

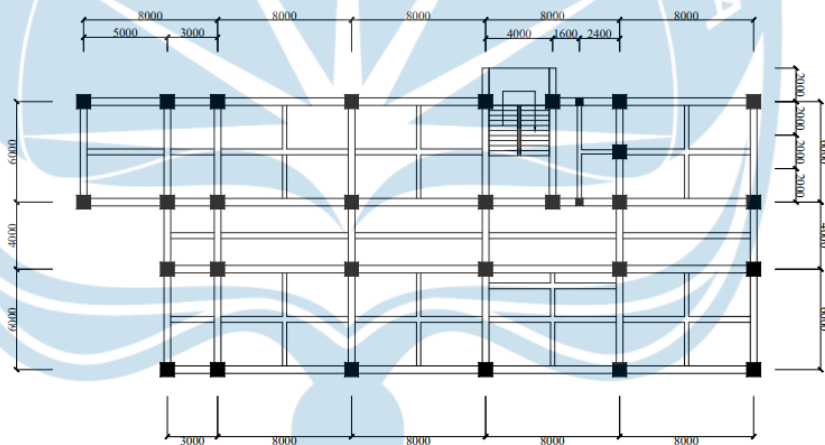
## BAB II

### PERENCANAAN STRUKTUR

#### 2.1. Data Umum

Deskripsi Proyek Bangunan Hotel Kapsul di Kulon Progo secara umum adalah sebagai berikut:

- a. Nama Proyek : Bangunan Hotel Kapsul
- b. Lokasi Proyek : Kabupaten Kulon Progo
- c. Jumlah Bangunan : Tiga
- d. Jumlah Lantai : 6 Lantai dan 1 Basement
- e. Luas Tanah : 4050 m<sup>2</sup>
- f. Luas KDB : 2835 m<sup>2</sup>
- g. Struktur Bangunan : Beton Bertulang



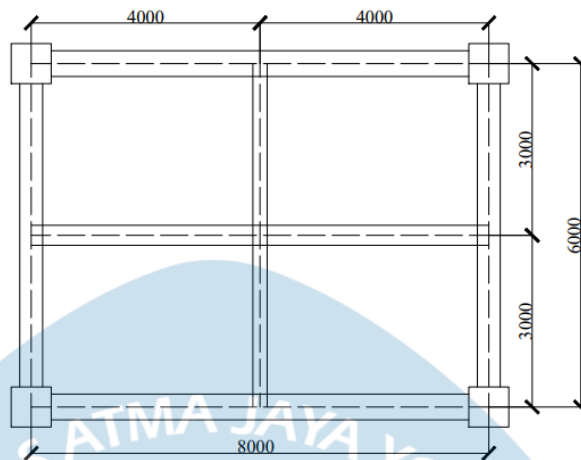
Gambar 2.1. Denah Lantai 2 Bangunan Utama

#### 2.2. Preliminary Design

Berikut ini adalah *preliminary design* untuk bangunan Hotel Kapsul di Kulon.

Diketahui:

Bangunan Utama



Gambar 2.2. Ukuran Pelat Lantai Terbesar

$$L_y = 4000 \text{ mm}$$

$$L_x = 3000 \text{ mm}$$

1. Menentukan Tebal Pelat pada Lantai

a. Identifikasi Pelat

Perhitungan penentuan Tumpuan Satu Ujung Menerus atau Dua

Ujung Menerus berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1 –

Ketebalan Minimum Pelat *Solid* Satu Arah Nonprategang

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4000}{3000} = 1,333 < 2$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh Pelat dengan Tumpuan Dua

Ujung Menerus

b. Menentukan Tebal Pelat Satu Arah

Perhitungan berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1 – Ketebalan

Minimum Pelat *Solid* Satu Arah Nonprategang

1) Kondisi Tumpuan Satu Ujung Menerus

$$h = \frac{L_x}{24} = \frac{3000}{24} = 125$$

2) Kondisi Tumpuan Satu Ujung Menerus

$$h = \frac{L_x}{28} = \frac{3000}{28} = 107,143$$

## 2. Menentukan Dimensi Kolom

Diketahui:

Dimensi kolom = 550 x 550 mm

### a. Pengecekan Dimensi Penampang Kolom SRPMK

Perhitungan berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1 Batasan

Dimensi

1)  $B \leq H$

$$550 \leq 550$$

2) Perbandingan  $B/H > 0,4$

$$\frac{550}{550} > 0,4$$

$$1 > 0,4 \text{ (OK)}$$

## 3. Menentukan Dimensi Balok

Perhitungan berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 9.3.1.1 – Tinggi

Minimum Balok Nonprategang

### a. Menentukan Tinggi Minimum Balok

1) Kondisi Perletakan Menerus Satu Sisi

$$h = \frac{L_y}{15} = \frac{8000}{15} = 533,333 \text{ mm} \approx 550 \text{ mm}$$

2) Kondisi Perletakan Menerus Dua Sisi

$$h = \frac{L_y}{15} = \frac{8000}{15} = 533,333 \text{ mm} \approx 550 \text{ mm}$$

### b. Menentukan Lebar Minimum

1) Kondisi Perletakan Menerus Satu Sisi

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 533,333 = 355,556 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

2) Kondisi Perletakan Menerus Dua Sisi

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 533,333 = 355,556 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

Tabel 2. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Bangunan Utama

L	Tipe	Ukuran Balok
8000	B1	450 x 600
3000	B1	450 x 600
5000	B1	450 x 600
6000	B2	400 x 500
4000	B2	400 x 500
8000	BA1	350 x 500
3000	BA1	350 x 500
2000	BA1	350 x 500
5000	BA1	350 x 500
6000	BA2	250 x 400

Balok induk yang digunakan 450 x 600 dan 400 x 500

Balok anak yang digunakan 350 x 500 dan 250 x 400

Selimut Beton = 40 mm

Diameter Sengkang = 10 mm

Diameter Longitudinal = 19 mm

Tabel 2.2. Rekapitulasi Dimensi Balok Bangunan Sekunder

L	Tipe	Ukuran Balok
8000	B1	300 x 500
6000	B1	300 x 500
8000	BA1	300 x 400
6000	BA1	300 x 400

Balok induk yang digunakan 300 x 500

Balok anak yang digunakan 300 x 400

Selimut Beton = 40 mm

Diameter Sengkang = 10 mm

Diameter Longitudinal = 16 mm

c. Pengecekan Syarat Dimensi Penampang Balok SRPMK

Dengan perhitungan Bangunan Utama

$$L_n > 4d$$

$$d = 550 - 40 - 10 - 16/2 = 492 \text{ mm}$$

$$L_n = 8000 - (550/2) \times 2 = 7450 \text{ mm}$$

$$7450 > 4 \times 492$$

$$7450 > 1968 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, disimpulkan *preliminary design* Hotel Kapsul di Kulon Progo adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Preliminary Desain Bangunan Utama

Tipe	Ukuran Balok
B1	450 x 600
B2	400 x 500
BA1	350 x 500
BA2	250 x 400
Pelat	130 mm
K1	800 x 800
K2	700 x 700
K3	600 x 600
K4	400 x 400

### 2.3. Penentuan Sistem Struktur

#### 1. Menentukan Kategori Resiko

Tabel 2. 4 Kategori Resiko

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Berdasarkan SNI 1726:2019 Tabel 3 – Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa, kategori risiko pada bangunan Hotel Kapsul termasuk dalam kategori risiko II. Hal tersebut ditinjau dari fungsi bangunan, yaitu gedung apartemen atau rumah susun.

2. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa

Tabel 2.5. Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Berdasarkan SNI 1726:2019 Tabel 4 – Faktor Keutamaan Gempa dan kategori resiko II pada bangunan Hotel Kapsul, diperoleh faktor keutamaan gempa pada bangunan, yaitu sejumlah 1,0.

3. Menentukan Klasifikasi Situs

Tabel 2.6. Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{cs}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dan perhitungan kelas situs, diperoleh data yang selanjutnya dibandingkan dengan SNI 1726:2019 Tabel 5 – Klasifikasi Situs. Dari analisis yang dilakukan, kondisi tanah pada bangunan Hotel Kapsul termasuk dalam klasifikasi kelas situs SD atau Tanah Sedang dengan nilai di rentang 15 sampai 50.

4. Menentukan Parameter Respons Spektrum

Parameter respons spektrum diperoleh melalui website “Desain Spektra Indonesia” dalam laman <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>. Berikut ini nilai-nilai parameter yang didapatkan untuk wilayah Kabupaten Kulon Progo.

- a.  $T_0 = 0,1562$
- b.  $T_s = 0,7810$
- c.  $S_{ds} = 0,7519$
- d.  $S_{d1} = 0.5873$
- e.  $S_s = 1,0408$
- f.  $S_1 = 0.4855$

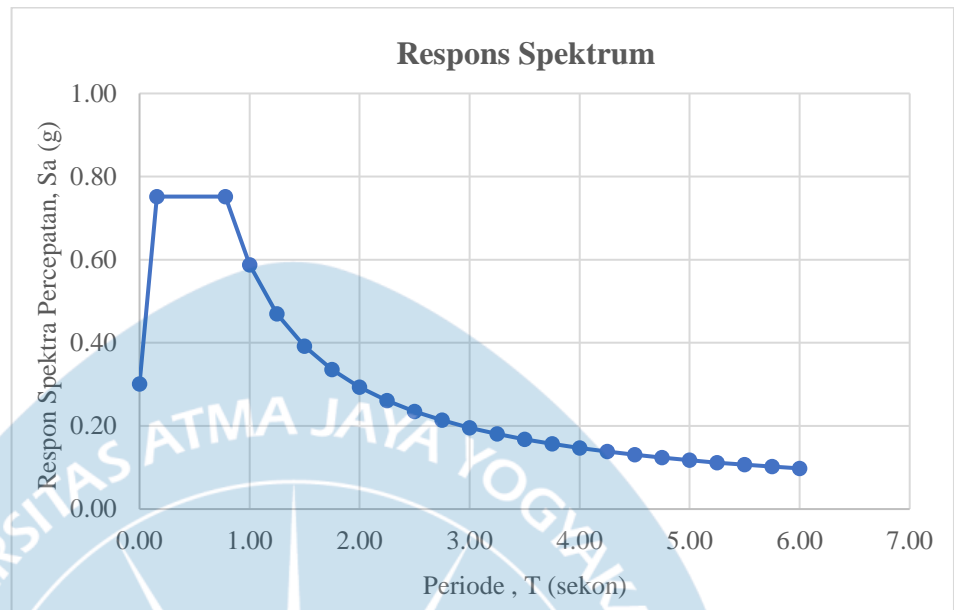
## 5. Mendesain Respon Spektra

Berdasarkan letak Bangunan Hotel di Kulon Progo dengan jenis Tanah Sedang (SD), maka diperoleh data spektrum sebagai berikut:

Tabel 2.7. Desain Respons Spektrum

No	T (detik)	SA (g)
1	0,0000	0,3008
2	0,1562	0,7519
3	0,7810	0,7519
4	1,0000	0,5873
5	1,2500	0,4698
6	1,5000	0,3915
7	1,7500	0,3356
8	2,0000	0,2936
9	2,2500	0,2610
10	2,5000	0,2349
11	2,7500	0,2136
12	3,0000	0,1958
13	3,2500	0,1807
14	3,5000	0,1678
15	3,7500	0,1566
16	4,0000	0,1468
17	4,2500	0,1382
18	4,5000	0,1305
19	4,7500	0,1236
20	5,0000	0,1175
21	5,2500	0,1119
22	5,5000	0,1068
23	5,7500	0,1021
24	6,0000	0,0979





Gambar 2.3. Respon Spektrum

6. Menghitung Periode Fundamental Gedung (T)

Tabel 2.8. Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Berdasarkan SNI 1726:2019 Tabel 18 – Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$  dan klasifikasi tipe struktur Hotel Kapsul sebagai rangka beton pemikul momen, diperoleh nilai  $C_t = 0,0466$  dan  $x = 0,9$  Dengan begitu dapat dilakukan perhitungan nilai parameter periode sebagai berikut.

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 0,0466 \times (27,2)^{0,9} = 0,9110 \text{ s}$$

dengan nilai  $h_n = 27,2 \text{ m}$

7. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)

Tabel 2. 9. Kategori Desain Seismik

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Berdasarkan SNI 1726:2019 Tabel 8 – Kategori Desain Seismik Berdasarkan Paramter Respons Percepatan pada Periode Pendek dan Tabel 9 – Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik, data  $S_{ds} = 0,7519$ ,  $S_{d1} = 0,5873$ , dan kategori resiko II menunjukkan bahwa bangunan Hotel Kapsul memiliki kategori desain seismik, yakni termasuk kategori D.

Tabel 2.10. Faktor R, Cd, dan  $\Omega_0$  untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $H_s$ (m) <sup>d</sup>					
				Kategori desain seismik					
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>	
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2%	2	TB	TI	TI	TI	TI	
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1%	2%	1%	TB	TI	TI	TI	TI	
21. Dinding geser batu bata prategang	1%	2%	1%	TB	TI	TI	TI	TI	
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2%	4%	TB	TB	22	22	22	
23. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2%	4%	TB	TB	22	22	22	
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2%	2%	2%	TB	TB	10	TB	TB	
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2%	5	TB	TB	48	48	30	
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30	
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>									
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5%	TB	TB	48	30	TI	
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4%	3	4	TB	TB	10 <sup>e</sup>	TI <sup>e</sup>	TI <sup>e</sup>	
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3%	3	3	TB	TB	TI <sup>e</sup>	TI <sup>e</sup>	TI <sup>e</sup>	
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>g</sup>	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB	
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI	
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI	
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB	
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI	
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5%	48	48	30	TI	TI	
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI	
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan <sup>h</sup>	3%	3 <sup>e</sup>	3%	10	10	10	10	10	

#### 8. Menentukan Koefisien Modifikasi Respons (R)

Berdasarkan SNI 1726:2019 Tabel 2.10 – Faktor R, Cd, dan  $\Omega_0$  untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik dan klasifikasi tipe struktur Hotel Kapsul sebagai rangka beton bertulang pemikul momen khusus, didapatkan nilai R = 8, Cd = 5,5, dan  $\Omega_0 = 3$ .

#### 2.4. Perencanaan Pembebanan Struktur

Berikut ini data-data perancangan yang digunakan pada bangunan Hotel Kapsul.

Tebal pelat lantai	: 130 mm
<b>Bangunan Utama</b>	
Balok induk	: 450 x 600, 400 x 500
Balok anak	: 350 x 500, 250 x 400
Balok lift	: 200 x 350
Kolom	: 800x800, 700x700, 600x600, 400x400
Tinggi tingkat lantai basement-1:	4000 mm
Tinggi tingkat lantai 1-2	: 3600 mm
Mutu beton $f'_c$	: 30 MPa
Mutu baja $f_y$	: 420 MPa
Parameter respons spektrum	:
$T_0$	= 0,1562
$T_s$	= 0,7810
$S_{ds}$	= 0,7519
$S_{d1}$	= 0.5873
$S_s$	= 1,0408
$S_1$	= 0.4855
Kategori risiko gedung	: D
Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )	: 1,0
Berdasarkan penggunaan Rangka Beton Pemikul Momen	
Periode fundamental gedung (T):	0,9110 s

Berdasarkan penggunaan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus

Koefisien modifikasi *respons* (R):

$$R = 8$$

$$Cd = 5,5$$

$$\Omega_0 = 5,5.$$

### 1. Koefisien Respons Seismik (Cs)

Untuk  $T \leq T_s$ , nilai Cs:

$$Cs = \frac{Sds}{(R/Ie)} = \frac{0,7519}{(8/1)} = 0,0940$$

Jika  $T \leq T_L$ , nilai Cs tidak perlu lebih besar dari:

$$Cs = \frac{Sds}{T(R/Ie)} = \frac{0,7519}{0,9110(8/1)} = 0,0806$$

Jika  $T > T_L$ , nilai Cs tidak perlu lebih besar dari:

$$Cs = \frac{Sd1 \times T_L}{T^2(R/Ie)} = \frac{0,5878 \times 20}{1^2(8/1)} = 0,0806$$

Nilai Cs harus tidak kurang dari:

$$Cs_{min} = 0,044 \times Sds \times Ie = 0,044 \times 0,7519 \times 1,0 = 0,0331 \geq 0,010(\text{OK})$$

Nilai Cs yang digunakan 0,0806

### 2. Berat Seismik Efektik Bangunan

#### a. Bangunan Utama

#### 1. Berat Satuan Pelat Atap (t = 130 mm)

Berat sendiri pelat	= $0,13 \times 24$	= 3,12	kN/m <sup>2</sup>
Genangan air	= $0,1 \times 10$	= 1	kN/m <sup>2</sup>
Plumbing	= 0,1	= 0,1	kN/m <sup>2</sup>
Plafond	= 0,11	= 0,11	kN/m <sup>2</sup>
Penggantung	= 0,07	= 0,07	kN/m <sup>2</sup>
Waterproofing	= 1,2	= 1,2	kN/m <sup>2</sup>
MEP	= 0,2	= 0,2	kN/m <sup>2</sup>
Total Dead Load (DL) per luasan		= 5,8	kN/m <sup>2</sup>

SIDL (input software tanpa berat sendiri) = 2,68 kN/m<sup>2</sup>

2. Berat Satuan Pelat Lantai (t = 130 mm)

Berat sendiri pelat	= 0,13 × 24	= 3,12	kN/m <sup>2</sup>
Spesi 3 cm	= 3 × 0,21	= 0,63	kN/m <sup>2</sup>
Keramik 1 cm	= 1 × 0,24	= 0,24	kN/m <sup>2</sup>
Plumbing	= 0,1	= 0,1	kN/m <sup>2</sup>
Plafond	= 0,11	= 0,11	kN/m <sup>2</sup>
Penggantung	= 0,07	= 0,07	kN/m <sup>2</sup>
Sanitasi	= 0,2	= 0,2	kN/m <sup>2</sup>
MEP	= 0,2	= 0,2	kN/m <sup>2</sup>
Total Dead Load (DL) per luasan		= 4,67	kN/m <sup>2</sup>
SIDL (input software tanpa berat sendiri)		= 1,55	kN/m <sup>2</sup>

3. Berat Satuan Balok dan Kolom

Balok Induk 1

$$450 \times 600 = 0,45 \times (0,6 - 0,13) \times 24 = 5,076 \text{ kN/m}$$

Balok Induk 2

$$400 \times 500 = 0,4 \times (0,50 - 0,13) \times 24 = 3,552 \text{ kN/m}$$

Balok Anak 1

$$350 \times 500 = 0,35 \times (0,5 - 0,13) \times 24 = 3,108 \text{ kN/m}$$

Balok Anak 2

$$250 \times 400 = 0,25 \times (0,35 - 0,13) \times 24 = 1,32 \text{ kN/m}$$

Balok Bordes

$$400 \times 500 = 0,4 \times (0,50 - 0,15) \times 24 = 3,36 \text{ kN/m}$$

Balok Lift

$$200 \times 350 = 0,2 \times (0,35 - 0,13) \times 24 = 1,056 \text{ kN/m}$$

Kolom 1

$$800 \times 800 = 0,80 \times 0,80 \times 24 = 15,36 \text{ kN/m}$$

Kolom 2

$$700 \times 700 = 0,7 \times 0,7 \times 24 = 11,76 \text{ kN/m}$$

Kolom 3

$$600 \times 600 = 0,6 \times 0,6 \times 24 = 8,64 \text{ kN/m}$$

Kolom 4

$$400 \times 400 = 0,4 \times 0,4 \times 24 = 3,84 \text{ kN/m}$$

#### 4. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2020 Tabel 4.3.1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum dan Beban Hidup Terpusat Minimum, besarnya beban hidup (LL) yang diterima oleh bangunan tertera sebagai berikut.

