

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Perencanaan dan perhitungan struktur gedung dilakukan sesuai dengan tahapan yang ditetapkan dalam SNI 2847:2019. Untuk analisis terhadap beban gempa, digunakan standar SNI 1726:2019, sementara pembebanan pada struktur mengacu pada ketentuan dalam SNI 1727:2020. Seluruh proses analisis dan visualisasi struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS V22.

Dalam tahap preliminary design, perencanaan gedung didasarkan pada penggunaan dimensi struktur. Sebagai dimensi awal menggunakan data dari konsultan:

Ukuran balok	= B1 = 300 x 400 mm
	B2 = 200 x 200 mm
	B3 = 130 x 200 mm
Ukuran kolom	= K1 = 300 x 300 mm
	K2 = 200 X 200 mm
	K3 = 130 x 130 mm
Ukuran pelat lantai	= 120 mm
Modulus Elastisitas beton	= 27805.57 SNI 2847:2019 pasal 19.2.2

4.1.1 Cek Batasan *Preliminary Design*

a. Dimensi balok

Batasan penentuan dimensi balok dihitung berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.2. yang ada. Maka dilakukan pengecekan dan perhitungan sebagai berikut :

a) Balok 1 (Lantai 1-2)

1. Bentang bersih minimal $l_n > 4 \times$ tinggi efektif balok

$$l_n = 4 H_b$$

$$4000 - 300 = 4 \times 330,5$$

$$3700 \text{ mm} > 1322 \text{ mm (OK)}$$

2. bw tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari 0,3h atau 250 mm

$$\begin{aligned}
 b_w &= 0,3h \text{ atau } 250 \text{ mm} \\
 300 \text{ mm} &= 0,3 \times 300 \text{ atau } 250 \text{ mm} \\
 300 \text{ mm} &> 120 \text{ mm atau } 250 \text{ mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

3. Proyeksi balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,71c_1$ pada masing-masing sisi kolom.

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar maks balok} &< \text{Lebar maks kolom} \\
 300 \text{ mm} &\leq 300 \text{ mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

b) Balok 2 (Lantai 3)

1. Bentang bersih minimal $l_n > 4 \times$ tinggi efektif balok

$$\begin{aligned}
 l_n &= 4 H_b \\
 4000 - 200 &= 4 \times 130,5 \\
 3800 \text{ mm} &> 522 \text{ mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

2. b_w tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ atau 250 mm

$$\begin{aligned}
 b_w &= 0,3h \text{ atau } 250 \text{ mm} \\
 200 \text{ mm} &= 0,3 \times 200 \text{ atau } 250 \text{ mm} \\
 200 \text{ mm} &> 60 \text{ mm atau } 250 \text{ mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

3. Proyeksi balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,71c_1$ pada masing-masing sisi kolom.

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar maks balok} &< \text{Lebar maks kolom} \\
 200 \text{ mm} &\leq 200 \text{ mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

c) Balok 3 (Tingkat 4 dan 5)

1. Bentang bersih minimal $l_n > 4 \times$ tinggi efektif balok

$$\begin{aligned}
 l_n &= 4 H_b \\
 4000 - 200 &= 4 \times 130,5 \\
 3800 \text{ mm} &> 522 \text{ mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

2. b_w tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ atau 250 mm

$$\begin{aligned}
 b_w &= 0,3h \text{ atau } 250 \text{ mm} \\
 200 \text{ mm} &= 0,3 \times 200 \text{ atau } 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$200 \text{ mm} > 60 \text{ mm atau } 250 \text{ mm (OK)}$$

3. Proyeksi balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,71c_1$ pada masing-masing sisi kolom.

$$\text{Lebar maks balok} < \text{Lebar maks kolom}$$

$$130 \text{ mm} \leq 130 \text{ mm (OK)}$$

b. Dimensi kolom

Penentuan dimensi kolom sesuai SNI 2847:2019 pasal 18.7.2. Maka dilakukan pengecekan sebagai berikut :

a) Kolom 1

1. Ukuran penampang terkecil kolom $\geq 300 \text{ mm}$

$$300 \times 300 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm (OK)}$$

2. Rasio ukuran kolom tidak boleh $> 0,4$

$$300/300 > 0,4$$

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

b) Kolom 2

1. Ukuran penampang terkecil kolom $\geq 300 \text{ mm}$

$$200 \times 200 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm (NO)}$$

2. Rasio ukuran kolom tidak boleh $> 0,4$

$$200/200 > 0,4$$

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

c) Kolom 3

1. Ukuran penampang terkecil kolom $\geq 100 \text{ mm}$

$$130 \times 130 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm (OK)}$$

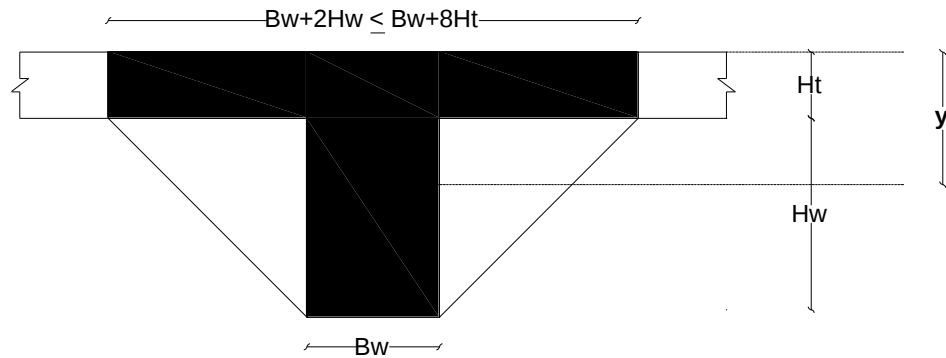
2. Rasio ukuran kolom tidak boleh $> 0,4$

$$130/130 > 0,4$$

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

c. Dimensi pelat

Penentuan dimensi tebal minimum pelat sesuai SNI 2847:2019 pasal 18.3. Maka dilakukan pengecekan menggunakan balok 250x350 mm sesuai perhitungan berikut :



Gambar 1.1 Penampang balok-plat

Diketahui :

$$H_b = 400 \text{ mm}$$

$$B_w = 300 \text{ mm}$$

$$H_t = 120 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} H_w &= H_b - h_t \\ &= 400 - 120 \\ &= 280 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Be_1 &= 2H_w + B_w \\ &= (2 \times 280) + 300 \\ &= 860 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Be_2 &= B_w + 8H_t \\ &= 300 + (8 \times 120) \\ &= 1260 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai terkecil dari Be_1 dan Be_2 maka digunakan nilai $Be_1 = 510 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{\text{sayap}} &= Be \times H_t \\ &= 860 \times 120 \\ &= 103200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{badan}} &= B_w \times H_w \\ &= 300 \times 120 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 84000 \text{ mm}^2 \\
A_{\text{total}} &= A_{\text{sayap}} + A_{\text{badan}} \\
&= 103200 + 84000 \\
&= 187200 \text{ mm}^2 \\
Y &= \frac{(A_{\text{sayap}} \times \frac{1}{2} H_t) + (A_{\text{badan}} \times \frac{1}{2} B_w + H_t)}{A_{\text{total}}} \\
Y &= \frac{(103200 \times \frac{1}{2} 100) + (84000 \times (\frac{1}{2} 300 + 100))}{187200} \\
&= 150 \text{ mm} \\
Y_2 &= H_b - Y \\
&= 400 - 150 \text{ mm} \\
&= 250 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan titik berat penampang maka dilakukan perhitungan nilai Momen Inersia balok T sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
I_b &= \left(\left(\frac{1}{2} \times B_e \times H_t^3 \right) + (A_{\text{sayap}} \times (\frac{1}{2} H_t - Y)^2) \right) + \left(\left(\frac{1}{2} \times B_w \times H_w^3 \right) + (A_{\text{badan}} \times (\frac{1}{2} H_w - Y_2)^2) \right) \\
&= \left(\left(\frac{1}{2} \times 860 \times 120^3 \right) + (103200 \times ((\frac{1}{2} \times 120) - 150)^2) \right) + \left(\left(\frac{1}{2} \times 300 \times 280^3 \right) + (84000 \times ((\frac{1}{2} \times 280) - 250)^2) \right) \\
&= 2524947692 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

Momen Inersia pelat arah pendek :

$$\begin{aligned}
I_s &= \frac{1}{2} \times (L_y - \frac{1}{2} bw - \frac{1}{2} bw) \times H_t^3 \\
&= \frac{1}{2} \times (4000 - \frac{1}{2} 300 - \frac{1}{2} 300) \times 120^3 \\
&= 532800000 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha_{fs} &= \frac{E_b \times I_b}{E_s \times I_s} \\
&= \frac{27805.57 \times 2524947692}{27805.57 \times 532800000} \\
&= 4,74
\end{aligned}$$

Momen Inersia pelat arah panjang:

$$\begin{aligned}
I_1 &= \frac{1}{2} \times (L_x - \frac{1}{2} bw - \frac{1}{2} bw) \times H_t^3 \\
&= \frac{1}{2} \times (4000 - \frac{1}{2} 300 - \frac{1}{2} 300) \times 120^3 \\
&= 532800000 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha_{f1} &= \frac{E_b \times I_b}{E_1 \times I_1} \\
&= \frac{27805.57 \times 2524947692}{27805.57 \times 532800000}
\end{aligned}$$

$$= 4,74$$

Maka,

$$L_y, L_n = 3750$$

$$L_x = 3750$$

$$F_y = 15 \text{ Mpa}$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_{fs} + \alpha_{f1}}{2}$$

$$= \frac{4,74 + 4,74}{2}$$

$$= 4,74$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x}$$

$$= \frac{3750}{3750}$$

$$= 1$$

Dikarenakan $\alpha_{fm} = 4,74 > 2$, maka dalam perhitungan tebal pelat minimum menggunakan rumus ke 2 dalam aturan SNI 2847:2019 pasal 18.3. sebagai berikut:

$$h = \frac{L_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{3750(0,8 + \frac{240}{1400})}{36 + (9 \times 1)}$$

$$= 79.87 \text{ mm dan kurang dari } 90 \text{ mm}$$

Maka, asumsi awal tebal pelat 120 mm telah **memenuhi syarat** dan dapat digunakan.

4.1.2 Spesifikasi Material

Dalam Analisis struktur dilakukan untuk memastikan kapasitas dan ketahanan struktur terhadap beban yang bekerja, harus mempertimbangkan mutu material yang digunakan. Dari data yang didapatkan dari konsultan untuk spesifikasi material Mutu Beton 19 MPa dan 15 MPa, sedangkan mutu baja tulangan (f_y) adalah 240 MPa.

Dimensi elemen balok yang dirancang meliputi:

- 1) **Balok B1** dengan dimensi $300 \times 400 \text{ mm}$ menggunakan beton mutu 19 MPa dan tulangan dengan f_y 240 MPa.

- 2) **Balok B2** dengan dimensi 200×200 mm menggunakan beton mutu 19 MPa dan tulangan dengan f_y 240 MPa.
- 3) **Balok B3** dengan dimensi 130×200 mm menggunakan beton mutu 15 MPa dan tulangan dengan f_y 240 MPa.

Sementara itu, elemen kolom memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- 1) **Kolom K1** berukuran 300×300 mm menggunakan beton mutu 19 MPa dan tulangan dengan f_y 240 MPa.
- 2) **Kolom K2** berukuran 200×200 mm menggunakan beton mutu 15 MPa dan tulangan dengan f_y 240 MPa.
- 3) **Kolom K3** berukuran 130×130 mm menggunakan beton mutu yang belum ditentukan secara eksplisit dan tulangan dengan f_y 240 MPa.

Untuk elemen pelat lantai, direncanakan dengan ketebalan 120 mm menggunakan beton mutu 15 MPa dan tulangan dengan f_y 240 MPa. Perancangan setiap elemen mempertimbangkan aspek keamanan struktural, efisiensi material, serta ketahanan terhadap beban vertikal dan lateral sesuai dengan ketentuan peraturan yang berlaku.

4.1.3 Beban Mati, Beban Hidup dan Beban Gempa.

Beban yang diperhitungkan didalam struktur ini menggunakan peraturan SNI 1727:2020 dan ASCE 7-16 sebagai berikut :

a. Beban Mati

- Beban beton bertulang (Beban sendiri) = 23.6 KN
- Beban Kayu dan Papan = 1.44 KN
- Beban Atap = 0.39 KN
- Beban Dinding = 7,25 KN/m

b. Beban Hidup

- Lantai 2-3
 - Ruang Pemanenan Walet = 1.92 KN /m²
- Atap Bukan Hunian = 0.96 KN/m²
- Beban Hujan = 0,20 KN/m²

c. Beban Gempa

Mengenai respon spektrum dari analisa dinamik dan analisa statik ekuivalen sepenuhnya mengikuti Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, SNI 1726:2019 dengan Lokasi Kabupaten Nias, faktor keutamaan $I = 1$ dan faktor reduksi gempa $R=8$ dalam arah x dan arah y.

Tabel 1.1 Data Gempa Lokasi Kabupaten Nias

Variabel	Nilai
SS (g)	1.5
S1 (g)	0.626
FA	0.9
FV	2.4
SMS (g)	1.2
SM1 (g)	1.25
SDS (g)	0.9
SD1 (g)	1.0016
T0 (detik)	0.21
TS (detik)	1.05
Rx=Ry	8
KDS	D
KDS 1 detik	D

(Sumber : Pengolahan Data)

4.1.4 Pembebanan Kombinasi

Dari hasil analisis didapatkan pembebanan kombinasi yang dilakukan kajian melalui Etabs22.

