

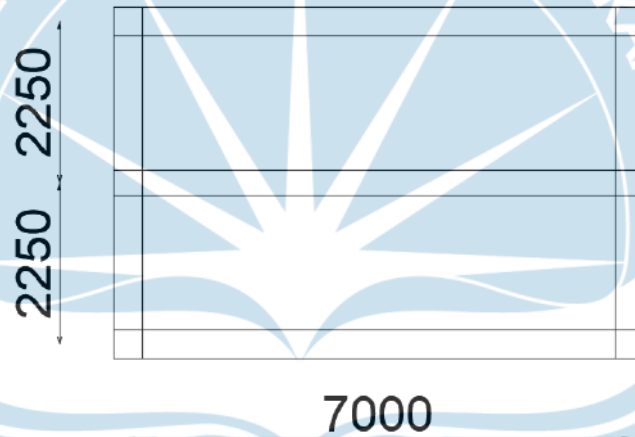
BAB II

PERANCANGAN STRUKTUR ATAS

2.1 Preliminary Design

Preliminary design merupakan hal utama dalam merencanakan suatu gedung tujuannya untuk menentukan dimensi tebal plat lantai, kolom, dan balok yang akan dijadikan sebagai acuan dalam merencanakan Gedung Rehabilitasi *Maintainance*. Berikut adalah preliminary design untuk bangunan tersebut.

Diketahui:



Gambar 2. 1 Ukuran Plat Lantai Terbesar

$$L_y = 7000 \text{ mm}$$

$$L_x = 2250 \text{ mm}$$

1. Menentukan Tebal Plat pada Lantai

a. Identifikasi plat

Tumpuan satu ujung menerus & dua menerus

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{7000}{2250} = 3,111 > 2$$

Sehingga, menggunakan plat satu arah.

b. Menentukan tebal plat satu arah

Sesuai dengan SNI 2847-2019 pasal 7.3.1.1 ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang, berikut adalah desain dimensi plat lantai sesuai dengan kondisi tumpuannya :

1) Kondisi tumpuan satu ujung menerus

$$h = \frac{L_x}{24} = \frac{2250}{24} = 93,75 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

2) Kondisi tumpuan dua ujung menerus

$$h = \frac{L_x}{28} = \frac{2250}{28} = 80,36 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

3) Kondisi tumpuan dua ujung menerus

$$h = \frac{L_x}{28} = \frac{2250}{28} = 80,36 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

2. Menentukan Dimensi Kolom

Diketahui:

Dimensi kolom = 600×600 (mm)

a. Cek dimensi penampang kolom SRPMK

1) $B \leq H$

$$600 \leq 600 \text{ (OK)}$$

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

$$\frac{600}{600} > 0,4$$

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

3. Menentukan Dimensi Balok

a. Menentukan tinggi minimum balok

1) Kondisi perlekatan menerus satu sisi

$$h = \frac{L_y}{18,5} = \frac{7000}{18,5} = 378,378 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

2) Kondisi perlekatan menerus dua sisi

$$h = \frac{L_y}{21} = \frac{7000}{21} = 333,333 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

b. Menentukan lebar minimum balok

1) Kondisi perlekatan menerus satu sisi

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 378,378 = 252,252 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

2) Kondisi perlekatan menerus dua sisi

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 333,333 = 222,222 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Tabel 2. 1 Rekap Dimensi Balok

REKAP	B (mm)	H (mm)
Satu sisi	300	400
Dua sisi	250	350

Balok induk yang digunakan adalah 350×400 (mm)

Balok anak yang digunakan adalah 250×350 (mm)

c. Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK

$$L_n > 4d$$

$$d = 400 - 40 - 8 - 25/2 = 339,5 \text{ mm}$$

$$L_n = 7000 - 600 = 6400 \text{ mm}$$

$$6400 > 4 \times 339,5$$

$$6400 > 1358 \text{ (OK)}$$

Dari perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa *preliminary design* Gedung Rehabilitasi *Maintenance*, yaitu sebagai berikut:

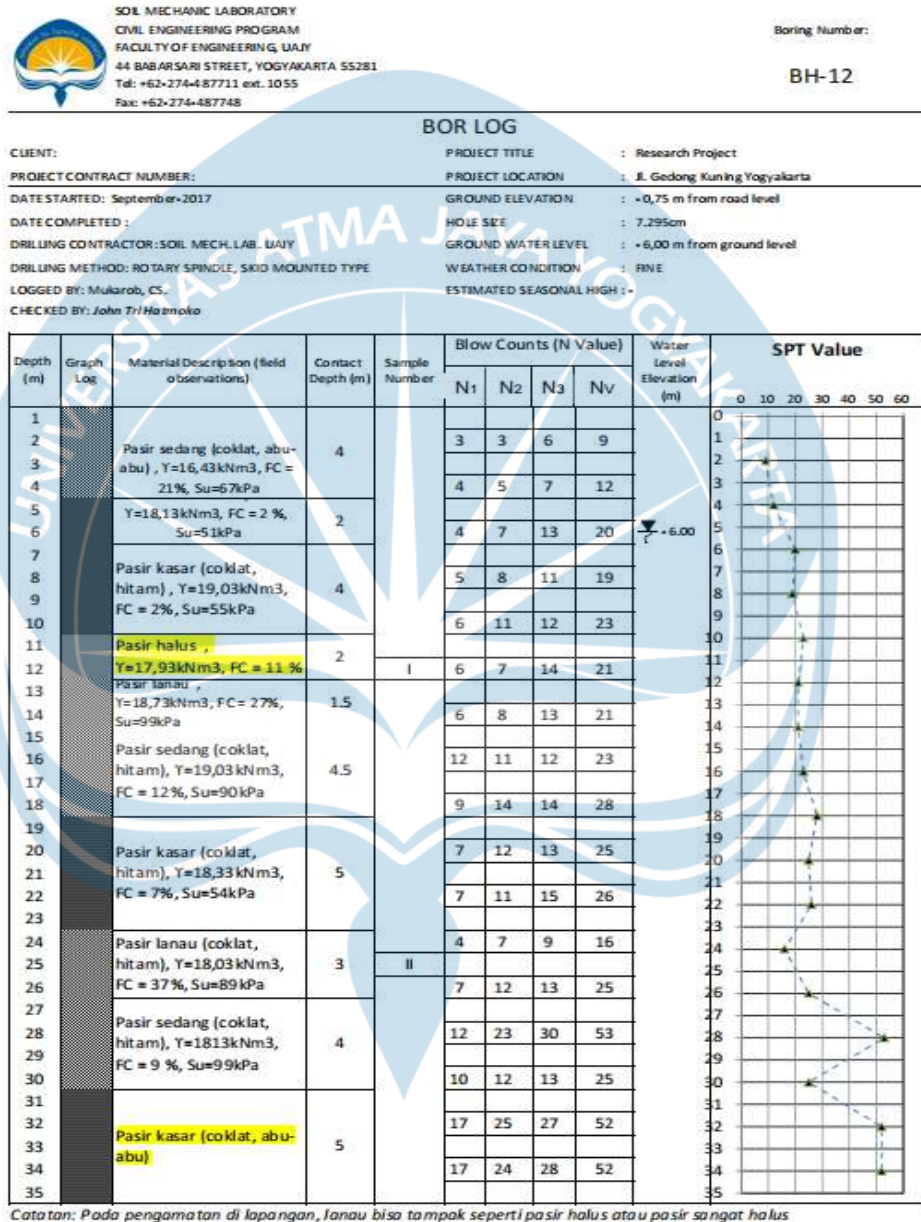
Tabel 2. 2 *Preliminary Design*

Pelat	120 mm
Kolom	600×600 (mm)
Balok Induk	350×400 (mm)
Balok Anak	250×350 (mm)

2.2 Interpretasi Data Tanah dan Penentuan Kelas Situs

Klasifikasi situs dilakukan untuk mendapatkan kriteria desain seismik pada suatu bangunan yang penyelidikan tanahnya harus dilakukan di lapangan dan di laboratorium. Interpretasi data tanah dimulai dengan mengidentifikasi

tanah untuk mendapatkan kelas situs pada suatu bangunan. Penentuan kelas situs dapat diinterpretasikan dari hasil pengeboran dengan menggunakan korelasi nilai N_{SPT} . Berikut adalah data tanah yang didapatkan dari hasil laboratorium.



Gambar 2. 2 Data Tanah

Dari hasil data tanah dapat ditentukan kelas situs pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* yang dioalah dalam bentuk perhitungan. Berikut adalah perhitungan tahanan penetrasi (N) dan kuat geser niralir (S_u).

Tabel 2. 3 Hitung N dan Su – Rerata

ELEV	d (tebal)	Nspt	di/Ni	N*	Su	di/su	Su*
4	4	12	0,33333333		67	0,05970149	
6	2	20	0,1		51	0,0392156	
10	4	23	0,173913043		55	0,0727273	
12	2	21	0,095238095		115	0,01739130	
13,5	1,5	21	0,071428571		99	0,01515151	
18	4,5	28	0,1607142857	22,59702562	90	0,05	69,0201
23	5	21	0,238095238		54	0,0925925	
26	3	25	0,12		89	0,0337078	
30	4	25	0,16		99	0,0404040	
35	5	52	0,096153846		58	0,0862062	
	35		1,548876413			0,5070986	

Berdasarkan SNI 1726-2019 tabel 5 klasifikasi situs, didapatkan hasil sebagai berikut:

$$15 < N^* < 50$$

$$50 < Su < 100 \text{ kPa}$$

$$15 < 22,597 < 50$$

$$50 < 69,0201 < \text{kPa}$$

Dari hasilnya dapat disimpulkan bahwa kelas situs bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* adalah SD (tanah sedang).

2.3 Penentuan Sistem Struktur

1. Penentuan Kategori Resiko

Berdasarkan SNI 1726:2019 tabel 3, kategori resiko pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* yaitu termasuk pada kategori resiko III. Hal ini dikarenakan bangunan kami merupakan fasilitas kesehatan untuk rehabilitasi yang tidak memiliki unit bedah dan gawat darurat.

Tabel 2. 4 Kategori Resiko

<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <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"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <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>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">III</div>
--	--

2. Penentuan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019 tabel 4 dan dengan bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* yang termasuk ke dalam resiko III, maka faktor keutamaan gempa pada bangunan tersebut yaitu 1,25.

Tabel 2. 5 Faktor Keutamaan Gempa

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

3. Penentuan Klasifikasi Situs

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* didapatkan bahwa klasifikasi situsnya termasuk ke dalam kelas situs SD (Tanah Sedang).

Tabel 2. 6 Klasifikasi Situs

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{sk}	\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	≥ 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)		

4. Penentuan Parameter Spektral Respons

Melalui web Desain spektra Indonesia (Pu.go.id), didapatkan nilai sebagai berikut:

- a. $T_0 = 0,16$ s
- b. $T_s = 0,78$ s
- c. $S_{ds} = 0,78$ g
- d. $S_{d1} = 0,61$ g
- e. $S_s = 1,1070$
- f. $S_1 = 0,5070$

g. Hitung Periode Fundamental Gedung (T)

Bedasarkan SNI 1726:2019 tabel 18, tipe struktur pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* yaitu rangka beton pemikul beton dengan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$.

$$h_n = 5,5 + 3,5 + 5 = 12 \text{ m}$$

$$T_a = C_b h_n^x = 0,0466 \times 12^{0,9} = 0,4362 \text{ s}$$

Tabel 2. 7 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

5. Penentuan Kategori Desain Seismik (KDS)

Tabel 2. 8 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

Berdasarkan SNI 1726:2019 tabel 8, dengan $S_{DS} = 0,78 g$ dan termasuk kategori risiko III maka kategori desain seismik pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* adalah D.

6. Penentuan Koefisien Modifikasi Respons (R)

Berdasarkan SNI 1726:2019 tabel 12, sistem pemikul gaya seismik bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* adalah rangka beton bertulang pemikul momen khusus, sehingga nilai $R = 8$, $\Omega_o = 3$, dan $C_d = 5,5$.

Tabel 2. 9 Faktor R, C_d , dan Ω_o untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_o^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_x (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	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	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^g	TI ^g	TI ^g
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^g	TI ^g	TI ^g
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ	3½	3 ⁿ	3½	10	10	10	10	10

2.4 Perencanaan Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur merupakan hal yang perlu dilakukan dalam merencanakan gedung bertingkat. Pembebanan ini berfungsi agar struktur gedung dapat mampu memikul beban-beban yang terjadi seperti beban gravitasi dan beban gempa. Berikut adalah perhitungan beban gempa pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance*.

Data-data yang digunakan pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* sebagai berikut:

Tebal pelat lantai : 120 mm
Balok induk : 350 × 400 mm

Balok anak	: 250 × 350 mm
Kolom	: 600 × 600 mm
Tinggi tigkat lantai 1 & 2	: 3500 mm
Mutu beton $f'c$: 25 Mpa
Mutu baja f_y	: 420 Mpa
Kategori resiko gedung	: III (Rumah Sakit)
Faktor keutamaan gempa (I_e)	: 1,25
Kategori desain seismik bangunan	: D
Periode fundamental gedung (T)	: 0,4362 s
Parameter <i>spectral respons</i>	: $T_o = 0,16$ s
	$T_s = 0,78$ s
	$S_{ds} = 0,78$ g
	$S_{d1} = 0,61$ g
Menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus.	
Koefisien modifikasi <i>respons</i> (R)	: R = 8
	Cd = 5,5
	I = 1
	$\Omega = 3$

1. Koefisien Respons Seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,78}{\left(\frac{8}{1,25}\right)} = 0,12$$

Nilai C_s tidak perlu lebih dari besar dari:

$$C_s \max = \frac{S_{ds}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,78}{0,4362 \left(\frac{8}{1,25}\right)} = 0,219$$

Nilai C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s \min = 0,044 S_{ds} I_e = 0,044 \times 0,78 \times 1,25 = 0,0429 > 0,01 \text{ (OK)}$$

Nilai C_s yang digunakan adalah 0,12.

2. Berat Seismik Efektif Bangunan

Berat satuan lantai tipikal 1-2 (t)	= 120 mm
Berat sendiri plat	= 2,88 kN/m ²
Pasir 4 cm	= 0,68 kN/m ²
Pasir 2 cm	= 0,4 kN/m ²
Penutup lantai	= 0,24 kN/m ²
Partisi	= 1 kN/m ²
Plafon, MEP, dll	= 0,25 kN/m ²
Total Dead load (DL)	= 5,45 kN/m ²

$$\text{DL input software (tanpa berat sendiri)} = 5,45 - 2,88 = 2,57$$

Berat satuan balok dan kolom

Balok induk 350 × 400 mm	= 0,35(0,4 - 0,12)24	= 2,35 kN/m
Balok anak 250 × 350 mm	= 0,25(0,35 - 0,12)24	= 1,38 kN/m
Kolom 600 × 600 mm	= 0,6 × 0,6 × 24	= 8,64 kN/m

a. Unit 1

Lantai 2 (elevasi 3,5 m)

$$\begin{aligned} \text{Dinding} &= (2 \cdot (15 + 44,4) + 3,5 + 4 + 3,5 \cdot 2 + 8) \cdot (3,5 + 3,5/2) \cdot 2,5 \\ &= 1854,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plesteran} &= (2 \cdot (15 + 44,4) + 3,5 + 4 + 3,5 \cdot 2 + 8) \cdot (3,5 + 3,5/2) \cdot 0,21 \\ &= 155,78 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plat lantai} &= (19 \cdot 44,4 + 6 \cdot 3,5 + 3,5 \cdot 8 - 2,3 \cdot 24,9 - 2 \cdot 4,5) \cdot 5,45 \\ &= 4503,499 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok induk 350} \times \text{400 mm} &= (1 \cdot 6 + 4 \cdot 19 + 12 \cdot 8,35 + 22,5 \cdot 3 \cdot 44,4 + 3 \cdot 47,9 + 1 \cdot 8) \cdot 2,352 \\ &= 1257,379 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok anak 250} \times \text{350 mm} &= (11 \cdot 4 + 4 \cdot 15 + 1 \cdot 44,4 + 2 \cdot 4,5 + 2 \cdot 24,9 + 1 \cdot 43,4 + 1 \cdot 8) \cdot 1,38 \\ &= 356,868 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Kolom 600} \times \text{600 mm} = 78(3,5 + 3,5/2) \cdot 8,64 = 3538,08 \text{ kN}$$

$$\text{Total W1} = 11666,171 \text{ kN}$$

Lantai atap (elevasi 7 m)

$$\begin{aligned} \text{Dinding} &= (2 \cdot (15 + 44,4) + 3,5 + 4 + 3,5 \cdot 2 + 8) \times (3,5/2) \cdot 2,5 \\ &= 5925,938 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plesteran} &= (2 \cdot (15 + 44,4) + 3,5 + 4 + 3,5 \cdot 2 + 8) \cdot (3,5/2) \cdot 0,21 \\ &= 497,779 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plat lantai} &= (3,5 \cdot 4 + 39,9 \cdot 2 + 36,4 \cdot 2 + 22,5 \cdot 8) \cdot 5,45 \\ &= 1888,97 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok induk } 350 \times 400 \text{ mm} &= (2 \cdot 6 + 2 \cdot 19 + 22,5 \cdot 3 + 2 \cdot 44,4 + 3 \cdot 8 + 2 \cdot 47,9) \cdot 2,352 \\ &= 766,987 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok anak } 250 \times 350 \text{ mm} &= (1 \cdot 4 + 1 \cdot 15 + 1 \cdot 7 + 1 \cdot 44,4 + 2 \cdot 4,5 + 1 \cdot 43,4 + 1 \cdot 8) \cdot 1,38 \\ &= 180,504 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Kolom } 600 \times 600 \text{ mm} = 59(3,5/2) \cdot 8,64 = 892,08 \text{ kN}$$

Kuda-kuda (elevasi 12 m)

$$\text{Reaksi dari SAP} = 63,88 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jarak antar kuda-kuda} = 4,98 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat } W_{\text{atap}} &= 63,88 \cdot 2(36,4/4,98) + 63,88 \cdot 2 \\ &= 1061,588 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Total } W_2 = 11213,864 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat mati total (W)} &= W_1 + W_2 \\ &= 11666,171 + 11213,846 \\ &= 22880,02 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Unit 2

Lantai 2 (elevasi 3,5 m)

$$\text{Dinding} = 2(12 + 19,4) \cdot (3,5 + 3,5/2) \cdot 2,5 = 824,25 \text{ kN}$$

$$\text{Plesteran} = 2(12 + 19,4) \cdot (3,5 + 3,5/2) \cdot 0,21 = 69,237 \text{ kN}$$

$$\text{Plat lantai} = 12 \cdot 19,4 \cdot 5,45 = 1268,76 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok induk } 350 \times 400 \text{ mm} &= (12 \cdot 6 + 19,4 \cdot 5) \cdot 2,352 \\ &= 397,488 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok anak } 250 \times 350 \text{ mm} &= (12 \cdot 19,4 + 2 \cdot 16 + 1 \cdot 7) \cdot 1,38 \\ &= 107,364 \text{ kN} \\ \text{Kolom } 600 \times 600 \text{ mm} &= 24(3,5 + 3,5/2) \cdot 8,64 = 1088,64 \text{ kN} \\ \text{Total } W_1 &= 3755,739 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lantai atap (elevasi 7 m)

$$\begin{aligned} \text{Dinding} &= (2 \cdot (12 + 19,4)) \cdot (3,5/2) \cdot 2,5 = 274,75 \text{ kN} \\ \text{Plesteran} &= (2 \cdot (12 + 19,4)) \cdot (3,5/2) \cdot 0,21 = 23,079 \text{ kN} \\ \text{Balok induk } 350 \times 400 \text{ mm} &= (12 \cdot 6 + 19,4 \cdot 5) \cdot 2,352 \\ &= 397,488 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Kolom } 600 \times 600 \text{ mm} = 24(3,5/2) \cdot 8,64 = 362,88 \text{ kN}$$

Kuda-kuda (elevasi 12 m)

$$\begin{aligned} \text{Reaksi dari SAP} &= 42,7 \text{ kN/m} \\ \text{Jarak antar kuda-kuda} &= 3,7 \text{ m} \\ \text{Berat } W_{\text{atap}} &= 42,7 \cdot 2(36,4/3,7) + 42,7 \cdot 2 \\ &= 925,551 \text{ kN} \\ \text{Total } W_2 &= 1983,748 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat mati total (W)} &= W_1 + W_2 \\ &= 3755,739 + 1983,748 \\ &= 5739,487 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Unit 3

Lantai 2 (elevasi 3,5 m)

$$\begin{aligned} \text{Dinding} &= (2 \cdot (15 + 36,9) + 4 \cdot 2 + 7 + 2 \cdot 2 + 4) \cdot (3,5 + 3,5/2) \cdot 2,5 \\ &= 1664,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plesteran} &= (2 \cdot (15 + 36,9) + 4 \cdot 2 + 7 + 2 \cdot 2 + 4) \cdot (3,5 + 3,5/2) \cdot 0,21 \\ &= 139,797 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plat lantai} &= (4 \cdot 7 + 36,9 \cdot 17 + 2 \cdot 28,4 + 2 \cdot 6 - 2,3 \cdot 22,4) \cdot 5,45 \\ &= 3665,561 \text{ kN} \end{aligned}$$

Balok induk 350 × 400 mm

$$= (2 \cdot 38,9 + 1 \cdot 42,9 + 2 \cdot 22,4 + 1 \cdot 40,9 + 1 \cdot 36,9 + 1 \cdot 28,4 + 1 \cdot 7 + 2 \cdot 17 + 1 \cdot 6,35 + 11 \cdot 8,35 + 4 \cdot 19 + 1 \cdot 6) \cdot 2,352$$

$$= 1159,3008 \text{ kN}$$

$$\text{Balok anak } 250 \times 350 \text{ mm} = (1 \cdot 38,9 + 2 \cdot 22,4 + 1 \cdot 28,4 + 1 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 15 + 15 \cdot 4) \cdot 1,38$$

$$= 329,958 \text{ kN}$$

$$\text{Kolom } 600 \times 600 \text{ mm} = 70(3,5 + 3,5/2) \cdot 8,64 = 3175,2 \text{ kN}$$

$$\text{Total } W_1 = 10134,067 \text{ kN}$$

Lantai atap (elevasi 7 m)

$$\text{Dinding} = (2 \cdot (15 + 36,9) + 4 \cdot 2 + 7 + 2 \cdot 2 + 4) \cdot (3,5/2) \cdot 2,5$$

$$= 554,75 \text{ kN}$$

$$\text{Plesteran} = (2 \cdot (15 + 36,9) + 4 \cdot 2 + 7 + 2 \cdot 2 + 4) \cdot (3,5/2) \cdot 0,21$$

$$= 46,599 \text{ kN}$$

$$\text{Plat lantai} = (4 \cdot 7 + 38,9 \cdot 2 + 4 \cdot 2 + 28,4 \cdot 2) \cdot 5,45$$

$$= 929,77 \text{ kN}$$

Balok induk 350 × 400 mm

$$= (1 \cdot 7 + 3 \cdot 17 + 9 \cdot 19 + 1 \cdot 6 + 1 \cdot 28,4 + 1 \cdot 36,9 + 1 \cdot 40,9 + 1 \cdot 42,9 + 2 \cdot 38,9) \cdot 2,352$$

$$= 1086,389 \text{ kN}$$

$$\text{Balok anak } 250 \times 350 \text{ mm} = (7 \cdot 1 + 38,9 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 28,4 \cdot 1) \cdot 1,38$$

$$= 108,054 \text{ kN}$$

$$\text{Kolom } 600 \times 600 \text{ mm} = 54(3,5/2) \cdot 8,64 = 816,48 \text{ kN}$$

Kuda-kuda (elevasi 12 m)

$$\text{Reaksi dari SAP} = 56,66 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jarak antar kuda-kuda} = 4,38 \text{ m}$$

$$\text{Berat } W_{\text{atap}} = 56,66 \cdot 2(36,4/4,38) + 56,66 \cdot 2$$

$$= 1055,066 \text{ kN}$$

$$\text{Total } W_2 = 4597,108 \text{ kN}$$

$$\text{Berat mati total (W)} = W_1 + W_2$$

$$= 10134,0668 + 4597,108$$

$$= 14731,174 \text{ kN}$$

3. Hitung Gaya Geser Dasar (V)

a. Unit 1

$$V = C_s \times W = 0,12 \times 2280,017 = 2788,502 \text{ kN}$$

b. Unit 2

$$V = C_s \times W = 0,12 \times 5739,487 = 699,5 \text{ kN}$$

c. Unit 3

$$V = C_s \times W = 0,12 \times 14731,174 = 1795,362 \text{ kN}$$

4. Beban Gempa Metode Statistik Ekivalen

$$K = 0,5 \times T + 0,75 = 0,5 \times 0,4362 + 0,75 = 0,968$$

Tabel 2. 10 Statistik Ekivalen Unit 1

UNIT 1					
Lantai	W _x (kN)	H _x (m)	W _x · H ^k	C _{v_x}	F _x (kN)
2	11213,864	7	73772,412	0,653	1820,411
1	11666,171	3,5	39232,016	0,347	968,091
		10,5	113004,428		2788,502

Tabel 2. 11 Statistik Ekivalen Unit 2

UNIT 2					
Lantai	W _x (kN)	H _x (m)	W _x · H ^k	C _{v_x}	F _x (kN)
2	1983,748	7	13050,465	0,508	355,475
1	3755,739	3,5	12630,126	0,492	344,025
		10,5	25680,591		699,5

Tabel 2. 12 Statistik Ekivalen Unit 3

UNIT 3					
Lantai	W _x (kN)	H _x (m)	W _x · H ^k	C _{v_x}	F _x (kN)
2	4597,108	7	30242,947	0,47	844,135
1	10134,067	3,5	34079,721	0,53	951,227
		10,5	64322,668		1795,362

2.5 Pemodelan Portal 3D

Pembebanan dari hasil perhitungan perlu dimodelkan dalam 3D agar mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada suatu bangunan dengan menggunakan bantuan software ETABS. Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* memiliki 2

lantai dan terdapat 2 dilatasi sehingga terdapat 3 unit. Berikut adalah pemodelan portal 3D pada Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance*.

Data-data:

Mutu beton $F'_c = 25$ MPa

F_y tulangan = 420 Mpa ; $F_u = 560$ MPa

F_y sengkang = 280 Mpa ; $F_u = 430$ MPa

Dimensi :

Balok induk 350×400 mm

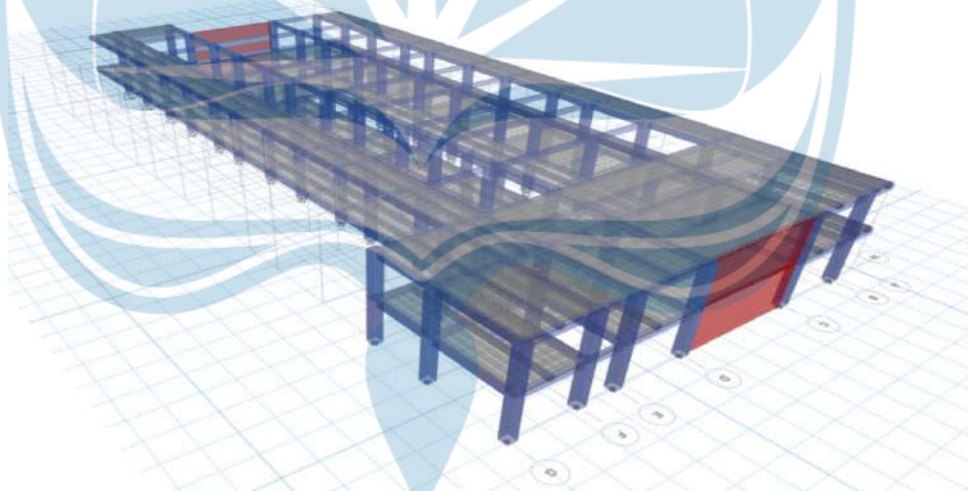
Balok anak 250×350 mm

Kolom 600×600 mm

Plat lantai 120 mm

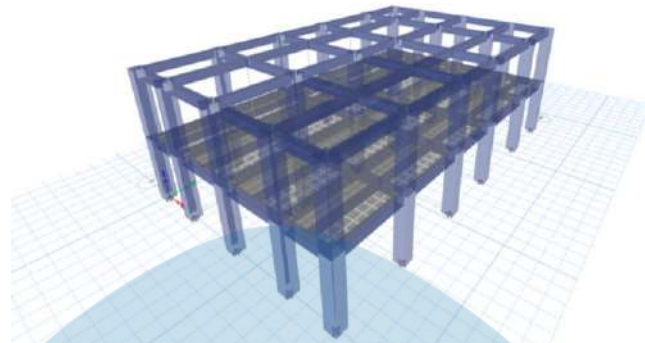
Dinding geser (*Shear Wall*) 250 mm

A. Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 1



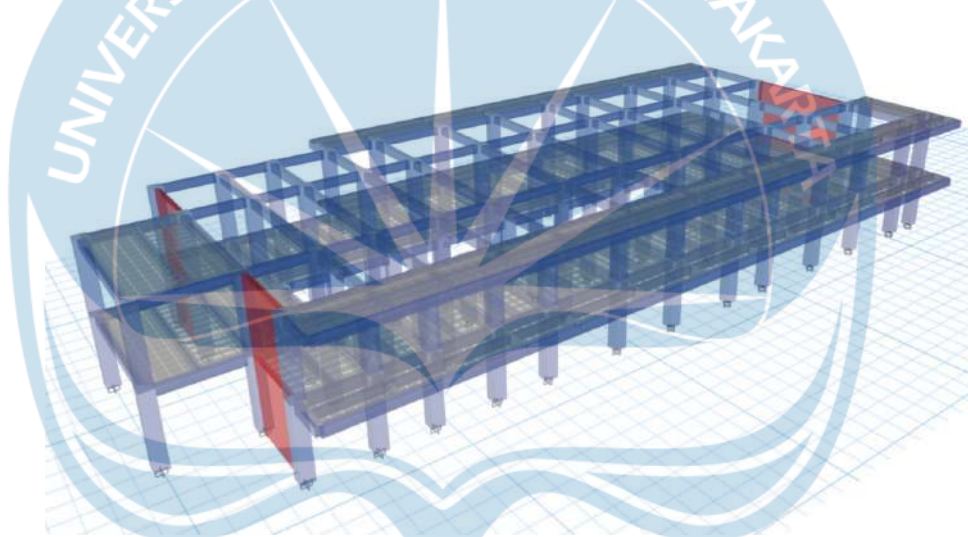
Gambar 2. 3 Pemodelan 3D Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* Unit 1

B. Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 2



Gambar 2. 4 Pemodelan 3D Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 2

C. Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 3



Gambar 2. 5 Pemodelan 3D Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 3

2.6 Interpretasi *Output* Pemodelan

Hasil pembebanan struktur dan pemodelan portal 3D didapatkan output-output dari perhitungan software ETABS yang berupa gaya eksternal dan internal yang terjadi pada Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance*. Berikut adalah output dari perhitungan software ETABS.