Beban Hidup Lantai	= 1,92	kN/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Atap	= 0,96	kN/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Tangga	= 4,79	kN/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Parkir dan Loading Dock	= 1,92	kN/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Balkon	= 2,87	kN/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Koridor	= 4,79	kN/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Restoran / Lounge	= 4,79	kN/m <sup>2</sup>
Beban Ruang Lobi	= 4,79	kN/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Lift	= 4,413	kN/m <sup>2</sup>

#### 5. Pembebanan Tiap Lantai

Pembebanan tiap lantai dihitung dari lantai paling atas lalu lantai dibawahnya, dengan menjumlahkan beban tiap lantai dengan beban pada lantai sebelumnya dapat dilihat dalam perhitungan dan tabel berikut:

Lantai 1:

Pelat lantai

$$= ((35 \times 16 - 5 \times 4 - 4 \times 3 - 6 \times 2,4) + 6 \times 5) \times 1,55 = 842,58 \text{ kN}$$

$$B1 \ 450 \times 600 = (128) \times 5,076 = 649,728 \text{ kN}$$

$$B2 \ 400 \times 500 = (91,4) \times 3,552 = 324,653 \text{ kN}$$

$$BA1 \ 350 \times 500 = (62,7) \times 3,108 = 194,872 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
\text{BA2 } 250 \times 400 &= (36,4) \times 1,32 && = 48,048 \text{ kN} \\
\text{BL } 200 \times 350 &= (7,6) \times 1,056 && = 8,0256 \text{ kN} \\
\text{BB } 400 \times 500 &= (3,2) \times 3,36 && = 12,9024 \text{ kN} \\
\text{Kolom } 800 \times 800 &= (32 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{4}{2})) \times 15,36 && = 1867,776 \text{ kN} \\
\text{Kolom Lift } 400 \times 400 &= (3 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{4}{2})) \times 3,84 && = 43,776 \text{ kN} \\
\text{Pelat tangga} &= (1,9 \times 3) \times 2 \times 2,05 && = 23,37 \text{ kN} \\
\text{Pelat bordes} &= (4 \times 2) \times 2,05 && = 16,4 \text{ kN} \\
\text{Dinding} &= (128,8) \times 3,6 \times 1,205 && = 558,7344 \text{ kN} \\
\hline
\text{Total W1} &&& = 4590,865 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Lantai 2 :

$$\begin{aligned}
\text{Pelat lantai} &= ((35 \times 16 - 5 \times 4 - 6 \times 2,4) + 5 \times 6) \times 1,55 \\
&= 861,18 \text{ kN} \\
\text{B1 } 450 \times 600 &= (130,8) \times 5,076 && = 663,9408 \text{ kN} \\
\text{B2 } 300 \times 400 &= (96,4) \times 3,552 && = 342,4128 \text{ kN} \\
\text{BA1 } 350 \times 500 &= (56,5) \times 3,108 && = 175,602 \text{ kN} \\
\text{BA2 } 250 \times 400 &= (26,2) \times 1,32 && = 34,584 \text{ kN} \\
\text{BL } 200 \times 350 &= (7,6) \times 1,056 && = 8,0256 \text{ kN} \\
\text{BB } 400 \times 500 &= (3,2) \times 3,36 && = 12,9024 \text{ kN} \\
\text{Kolom } 800 \times 800 &= (29 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 15,36 && = 1603,584 \text{ kN} \\
\text{Kolom Lift } 400 \times 400 &= (3 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 3,84 && = 41,472 \text{ kN} \\
\text{Pelat tangga} &= (1,9 \times 3) \times 2 \times 2,05 && = 23,37 \text{ kN} \\
\text{Pelat bordes} &= (4 \times 2) \times 2,05 && = 16,4 \text{ kN} \\
\text{Dinding} &= (123,8) \times 3,6 \times 1,205 && = 537,044 \text{ kN} \\
\hline
\text{Total W2} &&& = 4320,518 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Lantai 3:

$$\begin{aligned}
\text{Pelat lantai} &= ((35 \times 16 - 5 \times 4 - 6 \times 2,4)) \times 1,55 && = 814,68 \text{ kN} \\
\text{B1 } 450 \times 600 &= (124,6) \times 5,076 && = 632,4696 \text{ kN} \\
\text{B2 } 400 \times 500 &= (100,95) \times 1,944 && = 196,247 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{BA1 } 350 \times 500 &= (89,65) \times 3,108 && = 278,632 \text{ kN} \\
\text{BA2 } 250 \times 400 &= (44,4) \times 1,32 && = 58,608 \text{ kN} \\
\text{BL } 200 \times 350 &= (7,6) \times 1,056 && = 8,0256 \text{ kN} \\
\text{BB } 400 \times 500 &= (3,2) \times 3,36 && = 12,9024 \text{ kN} \\
\text{Kolom } 700 \times 700 &= (27 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 11,76 && = 1143,072 \text{ kN} \\
\text{Kolom Lift } 400 \times 400 &= (3 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 3,84 && = 41,472 \text{ kN} \\
\text{Pelat tangga} &= (1,9 \times 3) \times 2 \times 2,05 && = 23,37 \text{ kN} \\
\text{Pelat bordes} &= (4 \times 2) \times 2,05 && = 16,4 \text{ kN} \\
\text{Dinding} &= (155,4) \times 3,6 \times 1,205 && = 674,1252 \text{ kN} \\
\hline
\text{Total W3} &&& = 3900,00 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Lantai 4 :

$$\begin{aligned}
\text{Pelat lantai} &= ((35 \times 16 - 5 \times 4 - 6 \times 2,4)) \times 1,55 = 814,68 \text{ kN} \\
\text{B1 } 450 \times 600 &= (126) \times 5,076 && = 639,576 \text{ kN} \\
\text{B2 } 400 \times 500 &= (84,4) \times 3,552 && = 299,789 \text{ kN} \\
\text{BA1 } 350 \times 500 &= (94) \times 3,108 && = 292,152 \text{ kN} \\
\text{BA2 } 250 \times 400 &= (41,5) \times 1,32 && = 54,78 \text{ kN} \\
\text{Kolom } 700 \times 700 &= (23 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 11,76 = 973,728 \text{ kN} \\
\text{Kolom Lift } 400 \times 400 &= (3 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 3,84 = 41,472 \text{ kN} \\
\text{Pelat tangga} &= (1,9 \times 3) \times 2 \times 2,05 && = 23,37 \text{ kN} \\
\text{Pelat bordes} &= (4 \times 2) \times 2,05 && = 16,4 \text{ kN} \\
\text{Dinding} &= (155,4) \times 3,6 \times 1,205 && = 674,125 \text{ kN} \\
\hline
\text{Total W4} &&& = 3830,072 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Lantai 5 :

$$\begin{aligned}
\text{Pelat lantai} &= ((35 \times 16 - 5 \times 4 - 6 \times 2,4)) \times 1,55 = 814,68 \text{ kN} \\
\text{B1 } 450 \times 600 &= (126) \times 5,076 && = 639,576 \text{ kN} \\
\text{B2 } 400 \times 500 &= (84,4) \times 3,552 && = 299,789 \text{ kN} \\
\text{BA1 } 350 \times 500 &= (94) \times 3,108 && = 292,152 \text{ kN} \\
\text{BA2 } 250 \times 400 &= (41,5) \times 1,32 && = 54,78 \text{ kN}
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Kolom } 700 \times 700 &= (23 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 11,76 = 973,728 \text{ kN} \\ \text{Kolom Lift } 400 \times 400 &= (3 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 3,84 = 41,472 \text{ kN} \\ \text{Pelat tangga} &= (1,9 \times 3) \times 2 \times 2,05 = 23,37 \text{ kN} \\ \text{Pelat bordes} &= (4 \times 2) \times 2,05 = 16,4 \text{ kN} \\ \text{Dinding} &= (155,4) \times 3,6 \times 1,205 = 674,125 \text{ kN} \\ \text{Total W5} &= 3830,072 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lantai 6 :

$$\begin{aligned} \text{Pelat lantai} &= ((35 \times 16 - 5 \times 4 - 6 \times 2,4)) \times 1,55 = 814,68 \text{ kN} \\ \text{B1 } 450 \times 600 &= (126) \times 5,076 = 639,576 \text{ kN} \\ \text{B2 } 400 \times 500 &= (84,4) \times 3,552 = 299,789 \text{ kN} \\ \text{BA1 } 350 \times 500 &= (94) \times 3,108 = 292,152 \text{ kN} \\ \text{BA2 } 250 \times 400 &= (41,5) \times 1,32 = 54,78 \text{ kN} \\ \text{Kolom } 600 \times 600 &= (22 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 8,64 = 684,288 \text{ kN} \\ \text{Kolom Lift } 400 \times 400 &= (3 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 3,84 = 41,472 \text{ kN} \\ \text{Pelat tangga} &= (1,9 \times 3) \times 2 \times 2,05 = 23,37 \text{ kN} \\ \text{Pelat bordes} &= (4 \times 2) \times 2,05 = 16,4 \text{ kN} \\ \text{Dinding} &= (155,4) \times 3,6 \times 1,205 = 674,125 \text{ kN} \\ \text{Total W6} &= 3540,632 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lantai Rooftop

$$\begin{aligned} \text{Pelat atap} &= ((35 \times 16 - 5 \times 4 - 6 \times 2,4)) \times 2,68 = 1408,608 \text{ kN} \\ \text{B1 } 450 \times 600 &= (126) \times 5,076 = 639,576 \text{ kN} \\ \text{B2 } 400 \times 500 &= (82,75) \times 3,552 = 293,928 \text{ kN} \\ \text{BA1 } 350 \times 500 &= (94) \times 3,108 = 292,152 \text{ kN} \\ \text{BA2 } 250 \times 400 &= (41,5) \times 1,32 = 54,78 \text{ kN} \\ \text{Kolom } 600 \times 600 &= (22 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 8,64 = 684,288 \text{ kN} \\ \text{Kolom Lift } 400 \times 400 &= (3 \times (\frac{3,6}{2} + \frac{3,6}{2})) \times 3,84 = 41,472 \text{ kN} \\ \text{Total WRooftop} &= 3414,804 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Gaya Geser Dasar (V)

#### a. Bangunan Utama

$$W \text{ total} = 27.427 \text{ kN}$$

$$C_s \text{ yang digunakan} = 0,0806$$

$$T \text{ yang digunakan} = 0,9110$$

$$\text{Nilai } k \text{ yang digunakan} = 0,75 + 0,5 \times T = 1,2055$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, nilai } V &= C_s \times W \\ &= 0,0806 \times 27.427 \\ &= 2210,2671 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 4. Beban Gempa dengan Metode Statistik Ekivalen

Tabel 2.11. Statistik Ekivalen Bangunan Utama

Lantai	w	h	w.h <sup>k</sup>	C <sub>v<sub>x</sub></sub>	F <sub>x</sub>	V <sub>x</sub>
Atap Core	-	27.2	-	-	-	-
Rooftop	3414.8040	23.6	154305.6256	0.26540	586.6038	586.6038
6	3540.6320	20	131052.2706	0.22540	498.2045	1084.8082
5	3830.0720	16.4	111602.8140	0.19195	424.2660	1509.0742
4	3830.0720	12.8	82779.8839	0.14238	314.6936	1823.7678
3	3900.0000	9.2	56609.6103	0.09737	215.2054	2038.9733
2	4320.5180	5.6	34471.5206	0.05929	131.0459	2170.0192
1	4590.8650	2	10587.1661	0.01821	40.2479	2210.2671
	27426.963		581408.8911		2210.2671	

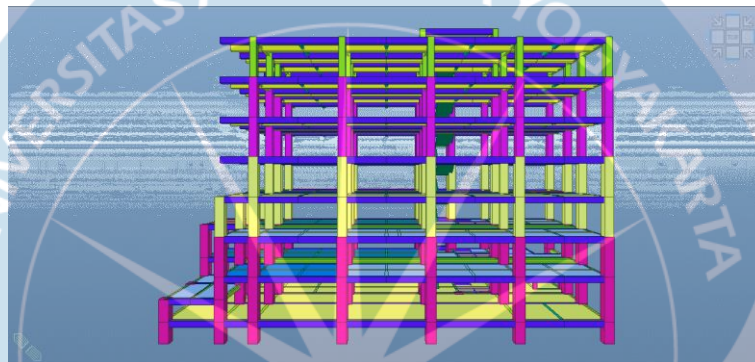
### 2.5. Pemodelan Portal 3D Struktur

Berikut ini data-data perancangan yang digunakan pada pemodelan bangunan Hotel Kapsul.

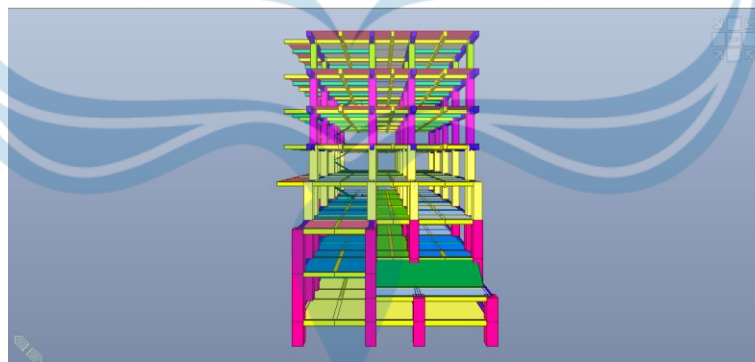
- Mutu beton f'c : 30 MPa
- Fy tulangan : 420 MPa
- Fy sengkang : 280 MPa
- Balok induk : 400x550, 300x400

- Balok anak : 350x500, 250x350
- Kolom Basement - 1 : 800 x 800
- Kolom Lantai 2 - 3 : 700 x 700
- Kolom Lantai 4 - 5 : 650 x 650
- Kolom Lantai 6 - 7 : 550 x 550
- Pelat lantai : 130 mm

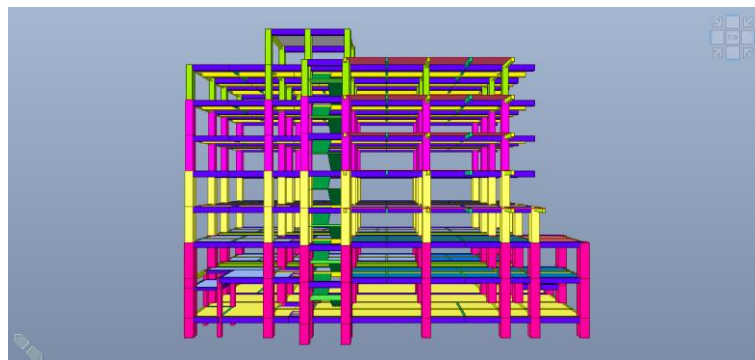
### 1. Pemodelan Bangunan Utama Hotel Kapsul



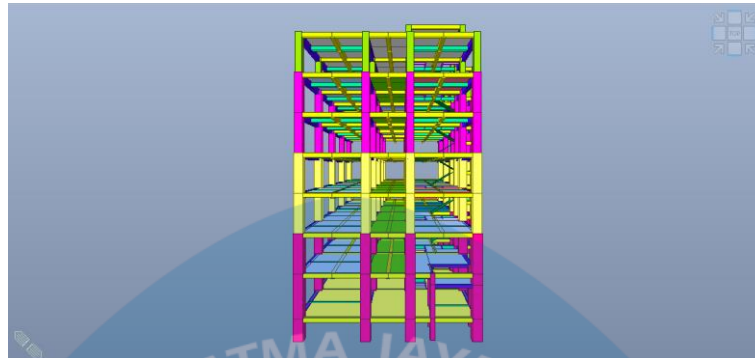
Gambar 2.4. Tampak Utara Pemodelan 3D Bangunan Utama



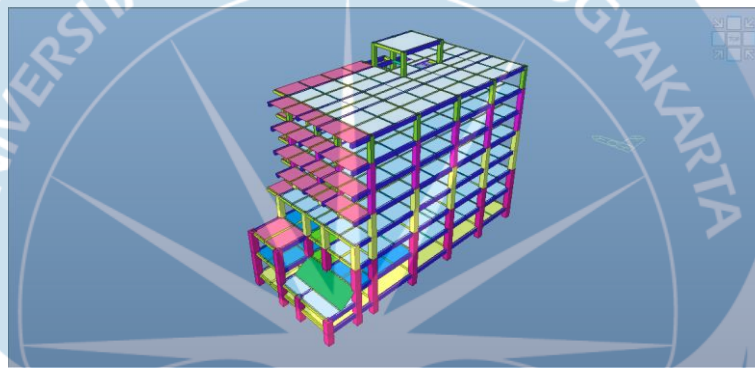
Gambar 2.5. Tampak Timur Pemodelan 3D Bangunan Utama



Gambar 2.6. Tampak Selatan Pemodelan 3D Bangunan Utama



Gambar 2.7. Tampak Barat Pemodelan 3D Bangunan Utama



Gambar 2.8. Tampak Diagonal Pemodelan 3D Bangunan Utama

## 2.6. Perancangan Pelat

### 2.6.1. Rekapitulasi Tipe Pelat Hotel Kapsul

Tabel 2.12. Rekapitulasi Tipe Pelat Bangunan Hotel Kapsul

Keterangan	Ruang		Pelat		Ly/Lx	Jenis Pelat	Tipe Plat	Tebal Minimum Pelat	Tebal Pelat
	h	bw	Ly	Lx				(mm)	(mm)
<b>Bangunan Utama</b>									
Koridor	8000	4000	8000	2000	4	PLAT 1 ARAH	TEPI	83,333	130
Koridor	8000	4000	8000	2000	4	PLAT 1 ARAH	INTERIOR	71,429	130
Kantilever	6000	3000	3000	3000	1	PLAT 2 ARAH	A	90	130

Keterangan	Ruang		Pelat		Ly/Lx	Jenis Pelat	Tipe Plat	Tebal Minimum Pelat	Tebal Pelat
	h	bw	Ly	Lx				(mm)	(mm)
	Kantilever	6000	3000	3000				3000	1
Kantilever	6000	3000	3000	3000	1	PLAT 2 ARAH	C	90	130
Kantilever	6000	3000	3000	3000	1	PLAT 2 ARAH	D	90	130
Kantilever	8000	3000	4000	3000	1,3	PLAT 2 ARAH	D	90	130
Kantilever	8000	3000	4000	3000	1,3	PLAT 2 ARAH	C	90	130
Bar Lt. 1	6000	5000	5000	3000	1,7	PLAT 2 ARAH	D	90	130
Ruang 8x6	8000	6000	4000	3000	1,3	PLAT 2 ARAH	A	90	130
Ruang 8x6	8000	6000	4000	3000	1,3	PLAT 2 ARAH	B	90	130
Ruang 8x6	8000	6000	4000	3000	1,3	PLAT 2 ARAH	C	90	130
Ruang 8x6	8000	6000	4000	3000	1,3	PLAT 2 ARAH	D	90	130
Ruang Sisa 2 Lift	3000	1600	3000	1600	1,9	PLAT 2 ARAH	C	90	130
Ujung Kantilever	3000	3000	3000	3000	1	PLAT 2 ARAH	D	90	130
Loading Dock	4000	3000	4000	3000	1,3	PLAT 2 ARAH	C	125	130
Greenroof	8000	6000	4000	3000	1,3	PLAT 2 ARAH	D	90	130

## 2.6.2. Pembebanan Fungsi Pelat Lantai

Tabel 2.13. Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai

Beban	Tebal	Luasan	Berat Jenis	Total Berat (kN)
<b>Beban Mati (DL)</b>				
Pelat Lantai	0,13	40	24	124,8
Dinding / 3 cm		46,8	3	140,4
Spesi / 1 cm		40	0,21	8,4
Keramik		40	0,24	9,6
Plumbing		40	0,1	4
Plafond		40	0,11	4,4
Penggantung		40	0,07	2,8
Sanitasi		40	0,2	8
MEP		40	0,2	8
Total DL				310,4
Total DL / m <sup>2</sup>				7,76
<b>Beban Hidup Lantai</b>			1,92	1,92
Total				1,92
Total LL / m <sup>2</sup>				1,92

Catatan: *Dead Load* dibagi luasan *tributary area* sebesar 40 m<sup>2</sup>

Menghitung Pembebanan (Ruang 8 x 6)

$$Wu_1 = 1,4DL = 1,4(7,76) = 10,864 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} Wu_2 &= 1,2 DL + 1,6 LL \\ &= 1,2 (7,56) + 1,6 (1,92) \\ &= 12,384 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$Wu = 12,384 \text{ kN/m}$$

Rekapitulasi Pembebanan Pelat

1) Pelat Lantai

Ruang 8 x 6, Ruang Loading Dock, Ruang Kamar Mandi, dan Ruang Kamar

$$Q_{DL} = 7,76 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{LL} = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

$$W_u = 12,384 \text{ kN/m}$$

Ruang Balkon (Kantilever)

$$Q_{DL} = 7,76 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{LL} = 2,87 \text{ kN/m}^2$$

$$W_u = 13,904 \text{ kN/m}$$

Ruang Lobby, Koridor, dan Greenroof

$$Q_{DL} = 7,76 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{LL} = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

$$W_u = 16,976 \text{ kN/m}$$

2) Pelat Atap

Atap Dak Beton

$$Q_{DL} = 4,29 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{LL} = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

$$W_u = 16,976 \text{ kN/m}$$

### 2.6.3. Contoh Perhitungan Pelat

#### 1. Perhitungan Pelat 1 Arah

Perhitungan diperincikan untuk Ruang Koridor pada Tipe Tepi (Satu Ujung Menerus) sebagai contoh perhitungan.