Tabel 1.2 Base Reaction dari Load Kombinasi

E: Base Reactions									
Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Dead	LinStatic			0	0	1680,8351	17316,5826	-3361,6701	0
Live	LinStatic			0	0	261,7538	3105,2358	-522,9631	0
SD	LinStatic			0	0	190,5554	2271,3268	-380,7023	0
Eqx	LinStatic	Step By Step	1	-100,2355	0	0	0	-647,4979	1060,5476
Eqx	LinStatic	Step By Step	2	0	-100,2355	0	647,4979	0	-200,471
Eqx	LinStatic	Step By Step	3	-100,2355	0	0	0	-647,4979	1060,5476
Eqx	LinStatic	Step By Step	4	0	-100,2355	0	647,4979	0	-200,471
Eqx	LinStatic	Step By Step	5	-100,2355	0	0	0	-647,4979	1060,5476
Eqx	LinStatic	Step By Step	6	0	-100,2355	0	647,4979	0	-200,471
Eqy	LinStatic	Step By Step	1	-100,2355	0	0	0	-647,4979	1060,5476
Eqy	LinStatic	Step By Step	2	0	-100,2355	0	647,4979	0	-200,471
Eqy	LinStatic	Step By Step	3	-100,2355	0	0	0	-647,4979	1060,5476
Eqy	LinStatic	Step By Step	4	0	-100,2355	0	647,4979	0	-200,471
Eqy	LinStatic	Step By Step	5	-100,2355	0	0	0	-647,4979	1060,5476
Eqy	LinStatic	Step By Step	6	0	-100,2355	0	647,4979	0	-200,471
COMB 1	Combination			0	0	2353,1691	24243,2156	-4706,3382	0
COMB 2	Combination			0	0	2435,8082	25748,2764	-4870,745	0
COMB 3	Combination	Max		0	0	2147,879	23174,2642	-4295,4857	1378,7119
COMB 3	Combination	Min		-130,3062	-130,3062	2147,879	22332,517	-5137,2329	-260,6124
COMB 4	Combination	Max		0	0	2147,879	22785,7655	-4295,4857	742,3833
COMB 4	Combination	Min		-70,1649	-70,1649	2147,879	22332,517	-4748,7342	-140,3297
COMB 5	Combination	Max		70,1649	70,1649	2147,879	22332,517	-3842,2372	140,3297
COMB 5	Combination	Min		0	0	2147,879	21879,2685	-4295,4857	-742,3833
COMB 6	Combination	Max		130,3062	130,3062	2147,879	22332,517	-3453,7384	260,6124
COMB 6	Combination	Min		0	0	2147,879	21490,7698	-4295,4857	-1378,7119
COMB 7	Combination	Max		0	0	2147,879	23174,2642	-4295,4857	1378,7119
COMB 7	Combination	Min		-130,3062	-130,3062	2147,879	22332,517	-5137,2329	-260,6124
COMB 8	Combination	Max		0	0	2147,879	22785,7655	-4295,4857	742,3833
COMB 8	Combination	Min		-70,1649	-70,1649	2147,879	22332,517	-4748,7342	-140,3297
COMB 9	Combination	Max		70,1649	70,1649	2147,879	22332,517	-3842,2372	140,3297
COMB 9	Combination	Min		0	0	2147,879	21879,2685	-4295,4857	-742,3833
COMB 10	Combination	Max		130,3062	130,3062	2147,879	22332,517	-3453,7384	260,6124
COMB 10	Combination	Min		0	0	2147,879	21490,7698	-4295,4857	-1378,7119
COMB 11	Combination	Max		0	0	1512,7516	16426,6716	-3025,5031	1378,7119
COMB 11	Combination	Min		-130,3062	-130,3062	1512,7516	15584,9243	-3867,2503	-260,6124
COMB 12	Combination	Max		0	0	1512,7516	16038,1728	-3025,5031	742,3833
COMB 12	Combination	Min		-70,1649	-70,1649	1512,7516	15584,9243	-3478,7516	-140,3297
COMB 13	Combination	Max		70,1649	70,1649	1512,7516	15584,9243	-2572,2546	140,3297
COMB 13	Combination	Min		0	0	1512,7516	15131,6758	-3025,5031	-742,3833
COMB 14	Combination	Max		130,3062	130,3062	1512,7516	15584,9243	-2183,7559	260,6124
COMB 14	Combination	Min		0	0	1512,7516	14743,1771	-3025,5031	-1378,7119
COMB 15	Combination	Max		0	0	1512,7516	16426,6716	-3025,5031	1378,7119
COMB 15	Combination	Min		-130,3062	-130,3062	1512,7516	15584,9243	-3867,2503	-260,6124
COMB 16	Combination	Max		0	0	1512,7516	16038,1728	-3025,5031	742,3833
COMB 16	Combination	Min		-70,1649	-70,1649	1512,7516	15584,9243	-3478,7516	-140,3297
COMB 17	Combination	Max		70,1649	70,1649	1512,7516	15584,9243	-2572,2546	140,3297
COMB 17	Combination	Min		0	0	1512,7516	15131,6758	-3025,5031	-742,3833
COMB 18	Combination	Max		130,3062	130,3062	1512,7516	15584,9243	-2183,7559	260,6124
COMB 18	Combination	Min		0	0	1512,7516	14743,1771	-3025,5031	-1378,7119
COMB 19	Combination			0	0	2278,7559	23885,1349	-4556,9672	0
COMB 20	Combination	Max		130,3062	130,3062	2435,8082	25748,2764	-2183,7559	1378,7119
COMB 20	Combination	Min		-130,3062	-130,3062	1512,7516	14743,1771	-5137,2329	-1378,7119
DCmpD1	Combination			0	0	1871,3904	19587,9094	-3742,3724	0
DCmpD2	Combination			0	0	2133,1443	22693,1452	-4265,3355	0
DCmpC1	Combination			0	0	2353,1691	24243,2156	-4706,3382	0
DCmpC2	Combination			0	0	2017,0021	20779,8991	-4034,0041	0
DCmpS1	Combination			0	0	2619,9466	27423,0732	-5239,3214	0
DCmpS2	Combination			0	0	2664,4747	28473,8686	-5327,5878	0
DSlBs1	Combination			0	0	2619,9466	27423,0732	-5239,3214	0
DSlBs2	Combination			0	0	2664,4747	28473,8686	-5327,5878	0
DSlBs3	Combination	Max		0	0	2694,5614	29217,0159	-5388,0472	1060,5476
DSlBs3	Combination	Min		-100,2355	-100,2355	2694,5614	28569,518	-6035,5451	-200,471
DSlBs4	Combination	Max		100,2355	100,2355	2694,5614	28569,518	-4740,5493	200,471
DSlBs4	Combination	Min		0	0	2694,5614	27922,0202	-5388,0472	-1060,5476
DSlBs5	Combination	Max		0	0	2694,5614	29217,0159	-5388,0472	1060,5476
DSlBs5	Combination	Min		-100,2355	-100,2355	2694,5614	28569,518	-6035,5451	-200,471
DSlBs6	Combination	Max		100,2355	100,2355	2694,5614	28569,518	-4740,5493	200,471
DSlBs6	Combination	Min		0	0	2694,5614	27922,0202	-5388,0472	-1060,5476
DSlBs7	Combination	Max		0	0	1497,1123	16317,8254	-2993,8979	1060,5476
DSlBs7	Combination	Min		-100,2355	-100,2355	1497,1123	15670,3275	-3641,3958	-200,471
DSlBs8	Combination	Max		100,2355	100,2355	1497,1123	15670,3275	-2346,4001	200,471
DSlBs8	Combination	Min		0	0	1497,1123	15022,8297	-2993,8979	-1060,5476
DSlBs9	Combination	Max		0	0	1497,1123	16317,8254	-2993,8979	1060,5476
DSlBs9	Combination	Min		-100,2355	-100,2355	1497,1123	15670,3275	-3641,3958	-200,471
DSlBs10	Combination	Max		100,2355	100,2355	1497,1123	15670,3275	-2346,4001	200,471
DSlBs10	Combination	Min		0	0	1497,1123	15022,8297	-2993,8979	-1060,5476
DConS1	Combination			0	0	2619,9466	27423,0732	-5239,3214	0
DConS2	Combination			0	0	2664,4747	28473,8686	-5327,5878	0
DConS3	Combination	Max		0	0	2694,5614	29217,0159	-5388,0472	1060,5476
DConS3	Combination	Min		-100,2355	-100,2355	2694,5614	28569,518	-6035,5451	-200,471
DConS4	Combination	Max		100,2355	100,2355	2694,5614	28569,518	-4740,5493	200,471
DConS4	Combination	Min		0	0	2694,5614	27922,0202	-5388,0472	-1060,5476
DConS5	Combination	Max		0	0	2694,5614	29217,0159	-5388,0472	1060,5476
DConS5	Combination	Min		-100,2355	-100,2355	2694,5614	28569,518	-6035,5451	-200,471
DConS6	Combination	Max		100,2355	100,2355	2694,5614	28569,518	-4740,5493	200,471
DConS6	Combination	Min		0	0	2694,5614	27922,0202	-5388,0472	-1060,5476
DConS7	Combination	Max		0	0	1497,1123	16317,8254	-2993,8979	1060,5476
DConS7	Combination	Min		-100,2355	-100,2355	1497,1123	15670,3275	-3641,3958	-200,471
DConS8	Combination	Max		100,2355	100,2355	1497,1123	15670,3275	-2346,4001	200,471
DConS8	Combination	Min		0	0	1497,1123	15022,8297	-2993,8979	-1060,5476
DConS9	Combination	Max		0	0	1497,1123	16317,8254	-2993,8979	1060,5476
DConS9	Combination	Min		-100,2355	-100,2355	1497,1123	15670,3275	-3641,3958	-200,471
DConS10	Combination	Max		100,2355	100,2355	1497,1123	15670,3275	-2346,4001	200,471
DConS10	Combination	Min		0	0	1497,1123	15022,8297	-2993,8979	-1060,5476

(Sumber : Pengolahan Data)

4.2 Kontrol Simpangan antar Lantai (*Drift*)

Dari hasil *running* terdapat simpangan antar lantai, sesuai SNI 1726-2019 dalam perencanaan pembebanan gempa perlu dilakukan kontrol kinerja batas struktur dari gedung dari gedung analisis. Dalam control simpangan dilakukan 2 arah yaitu arah x dan y sesuai rumus dibawah ini :

$$\delta_s = \frac{C_d \times \delta_{se}}{I}$$

$$\Delta_1 = \delta_{s2} - \delta_{s1}$$

$$\text{Syarat : } \Delta_1 \leq \Delta_a = 0.010h_x$$

Dimana :

δ_{se} = perpindahan pada lantai ke-x

C_d = faktor pembesaran perpindahan (5.5)

I = faktor keutamaan gedung (1)

4.2.1 Nilai Simpangan antar Lantai arah x

Berikut ini adalah simpangan yang terdapat pada arah x:

Tabel 1.3 Simpangan Lantai arah x

Lantai	H (m)	δ_e (x)
5	2	0,040957
4	3	0,021338
3	3	0,016954
2	3.5	0,007517
Base 1	0	0

Sumber: Pengolahan data

Dalam perhitungan dibawah ini penulis melakukan perhitungan pada lantai 5 dan 4 karena saling berhubungan dalam menentukan nilai Δ (*drift*), dan yang lainnya disajikan dalam bentuk tabel.

Diketahui :

$$\delta_5 = 0,040957 \text{ mm}$$

$$\delta_4 = 0,021338 \text{ mm}$$

$$C_d = 5.5$$

$$I = 1$$

Maka,

$$- \delta_5 = \frac{C_d \times \delta_{se}}{I}$$

$$\delta_5 = \frac{5.5 \times 0,040957}{1}$$

$$\delta_5 = 0,225 \text{ mm}$$

$$- \delta_4 = \frac{C_d \times \delta_{se}}{I}$$

$$\delta_4 = \frac{5.5 \times 0,021338}{1}$$

$$\delta_4 = 0,117 \text{ mm}$$

$$- \Delta_5 = \delta_5 - \delta_4$$

$$\Delta_5 = 0,225 - 0,117$$

$$\Delta_5 = 0,108 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat : } \Delta_1 \leq \Delta_a = 0.010hx$$

$$\Delta_5 \leq \Delta_a = 0.010hx$$

$$0,108 \leq \Delta_a = 0.010 \times 2000$$

$$0,108 \leq \Delta_a = 20 \text{ mm}$$

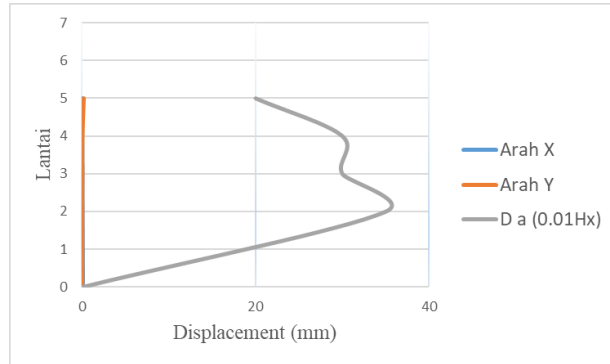
$$\mathbf{0,108 \leq 20 \quad \quad \quad \mathbf{OK}}$$

Tabel 1.4 Nilai Kontrol simpangan antar lantai arah x

Lantai	H (m)	δ_e (x)	$\delta(x)$	$\Delta 1$ (x)	Δa (0.02Hx)	Keterangan
5	2	0,040957	0,225	0,108	20	Yes
4	3	0,021338	0,117	0,024	30	Yes
3	3	0,016954	0,093	0,052	30	Yes
2	3.5	0,007517	0,041	0,041	35	Yes
Base	0	0	0	0	0	Yes

Sumber: Pengolahan data

Dalam perhitungan sesuai peraturan SNI 1726:2019 yang terdapat pada tabel arah x diatas disimpulkan bahwa semua lantai memenuhi batas kinerja struktur yang telah ditentukan. Nilai tertinggi $\Delta = 0,108 \text{ mm}$ berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1 tidak melebihi batas ambang kontrol dengan nilai $\Delta_a = 20 \text{ mm}$.