Diketahui:

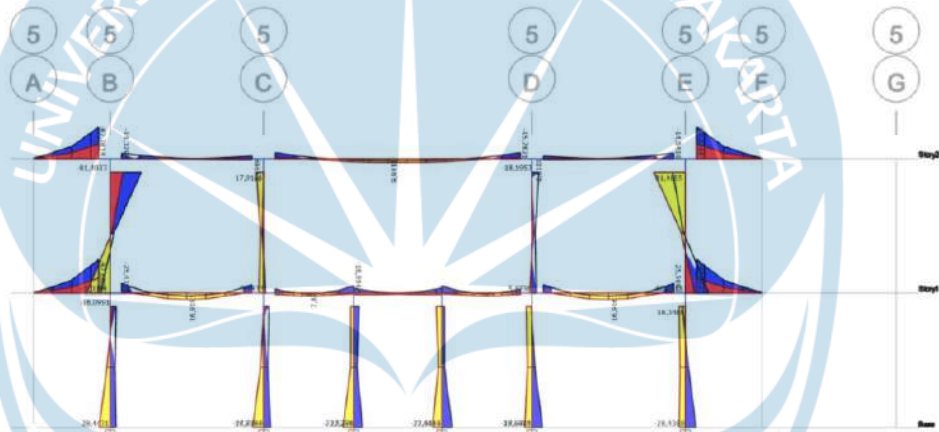
Gedung : Gedung Rehabilitasi Sosial

Tebal plat lantai : 120 mm

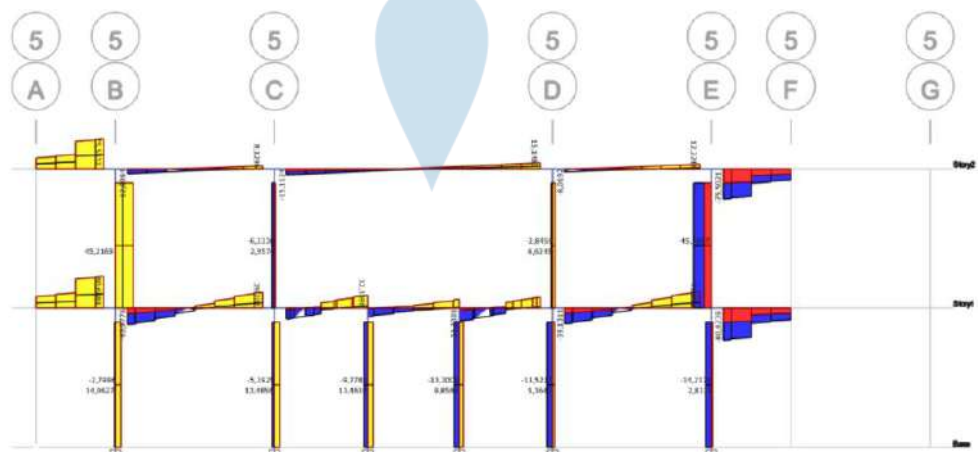
Balok induk : 350 × 400 (mm)
 Balok anak : 250 × 350 (mm)
 Kolom : 600 × 600 (mm)
 Tinggi tingkat : 3500 mm

A. Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 1

Untuk mendapatkan gaya yang akan digunakan dalam perancangan, maka perlu untuk mengambil gaya terbesar dari setiap balok dan kolom. Berikut adalah diagram BMD dan SFD dari bangunan Gedung Unit Rehabilitasi Unit 1.



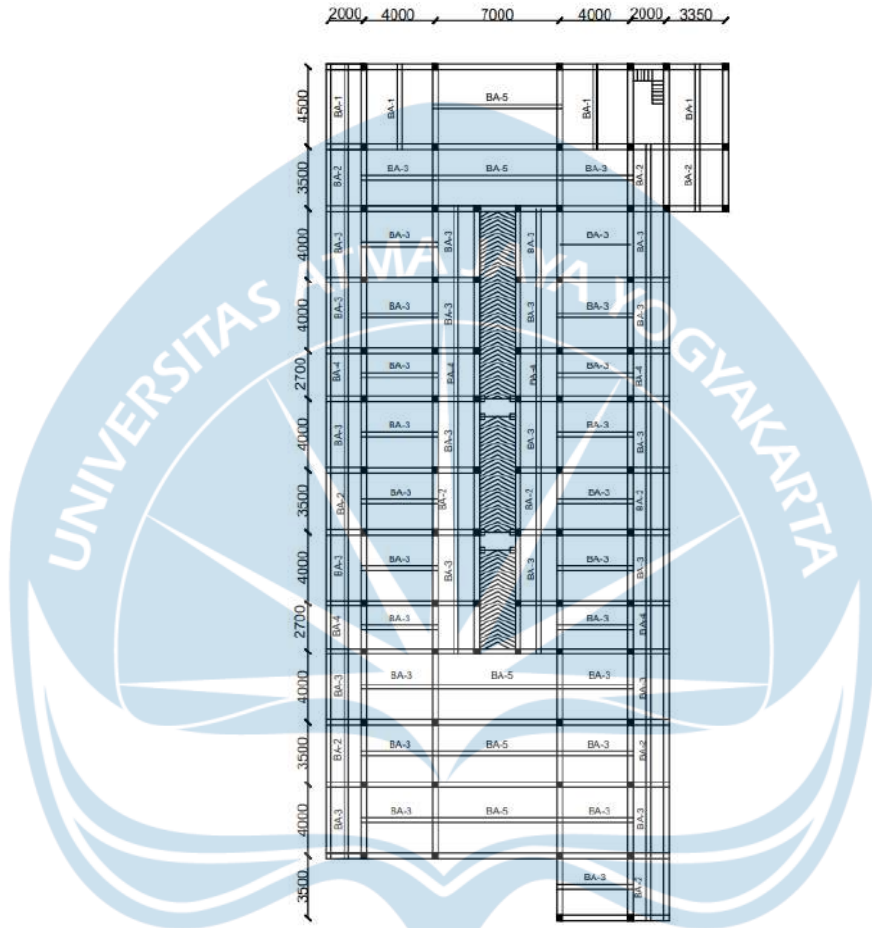
Gambar 2. 6 Diagram BMD Balok & Kolom Unit 1 untuk lantai tipikal 1-2



Gambar 2. 7 Diagram SFD Balok & Kolom Unit 1 untuk lantai tipikal 1-2

1. Pengambilan gaya dalam balok

Dari hasil ETABS, didapatkan gaya-gaya dalam balok anak dan balok induk unit 1 yang akan digunakan dalam perancangan. Berikut adalah hasil rekapitulasi gaya dalam balok anak dan balok induk unit 1.



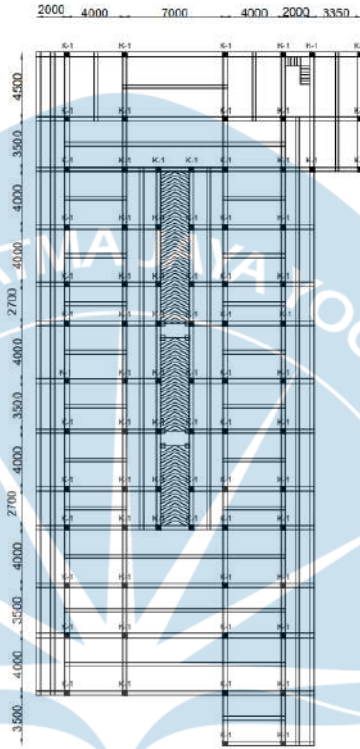
Gambar 2. 8 Layout Denah Balok Anak Unit 1

Tabel 2. 13 Gaya Dalam Balok Anak Unit 1

	BA-1	BA-2	BA-3	BA-4	BA-5
Gaya Momen Negatif (kNm)	0	0	0	0	0
Gaya Momen Positif (kNm)	51,2822	19,707	40,4429	11,7803	144,22
Gaya Geser Negatif (kN)	36,8318	-17,663	31,437	12,8209	69,8784
Gaya Geser Positif (kN)	-39,263	20,091	33,8677	14,9443	72,2971

1. Pengambilan gaya dalam kolom

Dari hasil ETABS, didapatkan gaya-gaya dalam kolom unit 1 yang akan digunakan dalam perancangan. Berikut adalah hasil rekapitulasi gaya dalam kolom unit 1.



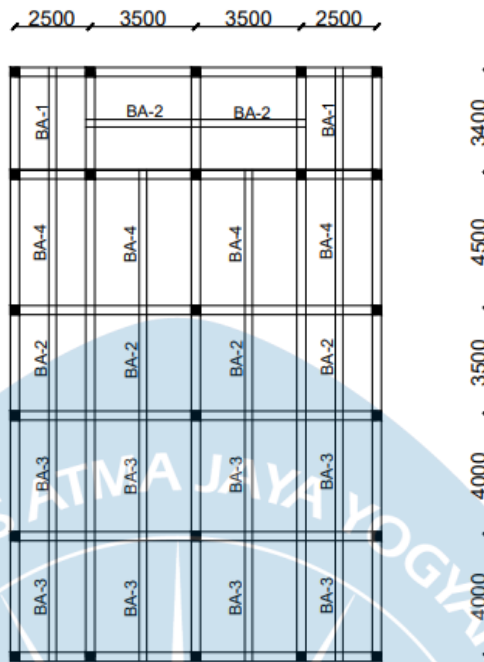
Gambar 2. 10 Layout Denah Kolom Unit 1

Tabel 2. 15 Gaya Dalam Kolom Unit 1

		K-1
Pu (kN)	Max	-816,17
	Min	-283,16
Mx (kNm)	Max	-108,04
	Min	-18,753
My (kNm)	Max	-39,235
	Min	-19,633
Vu (kN)		17,1595

B. Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* Unit 2

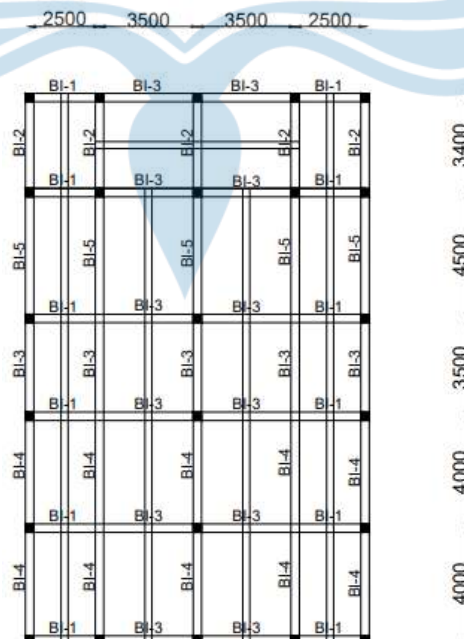
Untuk mendapatkan gaya yang akan digunakan dalam perancangan, maka perlu untuk mengambil gaya terbesar dari setiap balok dan kolom. Berikut adalah diagram BMD dan SFD dari bangunan Gedung Unit Rehabilitasi Unit 2.



Gambar 2. 13 Layout Denah Balok Anak Unit 2

Tabel 2. 16 Gaya Dalam Balok Anak Unit 2

	BA-1	BA-2	BA-3	BA-4
Gaya Momen Negatif (kNm)	0	0	0	0
Gaya Momen Positif (kNm)	19,5428	26,682	36,3476	45,9592
Gaya Geser Negatif (kN)	18,0669	23,5685	28,3659	33,1612
Gaya Geser Positif (kN)	20,3943	25,9806	30,778	35,5733



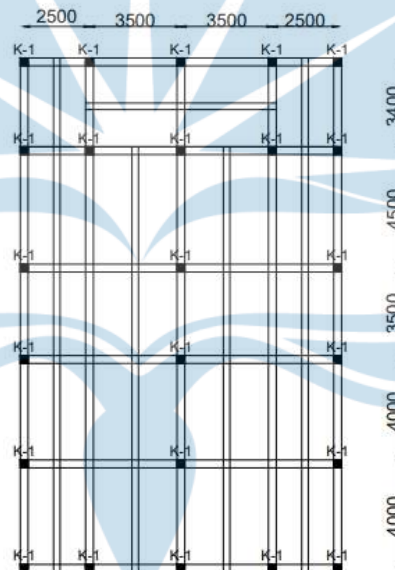
Gambar 2. 14 Layout Denah Balok Induk Unit 2

Tabel 2. 17 Gaya Dalam Balok Induk Unit 2

		BI-1	BI-2	BI-3	BI-4	BI-5
Tumpuan kiri	Mu+ (kNm)	83,413	-1,3238	-41,07	-15,77	3,2151
	Mu- (kNm)	35,048	-29,213	-112,7	-53,606	-1,7268
	Vu (kN)	54,344	-52,207	-115,26	-47,69	-22,22
	Vg (kN)	51,854	-46,248	-112,54	-45,344	-20,378
Lapangan	Mu+ (kNm)	61,94	28,192	77,253	14,25	18,6458
	Mu- (kNm)	-93,667	-22,735	-96,906	-44,21	-46,343
Tumpuan kanan	Mu+ (kNm)	-39,343	0,504	84,589	7,1141	-17,811
	Mu- (kNm)	-108,27	-26,137	35,331	-0,0675	-56,214
	Vu (kN)	125,503	49,794	-15,37	16,2134	50,049
	Vg (kN)	122,38	43,897	-12,98	13,996	48,103

2. Pengambilan gaya dalam kolom

Dari hasil ETABS, didapatkan gaya-gaya dalam kolom unit 2 yang akan digunakan dalam perancangan. Berikut adalah hasil rekapitulasi gaya dalam kolom unit 2.



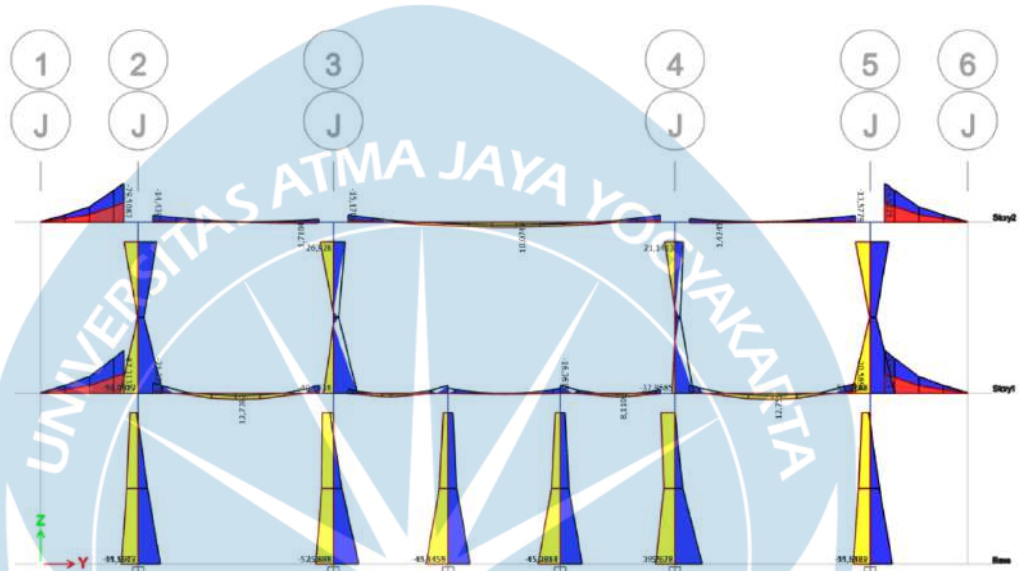
Gambar 2. 15 Layout Denah Kolom Unit 2

Tabel 2. 18 Gaya Dalam Kolom Unit 2

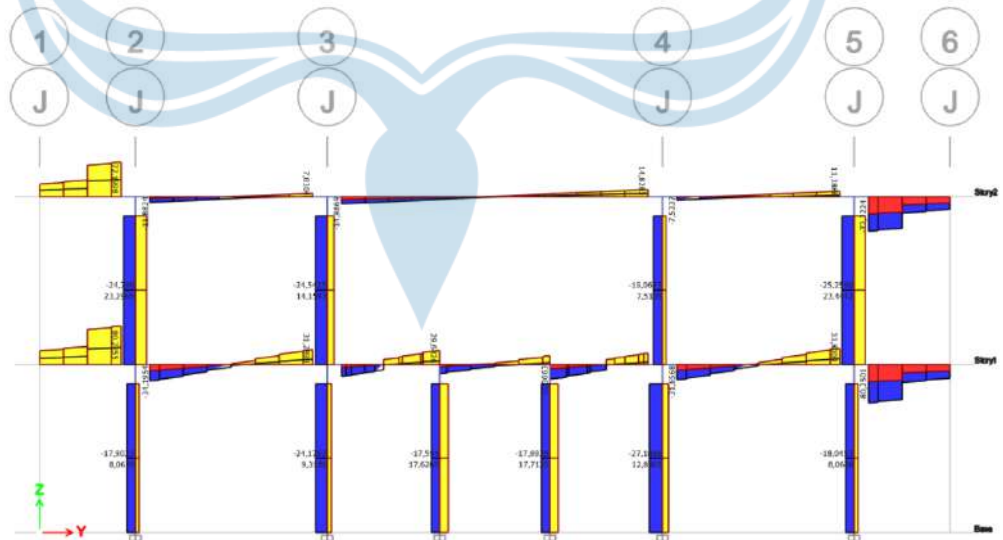
		K-1
Pu (kN)	Max	-421,22
	Min	-95,478
Mx (kNm)	Max	42,1006
	Min	-8,6445
My (kNm)	Max	36,2027
	Min	6,3733
Vu (kN)		14,8197

C. Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 3

Untuk mendapatkan gaya yang akan digunakan dalam perancangan, maka perlu untuk mengambil gaya terbesar dari setiap balok dan kolom. Berikut adalah diagram BMD dan SFD dari bangunan Gedung Unit Rehabilitasi Unit 3.



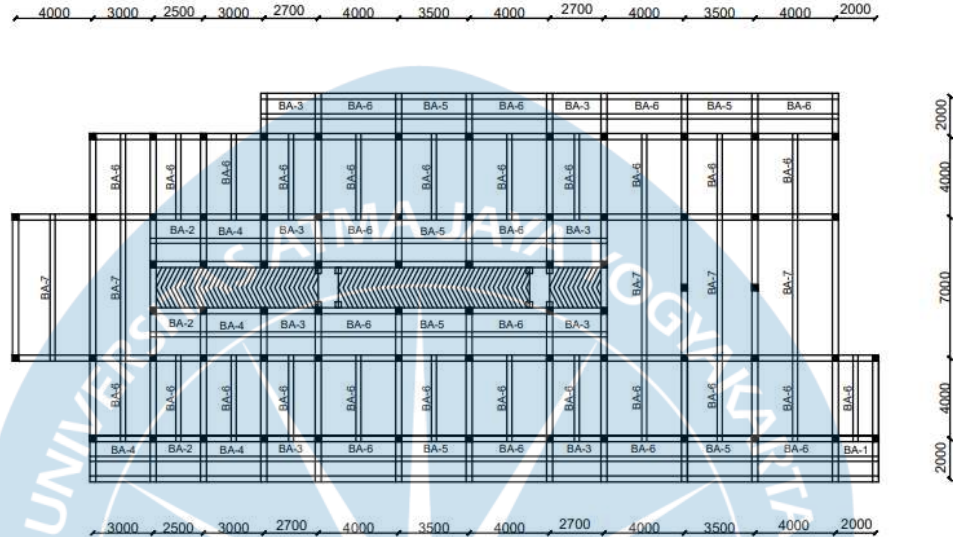
Gambar 2. 16 Diagram BMD Balok & Kolom Unit 3 untuk lantai tipikal 1-2



Gambar 2. 17 Diagram SFD Balok & Kolom Unit 3 untuk lantai tipikal 1-2

1. Pengambilan gaya dalam balok

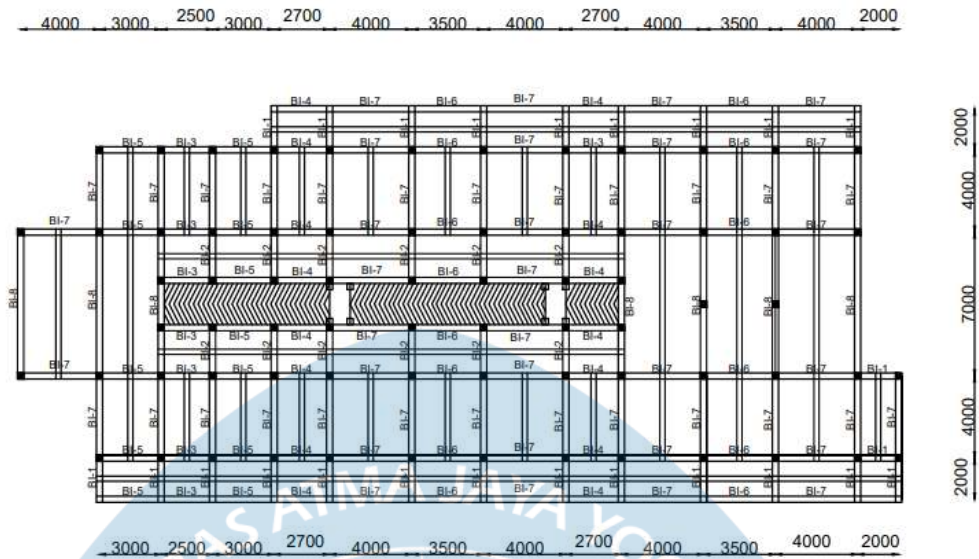
Dari hasil ETABS, didapatkan gaya-gaya dalam balok anak dan balok induk unit 3 yang akan digunakan dalam perancangan. Berikut adalah hasil rekapitulasi gaya dalam balok anak dan balok induk unit 3.



Gambar 2. 18 Layout Denah Balok Anak Unit 3

Tabel 2. 19 Gaya Dalam Balok Anak Unit 3

	BA-1	BA-2	BA-3	BA-4	BA-5	BA-6	BA-7
Gaya Momen Negatif (kNm)	0	0	0	0	0	0	0
Gaya Momen Positif (kNm)	5,729	9,402	11,7803	13,251	13,251	40,443	129,555
Gaya Geser Negatif (kN)	-7,205	-10,82	-12,821	-13,22	-13,22	-31,437	-61,579
Gaya Geser Positif (kN)	9,725	13,268	-14,944	15,743	15,743	33,868	66,226



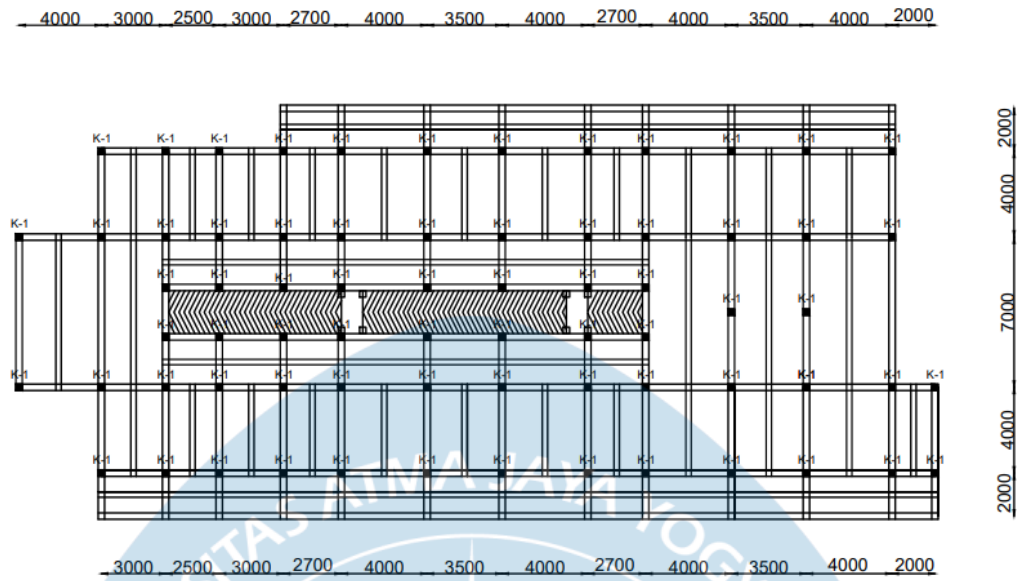
Gambar 2. 19 Layout Denah Balok Induk Unit 3

Tabel 2. 20 Gaya Dalam Balok Induk Unit 3

		BI-1	BI-2	BI-3	BI-4	BI-5	BI-6	BI-7	BI-8
Tumpuan kiri	Mu+ (kNm)	-42,94	-0,555	11,67	12,78	7,133	0,1361	75,767	-25,54
	Mu- (kNm)	-94,26	-12,31	-27,96	-28,08	-42,4	-38,17	-59,21	-65,39
	Vu (kN)	-89,14	-38,14	-34,41	-55,35	-72,9	-75,52	-83,74	-63,81
	Vg (kN)	-86,84	-34,24	-15,93	-36,83	-58,38	-65,49	-75,58	-63,19
Lapangan	Mu+ (kNm)	-34,98	15,90	24,99	15,92	35,14	44,537	59,66	42,42
	Mu- (kNm)	-76,57	-8,83	-22,85	-21,26	-28,0	-38,35	-42,61	-51,88
Tumpuan kanan	Mu+ (kNm)	2,48	0,4341	20,25	12,42	8,4126	0,1395	-4,675	-25,11
	Mu- (kNm)	1,088	-8,725	-15,72	-29,55	-36,63	-48,71	-59,06	-64,44
	Vu (kN)	-32,57	34,49	92,3	56,61	68,109	75,767	83,681	63,527
	Vg (kN)	-31,06	30,59	67,15	38,17	53,571	65,719	75,471	62,928

1. Pengambilan gaya dalam kolom

Dari hasil ETABS, didapatkan gaya-gaya dalam kolom unit 3 yang akan digunakan dalam perancangan. Berikut adalah hasil rekapitulasi gaya dalam kolom unit 3.



Gambar 2. 20 Layout Denah Kolom Unit 3

Tabel 2. 21 Gaya Dalam Kolom Unit 3

		K-1
Pu (kN)	Max	-522,5
	Min	-237,61
Mx (kNm)	Max	-24,0073
	Min	-75,239
My (kNm)	Max	40,299
	Min	45,5278
Vu (kN)		24,9617

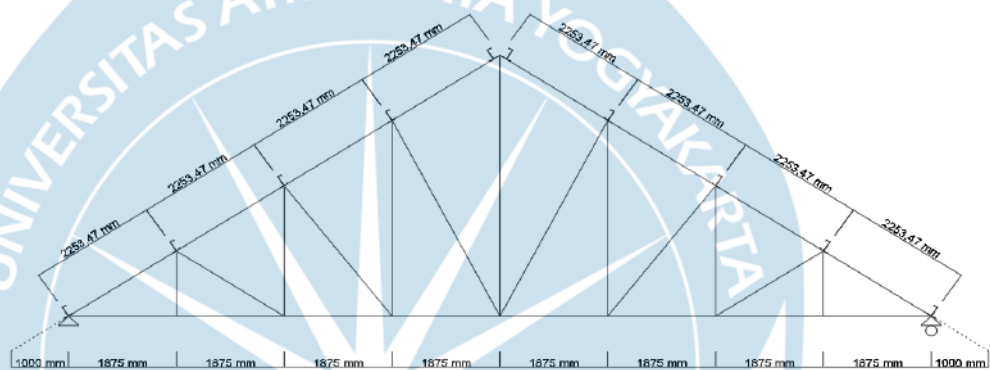
2.7 Perancangan Struktur Atap

Perencanaan atap pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* menggunakan kuda-kuda baja dan penutup atap yang memiliki bentuk pelana. Perhitungan struktur atap didasarkan pada beban yang terjadi seperti beban mati, beban hidup, dan beban angin. Dari hasil pembebanannya dapat direncanakan elemen kuda-kuda serta sambungan bautnya.