Diketahui:

$$L_y : 8000 \text{ mm}$$

$$L_x : 2000 \text{ mm}$$

$$L_n : 1600 \text{ mm}$$

$$\text{Ukuran Balok Induk} : 600 \times 450 \text{ mm}$$

$$\text{Ukuran Balok Anak} : 500 \times 350 \text{ mm}$$

$$\text{Kombinasi Beban} : 12,384 \text{ kN/m}$$

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

$$f_y : 420 \text{ MPa dan } 280 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal Pelat} : 130 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter Tulangan Utama} : 10 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton} : 20 \text{ mm}$$

Ag : 130000 mm<sup>2</sup>

a. Menentukan Tebal Pelat Minimum

Berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1 – Ketebalan Minimum Pelat Solid Satu Arah Nonprategang

$$\frac{Lx}{24} = \frac{2000}{24} = 83,333 \text{ mm}$$

Jadi, diambil tebal pelat sebesar 130 mm

$$\begin{aligned} d &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - \text{diameter tulangan utama} / 2 \\ &= 130 - 20 - 10/2 \\ &= 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Menghitung Gaya Geser

Menurut SNI 2847:2019 Tabel 6.5.4 – Geser Pendekatan untuk Analisis Balok Menerus dan Pelat Satu Arah Nonprategang

$$V_u = \frac{1,15 \times W_u \times l_n}{2} = \frac{1,15 \times 12,384 \times 1600}{2} = 11787,04 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 105 \\ &= 73326,4 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai  $\phi = 0,75$  didasarkan dari SNI 2847:2019 Tabel 21.2.1

Syarat :

$$\phi V_c > V_u$$

$$73326,4 \text{ N} > 11787,04 \text{ N (OK)}$$

Tidak diperlukan penulangan geser karena penampang beton dapat mengakomodasi gaya geser yang terjadi.

c. Menghitung Momen Pelat

Diasumsikan perhitungan untuk setiap 1000 mm

$$\begin{aligned} M_u (-) &= -\frac{1}{10} \times q \times l_n^2 \\ &= -\frac{1}{10} \times 12,384 \times (1600)^2 = -4345856 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u (-) &= -\frac{1}{24} \times q \times l_n^2 \\ &= -\frac{1}{24} \times 12,384 \times (1600)^2 = -1810773,333 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Mu (+)} &= \frac{1}{11} \times q \times l_n^2 \\ &= \frac{1}{11} \times 12,384 \times (1600)^2 = 3950778,182 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

d. Menghitung Koefisien Ketahanan Lentur

Nilai  $\phi = 0,9$  (asumsi terkendali tarik) didasarkan dari SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2

Balok Tumpuan dengan Momen Maksimum

$$k = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{4345856}{0,9 \times (1000) \times (105)^2} = 0,438$$

Balok Lapangan dengan Momen Maksimum

$$k = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{3950778,182}{0,9 \times (1000) \times (105)^2} = 0,398$$

e. Perhitungan Tulangan

Tulangan Tumpuan (Pokok)

3) Rasio Penulangan Lentur

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{280} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times (0,438)}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,00158 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ maks} &= 0,36 \times \frac{f'_c \times \beta}{f_y} = 0,36 \times \frac{0,85 \times 30 \times 0,836}{280} \\ &= 0,03225 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} = 0,002 \text{ (digunakan)}$$

4) Luas Tulangan Tekan

$$A_s \text{ req} = \rho \times b_w \times d = 0,002 \times 1000 \times 105 = 210 \text{ mm}$$

Digunakan  $D = 10 \text{ mm}$  dengan  $f_y = 280 \text{ Mpa}$  sehingga menurut SNI 2847:2019 Tabel 7.6.1.1 ditentukan  $A_s \text{ min}$  terbesar.

$$A_s \text{ min} = 0,0020 A_g = 0,0020 \times 130000 = 260 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = 260 \text{ mm} \text{ (} A_s \text{ req} < A_s \text{ min)}$$

5) Penentuan Tulangan Pakai

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 8.7.2.2, spasi antar tulangan tidak boleh melebihi dari 3h dan 450 mm.

$$s = \frac{0,25\pi \times D^2 \times bw}{As \text{ pakai}} = \frac{0,25\pi \times (10)^2 \times 1000}{260}$$

$$= 302,076 \text{ mm}$$

$$\approx 300 \text{ mm}$$

$$s \text{ maks} = 3 \times h = 3 \times 130 = 390 \text{ mm}$$

$$s < 3h \text{ dan } 450 \text{ mm (OK)}$$

Tulangan : D10 – 300

Tulangan Tumpuan (Susut)

1) Rasio Penulangan Lentur

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

$$= \frac{0,85 \times 30}{280} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times (0,398)}{0,85 \times 30}} \right)$$

$$= 0,00158$$

$$\rho \text{ maks} = 0,36 \times \frac{f'c \times \beta}{f_y} = 0,36 \times \frac{30 \times 0,836}{280}$$

$$= 0,03225$$

$$\rho \text{ min} = 0,002 \text{ (digunakan)}$$

2) Luas Tulangan Tekan

$$As \text{ req} = \rho \times bw \times d = 0,002 \times 1000 \times 105 = 210 \text{ mm}$$

Digunakan D = 10 mm dengan  $f_y = 280 \text{ Mpa}$  sehingga menurut SNI 2847:2019 Tabel 7.6.1.1 ditentukan  $As \text{ min}$  dari rumus sebagai berikut.

$$As \text{ min} = 0,0020A_g = 0,0020 \times 130000 = 260 \text{ mm}$$

$$As \text{ pakai} = 260 \text{ mm} \text{ (} As \text{ req} < As \text{ min)}$$

3) Penentuan Tulangan Pakai

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 7.7.6.2.1, spasi antar tulangan susut tidak boleh melebihi dari 5h dan 450 mm.

$$s = \frac{0,25\pi \times D^2 \times bw}{As \text{ pakai}} = \frac{0,25\pi \times (10)^2 \times 1000}{260}$$

$$= 302,076 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$s \text{ maks} = 5 \times h = 5 \times 130 = 650 \text{ mm}$$

$$s < 5h \text{ dan } 450 \text{ mm (OK)}$$

Tulangan : D10 – 300

Tulangan Lapangan

1) Rasio Penulangan Lentur

$$\rho \text{ perlu} = \frac{0,85 \times f'c}{fy} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \times f'c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 30}{280} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times (0,438)}{0,85 \times 30}} \right)$$

$$= 0,00158$$

$$\rho \text{ maks} = 0,36 \times \frac{f'c \times \beta}{fy} = 0,36 \times \frac{30 \times 0,836}{280}$$

$$= 0,03225$$

$$\rho \text{ min} = 0,002 \text{ (digunakan)}$$

2) Luas Tulangan Tarik

$$As \text{ req} = \rho \times bw \times d = 0,002 \times 1000 \times 105 = 210 \text{ mm}$$

Digunakan D = 10 mm dengan  $f_y = 280 \text{ Mpa}$  sehingga menurut SNI 2847:2019 Tabel 7.6.1.1 ditentukan  $As \text{ min}$  terbesar dari rumus sebagai berikut.

$$As \text{ min} = 0,0020A_g = 0,0020 \times 130000 = 260 \text{ mm}$$

$$As \text{ pakai} = 260 \text{ mm (} As \text{ req} < As \text{ min)}$$

3) Penentuan Tulangan Pakai

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 8.7.2.2, spasi antar tulangan tidak boleh melebihi dari  $3h$  dan  $450 \text{ mm}$

$$s = \frac{0,25\pi \times D^2 \times bw}{As \text{ pakai}} = \frac{0,25\pi \times (10)^2 \times 1000}{260} = 302,076 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$s_{maks} = 3 \times h = 3 \times 130 = 390 \text{ mm}$

$s < 3h$  dan  $450 \text{ mm}$ (OK)

Tulangan: D10 – 300



Tabel 2.14. Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai Satu Arah

Keterangan	Ly	Lx	Ly/Lx	Jenis Plat	Momen			Gaya Geser			Tulangan				
<b>Bangunan Utama</b>															
KORIDOR (Satu Ujung Menerus)	8000	2000	4	PLAT 1 ARAH	Mu (-)	-4345856	Nmm	d	105	mm	Tumpuan (Pokok)	D	10	-	300
					Mu (-)	-1810773,33	Nmm	Vu	15617,92	N	Tumpuan (Susut)	P	10	-	300
					Mu (+)	3950778,182	Nmm	ØVc	73326,3574	N	Lapangan	D	10	-	300
KORIDOR (Dua Ujung Menerus)	8000	2000	4	PLAT 1 ARAH	Mu (-)	-4345856	Nmm	d	105	mm	Tumpuan (Pokok)	D	10	-	300
					Mu (-)	-1810773,33	Nmm	Vu	15617,92	N	Tumpuan (Susut)	P	10	-	300
					Mu (+)	2716160	Nmm	ØVc	73326,3574	N	Lapangan	D	10	-	300

Tabel 2.15. Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai Satu Arah (Lanjutan)

Keterangan	Ly	Lx	Ly/ Lx	Jenis Plat	Momen			Gaya Geser			Tulangan				
<b>Bangunan Utama</b>															
8 x 4 Meter (Satu Ujung Menerus)	8000	2000	4	PLAT 1 ARAH	Mu (-)	-1226240	Nmm	d	105	mm	Tumpuan (Pokok)	D	10	-	300
					Mu (-)	1366613,3 3	Nmm	Vu	11787,04	N	Tumpuan (Susut)	P	10	-	300
					Mu (+)	2981701,8 2	Nmm	$\emptyset V_c$	73326,35 74	N	Lapangan	D	10	-	300
8 x 4 Meter (Dua Ujung Menerus)	8000	2000	4	PLAT 1 ARAH	Mu (-)	-3279872	N	d	105	mm	Tumpuan (Pokok)	D	10	-	300
					Mu (-)	1366613,3 3	Nmm	Vu	11787,04	N	Tumpuan (Susut)	P	10	-	300
					Mu (+)	2049920	Nmm	$\emptyset V_c$	73326,35 74	N	Lapangan	D	10	-	300

## 2. Perhitungan Pelat 2 Arah

Perhitungan diperincikan untuk Ruang Bar Lantai 1 dengan Tipe Pelat D yang berdasar pada SNI 8900:2020 Tabel 7.9.2d – Panel Sudut Dua Arah yang Ditumpu Girder, Balok, atau Dinding Beton Bertulang.

Diketahui:

$L_y$	: 5000 mm
$L_x$	: 3000 mm
$L_{nx}$	: 2600 mm
$L_{ny}$	: 4700 mm
Ukuran Balok Induk	: 550 x 400 mm
Ukuran Balok Anak	: 500 x 350 mm
Kombinasi Beban	: 12,384 kN/m
$f'_c$	: 30 MPa
$f_y$	: 420 MPa dan 280 MPa
Tebal Pelat	: 130 mm
Diameter Tulangan Utama	: 10 mm
Selimut Beton	: 20 mm
$A_g$	: 130000 mm <sup>2</sup>

### a. Menentukan Tebal Pelat Minimum

Berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 8.3.1.2 – Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang dengan Balok di Antara Tumpuan pada Semua Sisinya. Ketebalan pelat minimum diperhitungkan sebagai berikut.

#### 1) Perhitungan Inersia Balok

$$b_w = 350 \text{ mm}$$

$$h_t = 500 \text{ mm}$$

$$h_f = 130 \text{ mm}$$

$$h_w = 500 - 130 = 370 \text{ mm}$$

$$b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e_1} = b_w + 2h_w = 350 + 2(370) = 1090 \text{ mm (digunakan)}$$

$$b_{e_2} = b_w + 8h_f = 350 + 8(130) = 1390 \text{ mm}$$

$$y_1 = \frac{h_w}{2} = \frac{370}{2} = 185 \text{ mm}$$

$$y_2 = \frac{hf}{2} + hw = \frac{130}{2} + 370 = 435 \text{ mm}$$

$$A_1 = hw \cdot bw = 370 \cdot 350 = 129500 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = be \cdot hf = 1090 \cdot 130 = 141700 \text{ mm}^2$$

$$y = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2}{A_1 + A_2} = \frac{(129500)(185) + (141700)(435)}{185 + 435}$$

$$= 315,623 \text{ mm}$$

$$I_b = \frac{1}{12} bw \cdot hw^3 + A_1(y - y_1)^2 + \frac{1}{12} be \cdot hf^3 + A_2(y_2 - y)^2$$

$$= 3481329327 \text{ mm}^4$$

2) Perhitungan Inersia Pelat

$$I_{p1} = \frac{1}{12} L_y \cdot hf^3 = \frac{1}{12} 5000 \cdot 130^3 = 915416666,7 \text{ mm}^4$$

$$I_{p1} = \frac{1}{12} L_x \cdot hf^3 = \frac{1}{12} 3000 \cdot 130^3 = 549250000 \text{ mm}^4$$

3) Rasio Kekakuan Pelat (a)

$$\alpha = \frac{I_b}{I_{p1}} = \frac{3481329327}{915416666,7} = 3,803$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_{p2}} = \frac{3481329327}{549250000} = 6,3383$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\sum \alpha}{n} = \frac{3,803 + 6,3383}{2} = 5,0706 > 2,0$$

$$\beta = \frac{4700}{2600} = 1,808$$

4) Tebal Minimum

$$\alpha_{fm} > 2,0$$

Berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 8.3.1.2, nilai minimum pelat dua arah diambil nilai yang terbesar

$$h_{min} = \frac{\ell_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} = \frac{4700 \left( 0,8 + \frac{280}{1400} \right)}{36 + 5(1,808)(5,0706 - 0,2)}$$

$$= 58,733 \text{ mm} < 125 \text{ mm dan } 90 \text{ mm}$$

Digunakan h minimum = 125 mm

b. Menentukan Momen Terfaktor

Penentuan Koefisien Momen Pelat 2 Arah didasarkan oleh SNI 8900:2020 Tabel 7.9.2



$$M_{tx} = \frac{q_u l_x^2}{k_{M_{tx}}} = \frac{(12,384)(3)^2}{(11)} = 10,132$$

$$M_{lx} = \frac{q_u l_x^2}{k_{M_{lx}}} = \frac{(12,384)(3)^2}{(16)} = 6,966$$

$$M_{ty} = \frac{q_u l_y^2}{k_{M_{ty}}} = \frac{(12,384)(5)^2}{(91,67)} = 3,377$$

$$M_{ly} = \frac{q_u l_y^2}{k_{M_{ly}}} = \frac{(12,384)(5)^2}{(116,67)} = 2,654$$

c. Menghitung Gaya Geser

$$V_u = \frac{1,15 \times W_u \times l_n}{2} = \frac{1,15 \times 12,384 \times 5000}{2} = 35604 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - d. \text{ tul. utama} / 2 \\ &= 130 - 20 - 10/2 \\ &= 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan pada bentang panjang ( $l_y$ ) terletak di dalam, maka

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - d. \text{ tul utama} - d. \text{ tul utama} / 2 \\ &= 130 - 20 - 13 - 10/2 \\ &= 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times dx \\ &= 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 105 \\ &= 73326,36 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai  $\phi = 0,75$  didasarkan dari SNI 2847:2019 Tabel 21.2.1

Syarat :

$$\phi V_c > V_u$$

$$73326,36 \text{ N} > 35604 \text{ N (OK)}$$

d. Menghitung Ketahanan Lentur

$$k_{tx} = \frac{M_{tx}}{\phi b_w d_x^2} = \frac{10,132 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 105^2} = 1,03$$

$$k_{lx} = \frac{M_{lx}}{\phi b_w d_x^2} = \frac{6,966 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 105^2} = 0,71$$

$$k_{ty} = \frac{M_{ty}}{\phi b_w d_y^2} = \frac{3,377 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,42$$

$$k_{ly} = \frac{M_{ly}}{\phi b_w d_y^2} = \frac{2,654 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,33$$

e. Menghitung Rasio Penulangan

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

$$\rho_{tx} = 0,00376$$

$$\rho_{lx} = 0,00258$$

$$\rho_{ty} = 0,00152$$

$$\rho_{ly} = 0,00119$$

$$\rho_{maks} = 0,36 \times \frac{f'c \times \beta}{f_y} = 0,36 \times \frac{30 \times 0,836}{280} = 0,032245714$$

$$\rho < \rho_{maks}(\text{OK})$$

f. Menghitung Penulangan

Tulangan Lapangan dan Tumpuan

1) Luas Tulangan Tarik

$$A_{s.req-tx} = \rho_{tx} b d_x = 0,00376 \times 1000 \times 105 = 394,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.req-lx} = \rho_{lx} b d_x = 0,00258 \times 1000 \times 105 = 270,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.req-ty} = \rho_{ty} b d_y = 0,00152 \times 1000 \times 95 = 144,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.req-ly} = \rho_{ly} b d_y = 0,00119 \times 1000 \times 95 = 113,05 \text{ mm}^2$$

Luasan Minimum Tulangan

Digunakan  $D = 13 \text{ mm}$  dengan  $f_y = 420 \text{ Mpa}$  sehingga menurut SNI 2847:2019 Tabel 7.6.1.1 ditentukan  $A_s$  min terbesar dari rumus sebagai berikut.

$$A_s \text{ min} = 0,002 A_g = 0,002 \times 130000 = 260 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ req} \geq A_s \text{ min}$  digunakan  $A_s \text{ req}$

$A_s \text{ min} > A_s \text{ req}$  digunakan  $A_s \text{ min}$

$$A_{s.req-tx} = 394,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.req-lx} = 270,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.req-ty} = 260 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.req-ly} = 260 \text{ mm}^2$$

2) Spasi Tulangan

Ditetapkan  $D10$  untuk tulangan lentur

$$s_{tx} = \frac{1}{4} \frac{\pi D^2 b}{A_{s.req-tx}} = \frac{1}{4} \frac{\pi \times 10^2 \times 1000}{394,8}$$

$$= 198,94 \text{ mm} \approx 190 \text{ mm}$$

Digunakan D10 – 190

$$s_{lx} = \frac{1}{4} \frac{\pi D^2 b}{A_{s.req-lx}} = \frac{1}{4} \frac{\pi \times 10^2 \times 1000}{270,9}$$

$$= 289,92 \text{ mm} \approx 280 \text{ mm}$$

Digunakan D10 – 280

$$s_{ly} = \frac{1}{4} \frac{\pi D^2 b}{A_{s.req-ly}} = \frac{1}{4} \frac{\pi \times 10^2 \times 1000}{260}$$

$$= 302,08 \text{ mm} < 3h \approx 350 \text{ mm}$$

Digunakan D10 – 300

$$s_{ly} = \frac{1}{4} \frac{\pi D^2 b}{A_{s.req-ly}} = \frac{1}{4} \frac{\pi \times 10^2 \times 1000}{260}$$

$$= 302,08 \text{ mm} < 3h \approx 350 \text{ mm}$$

Digunakan D10 – 300

Pengecekan spasi maksimum tulangan tidak boleh melebihi 3h dan 450 mm.