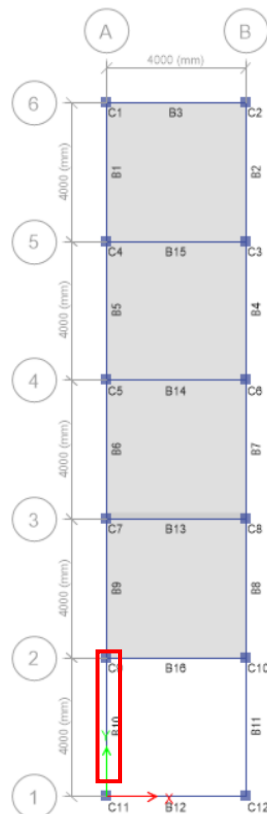


Gambar 1.2 Control Drift Gedung arah X dan Y

4.3 Perencanaan Penulangan Menggunakan Etabs

4.3.1 Perencanaan Penulangan Balok

Perencanaan penulangan balok menggunakan B10 Lantai 2 dimana nilai momen terbesar dari seluruh balok yang ada didalam gedung.



Gambar 1.3 Tampak atas lokasi balok B10 lantai 2

Data Perencanaan :

Mutu beton (f_c)	=	15 MPa
Mutu baja (F_y)	=	240 MPa
Lebar balok (b)	=	300 mm
Tinggi balok (h)	=	400 mm
Panjang bentang (l_n)	=	4000 mm
Selimut beton (decking)	=	30 mm
$\emptyset_{\text{tulangan lentur}}$	=	14 mm
$\emptyset_{\text{tulangan geser}}$	=	10 mm
P_u	=	0 N
V_u	=	313610.39 N
M_u^-	=	371883228 Nmm
M_u^+	=	355102110.3 Nmm

4.3.1.1 Cek Syarat Balok sebagai Batang Lentur

Persyaratan pendetailan khusus pada batang lentur sesuai SNI 2847:2019 harus terpenuhi.

- a. Gaya aksial tekan terfaktor tidak melebihi $0.1 A_g f_c$ (SNI 2847:2019)

P_u	<	$0.1 A_g f_c$	
0	<	$0.1 \times (300 \times 400) \times 19$	
0	<	228000	N OK

- b. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya (SNI 2847:2019).

l_n	>	$4d$	
4000	>	1420 mm	OK

- c. Lebar komponen tidak boleh kurang dari $0.3h$ dan 250 mm (SNI 2847:2019 pasal 21.5.1.3).

$$\frac{b_w}{h} > 0.3 h$$

$$\frac{300}{400} > 0.3 \text{ h}$$

$$0.75 \text{ h} > 0.3 \text{ h}$$

OK

4.3.1.2 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal untuk Menahan Lentur

1. Tulangan Lentur Negatif (-)

a. Menghitung kebutuhan tulangan awal

$$M_u = 371883228 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d_{ckg} - \phi_{sngkg} - \phi \frac{tulutama}{2} \\ &= 400 - 30 - 10 - \frac{14}{2} \\ &= 353 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b d^2} = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (\text{SNI 2847:2019 pasal 9.3.2.1}) \\ &= \frac{371883228}{0.9 \times 300 \times 355^2} \\ &= 3.542554755 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right) d \\ &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.542554755}{0.85 \times 19}} \right) 355 \\ &= 68.66782515 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S\text{Perlu}} &= \frac{0.85 f_c \alpha b}{f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 35 \times 68.66782515 \times 400}{240} \\ &= 2042.867798 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Cek kondisi penampang awal

Untuk syarat dengan pendetailan khusus, maka elemen lentur harus berada dalam penampang terkendali tarik (*tension-controlled*) menurut SNI 2847:2019 pasal 9.3)

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 (f_c - 28)}{7} \quad (\text{SNI 2847:2019 pasal 10.2.7.3})$$

$$= 0.85 - \frac{0.05 \times (19 - 28)}{7}$$

$$= 0.8$$

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

$$= \frac{68.66782515}{0.8}$$

$$= 85.83478144 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{d_t} < 0.375$$

$$\frac{85.83478144}{355} < 0.375$$

$$0.158953299 < 0.375$$

OK

c. Cek syarat tulangan perlu

Batas maksimum dan minimum menurut SNI 2847:2019 pasal 21.5.1 sebagai berikut :

$$A_{s\text{perlu}} = 2042.867798 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{min } 1} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d$$

$$= \frac{0.25 \times \sqrt{19}}{240} 300 \times 355$$

$$= 798.6707707 \text{ mm}^2 < A_{s\text{perlu}}$$

OK

$$A_{s\text{min } 2} = \frac{1.4 b_w d}{f_y}$$

$$= \frac{1.4 \times 300 \times 355}{240}$$

$$= 756 \text{ mm}^2 < A_{s\text{perlu}}$$

OK

$$\rho = 0.025$$

$$A_{s\text{max}} = \rho b_w d$$

$$= 0.025 \times 300 \times 355$$

$$= 5400 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}}$$

OK

Maka syarat tulangan maksimum dan minimum terpenuhi, sehingga $A_{s\text{perlu}}$ dapat digunakan.

d. Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s1\text{tul}}} \\ &= \frac{2042.867798}{0.25 \times 3.14 \times 14^2} \\ &= 4.205152536 = 4 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{b_w - 2 d_{ckg} - \phi_{sngkg} - n \phi_{tulutama}}{n-1} > 25 \text{ mm} \\ &= \frac{300 - (2 \times 30) - 8 - (7 \times 20)}{7-1} > 25 \text{ mm} \\ &= 28 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$d_{\text{aktual}} = 353 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{aktual}} &= n \phi_{tulutama} \\ &= 4 \times 0.25 \times 3.14 \times 19^2 \\ &= 2199.114858 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

e. Cek kapasitas penampang actual

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} \\ &= \frac{2199.114858 \times 240}{0.85 \times 19 \times 300} \\ &= 73.91982714 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi A_s f_y (d - 0.5 a) \\ &= 2199.114858 \times 240 \times (355 - (0.5 \times 73.91982714)) \\ &= 398247454.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &\leq \phi M_n \\ 371883228 \text{ Nmm} &\leq 398247454.1 \text{ Nmm} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

2. Tulangan Lentur Positif (+)

a. Menghitung kebutuhan tulangan awal

$$M_u = 355102110.3 \text{ Nmm}$$

$$d = h - d_{ckg} - \phi_{sngkg} - \phi \frac{\text{tulutama}}{2}$$

$$= 400 - 30 - 10 - \frac{14}{2}$$

$$= 353 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (\text{SNI 2847:2019 pasal 9.3.2.1})$$

$$= \frac{355102110.3 \text{ Nmm}}{0.9 \times 400 \times 355^2}$$

$$= 3.382698048$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right) d$$

$$= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.382698048}{0.85 \times 19}} \right) 355$$

$$= 65.35513503 \text{ mm}$$

$$A_{S\text{Perlu}} = \frac{0.85 f_c a b}{f_y}$$

$$= \frac{0.85 \times 35 \times 65.35513503 \times 400}{240}$$

$$= 1944.315267 \text{ mm}^2$$

b. Cek kondisi penampang awal

Untuk syarat dengan pendetailan khusus, maka elemen lentur harus berada dalam penampang terkendali tarik (*tension-controlled*) menurut SNI 2847:2019 pasal 9.3)

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 (f_c - 28)}{7} \quad (\text{SNI 2847:2019 pasal 10.2.7.3})$$

$$= 0.85 - \frac{0.05 \times (35 - 28)}{7}$$

$$= 0.8$$

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

$$= \frac{65.35513503}{0.8}$$

$$= 81.69391879 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{d_t} < 0.375$$

$$\frac{81.69391879}{540} < 0.375$$

$$0.151285035 < 0.375$$

OK

c. Cek syarat tulangan perlu

Batas maksimum dan minimum menurut SNI 2847:2019 pasal 21.5.1 sebagai berikut :

$$A_{s_{perlu}} = 1944.315267 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min 1}} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d$$

$$= \frac{0.25 \times \sqrt{19}}{240} 300 \times 355$$

$$= 798.6707707 \text{ mm}^2 < A_{s_{perlu}}$$

OK

$$A_{s_{min 2}} = \frac{1.4 b_w d}{f_y}$$

$$= \frac{1.4 \times 300 \times 355}{240}$$

$$= 756 \text{ mm}^2 < A_{s_{perlu}}$$

OK

$$\rho = 0.025$$

$$A_{s_{max}} = \rho b_w d$$

$$= 0.025 \times 300 \times 355$$

$$= 5400 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}}$$

OK

Maka syarat tulangan maksimum dan minimum terpenuhi, sehingga $A_{s_{perlu}}$ dapat digunakan.

d. Kontrol jarak spasi tulangan

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{1tul}}}$$

$$= \frac{1944.315267}{0.25 \times 3.14 \times 19^2}$$

$$= 3.457559794 = 3 \text{ tulangan}$$

$$s = \frac{b_w - 2 d_{ckg} - \phi_{sngkg} - n \phi_{tulutama}}{n-1} > 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{300 - (2 \times 40) - 10 - (7 \times 20)}{7-1} > 25 \text{ mm}$$

$$= 30,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$d_{\text{aktual}} = 353 \text{ mm}$$

$$A_{s\text{aktual}} = n \phi t_{\text{tulutama}}$$

$$= 8 \times 0.25 \times 3.14 \times 19^2$$

$$= 2199.114858 \text{ mm}^2$$

e. Cek kapasitas penampang actual

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$$

$$= \frac{2199.114858 \times 2400}{0.85 \times 19 \times 300}$$

$$= 73.91982714 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - 0.5 a)$$

$$= 2199.114858 \times 240 \times (355 - (0.5 \times 73.91982714))$$

$$= 398247454.1$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$355102110.3 \text{ Nmm} \leq 398247454.1 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Jadi, kebutuhan tulang di tumpuan negatif dan tumpuan positif sama-sama menggunakan 3D20.

4.3.1.3 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal untuk Menahan Geser

Dalam menahan geser telah diatur dalam SNI 2847:2019 pasal 21.5.4.2 sebagai berikut :

$$V_u = 313610.39 \text{ N}$$

$$d = h - d_{ckg} - \phi s_{ngkg} - \phi \frac{t_{tulutama}}{2}$$

$$= 400 - 30 - 10 - \frac{14}{2}$$

$$= 353 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.27 \lambda \sqrt{f_c} b \\
 &= 0.27 \lambda \sqrt{19} \times 300 \\
 &= 345025.773 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{313610.39}{0.75} - 345025.773 \\
 &= 73121.41372 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{smax} &= 0.66 \lambda \sqrt{f_c} b d \\
 &= 0.66 \lambda \sqrt{35} \times 400 \times 540 \\
 &= 843396.3339 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_{spakai} = 73121.41372 \text{ N}$$

Dipakai sengkang 2D8 maka,

$$\begin{aligned}
 A_{vt} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 8^2 \\
 &= 157.0796327 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_{vt} f_y d}{V_s} \\
 &= \frac{157.0796327 \times 240 \times 355}{73121.41372} \\
 &= 464.0118255 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat jarak tulangan transversal pada daerah sendi plastis berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 21.5.3.2 yaitu :

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{d}{4} \\
 &= \frac{355}{4} \\
 &= 88,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

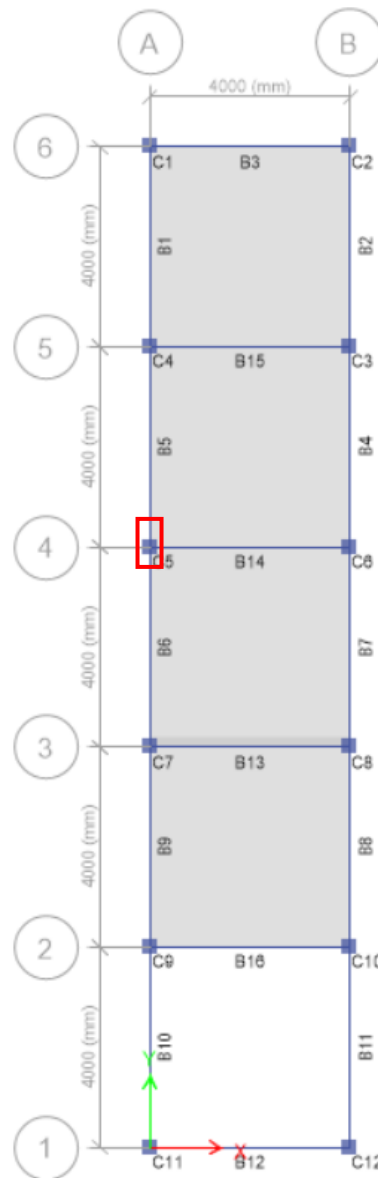
$$\begin{aligned}
 s &= 6 d_b \\
 &= 6 \times 14 \\
 &= 64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

Sehingga yang dipakai sengkang D8-100 **(OK)**

4.3.2 Perencanaan Penulangan Kolom

Dalam perencanaan penulangan kolom menggunakan C5 Lantai 1 dimana nilai gaya dalam terbesar dari seluruh kolom yang ada didalam gedung.