2.7.1 Perancangan Atap

A. Gedung Rehabilitasi *Maintainance* Unit 1

1. Rencana Gording



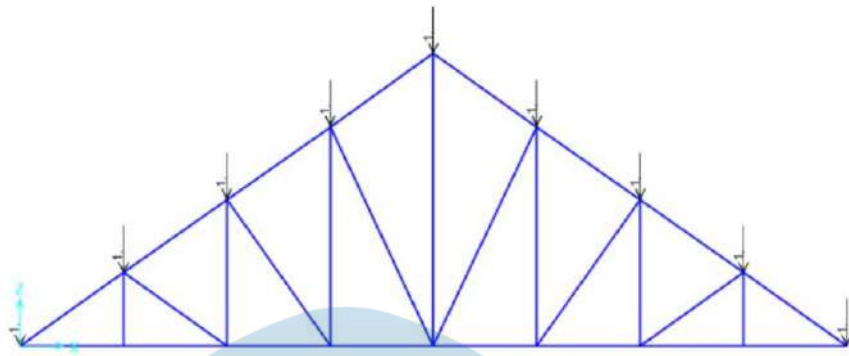
Gambar 2. 21 Rencana Gording Atap Unit 1

a. Beban Gording



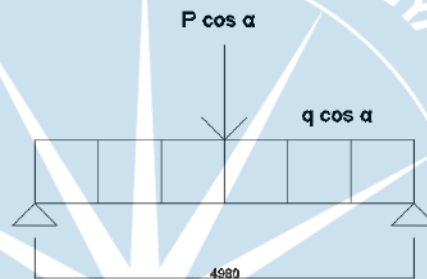
Gambar 2.22 Gording Atap Unit 1

- Berat sendiri = $5,5 \text{ Kg/m}^2 = 0,055 \text{ Kn/m}$
- Berat atap $\frac{2,25347}{\cos 34^\circ} \times 0,6 = 1,631 \text{ Kn/m}$
- Berat plafon $1,25 \times 0,2 = 0,451 \text{ Kn/m}$
- Dead load (D) $\rightarrow q = 2,137 \text{ kN/m}$
- Beban pekerja (P) diambil sebesar 1,0 kN sebagai beban live

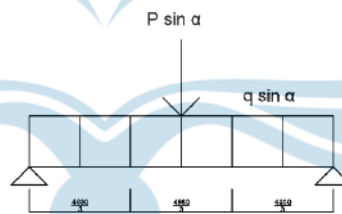


Gambar 2. 22 Pembebanan Hidup Atap Unit 1

b. Rencana Momen Gording



Gambar 2. 23 Beban Gording Arah Sumbu 2 Unit 1



Gambar 2. 24 Beban Gording Arah Sumbu 3 Unit 1

$$M_{3,D} = \frac{1}{8} q \cos a (L_1)^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,137 \cdot \cos 34^\circ \cdot (4,98)^2$$

$$= 5,491 \text{ kNm}$$

$$M_{3,L} = \frac{1}{4} P \cos a L_1 = \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot \cos 34^\circ \cdot 4,98 = 1,032 \text{ kNm}$$

$$M_{2,D} = \frac{1}{8} q \sin a \left(\frac{L_1}{3}\right)^2 = \frac{1}{8} \cdot 1,3942 \cdot \sin 34^\circ \cdot \left(\frac{4,98}{3}\right)^2$$

$$= 0,412 \text{ kNm}$$

$$M_{2,L} = \frac{1}{4} P \sin a \left(\frac{L_1}{3}\right) = \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot \sin 34^\circ \cdot \left(\frac{4,98}{3}\right) = 0,232 \text{ kNm}$$

$$M_{3,U} = 1,4M_{3,D} = 1,4 \times 5,491 = 7,688 \text{ kNm}$$

$$M_{3,U} = 1,2M_{3,D} + 1,6M_{3,L} = 1,2 \cdot 5,991 + 1,6 \cdot 1,032$$

$$= 8,241 \text{ kNm}$$

Dipilih, $M_{3,U} = 8,241 \text{ kNm}$

$$M_{2,U} = 1,4M_{2,U} = 1,4 \cdot 0,412 = 0,5768 \text{ kNm}$$

$$M_{2,U} = 1,2 M_{2,D} + 1,6 M_{2,L} = 1,2 \cdot 0,412 + 1,6 \cdot 0,232$$

$$= 0,865 \text{ kNm}$$

Dipilih, $M_{2,U} = 0,865 \text{ kNm}$

c. Cek Tegangan pada Profil C:

$$fb = \frac{M_{3,U}}{\phi W_3} + \frac{M_{2,U}}{\phi W_2} \leq Fy$$

Digunakan profil C 200 × 75 × 20 dengan tebal 2,8 mm

$$W_3 = Z_x = 63.600 \text{ mm}^3$$

$$W_2 = Z_y = 14.200 \text{ mm}^3$$

$$fb = \frac{8,241}{0,9 \times 63600} + \frac{0,865}{0,9 \times 14200}$$

$$= 0,211666 \text{ kNmm}$$

$$= 211,666 \text{ MPa} < Fy = 240 \text{ MPa}$$

d. Cek Defleksi Gording

$$I_3 = I_x = 3320000 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = I_y = 540000 \text{ mm}^4$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cos a (L_1)^4}{EI} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cos a (L_1)^3}{EI}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{2,137 \cdot \cos 34^\circ \cdot (4980)^4}{200000 \cdot 6360000} + \frac{1}{48} \cdot \frac{1 \cdot \cos 34^\circ \cdot (4980)^3}{200000 \cdot 6360000}$$

$$= 11,154 \text{ mm}$$

$$\delta_3 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \sin a \cdot \left(\frac{L_1}{3}\right)^4}{EI} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \sin a \cdot \left(\frac{L_1}{3}\right)^3}{EI}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{2,137 \cdot \sin 34^\circ \cdot \left(\frac{4980}{3}\right)^4}{200000 \cdot 750000} + \frac{1}{48} \cdot \frac{1 \cdot \sin 34^\circ \cdot \left(\frac{4980}{3}\right)^3}{200000 \cdot 750000}$$

$$= 0,788 \text{ mm}$$

$$\delta = \sqrt{(\delta_2)^2 + (\delta_3)^2} \leq \frac{1}{240} L_1$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(11,154)^2 + (0,788)^2} && \leq \frac{1}{240} 4980 \\
 &= 11,182 && \leq 20,75 \text{ mm (AMAN)}
 \end{aligned}$$

e. Rencana Sag-rod

Jumlah gording dibawah nok sejumlah $n = 4$, sehingga gaya sag-rod

$$F_{t,D} = n \cdot \left(\frac{L_1}{3} \cdot q \cdot \sin a \right) = 4 \cdot \left(\frac{4,98}{3} \cdot 2,137 \cdot \sin 34^\circ \right) = 7,933 \text{ kN}$$

$$F_{t,L} = \frac{n}{2} \cdot P \cdot \sin a = \frac{4}{2} \cdot 1 \cdot \sin 34^\circ = 1,118 \text{ kN}$$

f. Kombinasi Beban

$$F_{t,U} = 1,4 F_{t,D} = 1,4 \cdot 7,933 = 11,107 \text{ Kn}$$

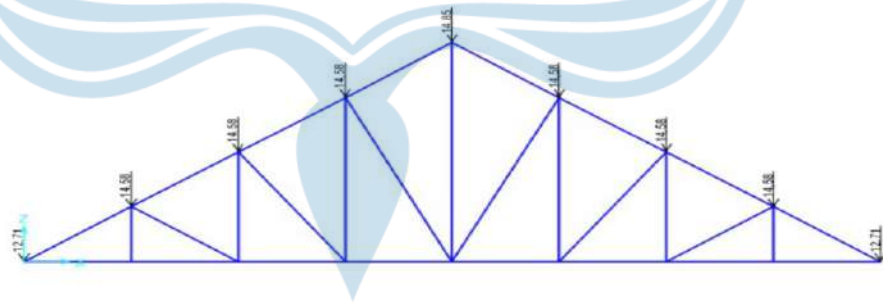
$$F_{t,U} = 1,2F_{t,D} + 1,6F_{t,L} = 1,2 \cdot 7,933 + 1,6 \cdot 1,118 = 11,309 \text{ kN}$$

Dipilih yang terbesar, sehingga $F_{t,U} = 11,309 \text{ kN}$

Luas batang sag-rod yang diperlukan:

$$A_{sr} = \frac{F_{t,U} \times 10^3}{\phi F_y} = \frac{11,309 \times 10^3}{0,9 \times 240} = 52,358 \text{ mm}^2$$

2. Rencana Beban Kuda-kuda



Gambar 2. 25 Pembebanan Mati Atap Unit 1

a. Beban P1

$$- \text{ Berat sendiri kuda – kuda} = \frac{2,25347}{2} \cdot 0,5 = 0,563 \text{ kN}$$

$$- \text{ Berat gording} = 4,98 \cdot 0,055 = 0,274 \text{ kN}$$

$$- \text{ Berat atap} = \frac{\left(\frac{2,25347}{2} + 1 \right)}{\cos 34^\circ} \cdot 4,98 \cdot 0,6 = 7,665 \text{ kN}$$

$$- \text{ Berat plafon} = \left(\frac{2,25347}{2} + 1 \right) \cdot 4,98 \cdot 0,451 = 4,773 \text{ kN}$$

Berat P1 = 12,712 kN

b. Beban P2

- Berat sendiri kuda – kuda = $2,25347 \times 0,5$ = 1,127 kN
- Berat gording = $4,98 \times 0,055$ = 0,274 kN
- Berat atap = $= \frac{2,25347}{\cos 34} \times 4,98 \times 0,6$ = 8,122 kN
- Berat plafon = $= 2,25347 \times 4,98 \times 0,451$ = 5,058 kN

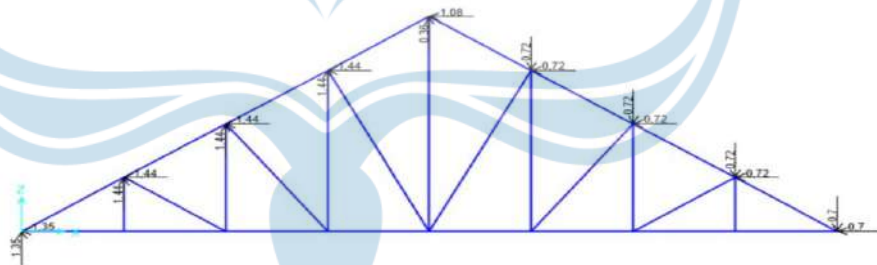
Berat P2 = 14,580 kN

c. Beban P3

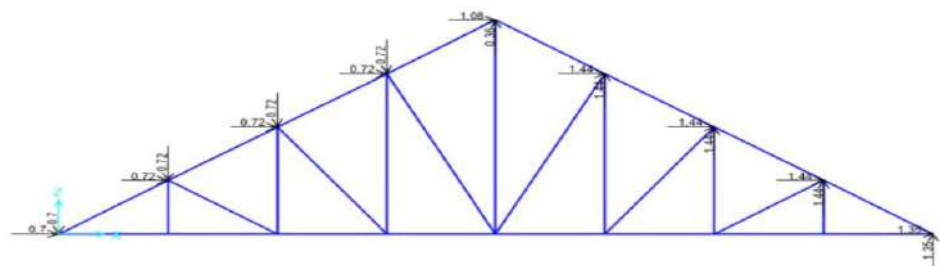
- Berat sendiri kuda-kuda = $2,25347 \cdot 0,5$ = 1,127 kN
- Berat gording = $4,98 \cdot 0,055$ = 0,274 kN
- Berat atap = $= \frac{2,25347}{\cos 34} \cdot 4,98 \cdot 0,6$ = 8,122 kN
- Berat plafon = $= 2,25347 \cdot 4,98 \cdot 0,451$ = 5,058 kN

Berat P2 = 14,580 kN

d. Beban Angin



Gambar 2. 26 Pembebanan Angin Kanan Atap Unit 1

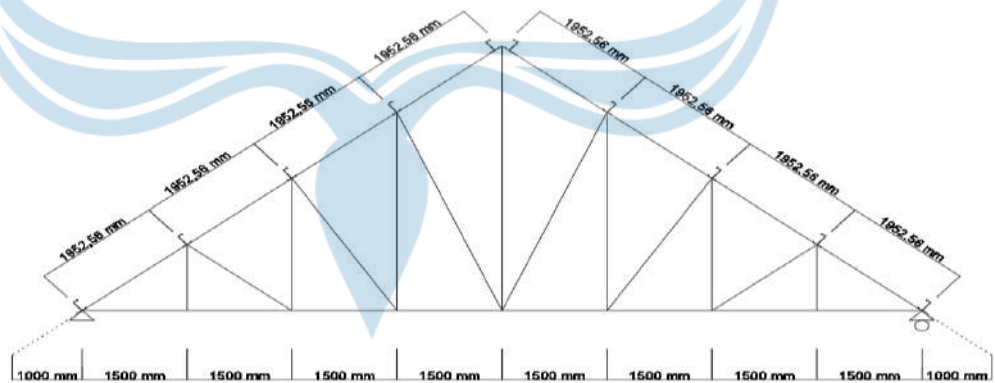


Gambar 2. 27 Pembebanan Angin Kiri Atap Unit 1

$$\begin{aligned}
 - \text{Beban } W1 &= \frac{\left(\frac{a}{2}+b\right)}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{\left(\frac{2,25347}{2}+1\right)}{\cos 34^\circ} \cdot 0,3 \cdot 4,98 \cdot 0,25 \\
 &= 0,985 \text{ kN} \\
 - \text{Beban } W2 &= \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{2,25347}{\cos 34^\circ} \cdot 0,3 \cdot 4,98 \cdot 0,25 \\
 &= 1,015 \text{ kN} \\
 - \text{Beban } W3 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{1}{2} \cdot \frac{2,25347}{\cos 34} \cdot 0,3 \cdot 4,98 \cdot 0,25 \\
 &= 0,508 \text{ kN} \\
 - \text{Beban } W4 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{1}{2} \cdot \frac{2,25347}{\cos 34} \cdot (-0,6) \cdot 4,98 \cdot 0,25 \\
 &= -1,015 \text{ kN} \\
 - \text{Beban } W5 &= \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{2,25347}{\cos 34} \cdot (-0,6) \cdot 4,98 \cdot 0,25 \\
 &= -2,030 \text{ kN} \\
 - \text{Beban } W6 &= \frac{\left(\frac{a}{2}+b\right)}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{\left(\frac{2,25347}{2}+1\right)}{\cos 34^\circ} \cdot (-0,6) \cdot 4,98 \cdot 0,25 \\
 &= -1,916 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

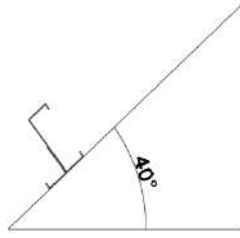
B. Gedung Rehabilitasi *Maintainance* Unit 2

1. Rencana Gording



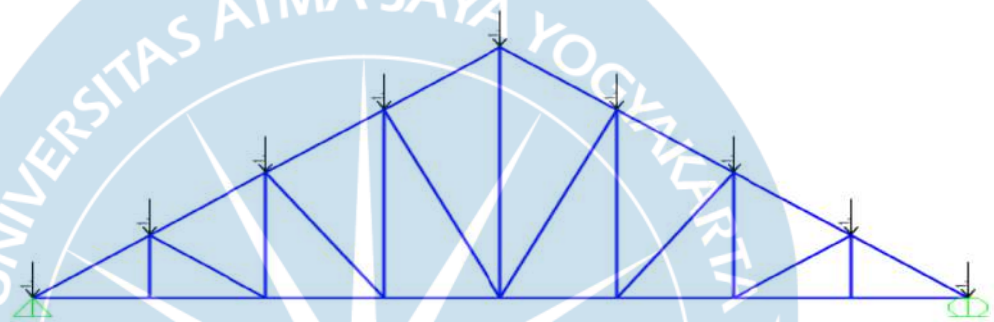
Gambar 2. 28 Rencana Gording Atap Unit 2

a. Beban Gording



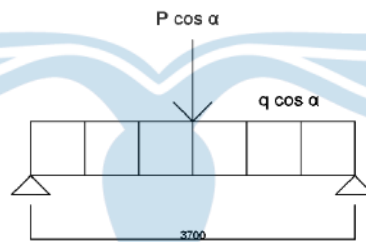
- Berat sendiri = $5,5 \text{ Kg/m}^2 = 0,055 \text{ Kn/m}$
- Berat atap $\frac{1,95256}{\cos 30^\circ} \times 0,6 = 1,529 \text{ Kn/m}$
- Berat plafon $1,95256 \times 0,2 = 0,391 \text{ Kn/m}$
- Dead load (D) q = $1,975 \text{ Kn/m}$
- Beban pekerja (P) diambil sebesar 1,0 kN sebagai beban live

Gambar 2.30 Gording Atap Unit 2

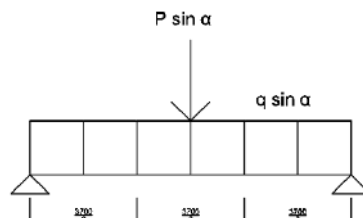


Gambar 2. 29 Pembebanan Hidup Atap Unit 2

b. Rencana Momen Gording



Gambar 2. 30 Beban Gording Arah Sumbu 2 Unit 2



Gambar 2. 31 Beban Gording Arah Sumbu 3 Unit

$$M_{3,D} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot \cos a \cdot (L_1)^2 = \frac{1}{8} \cdot 1.975 \cdot \cos 40^\circ \cdot (3,7)^2$$

$$= 2,589 \text{ kNm}$$

$$M_{3,L} = \frac{1}{4} \cdot P \cdot \cos a \cdot L_1 = \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot \cos 40^\circ \cdot 3,7 = 0,709 \text{ kNm}$$

$$M_{2,D} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot \sin a \cdot \left(\frac{L_1}{3}\right)^2 = \frac{1}{8} \cdot 1.3942 \cdot \sin 40^\circ \cdot \left(\frac{3,7}{3}\right)^2$$

$$= 0,241 \text{ kNm}$$

$$M_{2,L} = \frac{1}{4} \cdot P \cdot \sin a \cdot \left(\frac{L_1}{3}\right) = \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot \sin 40^\circ \cdot \left(\frac{3,7}{3}\right)$$

$$= 0,198 \text{ kNm}$$

$$M_{3,U} = 1,4M_{3,D} = 1,4 \cdot 2,589 = 3,624 \text{ kNm}$$

$$M_{3,U} = 1,2M_{3,D} + 1,6M_{3,L} = 1,2 \cdot 2,589 + 1,6 \cdot 0,709$$

$$= 4,240 \text{ kNm}$$

Dipilih, $M_{3,U} = 4,240 \text{ kNm}$

$$M_{2,U} = 1,4M_{2,D} = 1,4 \cdot 0,241 = 0,338 \text{ kNm}$$

$$M_{2,U} = 1,2M_{2,D} + 1,6M_{2,L} = 1,2 \cdot 0,241 + 1,6 \cdot 0,198$$

$$= 0,607 \text{ kNm}$$

Dipilih, $M_{2,U} = 0,607 \text{ kNm}$

c. Cek Tegangan pada Profil C:

$$f_b = \frac{M_{3,U}}{\phi W_3} + \frac{M_{2,U}}{\phi W_2} \leq f_y$$

Digunakan profil C 200 × 75 × 20 dengan tebal 2,8 mm

$$W_3 = Z_x = 63600 \text{ mm}^3$$

$$W_2 = Z_y = 14200 \text{ mm}^3$$

$$f_b = \frac{4,240}{0,9 \cdot 63600} + \frac{0,607}{0,9 \cdot 14200} = 0,121556 \text{ kNmm}$$

$$= 121,556 \text{ MPa} < f_y = 240 \text{ MPa}$$

d. Cek Defleksi Gording

$$I_3 = I_x = 6360000 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = I_y = 750000 \text{ mm}^4$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cos a (L_1)^4}{EI} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cos a (L_1)^3}{EI}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{1,975 \cdot \cos 40^\circ \cdot (3700)^4}{200000 \cdot 6360000} + \frac{1}{48} \cdot \frac{1 \cdot \cos 40^\circ \cdot (3700)^3}{200000 \cdot 6360000}$$

$$= 2,903 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \delta_3 &= \frac{5}{384} \cdot \frac{q \sin a}{EI} \cdot \left(\frac{L_1}{3}\right)^4 + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \sin a}{EI} \cdot \left(\frac{L_1}{3}\right)^3 \\ &= \frac{5}{384} \cdot \frac{1,975 \cdot \sin 40^\circ}{200000 \cdot 750000} \cdot \left(\frac{3700}{3}\right)^4 + \frac{1}{48} \cdot \frac{1 \cdot \sin 40^\circ}{200000 \cdot 750000} \cdot \left(\frac{3700}{3}\right)^3 \\ &= 0,255 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \sqrt{(\delta_2)^2 + (\delta_3)^2} \leq \frac{1}{240} L_1 \\ &= \sqrt{(2,903)^2 + (0,255)^2} \leq \frac{1}{240} \cdot 3700 \\ &= 2,914 \text{ mm} \leq 15,417 \text{ mm (AMAN)} \end{aligned}$$

e. Rencana Sag-rod

Jumlah gording dibawah nok sejumlah $n = 4$, sehingga gaya sag-rod

$$F_{t,D} = n \cdot \left(\frac{L_1}{3} \cdot q \cdot \sin a\right) = 4 \cdot \left(\frac{3,7}{3} \cdot 1,975 \cdot \sin 40^\circ\right) = 6,262 \text{ Kn}$$

$$F_{t,L} = \frac{n}{2} \cdot P \cdot \sin a = \frac{4}{2} \cdot 1 \cdot \sin 40^\circ = 1,286 \text{ kN}$$

f. **Kombinasi Beban**

$$F_{t,U} = 1,4F_{t,D} = 1,4 \cdot 6,262 = 8,767 \text{ kN}$$

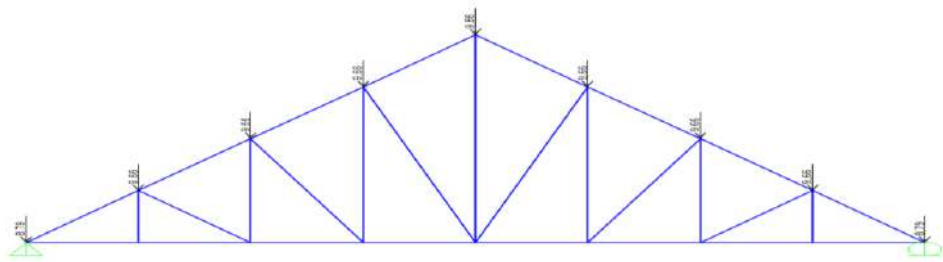
$$F_{t,U} = 1,2F_{t,D} + 1,6F_{t,L} = 1,2 \cdot 6,262 + 1,6 \cdot 1,286 = 9,572 \text{ kN}$$

Dipilih yang terbesar, sehingga $F_{t,U} = 9,572 \text{ kN}$

Luas batang sag-rod yang diperlukan :

$$A_{sr} = \frac{F_{t,U} \times 10^3}{\phi f_y} = \frac{9,572 \times 10^3}{0,9 \times 240} = 44,314 \text{ mm}^2$$

2. Rencana Beban Kuda-kuda



Gambar 2. 32 Pembebanan Mati Atap Unit 2

a. Beban P1

- Berat sendiri kuda-kuda = $\frac{1,95256}{2} \cdot 0,5$ = 0,488 kN
- Berat gording = $3,7 \cdot 0,055$ = 0,204 kN
- Berat atap = $\frac{(\frac{1,953}{2}+1)}{\cos 40^\circ} \cdot 3,7 \cdot 0,6$ = 5,727 kN
- Berat plafon = $(\frac{1,953}{2} + 1) \cdot 3,7 \cdot 0,391$ = 2,856 kN

Beban P1 = 8,786 kN

b. Beban P2

- Berat sendiri kuda-kuda = $1,95256 \cdot 0,5$ = 0,976 kN
- Berat gording = $3,7 \cdot 0,055$ = 0,204 kN
- Berat atap = $\frac{1,95256}{\cos 40^\circ} \cdot 3,7 \cdot 0,6$ = 5,659 kN
- Berat plafon = $1,95256 \cdot 3,7 \cdot 0,391$ = 2,821 kN

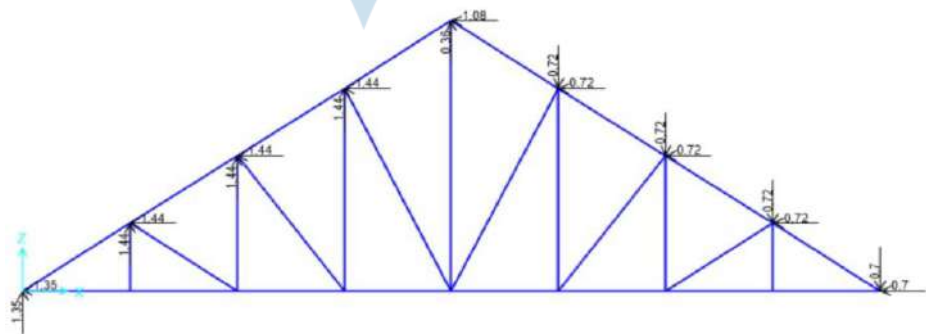
Beban P2 = 9,660 kN

c. Beban P3

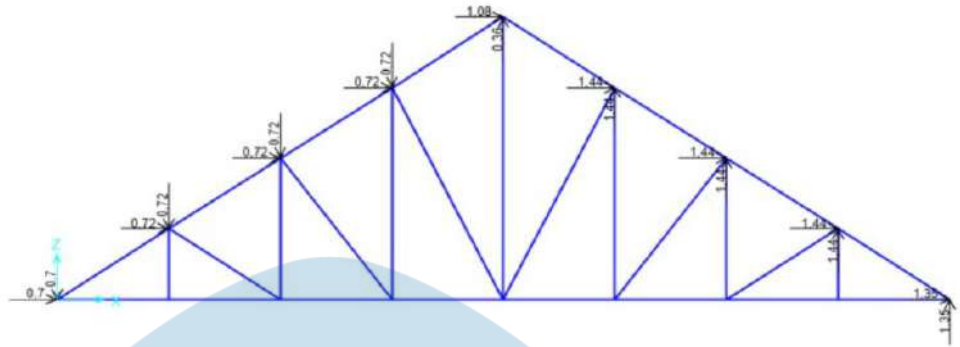
- Berat sendiri kuda-kuda = $1,95256 \cdot 0,5$ = 0,976 kN
- Berat gording = $2 \cdot 3,7 \cdot 0,055$ = 0,407 kN
- Berat atap = $\frac{1,95256}{\cos 40^\circ} \cdot 3,7 \cdot 0,6$ = 5,659 kN
- Berat plafon = $1,95256 \cdot 3,7 \cdot 0,391$ = 2,821 kN

Beban P3 = 9,863 kN

d. Beban Angin



Gambar 2. 33 Pembebanan Angin Kanan Atap Unit 2



Gambar 2. 34 Pembebanan Angin Kiri Atap Unit 2

$$\begin{aligned}
 \text{- Beban } W_1 &= \frac{\left(\frac{a}{2}+b\right)}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{\left(\frac{1,95256}{2}+1\right)}{\cos 40^\circ} \cdot 0,3 \cdot 3,7 \cdot 0,25 \\
 &= 0,716 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Beban } W_2 &= \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{1,95256}{\cos 40} \cdot 0,3 \cdot 3,7 \cdot 0,25 \\
 &= 0,707 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Beban } W_3 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,95256}{\cos 40} \cdot 0,3 \cdot 3,7 \cdot 0,25 \\
 &= 0,354 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

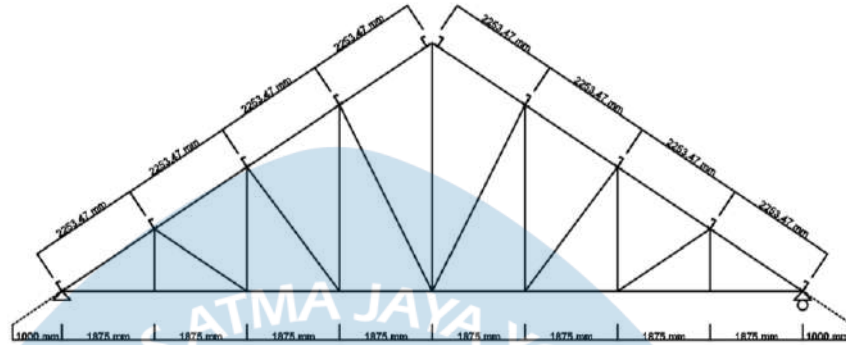
$$\begin{aligned}
 \text{- Beban } W_4 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,95256}{\cos 40^\circ} \cdot (-0,6) \cdot 3,7 \cdot 0,25 \\
 &= -0,707 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Beban } W_5 &= \frac{a}{\cos a} = \frac{1,95256}{\cos 40^\circ} \cdot (-0,6) \cdot 3,7 \cdot 0,25 \\
 &= -1,415 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Beban } W_6 &= \frac{\left(\frac{a}{2}+b\right)}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{\left(\frac{1,95256}{2}+1\right)}{\cos 40^\circ} \cdot (-0,6) \cdot 3,7 \cdot 0,25 \\
 &= -1,432 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

C. Gedung Rehabilitasi *Maintainance* Unit 3

1. Rencana Gording



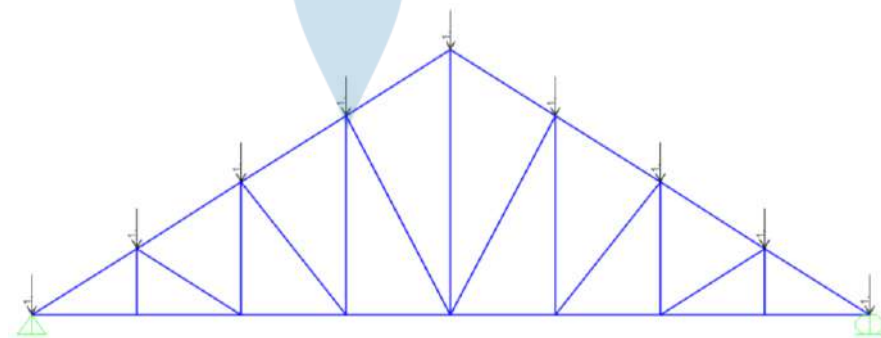
Gambar 2. 35 Rencana Gording Atap Unit 3

a. Beban Gording



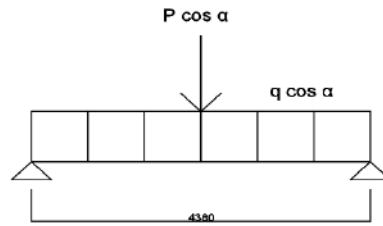
- Berat sendiri = $5,5 \text{ Kg/m}^2 = 0,055 \text{ Kn/m}$
- Berat atap $\frac{2,25347}{\cos 34^\circ} \cdot 0,6 = 1,631 \text{ Kn/m}$
- Berat plafon $1,25347 \cdot 0,2 = 0,451 \text{ Kn/m}$
- Dead load (D) q = $2,137 \text{ Kn/m}$
- Beban pekerja (P) diambil sebesar 1,0 kN sebagai beban live