Tulangan Susut

- 1) Digunakan P = 10 mm sehingga menurut SNI 2847:2019 Tabel 7.6.1.1 ditentukan

$$A_{sh.req} = A_{sh.min} = 0,0020A_g = 260 \text{ mm}^2$$

- 2) Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 7.7.2.4, spasi tulangan disyaratkan tidak boleh melebihi 5h dan 450 mm

$$s = \frac{0,25\pi \times D^2 \times b}{A_{sh.req}} = \frac{0,25\pi \times (10)^2 \times 1000}{260}$$

$$= 302,0762 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$s_{maks} = 5 \times h = 5 \times 130 = 650 \text{ mm}$$

$$s < 5h \text{ dan } 450 \text{ mm (OK)}$$

Tulangan: P10 – 30

Tabel 2. 16 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai Dua Arah

Keterangan	Ly	Lx	Ly/Lx	Jenis Plat	Tipe Plat	Momen			Gaya Geser			Tulangan Tarik				Tulangan Susut				
<b>Bangunan Utama</b>																				
Kantilever	3000	3000	1,00	PLAT 2 ARAH	A	Mtx	5,68800	kNm	Vu	23984,4	N	Tumpuan x	D	10	-	300	P	10	-	300
						Mlx	2,97943	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				
						Mty	5,68800	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	2,97943	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
	3000	3000	1,00	PLAT 2 ARAH	B	Mtx	7,82100	kNm	Vu	23984,4	N	Tumpuan x	D	10	-	260	P	10	-	300
						Mlx	3,57531	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				
						Mty	3,79200	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	3,12840	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
	3000	3000	1,00	PLAT 2 ARAH	C	Mtx	4,17120	kNm	Vu	23984,4	N	Tumpuan x	D	10	-	300	P	10	-	300
						Mlx	3,20862	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	230				
						Mty	7,82100	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	3,57531	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
	3000	3000	1,00	PLAT 2 ARAH	D	Mtx	6,25680	kNm	Vu	23984,4	N	Tumpuan x	D	10	-	300	P	10	-	300
						Mlx	4,03665	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	290				
						Mty	6,25680	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	4,03665	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
Kantilever	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	D	Mtx	9,62585	kNm	Vu	31979,2	N	Tumpuan x	D	10	-	200	P	10	-	300
						Mlx	6,36285	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	230				
						Mty	5,13378	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	3,70773	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	C	Mtx	7,66139	kNm	Vu	31979,2	N	Tumpuan x	D	10	-	260	P	10	-	300
						Mlx	5,68800	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				

Tabel 2. 16 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai Dua Arah

Keterangan	Ly	Lx	Ly/Lx	Jenis Plat	Tipe Plat	Momen			Gaya Geser			Tulangan Tarik				Tulangan Susut				
						Mtx	Mlx	Mty	Vu	ØVc	dx	dy	Lapangan x	Lapangan y	D	10	-	300		
Ujung Kantilever	3000	3000	1,00	PLAT 2 ARAH	D	Mtx	7,76037	kNm	Vu	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300	P	10	-	300
						Mlx	3,51259	kNm	ØVc	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
						Mtx	6,25680	kNm	Vu	23984,4	N	Tumpuan x	D	10	-	300				
						Mlx	4,03665	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	290				
Bar Lt. 1	5000	3000	1,67	PLAT 2 ARAH	D	Mtx	6,25680	kNm	Vu	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300	P	10	-	300
						Mlx	4,03665	kNm	ØVc	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
						Mtx	10,13236	kNm	Vu	35604	N	Tumpuan x	D	10	-	190				
						Mlx	6,96600	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				
Ruang 8 x 6	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	A	Mtx	3,37745	kNm	Vu	105	mm	Lapangan x	D	10	-	280	P	10	-	300
						Mlx	2,65371	kNm	ØVc	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
						Mtx	7,59927	kNm	Vu	28483,2	N	Tumpuan x	D	10	-	260				
						Mlx	4,34244	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				
	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	B	Mtx	6,25680	kNm	Vu	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300	P	10	-	300
						Mlx	4,03665	kNm	ØVc	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
						Mtx	8,57354	kNm	Vu	28483,2	N	Tumpuan x	D	10	-	230				
						Mlx	4,58038	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	260				
	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	C	Mtx	2,58449	kNm	Vu	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300	P	10	-	300
						Mlx	2,12297	kNm	ØVc	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
						Mtx	6,82384	kNm	Vu	28483,2	N	Tumpuan x	D	10	-	290				
						Mlx	5,06618	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				
4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	D	Mtx	6,91200	kNm	Vu	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300	P	10	-	300	
					Mlx	3,12859	kNm	ØVc	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300					
					Mtx	8,57354	kNm	Vu	28483,2	N	Tumpuan x	D	10	-	230					
					Mlx	5,66725	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	290					
4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	D	Mtx	4,57255	kNm	Vu	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300	P	10	-	300	
					Mlx	2,12297	kNm	ØVc	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300					

Tabel 2. 16 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai Dua Arah

Keterangan	Ly	Lx	Ly/Lx	Jenis Plat	Tipe Plat	Momen			Gaya Geser			Tulangan Tarik				Tulangan Susut				
						Mly	3,30240	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
Loading Dock	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	C	Mtx	7,66139	kNm	Vu	23984,4	N	Tumpuan x	D	10	-	260	P	10	-	300
						Mlx	5,68800	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	230				
						Mty	7,76037	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	3,51259	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
Greenroof	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	D	Mtx	9,62585	kNm	Vu	39044,8	N	Tumpuan x	D	10	-	200	P	10	-	300
						Mlx	6,36285	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				
						Mty	5,13378	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	3,70773	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
Ruang Sisa 2 Lift	3000	1600	1,88	PLAT 2 ARAH	C	Mtx	3,23584	kNm	Vu	21362,4	N	Tumpuan x	D	10	-	300	P	10	-	300
						Mlx	2,37295	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				
						Mty	1,54014	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	0,74155	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				

Tabel 2. 17 Rekapitulasi Penulangan Pelat Atap Dua Arah

Keterangan	Ly	Lx	Ly/Lx	Jenis Plat	Tipe Plat	Momen			Gaya Geser			Tulangan Tarik				Tulangan Susut				
<b>Bangunan Utama</b>																				
Ruang 8 x 6	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	A	Mtx	7,59927	kNm	Vu	29467,6	N	Tumpuan x	D	10	-	260	P	10	-	300
						Mlx	4,34244	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				
						Mty	4,57255	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	2,37773	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	B	Mtx	8,57354	kNm	Vu	29467,6	N	Tumpuan x	D	10	-	230	P	10	-	300
						Mlx	4,58038	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				
						Mty	2,58449	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	2,12297	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	C	Mtx	6,82384	kNm	Vu	29467,6	N	Tumpuan x	D	10	-	290	P	10	-	300
						Mlx	5,06618	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	260				
						Mty	6,91200	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	3,12859	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				
	4000	3000	1,33	PLAT 2 ARAH	D	Mtx	8,57354	kNm	Vu	29467,6	N	Tumpuan x	D	10	-	230	P	10	-	300
						Mlx	5,66725	kNm	ØVc	73326,357	N	Tumpuan y	D	10	-	300				
						Mty	4,57255	kNm	dx	105	mm	Lapangan x	D	10	-	300				
						Mly	3,30240	kNm	dy	95	mm	Lapangan y	D	10	-	300				

## 2.7. Perancangan Tangga

Pemodelan untuk struktur tangga menggunakan aplikasi MIDAS. Jenis perletakan tumpuan untuk pemodelan tangga berupa tumpuan sendi – sendi. Pembebanan dalam pemodelan tangga berupa beban mati (DL), beban sendiri tangga (SIDL), dan beban hidup (LL). Sedangkan untuk kombinasi pembebanan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kombinasi 1 : 1,4DL
2. Kombinasi 2 : 1,2DL + 1,6LL

Berikut data – data perencanaan yang diperlukan untuk mendapatkan output berupa nilai momen dari pemodelan struktur tangga, beserta perhitungan yang dibutuhkan.

### 2.7.1. Perencanaan Dimensi dan Ketebalan Pelat Tangga dan Bordes

#### A. Lantai Basement – Lantai 1

- a. Tinggi antar lantai = 4 m
- b. Lebar ruang tangga = 4 m
- c. Panjang ruang tangga = 6 m
- d. Tinggi antar tangga (optrade) = 0,18 m
- e. Lebar anak tangga (antrade) = 0,3 m
- f. Tinggi bordes dari basement = 2,2 m
- g. Lebar bordes = 2 m
- h. Tebal rencana pelat = 0,15m

#### B. Lantai 1 – Lantai 2

- a. Tinggi antar lantai = 3,6 m
- b. Lebar ruang tangga = 4 m
- c. Panjang ruang tangga = 6 m
- d. Tinggi antar tangga (optrade) = 0,18 m
- e. Lebar anak tangga (antrade) = 0,3 m
- f. Tinggi bordes dari basement = 1,8 m



g. Lebar bordes = 2 m

h. Tebal rencana pelat = 0,15 m

Data lantai 2 hingga lantai 6 memiliki dimensi yang sama dengan tangga lantai 1 – lantai 2.

**2.7.2. Perhitungan Jumlah Anak Tangga, Sudut Kemiringan, serta Tebal Equivalent Tangga**

**1. Lantai Basement – Lantai 1**

- Jumlah anak tangga (1/2 H)

$$\frac{H}{Optrade} - 1 = \frac{4}{0,18} - 1 = 21 \text{ buah}$$

- Kemiringan tangga

$$\text{Kemiringan tangga } (\alpha) = \text{arc tan } \frac{\text{optrade}}{\text{antrade}}$$

$$= \text{arc tan } \frac{0,18}{0,30}$$

$$= \text{arc tan } 0,6$$

$$= 30,96^\circ \approx 31^\circ$$

- Tebal equivalent tangga

$$tt' = \frac{0,5 \times \text{optrade} \times \text{antrade}}{\sqrt{\text{optrade}^2 + \text{antrade}^2}}$$

$$= \frac{0,5 \times 0,18 \times 0,30}{\sqrt{0,18^2 + 0,30^2}}$$

$$= 0,07717 \text{ m}$$

$$h' = \frac{tt' + \text{tebal rencana pelat}}{\cos \alpha}$$

$$= \frac{0,07717 + 0,15}{\cos 31^\circ}$$

$$= 0,26 \text{ m}$$

**2. Lantai 1 – Lantai 2**

- Jumlah anak tangga (1/2 H)

$$\frac{H}{Optrade} - 1 = \frac{3,6}{0,18} - 1 = 19 \text{ buah}$$

- Kemiringan tangga

$$\text{Kemiringan tangga } (\alpha) = \text{arc tan } \frac{\text{optrade}}{\text{antrade}}$$

$$= \text{arc tan } \frac{0,18}{0,30} = \text{arc tan } 0,6 = 30,96^\circ \approx 31^\circ$$

- Tebal equivalent tangga

$$\begin{aligned}
 tt' &= \frac{0,5 \times \text{optrade} \times \text{antrade}}{\sqrt{\text{optrade}^2 + \text{antrade}^2}} \\
 &= \frac{0,5 \times 0,18 \times 0,30}{\sqrt{0,18^2 + 0,30^2}} \\
 &= 0,07717 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h' &= \frac{tt' + \text{tebal rencana pelat}}{\cos \alpha} \\
 &= \frac{0,07717 + 0,15}{\cos 31^\circ} \\
 &= 0,26 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 2.7.3. Perhitungan Pembebanan pada Tangga

Beban yang diperhitungkan dalam perhitungan tangga dibagi menjadi dua yaitu beban pada tangga dan beban pada bordes. Beban ini dibedakan menjadi dua bagian karena masing-masing beban memiliki besar beban yang berbeda.

#### A. Lantai Basement – Lantai 1

- Pelat Tangga

##### Beban Mati

$$\text{Beban pelat (DL)} = 24 \times 1 \times \frac{26}{100} = 6,3583 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat pasir} = \frac{5}{100} \times 17 = 0,85 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat ubin + spesi (SIDL)} = 0,05 \times 21 = 1,05 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat railing (SIDL)} = 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Total Beban Mati} = 9,258 \text{ kN/m}^2$$

##### Beban Hidup

$$\text{Beban hidup (LL)} = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kombinasi 1} = 1,4 \times 9,258 = 12,961 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kombinasi 2} = 1,2 \times 9,258 + 1,6 \times 4,79 = 18,774 \text{ kN/m}^2$$

- **Pelat Bordes**

$$\text{Beban pelat (DL)} = 24 \times 1 \times \frac{15}{100} = 3,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Berat pasir} = \frac{5}{100} \times 17 = 0,85 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat ubin + spesi (SIDL)} = 0,05 \times 21 = 1,05 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat railing (SIDL)} = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total Beban Mati} = 6,5 \text{ kN/m}^2$$

- **Beban Hidup**

$$\text{Beban hidup (LL)} = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kombinasi 1} = 1,4 \times 6,5 = 9,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kombinasi 2} = 1,2 \times 6,5 + 1,6 \times 4,79 = 15,464 \text{ kN/m}^2$$

## B. Lantai 1 – Lantai 2

- **Pelat Tangga**

- **Beban Mati**

$$\text{Beban pelat (DL)} = 24 \times 1 \times \frac{26}{100} = 6,3583 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat pasir} = \frac{5}{100} \times 17 = 0,85 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat ubin + spesi (SIDL)} = 0,05 \times 21 = 1,05 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat railing (SIDL)} = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total Beban Mati} = 9,258 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup (LL)} = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kombinasi 1} = 1,4 \times 9,258 = 12,961 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kombinasi 2} = 1,2 \times 9,258 + 1,6 \times 4,79 = 18,774 \text{ kN/m}^2$$

- **Pelat Bordes**

$$\text{Beban pelat (DL)} = 24 \times 1 \times \frac{15}{100} = 3,6 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat pasir} = \frac{5}{100} \times 17 = 0,85 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat ubin + spesi (SIDL)} = 0,05 \times 21 = 1,05 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat railing (SIDL)} = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total Beban Mati} = 6,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup (LL)} = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

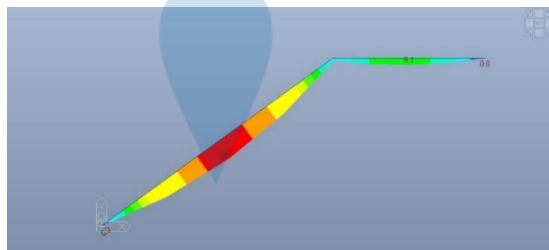
$$\text{Kombinasi 1} = 1,4 \times 6,5 = 9,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kombinasi 2} = 1,2 \times 6,5 + 1,6 \times 4,79 = 15,464 \text{ kN/m}^2$$

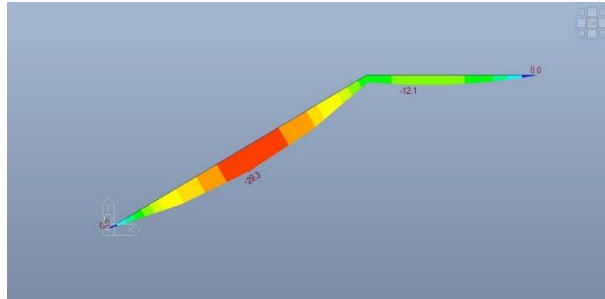
Berdasarkan input data pembebanan ke dalam pemodelan aplikasi MIDAS, didapatkan *output* momen *ultimate* dan gaya geser seperti yang tertera di dalam tabel dibawah ini:

Tabel 2. 18 Output Gaya Dalam Tangga

Letak	Mu(-) (kNm)	Mu(+) (kNm)	Vu (kN)
Basement – Lt.1	14,00	22,40	29,50
Lt 1 – Lt 2	14,65	23,44	33,50



Gambar 2. 9 Momen Tangga Basement – Lantai 1



Gambar 2.10. Momen Tangga Lantai 1 – Lantai 2



Gambar 2.11. Detail Penampang Tangga

#### 2.7.4. Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Data – data perhitungan penulangan pelat tangga :

Tebal selimut beton	= 20 mm
Mutu beton ( $f'c$ )	= 30 MPa
Mutu tulangan utama ( $f_y$ )	= 420 MPa
Mutu tulangan susut ( $f_y$ )	= 280 MPa
Diameter tulangan utama	= 13 mm
Diameter tulangan susut	= 10 mm
Tebal asumsi pelat	= 150 mm

##### A. Basement – Lantai 1

###### 1. Perhitungan Tulangan Tumpuan

Menentukan nilai momen ultimate pada daerah tumpuan pada struktur tangga menggunakan redistribusi momen, sehingga :

$$M_u = 0,5 \times 28 = 14 \text{ kNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,836$$

$$d_s = 150 - 20 - \frac{13}{2} = 123,5 \text{ mm}$$

$$k = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2}$$

$$= \frac{14 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 1,020$$

$\rho_{min}$  dipilih yang terbesar dari :

$$\rho_{min} = 0,0014$$

$$\rho_{min} = \frac{0,0018 \times 420}{f_y} = 0,00180$$

$$\rho_{max} = 0,36 \times f'_c \times \frac{\beta_1}{f_y} = 0,021497$$

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

$$= \frac{0,85 \times 30}{420} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(1,020)}{0,85 \times 30}} \right) = 0,00248$$

maka gunakan  $\rho : 0,00248$

$$A_s \text{ req} = \rho \times b \times d_s$$

$$= 0,00248 \times 1000 \times 123,5 = 306,145 \text{ mm}^2$$

As min berdasarkan SNI 2847 Pasal 7.6 Batasan Tulangan, maka nilai As min yang ditetapkan ialah 270 mm<sup>2</sup>.