Gambar 1.4 Tampak atas lokasi kolom c5 lantai 1

Data Perencanaan :

Mutu beton (f'_c) = 19 MPa

Mutu baja (F_y) = 250 MPa

Lebar kolom (b)	=	300 mm
Tinggi balok (h)	=	300 mm
Tinggi bersih (ln)	=	3700 mm
Selimut beton (decking)	=	30 mm
$\emptyset_{\text{tulangan lentur}}$	=	14 mm
$\emptyset_{\text{tulangan geser}}$	=	10 mm
Pu	=	4247328.73 N
Vu	=	356212.8 N
Mu	=	303524325.4 Nmm

4.3.2.1 Cek Syarat Kolom sebagai Struktur Penahan Gempa

1. Nilai Pu harus lebih besar dari $\frac{A_g f_c}{10}$ (SNI 2847:2019 pasal 21.6.1)

$$\begin{aligned}
 P_u &> \frac{A_g f_c}{10} \\
 4247328.73 &> \frac{(300 \times 300) \times 19}{10} \\
 4247328.73 \text{ N} &> 171000 \text{ N} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

2. Dimensi penampang kolom terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm (SNI 2847:2019 pasal 21.6.1.1)

$$\text{Dimensi kolom} = 300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

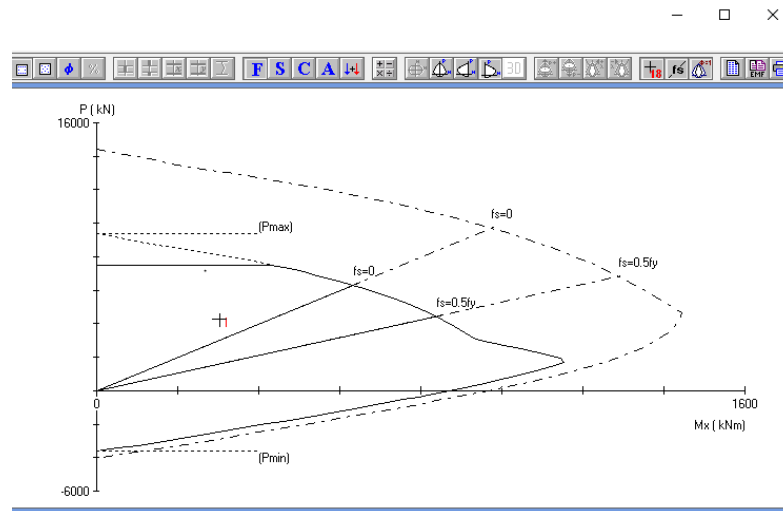
3. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap penampang tegak lurus tidak boleh kurang dari 0.4 (SNI 2847:2019 pasal 21.6.1.1)

$$\begin{aligned}
 \frac{b}{h} &> 0.4 \\
 \frac{300}{300} &> 0.4 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

4.3.2.2 Perhitungan Kebutuhan Tulangan longitudinal

Dalam perhitungan tulangan longitudinal kolom menggunakan program bantuan sp-Coloumn. Gaya dalam yang bekerja di kolom di input kedalam program. Hasil

dari perhitungan didapatkan rasio tulangan 2.80% dengan diameter D-14. Dibawah ini interaksi kolom C5 hasil perhitungan dengan program sp-Column.



Gambar 1.5 Diagram interaksi kolom

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa kolom yang direncanakan dengan dimensi 300 mm x 300 mm dan tulangan D-14 memenuhi nilai gaya dalam pada kolom dan menggunakan 10D14.

4.3.2.3 Kontrol Rasio Penulangan dan Spasi Tulangn

Menurut SNI 2847 pasal 21.6.3.1 rasio penulangan tidak boleh kurang dari 0.01 A_g atau lebih dari 0.006 A_g dalam kata lain 1% - 6%.

Rasio tulangan = 2.80% OK

Menurut SNI 2847 pasal 7.6.1 :

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{b_w - 2 \text{ dckg} - \phi \text{snkgk} - n \phi \text{tulutama}}{n-1} > 25 \text{ mm} \\
 &= \frac{300 - (2 \times 30) - 10 - (10 \times 22)}{n-1} > 25 \text{ mm} \\
 &= 53,33333333 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

4.3.2.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal

1. Daerah pemasangan tulangan *hoop*

Menurut SNI 2848:2019 nilai i_o didapat dari nilai terbesar dibawah ini :

a. Tinggi component struktur (h) = 3500 mm

b. $\frac{1}{6} \times l_n = \frac{1}{6} \times 2700$
 $= 533,3333333 \text{ mm}$

c. 450 mm

Maka jarak untuk i_o digunakan 450 mm.

2. Spasi maksimum *hoop*

Menurut SNI 2847:2019 $s_{\max}$ tidak boleh kurang dari nilai terkecil dibawah ini :

a. $\frac{1}{4} \times h = \frac{1}{4} \times 300$
 $= 75 \text{ mm}$

b. $6d_b = 6 \times 14$
 $= 84 \text{ mm}$

c. $S_0 < 150 \text{ mm}$

$100 + \left(\frac{350 - 0.5hx}{3} \right) < 150 \text{ mm}$

145.5 < 150 mm OK

Maka digunakan spasi *hoop* $s = 100 \text{ mm}$ sepanjang i_o dari ujung-ujung kolom.

3. Luas tulangan *confinement*

Menurut SNI 2847:2019 pasal 21.6.4.4 maka :

$b_c = b - 2 (\text{decking} + \frac{1}{2} d_b)$
 $= 300 - (2 \times (30 + \frac{1}{2} 13))$
 $= 227 \text{ mm}$

$A_{ch} = (b - 2 t \text{ selimut}) \times (h - 2 t \text{ selimut})$
 $= (300 - (2 \times 30)) \times (300 - (2 \times 30))$
 $= 57600 \text{ mm}^2$

Maka,

$A_{sh1} = 0.3 \left(\frac{s b_c f_c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$
 $= 0.3 \left(\frac{100 \times 507 \times 19}{240} \right) \left(\frac{300 \times 300}{57600} - 1 \right)$

$$\begin{aligned}
 &= 161,7375 \text{ mm}^2 \\
 A_{sh2} &= 0.09 \left(\frac{s b_c f_c}{f_{yt}} \right) \\
 &= 0.09 \left(\frac{100 \times 507 \times 19}{240} \right) \\
 &= 303 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan sengkang *hoop* 8D13-150 sehingga,

$$\begin{aligned}
 A_{spasang} &= N_{tulangan} A_{vt} \\
 &= 10 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 13^2 \\
 &= 1061.858317 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat:

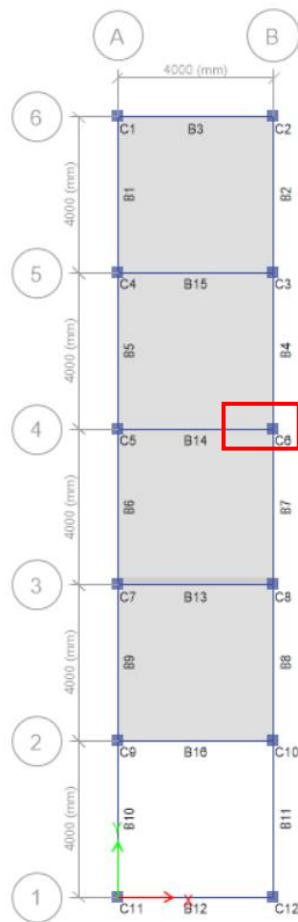
$$\begin{array}{rclcl}
 A_{spasang} & & > & A_{sh1} & \\
 1061,858317 \text{ mm}^2 & & > & 161,7375 \text{ mm}^2 & \text{OK}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rclcl}
 A_{spasang} & & > & A_{sh2} & \\
 1061,858317 \text{ mm}^2 & & > & 303 \text{ mm}^2 & \text{OK}
 \end{array}$$

Jadi, ukuran tulangan sengkang *hoop* yang dipakai adalah 8D13-150.

4.3.2.5 Cek Syarat *Strong Column Weak Beam (SCWB)*

Dalam melakukan pengecekan SCWB, berikut lokasinya :



Gambar 1.6 Tampak atas lokasi pengecekan SCWB

Menurut SNI 2847:2019 pasal 21.6.2.2 kekuatan kolom harus memenuhi persamaan berikut :

$$\sum M_{nc} \geq 1.2 \sum M_{nb}$$

Maka, setelah dilakukan perhitungan M_n kolom didapat nilai M_n sesuai tabel dibawah ini :

Tabel 1.5 Perhitungan M_{nc}

Arah	h_{kolom}	M_{ncAtas} (Nmm)	$M_{ncBawah}$ (Nmm)	$\Sigma M_{ncoloumn}$ (Nmm)
x	40	700740000	784530000	1485270000
y	30	475140000	564580000	1039720000

Untuk memenuhi syarat perhitungan SCWB maka perlu dilakukan perhitungan M_n balok seperti tabel dibawah ini :

Tabel 1.6 Perhitungan M_{nbeam}

Arah	Ukuran balok	M_{nbKiri} (Nmm)	$M_{nbKanan}$ (Nmm)	ΣM_{nbalok} (Nmm)
x	30/40	398247454.1	473486398.5	1046080623
y	30/40	157303093.3	473486398.5	756947390.1

Dari hasil tabel perhitungan nilai $\Sigma M_{ncoloumn}$ dan ΣM_{nbalok} maka didapat :

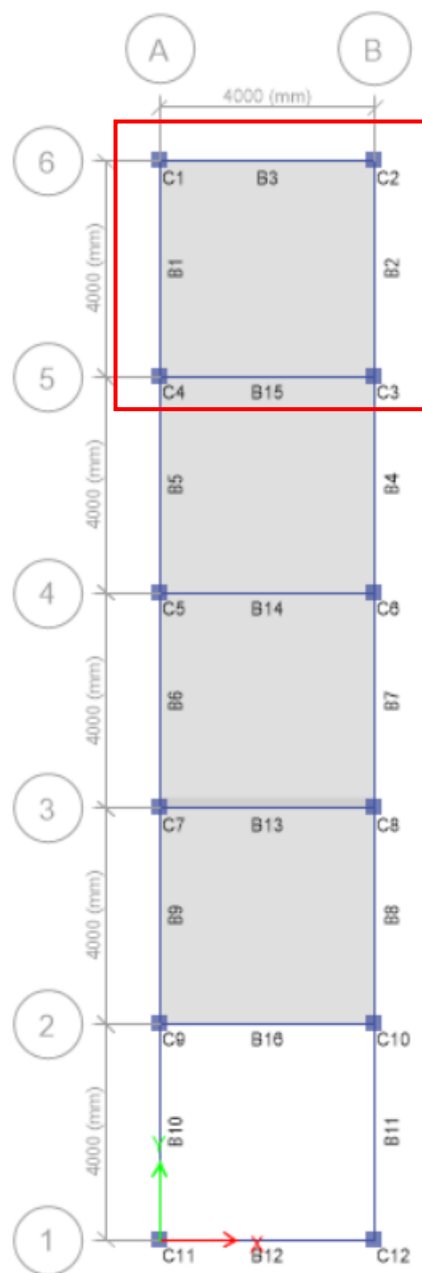
Tabel 1.7 Hasil Perhitungan SCWB

Arah	$\Sigma M_{ncoloumn}$ (Nmm)	$\geq$	ΣM_{nbalok} (Nmm)	Status
x	1485270000	$\geq$	1046080623	OK
y	1039720000	$\geq$	756947390.1	OK

Jadi, dari tabel diatas dapat dapat diketahui bawah SCWB sudah memenuhi syarat ketentuan SNI 2847:2019 pasal 21.6.2.2.

4.3.3 Perencanaan Penulangan Plat Lantai

Dalam perencanaan penulangan terdapat pada lantai 1 gedung. Lokasi tersebut memiliki gaya dalam terbesar dari yang lainnya.



Gambar 1.7 Tampak atas lokasi

Data Perencanaan :

Mutu beton (f'_c) = 15 MPa
 Mutu baja (F_y) = 240 MPa
 Tebal Plat (h) = 120 mm

Selimut beton (decking)	=	30 mm
Ø tulangan pokok	=	14 mm
Ø tulangan susut	=	10 mm
Bentang balok memanjang (Lx)	=	4000 mm
Bentang balok memanjang (Ly)	=	4000 mm
W _u (Beban)	=	1.2 D + 1.6 L
	=	25.45993594 N/mm ² +

4.3.3.1 Perhitungan Moment Plat

1. Perhitungan Jenis Plat

$$\begin{aligned}
 \beta &= \frac{L_y}{L_x} \\
 &= \frac{4000}{4000} \\
 &= 1 \leq 2 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jadi, karna nilai $\beta \leq$ dari 2 maka digunakan jenis plat dua arah.