Gambar 2.38 Gording Atap Unit 3

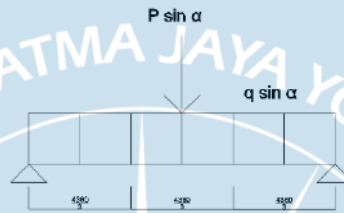


Gambar 2. 36 Pembebanan Hidup Atap Unit 3

b. Rencana Momen Gording



Gambar 2. 37 Beban Gording Arah Sumbu 2 Unit 3



Gambar 2. 38 Beban Gording Arah Sumbu 3 Unit 3

$$M_{3,D} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot \cos a \cdot (L_1)^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,137 \cdot \cos 34^\circ \cdot (4,38)^2$$

$$= 4,248 \text{ kNm}$$

$$M_{3,L} = \frac{1}{4} \cdot P \cdot \cos a \cdot L_1 = \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot \cos 34^\circ \cdot 4,38 = 0,908 \text{ kNm}$$

$$M_{2,D} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot \sin a \cdot \left(\frac{L_1}{3}\right)^2 = \frac{1}{8} \cdot 1,3942 \cdot \sin 34^\circ \cdot \left(\frac{4,38}{3}\right)^2$$

$$= 0,318 \text{ kNm}$$

$$M_{2,L} = \frac{1}{4} \cdot P \cdot \sin a \cdot \left(\frac{L_1}{3}\right) = \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot \sin 34^\circ \cdot \left(\frac{4,38}{3}\right) = 0,204 \text{ kNm}$$

$$M_{3,U} = 1,4M_{3,D} = 1,4 \times 4,248 = 5,947 \text{ kNm}$$

$$M_{3,U} = 1,2M_{3,D} + 1,6M_{3,L} = 1,2 \cdot 4,248 + 1,6 \cdot 0,908$$

$$= 6,550 \text{ kNm}$$

Dipilih, $M_{3,U} = 6,550 \text{ kNm}$

$$M_{2,U} = 1,4M_{2,D} = 1,4 \times 0,318 = 0,446 \text{ kNm}$$

$$M_{2,U} = 1,2M_{2,D} + 1,6M_{2,L} = 1,2 \cdot 0,318 + 1,6 \cdot 0,204$$

$$= 0,709 \text{ kNm}$$

Dipilih, $M_{2,U} = 0,709 \text{ kNm}$

c. Cek Tegangan pada Profil C:

$$fb = \frac{M_3, U}{\emptyset W_3} + \frac{M_2, U}{\emptyset W_2} \leq Fy$$

Digunakan profil C 200 x 75 x 20 dengan tebal 2,8 mm

$$W_3 = Z_x = 63.600 \text{ mm}^3$$

$$W_2 = Z_y = 14.200 \text{ mm}^3$$

$$fb = \frac{6,550}{0,9 \cdot 63600} + \frac{0,709}{0,9 \cdot 14200} = 0,169871 \text{ kNmm}$$

$$= 169,871 \text{ MPa} < Fy = 240 \text{ MPa}$$

d. Cek Defleksi Gording

$$I_3 = I_x = 3320000 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = I_y = 540000 \text{ mm}^4$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot \cos a \cdot (L_1)^4}{EI} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot \cos a \cdot (L_1)^3}{EI}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{2,137 \cdot \cos 34^\circ \cdot (4380)^4}{200000 \cdot 6360000} + \frac{1}{48} \cdot \frac{1 \cdot \cos 34^\circ \cdot (4380)^3}{200000 \cdot 6360000}$$

$$= 6,675 \text{ mm}$$

$$\delta_3 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \sin a \cdot (L_1)^4}{EI} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \sin a \cdot (L_1)^3}{EI}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{2,137 \cdot \sin 34^\circ \cdot (4380)^4}{200000 \cdot 750000} + \frac{1}{48} \cdot \frac{1 \cdot \sin 34^\circ \cdot (4380)^3}{200000 \cdot 750000}$$

$$= 0,471 \text{ mm}$$

$$\delta = \sqrt{(\delta_2)^2 + (\delta_3)^2} \leq \frac{1}{240} L_1$$

$$= \sqrt{(6,675)^2 + (0,471)^2} \leq \frac{1}{240} 4380$$

$$= 6,691 \text{ mm} \leq 18,25 \text{ mm}$$

e. Rencana Sag-rod

Jumlah gording dibawah nok sejumlah n = 4, sehingga gaya sag-rod

$$F_t, D = n \cdot \left(\frac{L_1}{3} \cdot q \cdot \sin a\right) = 4 \cdot \left(\frac{4,38}{3} \cdot 2,137 \cdot \sin 34^\circ\right) = 6,977 \text{ kN}$$

$$F_t, L = \frac{n}{2} \cdot P \cdot \sin a = \frac{4}{2} \cdot 1 \cdot \sin 34 = 1,118 \text{ kN}$$

f. Kombinasi Beban

$$F_{t,U} = 1,4F_{t,D} = 1,4 \times 6,977 = 9,768 \text{ kN}$$

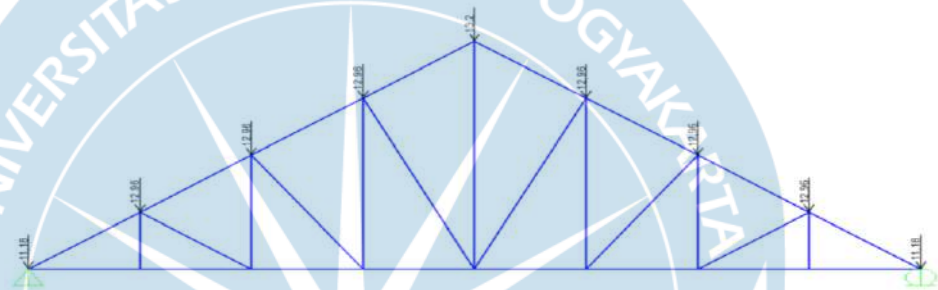
$$F_{t,U} = 1,2 F_{t,D} + 1,6F_{t,L} = 1,2 \cdot 6,977 + 1,6 \cdot 1,118 = 10,162 \text{ kN}$$

Dipilih yang terbesar, sehingga $F_{t,U} = 10,162 \text{ kN}$

Luas batang sag-rod yang diperlukan :

$$A_{sr} = \frac{F_{t,U} \times 10^3}{\sigma_{fy}} = \frac{10,162 \times 10^3}{0,9 \times 240} = 47,048 \text{ mm}^2$$

2. Rencana Beban Kuda-kuda



Gambar 2. 39 Pembebanan Mati Atap Unit 3

a. Beban P1

- Berat sendiri kuda-kuda = $\frac{2,25347}{2} \cdot 0,5 = 0,563 \text{ kN}$

- Berat gording = $4,38 \cdot 0,055 = 0,241 \text{ kN}$

- Berat atap = $\frac{(\frac{2,25347}{2} + 1)}{\cos 34^\circ} \cdot 4,38 \cdot 0,6 = 6,742 \text{ kN}$

- Berat plafon = $(\frac{2,25347}{2} + 1) \cdot 4,38 \cdot 0,451 = 4,198 \text{ kN}$

Berat P1 = 11,181 kN

b. Beban P2

- Berat sendiri kuda-kuda = $2,25347 \cdot 0,5 = 1,127 \text{ kN}$

- Berat gording = $4,98 \cdot 0,055 = 0,241 \text{ kN}$

- Berat atap = $\frac{2,25347}{\cos 34^\circ} \cdot 4,38 \cdot 0,6 = 7,143 \text{ kN}$

- Berat plafon = $2,25347 \cdot 4,38 \cdot 0,451 = 4,448 \text{ kN}$

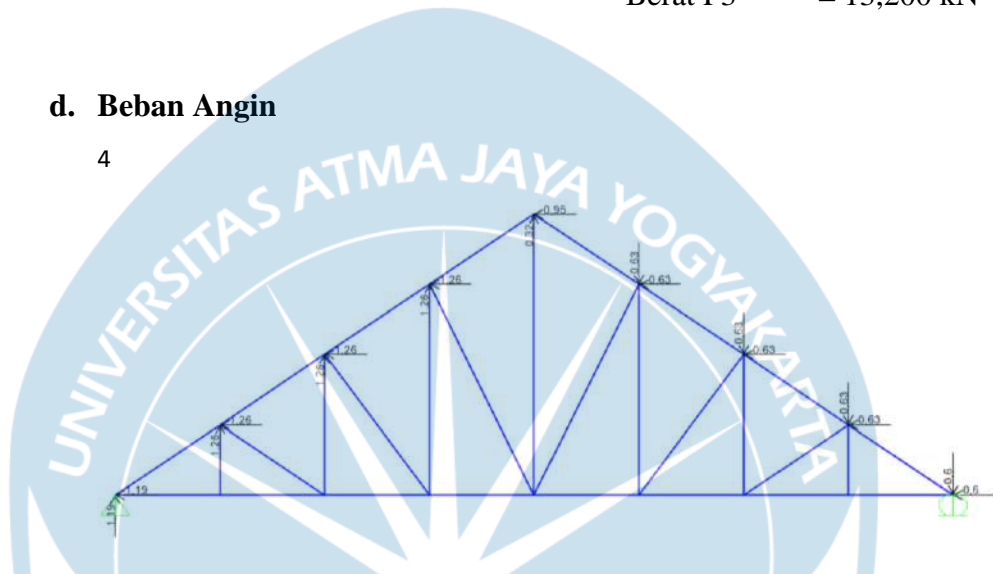
Berat P2 = 12,959 kN

c. Beban P3

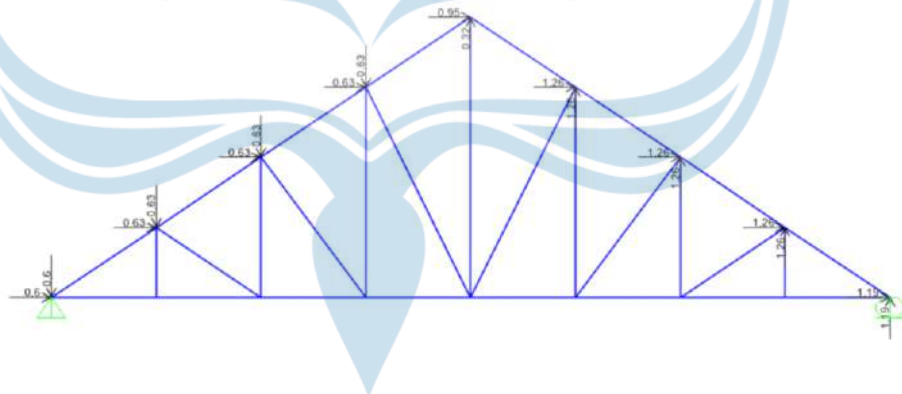
- Berat sendiri kuda-kuda = $2,25347 \cdot 0,5 = 1,127 \text{ kN}$
 - Berat gording = $2 \cdot 4,38 \cdot 0,055 = 0,482 \text{ kN}$
 - Berat atap = $= \frac{2,25347}{\cos 34} \cdot 4,38 \cdot 0,6 = 7,143 \text{ kN}$
 - Berat plafon = $= 2,25347 \cdot 4,38 \cdot 0,451 = 4,448 \text{ kN}$
- Beban P3 = 13,200 kN

d. Beban Angin

4



Gambar 2. 40 Pembebanan Angin Kanan Atap Unit 3



Gambar 2. 41 Pembebanan Angin Kiri Atap Unit 3

- $\text{Beban } W1 = \frac{\left(\frac{a}{2} + b\right)}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{\left(\frac{2,25347}{2} + 1\right)}{\cos 34^\circ} \cdot 0,3 \cdot 4,38 \cdot 0,25 = 0,843 \text{ kN}$
- $\text{Beban } W2 = \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{2,25347}{\cos 34^\circ} \cdot 0,3 \cdot 4,38 \cdot 0,25 = 0,893 \text{ kN}$
- $\text{Beban } W3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{1}{2} \cdot \frac{2,25347}{\cos 34^\circ} \cdot 0,3 \cdot 4,38 \cdot 0,25$

$$= 0,446 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} - \text{Beban W4} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{1}{2} \cdot \frac{2,25347}{\cos 34^\circ} \cdot (-0,6) \cdot 4,38 \cdot 0,25 \\ &= -0,893 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Beban W5} &= \frac{a}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{2,25347}{\cos 34^\circ} \cdot (-0,6) \cdot 4,38 \cdot 0,25 \\ &= -1,786 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Beban W6} &= \frac{\left(\frac{a}{2} + b\right)}{\cos a} \cdot C_{ti} \cdot L_1 \cdot Q_w = \frac{\left(\frac{2,25347}{2} + 1\right)}{\cos 34^\circ} \cdot (-0,6) \cdot 4,38 \cdot 0,25 \\ &= -1,685 \text{ kN} \end{aligned}$$



2.7.2 Perancangan Elemen Kuda-kuda

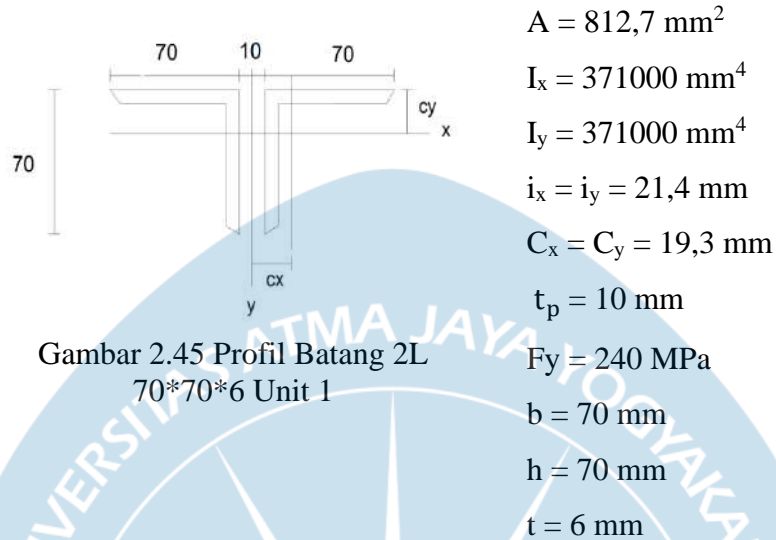
Tabel 2. 22 Perhitungan Gaya Rencana Gedung Rehabilitasi *Maintenance* Unit 1

No. Bentang	Panjang (mm)	Beban DL (kN)	Beban LL (kN)	Beban Angin Kiri (kN)	Beban Angin Kanan (kN)	1,4 DL	1,2DL+1,6LL	1,2DL+1,3WKi+0,5LL	1,2DL+1,3WKa+0,5LL	Gaya Rencana
1	1,875	76,751	5,25	7,276	-10,385	16,193	15,979	19,664	-3,296	76,751
2	1,875	76,751	5,25	7,276	-10,385	16,193	15,979	19,664	-3,296	76,751
3	1,875	65,816	4,5	6,379	-8,591	14,297	14,055	17,398	-2,064	65,816
4	1,875	54,881	3,75	5,482	-6,797	12,158	11,921	14,923	-1,04	54,881
5	1,875	54,881	3,75	2,791	-4,105	12,158	11,921	11,424	2,459	54,881
6	1,875	65,816	4,5	0,996	-3,208	14,297	14,055	10,4	4,934	65,816
7	1,875	76,751	5,25	-0,798	-2,311	16,193	15,979	9,167	7,2	76,751
8	1,875	76,751	5,25	-0,798	-2,311	16,193	15,979	9,167	7,2	76,751
9	2,25347	-92,243	-6,31	1,941	2,587	-19,353	-19,112	-9,649	-8,808	-92,243
10	2,25347	-79,1	-5,408	2,156	2,156	-17,075	-16,799	-8,047	-8,047	-79,1
11	2,25347	-65,958	-4,507	2,372	1,725	-14,504	-14,235	-6,194	-7,035	-65,958
12	2,25347	-52,816	-3,606	2,588	1,293	-11,687	-11,459	-4,129	-5,812	-52,816
13	2,25347	-52,816	-3,606	1,293	2,588	-11,903	-11,645	-5,998	-4,315	-52,816
14	2,25347	-65,958	-4,507	1,725	2,372	-14,721	-14,42	-7,221	-6,379	-65,958
15	2,25347	-79,1	-5,408	2,156	2,156	-17,292	-16,985	-8,233	-8,232	-79,1

No. Bentang	Panjang (mm)	Beban DL (kN)	Beban LL (kN)	Beban Angin Kiri (kN)	Beban Angin Kanan (kN)	1,4 DL	1,2DL+1,6LL	1,2DL+1,3WKi+0,5LL	1,2DL+1,3WKa+0,5LL	Gaya Rencana
16	2,25347	-92,243	-6,31	2,587	1,941	-19,57	-19,298	-8,994	-9,834	-92,243
17	1,25	0	0	0	0	0,542	0,464	0,464	0,464	0,542
18	2,5	7,29	0,5	0,598	-1,196	2,217	2,1	2,328	-0,004763	7,29
19	3,75	14,58	1	1,196	-2,392	4,098	3,912	4,367	-0,298	14,58
20	5	43,74	3	-1,794	-1,794	11,295	10,881	5,249	5,249	43,74
21	3,75	14,58	1	-2,392	1,196	4,098	3,912	-0,298	4,367	14,58
22	2,5	7,29	0,5	-1,196	0,598	2,217	2,1	-0,004763	2,328	7,29
23	1,25	0	0	0	0	0,542	0,464	0,464	0,464	0,542
24	2,25347	-13,142	-0,901	-1,078	2,156	-2,386	-2,406	-2,816	1,389	-13,142
25	3,125	-18,225	-1,25	-1,495	2,99	-3,782	-3,742	-4,31	1,521	-18,225
26	4,19263	-24,451	-1,677	-2,006	4,012	-5,567	-5,442	-6,205	1,618	-24,451
27	2,25347	-13,142	-0,901	2,156	-1,078	-2,386	-2,406	1,389	-2,816	-13,142
28	3,125	-18,225	-1,25	2,99	-1,495	-3,782	-3,742	1,521	-4,31	-18,225
29	4,19263	-24,451	-1,677	4,012	-2,006	-5,567	-5,442	1,618	-6,205	-24,451

A. Gedung Rehabilitasi *Maintainance* Unit 1

Profil Batang 2L 70x70x6 dengan $T_p = 10$ mm



Gambar 2.45 Profil Batang 2L
70*70*6 Unit 1

Properti profil bangunan

$$A_g = 2 \cdot 812,7 = 1625,4 \text{ mm}^2$$

$$I_{xg} = 2 \cdot I_x = 2 \cdot 371000 = 742000 \text{ mm}^4$$

$$I_{yg} = \left(I_y + A_g \left(C_y + \frac{t_p}{2} \right)^2 \right) = \left(371000 + 1625,4 \left(19,3 + \frac{10}{2} \right)^2 \right)$$

$$= 1330782,446 \text{ mm}^4$$

$$r_{xg} = \sqrt{\frac{I_{xg}}{A_g}} = \sqrt{\frac{742000}{1625,4}} = 21,400 \text{ mm}$$

$$r_{yg} = \sqrt{\frac{I_{yg}}{A_g}} = \sqrt{\frac{1330782,446}{1625,4}} = 28,614 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = 21,400 \text{ mm}^4$$

$$x_0 = 0 \text{ mm}$$

$$y_0 = C_y - \frac{t}{2} = 19,3 - \frac{6}{2} = 16,3 \text{ mm}$$

$$\bar{r}_0 = \frac{I_{xg} + I_{yg}}{A} + (x_0)^2 + (y_0)^2 = \frac{742000 + 1330782,446}{812,7} + (0)^2 + (16,3)^2$$

$$= 1540,935 \text{ mm}$$

$$H = 1 - \frac{(x_0)^2 + (y_0)^2}{\bar{r}_0} = 1 - \frac{0^2 + 16,3^2}{1540,935} = 0,828$$

$$J = \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \cdot 70 \cdot 70^3 = 5040 \text{ mm}^3$$

$$G = 77200 \text{ MPa}$$

$$L_{\text{tekan}} = 2253,47 \text{ mm} ; N_{\text{vtekan}} = 24,451 \text{ kN}$$

$$L_{\text{tarik}} = 1875 \text{ mm} ; N_{\text{vtarik}} = 43,740 \text{ kN}$$

Rencana gaya batang tekan :

a. Pemeriksaan tekan lentur

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{70}{6} = 11,667$$

$$\lambda_r = 0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,45 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 12,990$$

$11,667 < 12,990$. Maka penampang non lansing.

b. Pemeriksaan tekuk lentur (Terhadap sumbu X-X)

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{2 \cdot 2253,117}{21,4} = 210,605$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(210,605)^2} = 44,503$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,966$$

$210,605 > 135,966$. Sehingga F_{cr} diambil dari persamaan

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 0,877 \cdot 44,503 = 39,030 \text{ MPa}$$

c. Pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi

$$a = 2253,470$$

$$\frac{a}{r} = \frac{2253,470}{21,4} = 105,302 > 40 \text{ maka digunakan rumus } \left(\frac{KL}{r_x}\right)_m$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{KL}{r_x}\right)_m &= \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 2253,470}{21,4}\right)^2 + (0,5 \cdot 105,302)^2} \\ &= 217,086 \end{aligned}$$

Karena $\left(\frac{KL}{r_x}\right)_m = 217,086 > 135,966$ maka menggunakan persamaan

$$F_{cr} = 0,877 F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 x E}{\left(\frac{KL}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(217,086)^2} = 41,886 \text{ MPa}$$

$$F_{cry} = 0,877 F_e = 0,877 \cdot 41,886 = 36,734 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A \bar{r}_0} = \frac{77200 \cdot 5040}{1625,4 \cdot 1540,9345} = 155,347 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
F_{cr} &= \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \left(1 - \left(1 - \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cry} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right) \right) \\
&= \frac{36,734 + 155,347}{2 \cdot 0,828} \left(1 - \left(1 - \sqrt{\frac{4 \cdot 36,734 \cdot 155,347 \cdot 0,828}{(36,734 + 155,347)^2}} \right) \right) \\
&= 34,981 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

d. Kekuatan tekan desain

$$F_{cr} = 39,030 \text{ MPa (Pemeriksaan tekuk lentur)}$$

$$F_{cr} = 34,981 \text{ MPa (Pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi)}$$

Dipilih F_{cr} yang memiliki nilai lebih kecil, sehingga

$$F_{cr} = 34,981 \text{ MPa}$$

$$\phi_c P_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot A_g = 0,9 \cdot 34,981 \cdot 1625,4 = 51,172 \text{ kN}$$

$$51,172 \text{ kN} > N_{vtekan} = 24,451 \text{ kN (Aman)}$$

Rencana gaya batang Tarik :

a. Kondisi leleh Tarik

$$P_n = f_y \cdot A_g = 240 \cdot 1625,4 = 390,096 \text{ kN}$$

b. Perhitungan kelangsingan batang Tarik

$$\lambda = \frac{L}{r} = \frac{1875}{21,4} = 87,617 < 300 \text{ (Aman)}$$

c. Pemeriksaan leleh Tarik

$$\phi P_n = 0,9 \cdot 390,096 = 351,086 \text{ kN} > N_{vtarik} = 43,74 \text{ kN}$$

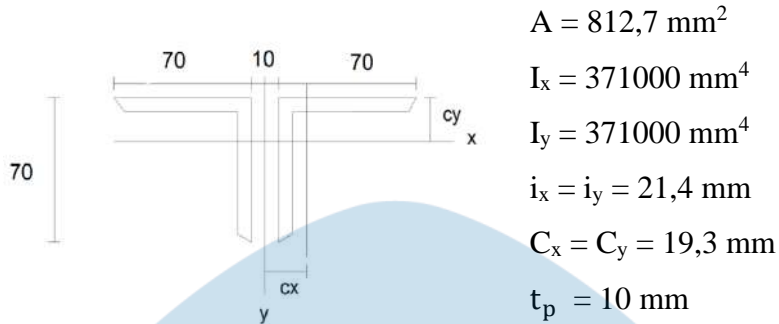
Tabel 2. 23 Perhitungan Gaya Rencana Gedung Rehabilitasi *Maintainance* Unit 2

No. Bentang	Panjang (m)	Beban DL (kN)	Beban LL (kN)	Beban Angin Kiri (kN)	Beban Angin Kanan (kN)	1,4 DL	1,2DL+1,6LL	1,2DL+1,3WKi+0,5LL	1,2DL+1,3WKa+0,5LL	Gaya Rencana
1	1,95256	-52,785	-5,448	5,076	1,154	-96,136	-91,119	-78,527	-83,627	-96,136
2	1,95256	-45,362	-4,679	5,145	1,033	-82,791	-78,451	-66,615	-71,96	-82,791
3	1,95256	-37,84	-3,901	5,217	0,899	-69,156	-65,518	-54,445	-60,058	-69,156
4	1,95256	-30,138	-3,103	5,264	0,771	-55,039	-52,142	-41,885	-47,726	-55,039
5	1,95256	-30,138	-3,103	4,284	1,751	-56,187	-53,126	-44,143	-47,436	-56,187
6	1,95256	-37,84	-3,901	4,413	1,703	-70,304	-66,501	-56,474	-59,997	-70,304
7	1,95256	-45,362	-4,679	4,547	1,631	-83,939	-79,435	-68,376	-72,167	-83,939
8	1,95256	-52,785	-5,448	4,668	1,562	-97,284	-92,103	-80,041	-84,08	-97,284
9	1,5	40,522	4,182	2,364	-6,641	74,325	70,399	68,871	57,166	74,325
10	1,5	40,513	4,181	2,36	-6,637	74,281	70,36	68,829	57,133	74,281
11	1,5	34,881	3,598	1,809	-5,551	64,109	60,708	59,102	49,533	64,109
12	1,5	28,958	2,985	1,265	-4,445	53,388	50,538	48,899	41,476	53,388
13	1,5	28,958	2,985	-0,374	-2,806	53,388	50,538	46,768	43,607	53,388
14	1,5	34,881	3,598	-1,48	-2,263	64,109	60,708	54,826	53,809	64,109
15	1,5	40,513	4,181	-2,568	-1,708	74,281	70,36	62,422	63,54	74,281
16	1,5	40,522	4,182	-2,571	-1,706	74,325	70,399	62,456	63,581	74,325

No. Bentang	Panjang (m)	Beban DL (kN)	Beban LL (kN)	Beban Angin Kiri (kN)	Beban Angin Kanan (kN)	1,4 DL	1,2DL+1,6LL	1,2DL+1,3WKi+0,5LL	1,2DL+1,3WKa+0,5LL	Gaya Rencana
17	1,25	-0,151	-0,016	0,001279	0,015	1,551	1,305	1,324	1,341	1,551
18	1,95256	-7,304	-0,756	-0,715	1,407	-13,297	-12,607	-12,705	-9,947	-13,297
19	2,5	4,779	0,495	0,459	-0,912	10,594	9,872	9,924	8,142	10,594
20	2,91548	-11,413	-1,182	-1,052	2,136	-20,867	-19,777	-19,844	-15,7	-20,867
21	3,75	9,426	0,976	0,894	-1,79	19,301	18,105	18,194	14,704	19,301
22	4,03887	-14,763	-1,528	-1,498	2,9	-27,357	-25,894	-26,16	-20,444	-27,357
23	5	28,001	2,899	-1,328	-1,33	54,198	51,093	46,179	46,176	54,198
24	1,25	-0,151	-0,016	0,014	0,002263	1,551	1,305	1,34	1,325	1,551
25	1,95256	-7,304	-0,756	1,411	-0,719	-13,297	-12,607	-9,941	-12,71	-13,297
26	2,5	4,779	0,495	-0,912	0,459	10,594	9,872	8,142	9,924	10,594
27	2,91548	-11,413	-1,182	2,135	-1,05	-20,867	-19,777	-15,702	-19,842	-20,867
28	3,75	9,426	0,976	-1,791	0,895	19,301	18,105	14,703	18,195	19,301
29	4,03887	-14,763	-1,528	2,9	-1,498	-27,357	-25,894	-20,444	-26,161	-27,357

B. Gedung Rehabilitasi *Maintainance* Unit 2

Profil Batang 2L 70x70x6 dengan $T_p = 10 \text{ mm}$



$$\begin{aligned}
 A &= 812,7 \text{ mm}^2 \\
 I_x &= 371000 \text{ mm}^4 \\
 I_y &= 371000 \text{ mm}^4 \\
 i_x &= i_y = 21,4 \text{ mm} \\
 C_x &= C_y = 19,3 \text{ mm} \\
 t_p &= 10 \text{ mm} \\
 F_y &= 240 \text{ MPa} \\
 b &= 70 \text{ mm} \\
 h &= 70 \text{ mm} \\
 t &= 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gambar 2.46 Profil batang 2L 70*70*6 Unit 2

Properti profil bangunan

$$\begin{aligned}
 A_g &= 2 \cdot 812,7 = 1625,4 \text{ mm}^2 \\
 I_{xg} &= 2 \cdot I_x = 2 \cdot 371000 = 742000 \text{ mm}^4 \\
 I_{yg} &= \left(I_y + A_g \left(C_y + \frac{t_p}{2} \right)^2 \right) = \left(371000 + 1625,4 \left(19,3 + \frac{10}{2} \right)^2 \right) \\
 &= 1330782,446 \text{ mm}^4 \\
 r_{xg} &= \sqrt{\frac{I_{xg}}{A_g}} = \sqrt{\frac{742000}{1625,4}} = 21,400 \text{ mm} \\
 r_{yg} &= \sqrt{\frac{I_{yg}}{A_g}} = \sqrt{\frac{1330782,446}{1625,4}} = 28,614 \text{ mm} \\
 R_{\min} &= 21,400 \text{ mm} \\
 x_0 &= 0 \text{ mm} \\
 y_0 &= C_y - \frac{t}{2} = 19,3 - \frac{6}{2} = 16,3 \text{ mm} \\
 &= \frac{742000 + 1330782,446}{812,7} + (0)^2 + (16,3)^2 \\
 &= 1540,935 \text{ mm} \\
 \bar{r}_0 &= \frac{I_{xg} + I_{yg}}{A} + (x_0)^2 + (y_0)^2 \\
 &= \frac{742000 + 1330782,446}{812,7} + (0)^2 + (16,3)^2 \\
 &= 1540,935 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$H = 1 - \frac{(x_0)^2 + (y_0)^2}{r_0} = 1 - \frac{0^2 + 16,3^2}{1540,935} = 0,828$$

$$J = \frac{1}{3}bt^3 = \frac{1}{3} \cdot 70 \cdot 70^3 = 5040 \text{ mm}^3$$

$$G = 77200 \text{ MPa}$$

$$L_{\text{tekan}} = 1952,56 \text{ mm} ; N_{\text{vtekan}} = 27,357 \text{ kN}$$

$$L_{\text{tarik}} = 1500 \text{ mm} ; N_{\text{vtarik}} = 54,198 \text{ kN}$$

Rencana gaya batang tekan :

a. Pemeriksaan tekan lentur

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{70}{6} = 11,667$$

$$\lambda_r = 0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,45 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 12,990$$