As use yang digunakan dengan memilih nilai terbesar antara As req dan As min, sehingga digunakan nilai As uses = As req = 306,145 mm<sup>2</sup>.

$$\text{Spasi} = \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{306,145} = 433,56 \text{ mm (digunakan spasi 400 mm)}$$

Maka digunakan D13 – 400

Cek Momen Nominal Pelat

$$A_s \text{ aktual} = \frac{b \times A_s \text{ tulangan}}{s} = \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{400} = 331,831 \text{ mm}^2$$

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

$$= \frac{331,831 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 5,465 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5,465}{0,836} = 6,5376 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = 0,0537 > 0,005$$

Maka  $\Phi = 0,9$  sesuai dengan ketentuan Tabel 21.2.2 SNI 2847:2019

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\&= 331,831 \times 420 \times \left(123,5 - \frac{5,465}{2}\right) \\&= 6831202,96 \text{ Nmm} \\&= 16,83120296 \text{ kNm} \\ \Phi M_n &= 0,9 \times 16,83120296 = 15,14808 \text{ kNm} > M_u \text{ (Aman)}\end{aligned}$$

## 2. Perhitungan Tulangan Lapangan

Menentukan nilai momen ultimate pada daerah lapangan pada struktur tangga menggunakan redistribusi momen, sehingga :

$$\begin{aligned}M_u &= 0,8 \times 28 = 22,4 \text{ kNm} \\b &= 1000 \text{ mm} \\ \beta_1 &= 0,836 \\d_s &= 150 - 20 - 13/2 = 123,5 \text{ mm} \\k &= \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2} \\&= \frac{22,4 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} \\&= 1,632\end{aligned}$$

$\rho_{min}$  dipilih yang terbesar dari :

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= 0,0014 \\ \rho_{min} &= \frac{0,0018 \times 420}{420} = 0,0018 \\ \rho_{max} &= 0,36 \times f'_c \times \frac{\beta_1}{f_y} = 0,021497 \\ \rho_{perlu} &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \times f'_c}}\right) \\&= 0,00402\end{aligned}$$

Maka gunakan  $\rho = 0,00402$

$$\begin{aligned}A_s \text{ req} &= \rho \times b \times d_s \\&= 0,00402 \times 1000 \times 123,5 = 496,254 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

As min berdasarkan SNI 2847 Pasal 7.6 Batasan Tulangan, maka nilai As min yang ditetapkan ialah 270 mm<sup>2</sup>.

As pakai yang digunakan dengan memilih nilai terbesar antara As req dan As min, sehingga digunakan nilai As pakai = As req = 496,254 mm<sup>2</sup>.

$$\text{Spasi} = \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 13}{496,254} = 267,47 \text{ mm (digunakan spasi 250 mm)}$$

Maka digunakan D13 – 250

Cek Momen Nominal Pelat

$$\text{As aktual} = \frac{b \times \text{As tulangan}}{s} = \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{250} = 530,929 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= 5,465447 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 10,46019 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = 0,03242 > 0,005$$

Maka  $\Phi = 0,9$  sesuai dengan ketentuan Tabel 21.2.2 SNI 2847:2019

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \text{As} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 530,929 \times 420 \times \left(123,5 - \frac{5,465447}{2}\right) \\ &= 26564302,31 \text{ Nmm} \\ &= 26,56430231 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\Phi \text{ Mn} = 0,9 \times 26,56430231 = 23,90787 \text{ kNm} > \text{Mu (Aman)}$$

### 3. Tulangan Susut

$$\text{As min} = 0,002 \times A_g = 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{\text{As}} \\ &= \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 10^2}{300} \\ &= 261,79938 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan D10 – 250.



#### 4. Kontrol Terhadap Kekuatan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 6.5.4

$$V_u = 29,5 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\Phi V_c &= 0,75 \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= 86245,76321 \text{ kN}\end{aligned}$$

Maka,  $\Phi V_c > V_u$  sehingga tidak diperlukan penulangan geser karena penampang beton sudah sanggup mengakomodasi gaya geser yang terjadi.

### B. Lantai 1 – Lantai 2

#### 1. Perhitungan Tulangan Tumpuan

Menentukan nilai momen ultimate pada daerah tumpuan pada struktur tangga menggunakan redistribusi momen, sehingga :

$$M_u = 0,5 \times 29,3 = 23,44 \text{ kNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,836$$

$$d_s = 150 - 20 - \frac{13}{2} = 123,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}k &= \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2} \\ &= \frac{23,44 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 1,067\end{aligned}$$

$\rho_{min}$  dipilih yang terbesar dari :

$$\rho_{min} = 0,0014$$

$$\rho_{min} = \frac{0,0018 \times 420}{420} = 0,0018$$

$$\rho_{max} = 0,36 \times f'_c \times \frac{\beta_1}{f_y} = 0,021497$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{420} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(1,067)}{0,85 \times 30}} \right) = 0,00260\end{aligned}$$

Maka gunakan  $\rho = 0,00260$

$$A_{s \text{ req}} = \rho \times b \times d_s$$

$$= 0,00260 \times 1000 \times 123,5 = 320,676 \text{ mm}^2$$

As min berdasarkan SNI 2847 Pasal 7.6 Batasan Tulangan, maka nilai As min yang ditetapkan ialah  $270 \text{ mm}^2$ .

As use yang digunakan dengan memilih nilai terbesar antara As req dan As min, sehingga digunakan nilai As uses = As req =  $320,676 \text{ mm}^2$ .

$$\text{Spasi} = \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 13}{320,676} = 413,91 \text{ mm (digunakan spasi 400 mm)}$$

Maka digunakan D13 – 400

Cek Momen Nominal Pelat

$$\text{As aktual} = \frac{b \times \text{As tulangan}}{s} = \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{400} = 331,830724 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{331,830724 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 5,465447 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5,465447}{0,836} = 6,5376 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = 0,053672 > 0,005$$

Maka  $\Phi = 0,9$  sesuai dengan ketentuan Tabel 21.2.2 SNI 2847:2019

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \text{As} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 331,830724 \times 420 \times \left(123,5 - \frac{5,465447}{2}\right) \\ &= 16831202,96 \text{ Nmm} \\ &= 16,83120296 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\Phi \text{ Mn} = 0,9 \times 16,83120296 = 15,14808 \text{ kNm} > \text{Mu (Aman)}$$

## 2. Perhitungan Tulangan Lapangan

Menentukan nilai momen ultimate pada daerah lapangan pada struktur tangga menggunakan redistribusi momen, sehingga :

$$\text{Mu} = 0,8 \times 29,3 = 23,44 \text{ kNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,836$$

$$d_s = 150 - 20 - 13/2 = 123,5 \text{ mm}$$

$$k = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2}$$

$$= \frac{23,44 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2}$$

$$= 1,708$$

$\rho_{min}$  dipilih yang terbesar dari :

$$\rho_{min} = 0,0014$$

$$\rho_{min} = \frac{0,0018 \times 420}{420} = 0,0018$$

$$\rho_{max} = 0,36 \times f'_c \times \frac{\beta_1}{f_y} = 0,021497$$

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

$$= 0,00421$$

Maka gunakan  $\rho = 0,00421$

$$A_s \text{ req} = \rho \times b \times d_s$$

$$= 0,00421 \times 1000 \times 123,5 = 520,151 \text{ mm}^2$$

As min berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 7.6 Batasan Tulangan, maka nilai As min yang ditetapkan ialah  $270 \text{ mm}^2$ .

As use yang digunakan dengan memilih nilai terbesar antara As req dan As min, sehingga digunakan nilai As uses = As req =  $520,151 \text{ mm}^2$ .

$$\text{Spasi} = \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{520,151} = 255,18 \text{ mm (digunakan spasi 250 mm)}$$

Maka digunakan D13 – 250

Cek Momen Nominal Pelat

$$A_s \text{ aktual} = \frac{b \times A_s \text{ tulangan}}{250} = \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{250} = 530,9291585 \text{ mm}^2$$

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

$$= 8,7447156 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 10,46019 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = 0,03242 > 0,005$$

Maka  $\Phi = 0,9$  sesuai dengan ketentuan Tabel 21.2.2 SNI 2847:2019

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 530,9291585 \times 420 \times \left(123,5 - \frac{8,7447156}{2}\right) \\ &= 26564302,31 \text{ Nmm} \\ &= 26,56430231 \text{ kNm} \\ \Phi M_n &= 0,9 \times 26,56430231 = 23,90787 \text{ kNm} > \mu_u \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

### 3. Tulangan Susut

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= 0,002 \times A_g = 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}^2 \\ \text{Spasi} &= \frac{b \times A_s \text{ tulangan}}{A_s} \\ &= \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 10^2}{300} \\ &= 261,79938 \text{ mm} \end{aligned}$$

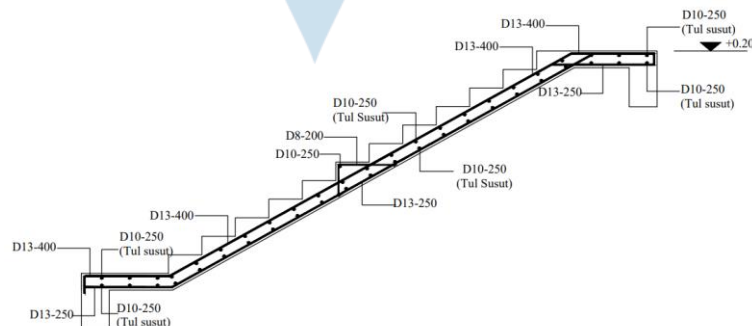
Maka digunakan D10 – 250.

### 4. Kontrol Terhadap Kekuatan Geser

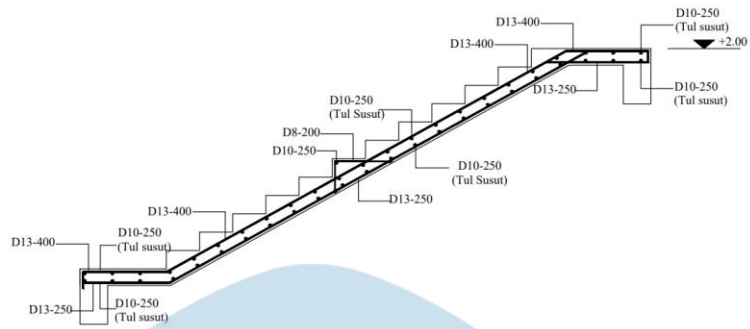
Berdasarkan SNI 2847:2019 pada Pasal 6.5.4

$$\begin{aligned} V_u &= 33,5 \text{ kN} \\ \Phi V_c &= 0,75 \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= 86245,76321 \text{ kN} \end{aligned}$$

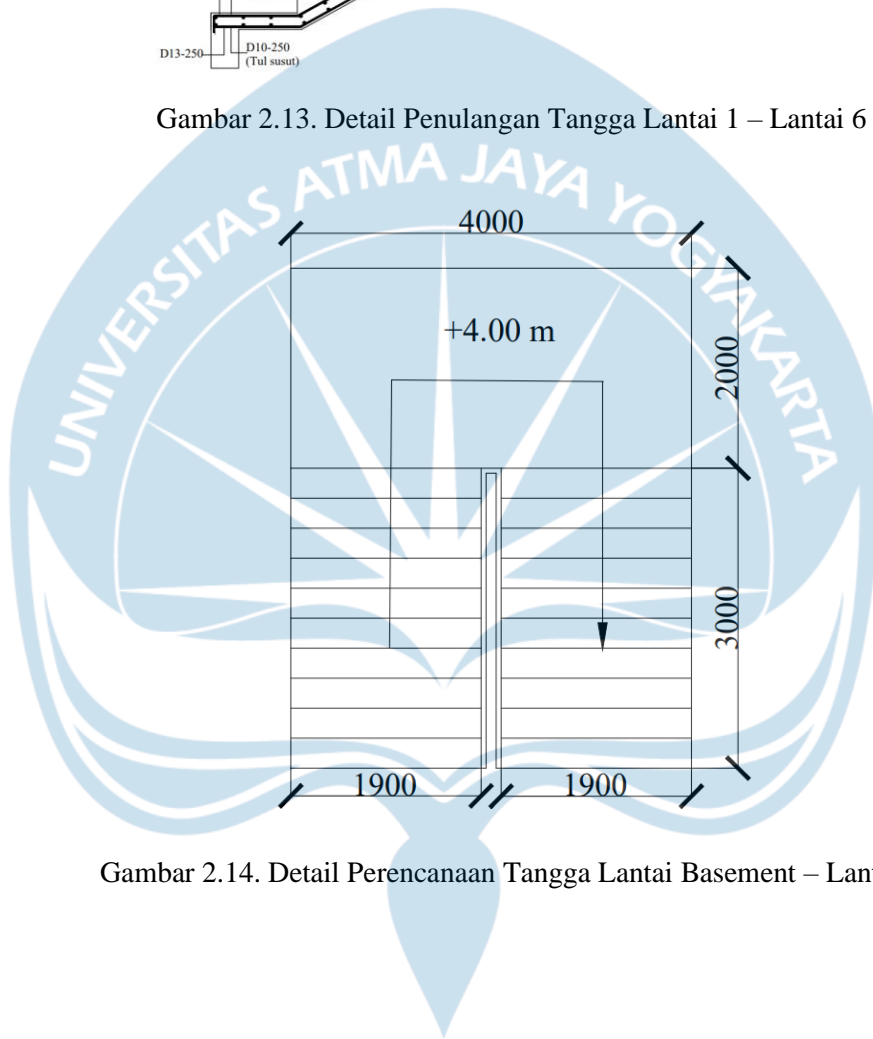
Maka,  $\Phi V_c > V_u$  sehingga tidak diperlukan penulangan geser karena penampang beton sudah sanggup mengakomodasi gaya geser yang terjadi.



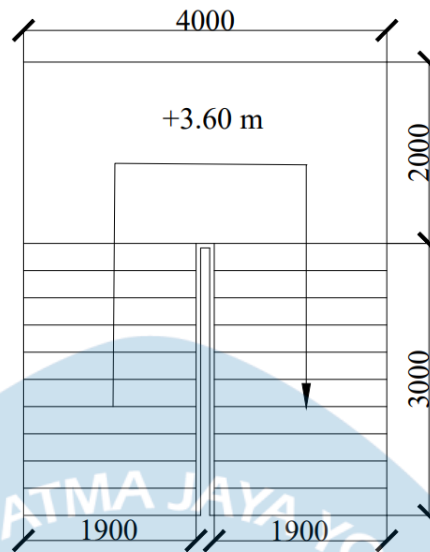
Gambar 2. 12 Detail Penulangan Tangga Basement – Lantai 1



Gambar 2.13. Detail Penulangan Tangga Lantai 1 – Lantai 6



Gambar 2.14. Detail Perencanaan Tangga Lantai Basement – Lantai 1



Gambar 2. 15 Detail Perencanaan Tangga Lantai 1-6

## 2.8. Perancangan Balok

Pada perencanaan gedung Hotel Kapsul memperhitungkan satu buah balok dengan momen terbesar. Berikut ini contoh perhitungan perencanaan balok.

### Data Perencanaan Balok Induk B1 (600 x 450) pada Bentang 8 Meter

- Lebar Balok (b) = 450 mm
- Tinggi Balok (h) = 600 mm
- Bentang Balok (l) = 8000 mm
- Bentang Bersih (ln) = 7200 mm
- Selimut Beton = 40 mm
- Diameter Tulangan Utama = 22 mm
- Diameter Tulangan Sengkang = 10 mm
- Tegangan Leleh (Fyt) = 280 MPa
- Mutu Tulangan (Fy) = 420 MPa
- Mutu Beton (f'c) = 30 MPa
- $\beta$  = 0,84
- Diameter Tulangan Torsi = 13 mm
- Tinggi Efektif (d) = 540,5 mm

Berdasarkan analisis dari aplikasi MIDAS, diperoleh gaya dalam balok sebagai berikut.

Tabel 2. 19 Data Analisis dari Aplikasi MIDAS

	Lokasi	
	Tumpuan	Lapangan
Mu <sup>+</sup>	339,01 kNm	151,93 kNm
Mu <sup>-</sup>	489,93 kNm	262,54 kNm
Vu	295,30 kN	295,30 kN

### 2.8.1. Pemeriksaan Ketentuan Balok

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 9.3.3.1, komponen struktur harus memenuhi syarat sebagai berikut.

- a. Gaya Aksial Terfaktor (Pu) tidak lebih dari  $A_g \cdot f'_c/10$

$$A_g = 270000 \text{ mm}^2$$

$$A_g \cdot f'_c/10 = 270000 \times 30 / 10$$

$$= 810000 \text{ N}$$

$$= 810 \text{ kN}$$

$$P_u \text{ (MIDAS)} = 889,64 \text{ kN} > 810 \text{ kN} \text{ (Tidak Memenuhi Syarat)}$$

Oleh karena itu, diperlukan perlakuan khusus.

- b. Bentang Bersih (Ln) tidak kurang dari Empat Kali Tinggi Efektif

$$L_n \geq 4d$$

$$7200 \text{ mm} \geq 2160 \text{ mm}$$

- c. Lebar Komponen (bw) tidak kurang dari 0,3h dan 250 mm

$$450 \text{ mm} > 0,3 \times 600$$

$$450 \text{ mm} > 180 \text{ mm dan } 250 \text{ mm}$$

### 2.8.2. Tulangan Longitudinal

- a. Tulangan Negatif Tumpuan

Faktor koreksi Terkendali Tarik :  $\Phi = 0,9$  (SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

$$M_u^- = 489,93 \text{ kNm}$$

- 1) Perhitungan Momen Nominal (Mn)

$$M_n = \frac{M_u^-}{\phi}$$

$$= \frac{489,93}{0,9}$$

$$= 544,37 \text{ kNm}$$

2) Perhitungan Tinggi Balok Tekan dan Garis Netral

$$\left( \frac{0,85 \cdot f'c \cdot b}{2} \right) a^2 - (0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d)a + Mn = 0$$

$$a = 96,36 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{96,36}{0,84}$$

$$= 115,30 \text{ mm}$$

3) Cek Regangan Tulangan

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times 0,003$$

$$= \frac{540,5 - 115,30}{115,30} \times 0,003$$

$$= 0,011$$

Dengan  $\epsilon_s \geq 0,005$  maka direncanakan terkendali tarik

4) Perhitungan Kebutuhan Tulangan

$$A_{s.req} = \frac{0,85 \times f'c \times a \times b}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 115,30 \times 450}{420}$$

$$= 2632,66 \text{ mm}^2$$

5) Perhitungan Tulangan Terpasang

$$n = \frac{A_{s.req}}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$= \frac{2632,66}{0,25 \times \pi \times 19^2}$$

$$= 9,29 \approx 10 \text{ buah}$$

$$A_{s.use} = \frac{n \times \pi \times D^2}{4}$$

$$= \frac{10 \times \pi \times 19^2}{4}$$

$$= 2835,29 \text{ mm}^2$$



$$\begin{aligned}
 A_{s.min1} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c'}}{f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} \times 450 \times 540,5 \\
 &= 729,98 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s.min2} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1,4}{420} \times 450 \times 540,5 \\
 &= 810,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{s.min} = A_{s.min} \text{ diambil yang terbesar } 810,75 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.use} \geq A_{s.min} = 2835,29 \text{ mm}^2 \geq 810,75 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s.max} &= \frac{0,36 \times \beta \times f'c' \times b \times d}{f_y} \\
 &= \frac{0,36 \times 0,84 \times 30 \times 450 \times 540,5}{420} \\
 &= 5226,86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{s.use} < A_{s.max} = 2835,29 \text{ mm}^2 < 5226,86 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### 6) Cek Spasi Tulangan

Sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 25.2, jarak bersih antara tulangan yang sejajar tidak boleh kurang dari 25 mm.