2. Menentukan Momen Plat

Penentuan nilai X₁- X₄ berdasarkan PBI 1971 tabel 13.3.1 Hal 202 seperti dibawah ini.

$$X_1 = 62$$

$$X_2 = 62$$

$$X_3 = 35$$

$$X_4 = 35$$

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_U \times Lx^2 \times X_1 \\
 &= 0,001 \times 25.460 \times 4000^2 \times 62 \\
 &= 25256256,6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} &= 0,001 \times W_U \times Lx^2 \times X_1 \\
 &= 0,001 \times 25.460 \times 4000^2 \times 35 \\
 &= 25256256.46 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= 0,001 \times W_U \times Lx^2 \times X_1 \\
 &= 0,001 \times 25.460 \times 4000^2 \times 62 \\
 &= 14257564,13 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= 0,001 \times W_U \times Lx^2 \times X_1 \\
 &= 0,001 \times 25.460 \times 4000^2 \times 35 \\
 &= 14257564,13 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka momen yang dipilih adalah momen terbesar yaitu,

$$M_{u_{tumpuan}} = 14257564,13 \text{ Nmm} \text{ dan } M_{u_{lapangan}} = 25256256,46 \text{ Nmm}.$$

4.3.3.2 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat

1. Tulangan Arah X

1.1. Tulangan Tumpuan dan Lapangan

a. Perhitungan kebutuhan awal tulangan

$$M_u = 14257564,13 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - d_{ckg} - \phi \frac{tulutama}{2} \\
 &= 100 - 30 - \frac{14}{2} \\
 &= 63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b d^2} = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (\text{SNI 2847:2019 pasal 9.3.2.1}) \\
 &= \frac{14257564,13}{0,9 \times 4000 \times 63^2} \\
 &= 0,971021009
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}} \right) d \\
 &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,971021009}{0,85 \times 19}} \right) 63 \\
 &= 6,740754394 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$A_{S\text{Perlu}} = \frac{0,85 f_c \alpha b}{f_y}$$

$$= \frac{0.85 \times 15 \times 5,274271853 \times 4000}{240}$$

$$= 1432,410309 \text{ mm}^2$$

b. Cek kondisi penampang awal

Untuk syarat dengan pendetailan khusus, maka elemen lentur harus berada dalam penampang terkendali tarik (*tension-controlled*) menurut SNI 2847:2019 pasal 9.3)

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 (f_c - 28)}{7} \quad (\text{SNI 2847:2019 pasal 10.2.7.3})$$

$$= 0.85 - \frac{0.05 \times (19 - 28)}{7}$$

$$= 0,942857143$$

$$c = \frac{a}{0.8}$$

$$= \frac{0,9428571437}{0.8}$$

$$= 7,149284964 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{d_t} < 0.375$$

$$\frac{7,149284964}{85} < 0.375$$

$$0,084109235 < 0.375$$

OK

c. Cek syarat tulangan perlu

Batas maksimum dan minimum menurut SNI 2847:2019 sebagai berikut :

$$A_{s\text{perlu}} = 1432,410309 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{min } 1} = 0.0022 b_w d$$

$$= 0.002 \times 4000 \times 85$$

$$= 960 \text{ mm}^2$$

$$< A_{s\text{perlu}}$$

OK

$$\rho = 0.025$$

$$A_{s\text{max}} = \rho b_w d$$

$$= 0.025 \times 1000 \times 73.5$$

$$= 8500 \text{ mm}^2$$

$$> A_{s\text{perlu}}$$

OK

Maka syarat tulangan maksimum dan minimum terpenuhi, sehingga $A_{s\text{perlu}}$ dapat digunakan.

d. Kontrol jarak spasi tulangan

$$s = \frac{b_w A_{stulangan}}{A_{sperlu}}$$

$$= \frac{4000 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 14^2}{1432,410309}$$

$$= 319 \text{ mm}$$

$$s = 3 h$$

$$= 3 \times 100$$

$$= 300 \text{ mm}$$

$$s = 300 \text{ mm}$$

Jadi, nilai s yang dipakai adalah $s = 300 \text{ mm}$

e. Cek kapasitas penampang actual

$$d_{aktual} = 73.5 \text{ mm}$$

$$A_{saktual} = 1432,410309 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$$

$$= \frac{1432,410309 \times 240}{0.85 \times 15 \times 4000}$$

$$= 6,740754394 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - 0.5 a)$$

$$= 0.9 \times 1432,410309 \times 400 \times (63 - (0.5 \times 6,740754394))$$

$$= 1432,410309 \text{ Nmm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

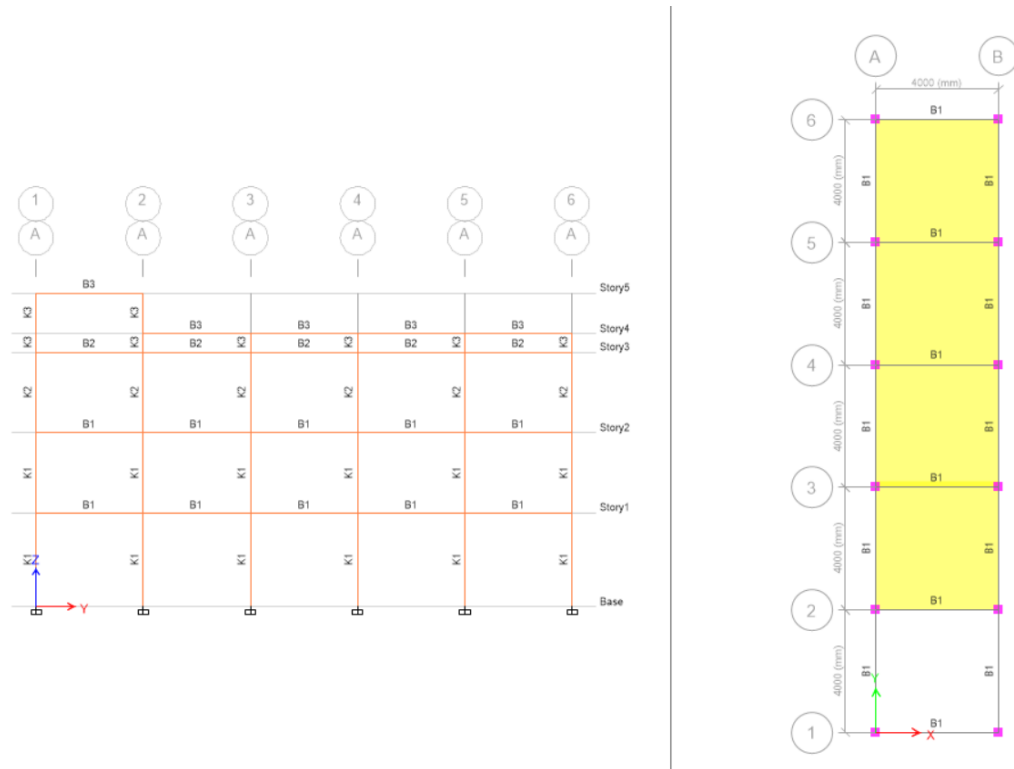
$$25256256,45 \text{ Nmm} \leq 25256256,46 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Jadi, tulangan pokok yang dipakai adalah P14-350

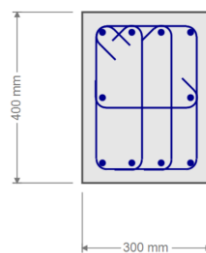
4.4 Analisis Struktur Menggunakan ETABSV22

4.4.1 Hasil Analisis Struktur Balok

Dari hasil *running* analisis struktur dengan menggunakan standar SNI yang ada secara otomatis dilakukan design menggunakan Etabsv22 pada Balok B1, B2, dan B3 sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut :



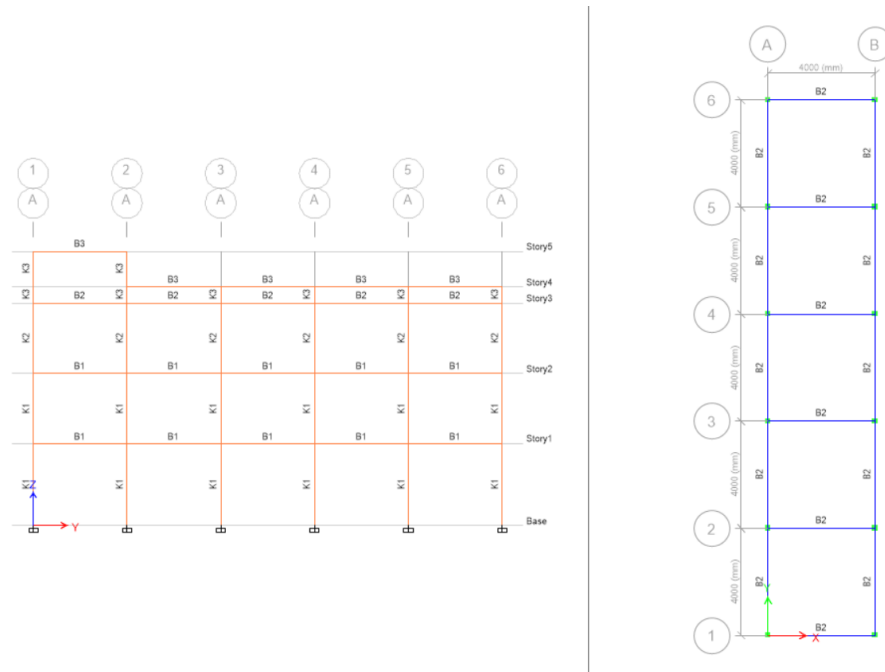
Gambar 1.8 Denah balok B1 dan Tampak A-A



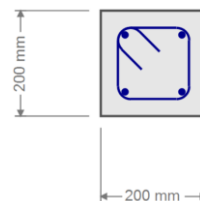
Gambar 1.9 Potongan DED Balok B1

Berdasarkan perhitungan penulangan balok B1 pada gedung rumah sarang walet tersebut maka didapatkan penulangan kolom pada kolom tingkat 1 sampai 2 dengan ukuran 300x400 mm, dengan ukuran tulangan D14 mm sebanyak 10

tulangan, dengan ukuran begel D10 mm. jarak antara begel pada tumpuan yaitu 100 mm dan pada lapangan 150 mm.

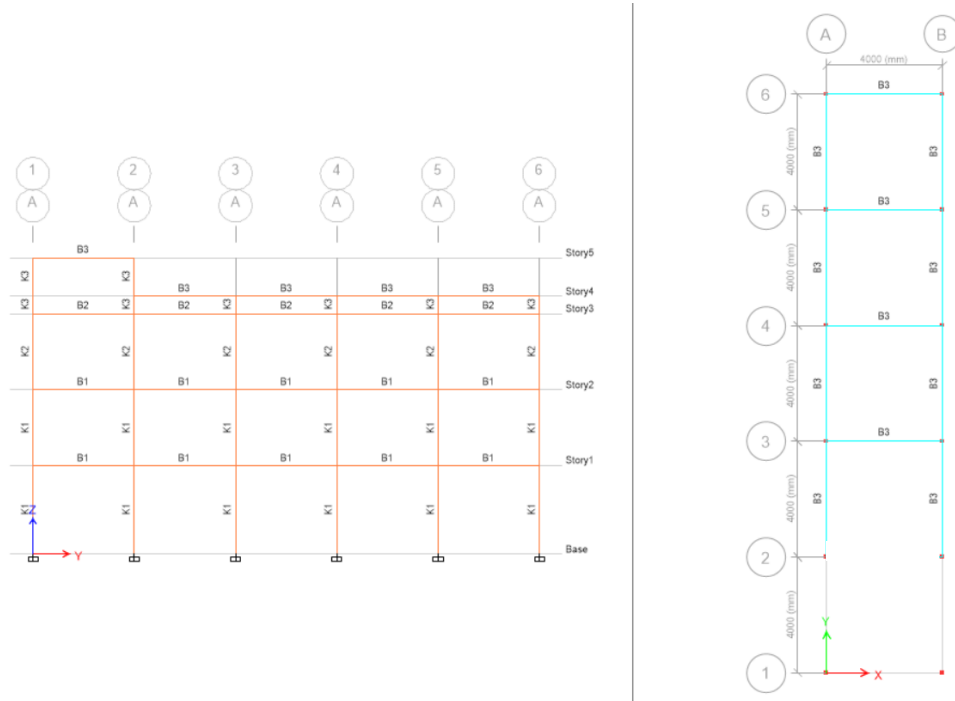


Gambar 1.10 Denah balok B2 dan Tampak A-A

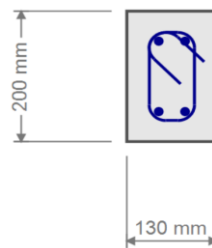


Gambar 1.11 Potongan DED Balok B2

Berdasarkan perhitungan penulangan balok B2 pada gedung rumah sarang walet tersebut maka didapatkan penulangan kolom pada kolom tingkat 3 dengan ukuran 200x200 mm, dengan ukuran tulangan D12 mm sebanyak 4 tulangan, dengan ukuran begel D10 mm. jarak antara begel pada tumpuan yaitu 150 mm dan pada lapangan 150 mm.

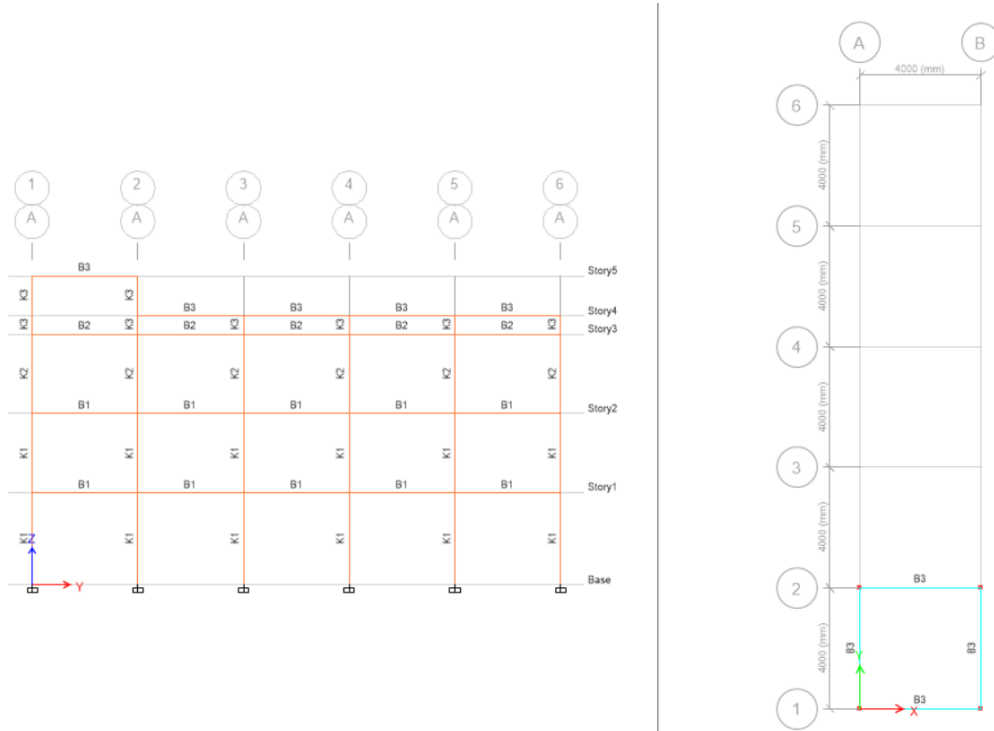


Gambar 1.12 Denah balok B3 Tingkat 4 dan Tampak A-A

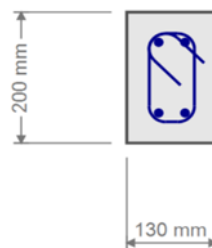


Gambar 1.13 Potongan DED Balok B3

Berdasarkan perhitungan penulangan balok B1 pada gedung rumah sarang walet tersebut maka didapatkan penulangan kolom pada kolom tingkat 4 dengan ukuran 130x200 mm, dengan ukuran tulangan D12 mm sebanyak 4 tulangan, dengan ukuran begel D8 mm, jarak antara begel pada tumpuan yaitu 150 mm dan pada lapangan 150 mm.