$11,667 < 12,990$. Maka penampang non lansing.

b. Pemeriksaan tekuk lentur (Terhadap sumbu X-X)

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{2 \cdot 1952,56}{21,4} = 182,482$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(182,482)^2} = 59,277 \text{ MPa}$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,966$$

$182,482 > 135,966$. Sehingga F_{cr} diambil dari persamaan

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 0,877 \cdot 59,277 = 51,986 \text{ MPa}$$

c. Pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi

$$a = 1952,560$$

$$\frac{a}{r} = \frac{1952,560}{21,4} = 91,241 > 40 \text{ maka digunakan } \left(\frac{KL}{r_x}\right)_m$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{KL}{r_x}\right)_m &= \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 1952,560}{21,4}\right)^2 + (0,5 \cdot 91,241)^2} \\ &= 188,098 \end{aligned}$$

Karena $\left(\frac{KL}{r_x}\right)_m = 188,098 > 135,966$ maka menggunakan persamaan

$$F_{cr} = 0,877 F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(188,098)^2} = 55,790 \text{ MPa}$$

$$F_{cry} = 0,877 F_e = 0,877 \cdot 55,790 = 48,928 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A\bar{r}_0^2} = \frac{77200 \cdot 5040}{1625,4 \cdot 1540,9345} = 155,347 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \left(1 - \left(1 - \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cry} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right) \right)$$

$$= \frac{48,928 + 155,347}{2 \cdot 0,828} \left(1 - \left(1 - \sqrt{\frac{4 \cdot 48,928 \cdot 155,347 \cdot 0,828}{(48,928 + 155,347)^2}} \right) \right)$$

$$= 45,652 \text{ MPa}$$

d. Kekuatan tekan desain

$$F_{cr} = 51,986 \text{ MPa (Pemeriksaan tekuk lentur)}$$

$$F_{cr} = 45,652 \text{ MPa (Pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi)}$$

Dipilih F_{cr} yang memiliki nilai lebih kecil

$$F_{cr} = 45,652 \text{ MPa}$$

$$\phi_c P_n = 0,9 F_{cr} A_g = 0,9 \cdot 45,652 \cdot 1625,4 = 66,783 \text{ kN}$$

$$66,783 \text{ kN} > N_{vtekan} = 27,357 \text{ kN (Aman)}$$

Rencana gaya batang tarik :

a. Kondisi leleh Tarik

$$P_n = f_y \cdot A_g = 240 \cdot 1625,4 = 390,096 \text{ kN}$$

b. Perhitungan kelangsingan batang Tarik

$$\lambda = \frac{L}{r} = \frac{1500}{21,4} = 70,093 < 300 \text{ (Aman)}$$

c. Pemeriksaan leleh Tarik

$$\phi P_n = 0,9 \cdot 390,096 = 351,086 \text{ kN} > N_{vtarik} = 54,198 \text{ kN}$$

(Aman)

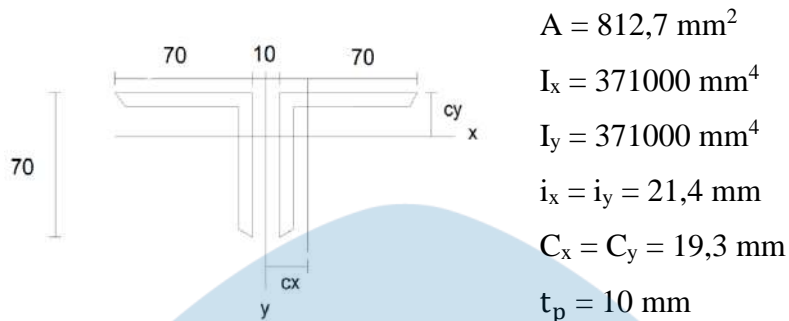
Tabel 2.24 Perhitungan Gaya Rencana Gedung Rehabilitasi *Maintainance* Unit 3

No. Bentang	Panjang (mm)	Beban DL (kN)	Beban LL (kN)	Beban Angin Kiri (kN)	Beban Angin Kanan (kN)	1,4 DL	1,2DL+1,6LL	1,2DL+1,3WKi+0,5LL	1,2DL+1,3WKa+0,5LL	Gaya Rencana
1	2,25347	-81,985	-6,31	1,708	0	-125,298	-117,494	-108,333	-110,553	-125,298
2	2,25347	-70,299	-5,408	1,896	0	-107,929	-101,163	-92,749	-95,215	-107,929
3	2,25347	-58,62	-4,507	2,087	0	-90,272	-84,587	-76,917	-79,63	-90,272
4	2,25347	-46,937	-3,605	2,277	0	-72,386	-67,813	-60,888	-63,848	-72,386
5	2,25347	-46,937	-3,605	1,139	0	-72,602	-67,999	-62,553	-64,033	-72,602
6	2,25347	-58,62	-4,507	1,518	0	-90,489	-84,773	-77,842	-79,815	-90,489
7	2,25347	-70,299	-5,408	1,898	0	-108,146	-101,349	-92,933	-95,4	-108,146
8	2,25347	-81,985	-6,31	2,277	0	-125,515	-117,68	-107,778	-110,739	-125,515
9	1,875	68,215	5,25	6,4	0	104,344	97,838	100,383	92,063	104,344
10	1,875	68,179	5,247	6,396	0	104,333	97,823	100,366	92,051	104,333
11	1,875	58,492	4,5	5,61	0	89,909	84,265	86,608	79,315	89,909
12	1,875	48,777	3,75	4,821	0	75,208	70,464	72,607	66,339	75,208
13	1,875	48,777	3,75	2,454	0	75,208	70,464	69,529	66,339	75,208
14	1,875	58,492	4,5	0,875	0	89,909	84,265	80,453	79,315	89,909
15	1,875	68,179	5,247	-0,702	0	104,333	97,823	91,139	92,051	104,333
16	1,875	68,215	5,25	-0,703	0	104,344	97,838	91,149	92,063	104,344
17	1,25	0	0	0	0	0,542	0,464	0,464	0,464	0,542
18	2,25347	-11,653	-0,899	-0,945	0	-17,468	-16,411	-16,65	-15,422	-17,468

No. Bentang	Panjang (mm)	Beban DL (kN)	Beban LL (kN)	Beban Angin Kiri (kN)	Beban Angin Kanan (kN)	1,4 DL	1,2DL+1,6LL	1,2DL+1,3WKi+0,5LL	1,2DL+1,3WKa+0,5LL	Gaya Rencana
19	2,5	6,477	0,5	0,527	0	10,589	9,876	10,011	9,326	10,589
20	3,125	-16,197	-1,25	-1,315	0	-24,72	-23,188	-23,523	-21,814	-24,72
21	3,75	12,958	1	1,053	0	20,844	19,466	19,734	18,366	20,844
22	4,19263	-21,732	-1,677	-1,765	0	-33,654	-31,529	-31,979	-29,685	-33,654
23	5	38,872	3	-1,578	0	61,555	57,56	52,209	54,261	61,555
24	1,25	0	0	0	0	0,542	0,464	0,464	0,464	0,542
25	2,25347	-11,653	-0,899	1,896	0	-17,468	-16,411	-12,957	-15,422	-17,468
26	2,5	6,477	0,5	-1,052	0	10,589	9,876	7,958	9,326	10,589
27	3,125	-16,197	-1,25	2,631	0	-24,72	-23,188	-18,393	-21,814	-24,72
28	3,75	12,958	1	-2,105	0	20,844	19,466	15,63	18,366	20,844
29	4,19263	-21,732	-1,677	3,53	0	-33,654	-31,529	-25,096	-29,685	-33,654

C. Gedung Rehabilitasi *Maintenance* Unit 3

Profil Batang 2L 70x70x6 dengan $T_p = 10$ mm



$$\begin{aligned}
 A &= 812,7 \text{ mm}^2 \\
 I_x &= 371000 \text{ mm}^4 \\
 I_y &= 371000 \text{ mm}^4 \\
 i_x &= i_y = 21,4 \text{ mm} \\
 C_x &= C_y = 19,3 \text{ mm} \\
 t_p &= 10 \text{ mm} \\
 F_y &= 240 \text{ MPa} \\
 b &= 70 \text{ mm} \\
 h &= 70 \text{ mm} \\
 t &= 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gambar 2.47 Profil batang 2L 70*70*6 Unit 3

Properti profil bangunan

$$A_g = 2 \cdot 812,7 = 1625,4 \text{ mm}^2$$

$$I_{xg} = 2 \cdot I_x = 2 \cdot 371000 = 742000 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 I_{yg} &= \left(I_y + A_g \left(C_y + \frac{t_p}{2} \right)^2 \right) = \left(371000 + 1625,4 \left(19,3 + \frac{10}{2} \right)^2 \right) \\
 &= 1330782,446 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$r_{xg} = \sqrt{\frac{I_{xg}}{A_g}} = \sqrt{\frac{742000}{1625,4}} = 21,400 \text{ mm}$$

$$r_{yg} = \sqrt{\frac{I_{yg}}{A_g}} = \sqrt{\frac{1330782,446}{1625,4}} = 28,614 \text{ mm}$$

$$r_{\min} = 21,400 \text{ mm}^4$$

$$x_0 = 0 \text{ mm}$$

$$y_0 = C_y - \frac{t}{2} = 19,3 - \frac{6}{2} = 16,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{r}_0 &= \sqrt{\frac{I_{xg} + I_{yg}}{A} + (x_0)^2 + (y_0)^2} = \sqrt{\frac{742000 + 1330782,446}{812,7} + (0)^2 + (16,3)^2} \\
 &= 1540,935 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$H = 1 - \frac{(x_0)^2 + (y_0)^2}{\bar{r}_0} = 1 - \frac{0^2 + 16,3^2}{1540,935} = 0,828$$

$$J = \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \cdot 70 \cdot 70^3 = 5040 \text{ mm}^3$$

$$G = 77200 \text{ MPa}$$

$$L_{\text{tekan}} = 2253,47 \text{ mm} ; N_{\text{vtekan}} = 33,654 \text{ kN}$$

$$L_{\text{tarik}} = 1875 \text{ mm} ; N_{\text{vtarik}} = 61,555 \text{ kN}$$

Rencana gaya batang tekan :

a. Pemeriksaan tekan lentur

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{70}{6} = 11,667$$

$$\lambda_r = 0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,45 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 12,990$$

$11,667 < 12,990$. Maka penampang non lansing.

b. Pemeriksaan tekuk lentur (Terhadap sumbu X-X)

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{2 \cdot 2253,117}{21,4} = 210,605$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(210,605)^2} = 44,503$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,966$$

$210,605 > 135,966$. Sehingga F_{cr} diambil dari persamaan

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 0,877 \cdot 44,503 = 39,030 \text{ MPa}$$

c. Pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi

$$a = 2253,470$$

$$\frac{a}{r} = \frac{2253,470}{21,4} = 105,302 > 40 \text{ maka digunakan } \left(\frac{KL}{r_x}\right)_m$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{KL}{r_x}\right)_m &= \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 2253,470}{21,4}\right)^2 + (0,5 \cdot 105,302)^2} \\ &= 217,086 \end{aligned}$$

Karena $\left(\frac{KL}{r_x}\right)_m = 217,086 > 135,966$ maka menggunakan persamaan

$$f_{cr} = 0,877 F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(217,086)^2} = 41,886 \text{ MPa}$$

$$F_{cry} = 0,877 F_e = 0,877 \cdot 41,886 = 36,734 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A r_0^2} = \frac{77200 \cdot 5040}{1625,4 \cdot 1540,9345} = 155,347 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \left(1 - \left(1 - \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cry} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right) \right) \\
 &= \frac{36,734 + 155,347}{2 \cdot 0,828} \left(1 - \left(1 - \sqrt{\frac{4 \cdot 36,734 \cdot 155,347 \cdot 0,828}{(36,734 + 155,347)^2}} \right) \right) \\
 &= 34,981 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

d. Kekuatan tekan desain

$$F_{cr} = 39,030 \text{ MPa (Pemeriksaan tekuk lentur)}$$

$$F_{cr} = 34,981 \text{ MPa (Pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi)}$$

Dipilih F_{cr} yang memiliki nilai lebih kecil

$$F_{cr} = 34,981 \text{ MPa}$$

$$\phi_c P_n = 0,9 F_{cr} A_g = 0,9 \cdot 34,981 \cdot 1625,4 = 51,172 \text{ kN}$$

$$51,172 \text{ kN} > N_{vtekan} = 33,654 \text{ kN (Aman)}$$

Rencana gaya batang Tarik :

a. Kondisi leleh Tarik

$$P_n = f_y \cdot A_g = 240 \cdot 1625,4 = 390,096 \text{ kN}$$

b. Perhitungan kelangsingan batang Tarik

$$\lambda = \frac{L}{r} = \frac{1875}{21,4} = 87,617 < 300 \text{ (Aman)}$$

c. Pemeriksaan leleh Tarik

$$\phi_c P_n = 0,9 \cdot 390,096 = 351,086 \text{ kN} > N_{vtarik} = 61,555 \text{ kN}$$

(Aman)

2.7.3 Perancangan Sambungan Elemen Kuda-kuda

A. Gedung Rehabilitasi *Maintenance* Unit 1

Perencanaan sambungan elemen kuda-kuda digunakan sambungan baut dengan keterangan sebagai berikut:

- Profil : 2L 70 × 70 × 6
- F_y baja 37 : 240 MPa
- F_u baja 37 : 370 MPa
- F_{nv} : 372 MPa
- Diameter baut : 16 mm
- Diamtere lubang : 18 mm
- Tebal plat : 10 mm
- Pu ultimit : 92,243 kN

1. Pemeriksaan kekuatan batang Tarik

Pemeriksaan leleh Tarik pada penampang bruto

$$A_g = 1625,4 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,9 f_y A_g = 0,9 \cdot 240 \cdot 1625,4 = 702,173 \text{ kN}$$

Pemeriksaan keruntuhan Tarik pada penampang netto

$$A_n = 812,7 - 2 \cdot (16 + 3,175) \cdot 6 = 582,6 \text{ mm}^2$$

$$A_e = A_n = 582,6 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,75 f_u A_e = 0,75 \cdot 370 \cdot 582,6 \cdot 2 = 323,343 \text{ kN}$$

2. Pemeriksaan kekuatan geser baut

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 16^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot f_{nv} \cdot A_b = 0,75 \cdot 372 \cdot 201,062 \cdot 2 \\ &= 112,193 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Perhitungan jumlah baut

$$\text{Jumlah baut (n)} = \frac{323,343}{112,193} = 2,882 = 3 \text{ baut}$$

Perencanaan baut

$$S = 3d_b = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

$$L_e = \frac{1}{2}S = \frac{1}{2} \cdot 48 = 24 \text{ mm}$$

$$U = 0,6 \text{ (untuk 2 baut atau 3 baut)}$$

4. Perhitungan kuat tumpu

- Bearing Deformation Strength

$$R_n = 2,4 d t F_u = 2,4 \cdot 16 \cdot 6 \cdot 370 \cdot 2 = 170,496 \text{ kN}$$

- Tear Out Strength

$$h = 16 + 1,5875 = 17,588 \text{ mm}$$

$$L_{c1} = L_e + \frac{H}{2} = 27 + \frac{17,588}{2} = 35,794 \text{ mm}$$

$$L_{c2} = S - h = 48 - 17,588 = 30,413 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_{n1} \text{ baut tepi} &= 1,2 \cdot L_{c1} \cdot t \cdot F_u = 1,2 \cdot 35,794 \cdot 370 \cdot 2 \\ &= 81,019 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{n2} \text{ baut dalam} &= 1,2 \cdot L_{c2} \cdot t \cdot F_u = 1,2 \cdot 30,413 \cdot 370 \cdot 2 \\ &= 162,038 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kuat tumpu total baut

$$R_n = 81,019 \cdot 3 = 243,057 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 243,057 = 182,293 \text{ kN}$$

5. Blok shear

$$\begin{aligned} A_{gv} &= t \cdot \text{Panjang kotor permukaan geser} = 6 \cdot (48 \cdot 2 + 24) \\ &= 720 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= t \cdot \text{Panjang bersih permukaan geser} = 6 \cdot (48 \cdot 2 + 24 - 1,5 \cdot 16) \\ &= 576 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nt} &= t \cdot \text{Panjang bersih permukaan geser} = 6 \cdot 2 (70 - 24 - 0,5 (16 + 3,175)) \\ &= 436,950 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + U_{bt} \cdot F_u \cdot A_{nt} = (0,6 \cdot 370 \cdot 576 + 0,6 \cdot 370 \cdot 436,950) \cdot 2 \\ &= 449,750 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bt} \cdot t \cdot F_u \cdot A_{nt} = (0,6 \cdot 240 \cdot 720 + 0,6 \cdot 370 \cdot 436,950) \cdot 2 \\ &= 401,366 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$R_{\min} = 401,366 \text{ kN } R_n$$

Kuat rencana

$$\phi R_n = 0,75 \times 401,366 = 301,024 \text{ kN}$$

6. Rekap data

$$\text{Yield plat Tarik} = 702,173 \text{ kN}$$

$$\text{Fracture plat Tarik} = 323,343 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat geser baut} = 112,193 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat tumpu} = 182,293 \text{ kN}$$

$$\text{Block shear} = 301,024 \text{ kN}$$

Jadi, kekuatan sambungan yaitu:

$$112,193 \text{ kN} > P_u = 92,243 \text{ kN} \text{ (Aman)}$$

B. Gedung Rehabilitasi *Maintainance* Unit 2

Perencanaan sambungan elemen kuda-kuda digunakan sambungan baut dengan keterangan sebagai berikut:

- Profil : 2L 70 × 70 × 6
- F_y baja 37 : 240 MPa
- F_u baja 37 : 370 MPa
- F_{nv} : 372 MPa
- Diameter baut : 16 mm
- Diamtere lubang : 18 mm
- Tebal plat : 10 mm
- P_u ultimit : 97,284 kN

1. Pemeriksaan kekuatan batang Tarik

Pemeriksaan leleh Tarik pada penampang bruto

$$A_g = 1625,4 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,9 F_y A_g = 0,9 \cdot 240 \cdot 1625,4 = 702,173 \text{ kN}$$

Pemeriksaan keruntuhan Tarik pada penampang netto

$$A_n = 812,7 - 2 \times (16 + 3,175) \times 6 = 582,6 \text{ mm}^2$$

$$A_e = A_n = 582,6 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot F_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 370 \cdot 582,6 \cdot 2 = 323,343 \text{ kN}$$

2. Pemeriksaan kekuatan geser baut

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 16^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 0,75 f_{nv} A_b = 0,75 \cdot 372 \cdot 201,062 \cdot 2 = 112,193 \text{ kN}$$

3. Perhitungan jumlah baut

$$\text{Jumlah baut (n)} = \frac{323,343}{112,193} = 2,882 = 3 \text{ baut}$$

Perencanaan baut

$$S = 3d_b = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

$$L_e = \frac{1}{2} S = \frac{1}{2} \cdot 48 = 24 \text{ mm}$$

$$U = 0,6 \text{ (untuk 2 baut atau 3 baut)}$$

4. Perhitungan kuat tumpu

- Bearing Deformation Strength

$$R_n = 2,4 d t F_u = 2,4 \cdot 16 \cdot 6 \cdot 370 \cdot 2 = 170,496 \text{ kN}$$

- Tear Out Strength

$$h = 16 + 1,5875 = 17,588 \text{ mm}$$

$$L_{c1} = L_e + \frac{h}{2} = 24 + \frac{17,588}{2} = 15,206 \text{ mm}$$

$$L_{c2} = S - h = 48 - 17,588 = 30,413 \text{ mm}$$

$$R_{n1} \text{ baut tepi} = 1,2 \cdot L_{c1} \cdot t \cdot F_u = 1,2 \cdot 15,206 \cdot 370 \cdot 2 = 81,019 \text{ kN}$$

$$R_{n2} \text{ baut dalam} = 1,2 \cdot L_{c2} \cdot t \cdot F_u = 1,2 \cdot 30,413 \cdot 370 \cdot 2 = 162,038 \text{ kN}$$

Kuat tumpu total baut

$$R_n = 81,019 \cdot 3 = 243,057 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 243,057 = 182,293 \text{ kN}$$

5. Blok shear

$$A_{gv} = t \cdot \text{Panjang kotor permukaan geser} = 6 \cdot (48 \cdot 2 + 24) = 720 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = t \cdot \text{Panjang bersih permukaan geser} = 6 \cdot (48 \cdot 2 + 24 - 1,5 \cdot 16)$$

$$= 576 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = t \cdot \text{Panjang bersih permukaan geser} = 6 \cdot 2 (70 - 24 - 0,5 (16 + 3,175)) \\ = 436,950 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + U_{bt} \cdot F_u \cdot A_{nt} = (0,6 \cdot 370 \cdot 576 + 0,6 \cdot 370 \cdot 436,950) \times 2 \\ = 449,750 \text{ kN}$$

$$R_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bt} \cdot F_u \cdot A_{nt} = (0,6 \cdot 240 \cdot 720 + 0,6 \cdot 370 \cdot 436,950) \times 2 \\ = 401,366 \text{ kN}$$

$$R_{min} = 401,366 \text{ kN}$$

Kuat rencana

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 401,366 = 301,024 \text{ kN}$$

6. Rekap data

$$Yield \text{ plat Tarik} = 702,173 \text{ kN}$$

$$Fracture \text{ plat Tarik} = 323,343 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat geser baut} = 112,193 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat tumpu} = 182,293 \text{ kN}$$

$$Block \text{ shear} = 301,024 \text{ kN}$$

Jadi, kekuatan sambungan yaitu:

$$112,193 \text{ Kn} > P_u = 97,284 \text{ kN (Aman)}$$

C. Gedung Rehabilitasi *Maintainance* Unit 3

Perencanaan sambungan elemen kuda-kuda digunakan sambungan baut dengan keterangan sebagai berikut:

- Profil : 2L 70 × 70 × 6
- F_y baja 37 : 240 MPa
- F_u baja 37 : 370 MPa
- F_{nv} : 372 MPa
- Diameter baut : 18 mm
- Diamtere lubang : 20 mm
- Tebal plat : 10 mm
- P_u ultimit : 125,515 kN

1. Pemeriksaan kekuatan batang Tarik

Pemeriksaan leleh Tarik pada penampang bruto

$$A_g = 1625,4 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,9 \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 240 \cdot 1625,4702,173 \text{ kN}$$

Pemeriksaan keruntuhan Tarik pada penampang netto

$$A_n = 812,7 - 2 \cdot (18 + 3,175) \cdot 6 = 558,6 \text{ mm}^2$$

$$A_e = A_n = 558,6 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 370 \cdot 558,6 \cdot 2 = 310,023 \text{ kN}$$

2. Pemeriksaan kekuatan geser baut

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 18^2 = 254,469 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot f_{nv} \cdot A_b = 0,75 \cdot 372 \cdot 254,469 \cdot 2 = 141,994 \text{ kN}$$

3. Perhitungan jumlah baut

$$\text{Jumlah baut (n)} = \frac{310,023}{141,994} = 2,183 = 3 \text{ baut}$$

Perencanaan baut

$$S = 3d_b = 3 \cdot 18 = 54 \text{ mm}$$

$$L_e = \frac{1}{2} S = \frac{1}{2} \cdot 54 = 27 \text{ mm}$$

$$U = 0,6 \text{ (untuk 2 baut atau 3 baut)}$$

4. Perhitungan kuat tumpu

- Bearing Deformation Strength

$$R_n = 2,4 d t F_u = 2,4 \cdot 18 \cdot 6 \cdot 370 \cdot 2 = 191,808 \text{ kN}$$

- Tear Out Strength

$$h = 18 + 1,5875 = 19,588 \text{ mm}$$

$$L_{c1} = L_e + \frac{H}{2} = 27 + \frac{19,588}{2} = 17,206 \text{ mm}$$

$$L_{c2} = S - h = 48 - 19,588 = 34,413 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_{n1} \text{ baut tepi} &= 1,2 \cdot L_{c1} \cdot t \cdot F_u = 1,2 \cdot 17,206 \cdot 370 \cdot 2 \\ &= 91,675 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$R_{n2} \text{ baut dalam} = 1,2 \cdot L_{c2} \cdot t \cdot F_u = 1,2 \cdot 34,413 \cdot 370 \cdot 2$$

$$= 183,350 \text{ kN}$$

Kuat tumpu total baut

$$R_n = 91,675 \cdot 3 = 275,025 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 275,025 = 206,269 \text{ kN}$$

5. Blok shear

$$A_{gv} = t \cdot \text{Panjang kotor permukaan geser} = 6 \cdot (52 \cdot 2 + 27)$$

$$= 810 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = t \cdot \text{Panjang bersih permukaan geser} = 6 \cdot (52 \cdot 2 + 27 - 1,5 \cdot 18)$$

$$= 648 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = t \cdot \text{Panjang bersih permukaan geser} = 6 \cdot 2 \cdot (70 - 27 - 0,5 \cdot (18 + 3,175))$$

$$= 388,95 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + U_{bt} \cdot F_u \cdot A_{nt} = (0,6 \cdot 370 \cdot 648 + 0,6 \cdot 370 \cdot 388,95) \cdot 2$$

$$= 460,406 \text{ kN}$$

$$R_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bt} \cdot F_u \cdot A_{nt} = (0,6 \cdot 240 \cdot 810 + 0,6 \cdot 370 \cdot 388,95) \cdot 2$$

$$= 405,974 \text{ kN}$$

$$R_{\min} = 405,974 \text{ kN}$$

Kuat rencana

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 405,974 = 304,48 \text{ kN}$$

6. Rekap data

$$\text{Yield plat Tarik} = 702,173 \text{ kN}$$

$$\text{Fracture plat Tarik} = 310,023 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat geser baut} = 141,994 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat tumpu} = 206,269 \text{ kN}$$

$$\text{Block shear} = 304,48 \text{ kN}$$

Jadi, kekuatan sambungan yaitu:

$$141,994 \text{ kN} > P_u = 125,515 \text{ kN (Aman)}$$

2.8 Perancangan Balok

Balok adalah bagian struktural kaku dari bangunan yang dirancang untuk mentransfer beban ke bagian kolom penahan beban serta berfungsi sebagai rangka penguat horizontal. Hasil output dari *software* ETABS didapatkan nilai momen dan gaya-gaya yang bekerja pada balok di Gedung Unit Rehabilitasi Maintainanc. Dalam merencanakan balok perlu diperhatikan nilai maksimum dari gaya geser dan momennya yang tujuannya agar dapat direncanakan balok yang dapat menahan gaya-gaya yang terjadi pada suatu bangunan. Perencanaan balok pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* dibagi ke dalam 2 perencanaan, yaitu perencanaan balok anak dan perencanaan balok induk.

2.8.1 Perancangan Balok Anak

Diketahui:

f'_c	:	25	Mpa
f_y tulangan utama	:	420	Mpa
f_y sengkang	:	280	Mpa
Selimut beton	:	40	mm
Diameter tulangan utama	:	19	mm
Diameter sengkang	:	8	mm
Dimensi balok anak	:	250 × 350 (mm)	
d	:	350 - 40 - 8 - 19/2 = 292,5 mm	

A. Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* Unit 1

Balok Anak-1 (BA-1)

1. Tulangan longitudinal tumpuan ($M_u = 0$ kNm)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\phi 0,85f'_c b}} = 292,5 - \sqrt{292,5^2 - \frac{2 \cdot 0}{0,9 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250}}$$

$$a = 0 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{0}{0,85} = 0 \text{ mm}$$

$$c \text{ max} = 0,375d = 0,375 \cdot 292,5 = 109,6875 \text{ mm}$$

Karena $c < c_{max}$, maka $\phi = 0,9$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi f_y (d - a/2)} = \frac{0 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 420 \cdot (292,5 - 0/2)} = 0 \text{ mm}^2$$

Cek terhadap $A_s \text{ min}$ dan $A_s \text{ max}$:

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} bd = \frac{1,4}{420} \times 250 \times 292,5 = 243,75 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ max} = \frac{0,36 \beta_1 f'_c bd}{f_y} = \frac{0,36 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250 \cdot 292,5}{420}$$

$$A_s \text{ max} = 1331,92 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} < A_s \text{ perlu} < A_s \text{ max}$$

$$243,75 < 0 < 1331,92$$

$$\text{Maka, digunakan } A_s \text{ pakai} = 243,75 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan:

$$n = \frac{A_s}{A_v} = \frac{243,75}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2} = 0,86 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga, digunakan 2D19

2. Tulangan longitudinal lapangan ($M_u = 51,2822 \text{ kNm}$)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\phi 0,85 f'_c b}} = 292,5 - \sqrt{292,5^2 - \frac{2 \cdot 51,2822}{0,9 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250}}$$

$$a = 39,3106 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{39,3106}{0,85} = 46,248 \text{ mm}$$

$$c_{max} = 0,375d = 0,375 \times 292,5 = 109,6875 \text{ mm}$$

Karena $c < c_{max}$, maka $\phi = 0,9$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi f_y (d - a/2)} = \frac{51,2822 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 420 \cdot (292,5 - 39,3106/2)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 497,23 \text{ mm}^2$$

Cek terhadap A_s min dan A_s max:

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \cdot 250 \cdot 292,5 = 243,75 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ max} = \frac{0,36\beta_1 f'_c b d}{f_y} = \frac{0,36 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250 \cdot 292,5}{420}$$

$$A_s \text{ max} = 1331,92 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} < A_s \text{ perlu} < A_s \text{ max}$$

$$243,75 < 497,23 < 1331,92$$

Maka, digunakan A_s pakai = 497,23 mm²

Jumlah tulangan:

$$n = \frac{A_s}{A_v} = \frac{497,23}{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2} = 1,75 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga, Digunakan 2D19

3. Tulangan transversal tumpuan ($V_u = 36,8318 \text{ kN}$)

Kekuatan geser beton (V_c)

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d = 0,75 \cdot 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 \\ &= 46,617 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \cdot 46,617 = 23,309 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$23,309 < 36,8318 < 46,617$$

Maka, dipasang tulangan geser minimum yaitu 2 dengan spasi mengikuti ketentuan spasi maksimum sengkang.