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{b - (2 \times \text{selimut beton}) - (2 \times D \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ tul utama})}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{10 - 1} = 34,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{1 \text{ min}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &= 380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \text{ selimut beton} \\
 &= 280 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S > S_{\text{min}} = 34,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

#### 7) Perhitungan Kekuatan Nominal ( $M_n$ )

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

$$= \frac{2835,29 \times 420}{0,85 \times 30 \times 450}$$

$$= 103,775 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{103,775}{0,84}$$

$$= 124,175 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003$$

$$= \frac{540,5 - 124,175}{124,175} \times 0,003$$

$$= 0,0023 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2835,29 (420) \left( 540,5 - \frac{103,775}{2} \right)$$

$$= 581849743,6 \text{ Nmm}$$

$$= 581,85 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n$$

$$= 523,66 \text{ kNm}$$

b. Tulangan Positif Tumpuan

Faktor koreksi Terkendali Tarik :  $\phi = 0,9$  (SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

$$M_u^+ = 339,01 \text{ kNm} > 0,5 M_u^- \text{ (SNI 2847 Pasal 21.5.2.2)}$$

1) Perhitungan Momen Nominal ( $M_n$ )

$$M_n = \frac{M_u^+}{\phi}$$

$$= \frac{339,01}{0,9}$$

$$= 376,68 \text{ kNm}$$

2) Perhitungan Tinggi Balok Tekan dan Garis Netral

$$\left( \frac{0,85 \cdot f'c \cdot b}{2} \right) a^2 - (0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d)a + M_n = 0$$

$$a = 64,59 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{64,59}{0,84} \\
 &= 77,29 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 3) Cek Regangan Tulangan

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s &= \frac{d-c}{c} \times 0,003 \\
 &= \frac{540,5 - 77,29}{77,29} \times 0,003 \\
 &= 0,018
 \end{aligned}$$

Dengan  $\varepsilon_s \geq 0,005$  maka direncanakan terkendali tarik

### 4) Perhitungan Kebutuhan Tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{s.req} &= \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \times 64,59 \times 450}{420} \\
 &= 1764,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### 5) Perhitungan Tulangan Terpasang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s.req}}{0,25 \times \pi \times D^2} \\
 &= \frac{1764,75}{0,25 \times \pi \times 19^2} \\
 &= 6,22 \approx 7 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s.use} &= \frac{n \times \pi \times D^2}{4} \\
 &= \frac{7 \times \pi \times 19^2}{4} \\
 &= 1984,70 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s.min1} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} \times 450 \times 540,5 \\
 &= 729,98 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s.min2} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1,4}{420} \times 450 \times 540,5 \\
 &= 810,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{s.min} = A_{s.min} \text{ diambil yang terbesar } 810,75 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.use} \geq A_{s.min} = 1984,70 \text{ mm}^2 \geq 810,75 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s.max} &= \frac{0,36 \times \beta \times f_c' \times b \times d}{f_y} \\
 &= \frac{0,36 \times 0,84 \times 30 \times 450 \times 540,5}{420} \\
 &= 5226,86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{s.use} < A_{s.max} = 1984,70 \text{ mm}^2 < 5226,86 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### 6) Cek Spasi Tulangan

Sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 25.2, jarak bersih antara tulangan yang sejajar tidak boleh kurang dari 25 mm.

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{b - (2 \times \text{selimut beton}) - (2 \times D \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ tul utama})}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{7 - 1} \\
 &= 52 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{1 \text{ min}} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \text{ selimut beton} = 280 \text{ mm}$$

$$S > S_{\text{min}} = 52 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

#### 7) Perhitungan Kekuatan Nominal (Mn)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{1984,70 \times 420}{0,85 \times 30 \times 450} \\
 &= 72,643 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{72,643}{0,84}
 \end{aligned}$$

$$= 86,923 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003$$

$$= \frac{540,5 - 86,923}{86,923} \times 0,003$$

$$= 0,0025 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1984,70 (420) \left( 540,5 - \frac{72,643}{2} \right)$$

$$= 420270477,4 \text{ Nmm}$$

$$= 420,27 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n$$

$$= 378,24 \text{ kNm}$$

### c. Tulangan Negatif Lapangan

Faktor koreksi Terkendali Tarik :  $\Phi = 0,9$  (SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

$$M_u^- = 262,54 \text{ kNm} > 0,25 \times M_u \text{ Tumpuan} \approx 122,48 \text{ kNm}$$

#### 1) Perhitungan Momen Nominal ( $M_n$ )

$$M_n = \frac{M_u^-}{\phi}$$

$$= \frac{262,54}{0,9}$$

$$= 291,71 \text{ kNm}$$

#### 2) Perhitungan Tinggi Balok Tekan dan Garis Netral

$$\left( \frac{0,85 \cdot f'c \cdot b}{2} \right) a^2 - (0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d) a + M_n = 0$$

$$a = 49,28 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{49,28}{0,84}$$

$$= 58,97 \text{ mm}$$

3) Cek Regangan Tulangan

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &= \frac{d-c}{c} \times 0,003 \\ &= \frac{540,5 - 58,97}{58,97} \times 0,003 \\ &= 0,024\end{aligned}$$

Dengan  $\varepsilon_s \geq 0,005$  maka direncanakan terkendali tarik

4) Perhitungan Kebutuhan Tulangan

$$\begin{aligned}A_{s.req} &= \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 49,28 \times 450}{420} \\ &= 1346,39 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

5) Perhitungan Tulangan Terpasang

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_{s.req}}{0,25 \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{1346,39}{0,25 \times \pi \times 19^2} \\ &= 4,75 \approx 5 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s.use} &= \frac{n \times \pi \times D^2}{4} \\ &= \frac{5 \times \pi \times 19^2}{4} \\ &= 1417,64 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s.min1} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} \times 450 \times 540,5 \\ &= 792,98 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s.min2} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 450 \times 540,5 \\ &= 810,75 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_{s.min} = A_{s.min} \text{ diambil yang terbesar } 810,75 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.use} \geq A_{s.min} = 1417,64 \text{ mm}^2 \geq 810,75 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} A_{s.max} &= \frac{0,36 \times \beta \times f_c' \times b \times d}{f_y} \\ &= \frac{0,36 \times 0,84 \times 30 \times 450 \times 540,5}{420} \\ &= 5226,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s.use} \geq A_{s.max} = 1417,64 \text{ mm}^2 \leq 5226,86 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### 6) Cek Spasi Tulangan

Sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 25.2, jarak bersih antara tulangan yang sejajar tidak boleh kurang dari 25 mm.

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{b - (2 \times \text{selimut beton}) - (2 \times D \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ tul utama})}{n-1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{5-1} = 78,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{1 \text{ min}} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{ max}} = 280 \text{ mm}$$

$$S > S_{\text{ min}} = 78,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

#### 7) Perhitungan Kekuatan Nominal, Mn

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1417,64 \times 420}{0,85 \times 30 \times 450} \\ &= 51,888 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{51,888}{0,84} \\ &= 62,088 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \frac{d-c}{c} \times 0,003 \\ &= \frac{540,5 - 62,088}{62,088} \times 0,003 \\ &= 0,0027 \text{ (Terkendali Tarik)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 1417,64 (420) \left( 540,5 - \frac{51,888}{2} \right) \\
 &= 306372082,4 \text{ Nmm} \\
 &= 306,37 \text{ kNm} \\
 \phi M_n &= 0,9 \times M_n \\
 &= 275,73 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

d. Tulangan Positif Lapangan

Faktor koreksi Terkendali Tarik :  $\phi = 0,9$  (SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

$$M_u^+ = 151,93 \text{ kNm} > 0,25 \times M_u \text{ Tumpuan} \approx 122,48 \text{ kNm}$$

1) Perhitungan Momen Nominal ( $M_n$ )

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{151,93}{0,9} \\
 &= 168,81 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

2) Perhitungan Tinggi Balok Tekan dan Garis Netral

$$\left( \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot b}{2} \right) a^2 - (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d) a + M_n = 0$$

$$a = 27,94 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{27,94}{0,84} \\
 &= 33,43 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3) Cek Regangan Tulangan

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &= \frac{d-c}{c} \times 0,003 \\
 &= \frac{540,5 - 33,43}{33,43} \times 0,003 \\
 &= 0,046
 \end{aligned}$$

Dengan  $\epsilon_s \geq 0,005$  maka direncanakan terkendali tarik



4) Perhitungan Kebutuhan Tulangan

$$\begin{aligned} A_{s.req} &= \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 27,94 \times 450}{420} \\ &= 763,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

5) Perhitungan Tulangan Terpasang

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s.req}}{0,25 \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{763,36}{0,25 \times \pi \times 19^2} \\ &= 2,69 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s.use} &= \frac{n \times \pi \times D^2}{4} \\ &= \frac{3 \times \pi \times 19^2}{4} \\ &= 850,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s.min1} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} \times 450 \times 540,5 \\ &= 792,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s.min2} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 450 \times 540,5 \\ &= 810,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s.min} = A_{s.min} \text{ diambil yang terbesar } 810,75 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.use} \geq A_{s.min} = 850,59 \text{ mm}^2 \geq 810,75 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} A_{s.max} &= \frac{0,36 \times \beta \times f_c' \times b \times d}{f_y} \\ &= \frac{0,36 \times 0,84 \times 30 \times 450 \times 540,5}{420} \\ &= 5226,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s.use} \geq A_{s.max} = 850,59 \text{ mm}^2 \leq 5226,86 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

6) Cek Spasi Tulangan

Sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 25.2, jarak bersih antara tulangan yang sejajar tidak boleh kurang dari 25 mm.

$$S_1 = \frac{b - (2 \times \text{selimut beton}) - (2 \times D \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ tul utama})}{n-1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{3-1} = 156,00 \text{ mm}$$

$$S_{1 \text{ min}} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{ max}} = 280 \text{ mm}$$

$$S > S_{\text{min}} = 156,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

7) Perhitungan Kekuatan Nominal, Mn

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

$$= \frac{850,59 \times 420}{0,85 \times 30 \times 450}$$

$$= 31,133 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{31,133}{0,84}$$

$$= 37,253 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003$$

$$= \frac{540,5 - 37,253}{37,253} \times 0,003$$

$$= 0,0028 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

$$M_n = As f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 850,59 (420) \left( 540,5 - \frac{31,133}{2} \right)$$

$$= 187530580 \text{ Nmm}$$

$$= 187,53 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n$$

$$= 168,78 \text{ kNm}$$

### 2.8.3. Tulangan Torsi

Diketahui:

$$V_u = 295 \text{ kNm}$$

$$T_u = 41 \text{ kNm}$$

#### 1) Pemeriksaan Torsi

$$A_{cp} = b \times h = 450 \times 600 = 2700000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b+h)$$

$$= 2 \times (450+600) = 2100 \text{ mm}^2$$

$$\Phi T_{th} = \frac{0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{f'_c} \times A_{cp}^2}{P_{cp}} \times 10^{-6}$$

$$= \frac{0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \times 2700000^2}{2100}$$

$$= 11,836 \text{ kNm} < T_u \text{ (Torsi Diperhitungkan)}$$

#### 2) Parameter Penampang Balok

$$x_1 = b - 2 \times \left( \text{sel. beton} + \frac{d.\text{sengkang}}{2} \right)$$

$$= 450 - 2 \times \left( 40 + \frac{10}{2} \right)$$

$$= 360 \text{ mm}$$

$$y_1 = h - 2 \times \left( \text{sel. beton} + \frac{d.\text{sengkang}}{2} \right)$$

$$= 600 - 2 \times \left( 40 + \frac{10}{2} \right)$$

$$= 510 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = x_1 \times y_1$$

$$= 183600 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 \times A_{oh}$$

$$= 156060 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2 \times (x_1 + y_1)$$

$$= 1740 \text{ mm}$$

3) Pemeriksaan Batasan Dimensi Penampang

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 450 \times 540,5 \\
 &= 226473,6924 \text{ N} \\
 &= 226,473 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c}\right)$$

$$1,740 \text{ N/mm}^2 \leq 3,410 \text{ N/mm}^2 \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

4) Perhitungan Tulangan Torsi Transversal

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\
 &= \frac{41 \times 10^6}{0,75} \\
 &= 54746667 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi } \theta = 60^\circ$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 A_o f_{yt} \cot \theta} \\
 &= \frac{54746667}{2 \times 156060 \times 280 \times \cot(60)} \\
 &= 1,085 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

5) Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi Transversal Tumpuan

$$V_u = 295 \text{ kN} > 0,5 \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 226,473 = 84,927 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_s &= V_u - (0,75 \times V_c) \\
 &= 295 - (0,75 \times 226,473) \\
 &= 125,449 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{\phi V_s}{0,75} \\
 &= \frac{125,449}{0,75} \\
 &= 167,265 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s \times 1000}{f_{yt} \times d}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{167,265 \times 1000}{280 \times 540,5} \\
&= 1,105 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
\frac{\text{Ask}}{s} \text{ req} &= 2 \times \frac{\text{At}}{s} + \frac{\text{Av}}{s} \\
&= 2 \times 1,085 + 1,105 \\
&= 3,275 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
\text{Ask.use} &= \frac{1 \times \pi \text{ diameter tul sengkang}^2}{4} \\
&= \frac{1 \times \pi 10^2}{4} \\
&= 157,08 \text{ mm}^2 \\
s &= 2 \times \frac{\text{Ask.use}}{\frac{\text{Ask}}{s} \text{ req}} \\
&= 2 \times \frac{157,08}{3,275} \\
&= 157,08 \text{ mm} \\
s \text{ max} &= \frac{Ph}{8} \\
&= \frac{1740}{8} \\
&= 217,5 \text{ mm} \\
s \text{ use} &= \frac{2 \times (\text{ask}/s) \text{ use}}{(\text{ask}/s) \text{ req}} \\
&= 95,919 \text{ mm} \\
\text{Ask min1} &= \frac{0,062 \times \sqrt{f'c} \times b \times s \text{ use}}{f_{yt}} \\
&= \frac{0,062 \times \sqrt{30} \times 300 \times 95,919}{280} \\
&= 27,29 \text{ mm}^2 \\
\text{Ask min 2} &= \frac{0,35 \times b \times S \text{ use}}{f_{yt}} \\
&= \frac{0,35 \times 300 \times 95,919}{280} \\
&= 28,13 \text{ mm}^2 < \text{Ask use}
\end{aligned}$$

6) Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi Longitudinal Tumpuan

$$\begin{aligned}
 A_l &= \frac{\frac{A_t}{s} \times Ph \times \theta \times f_{yt}}{f_y \times \cot(\theta)^2} \\
 &= \frac{1,085 \times 1740 \times 60 \times 280}{420 \times \cot(60)^2} \\
 &= 726,67 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{l \text{ min}} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f'_c} \times A_{cp}}{f_y - \frac{A_t}{s} \times Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y}} \\
 &= \frac{0,42 \times \sqrt{30} \times 270000}{420 - 1,085 \times 1740 \times \frac{280}{420}} \\
 &= 220,22 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{l \text{ use}} = 726,67 \text{ mm}^2$$

#### 2.8.4. Tulangan Transversal

Berdasarkan SNI 2847:2019 R 18.7.6.1.1, kekuatan momen balok dihitung menggunakan faktor reduksi 1,0 dan tulangan menggunakan tegangan leleh efektif paling tidak  $1,25f_y$ .

##### Tumpuan

##### a. Perhitungan Momen Probabilitas (MPr)

##### 1) MPr1 dari Tumpuan (-)

$$\text{Tulangan} = 10D19$$

$$A_{s \text{ use}} = 2835,29 \text{ mm}^2$$

$$A_{pr} = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times F_c' \times b} = \frac{2835,29 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 450} = 129,72 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr1} &= A_s \times 1,25 \times f_y \left( d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \\
 &= 2835,29 \times 1,25 \times 420 \left( 540,5 - \frac{129,72}{2} \right) \\
 &= 708,003 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

##### 2) MPr2 dari Tumpuan (+)

$$\text{Tulangan} = 7D19$$

$$A_{s \text{ use}} = 1984,70 \text{ mm}^2$$

$$A_{pr} = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times F_c' \times b} = \frac{1984,70 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 450} = 90,80 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr2} &= A_s \times 1,25 \times f_y \left( d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \\
 &= 1984,70 \times 1,25 \times 420 \left( 540,5 - \frac{90,80}{2} \right) \\
 &= 515,877 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

##### b. Gaya Geser Gempa Akibat Sendi Plastis

$$\begin{aligned}
 V_e &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} \\
 &= \frac{515,877 + 708,003}{7200/1000} \\
 &= 169,98 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Gaya Geser Akibat Beban Gravitasi

$$V_g = 132,12 \text{ kN}$$

d. Gaya Geser Desain

$$\begin{aligned}
 V_{e1} \text{ gempa kiri} &= V_g - V_e \\
 &= 132,12 - 169,98 \\
 &= -37,86 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e2} \text{ gempa kanan} &= V_g + V_e \\
 &= 132,12 + 169,98 \\
 &= 302,10 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Syarat :  $V_e \text{ maks} > 0,5 V_g$

e. Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_c &= \frac{0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{f_c} \times b \times d}{1000} \\
 &= 169,86 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_s &= V_e - \emptyset V_c \\
 &= 302,10 - 169,86 \\
 &= 132 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{\emptyset V_s}{\emptyset} = \frac{132}{0,75} = 176,33 \text{ kN}$$

f. Kebutuhan Tulangan Geser di Daerah Tumpuan

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019, yaitu  $V_e > 0,5 V_u$ .lana, maka ukuran sengkang kebutuhan (spasi) sengkang diperhitungkan sebagai berikut.