Gambar 1.14 Denah balok B3 Tingkat 5 dan Tampak A-A

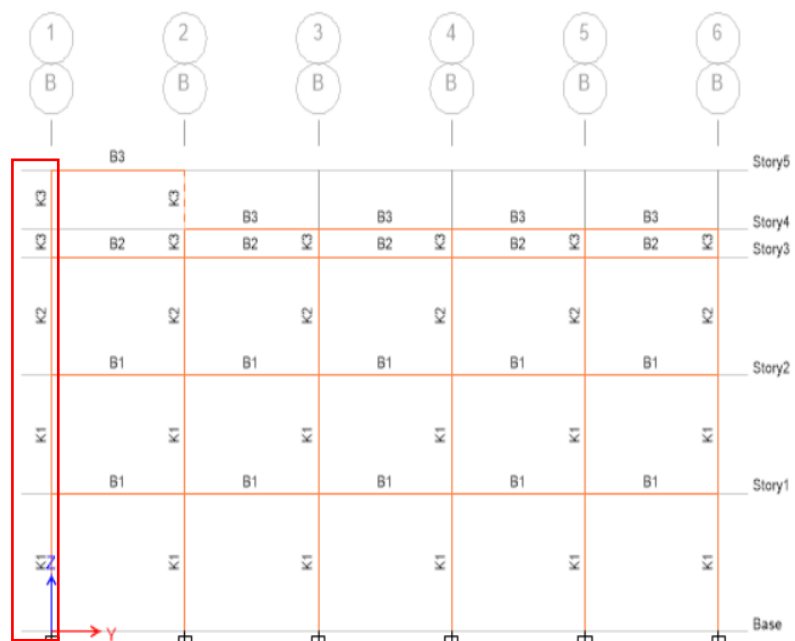


Gambar 1.15 Potongan DED Balok B3

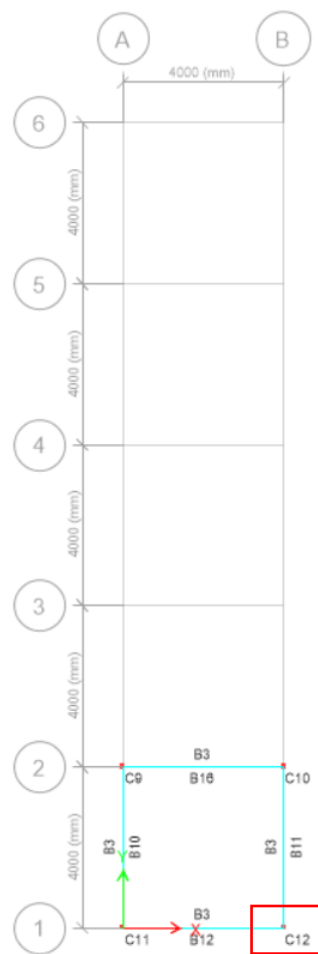
Berdasarkan perhitungan penulangan balok B1 pada gedung rumah sarang walet tersebut maka didapatkan penulangan kolom pada kolom tingkat 4 dengan ukuran 130x200 mm, dengan ukuran tulangan D12 mm sebanyak 4 tulangan, dengan ukuran begel D8 mm. jarak antara begel pada tumpuan yaitu 150 mm dan pada lapangan 150 mm.

4.4.2 Hasil Analisis Struktur Kolom

Dari hasil *running* analisis struktur dengan menggunakan standar SNI yang ada secara otomatis dilakukan design menggunakan Etabsv22 pada Kolom K1, K2, dan K3 sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut :

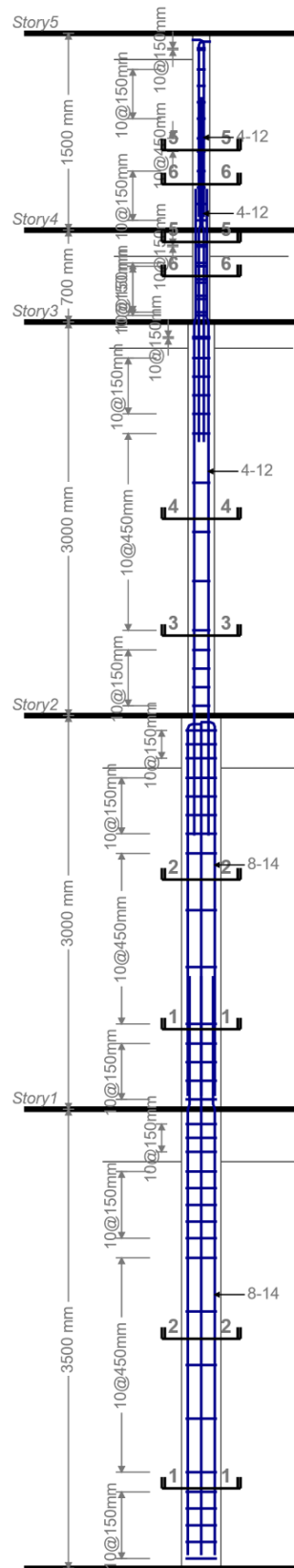


(a)

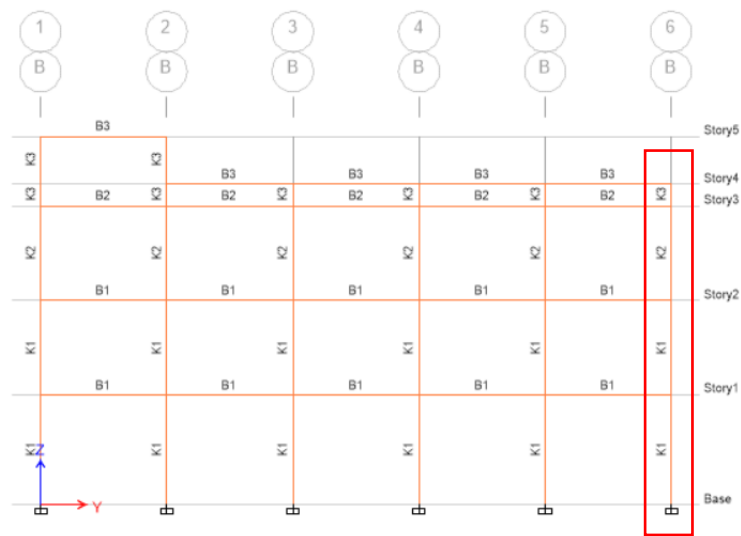


(b)

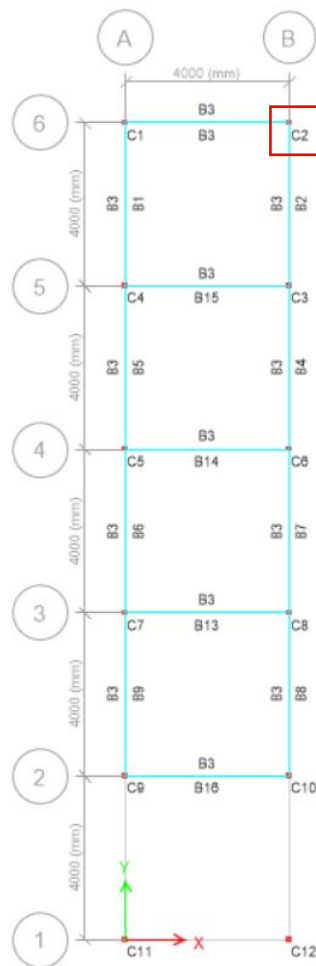
Gambar 1.16 Denah Kolom C12 Tingkat 1-5 dan Tampak B-B



Gambar 1.17 DED Kolom C12

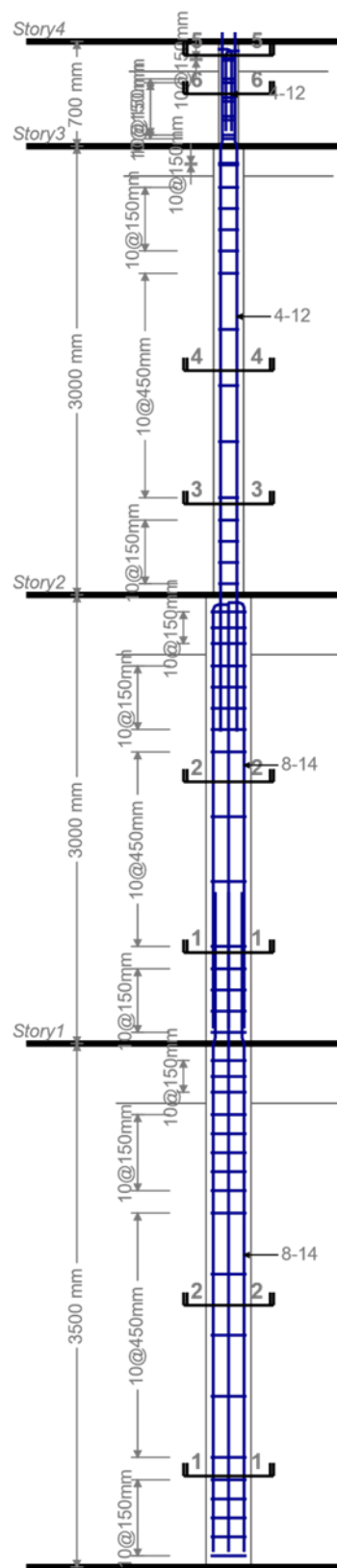


(a)

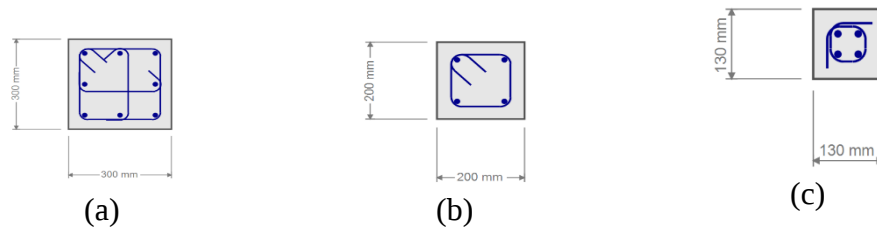


(b)

Gambar 1.18 Denah Kolom C2 Tingkat 1-4 dan Tampak B-B



Gambar 1.19 DED Kolom C12

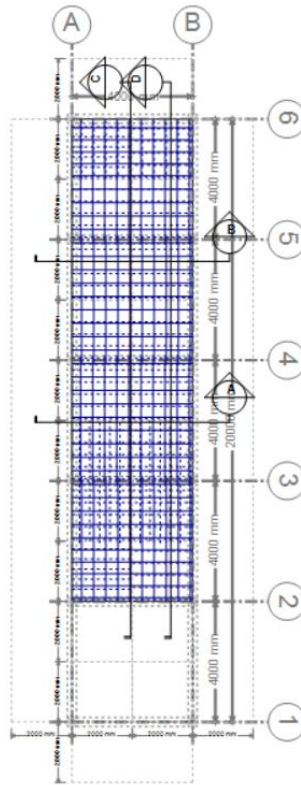


Gambar 1.20 Potongan DED Kolom C12 pada K1, K2, dan K3

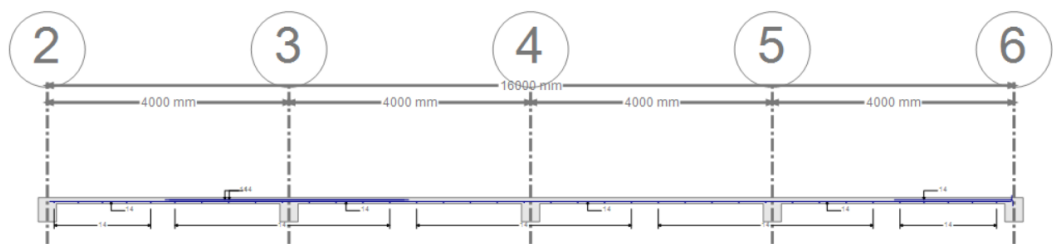
Berdasarkan perhitungan penulangan kolom pada gedung rumah sarang walet tersebut maka didapatkan penulangan kolom pada kolom tingkat 1 sampai 2 dengan ukuran 300x300 mm, dengan ukuran tulangan D14 mm sebanyak 8 tulangan, dengan ukuran begel D10 mm. jarak antara begel pada tumpuan yaitu 150 mm dan pada lapangan 450 mm. sedangkan pada kolom tingkat 3 menggunakan ukuran 200x200 mm, dengan ukuran tulangan D12 mm sebanyak 4 tulangan, dengan ukuran begel D10 mm. (hal ini tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia 2847-2019). dan pada kolom tingkat 4 dan 5 menggunakan kolom praktis dengan ukuran 130x130 mm, dengan ukuran tulangan D12 mm sebanyak 4 tulangan, dengan ukuran begel D10 mm. jarak antara begel pada tumpuan yaitu 150 mm dan pada lapangan 450 mm.