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 36,8318 - 46,617 = -9,785 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{-9,785}{0,75} \cdot 1000 = -13047,18 \text{ N}$$

Memeriksa batasan dimensi penampang

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$-13047,18 \leq 0,66 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5$$

$$-13047,18 \leq 241312,5 \text{ (OK)}$$

$$0,33 \sqrt{f'_c} b_w d = 0,33 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 = 120656,25 \text{ N}$$

Karena $V_s = -13047,18 \text{ N} < 120656,25 \text{ N}$

$$\text{Maka, syarat: } S \text{ max} = \frac{d}{2} = \frac{292,5}{2} = 146,25 \text{ mm}$$

Sehingga, digunakan sengkang 2D8-100 mm.

4. Tulangan transversal tumpuan ($V_u = 39,2625 \text{ kN}$)

Kekuatan geser beton (V_c)

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d = 0,75 \cdot 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 \\ &= 46,617 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \cdot 46,617 = 23,309 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$23,309 < 39,2625 < 46,617$$

Maka, dipasang tulangan geser minimum yaitu 2 dengan spasi mengikuti ketentuan spasi maksimum sengkang.

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 39,2625 - 46,617 = -7,355 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{-7,355}{0,75} \cdot 1000 = -9806,25 \text{ N}$$

Memeriksa batasan dimensi penampang

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$-9806,25 \leq 0,66 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5$$

$$-9806,25 \leq 241312,5 \text{ (OK)}$$

$$0,33 \sqrt{f'_c} b_w d = 0,33 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 = 120656,25 \text{ N}$$

Karena $V_s = -9806,25 \text{ N} < 120656,25 \text{ N}$

$$\text{Maka, syarat: } S \text{ max} = \frac{d}{2} = \frac{292,5}{2} = 146,25 \text{ mm}$$

Sehingga, digunakan sengkang 2D8-100 mm.

Tabel 2. 24 Rekapitulasi Balok Anak Tulangan Longitudinal Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 1

TULANGAN LONGITUDINAL															
Balok Anak		Mu (kNm)	a (mm)	C (mm)	C max (mm)	ϕ	a max (mm)	Direncanakan	As (mm ²)	As min (mm ²)	As max (mm ²)	As perlu	n	=	Digunakan
BA1	Tumpuan	0	0	0	109,6875	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,75	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	51,282	39,311	46,248	109,6875	0,9	93,234	Tul. Tunggal	497,2323	243,75	1331,920	497,232	1,754	2	2D19
BA2	Tumpuan	0	0	0	109,6875	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,75	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	20,091	14,737	17,338	109,6875	0,9	93,234	Tul. Tunggal	186,4081	243,75	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
BA3	Tumpuan	0	0	0	109,6875	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,75	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	40,443	30,510	35,894	109,6875	0,9	93,234	Tul. Tunggal	385,9104	243,75	1331,920	385,910	1,361	2	2D19
BA4	Tumpuan	0	0	0	109,6875	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,75	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	11,780	8,548	10,057	109,6875	0,9	93,234	Tul. Tunggal	108,1264	243,75	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
BA5	Tumpuan	0	0	0	109,6875	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,75	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	144,220	133,663	157,251	109,6875	-	93,234	Tul. Rangkap	1690,6816	243,75	1331,920	1690,682	5,963	7	7D19

Tabel 2. 25 Rekapitulasi Balok Anak Tulangan Transversal Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* Unit 1

TULANGAN TRANSVERSAL													
Balok Anak		Vu	ϕV_c (kN)	$0,5\phi V_c$ (kN)	ϕV_s (kN)	Vs (N)	Batas dimensi	Cek Vs<0,66	S (mm)	0,33 (N)	Batas Spasi	S pakai	Digunakan
BA1	Tumpuan	36,8318	46,6172	23,308594	-9,78539	-13047,2	241312,5	OK	-631,055	120656,25	146,25	100	2D8-100
	Lapangan	39,2625	46,6172	23,308594	-7,35469	-9806,25	241312,5	OK	-839,616	120656,25	146,25	100	2D8-100
BA2	Tumpuan	17,6634	46,6172	23,308594	-28,9538	-38605,1	241312,5	OK	-213,275	120656,25	146,25	100	2D8-100
	Lapangan	20,091	46,6172	23,308594	-26,5262	-35368,3	241312,5	OK	-232,793	120656,25	146,25	100	2D8-100
BA3	Tumpuan	31,437	46,6172	23,308594	-15,1802	-20240,3	241312,5	OK	-406,788	120656,25	146,25	100	2D8-100
	Lapangan	33,8677	46,6172	23,308594	-12,7495	-16999,3	241312,5	OK	-484,342	120656,25	146,25	100	2D8-100
BA4	Tumpuan	12,8209	46,6172	23,308594	-33,7963	-45061,7	241312,5	OK	-182,716	120656,25	146,25	100	2D8-100
	Lapangan	14,9443	46,6172	23,308594	-31,6729	-42230,5	241312,5	OK	-194,965	120656,25	146,25	100	2D8-100
BA5	Tumpuan	69,8784	46,6172	23,308594	23,2612	31015	241312,5	OK	265,4683	120656,25	146,25	100	2D8-100
	Lapangan	72,2971	46,6172	23,308594	25,6799	34239,9	241312,5	OK	240,4648	120656,25	146,25	100	2D8-100

B. Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* Unit 2

Balok Anak-1 (BA-1)

1. Tulangan longitudinal tumpuan ($M_u = 0$ kNm)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\phi 0,85 f'_c b}} = 292,5 - \sqrt{292,5^2 - \frac{2 \cdot 0}{0,9 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250}}$$

$$a = 0 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{0}{0,85} = 0 \text{ mm}$$

$$c \text{ max} = 0,375d = 0,375 \cdot 292,5 = 109,6875 \text{ mm}$$

Karena $c < c \text{ max}$, maka $\phi = 0,9$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi f_y (d - a/2)} = \frac{0 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 420 \cdot (292,5 - 0/2)} = 0 \text{ mm}^2$$

Cek terhadap $A_s \text{ min}$ dan $A_s \text{ max}$:

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} bd = \frac{1,4}{420} \cdot 250 \cdot 292,5 = 243,75 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ max} = \frac{0,36 \beta_1 f'_c bd}{f_y} = \frac{0,36 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250 \cdot 292,5}{420}$$

$$A_s \text{ max} = 1331,92 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} < A_s \text{ perlu} < A_s \text{ max}$$

$$243,75 < 0 < 1331,92$$

Maka, digunakan $A_s \text{ pakai} = 243,75 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan:

$$n = \frac{A_s}{A_v} = \frac{243,75}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2} = 0,86 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga, Digunakan 2D19

2. Tulangan longitudinal lapangan ($M_u = 20,394$ kNm)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\phi 0,85 f'_c b}} = 292,5 - \sqrt{292,5^2 - \frac{2 \cdot 20,394}{0,9 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250}}$$

$$a = 14,966 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{14,966}{0,85} = 17,607 \text{ mm}$$

$$c \text{ max} = 0,375d = 0,375 \cdot 292,5 = 109,6875 \text{ mm}$$

Karena $c < c \text{ max}$, maka $\phi = 0,9$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi f_y (d - a/2)} = \frac{20,394 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 420 \cdot (292,5 - 14,966/2)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 189,298 \text{ mm}^2$$

Cek terhadap $A_s \text{ min}$ dan $A_s \text{ max}$:

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} bd = \frac{1,4}{420} \cdot 250 \cdot 292,5 = 243,75 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ max} = \frac{0,36\beta_1 f'_c bd}{f_y} = \frac{0,36 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250 \cdot 292,5}{420}$$

$$A_s \text{ max} = 1331,92 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} < A_s \text{ perlu} < A_s \text{ max}$$

$$243,75 < 189,298 < 1331,92$$

Maka, digunakan $A_s \text{ pakai} = 243,75 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan:

$$n = \frac{A_s}{A_v} = \frac{243,75}{1/4 \pi \cdot 19^2} = 0,86 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga, Digunakan 2D19

3. Tulangan transversal tumpuan ($V_u = 18,067 \text{ kN}$)

Kekuatan geser beton (V_c)

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d = 0,75 \cdot 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 \\ = 46,617 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \cdot 46,617 = 23,309 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c \geq V_u$$

$$23,309 \geq 18,067$$

Secara teoritis tidak membutuhkan tulangan geser, biasanya tetap dipasang sengkang dengan jarak bebas.

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 18,067 - 46,617 = -28,55 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{-28,55}{0,75} \cdot 1000 = -38067,05 \text{ N}$$

Memeriksa batasan dimensi penampang

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$-38067,05 \leq 0,66 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5$$

$$-38067,05 \leq 241312,5 \text{ (OK)}$$

$$0,33 \sqrt{f'_c} b_w d = 0,33 \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 = 120656,25 \text{ N}$$

Karena $V_s = -38067,05 \text{ N} < 120656,25 \text{ N}$

$$\text{Maka, syarat: } S \text{ max} = \frac{d}{2} = \frac{292,5}{2} = 146,25 \text{ mm}$$

Sehingga, digunakan sengkang 2D8-100 mm.

4. Tulangan transversal tumpuan ($V_u = 20,394 \text{ kN}$)

Kekuatan geser beton (V_c)

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d = 0,75 \cdot 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 \\ &= 46,617 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \cdot 46,617 = 23,309 \text{ kN}$$

$$0,5 \phi V_c \geq V_u$$

$$23,309 \geq 20,394$$

Secara teoritis tidak membutuhkan tulangan geser, biasanya tetap dipasang sengkang dengan jarak bebas.

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 20,394 - 46,617 = -26,223 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{-26,223}{0,75} \cdot 1000 = -34963,85 \text{ N}$$

Memeriksa batasan dimensi penampang:

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$-34963,85 \leq 0,66 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5$$

$$-34963,85 \leq 241312,5 \text{ (OK)}$$

$$0,33 \sqrt{f'_c} b_w d = 0,33 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 = 120656,25 \text{ N}$$

Karena $V_s = -34963,85 \text{ N} < 120656,25 \text{ N}$

$$\text{Maka, syarat: } S \text{ max} = \frac{d}{2} = \frac{292,5}{2} = 146,25 \text{ mm}$$

Sehingga, digunakan sengkang 2D8-100 mm.

Tabel 2. 26 Rekapitulasi Balok Anak Tulangan Longitudinal Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 2

TULANGAN LONGITUDINAL															
Balok Anak		Mu (kNm)	a (mm)	C (mm)	C max (mm)	ϕ	a max (mm)	Direncanakan	As (mm ²)	As min (mm ²)	As max (mm ²)	As perlu	n	=	Digunakan
BA1	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	20,394	14,966	17,607	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	189,298	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
BA2	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	26,682	19,745	23,230	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	249,754	243,750	1331,920	249,754	0,881	2	2D19
BA3	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	36,348	27,260	32,071	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	344,812	243,750	1331,920	344,812	1,216	2	2D19
BA4	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	45,959	34,951	41,119	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	442,089	243,750	1331,920	442,089	1,559	2	2D19

Tabel 2. 27 Rekapitulasi Balok Anak Tulangan Transversal Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 2

TULANGAN TRANSVERSAL													
Balok Anak		Vu	ϕVc (kN)	$0,5\phi Vc$ (kN)	ϕVs (kN)	Vs (N)	Batas dimensi	Cek Vs<0,66	S (mm)	0,33 (N)	Batas Spasi	S pakai	Digunakan
BA1	Tumpuan	18,067	46,617	23,309	-28,550	-38067,050	241312,500	OK	-216,289	120656,250	146,250	100	2D8-100
	Lapangan	20,394	46,617	23,309	-26,223	-34963,850	241312,500	OK	-235,486	120656,250	146,250	100	2D8-100
BA2	Tumpuan	23,569	46,617	23,309	-23,049	-30731,583	241312,500	OK	-267,916	120656,250	146,250	100	2D8-100
	Lapangan	25,981	46,617	23,309	-20,637	-27515,450	241312,500	OK	-299,231	120656,250	146,250	100	2D8-100
BA3	Tumpuan	28,366	46,617	23,309	-18,251	-24335,050	241312,500	OK	-338,339	120656,250	146,250	100	2D8-100
	Lapangan	30,778	46,617	23,309	-15,839	-21118,917	241312,500	OK	-389,863	120656,250	146,250	100	2D8-100
BA4	Tumpuan	33,161	46,617	23,309	-13,456	-17941,317	241312,500	OK	-458,912	120656,250	146,250	100	2D8-100
	Lapangan	35,573	46,617	23,309	-11,044	-14725,183	241312,500	OK	-559,143	120656,250	146,250	100	2D8-100

C. Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* Unit 3

Balok Anak-1 (BA-1)

1. Tulangan longitudinal tumpuan ($M_u = 0$ kNm)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\phi 0,85f'_c b}} = 292,5 - \sqrt{292,5^2 - \frac{2 \cdot 0}{0,9 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250}}$$

$$a = 0 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{0}{0,85} = 0 \text{ mm}$$

$$c \text{ max} = 0,375d = 0,375 \cdot 292,5 = 109,6875 \text{ mm}$$

Karena $c < c \text{ max}$, maka $\phi = 0,9$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi f_y (d - a/2)} = \frac{0 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 420 \cdot (292,5 - 0/2)} = 0 \text{ mm}^2$$

Cek terhadap $A_s \text{ min}$ dan $A_s \text{ max}$:

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} bd = \frac{1,4}{420} \cdot 250 \cdot 292,5 = 243,75 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ max} = \frac{0,36\beta_1 f'_c bd}{f_y} = \frac{0,36 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250 \cdot 292,5}{420}$$

$$A_s \text{ max} = 1331,92 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} < A_s \text{ perlu} < A_s \text{ max}$$

$$243,75 < 0 < 1331,92$$

Maka, digunakan $A_s \text{ pakai} = 243,75 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan:

$$n = \frac{A_s}{A_v} = \frac{243,75}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2} = 0,86 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga, Digunakan 2D19

2. Tulangan longitudinal lapangan ($M_u = 5,729$ kNm)

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\phi 0,85f'_c b}} = 292,5 - \sqrt{292,5^2 - \frac{2 \cdot 5,729}{0,9 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250}}$$

$$a = 4,125 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{4,125}{0,85} = 4,853 \text{ mm}$$

$$c \text{ max} = 0,375d = 0,375 \cdot 292,5 = 109,6875 \text{ mm}$$

Karena $c < c \text{ max}$, maka $\phi = 0,9$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi f_y (d - a/2)} = \frac{5,729 \times}{0,9 \cdot 420 \cdot (292,5 - 4,125/2)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 52,181 \text{ mm}^2$$

Cek terhadap $A_s \text{ min}$ dan $A_s \text{ max}$:

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} bd = \frac{1,4}{420} \cdot 250 \cdot 292,5 = 243,75 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ max} = \frac{0,36\beta_1 f'_c bd}{f_y} = \frac{0,36 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 250 \cdot 292,5}{420}$$

$$A_s \text{ max} = 1331,92 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} < A_s \text{ perlu} < A_s \text{ max}$$

$$243,75 < 52,181 < 1331,92$$

Maka, digunakan $A_s \text{ pakai} = 243,75 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan:

$$n = \frac{A_s}{A_v} = \frac{243,75}{1/4 \times \pi \times 19^2} = 0,86 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga, Digunakan 2D19

3. Tulangan transversal tumpuan ($V_u = 7,2052 \text{ kN}$)

Kekuatan geser beton (V_c)

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d = 0,75 \cdot 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 \\ = 46,617 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \cdot 46,617 = 23,309 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c \geq V_u$$

$$23,309 \geq 7,2052$$

Secara teoritis tidak membutuhkan tulangan geser, biasanya tetap dipasang sengkang dengan jarak bebas.

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 7,2052 - 46,617 = -53,822 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{-53,822}{0,75} \cdot 1000 = -71763,18 \text{ N}$$

Memeriksa batasan dimensi penampang

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$-71763,18 \leq 0,66 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5$$

$$-71763,18 \leq 241312,5 \text{ (OK)}$$

$$0,33 \sqrt{f'_c} b_w d = 0,33 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 = 120656,25 \text{ N}$$

Karena $V_s = -71763,18 \text{ N} < 120656,25 \text{ N}$

$$\text{Maka, syarat : } S \text{ max} = \frac{d}{2} = \frac{292,5}{2} = 146,25 \text{ mm}$$

Sehingga, digunakan sengkang 2D8-100 mm.

4. Tulangan transversal tumpuan ($V_u = 9,7251 \text{ kN}$)

Kekuatan geser beton (V_c)

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d = 0,75 \cdot 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 \\ &= 46,617 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \cdot 46,617 = 23,309 \text{ kN}$$

$$0,5 \phi V_c \geq V_u$$

$$23,309 \geq 9,7251$$

Secara teoritis tidak membutuhkan tulangan geser, biasanya tetap dipasang sengkang dengan jarak bebas.

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 9,7251 - 46,617 = -36,892 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{-36,892}{0,75} \cdot 1000 = -49189,45 \text{ N}$$

Memeriksa batasan dimensi penampang

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$-49189,45 \leq 0,66 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5$$

$$-49189,45 \leq 241312,5 \text{ (OK)}$$

$$0,33 \sqrt{f'_c} b_w d = 0,33 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 292,5 = 120656,25 \text{ N}$$

Karena $V_s = -49189,45 \text{ N} < 120656,25 \text{ N}$

$$\text{Maka, syarat: } S \text{ max} = \frac{d}{2} = \frac{292,5}{2} = 146,25 \text{ mm}$$

Sehingga, digunakan sengkang 2D8-100 mm.

Tabel 2. 28 Rekapitulasi Balok Anak Tulangan Longitudinal Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 3

TULANGAN LONGITUDINAL TUMPUAN															
Balok Anak		Mu (kNm)	a (mm)	C (mm)	C max (mm)	Ø	a max (mm)	Direncanakan	As (mm ²)	As min (mm ²)	As max (mm ²)	As perlu	n	=	Digunakan
BA1	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	5,729	4,125	4,853	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	52,181	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
BA2	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	9,402	6,802	8,002	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	86,034	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
BA3	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	11,780	8,548	10,057	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	108,126	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
BA4	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	13,251	9,633	11,333	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	121,850	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
BA5	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	13,251	9,633	11,333	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	121,850	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
BA6	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	40,443	30,510	35,894	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	385,910	243,750	1331,920	385,910	1,361	2	2D19
BA7	Tumpuan	0	0	0	109,688	0,9	93,234	Tul. Tunggal	0	243,750	1331,920	243,750	0,860	2	2D19
	Lapangan	129,555	115,403	135,769	109,688	-	93,234	Tul. Rangkap	1459,716	243,750	1331,920	1459,716	5,148	6	6D19

Tabel 2. 29 Rekapitulasi Balok Anak Tulangan Transversal Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance* Unit 3

TULANGAN TRANSVERSAL													
Balok Anak		Vu	ϕV_c (kN)	$0,5\phi V_c$ (kN)	ϕV_s (kN)	Vs (N)	Batas dimensi	Cek Vs<0,66	S (mm)	0,33 (N)	Batas Spasi	S paka i	Digunaka n
BA1	Tumpuan	-7,205	46,617	23,309	-53,822	-71763,183	241313	OK	-114,731	120656,25	146,3	100	2D8-100
	Lapangan	9,725	46,617	23,309	-36,892	-49189,45	241313	OK	-167,383	120656,25	146,3	100	2D8-100
BA2	Tumpuan	-10,82	46,617	23,309	-57,436	-76581,317	241313	OK	-107,513	120656,25	146,3	100	2D8-100
	Lapangan	13,268	46,617	23,309	-33,349	-44465,983	241313	OK	-185,164	120656,25	146,3	100	2D8-100
BA3	Tumpuan	-12,82	46,617	23,309	-59,438	-79250,783	241313	OK	-103,892	120656,25	146,3	100	2D8-100
	Lapangan	-14,94	46,617	23,309	-61,561	-82081,983	241313	OK	-100,308	120656,25	146,3	100	2D8-100
BA4	Tumpuan	-13,22	46,617	23,309	-59,834	-79778,783	241313	OK	-103,204	120656,25	146,3	100	2D8-100
	Lapangan	15,743	46,617	23,309	-30,875	-41166,25	241313	OK	-200,006	120656,25	146,3	100	2D8-100
BA5	Tumpuan	-13,22	46,617	23,309	-59,834	-79778,783	241313	OK	-103,204	120656,25	146,3	100	2D8-100
	Lapangan	15,74	46,617	23,309	-30,875	-41166,25	241313	OK	-200,006	120656,25	146,3	100	2D8-100
BA6	Tumpuan	-31,44	46,617	23,309	-78,054	-104072,25	241313	OK	-79,113	120656,25	146,3	100	2D8-100
	Lapangan	33,868	46,617	23,309	-12,749	-16999,317	241313	OK	-484,342	120656,25	146,3	100	2D8-100
BA7	Tumpuan	-61,58	46,617	23,309	-108,196	-144261,05	241313	OK	-57,074	120656,25	146,3	100	2D8-100
	Lapangan	66,226	46,617	23,309	19,609	26145,6167	241313	OK	314,909	120656,25	146,3	100	2D8-100

2.8.2 Perancangan Balok Induk

A. Gedung Rehabilitasi Maintenance Unit 1

Diketahui:

$$f'_c : 25 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ Tulangan Utama} : 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ Sengkang} : 280 \text{ MPa}$$

$$b \text{ Balok} : 350 \text{ mm}$$

$$h \text{ Balok} : 400 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Tumpuan} : 800 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton} : 40 \text{ mm}$$

$$d : 339,5 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter Tulangan} : 25 \text{ mm} \Rightarrow A_v = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diameter Sengkang} : 8 \text{ mm} \Rightarrow A_v = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$C_1 : 600 \text{ mm}$$

$$C_2 : 600 \text{ mm}$$

1. Balok induk Longitudinal

BI-1 (Bentang 2 m)

Syarat dimensi penampang

$$L_n \geq 4d$$

$$2000 - 600 \geq 4 \cdot 339,5$$

$$1400 \geq 1358 \text{ (OK)}$$

$$b \geq 0,3 h \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$350 \geq 0,3 \cdot 400$$

$$350 \geq 120 \text{ (OK)}$$

$$b \leq C_2 + 2 (0,75 C_1)$$

$$350 \leq 600 + 2 (0,75 \cdot 600)$$

$$350 \leq 1500 \text{ (OK)}$$

a. Tumpuan Kiri (+) = $M_u^+ = -43,2102 \text{ kNm}$

1.) Menghitung momen nominal:

$$M_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{-43,2102}{0,9} = -48,011 \text{ kNm}$$

2.) Menghitung tinggi balok tekan beton dan letak garis netral

$$a = d - \sqrt{d^2 - \left(\frac{2|M_n \text{ perlu}|}{0,85 f_c b} \right)} = 339,5 - \sqrt{339,5^2 - \left(\frac{2 \cdot (48,011) \cdot 10^6}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} \right)}$$
$$= 19,579 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{19,579}{0,85} = 23,034 \text{ mm}$$

3.) Cek regangan tulangan

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,003 \frac{d-c}{c} = 0,003 \cdot \frac{339,5-23,034}{23,034} = 0,041$$

Karena $\epsilon_s \geq 0,005$, maka direncanakan terkendali tarik.

4.) Menghitung kebutuhan tulangan

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,85 f_c a b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 19,579 \cdot 350}{420} = 346,706 \text{ mm}^2$$

5.) Menghitung dan control tulangan terpasang

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_v} = \frac{346,706}{490,874} = 0,71 = 2 \text{ buah}$$

Sehingga, digunakan 2D25

$$A_s \text{ pakai} = n \frac{\pi D_{tul}^2}{4} = 2 \cdot 490,874 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$981,748 \text{ mm}^2 \geq 622,122 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ min 1} = \frac{0,25 \sqrt{f_c} b d}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{25} \cdot 350 \cdot 339,5}{420} = 353,6458 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min 2} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \cdot 350 \cdot 339,5 = 396,0833 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 396,083 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min} = 981,748 \text{ mm}^2 \geq 396,083 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ max} = 0,025 b d = 0,025 \cdot 350 \cdot 339,5 = 2970,625 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \leq A_s \text{ max} = 981,748 \text{ mm}^2 \leq 2970,625 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

6.) Cek spasi tulangan

$$S = \frac{b-2 \text{ Sel.beton}-2 d_s-n \cdot D}{n-1} = \frac{350-2 \cdot 40-2 \cdot 8-2 \cdot 25}{2-1} = 204 \text{ mm}$$

$$S > S_{\text{min}} = 204 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

7.) Kekuatan nominal, M_n

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{981,748 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 55,44 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{55,44}{0,85} = 65,223 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 981,748 \cdot 420 \left(339,5 - \frac{55,44}{2} \right) \\ = 128,558 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 128,558 = 115,702 \text{ kNm}$$

b. Tumpuan Kiri (-) = $M_u^- = -95,1691 \text{ kNm}$

1.) Menghitung momen nominal:

$$M_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{-95,1691}{0,9} = -105,743 \text{ kNm}$$

2.) Menghitung tinggi balok tekan beton dan letak garis netral

$$a = d - \sqrt{d^2 - \left(\frac{2|M_n \text{ perlu}|}{0,85 f'_c b} \right)} = 339,5 - \sqrt{339,5^2 - \left(\frac{2 \cdot (105,743) \cdot 10^6}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} \right)} \\ = 44,839 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{44,839}{0,85} = 52,752 \text{ mm}$$

3.) Cek regangan tulangan

$$\varepsilon_s = \varepsilon_t = 0,003 \frac{d-c}{c} = 0,003 \cdot \frac{339,5-52,752}{52,752} = 0,016$$

Karena $\varepsilon_s \geq 0,005$, maka direncanakan terkendali tarik.

4.) Menghitung kebutuhan tulangan

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,85 f'_c a b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 52,752 \cdot 350}{420} = 794,026 \text{ mm}^2$$

5.) Menghitung dan control tulangan terpasang

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_v} = \frac{794,026}{490,874} = 1,62 = 2 \text{ buah}$$

Sehingga, digunakan 2D25

$$A_s \text{ pakai} = n \frac{\pi D_{tul}^2}{4} = 2 \cdot 490,874 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$981,748 \text{ mm}^2 \geq 622,122 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ min 1} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c} b d}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{25} \cdot 350 \cdot 339,5}{420} = 353,6458 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min 2} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \cdot 350 \cdot 339,5 = 396,0833 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 396,083 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min} = 981,748 \text{ mm}^2 \geq 396,083 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ max} = 0,025 \text{ bd} = 0,025 \cdot 350 \cdot 339,5 = 2970,625 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \leq A_s \text{ max} = 981,748 \text{ mm}^2 \leq 2970,625 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

6.) Cek spasi tulangan

$$S = \frac{b-2 \text{ sel. beton}-2 d_s-n D}{n-1} = \frac{350-2 \cdot 40-2 \cdot 8-2 \cdot 25}{2-1} = 204 \text{ mm}$$

$$S > S_{\text{min}} = 204 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

7.) Kekuatan nominal, M_n

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{981,748 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 55,44 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{55,44}{0,85} = 65,223 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 981,748 \cdot 420 \left(339,5 - \frac{55,44}{2} \right) \\ = 128,558 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 128,558 = 115,702 \text{ kNm}$$

c. Lapangan (+) = $M_u^+ = -35,2446 \text{ kNm}$

1.) Menghitung momen nominal:

$$M_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{-35,2446}{0,9} = -39,161 \text{ kNm}$$

2.) Menghitung tinggi balok tekan beton dan letak garis netral

$$a = d - \sqrt{d^2 - \left(\frac{2 |M_n \text{ perlu}|}{0,85 f'_c b} \right)} = 339,5 - \sqrt{339,5^2 - \left(\frac{2 \cdot (39,161) \cdot 10^6}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} \right)} \\ = 15,880 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{15,880}{0,85} = 18,683 \text{ mm}$$

3.) Cek regangan tulangan

$$\varepsilon_s = \varepsilon_t = 0,003 \frac{d-c}{c} = 0,003 \cdot \frac{339,5-18,683}{18,683} = 0,052$$

Karena $\varepsilon_s \geq 0,005$, maka direncanakan terkendali tarik.

4.) Menghitung kebutuhan tulangan

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,85 f'_c a b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 18,683 \cdot 350}{420} = 281,215 \text{ mm}^2$$

5.) Menghitung dan control tulangan terpasang

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_v} = \frac{281,215}{490,874} = 0,57 = 2 \text{ buah}$$

Sehingga, digunakan 2D25

$$A_s \text{ pakai} = n \frac{\pi D_{tul}^2}{4} = 2 \cdot 490,874 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$981,748 \text{ mm}^2 \geq 622,122 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ min 1} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c} b d}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{25} \cdot 350 \cdot 339,5}{420} = 353,6458 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min 2} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \cdot 350 \cdot 339,5 = 396,0833 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 396,083 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min} = 981,748 \text{ mm}^2 \geq 396,083 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ max} = 0,025 b d = 0,025 \cdot 350 \cdot 339,5 = 2970,625 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \leq A_s \text{ max} = 981,748 \text{ mm}^2 \leq 2970,625 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

6.) Cek spasi tulangan

$$S = \frac{b - 2 \text{ sel. beton} - 2 d_s - n D}{n - 1} = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 25}{2 - 1} = 204 \text{ mm}$$

$$S > S_{\text{min}} = 204 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

7.) Kekuatan nominal, M_n

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{981,748 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 55,44 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{55,44}{0,85} = 65,223 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 981,748 \cdot 420 \left(339,5 - \frac{55,44}{2} \right) \\ = 128,558 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 128,558 = 115,702 \text{ kNm}$$

d. Lapangan (-) = $M_u^- = -77,4401 \text{ kNm}$

1.) Menghitung momen nominal:

$$M_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{-77,4401}{0,9} = -86,045 \text{ kNm}$$

2.) Menghitung tinggi balok tekan beton dan letak garis netral

$$a = d - \sqrt{d^2 - \left(\frac{2 |M_n \text{ perlu}|}{0,85 f'_c b} \right)} = 339,5 - \sqrt{339,5^2 - \left(\frac{2 \cdot (86,045) \cdot 10^6}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} \right)} \\ = 35,984 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{35,984}{0,85} = 42,334 \text{ mm}$$

3.) Cek regangan tulangan

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,003 \frac{d - c}{c} = 0,003 \cdot \frac{339,5 - 42,334}{42,334} = 0,021$$

Karena $\varepsilon_s \geq 0,005$, maka direncanakan terkendali tarik.

