	25	240	5.146	3.24	Aman	P 10 - 275

## 4.5 Perkuatan Struktur yang Tidak Aman

### a. Pemeriksaan Tulangan Kolom

#### 1) Luas Tulangan Lentur

- K6
 
$$= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 19^2$$

$$= 283.64 \text{ mm}^2$$

#### 2) $A_{S\text{Aktual}}$ Tulangan Lentur

- K6
 
$$= n \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 6 \times 283.6428571$$

$$= 1701.857143 \text{ mm}^2$$

#### 3) Cek Tulangan Lentur

- K6
 
$$= A_{S\text{Aktual}} > A_{S\text{perlu}}$$

$$= 1701.857143 > 1225$$

$$= \text{Aman}$$

#### 4) Luas Tulangan Geser

- K6
 
$$= 0.25 \times \pi \times \text{Ø Tulangan Lentur}^2 \times n$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times 2$$

$$= 157.14 \text{ mm}^2$$

5)  $S_{\text{perlu}}$  Tulangan Geser

- K6
- = Luas /  $A_v/S_{\text{Perlu}}$
- = 157.14 / 0.453
- = 346.89 mm

6)  $S_{\text{max}}$  Tulangan Geser

- K6
- = Minimal ( ( 6 x  $\varnothing$  Tulangan ) , ( 150 ) )  
Lentur
- = Minimal ( ( 6 x 19 ) , ( 150 ) )
- = 114 mm

7)  $S_{\text{pakai}}$  Tulangan Geser

- K6
- = Minimal (  $S_{\text{perlu}}$  :  $S_{\text{max}}$  )
- = Minimal ( 346.89 : 114 )
- = 114.00 mm

8) Jarak Antar Tulangan Geser

- K6
- = Pembulatan (  $S_{\text{pakai}} / 10$  ) x 10
- = Pembulatan ( 114.00 / 10 ) x 10
- = 110 mm

9) Tabel Pemeriksaan Tulangan Kolom

**Tabel 4.44** Pemeriksaan Tulangan Lentur Kolom

Nama	Ukuran Kolom	As perlu mm <sup>2</sup>	$\varnothing$ mm	Luas mm <sup>2</sup>	n	As Aktual mm <sup>2</sup>	Cek	di Pasang		
K6	350 x 350	1225	19	283.643	6	1701.857	Aman	6	D	19

**Tabel 4.45** Pemeriksaan Tulangan Geser Kolom

Nama	Ukuran Kolom	$A_v/S_{\text{Perlu}}$ mm <sup>2</sup>	$\varnothing$ mm	n	Luas mm <sup>2</sup>	$S_{\text{perlu}}$ mm	$S_{\text{max}}$ mm	$S_{\text{pakai}}$ mm	di Pasang				
K6	350 x 350	0.453	10	2	157.14	346.89	114	114	2	P	10	-	110

## 4.6 Pembahasan

Dari hasil beberapa analisis yang dilakukan, diperoleh perbedaan hasil analisis struktur khususnya di bagian tulangan yang terpasang antara struktur hasil analisis existing dan setelah penambahan jumlah lantai, adapun perbedaan hasil dari analisis tersebut adalah sebagai berikut:

- Dari hasil analisis pengecekan perilaku struktur bangunan existing didapat 4 mode dalam MODAL Output Case, dimana di mode 4 jumlah ragam cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model sebagai mana disebutkan dalam SNI 1726 : 2019 Pasal 7.9.1.1.
- Pemeriksaan simpangan antar lantai pada bangunan existing dilakukan pada setiap titik tumpuan sabungan kolom – balok yang dinyatakan paling riskan. Dengan total 4 titik tumpuan yang membentuk garis lurus didapat keterangan aman.
- Hasil analisis pengecekan penulangan element struktural bangunan existing tidak mendapatkan permasalahan. Pemasangan tulangan yang terpasang pada saat pelaksanaan pembangunan tersebut tidak berbeda jauh setelah di analisis ulang pengecekan penulangan element struktural bangunan existing.
- Dari hasil analisis pengecekan perilaku struktur bangunan setelah penambahan lantai didapat 5 mode dalam MODAL Output Case, dimana di mode 5 jumlah ragam cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model sebagai mana disebutkan dalam SNI 1726 : 2019 Pasal 7.9.1.1.
- Pemeriksaan simpangan antar lantai pada bangunan setelah penambahan jumlah lantai dilakukan pada setiap titik tumpuan sabungan kolom – balok yang dinyatakan paling riskan. Dengan total 6 titik tumpuan yang membentuk garis lurus didapat keterangan aman.

- Hasil analisis pengecekan penulangan element struktural bangunan setelah penambahan lantai mendapatkan beberapa permasalahan. Pemasangan tulangan yang terpasang pada saat pelaksanaan pembangunan tersebut tidak mampu menahan penambahan jumlah lantai, dikarenakan permasalahan tersebut timbul di kolom K6 dengan hasil analisis menyatakan struktur kolom K6 sudah tidak aman di gunakan apabila adanya penambahan jumlah lantai. Baik itu di analisis pemeriksaan tulangan lentur kolom ataupun di pemeriksaan tulangan geser kolom. Dari hasil analisis didapat K6 dengan dimensi ukuran 35cm x 35 cm dengan tulangan  $\emptyset 16$  dan jumlah tulangan utama 6 dianalisis dalam SAP2000 didapat  $A_{sperlu}$  senilai  $1225\text{mm}^2$  tetapi  $A_{sAktual}$  existing di dapat  $1206,865\text{mm}^2$ , jadi untuk tulangan lentur kolom K6 dikatakan bahaya dikarenakan nilai  $A_{sperlu}$  lebih besar dari  $A_{sAktual}$  existing. Untuk tulangan geser kolom K6 yang terpasang adalah 2 P10 – 150 namun seharusnya tulangan tersebut menggunakan 2 P10 – 90, dikarenakan jarak antara tulangan geser existing lebih panjang dari tulangan yang seharusnya terpasang maka tulangan geser kolom K6 dinyatakan tidak aman.

Dari beberapa hasil analisis yang dilakukan bangunan existing di rumah sakit daerah Kota Bogor tidak layak ditambah jumlah lantai dikarenakan elemen struktur sudah tidak mampu menahan gaya yang diberikan (*Collapse*). Selain itu dapat diamati bahwa struktur yang tidak mampu menahan beban terlebih dahulu terjadi pada kolom, hal ini menggambarkan bahwa apabila struktur tersebut masih mau di naikkan jumlah lantai dari gedung existing tersebut maka bangunan tersebut menggunakan konsep balok kuat – kolom lemah (*Strong beam-weak column*) atau dikenal dengan istilah *Column Sidesway Mechanism*, namun direncanakan dengan mekanisme sebaliknya yaitu kolom kuat-balok lemah (*Strong column-weak beam*) atau dikenal juga dengan istilah *Beam Sidesway Mechanism*. Perencanaan dengan mekanisme tersebut dinilai kurang baik, karena apabila kegagalan dari kolom terlebih dahulu pada

suatu tingkat struktur maka akan mengakibatkan keruntuhan dari struktur bangunan secara keseluruhan.

#### **4.7 Luaran Hasil Penelitian**

Luaran hasil penelitian ini adalah berupa publikasi pada *Repository* Universitas Galuh dan jurnal ilmiah mahasiswa Teknik Universitas Galuh Ciamis (MITEKS).