4.4.3 Hasil Analisis Struktur Plat

Dari hasil *running* analisis struktur dengan menggunakan standar SNI yang ada secara otomatis dilakukan design menggunakan Etabsv22 pada Plat Lanita sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut :



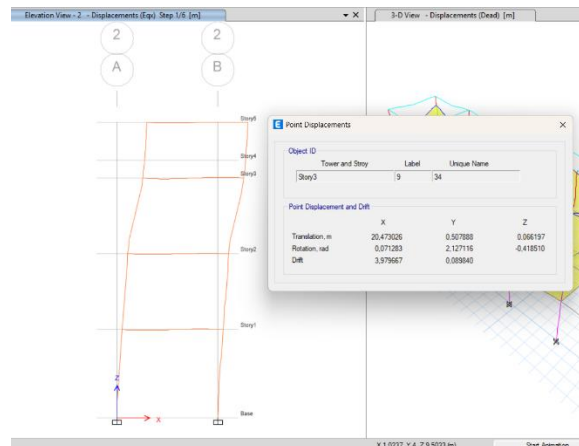
Gambar 1.21 Denah Plat Lantai



Gambar 1.22 Potongan Denah Plat Lantai

Berdasarkan perhitungan penulangan plat pada gedung gedung rumah sarang walet tersebut maka didapat tebal plat lantai yaitu 120 mm, dengan ukuran tulangan D14 mm dengan jarak tulangan pada bagian atas yaitu 330 mm dan tulangan pada bagian bawah 400 mm

4.4.4 Hasil Gaya Lateral Perencanaan Awal



Gambar 1.23 Gaya Lateral Akibat Beban pada Perencanaan Awal

Dalam hasil analisis pada tahap perencanaan awal, ditemukan bahwa nilai *displacement* mencapai 20,473 mm ke arah X dan 0,507 mm ke arah Y. Hasil ini didapatkan dengan dimensi yang tidak memenuhi syarat ketentuan dalam SNI 2847:2019 terkait perencanaan gedung aman gempa. Ketidaksesuaian ini mengindikasikan perlunya evaluasi dan penyesuaian terhadap dimensi elemen struktural agar mampu menahan gaya gempa secara optimal sesuai dengan standar yang berlaku.

4.5 Pembahasan

4.5.1 Analisis Struktur Balok pada Gedung Rumah Sarang Walet Desa Tetehosi Kecamatan Idanogawo

Hasil analisis struktur menggunakan ETABS menunjukkan bahwa elemen-elemen struktural pada bangunan telah dievaluasi berdasarkan ketentuan SNI 22847-2019; pasal 18.6.2. yang berbunyi:

- Bentang bersih, l_n , harus minimal $4d$
- Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan atau 250 mm
- Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing-masing sisi kolom.

Balok B1, B2 dan B3 telah dianalisis dan memenuhi ketentuan dalam SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019, dengan detail sebagai berikut:

- a. Kuat Tekan Beton (f'_c): sesuai dengan perencanaan awal sesuai SNI 2847:2019.
- b. Rasio Tulangan Lentur dan Geser: Memenuhi persyaratan penulangan minimum dan maksimum untuk mencegah kegagalan lentur dan geser.
- c. Kontrol Drift: Hasil analisis menunjukkan defleksi balok masih dalam batas layanan yang diperbolehkan.
- d. Ketahanan Gempa: Menggunakan detail tulangan transversal yang sesuai dengan ketentuan desain tahan gempa di SNI 1726:2019.

Menurut (Park & Paulay, 1975) menjelaskan bahwa desain struktur beton bertulang harus mempertimbangkan berbagai faktor yakni Kekuatan tekan beton dan kekuatan tarik baja harus dievaluasi untuk menentukan kapasitas beban struktur, struktur beton bertulang menunjukkan perilaku nonlinier di bawah beban, yang memerlukan analisis lebih mendalam untuk memahami titik leleh dan keruntuhan, keterikatan yang baik antara beton dan baja sangat penting untuk memastikan bahwa kedua material bekerja secara sinergis. Demikian juga pendapat dari (Lesmana, 2021) menjelaskan bahwa dalam perencanaan gedung tahan gempa, peran balok tidak saja memikul beban gravitasi, namun juga memikul beban lateral (gempa) yang diterima oleh struktur gedung. Kondisi ini mengharuskan adanya penyesuaian pada elemen balok guna mengantisipasi distribusi momen pada balok yang berubah secara drastis. Perilaku balok akibat gaya gempa terbilang sangat unik. Gaya gempa yang terjadi bergerak bolak balik dan terjadi dalam waktu yang sangat cepat. Kondisi seperti ini membuat element struktur khususnya balok mengalami perubahan distribusi momen saat terjadi. Perubahan distribusi momen inilah yang menyebabkan perlu adanya evaluasi lebih lanjut terkait keadaan tulangan akibat efek beban gempa bolak-balik tersebut. Sejalan dengan pendapat (Lesmana, 2021), (Priestley et al, 2007) menjelaskan bahwa dalam konteks desain balok dalam kerangka *Displacement-Based Seismic Design* (DBSD), terdapat beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan, termasuk perilaku seismik aktual, rasio kedalaman balok-kolom, dan pendekatan berbasis perpindahan.

Dari hasil penelitian terdahulu (Ayuddin, 2024) ditemukan bahwa balok yang dirancang dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) mampu menahan gaya lateral akibat gempa dengan baik, menunjukkan bahwa desain yang

tepat dan penggunaan teknologi analisis yang canggih seperti ETABS sangat berkontribusi terhadap keamanan dan efisiensi struktur bangunan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ndruru et al., 2024) analisis struktur bangunan ruko dua lantai menggunakan perangkat lunak ETABS menunjukkan bahwa elemen-elemen struktural seperti balok telah direncanakan dengan baik dan memenuhi standar nasional Indonesia. Penelitiannya menekankan pentingnya penggunaan perangkat lunak dalam menganalisis struktur beton bertulang, yang memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi kekuatan dan ketahanan struktur terhadap beban yang diterapkan. Hasil analisis menunjukkan bahwa deformasi dan tegangan pada elemen-elemen struktural berada dalam batas yang diizinkan, yang menunjukkan bahwa struktur tersebut dirancang dengan baik untuk menahan beban yang terjadi.

Dalam penelitian (Lolowang et al., 2024) menekankan pentingnya perencanaan yang matang dalam pembangunan gedung bertingkat, terutama di wilayah rawan gempa seperti Indonesia. Penelitian tersebut mengacu pada SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019, yang mengatur persyaratan beton struktural dan tata cara perencanaan ketahanan gempa. Dalam analisis struktur gedung empat lantai yang dilakukan balok direncanakan dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), yang telah terbukti memenuhi persyaratan keamanan yang ditetapkan.

Berdasarkan pendapat para ahli dan penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa analisis struktur bangunan menggunakan perangkat lunak ETABS telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI 22847-2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1726:2019. Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen struktural, terutama balok B1, B2, dan B3, telah dirancang dengan baik, mencakup kekuatan beton, rasio tulangan, dan kontrol *drift* untuk defleksi yang aman. Penelitian mendukung pentingnya evaluasi kekuatan beton dan tulangan, serta penyesuaian elemen balok untuk mengatasi beban gempa, sesuai dengan studi sebelumnya. Selain itu, perangkat lunak analisis seperti ETABS berperan penting dalam memastikan keamanan dan ketahanan struktur terhadap beban. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa dengan perencanaan yang tepat dan penggunaan perangkat

lunak analisis menggunakan ETABS, struktur bangunan dapat memenuhi standar keselamatan, terutama dalam menghadapi potensi gempa.

4.5.2 Analisis Struktur Kolom pada Gedung Rumah Sarang Walet Desa Tetehosi Kecamatan Idanogawo

Untuk elemen kolom, hasil analisis menunjukkan bahwa kolom dengan Kolom K1 memenuhi persyaratan SNI 2847-2019. Sementara kolom dengan kode K2 masih belum memenuhi syarat, dimana dimensi ukuran penampang kolom $200 \times 200 \text{ mm} < 300 \times 300 \text{ mm}$ sehingga perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut atau perbaikan desain guna memastikan kestabilan dan keamanan struktur secara menyeluruh, SNI 2847-2019 pasal 18.7.2 berbunyi:

- a. Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.
- b. Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.

Kolom K3 Praktis sudah memenuhi persyaratan dalam SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung.

Menurut (Park & Paulay, 1975) menjelaskan bahwa Prinsip *Strong Column-Weak Beam* menekankan bahwa kolom harus lebih kuat dibandingkan balok agar dalam kondisi gempa, kegagalan terlebih dahulu terjadi pada balok, bukan kolom. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa sendi plastis terbentuk pada balok, sehingga struktur tetap stabil dan mampu menyerap energi gempa tanpa mengalami keruntuhan yang tiba-tiba. Jika kolom lebih lemah dari balok, maka kegagalan pada kolom dapat menyebabkan keruntuhan global yang berbahaya. Oleh karena itu, desain kolom yang lebih kuat menjadi salah satu aspek penting dalam konstruksi bangunan tahan gempa. Menurut (Lesmana, 2021) menjelaskan bahwa Struktur elemen kolom terbilang cukup kompleks. Hal ini dikarenakan banyaknya gaya/momen yang bekerja pada kolom, baik dari luar kolom (balok) ataupun dari kolom itu sendiri. Gaya/ momen yang berasal dari kolom dapat berupa pengaruh *delta Effect* dan eksentrisitas yang tidak terduga dalam proses pelaksanaan. Dalam

proses desain kolom struktur tahan gempa, perhatian terhadap daerah sendi plastis sangatlah penting. Seperti halnya pada balok, sendi plastis kolom terletak pada ujung tumpuan kolom dengan panjang (l_0) tertentu sesuai peraturan di syaratkan.

Dari hasil penelitian terdahulu (Ayuddin, 2024) analisis struktur gedung beton bertulang menggunakan software ETABS, kolom berperan sebagai elemen utama yang mendukung beban dari balok dan plat lantai serta mendistribusikannya ke fondasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa kolom harus dirancang dengan memperhatikan ketentuan yang berlaku, termasuk SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019, yang mengatur tentang dimensi dan penulangan kolom untuk memastikan kekuatan dan ketahanan terhadap beban gempa.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ndruru et al., 2024) kolom berperan sebagai elemen struktural yang sangat penting, menunjukkan bahwa kolom dirancang dengan mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk beban yang diterima dan ketahanan terhadap deformasi. Hasil analisis menggunakan perangkat lunak ETABS menunjukkan bahwa kolom yang direncanakan mampu menahan beban yang diterapkan dengan baik, di mana deformasi dan tegangan pada kolom berada dalam batas yang diizinkan sesuai dengan standar nasional Indonesia. Lebih lanjut menekankan bahwa kolom tidak hanya berfungsi untuk mendukung beban vertikal, tetapi juga berkontribusi terhadap stabilitas keseluruhan bangunan. Dalam konteks bangunan yang terletak di daerah rawan gempa, perencanaan kolom harus memenuhi persyaratan ketahanan gempa yang ditetapkan oleh SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019.

Dalam penelitian (Lolowang et al., 2024) menekankan bahwa dalam perencanaan gedung bertingkat, kolom harus dirancang untuk tahan terhadap beban gempa, mengingat Indonesia berada di wilayah rawan gempa. Oleh karena itu, kolom dalam desain harus mematuhi SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019, yang mengatur persyaratan beton struktural dan tata cara perencanaan ketahanan gempa. kolom direncanakan sebagai bagian dari Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), yang dirancang untuk memberikan respons yang baik terhadap gaya lateral akibat gempa, sehingga meningkatkan keselamatan bangunan secara keseluruhan. Analisis menggunakan perangkat lunak ETABS juga menunjukkan

bahwa kolom yang direncanakan tidak hanya memenuhi persyaratan struktural, tetapi juga memberikan performa yang baik dalam hal deformasi dan tegangan.

Berdasarkan pendapat para ahli dan penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa kolom merupakan elemen struktural yang sangat krusial dalam memastikan kestabilan bangunan, terutama dalam menghadapi beban gempa. Evaluasi yang cermat terhadap kolom yang tidak memenuhi standar perlu dilakukan, baik dengan meningkatkan dimensi penampang maupun memperbaiki desain penulangan. Selain itu, penerapan prinsip *Strong Column-Weak Beam* serta pemilihan sistem struktur yang tepat, seperti SRPMK, akan sangat berkontribusi dalam meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa. Dengan perancangan yang tepat dan sesuai standar, diharapkan struktur dapat lebih aman dan stabil dalam menghadapi berbagai beban, termasuk beban gempa yang menjadi perhatian utama dalam konstruksi di Indonesia.

4.5.3 Analisis Struktur Plat Lantai pada Gedung Rumah Sarang Walet Desa Tetehosi Kecamatan Idanogawo

Adapun untuk elemen pelat lantai, hasil analisis menunjukkan bahwa pelat lantai telah memenuhi persyaratan SNI 2847-2019; pasal 8.3 yang berbunyi :

- a. Pelat tanpa drop panel sesuai 8.2.4.....125 mm
- b. Pelat dengan drop panel sesuai 8.2.4100 mm

sehingga dapat dipastikan bahwa elemen ini memiliki kekuatan dan ketahanan yang memadai dalam mendukung beban yang bekerja di atasnya.