Asumsi jumlah kaki = 2 kaki

Diameter sengkang = 10 mm

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{\phi A_v f_{yt} d}{V_e} \\
 &= \frac{0,75 \times (2 \times \pi \times 10^2) \times 280 \times 540,5}{302,10 \times 10^{-3}}
 \end{aligned}$$

$$= 59,02 \approx 50 \text{ mm}$$

Syarat:  $s < s_{\max} = d/4$  dan 150 mm

Maka, kebutuhan tulangan geser adalah 2D10-50

g. Kebutuhan Tulangan Geser di Daerah Lapangan

- 1) Perhitungan nilai  $V_e$  di Lapangan memperhitungkan  $V_e$  Gempa Kiri dan Kanan untuk Daerah Lapangan

$$\begin{aligned} V_{e.lap} &= \frac{l_n - 2h}{l_n} (V_{e.g.max} - V_{e.g.min}) + V_{e.g.max} \\ &= \frac{7,2 - 2 \times 0,6}{7,2} (302,10 - 37,86) + 302,10 = 258,06 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 2) Perhitungan Kekuatan Geser Beton

$$V_C = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w d = 251,40 \text{ kN}$$

$$\phi V_C = 0,75 \times 251,40 = 188,55 \text{ kN}$$

Syarat:  $V_{e.lap} > \phi V_C$  maka Tulangan Geser di Daerah Lapangan diperhitungkan

- 3) Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser

$$V_s = \frac{V_{e.lap}}{\phi} - V_C = \frac{258,06}{0,75} - 251,40 = 92,68 \text{ kN}$$

- 4) Perhitungan Kebutuhan Spasi Sengkang

Asumsi jumlah kaki = 2 kaki

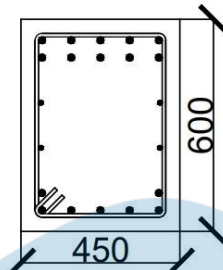
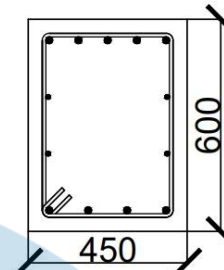
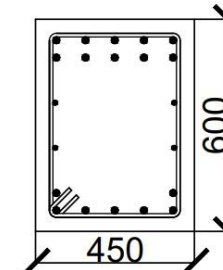
Diameter sengkang = 10 mm

$$s = \frac{\phi A_v f_y t d}{V_s} = \frac{0,75 \times (2 \times \pi \times 10^2) \times 280 \times 540,5}{92,68 \times 10^{-3}} = 256,50 \approx 250 \text{ mm}$$

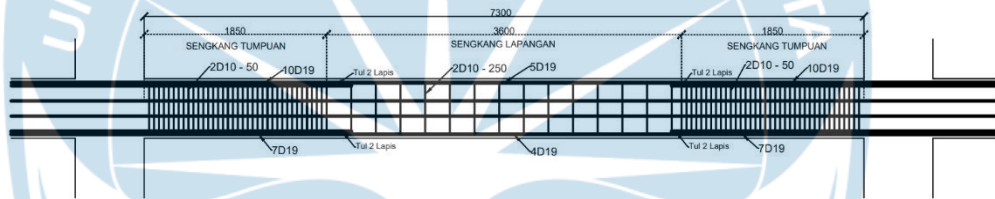
Syarat:  $s < s_{\max} = d/2$  dan 600 mm

Maka, kebutuhan tulangan geser adalah 2D10-250



BALOK	TULANGAN		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
B1			
UKURAN BALOK	450 X 600 mm		
TULANGAN ATAS	10D19	5D19	10D19
TULANGAN BAWAH	7D19	4D19	7D19
TULANGAN SAMPING	4D13	4D13	4D13
SENGKANG	2D10-50	2D10-250	2D10-50

Gambar 2. 16 Potongan Balok B1



Gambar 2. 17 Penampang Melintang Balok B1

Tabel 2. 20 Rekapitulasi Perhitungan Perencanaan Balok

Kode Balok	Lokasi	b mm	h mm	d mm	L m	f'c MPa	fy MPa	fyt MPa	My kN.m	My (Vg) kN.m	Vg kN	Vu kN	Tu kNm	Kategori Tulangan	Tulangan Tarik				Tulangan Tekan				Tulangan Sengkang	Selimut beton	Cek Kebutuhan Tulangan Torsi				
															Ø		s1		Keputusan	As <sub>use</sub> mm2	Ø					s1		Keputusan	As <sub>'use</sub> mm2
															mm	mm	mm	mm			mm	mm				mm	mm		
B1	Tumpuan (+)	450	600	539	8	30	420	280	341,02	192,19	136,3	302,16	39,32	Tunggal	5	22	76,50	75	5D22-75	1900,66	2	19	76,50	75,00	2D19-75	567,06	10	40	Torsi tidak boleh diabaikan
	Tumpuan (-)	450	600	539	8	30	420	280	501,00	257,45	136,3	302,16	39,32	Tunggal	8	22	43,71	40	8D22-40	3041,06	2	19	43,71	40,00	2D19-40	567,06	10	40	Torsi tidak boleh diabaikan
	Lapangan (+)	450	600	539	8	30	420	280	170,51	96,10	136,3	302,16	39,32	Tunggal	3	22	153,00	150	3D22-150	1140,40	2	19	153,00	150,00	2D19-150	567,06	10	40	Torsi tidak boleh diabaikan
B2	Lapangan (-)	450	600	539	8	30	420	280	250,50	128,73	136,3	302,16	39,32	Tunggal	4	22	102,00	100	4D22-100	1520,53	2	19	102,00	100,00	2D19-100	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Tumpuan (+)	400	500	440,5	6	30	420	280	243,95	136,73	144,08	315,75	68,34	Tunggal	6	19	52,40	50	6D19-50	1701,17	2	19	52,40	50,00	2D19-50	567,06	10	40	Torsi tidak boleh diabaikan
	Tumpuan (-)	400	500	440,5	6	30	420	280	413,72	143,49	144,08	315,75	68,34	Tunggal	11	19	26,20	25	11D19-25	3118,82	2	19	26,20	25,00	2D19-25	567,06	10	40	Torsi tidak boleh diabaikan
B3	Lapangan (+)	400	500	440,5	6	30	420	280	121,98	68,37	144,08	315,75	68,34	Tunggal	3	19	131,00	130	3D19-130	850,59	2	19	131,00	130,00	2D19-130	567,06	10	40	Torsi tidak boleh diabaikan
	Lapangan (-)	400	500	440,5	6	30	420	280	206,86	71,75	144,08	315,75	68,34	Tunggal	5	19	65,50	65	5D19-65	1417,64	2	19	65,50	65,00	2D19-65	567,06	10	40	Torsi tidak boleh diabaikan
	Tumpuan (+)	300	400	340,5	4	30	420	280	62,42	5,30	17,03	95,64	1	Tunggal	2	19	162,00	160	2D19-160	567,06	2	19	162,00	160,00	2D19-160	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
BA1	Lapangan (+)	300	400	340,5	4	30	420	280	125,47	13,47	17,03	95,64	1	Tunggal	4	19	54,00	50	4D19-50	1134,11	2	19	54,00	50,00	2D19-50	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (-)	300	400	340,5	4	30	420	280	31,21	2,65	17,03	95,64	1	Tunggal	2	19	162,00	160	2D19-160	567,06	2	19	162,00	160,00	2D19-160	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (+)	300	400	340,5	4	30	420	280	62,74	6,74	17,03	95,64	1	Tunggal	2	19	162,00	160	2D19-160	567,06	2	19	162,00	160,00	2D19-160	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
BA2	Tumpuan (+)	350	500	440,5	8	30	420	280	224,93	82,38	54,19	153,78	17,18	Tunggal	6	19	42,40	40	6D19-40	1701,17	2	19	42,40	40,00	2D19-40	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Tumpuan (-)	350	500	440,5	8	30	420	280	274,09	96,12	54,19	153,78	17,18	Tunggal	7	19	35,33	35	7D19-35	1984,70	2	19	35,33	35,00	2D19-35	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (+)	350	500	440,5	8	30	420	280	112,47	41,19	54,19	153,78	17,18	Tunggal	3	19	106,00	105	3D19-105	850,59	2	19	106,00	105,00	2D19-105	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
B1*	Lapangan (-)	350	500	440,5	8	30	420	280	137,05	48,06	54,19	153,78	17,18	Tunggal	4	19	70,67	70	4D19-70	1134,11	2	19	70,67	70,00	2D19-70	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Tumpuan (+)	250	350	290,5	6	30	420	280	39,03	25,65	27,12	62,32	2,05	Tunggal	2	19	112,00	110	2D19-110	567,06	2	19	112,00	110,00	2D19-110	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Tumpuan (-)	250	350	290,5	6	30	420	280	79,07	42,79	27,12	62,32	2,05	Tunggal	3	19	56,00	55	3D19-55	850,59	2	19	56,00	55,00	2D19-55	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
B2*	Lapangan (+)	250	350	290,5	6	30	420	280	19,52	12,83	27,12	62,32	2,05	Tunggal	2	19	112,00	110	2D19-110	567,06	2	19	112,00	110,00	2D19-110	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (-)	250	350	290,5	6	30	420	280	39,54	21,40	27,12	62,32	2,05	Tunggal	2	19	112,00	110	2D19-110	567,06	2	19	112,00	110,00	2D19-110	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Tumpuan (+)	450	600	539	8	30	420	280	825,10	506,05	366,05	660,74	44,75	Tunggal	13	22	25,50	25	13D22-25	4941,73	2	19	25,50	25,00	2D19-25	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
BL	Lapangan (+)	450	600	539	8	30	420	280	812,71	557,77	366,05	660,74	44,75	Tunggal	13	22	25,50	25	13D22-25	4941,73	2	19	25,50	25,00	2D19-25	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (-)	450	600	539	8	30	420	280	412,55	253,03	366,05	660,74	44,75	Tunggal	6	22	61,20	60	6D22-60	2280,80	2	19	61,20	60,00	2D19-60	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (+)	450	600	539	8	30	420	280	406,36	278,89	366,05	660,74	44,75	Tunggal	6	22	61,20	60	6D22-60	2280,80	2	19	61,20	60,00	2D19-60	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
BT	Tumpuan (+)	400	500	440,5	6	30	420	280	465,62	329,77	196,81	432,51	47,2	Tunggal	12	19	23,82	20	12D19-20	3402,34	2	19	23,82	20,00	2D19-20	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Tumpuan (-)	400	500	440,5	6	30	420	280	484,43	230,37	196,81	432,51	47,2	Tunggal	13	19	21,83	20	13D19-20	3685,87	2	19	21,83	20,00	2D19-20	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (+)	400	500	440,5	6	30	420	280	232,81	114,89	196,81	432,51	47,2	Tunggal	6	19	52,40	50	6D19-50	1701,17	2	19	52,40	50,00	2D19-50	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
BT2	Lapangan (-)	400	500	440,5	6	30	420	280	242,22	115,19	196,81	432,51	47,2	Tunggal	6	19	52,40	50	6D19-50	1701,17	2	19	52,40	50,00	2D19-50	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Tumpuan (+)	300	400	340,5	3	30	420	280	207,07	83,64	79,43	318,08	10,97	Tunggal	7	19	27,00	25	7D19-25	1984,70	2	19	27,00	25,00	2D19-25	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Tumpuan (-)	300	400	340,5	3	30	420	280	221,56	97,23	79,43	318,08	10,97	Tunggal	8	19	23,14	20	8D19-20	2268,23	2	19	23,14	20,00	2D19-20	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
B*	Lapangan (+)	300	400	340,5	3	30	420	280	103,54	41,82	79,43	318,08	10,97	Tunggal	4	19	54,00	50	4D19-50	1134,11	2	19	54,00	50,00	2D19-50	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (-)	300	400	340,5	3	30	420	280	110,78	48,62	79,43	318,08	10,97	Tunggal	4	19	54,00	50	4D19-50	1134,11	2	19	54,00	50,00	2D19-50	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Tumpuan (+)	450	600	539	8	30	420	280	603,26	-285,38	-348,89	-128,21	12,83	Tunggal	9	22	38,25	35	9D22-35	3421,19	2	19	38,25	35,00	2D19-35	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
BT2	Tumpuan (-)	450	600	539	8	30	420	280	605,71	-17,28	-348,89	-128,21	12,83	Tunggal	9	22	38,25	35	9D22-35	3421,19	2	19	38,25	35,00	2D19-35	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (+)	450	600	539	8	30	420	280	301,63	-142,69	-348,89	-128,21	12,83	Tunggal	5	22	76,50	75	5D22-75	1900,66	2	19	76,50	75,00	2D19-75	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (-)	450	600	539	8	30	420	280	302,86	8,64	-348,89	-128,21	12,83	Tunggal	5	22	76,50	75	5D22-75	1900,66	2	19	76,50	75,00	2D19-75	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
B*	Tumpuan (+)	450	600	540,5	6	30	420	280	623,28	-11,47	-12,88	344,88	64,08	Tunggal	13	19	26,00	25	13D19-25	3685,87	2	19	26,00	25,00	2D19-25	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Tumpuan (-)	450	600	539	6	30	420	280	792,41	2,95	-12,88	344,88	64,08	Tunggal	17	19	19,50	15	17D19-15	4819,99	2	19	19,50	15,00	2D19-15	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
	Lapangan (+)	450	600	540,5	6	30	420	280	311,64	-5,74	-12,88	344,88	64,08	Tunggal	6	19	62,40	60	6D19-60	1701,17	2	19	62,40	60,00	2D19-60	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan
B*	Lapangan (-)	450	600	540,5	6	30	420	280	396,21	1,48	-12,88	344,88	64,08	Tunggal	8	19	44,57	40	8D19-40	2268,23	2	19	44,57	40,00	2D19-40	567,06	10	40	Torsi boleh diabaikan

## 2.9. Perancangan Kolom

Pada perencanaan gedung Hotel Kapsul memperhitungkan satu buah kolom dengan beban terbesar. Berikut ini contoh perhitungan perencanaan kolom.

### Data Perencanaan Kolom K1 (800 x 800) Lantai Basement

- KDS = D
- Mutu Beton ( $f'c$ ) = 30 MPa
- Mutu Tulangan Deform = 42 MPa
- Mutu Tulangan Sengkang = 13 MPa
- Selimut Beton = 40 mm
- Tinggi Kolom ( $l$ ) = 4000 mm
- Tinggi Bersih Kolom ( $l_n$ ) = 3400 mm
- Tinggi Kolom Atas ( $l_{atas}$ ) = 3600 mm
- $b$  Balok = 450 mm
- $h$  Balok = 600 mm
- $b$  Kolom = 800 mm
- $h$  Kolom = 800 mm
- $\beta_1$  = 0,83
- $d$  =  $800 - 40 - 13/2 = 753,5$  mm

### Berdasarkan hasil analisis struktur kolom dari MIDAS

- $P_u$  = 7981,51 kN
- $M_x$  = 380,91 kNm
- $M_y$  = 551,43 kNm
- $V_u$  = 259,7 kN
- $N_u$  = -216,3 kN

#### 2.9.1. Pemeriksaan Ketentuan Kolom

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2, kolom harus memenuhi syarat sebagai berikut.

- a) Dimensi terkecil tidak kurang dari 300 mm

Syarat:  $800 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$  (Memenuhi Syarat)

b) Rasio dimensi penampang terkecil tidak kurang dari 0,4

Syarat:  $b/h = 800/800 = 1 > 0,4$  (Memenuhi Syarat)

### 2.9.2. Perhitungan Tulangan Longitudinal

1) Asumsi Tulangan 20D22

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 18.7.4.1, luas tulangan longitudinal  $A_{st}$  tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  dan tidak lebih dari  $0,06A_g$ . Dengan kata lain, rasio tulangan longitudinal dibatasi oleh  $0,01 < \rho < 0,06$ .

$$\begin{aligned} A_s &= n \times 0,25\pi \times D^2 = 20 \times 0,25\pi \times 22^2 \\ &= 7602,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 800 \times 800 \\ &= 640000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Rasio } (\rho) = \frac{A_s}{A_g} = \frac{7602,65}{640000} = 0,0119$$

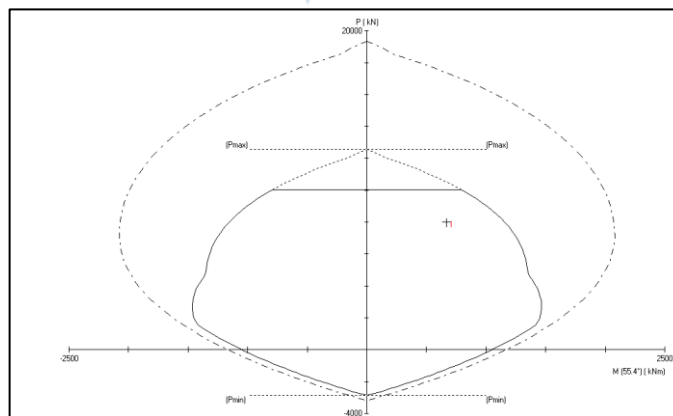
Syarat  $= 0,01 < 0,0119 < 0,06$  (Memenuhi Syarat)

2) Ketentuan SCWB (Strong Column Weak Beam)

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 18.7.3.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi  $\sum M_{nk} \geq 1,2 \sum M_{nb}$

Momen Kolom berdasarkan SPColumn

- $M_{nk X} = 1011,754 \text{ kNm}$
- $M_{nk Y} = 1464,692 \text{ kNm}$
- $\sum M_{nk} = 2476,446 \text{ kNm}$



Gambar 2. 18 Hasil Analisis SpColumn Kolom K1 Lantai Basement

Momen Balok X

- Ka (-) = 940,68 kNm
- Ki (+) = 943,80 kNm
- 1,2 ΣMnb = 1,2 (940,68 + 943,80) = 2261,376 kNm

Syarat : 2261,376 < ΣMnk (OK)

Momen Balok Y

- Ka (-) = 0 kNm
- Ki (+) = 290,83 kNm
- 1,2 ΣMnb = 1,2 (0 + 290,83) = 348,996 kNm

Syarat : 2261,376 < ΣMnk (Aman)

**2.9.3. Perhitungan Tulangan Transversal**

1) Perhitungan Tulangan di Daerah Sendi Plastis (Lo)

$$\begin{aligned} bc &= bw - 2 \times (\text{sel. beton}) \\ &= 800 - 2 (40) \\ &= 720 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ag &= b \times h \\ &= 800 \times 800 \\ &= 640000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ach &= bc^2 \\ &= (720)^2 \\ &= 518400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,3 f'c Ag &= 0,3 (30) (640000) \\ &= 5760000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$Pu = 7981510 \text{ N} > 0,3 f'c Ag$$

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2487:2019 Tabel 18.7.5.4, jika

$Pu > 0,3f'cAg$  maka  $\frac{A_{sh}}{s bc}$  digunakan dari nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut ini.

$$a. \frac{A_{sh}}{s bc} = 0,3 \left( \frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \left( \frac{f'c}{f_{yt}} \right) = 0,3 \left( \frac{640000}{518400} - 1 \right) \left( \frac{30}{420} \right) = 0,005 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$b. \frac{A_{sh}}{s bc} = 0,09 \left( \frac{f'c}{f_{yt}} \right) = 0,09 \left( \frac{30}{420} \right) = 0,0064 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$c. \frac{A_{sh}}{s \cdot bc} = 0,2 f_k k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} = 0,2 (1)(1,1111) \frac{7981,5}{(420)(518400)} = 0,0081 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$k_f = \frac{f'c}{175} + 0,6 \geq 1,0$$

$$k_f = \frac{30}{175} + 0,6 = 0,771 \geq 1,0$$

$$k_n = \frac{n_\ell}{n_\ell - 2} = \frac{20}{20 - 2} = 1,1111$$

Berdasarkan perhitungan digunakan  $A_{sh}/s \cdot bc = 0,0081/\text{mm}$  s

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,0081 \times 720 = 5,832 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan jumlah kaki,  $n = 3$  kaki

$$s = \frac{A_{sh}}{A_{sh}/s} = \frac{3 \times 0,25 \times \pi \times 22^2}{5,832} = 161,6046 \text{ mm}$$

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.3, spasi tulangan transversal tidak melebihi nilai terkecil dari

$$a. 0,25 b = 0,25 (800) = 200 \text{ mm}$$

$$b. 6 \times D_{\text{Longitudinal}} = 6 (22) = 132 \text{ mm}$$

$$c. S_o = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right) = 100 + \left( \frac{350 - 224,8}{3} \right) = 141,733 \text{ mm}$$

$$x = 112,4 \text{ mm}$$

$hx$  tidak boleh melebihi 350 mm atau lebih dari 200 mm apabila

$P_u > 0,3f'cA_g$  atau  $f'c > 70 \text{ Mpa}$  (SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.2)

$$P_u > 0,3f'cA_g \text{ sehingga } hx = x = 112,4 \text{ mm}$$

Oleh karena itu, digunakan  $S_{\text{use}} = 125 \text{ mm}$

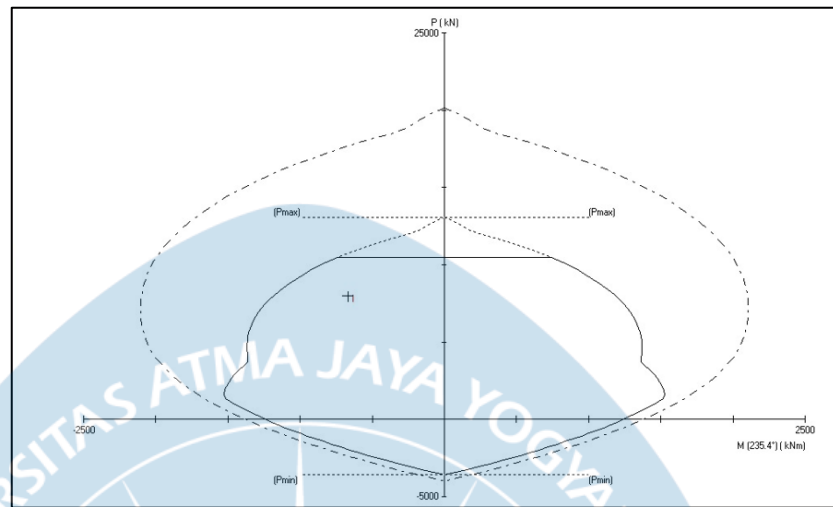
Tulangan: 3D13-125

## 2) Perhitungan Gaya Geser Kolom

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Gambar R 18.6.5, momen-momen ujung  $M_{pr}$  berdasarkan pada tegangan tarik baja

sebesar

1,25fy.