4.) Menghitung kebutuhan tulangan

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,85 f'_c a b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 42,334 \cdot 350}{420} = 637,209 \text{ mm}^2$$

5.) Menghitung dan control tulangan terpasang

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_v} = \frac{637,209}{490,874} = 1,30 = 2 \text{ buah}$$

Sehingga, digunakan 2D25

$$A_s \text{ pakai} = n \frac{\pi D_{tul}^2}{4} = 2 \cdot 490,874 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$981,748 \text{ mm}^2 \geq 622,122 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ min 1} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c} b d}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{25} \cdot 350 \cdot 339,5}{420} = 353,6458 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min 2} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \cdot 350 \cdot 339,5 = 396,0833 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 396,083 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min} = 981,748 \text{ mm}^2 \geq 396,083 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ max} = 0,025 b d = 0,025 \cdot 350 \cdot 339,5 = 2970,625 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \leq A_s \text{ max} = 981,748 \text{ mm}^2 \leq 2970,625 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

6.) Cek spasi tulangan

$$S = \frac{b - 2 \text{ sel. beton} - 2 d_s - n D}{n - 1} = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 25}{2 - 1} = 204 \text{ mm}$$

$$S > S_{\text{min}} = 204 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

7.) Kekuatan nominal, M_n

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{981,748 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 55,44 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{55,44}{0,85} = 65,223 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 981,748 \cdot 420 \left(339,5 - \frac{55,44}{2} \right) \\ = 128,558 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 128,558 = 115,702 \text{ kNm}$$

e. Tumpuan Kanan (+) = $M_u^+ = 1,91 \text{ kNm}$

1.) Menghitung momen nominal:

$$M_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,91}{0,9} = 2,122 \text{ kNm}$$

2.) Menghitung tinggi balok tekan beton dan letak garis netral

$$a = d - \sqrt{d^2 - \left(\frac{2 |M_n \text{ perlu}|}{0,85 f_c b} \right)} = 339,5 - \sqrt{339,5^2 - \left(\frac{2 \cdot (2,122) \cdot 10^6}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} \right)}$$

$$= 0,842 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{0,842}{0,85} = 0,990 \text{ mm}$$

3.) Cek regangan tulangan

$$\varepsilon_s = \varepsilon_t = 0,003 \frac{d-c}{C} = 0,003 \cdot \frac{339,5-0,990}{0,990} = 1,026$$

Karena $\varepsilon_s \geq 0,005$, maka direncanakan terkendali tarik.

4.) Menghitung kebutuhan tulangan

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,85 f_c a b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,990 \cdot 350}{420} = 14,902 \text{ mm}^2$$

5.) Menghitung dan control tulangan terpasang

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_v} = \frac{14,902}{490,874} = 0,03 = 2 \text{ buah}$$

Sehingga, digunakan 2D25

$$A_s \text{ pakai} = n \frac{\pi D_{\text{tul}}^2}{4} = 2 \cdot 490,874 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$981,748 \text{ mm}^2 \geq 622,122 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ min 1} = \frac{0,25 \sqrt{f_c} b d}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{25} \cdot 350 \cdot 339,5}{420} = 353,6458 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min 2} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \cdot 350 \cdot 339,5 = 396,0833 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 396,083 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min} = 981,748 \text{ mm}^2 \geq 396,083 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ max} = 0,025 b d = 0,025 \cdot 350 \cdot 339,5 = 2970,625 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \leq A_s \text{ max} = 981,748 \text{ mm}^2 \leq 2970,625 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

6.) Cek spasi tulangan

$$S = \frac{b - 2 \text{ sel. beton} - 2 d_s - n D}{n-1} = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 25}{2-1} = 204 \text{ mm}$$

$$S > S_{\text{min}} = 204 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

7.) Kekuatan nominal, M_n

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c b} = \frac{981,748 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 55,44 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{55,44}{0,85} = 65,223 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 981,748 \cdot 420 \left(339,5 - \frac{55,44}{2} \right)$$

$$= 128,558 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 128,558 = 115,702 \text{ kNm}$$

f. Tumpuan Kanan (-) = $M_u^- = 0,8337 \text{ kNm}$

1.) Menghitung momen nominal:

$$M_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{0,8337}{0,9} = 0,926 \text{ kNm}$$

2.) Menghitung tinggi balok tekan beton dan letak garis netral

$$a = d - \sqrt{d^2 - \left(\frac{2 |M_n \text{ perlu}|}{0,85 f'_c b} \right)} = 339,5 - \sqrt{339,5^2 - \left(\frac{2 \cdot (0,926) \cdot 10^6}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} \right)}$$

$$= 0,367 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{0,367}{0,85} = 0,432 \text{ mm}$$

3.) Cek regangan tulangan

$$\varepsilon_s = \varepsilon_t = 0,003 \frac{d-c}{c} = 0,003 \cdot \frac{339,5-0,432}{0,432} = 2,356$$

Karena $\varepsilon_s \geq 0,005$, maka direncanakan terkendali tarik.

4.) Menghitung kebutuhan tulangan

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,85 f'_c a b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,432 \cdot 350}{420} = 6,500 \text{ mm}^2$$

5.) Menghitung dan control tulangan terpasang

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_v} = \frac{6,500}{490,874} = 0,01 = 2 \text{ buah}$$

Sehingga, digunakan 2D25

$$A_s \text{ pakai} = n \frac{\pi D_{tul}^2}{4} = 2 \cdot 490,874 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$981,748 \text{ mm}^2 \geq 622,122 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ min 1} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c} b d}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{25} \cdot 350 \cdot 339,5}{420} = 353,6458 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min 2} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \cdot 350 \cdot 339,5 = 396,0833 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 396,083 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min} = 981,748 \text{ mm}^2 \geq 396,083 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ max} = 0,025 b d = 0,025 \cdot 350 \cdot 339,5 = 2970,625 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \leq A_s \text{ max} = 981,748 \text{ mm}^2 \leq 2970,625 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

6.) Cek spasi tulangan

$$S = \frac{b - 2 \text{ sel. beton} - 2 d_s - n D}{n - 1} = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 25}{2 - 1} = 204 \text{ mm}$$

$$S > S_{\min} = 204 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

7.) Kekuatan nominal, M_n

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{981,748 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 55,44 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{55,44}{0,85} = 65,223 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 981,748 \cdot 420 \left(339,5 - \frac{55,44}{2} \right) \\ = 128,558 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 128,558 = 115,702 \text{ kNm}$$

2. Balok induk Transversal

BI-1 (Bentang 2,5 m)

Tabel 2. 30 Tulangan Longitudinal BI-1

	Kiri	Kanan
Atas	2	2
Bawah	2	2

a. Tumpuan Kiri

1.) Momen ujung tumpuan kiri positif (M_{pr1})

Tulangan atas = 2D25

$$A_s \text{ pakai} = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 25^2 \right) = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr} = \frac{A_s 1,25 f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{981,748 \cdot 1,25 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 69,300 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = A_s 1,25 f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) = 981,748 \cdot 1,25 \cdot 420 \left(339,5 - \frac{69,3}{2} \right) \\ = 157,125 \text{ kNm}$$

2.) Momen ujung tumpuan kiri negatif (M_{pr2})

$$A_s \text{ pakai} = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 25^2 \right) = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr} = \frac{A_s 1,25 f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{981,748 \cdot 1,25 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 69,300 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = A_s 1,25 f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) = 981,748 \cdot 1,25 \cdot 420 \left(339,5 - \frac{69,3}{2} \right) \\ = 157,125 \text{ kNm}$$

3.) Gaya geser gempa akibat sendi plastis

$$V_E = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} = \frac{157,125 + 157,125}{1,4} = 224,464 \text{ kN}$$

4.) Gaya geser akibat beban gravitasi

$$V_G = 86,9731 \text{ kN}$$

5.) Gaya geser desain

$$V_{e1} \text{ gempa kiri} = V_G - V_{E1} = 86,9731 - 224,464 = -137,491 \text{ kN}$$

$$V_{e1} \text{ gempa kanan} = V_G + V_{E1} = 86,9731 + 224,464 = 311,438 \text{ kN}$$

$$V_e \text{ max} = 311,438 \text{ kN}$$

6.) Tulangan geser tumpuan

Gaya geser akibat gempa :

$$224,464 > 50\% \text{ geser desain} = 44,669 \text{ kN}$$

$$\text{Maka, } V_c = 0$$

$$\phi V_s = V_e - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{224,464}{0,85} - 0 = 299,286 \text{ kN}$$

Digunakan Senggang 4 kaki diameter 8.

$$S = \frac{4 \cdot 50,265 \cdot 280 \cdot 339,5}{299,286} \cdot 10^{-3} = 63,862 \text{ mm}$$

Cek spasi:

$$\frac{d}{4} = \frac{339,5}{4} = 84,875 \text{ mm}$$

$$6d_b = 6 \cdot 25 = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Batas spasi maksimum} = 84,875 \text{ mm}$$

Karena $S < S_{\text{max}} = 63,867 \text{ mm} < 84,875 \text{ mm}$, sehingga digunakan Spasi $63,867 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$. Maka digunakan 3D8-50.

b. Tumpuan Kanan

1.) Momen ujung tumpuan kanan positif (M_{pr1})

Tulangan atas = 2D25

$$A_s \text{ pakai} = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 25^2 \right) = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr} = \frac{A_s \cdot 1,25 f_y}{0,85 f_c b} = \frac{981,748 \cdot 1,25 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 69,300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= A_s \cdot 1,25 f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) = 981,748 \cdot 1,25 \cdot 420 \left(339,5 - \frac{69,3}{2} \right) \\ &= 157,125 \text{ kNm} \end{aligned}$$

2.) Momen ujung tumpuan kanan negatif (M_{pr2})

$$A_s \text{ pakai} = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 25^2\right) = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr} = \frac{A_s \cdot 1,25 f_y}{0,85 f_c b} = \frac{981,748 \cdot 1,25 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 69,300 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = A_s \cdot 1,25 f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2}\right) = 981,748 \cdot 1,25 \cdot 420 \left(339,5 - \frac{69,3}{2}\right) = 157,125 \text{ kNm}$$

3.) Gaya geser gempa akibat sendi plastis

$$V_E = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} = \frac{157,125 + 157,125}{1,4} = 224,464 \text{ kN}$$

4.) Gaya geser akibat beban gravitasi

$$V_G = 31,1936 \text{ kN}$$

5.) Gaya geser desain

$$V_{e2} \text{ gempa kiri} = V_G + V_E = 31,1936 + 224,464 = 255,658 \text{ kN}$$

$$V_{e2} \text{ gempa kanan} = V_G - V_E = 31,1936 - 224,464 = -193,271 \text{ kN}$$

$$V_e \text{ max} = 255,658 \text{ kN}$$

6.) Tulangan geser tumpuan

Gaya geser akibat gempa:

$$224,464 > 50\% \text{ geser desain} = 16,3845 \text{ kN}$$

$$\text{Maka, } V_c = 0$$

$$\phi V_s = V_e - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{224,464}{0,85} - 0 = 299,286 \text{ kN}$$

Digunakan Sengkang 4 kaki diameter 8.

$$S = \frac{4 \cdot 50,265 \cdot 280 \cdot 339,5}{299,286} \cdot 10^{-3} = 63,862 \text{ mm}$$

Cek spasi:

$$\frac{d}{4} = \frac{339,5}{4} = 84,875 \text{ mm}$$

$$6d_b = 6 \cdot 25 = 150 \text{ mm}$$

Maka, batas spasi maksimum = 84,875 mm

Karena $S < S_{\text{max}} = 63,867 \text{ mm} < 84,875 \text{ mm}$, sehingga digunakan Spasi 63,867 mm \approx 50 mm. Maka digunakan 4D8-50.

c. Lapangan

$$\begin{aligned}V_{e.lap.gki} &= \frac{L_n - 2h}{L_n} (V_{e.gki.max} - V_{e.gki.min}) + V_{e.gki.min} \\&= \frac{1,4 - 2(0,4)}{1,4} (255,658 - (-137,491)) + (-137,491) \\&= 31,001 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{e.lap.gka} &= \frac{L_n - 2h}{L_n} (V_{e.gka.max} - V_{e.gka.min}) + V_{e.gka.min} \\&= \frac{1,4 - 2(0,4)}{1,4} (311,438 - (-193,271)) + (-193,271) \\&= 23,033 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$V_{e.lap.max} = 31,001 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}V_c &= 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 350 \cdot 339,5 \cdot 10^{-3} \\&= 101,0013 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 101,0013 = 75,7509 \text{ kN}$$

$V_e > \phi V_c$, maka tulangan geser tidak dibutuhkan.

$$V_s = \frac{V_{e.lap}}{\phi} - V_c = \frac{31,001}{0,85} - 101,0013 = -59,666 \text{ kN}$$

Cek Batasan dimensi:

$$V_s < 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$-59,666 < 0,66 \cdot \sqrt{25} \cdot 350 \cdot 339,5 \cdot 10^{-3}$$

$$-59,666 < 392,1225 \text{ kN (OK)}$$

Dipasang Sengkang 2 kaki diameter 8

$$S = \frac{\phi A_v f_y t d}{V_s} = \frac{0,75 \cdot 2 \cdot 50,265 \cdot 280 \cdot 339,5 \cdot 10^2}{-59,666} = -120,124 \text{ mm}$$

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{339,5}{2} = 165,5 \text{ mm}$$

$$S < S_{max} = -120,124 \text{ mm} < 165,5 \text{ mm (OK)}$$

Maka dipasang Sengkang lapangan 2D8-50.

Tabel 2. 31 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok induk di Gedung
Rehabilitasi *Maintenance* Unit 1

TULANGAN LONGITUDINAL								
BALOK INDUK		Mu (kNm)	a (mm)	c (mm)	$\epsilon_s \geq$ 0,005	As perlu	Digunakan	As pakai
BI-1	Tumpuan kir +	-43,210	19,579	23,034	Terkendali tarik	346,706	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-95,169	44,839	52,752	Terkendali tarik	794,026	2D25	981,748
	Lapangan +	-35,245	15,880	18,683	Terkendali tarik	281,215	2D25	981,748
	Lapangan -	-77,440	35,984	42,334	Terkendali tarik	637,209	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	1,91	0,842	0,990	Terkendali tarik	14,902	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	0,834	0,367	0,432	Terkendali tarik	6,500	2D25	981,748
BI-2	Tumpuan kir +	4,85	2,141	2,519	Terkendali tarik	37,909	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-13,192	5,855	6,889	Terkendali tarik	103,690	2D25	981,748
	Lapangan +	13,821	6,137	7,220	Terkendali tarik	108,680	2D25	981,748
	Lapangan -	-11,932	5,292	6,225	Terkendali tarik	93,705	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	3,978	1,755	2,065	Terkendali tarik	31,080	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-15,541	6,909	8,128	Terkendali tarik	122,347	2D25	981,748
BI-3	Tumpuan kir +	37,140	16,757	19,714	Terkendali tarik	296,732	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-50,733	23,111	27,189	Terkendali tarik	409,258	2D25	981,748
	Lapangan +	33,263	14,967	17,608	Terkendali tarik	265,039	2D25	981,748
	Lapangan -	-40,441	18,288	21,516	Terkendali tarik	323,856	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	37,136	16,755	19,711	Terkendali tarik	296,696	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-50,682	23,087	27,161	Terkendali tarik	408,829	2D25	981,748

TULANGAN LONGITUDINAL								
BALOK INDUK		Mu (kNm)	a (mm)	c (mm)	$\epsilon_s \geq$ 0,005	As perlu	Digunakan	As pakai
BI-4	Tumpuan kir +	31,6807	14,239	16,752	Terkendali tarik	252,155	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-50,154	22,838	26,868	Terkendali tarik	404,423	2D25	981,748
	Lapangan +	29,6101	13,290	15,635	Terkendali tarik	235,338	2D25	981,748
	Lapangan -	-38,672	17,466	20,549	Terkendali tarik	309,302	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	30,3085	13,610	16,011	Terkendali tarik	241,005	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-50,110	22,817	26,844	Terkendali tarik	404,056	2D25	981,748
BI-5	Tumpuan kir +	14,1207	6,272	7,378	Terkendali tarik	111,059	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-79,904	37,199	43,763	Terkendali tarik	658,726	2D25	981,748
	Lapangan +	59,568	27,311	32,130	Terkendali tarik	483,627	2D25	981,748
	Lapangan -	-60,961	27,978	32,915	Terkendali tarik	495,440	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	13,8243	6,139	7,222	Terkendali tarik	108,707	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-77,562	36,044	42,404	Terkendali tarik	638,274	2D25	981,748
BI-6	Tumpuan kir +	10,8952	4,829	5,681	Terkendali tarik	85,507	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-79,645	37,071	43,613	Terkendali tarik	656,465	2D25	981,748
	Lapangan +	56,8989	26,036	30,631	Terkendali tarik	461,055	2D25	981,748
	Lapangan -	-68,826	31,773	37,380	Terkendali tarik	562,644	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	11,1479	4,941	5,813	Terkendali tarik	87,505	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-82,075	38,274	45,028	Terkendali tarik	677,762	2D25	981,748
BI-7	Tumpuan kir +	-25,79	11,545	13,582	Terkendali tarik	204,440	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-73,630	34,114	40,134	Terkendali tarik	604,103	2D25	981,748
	Lapangan +	47,7286	21,696	25,524	Terkendali tarik	384,194	2D25	981,748
	Lapangan -	-59,765	27,405	32,241	Terkendali tarik	485,292	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	-25,620	11,468	13,491	Terkendali tarik	203,070	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-73,273	33,940	39,929	Terkendali tarik	601,013	2D25	981,748

Tabel 2. 32 Cek Syarat Tulangan Longitudinal untuk SRPMK Unit 1

BALOK INDUK		Mn	0,5 Mn Joint-	Mn joint+ > 0,5 Mn joint-	0,25 M max Joint	Mn+>0,25 Mmax joint
BI-1	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-2	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-3	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-4	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-5	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-6	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-7	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK

Tabel 2. 33 Rekapitulasi Tulangan Transversal Balok induk di Gedung Rehabilitasi *Maintenance* Unit 1

TULANGAN TRANSVERSAL														
TUMPUAN										LAPANGAN				
BALOK INDUK		As pakai (mm ²)	apr (mm)	Mpr (kNm)	VE (kN)	VG (kN)	Ve kiri (kN)	Ve kanan (kN)	Dipasang	Ve lap (kN)	vC (kN)	reduksi.Vc (kN)	cek	Dipasang
BI-1	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	224,464	86,9731	-137,49	311,438	4D8-50	31,001	101,0013	75,7509375	TDK DIBUTUHKAN	2D8-50
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	224,464	31,1936	255,658	-193,27	4D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										
BI-2	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	179,572	28,1633	-151,41	207,73	3D8-50	45,0343	101,0013	75,7509375	TDK DIBUTUHKAN	2D8-50
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	179,572	30,8881	210,46	-148,68	3D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										

TULANGAN TRANSVERSAL														
TUMPUAN										LAPANGAN				
BALOK INDUK		As pakai (mm ²)	apr (mm)	Mpr (kNm)	VE (kN)	VG (kN)	Ve kiri (kN)	Ve kanan (kN)	Dipasang	Ve lap (kN)	vC (kN)	reduksi.Vc (kN)	cek	Dipasang
BI-3	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	149,643	28,98	-120,663	178,623	4D8-50	64,5828	101,001	75,751	TDK DIBUTUHKAN	2D8-50
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125					3D8-50					
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125					3D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125					3D8-50					
BI-4	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	108,362	31,132	-77,230	139,494	2D8-50	80,0874	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-150
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125					2D8-50					
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125					2D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125					2D8-50					
BI-5	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	92,427	76,197	-16,229	168,624	2D8-50	124,768	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-100
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125					2D8-50					
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125					2D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125					2D8-50					

TULANGAN TRANSVERSAL														
TUMPUAN										LAPANGAN				
BALOK INDUK		As pakai (mm ²)	apr (mm)	Mpr (kNm)	VE (kN)	VG (kN)	Ve kiri (kN)	Ve kanan (kN)	Dipasang	Ve lap (kN)	vC (kN)	reduksi.Vc (kN)	cek	Dipasang
BI-6	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	80,577	71,829	-8,748	152,406	2D8-50	120,269	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-100
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										
BI-7	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	49,102	68,907	19,805	118,008	2D8-50	105,720	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-150
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										

B. Gedung Rehabilitasi Maintenance Unit 2

Tabel 2. 34 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok induk di Gedung Rehabilitasi *Maintenance* Unit 2

TULANGAN LONGITUDINAL								
BALOK INDUK		Mu (kNm)	a (mm)	c (mm)	$\epsilon_s \geq 0,005$	As perlu	Digunakan	As pakai
BI-1	Tumpuan kir +	83,413	38,938	45,809	Terkendali tarik	689,526	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	35,048	15,790	18,576	Terkendali tarik	279,612	2D25	981,748
	Lapangan +	61,940	28,448	33,468	Terkendali tarik	503,767	2D25	981,748
	Lapangan -	-93,667	44,078	51,857	Terkendali tarik	780,556	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	-39,343	17,778	20,915	Terkendali tarik	314,819	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-108,27	51,557	60,656	Terkendali tarik	912,992	2D25	981,748
BI-2	Tumpuan kir +	-1,324	0,583	0,686	Terkendali tarik	10,324	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-29,213	13,108	15,421	Terkendali tarik	232,122	2D25	981,748
	Lapangan +	28,192	12,641	14,871	Terkendali tarik	223,847	2D25	981,748
	Lapangan -	-22,735	10,156	11,948	Terkendali tarik	179,846	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	0,504	0,222	0,261	Terkendali tarik	3,925	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-26,137	11,703	13,768	Terkendali tarik	207,240	2D25	981,748
BI-3	Tumpuan kir +	-41,070	18,581	21,860	Terkendali tarik	329,037	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-112,7	53,864	63,369	Terkendali tarik	953,838	2D25	981,748
	Lapangan +	77,253	35,891	42,225	Terkendali tarik	635,576	2D25	981,748
	Lapangan -	-96,906	45,721	53,790	Terkendali tarik	809,646	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	84,589	39,523	46,497	Terkendali tarik	699,881	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	35,331	15,920	18,729	Terkendali tarik	281,918	2D25	981,748

TULANGAN LONGITUDINAL								
BALOK INDUK		Mu (kNm)	a (mm)	c (mm)	$\epsilon_s \geq$ 0,005	As perlu	Digunakan	As pakai
BI-4	Tumpuan kir +	-15,770	7,012	8,249	Terkendali tarik	124,167	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-53,606	24,471	28,789	Terkendali tarik	433,335	2D25	981,748
	Lapangan +	14,250	6,330	7,447	Terkendali tarik	112,086	2D25	981,748
	Lapangan -	-44,210	20,046	23,583	Terkendali tarik	354,976	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	7,114	3,145	3,700	Terkendali tarik	55,694	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-0,068	0,030	0,035	Terkendali tarik	0,526	2D25	981,748
BI-5	Tumpuan kir +	3,215	1,418	1,668	Terkendali tarik	25,106	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-1,727	0,761	0,895	Terkendali tarik	13,471	2D25	981,748
	Lapangan +	18,646	8,306	9,772	Terkendali tarik	147,094	2D25	981,748
	Lapangan -	-46,343	21,045	24,759	Terkendali tarik	372,669	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	-17,811	7,930	9,330	Terkendali tarik	140,430	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-56,214	25,710	30,247	Terkendali tarik	455,275	2D25	981,748

Tabel 2. 35 Cek Syarat Tulangan Longitudinal untuk SRPMK Unit 2

BALOK INDUK		Mn	0,5 Mn Joint-	Mn joint+ > 0,5 Mn joint-	0,25 M max Joint	Mn+>0,25 Mmax joint
BI-1	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575				
	Lapangan +	128,5575				
	Lapangan -	128,5575				
	Tumpuan kan +	128,5575				
	Tumpuan kan -	128,5575				
BI-2	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575				
	Lapangan +	128,5575				
	Lapangan -	128,5575				
	Tumpuan kan +	128,5575				
	Tumpuan kan -	128,5575				
BI-3	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575				
	Lapangan +	128,5575				
	Lapangan -	128,5575				
	Tumpuan kan +	128,5575				
	Tumpuan kan -	128,5575				
BI-4	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575				
	Lapangan +	128,5575				
	Lapangan -	128,5575				
	Tumpuan kan +	128,5575				
	Tumpuan kan -	128,5575				
BI-5	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575				
	Lapangan +	128,5575				
	Lapangan -	128,5575				
	Tumpuan kan +	128,5575				
	Tumpuan kan -	128,5575				
BI-6	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575				
	Lapangan +	128,5575				
	Lapangan -	128,5575				
	Tumpuan kan +	128,5575				
	Tumpuan kan -	128,5575				
BI-7	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575				
	Lapangan +	128,5575				
	Lapangan -	128,5575				
	Tumpuan kan +	128,5575				
	Tumpuan kan -	128,5575				

Tabel 2. 36 Rekapitulasi Tulangan Transversal Balok induk di Gedung Rehabilitasi *Maintenance* Unit 2

TULANGAN TRANSVERSAL														
TUMPUAN										LAPANGAN				
BALOK INDUK		As pakai (mm ²)	apr (mm)	Mpr (kNm)	VE (kN)	VG (kN)	Ve kiri (kN)	Ve kanan (kN)	Dipasang	Ve lap (kN)	vC (kN)	reduksi.Vc (kN)	cek	Dipasang
BI-1	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	165,395	51,854	-113,54	217,248	3D8-50	118,799	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-100
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										
BI-2	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	112,232	46,248	-65,984	158,481	3D8-50	93,676	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-150
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										

TULANGAN TRANSVERSAL														
TUMPUAN										LAPANGAN				
BALOK INDUK		As pakai (mm ²)	apr (mm)	Mpr (kNm)	VE (kN)	VG (kN)	Ve kiri (kN)	Ve kanan (kN)	Dipasang	Ve lap (kN)	vC (kN)	reduksi.Vc (kN)	cek	Dipasang
BI-3	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	108,362	112,539	4,177	220,901	3D8-50	133,651	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-50
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	108,362	12,980	121,342	-95,382	2D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										
BI-4	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	92,427	45,344	-47,083	137,771	3D8-50	86,900	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-150
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	92,427	13,996	106,423	-78,430	2D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										
BI-5	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	80,577	20,378	-60,199	100,955	2D8-50	89,935	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-150
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	80,577	48,103	128,680	-32,474	2D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										

C. Gedung Rehabilitasi Maintenance Unit 3

Tabel 2. 37 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok induk di Gedung Rehabilitasi *Maintenance* Unit 3

TULANGAN LONGITUDINAL								
BALOK INDUK		Mu (kNm)	a (mm)	c (mm)	$\epsilon_s \geq 0,005$	As perlu	Digunakan	As pakai
BI-1	Tumpuan kir +	-42,944	19,455	22,888	Terkendali tarik	344,509	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-94,256	44,377	52,208	Terkendali tarik	785,834	2D25	981,748
	Lapangan +	-34,980	15,758	18,539	Terkendali tarik	279,054	2D25	981,748
	Lapangan -	-76,567	35,554	41,828	Terkendali tarik	629,604	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	2,483	1,094	1,287	Terkendali tarik	19,377	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	1,088	0,479	0,564	Terkendali tarik	8,487	2D25	981,748
BI-2	Tumpuan kir +	-0,555	0,244	0,287	Terkendali tarik	4,324	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-12,306	5,459	6,422	Terkendali tarik	96,667	2D25	981,748
	Lapangan +	15,903	7,071	8,319	Terkendali tarik	125,224	2D25	981,748
	Lapangan -	-8,830	3,908	4,598	Terkendali tarik	69,208	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	0,434	0,191	0,225	Terkendali tarik	3,384	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-8,725	3,861	4,543	Terkendali tarik	68,380	2D25	981,748
BI-3	Tumpuan kir +	15,203	6,757	7,950	Terkendali tarik	119,660	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-29,376	13,182	15,509	Terkendali tarik	233,438	2D25	981,748
	Lapangan +	15,345	6,821	8,024	Terkendali tarik	120,784	2D25	981,748
	Lapangan -	-21,930	9,791	11,519	Terkendali tarik	173,384	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	15,700	6,980	8,212	Terkendali tarik	123,607	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-28,395	12,734	14,981	Terkendali tarik	225,493	2D25	981,748

TULANGAN LONGITUDINAL								
BALOK INDUK		Mu (kNm)	a (mm)	c (mm)	$\epsilon_s \geq$ 0,005	As perlu	Digunakan	As pakai
BI-4	Tumpuan kir +	11,666	5,173	6,086	Terkendali tarik	91,602	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-27,9558	12,533	14,745	Terkendali tarik	221,938	2D25	981,748
	Lapangan +	24,9932	11,182	13,155	Terkendali tarik	198,017	2D25	981,748
	Lapangan -	-22,853	10,210	12,011	Terkendali tarik	180,797	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	20,2525	9,032	10,626	Terkendali tarik	159,942	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-15,7156	6,987	8,220	Terkendali tarik	123,735	2D25	981,748
BI-5	Tumpuan kir +	7,1333	3,154	3,710	Terkendali tarik	55,845	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-42,3963	19,199	22,587	Terkendali tarik	339,980	2D25	981,748
	Lapangan +	35,1357	15,830	18,624	Terkendali tarik	280,325	2D25	981,748
	Lapangan -	-28,002	12,554	14,769	Terkendali tarik	222,312	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	8,4126	3,722	4,379	Terkendali tarik	65,915	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-36,6235	16,518	19,432	Terkendali tarik	292,499	2D25	981,748
BI-6	Tumpuan kir +	0,1361	0,060	0,070	Terkendali tarik	1,061	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-48,1684	21,902	25,768	Terkendali tarik	387,856	2D25	981,748
	Lapangan +	44,5371	20,199	23,763	Terkendali tarik	357,689	2D25	981,748
	Lapangan -	-38,3529	17,318	20,375	Terkendali tarik	306,681	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	0,1395	0,061	0,072	Terkendali tarik	1,087	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-48,7125	22,158	26,069	Terkendali tarik	392,390	2D25	981,748