Menurut (Park & Gamble, 2000) menjelaskan bahwa plat beton bertulang adalah elemen struktural utama dalam bangunan yang dirancang untuk menahan beban gravitasi serta beban lateral seperti gempa atau angin. Plat lantai dapat berperilaku sebagai plat satu arah jika didukung oleh balok di dua sisi berlawanan, atau sebagai plat dua arah jika didukung pada keempat sisi. Oleh karena itu, pemilihan metode analisis yang tepat sangat penting untuk memastikan efisiensi dan keamanan struktur. Demikian juga pendapat dari (Neville & Brooks, 2010) pentingnya kualitas material dalam desain plat lantai, terutama terkait dengan daya tahan dan efisiensi beton. Campuran beton yang baik harus memiliki rasio air-semen yang tepat serta menggunakan agregat berkualitas tinggi agar dapat

meningkatkan kekuatan lentur dan ketahanan terhadap retak. Lendutan yang berlebihan dapat menyebabkan masalah fungsional dan estetika dalam bangunan, sehingga harus dikendalikan melalui pemilihan ketebalan plat yang sesuai serta penggunaan tulangan tambahan. Untuk meningkatkan ketahanan terhadap perubahan suhu dan susut, direkomendasikan penggunaan serat beton atau tulangan tambahan pada area-area kritis. Kemudian pendapat dari (Mosley, Bungey & Hulse, 2012) menjelaskan bahwa ketebalan plat harus cukup untuk menghindari lendutan berlebihan, tetapi tidak terlalu tebal agar tetap efisien secara ekonomis. Standar desain seperti SNI 2847:2019 (berdasarkan ACI 318) memberikan pedoman terkait ketebalan minimum yang harus digunakan sesuai dengan kondisi pembebanan. Pola penulangan dalam plat lantai, di mana plat satu arah memerlukan tulangan utama dalam satu arah, sementara plat dua arah membutuhkan tulangan di dua arah untuk mendistribusikan beban secara lebih merata. Tulangan geser tambahan dapat meningkatkan ketahanan plat terhadap gaya geser serta retak diagonal yang sering terjadi akibat beban berlebih.

Dari hasil penelitian terdahulu (Ayuddin, 2024) menekankan pentingnya perencanaan struktur yang mampu menahan berbagai beban, termasuk beban mati, hidup, gempa, dan angin, yang merupakan aspek krusial dalam desain bangunan. Penggunaan software ETABS dalam analisis struktur sangat efektif untuk mensimulasikan perilaku kolom dan plat lantai terhadap beban-beban tersebut. Dengan perangkat lunak ini, perencana dapat melakukan analisis yang lebih mendalam mengenai dimensi dan kekuatan elemen struktur, termasuk kolom, yang harus dirancang untuk memenuhi persyaratan SNI.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ndruru et al., 2024) menunjukkan bahwa analisis struktural menggunakan perangkat lunak ETABS memberikan wawasan mendalam tentang kekuatan dan ketahanan plat lantai terhadap beban yang diterapkan. Plat lantai, yang merupakan elemen horizontal dalam struktur, berfungsi untuk mendistribusikan beban dari atas ke kolom dan balok. Desain plat lantai yang menggunakan beton bertulang dapat memenuhi standar nasional Indonesia dalam hal deformasi dan tegangan.

Dalam penelitian (Lolowang et al., 2024) menekankan bahwa perencanaan yang matang sangat diperlukan untuk memastikan keamanan struktur selama masa

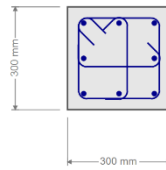
penggunaannya. Plat lantai berfungsi sebagai elemen struktural yang mendistribusikan beban dari atas ke kolom dan balok, sehingga desain yang tepat sangat krusial, terutama di wilayah rawan gempa seperti Indonesia. Dalam konteks ini, peraturan yang diacu adalah SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, dan SNI 1727:2020, yang memberikan panduan tentang persyaratan beton struktural dan perencanaan ketahanan gempa. Plat lantai yang direncanakan harus mampu menahan beban mati dan beban hidup, serta mempertimbangkan faktor-faktor seismik yang relevan. Penggunaan software ETABS untuk pemodelan dan analisis struktur menunjukkan bahwa pendekatan analitis yang digunakan dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai perilaku struktur di bawah beban yang bekerja, termasuk beban gempa.

Berdasarkan pendapat para ahli dan penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa bahwa pelat lantai telah memenuhi persyaratan SNI 2847:2019 dalam hal ketebalan minimum dan desain struktural. Pelat lantai berfungsi sebagai elemen utama dalam bangunan untuk mendistribusikan beban, baik gravitasi maupun lateral. Penggunaan perangkat lunak ETABS terbukti efektif dalam mensimulasikan perilaku struktural pelat lantai, memastikan kepatuhan terhadap standar nasional, serta meningkatkan efisiensi dan keamanan desain, terutama di wilayah rawan gempa.

4.5.4 Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan ETABS, kolom K2 tidak memenuhi persyaratan SNI 2847-2019. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap desain dan spesifikasi teknis kolom tersebut. Beberapa rekomendasi yang dapat dipertimbangkan untuk memastikan kolom K2 untuk memenuhi standar SNI 2847 maka dimensi yang digunakan sebagai berikut :

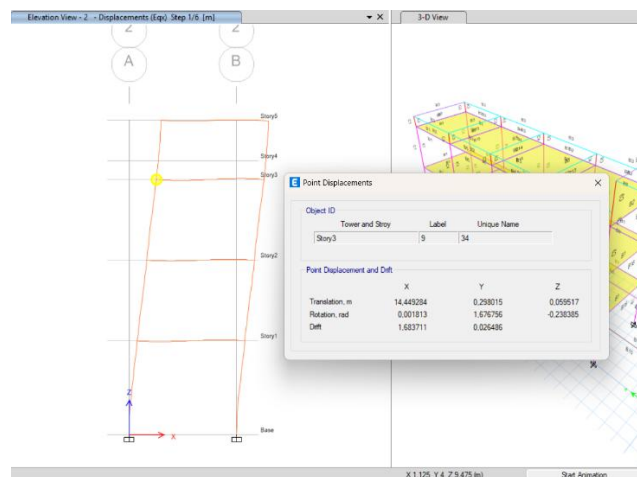
1. Ukuran penampang terkecil kolom $\geq 300 \text{ mm}$
 $300 \times 300 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$ **(OK)**
2. Rasio ukuran kolom tidak boleh $> 0,4$
 $300/300 > 0,4$
 $1 > 0,4$ **(OK)**



Gambar 1.24 Potongan DED K2 untuk di rekomendasikan

Adapun rekomendasi kolom (K2) yaitu dengan ukuran 300x300 mm, dengan ukuran tulangan D14 mm sebanyak 8 tulangan, dengan ukuran begel D10 mm. jarak antara begel pada tumpuan yaitu 150 mm dan pada lapangan 450 mm.

4.5.5 Hasil Gaya Lateral rekomendasi



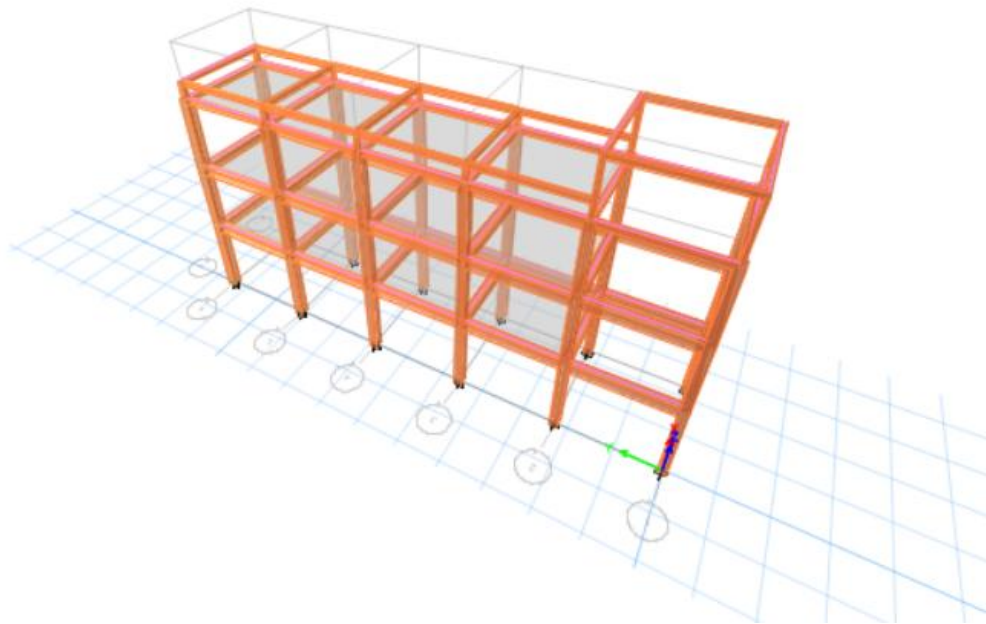
Gambar 1.25 Gaya Lateral Akibat Beban pada Perencanaan Awal

Setelah dilakukan analisis nilai *displacement* yang diperoleh setelah dilakukan evaluasi dan penyesuaian terhadap dimensi elemen struktural adalah 14,449 mm kearah X dan 0,298 mm kearah Y, yang telah memenuhi ketentuan dalam SNI 2847:2019 terkait perencanaan gedung tahan gempa. Sebelumnya, dengan dimensi awal yang tidak sesuai standar, nilai displacement hanya mencapai 20,473 mm kearah X dan 0,507 mm kearah Y, yang tidak memenuhi persyaratan ketahanan gempa.

Perbandingan ini menunjukkan bahwa dengan penerapan dimensi struktural yang sesuai dengan standar, bangunan memiliki fleksibilitas dan ketahanan yang lebih baik dalam menghadapi gaya gempa. Peningkatan pengurangan nilai displacement ini mencerminkan peningkatan kapasitas struktur dalam menyerap dan meredam energi gempa, sehingga risiko kerusakan struktural dapat diminimalkan sesuai dengan persyaratan keamanan dalam SNI 2847:2019.

4.5.6 Tampak 3D Gedung yang di Analisis

Berikut tampak 3D dari Gedung Rumah Sarang Walet.



Gambar 1.26 Tampak 3D Gedung

4.5.7 Analisis Perencanaan Awal VS Hasil ETABS

Setelah dilakukan penelitian dan evaluasi terhadap kinerja struktur berdasarkan standar SNI 1726:2019, diperoleh hasil analisis yang menunjukkan perbedaan antara perencanaan awal dan hasil simulasi numerik menggunakan perangkat lunak ETABS. Perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi keakuratan pendekatan awal terhadap metode analisis berbasis elemen hingga, yang mempertimbangkan berbagai parameter seperti distribusi beban lateral, respons dinamis struktur, serta deformasi akibat gempa.

Tabel berikut menyajikan perbandingan antara perencanaan awal dan hasil analisis ETABS berdasarkan parameter utama dalam perencanaan struktur tahan gempa:

Tabel 1.8 Perencanaan Awal VS Perencanaan ETABS

Parameter		Perencanaan Awal	Hasil Analisis ETABS	Keterangan
Kolom	K1	Kolom K1 (300mm x 300 mm)	Kolom K1 (300mm x 300 mm)	Dimensi, selimut beton, dan penulangan kolom telah memenuhi standar yang ditetapkan sehingga dapat memberikan ketahanan yang optimal terhadap beban struktural.
	K2	Kolom K2 (200mm x 200mm)	Kolom K1 (300mm x 300mm)	Dari hasil analisis sesuai SNI 2847:2019 harus dilakukan perubahan dimensi supaya memenuhi syarat sebagai Gedung tahan gempa
		Displacement Maksimum (Δ_{max})	Perpindahan memenuhi syarat sesuai SNI	Penelitian sudah memenuhi syarat SNI
		Faktor Keamanan Struktur	Perencanaan memenuhi syarat SNI tahan gempa jika menggunakan K1	Jika perencanaan struktur tidak sesuai dengan standar SNI yang berlaku, maka dapat menyebabkan kegagalan struktur saat terjadi gempa. Salah satu bentuk kegagalan yang umum terjadi adalah patahnya kolom akibat

Parameter			Perencanaan Awal	Hasil Analisis ETABS	Keterangan
Kolom					ketidakmampuannya dalam menahan gaya geser serta beban gravitasi dan beban lateral yang bekerja pada bangunan. Hal ini dapat terjadi akibat kekakuan dan daktilitas struktur yang tidak mencukupi, desain penulangan yang tidak sesuai, atau ketidakcukupan detail penguatan pada zona kritis. Kegagalan ini dapat mengarah pada mekanisme keruntuhan yang progresif, yang berisiko menyebabkan kegagalan total pada bangunan.
	K3		Kolom K3 (130 mm x 130 mm) Praktis	Kolom K3 (130 mm x 130 mm) Kolom Praktis	Dimensi dan spesifikasi penulangan sudah sesuai sehingga dapat digunakan sebagai elemen struktur sekunder dengan kekuatan yang cukup dalam mendukung stabilitas bangunan.
Balok	B1		Balok B1 (300mm x 400mm)	Balok B1 (300mm x 400mm)	Dimensi, selimut beton, dan penulangan balok telah memenuhi standar sehingga mampu

Parameter		Perencanaan Awal	Hasil Analisis ETABS	Keterangan
Balok	B1			menopang beban dengan baik serta memberikan kestabilan terhadap struktur.
	B2	Balok B2 (200mm x 200mm)	Balok B2 (200mm x 200mm)	Struktur balok telah sesuai dengan ketentuan perencanaan sehingga dapat berfungsi dengan optimal dalam mendukung beban yang bekerja.
	B3	Balok B1 (130mm x 200 mm) Ring Balok	Balok B1 (130mm x 200 mm) Ring Balok	Sebagai ring balok, dimensi dan penulangan sudah sesuai, sehingga dapat berfungsi dengan baik dalam menjaga kestabilan struktur.
Plat Lantai		Plat 120 mm	Plat 120 mm	Plat lantai dengan ketebalan 12 mm telah sesuai dengan dimensi, selimut beton, dan penulangan yang disesuaikan dengan pembebanan. Meskipun standar SNI menetapkan ketebalan 12,5 mm, toleransi hingga 12 mm masih dapat diterima berdasarkan pertimbangan beban yang bekerja.

Dari table di atas dapat diketahui bahwa perencanaan harus sesuai dengan standar SNI yang berlaku di Indonesia sehingga Gedung yang di rencanakan dapat memenuhi syarat.