Gambar 2. 19 Hasil Analisis SpColumn Kolom K1 Lantai Basement dengan Tegangan 1,25fy

Mpr kolom	= 2104 kNm
Balok Arah X	
Mprb ka (-)	= 1165,809 kNm
Mprb ki (+)	= 1165,809 kNm
Balok Arah Y	
Mpr ka (-)	= 770,1938 kNm
Mpr ki (-)	= 668,848 kNm

Nilai Mpr balok dari arah berbeda, digunakan Mpr terbesar, yaitu arah X

$$\Sigma Mprb = 2331,618 \text{ kNm}$$

Faktor Distribusi Momen

$$\begin{aligned} \text{DF bawah} &= \frac{1/ln_1}{(1/ln_1+1/ln_2)} \\ &= (1/4)/(1/4+1/4) \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

$$\text{DF atas} = \frac{1/ln_1}{(1/ln_1+1/ln_2)}$$

$$= (1/4)/(1/4+1/5)$$

$$= 0,47$$

$$\begin{aligned} \text{Mpr atas} &= 2104 \text{ kNm} > DF \times \Sigma M_{prb} = 1095,8605 \\ &\text{kNm} \end{aligned}$$

$$\text{Mpr bawah} = 2104 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{M_{pr \text{ bawah}} + M_{pr \text{ atas}}}{l_n} = \frac{2104 + 1095,8605}{3,4} = 941,1354 \text{ kN}$$

$$V_e = 941,1354 \text{ kN} > V_u = 259,7 \text{ kN} \text{ sehingga } V_{u, \text{use}} = 941,1354 \text{ kN}$$

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 18.7.6.2.1,  $V_c$  dianggap nol apabila  $V_{u \text{ use}} \leq 0,5 V_{u \text{ as}}$  dan  $P_u < A_g f'_c / 20$ .

$$0,5 V_u = 0,5 (259,7) = 129,85 \text{ kN} < V_e \text{ (Okay)}$$

$$A_g f'_c / 20 = (640000)(30)/20 = 960000 \text{ N} < P_u \text{ (Not Okay)}$$

Dengan demikian,  $V_c$  diperhitungkan.

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 22.5.7.1, jika  $N_u$  bernilai negatif untuk kondisi tarik maka digunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{3,5 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{216,3}{3,5 (640000)} \right) (1) \sqrt{30} (800) (753,5) \\ &= 615483,171 \text{ N} \\ &= 615,4832 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 22.5.10.1, jika  $V_u > \phi V_c$  maka tulangan transversal harus memenuhi kekuatan geser diperhitungkan dengan  $V_s \geq V_u / \phi - V_c$

$$\begin{aligned} V_u > \phi V_c &= 941,1354 \text{ kN} > 0,75 (615,4832) \\ &= 941,1354 \text{ kN} > 461,6124 \text{ kN} \\ &= V_s \text{ dihitung} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{941,1354}{0,75} - 615,4832 \\
 &= 639,364 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan spasi maksimum tulangan geser menggunakan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Tabel 10.7.6.5

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yt} d} = \frac{639,364 \times 1000}{420 \times 753,5} = 2,0203 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 0,33\sqrt{f'c} b_w d &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 800 \times 753,5 \\
 &= 1089551,62 \text{ N} \\
 &= 1089,552 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_s = 639,364 \text{ kN} \leq 0,33\sqrt{f'c} b_w d$$

Dengan demikian, s max dalam kolom nonprategang adalah nilai terkecil dari d/2 atau 600 mm.

$$S_{\text{max}} = d/4 = (753,5)/4 = 376,75 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 376,75 \text{ mm}$$

$$S_{\text{use}} = 125 \text{ mm} < s_{\text{max}} \text{ (Aman)}$$

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 10.6.2.1, jika  $V_u > 0,5 \phi V_c$  maka luas tulangan geser dalam spasi minimum,  $A_v$  min perlu diperhitungkan.

$$\begin{aligned}
 V_u > 0,5 \phi V_c &= 941,1354 \text{ kN} > 0,5 \times 0,75 (615,4832) \\
 &= 941,1354 \text{ kN} > 230,8062 \text{ kN} \\
 &= A_v \text{ min dihitung}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_v/s \times s \\
 &= 2,0203 \times 125 \\
 &= 252,5375 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan  $A_v$  min menggunakan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 10.6.2.2

$$\begin{aligned}
 A_v \text{ min1} &= 0,062\sqrt{f'c} \times \frac{b_w s}{f_{yt}} \\
 &= 0,062\sqrt{30} \times \frac{800 \times 125}{420}
 \end{aligned}$$

$$= 80,8543 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ min2} = 0,35 \times \frac{bw s}{f_{yt}}$$

$$= 0,35 \times \frac{800 \times 125}{420}$$

$$= 83,3333 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ req} = 252,5375 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ use} = n \times 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$= 3 \times 0,25 \times \pi \times 19^2$$

$$= 398,1969 \text{ mm}^2 > A_v \text{ req (OK)}$$

### 3) Perhitungan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastis (Lo)

$$N_u = -216,3 \text{ kN (Tarik)}$$

$$V_c = 615,4832 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ use} = 941,1354 \text{ kN}$$

$$V_u > \phi V_c = 941,1354 \text{ kN} > 0,75 (615,4832)$$

$$= 941,1354 \text{ kN} > 461,6124 \text{ kN}$$

$$= V_s \text{ dihitung}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{941,1354}{0,75} - 615,4832$$

$$= 639,364 \text{ kN}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yt} d} = \frac{639,364 \times 1000}{420 \times 753,5} = 2,0203 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$0,33\sqrt{f'c} bw d = 0,33 \times \sqrt{30} \times 800 \times 753,5$$

$$= 1089551,62 \text{ N} = 1089,552 \text{ kN}$$

$$V_s = 639,364 \text{ kN} \leq 0,33\sqrt{f'c} bw d$$

$$S \text{ max} = d/2 = (753,5)/2 = 376,75 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

$$= 376,75 \text{ mm}$$

$$V_u > 0,5 \phi V_c = 941,1354 \text{ kN} > 0,5 \times 0,75 (615,4832)$$

$$= 941,1354 \text{ kN} > 230,8062 \text{ kN}$$

$$= A_v \text{ min dihitung}$$

$$\begin{aligned}
 A_v \text{ min1} &= 0,062 \sqrt{f'c} \times \frac{bw s}{f_{yt}} \\
 &= 0,062 \sqrt{30} \times \frac{800 \times 125}{420} \\
 &= 80,8543 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_v \text{ min2} &= 0,35 \times \frac{bw s}{f_{yt}} \\
 &= 0,35 \times \frac{800 \times 125}{420} \\
 &= 83,3333 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_v \text{ use} &= n \times 0,25 \times \pi \times D^2 \\
 &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 19^2 \\
 &= 398,1969 \text{ mm}^2 > A_v \text{ min} = 83,3333 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(OK)

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{A_v \text{ use}}{A_v/s} = \frac{389,1969}{2,0203} \\
 &= 197,0979 \text{ mm} < s \text{ max} = 375,65 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.3, spasi tulangan transversal tidak melebihi nilai terkecil dari

$$\text{a. } 0,25 b = 0,25 (800) = 200 \text{ mm}$$

$$\text{b. } 6 \times D \text{ Longitudinal} = 6 (22) = 132 \text{ mm}$$

$$\text{c. } S_o = 100 + \left( \frac{350-hx}{3} \right) = 100 + \left( \frac{350-hx}{3} \right) = 141,733 \text{ mm}$$

$$x = 112,4 \text{ mm}$$

$hx$  tidak boleh melebihi 350 mm atau lebih dari 200 mm apabila  $P_u > 0,3f'cA_g$  atau  $f'c > 70 \text{ Mpa}$  (SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.2)

$$P_u > 0,3f'cA_g \text{ sehingga } hx = x = 112,4 \text{ mm}$$

Oleh karena itu,  $S \text{ use} = 125 \text{ mm}$

Tulangan: 3D13 – 125

4) Perhitungan Panjang Sendi Plastis ( $L_o$ )

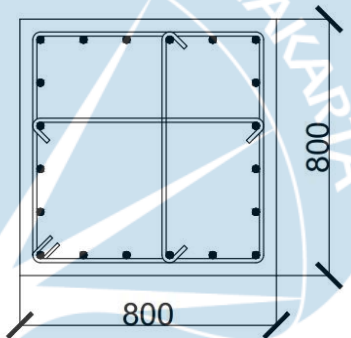
Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.1, nilai  $L_o$  dipilih terbesar antara:

$$L_{o1} = 800 \text{ mm (sisi terbesar kolom)}$$

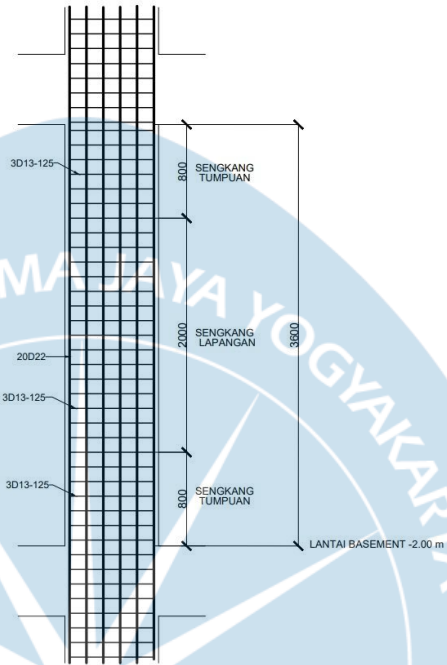
$$L_{o2} = 1/6 l_n = 1/6 \times 3400 = 566,667 \text{ mm}$$

$$L_{o3} = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } L_o \text{ use} = 800 \text{ mm}$$

KOLOM	TULANGAN
K 1	
UKURAN KOLOM	800 X 800 mm
TULANGAN LONGITUDINAL	20D22
SENGKANG TUMPUAN ATAS	3D13-125
SENGKANG LAPANGAN	3D13-125
SENGKANG TUMPUAN BAWAH	3D13-125

Gambar 2. 20 Potongan Kolom K1 Lantai Basement



Gambar 2. 21 Penampang Melintang Kolom K1 Lantai Basement

## 2.9.4. Perhitungan Hubungan Balok Kolom

Data Perencanaan Hubungan Balok Kolom

### Balok

$$b = 450 \text{ mm}$$

Tumpuan (-)

$$\text{Tulangan} = 14D22$$

$$\begin{aligned} A_{s-} &= n \times 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 14 (0,25) \pi (22)^2 \\ &= 5321,858 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tumpuan (+)

$$\text{Tulangan} = 13D22$$

$$\begin{aligned} A_{s+} &= n \times 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 13 (0,25) \pi (22)^2 \\ &= 4941,7252 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Mpr digunakan penjumlahan Mpr balok kanan dan kiri kolom

$$M_{pr \text{ ka (-)}} = 1165,809 \text{ kNm}$$

$$M_{pr \text{ ki (+)}} = 1165,809 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_{prb} = 2331,618 \text{ kNm}$$

Perhitungan luas penampang efektif dalam suatu joint,  $A_j$  menggunakan SNI 2847:2019 Pasal 18.8.4.3. Tinggi joint harus sebesar

lebar kolom, h. Lebar joint efektif tidak boleh melebihi nilai terkecil dari dari perhitungan berikut ini.

$$b \text{ balok} = 450 \text{ mm}$$

$$h \text{ joint} = 800 \text{ mm} > 0,5 h \text{ balok}$$

(SNI 2847:2019 Pasal 18.8.2.4)

$$b + h = 450 + 800 = 1250 \text{ mm}$$

$$x = \frac{b+h}{2} = \frac{450+800}{2} = 175 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 450 + 2 (175) = 800 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar Joint Efektif} = 800 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi Joint} = 800 \times 450$$

$$A_j = b \text{ efektif} \times h \text{ joint}$$

$$= 450 \times 800$$

$$= 640000 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.8.3.2, jika keempat sisi joint terdapat balok dan setiap balok tersebut setidaknya  $\frac{3}{4}$  lebar kolom, maka jumlah tulangan dapat direduksi 0,5 dan spasi yang diisyaratkan diizinkan mencapai 150 mm dalam h balok terkecil pada joint tersebut.

$$b \text{ balok} = 450 \text{ mm}$$

$$\frac{3}{4} \times b \text{ kolom} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat} = 450 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

Perhitungan jumlah tulangan menggunakan SNI 2847:2019 Tabel 18.7.5.4

$$\text{Ash/s} = 5,832 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$0,5 \text{ Ash/s} = 2,916 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (Tidak Diperlukan)}$$

Perhitungan spasi tulangan menggunakan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.3

$$s_{\text{use}} = 125 \text{ mm}$$

$$n = 6 \text{ kaki}$$

$$A_{\text{sh req}} = A_{\text{sh}}/s \times s_{\text{use}}$$

$$= 5,832 \times 125$$

$$= 729 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{sh use}} = n \times 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$= 6 (0,25) \pi (13)^2$$

$$= 796,3937 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat} = A_{\text{sh use}} > A_{\text{sh req}} \text{ (OK)}$$

Tulangan: 6D13 – 125

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Pasal 18.7.6.1,  $V_e$  pada joint diperhitungkan dari peninjauan terhadap gaya maksimum di muka joint pada setiap ujung kolom. Gaya-gaya joint ditentukan dari  $M_{pr}$  setiap ujung kolom yang terkait dengan  $P_u$  kolom.  $V_e$  tidak melebihi  $V_e$  dari kekuatan joint  $M_{pr}$  balok dan tidak kurang dari  $V_u$  as.

$$DF_{\text{atas}} = 0,47$$

$$DF_{\text{bawah}} = 0,5$$

$$V_{e1} = \frac{M_{prk} + M_{prk}}{l_n}$$

$$= \frac{2401 + 2401}{3,4}$$

$$= 1237,6471 \text{ kN}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Ve2} &= \frac{DF \text{ atas} \times \Sigma M_{prb} + DF \text{ bawah} \times \Sigma M_{prb}}{ln} \\
 &= \frac{0,47 \times 2331,618 + 0,5 \times 2331,618}{3,4} \\
 &= 665,1969 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{Ve use} = 665,1969 \text{ kN}$$

Gaya Tarik Tulangan Atas Kiri

$$\begin{aligned}
 \text{As- ki} &= 5321,858 \text{ mm}^2 \\
 \text{T1} &= 1,25 \text{ As fy} \\
 &= 1,25 (5321,858) (420) \\
 &= 2793975,45 \text{ N} \\
 &= 2793,976 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Gaya Tekan Kiri

$$\text{C1} = \text{T1}$$

Gaya Tarik Tulangan Bawah Kanan

$$\begin{aligned}
 \text{As+ ka} &= 4941,7252 \text{ mm}^2 \\
 \text{T2} &= 1,25 \text{ As fy} \\
 &= 1,25 (4941,7252) (420) \\
 &= 2594405,73 \text{ N} \\
 &= 2594,406 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Gaya Tekan Kanan

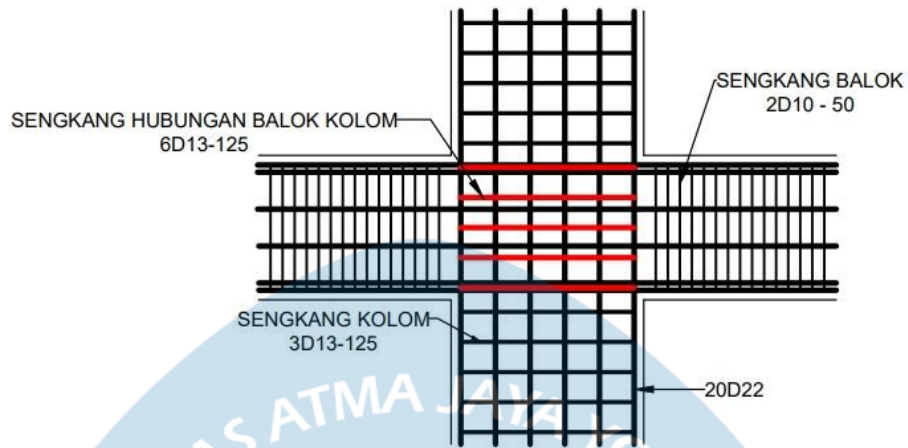
$$\text{C2} = \text{T2}$$

Asumsi Bangunan Bergerak ke Kiri

$$\begin{aligned} V_j &= T_1 + C_2 - V_e \\ &= 2793,976 + 2594,4057 - 665,1969 \\ &= 4723,1843 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 Tabel 18.8.4.1, kekuatan geser nominal joint,  $V_n$  pada kolom yang terkekang oleh balok keempat sisinya diperhitungkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,85 \times 1,7 \times \lambda \sqrt{f'_c} A_j \\ &= 0,85 \times 1,7 \times 1 \times \sqrt{30} \times 640000 \\ &= 5065338,212 \text{ N} \\ &= 5065,3382 \text{ kN} \\ \phi V_n &= 1806,25 \text{ kN} > V_j = 4723,1843 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$



Gambar 2.22. Potongan Hubungan Balok Kolom Lantai Basement

Tabel 2.21. Rekapitulasi Perhitungan Perencanaan Kolom

Dimensi				Tulangan			
Tipe	b	h	Longitudinal	Transversal		HBK	
				Daerah Lo	Luar Lo		
<b>Bangunan Utama</b>							
K1	Basement	800	800	20D22	3D13 - 125	3D13 - 125	6D13 - 125
	Lantai 1	800	800	20D22	3D13 - 125	3D13 - 125	6D13 - 125
	Lantai 2	800	800	20D22	3D13 - 125	3D13 - 125	6D13 - 125
K2	Lantai 3	700	700	16D22	3D13 - 125	3D13 - 125	6D13 - 125
	Lantai 4	700	700	16D22	3D13 - 125	3D13 - 125	6D13 - 125
	Lantai 5	700	700	16D22	3D13 - 125	3D13 - 125	6D13 - 125
K3	Lantai 6	600	600	12D22	3D13 - 75	3D13 - 125	6D13 - 75
	Rooftop	600	600	12D22	3D13 - 75	3D13 - 100	6D13 - 75
<b>Lift</b>							
KL	Lift	400	400	12D22	3D13 - 75	3D13 - 125	6D13 - 75