TULANGAN LONGITUDINAL								
BALOK INDUK		Mu (kNm)	a (mm)	c (mm)	$\epsilon_s \geq$ 0,005	As perlu	Digunakan	As pakai
BI-7	Tumpuan kir +	75,766	35,161	41,366	Terkendali tarik	622,642	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-59,215	27,142	31,931	Terkendali tarik	480,634	2D25	981,748
	Lapangan +	59,662	27,356	32,183	Terkendali tarik	484,426	2D25	981,748
	Lapangan -	-42,605	19,296	22,702	Terkendali tarik	341,707	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	-4,675	2,064	2,428	Terkendali tarik	36,543	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-59,06	27,068	31,844	Terkendali tarik	479,321	2D25	981,748
BI-8	Tumpuan kir +	-25,538	11,430	13,447	Terkendali tarik	202,409	2D25	981,748
	Tumpuan kir -	-65,387	30,108	35,421	Terkendali tarik	533,156	2D25	981,748
	Lapangan +	42,423	19,211	22,601	Terkendali tarik	340,197	2D25	981,748
	Lapangan -	-51,878	23,652	27,826	Terkendali tarik	418,838	2D25	981,748
	Tumpuan kan +	-25,108	11,234	13,217	Terkendali tarik	198,944	2D25	981,748
	Tumpuan kan -	-64,444	29,653	34,886	Terkendali tarik	525,104	2D25	981,748

Tabel 2. 38 Cek Syarat Tulangan Longitudinal untuk SRPMK Unit 3

BALOK INDUK		Mn	0,5 Mn Joint-	Mn joint+ > 0,5 Mn joint-	0,25 M max Joint	Mn+>0,25 Mmax joint
BI-1	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-2	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-3	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-4	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-5	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-6	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK
BI-7	Tumpuan kir +	128,5575	64,279	OK	32,1395	OK
	Tumpuan kir -	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan +	128,5575			32,1395	OK
	Lapangan -	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan +	128,5575			32,1395	OK
	Tumpuan kan -	128,5575			32,1395	OK

Tabel 2. 39 Rekapitulasi Tulangan Transversal Balok induk di Gedung Rehabilitasi *Maintenance* Unit 3

TULANGAN TRANSVERSAL														
TUMPUAN										LAPANGAN				
BALOK INDUK		As pakai (mm ²)	apr (mm)	Mpr (kNm)	VE (kN)	VG (kN)	Ve kiri (kN)	Ve kanan (kN)	Dipasang	Ve lap (kN)	vC (kN)	reduksi.Vc (kN)	cek	Dipasang
BI-1	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	224,464	86,8391	-137,63	311,304	4D8-50	30,867	101,001	75,751	TDK DIBUTUHKAN	2D8-50
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	224,464	31,0595	255,524	-193,405	4D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										
BI-2	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	179,572	34,2427	-145,33	213,81	3D8-50	47,9646	101,001	75,751	TDK DIBUTUHKAN	2D8-50
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	179,572	30,5896	210,16	-148,982	3D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										

TULANGAN TRANSVERSAL															
TUMPUAN										LAPANGAN					
BALOK INDUK		As pakai (mm ²)	apr (mm)	Mpr (kNm)	VE (kN)	VG (kN)	Ve kiri (kN)	Ve kanan (kN)	Dipasang	Ve lap (kN)	vC (kN)	reduksi.Vc (kN)	cek	Dipasang	
BI-3	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	165,395	15,930	-149,47	181,324	3D8-50	71,700	101,001	75,751	TDK DIBUTUHKAN	2D8-50	
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125											
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	165,395	67,152	232,547	-98,243	3D8-50						
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125											
BI-4	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	149,643	36,831	-112,81	186,474	3D8-50	73,291	101,001	75,751	TDK DIBUTUHKAN	2D8-50	
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125											
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	149,643	38,172	187,815	-	111,471						3D8-50
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125											
BI-5	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	130,938	58,376	-72,561	189,314	2D8-50	100,420	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-150	
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125											
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	130,938	53,571	184,508	-77,367	2D8-50						
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125											

TULANGAN TRANSVERSAL														
TUMPUAN										LAPANGAN				
BALOK INDUK		As pakai (mm ²)	apr (mm)	Mpr (kNm)	VE (kN)	VG (kN)	Ve kiri (kN)	Ve kanan (kN)	Dipasang	Ve lap (kN)	vC (kN)	reduksi.Vc (kN)	cek	Dipasang
BI-6	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	130,938	65,492	-65,446	196,429	2D8-50	109,289	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-150
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	130,938	65,719	196,657	-65,218	2D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										
BI-7	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	108,362	75,577	-32,785	183,939	2D8-50	124,124	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-100
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	108,362	75,471	183,833	-32,891	2D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										
BI-8	Tumpuan kiri atas	981,748	69,300	157,125	92,427	63,194	-29,232	155,621	2D8-50	112,063	101,001	75,751	DIBUTUHKAN	2D8-100
	Tumpuan kiri bawah	981,748	69,300	157,125										
	Tumpuan kanan atas	981,748	69,300	157,125	92,427	62,928	155,355	-29,499	2D8-50					
	Tumpuan kanan bawah	981,748	69,300	157,125										

2.9 Perancangan Kolom

Kolom adalah struktur utama yang menopang berat bangunan dan beban lainnya seperti beban mati, beban hidup, dan beban angin. Hasil output dari *software* ETABS didapatkan nilai momen dan gaya-gaya yang bekerja pada kolom di Gedung Unit Rehabilitasi *Maintainance*. Selain menggunakan *software* ETABS, perencanaan kolom juga menggunakan bantuan aplikasi SpColoum yang gunanya adalah untuk memudahkan dalam menyelidiki bagian beton bertulang mengalami beban aksial dan lentur bangunan sehingga dapat didesain kolom yang mampu menahan gaya-gaya yang terjadi pada suatu bangunan.

2.9.1 Perancangan Kolom Longitudinal

A. Unit 1 Gedung Rehabilitas *Maintainance*

Direncanakan dilokasi dengan KDS D.

Diketahui:

$$P_u \text{ max} = 523,382 \text{ kN}$$

$$P_u \text{ min} = -861,17 \text{ kN}$$

$$M_{uy} \text{ max} = 39,235 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} \text{ min} = 19,6327 \text{ kNm}$$

$$M_{ux} \text{ max} = 108,0351 \text{ kNm}$$

$$M_{ux} \text{ min} = 18,7525 \text{ kNm}$$

$$\text{Ukuran Kolom : } b = 600 \text{ mm}$$

$$H = 600 \text{ mm}$$

$$t = 3500 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu Bahan : } f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ Tulangan Utama} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ Sengkang} = 280 \text{ MPa}$$

Diketahui:

Momen Nominal Balok

$$M_{nb.ki} (-) = 128,6 \text{ kNm}$$

$$M_{nb.ki (+)} = 128,6 \text{ kNm}$$

Momen nominal balok kiri sama dengan momen nominal balok dan jumlah tulangan yang terpasang sama. Output ϕM_n kolom akibat P_u max dan P_u min dari *Software SpColoum*.

Factore Loads and Moments with corresponding capacities

Tabel 2. 40 Hasil Sp Coloum Unit 1

No	P_u kN	ϕM_{nx} kNm	$\phi M_n/M_u$	NA Depth mm	ϵ_t	ϕ
1	816	1328,96	12,213	203	0,00511	0,9
2	283	1261,26	70,070	176	0,00635	0,9

Tabel 2. 41 Rekapitulasi Sp Coloum Unit 1

	ϕM_{nx}	ϕ	M_{nx}
Pu MAX	1318,96	0,9	1405,51
Pu MIN	1261,26	0,9	1401,4

Diambil Momen nominal terkecil dari P_u max dan P_u min

$$M_{nc a} = 146,51 \text{ kNm}$$

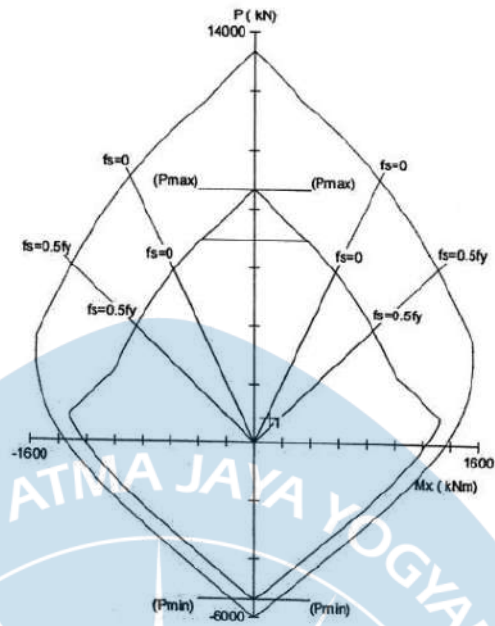
$$M_{nc b} = 1401,4 \text{ kNm}$$

$$(M_{nc a} + M_{nc b}) \geq 1,2 (M_{nb.ki(-)} + M_{nb.ki(+)})$$

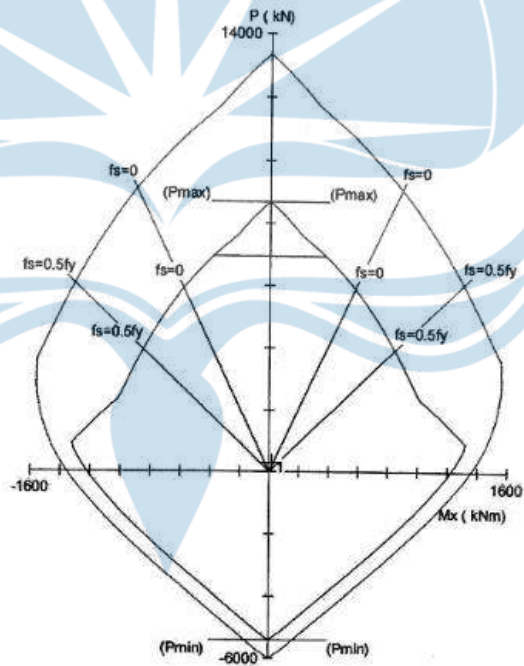
$$(1465,51 + 1401,4) \geq 1,2 (128,6 + 128,6)$$

$$2866,91 \geq 308,64 \text{ kNm}$$

Karena $M_{nc} \geq 1,2 M_{nb}$, maka, kolom telah memenuhi syarat.



Gambar 2. 42 Gedung Rehabilitasi Unit 1 Max



Gambar 2.48 Gedung Rehabilitasi Unit 1 Min

B. Unit 2 Gedung Rehabilitas *Maintainance*

Direncanakan dilokasi dengan KDS D.

Diketahui:

$$\begin{aligned}P_u \text{ max} &= 95,4776 \text{ kN} \\P_u \text{ min} &= 421,2154 \text{ kN} \\M_{uy} \text{ max} &= 6,3733 \text{ kNm} \\M_{uy} \text{ min} &= 36,2027 \text{ kNm} \\M_{ux} \text{ max} &= 8,6445 \text{ kNm} \\M_{ux} \text{ min} &= 42,1006 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Ukuran Kolom:

$$\begin{aligned}b &= 600 \text{ mm} \\H &= 600 \text{ mm} \\t &= 3500 \text{ mm}\end{aligned}$$

Mutu Bahan :

$$\begin{aligned}f'_c &= 25 \text{ MPa} \\f_y \text{ Tulangan Utama} &= 420 \text{ MPa} \\f_y \text{ Sengkang} &= 280 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Diketahui:

Momen Nominal Balok

$$\begin{aligned}M_{nb.ki} (-) &= 128,6 \text{ kNm} \\M_{nb.ka} (+) &= 128,6 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Momen nominal balok kiri sama dengan momen nominal balok dan jumlah tulangan yang terpasang sama. Output ϕM_n kolom akibat P_u max dan P_u min dari *Software SpColoum*.

Factore Loads and Moments with corresponding capacities

Tabel 2. 42 Hasil Sp *Coloum* Unit 2

No	P_u kN	ϕM_{nx} kNm	$\phi M_n/M_u$	NA Depth mm	ϵ_t	ϕ
1	421	975,95	23,237	161	0,00720	0,9
2	95	927,13	70,070	146	0,00821	0,9

Tabel 2. 43 Rekapitulasi Sp *Coloum* Unit 2

	ϕM_{nx}	ϕ	M_{nx}
P_u max	1318,96	0,9	1084,39
P_u min	1261,26	0,9	1030,14

Diambil Momen nominal terkecil dari P_u max dan P_u min.

$$M_{nc\ a} = 1084,39 \text{ kNm}$$

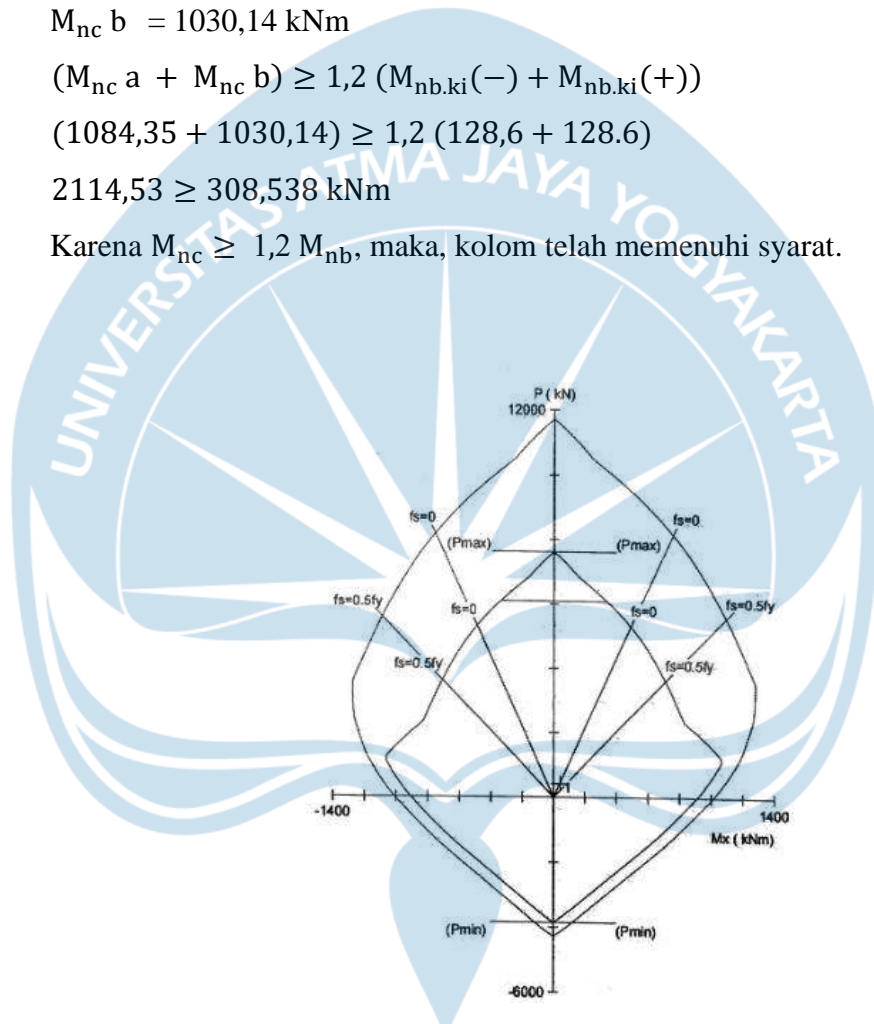
$$M_{nc\ b} = 1030,14 \text{ kNm}$$

$$(M_{nc\ a} + M_{nc\ b}) \geq 1,2 (M_{nb.ki(-)} + M_{nb.ki(+)}))$$

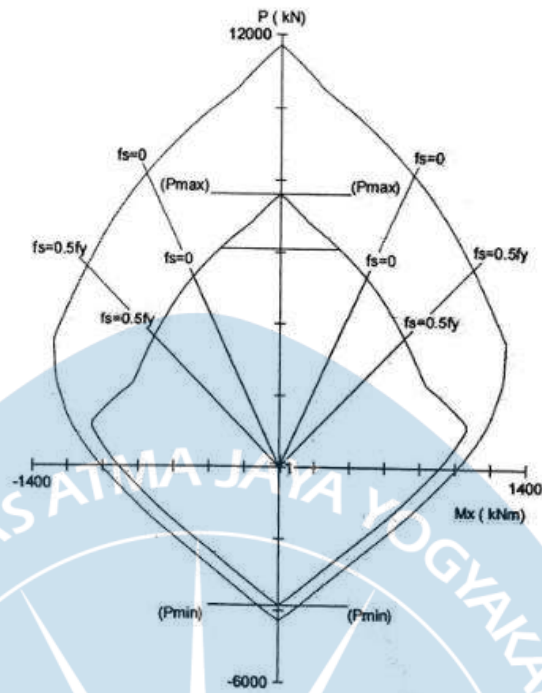
$$(1084,35 + 1030,14) \geq 1,2 (128,6 + 128,6)$$

$$2114,53 \geq 308,538 \text{ kNm}$$

Karena $M_{nc} \geq 1,2 M_{nb}$, maka, kolom telah memenuhi syarat.



Gambar 2. 43 Gedung Rehabilitasi Unit 2 Max



Gambar 2. 44 Gedung Rehabilitasi Unit 2 Min

C. Unit 3 Gedung Rehabilitasi *Maintainance*

Direncanakan di lokasi dengan KDS D

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ max} &= 522,5 && \text{kN} \\
 P_u \text{ min} &= 237,606 && \text{kN} \\
 M_{uy} \text{ max} &= 24,007 && \text{kNm} \\
 M_{uy} \text{ min} &= 75,239 && \text{kNm} \\
 M_{ux} \text{ max} &= 40,299 && \text{kNm} \\
 M_{ux} \text{ min} &= 45,528 && \text{kNm}
 \end{aligned}$$

Ukuran Kolom:

$$\begin{aligned}
 b &= 600 \text{ mm} \\
 H &= 600 \text{ mm} \\
 t &= 3500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Mutu Bahan :

$$\begin{aligned}
 f'_c &= 25 \text{ MPa} \\
 f_y \text{ Tulangan Utama} &= 420 \text{ MPa} \\
 f_y \text{ Sengkang} &= 280 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Diketahui:

Momen Nominal Balok

$$M_{nb.ki} (-) = 128,6 \text{ kNm}$$

$$M_{nb.ki} (+) = 128,6 \text{ kNm}$$

Momen nominal balok kiri sama dengan momen nominal balok dan jumlah tulangan yang terpasang sama. Output ϕM_n kolom akibat P_u max dan P_u min dari *Software SpColoum*.

Factore Loads and Moments with corresponding capacities.

Tabel 2. 44 Hasil Sp Coloum Unit 3

No	P_u kN	ϕM_{nx} kNm	$\phi M_n/M_u$	NA Depth mm	ϵ_t	ϕ
1	522	1289,36	53,723	188	0,00574	0,9
2	237	75	16,731	174	0,00646	0,9

Tabel 2. 45 Rekapitulasi Sp Coloum Unit 3

	ϕM_{nx}	ϕ	M_{nx}
P_u max	1289,36	0,9	1432,62
P_u min	1254,85	0,9	1394,28

Diambil Momen nominal terkecil dari P_u max dan P_u min.

$$M_{nc} a = 1432,62 \text{ kNm}$$

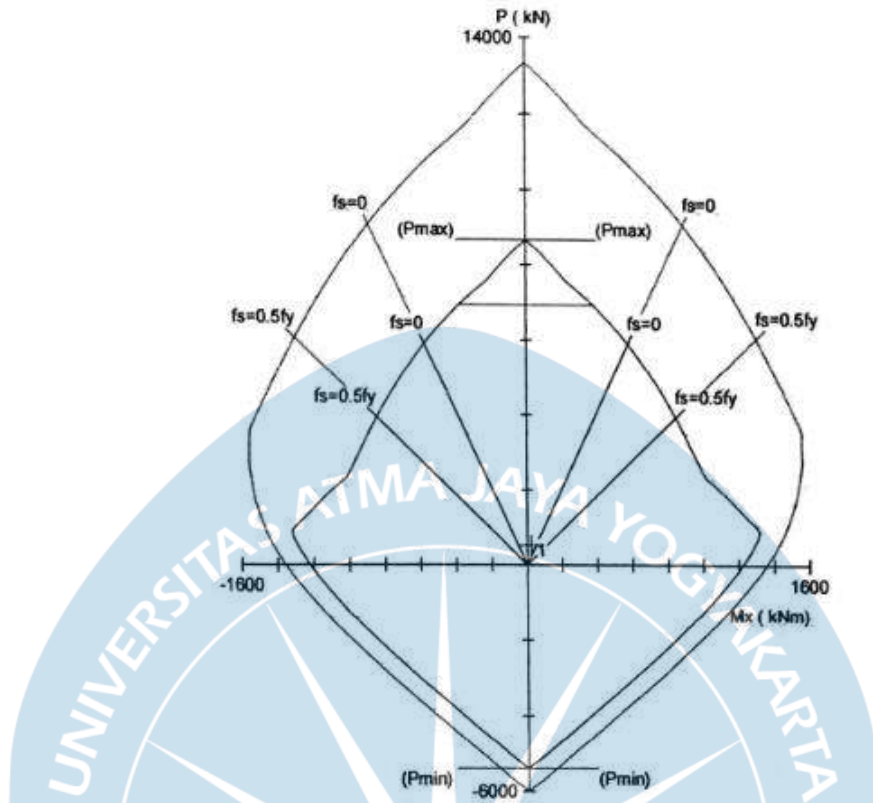
$$M_{nc} b = 1394,28 \text{ kNm}$$

$$(M_{nc} a + M_{nc} b) \geq 1,2 (M_{nb.ki}(-) + M_{nb.ki}(+))$$

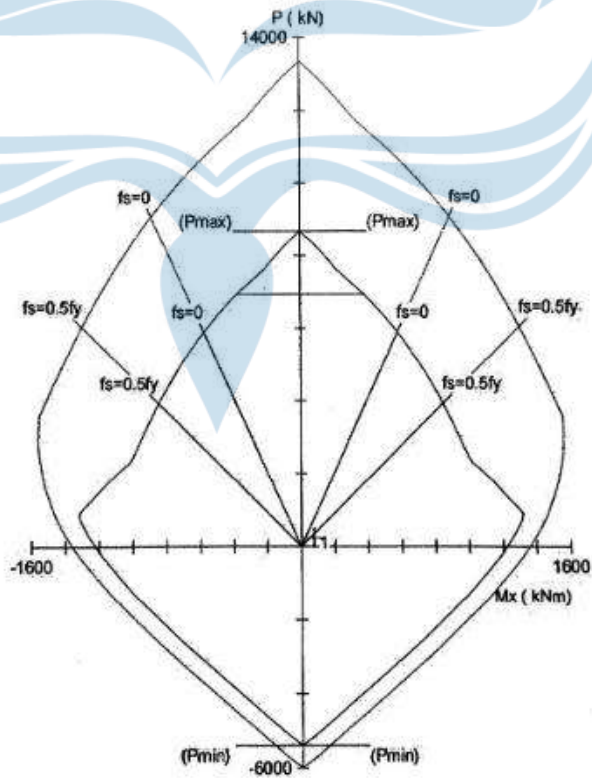
$$(1432,62 + 1394,28) \geq 1,2 (128,6 + 128,6)$$

$$2826,9 \geq 308,64 \text{ kNm}$$

Karena $M_{nc} \geq 1,2 M_{nb}$, maka kolom telah memenuhi syarat.



Gambar 2. 45 Gedung Rehabilitasi Unit 3 Max



Gambar 2. 46 Gedung Rehabilitasi Unit 3 Min

2.9.2 Perancangan Kolom Transversal

A. Unit 1 Gedung Rehabilitas *Maintainance*

Direncanakan dilokasi dengan KDS D.

Dari analisis struktur $V_u = 17,1595$ kN

Berdasarkan MPR balok kiri dan kanan kolom:

$$M_{prb.ki} (-) = 1,25 \cdot 128,6 = 160,697 \text{ kNm}$$

$$M_{prb.ki} (+) = 1,25 \cdot 128,6 = 160,697 \text{ kNm}$$

$$M_{prb.ka} (-) = 1,25 \cdot 128,6 = 160,697 \text{ kNm}$$

$$M_{prb.ka} (+) = 1,25 \cdot 128,6 = 160,697 \text{ kNm}$$

$$M_{prk} \text{ dari balok} = 0,5 (160,697 + 160,697) = 160,697 \text{ kNm}$$

Menghitung kuat geser perlu :

$$V_e = \frac{160,697 + 160,697}{\left(\frac{3}{5} - \frac{600}{1000}\right)} = 110,825 \text{ kN}$$

Nilai $V_e = 110,825 > V_u$ dari analisis struktur = 17,1595 kN, maka digunakan $V_u = V_e = 110,825$ kN

$$\text{Diameter Sengkang} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton} = 40 \text{ mm}$$

$$D = 600 - 40 - 13 - \frac{25}{2} = 534,5 \text{ mm}$$

Kuat geser beton diabaikan $V_c = 0$ (karena $V_c > V_u$)

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - 0 = \frac{110,825 \cdot 1000}{0,75} - 0 = 147767,279 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{F_{ytd}} = \frac{147767,279}{280 \times 534,5} = 4,615 \text{ mm}^2/\text{mm (A)}$$

Tulangan Transversal Pengekangan:

$$\begin{aligned} P_u &= 816160,500 \text{ N} < 0,3 F'_c A_g = 0,3 \cdot 25 \cdot 60 \cdot 60 \\ &= 2700000 \text{ N} \end{aligned}$$

$f'_c = 25 \text{ MPa} < 70 \text{ MPa}$, maka digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{A_{sh}}{S_{bc}} = 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_{rc}}{f_{yt}}$$

$$\frac{A_{sh}}{S_{bc}} = 0,09 \frac{f_{rc}}{f_{yt}}$$

$$B_c = \text{Lebar Kolom} = \text{Selimut Beton} = 600 - 2 \cdot 40 = 520 \text{ mm}$$

$$A_g = 600 \cdot 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$A_{ch} = (b - 2 \text{ cover}) \cdot (H - 2 \text{ cover})$$

$$A_{ch} = (600 - 2 \cdot 40) \cdot (600 - 2 \cdot 40) = 270400 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sh}}{S_{bc}} = 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_{rc}}{f_{yt}} = 0,3 \cdot \left(\frac{360000}{270400} - 1 \right) \cdot \frac{25}{280} = 0,00888$$

$$\frac{A_{sh}}{S} = 0,008876 \cdot 520 = 4,219 \text{ mm}^2/\text{mm (B)}$$

$$\frac{A_{sh}}{S_{bc}} = 0,09 \frac{f_{rc}}{f_{yt}} = 0,09 \cdot \frac{25}{280} = 0,00804$$

$$\frac{A_{sh}}{S} = 0,00804 \cdot 520 = 3,375 \text{ mm}^2/\text{mm (C)}$$

Dari (A), (B), dan (C) yang menentukan (A), sehingga

$$\frac{A_{sh}}{S} = 4,615 \text{ mm}^2/\text{m}$$

1. Tulangan Transversal disepanjang l_0

$$\text{Asumsi } S = 100 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 4,615 > 100 = 461,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan diameter 13 mm, luas 1 kaki

$$A_v = \frac{1}{4} \pi \cdot 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2$$

Jumlah kaki Tulangan Transversal :

$$\frac{A_{sh}}{A_v} = \frac{461,538}{132,732} = 3,47 \approx \text{digunakan } n = 4$$

Maka tulangan tranversal 4D13-100

S max:

$$\text{a. } \frac{1}{4} \text{ dimensi kecil kolom} = \frac{1}{4} \cdot 600 = 150 \text{ mm.}$$

$$\text{b. } 6 \text{ kali diameter tulangan longitudinal} = 6 \cdot 50 = 300 \text{ mm.}$$

Jarak antar Tulangan :

$$S = \frac{600 - 2 \cdot 40 \cdot 13 - 2 \cdot 0,5 \cdot 50}{4 - 1} = 234,5 \text{ mm}$$

$$H_x = 2 \cdot 234,5 = 469 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - 469}{3} \right) = 60,333 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq S_o \leq 150 \text{ mm}$$

Jarak tulangan transversal 100 mm tidak memenuhi syarat sehingga diambil spasinya 150 mm.

2. Tulangan Tranversal diluar l_o

$$V_e = 110,825 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \sqrt{25} \cdot 600 \cdot 434,5 = 272,595 \text{ kN}$$

$$272,595 \text{ kN} > V_e = 110,825 \text{ kN}$$

Jarak Tulangan transversal diambil 150 mm maka digunakan 3D13-150

Tabel 2. 46 Rekapitulasi Tulangan Transversal Kolom

TULANGAN TRANVERSAL																
	Vu (kN)	Mprk (kNm)	Ve (kN)	Kuat Geser Perlu	Vc	Vs (N)	Pu (N)	Ash/S (mm ² /m m)	S (m m)	Ash (mm)	Av (mm ²)	Dipasang (didaerah lo)	Vc (kN)	Cek	S (m m)	Dipasang
Unit 2	14,82	160,7	110,83	110,83	0	147767,3	347030,5	4,61538	100	461,5	132,73	3D13- 100	22,76	Diperlukan tul. minimum	150	3D13- 150
Unit 3	14,82	160,7	110,83	110,83	0	147767,3	347030,5	4,61538	100	461,5	132,73	3D13- 100	22,76	Diperlukan tul. minimum	150	3D13- 150

2.10 Perancangan Hubungan Balok Kolom

Dalam perancangan hubungan balok dan kolom dibutuhkan data kolom dan data balok dari perhitungan sebelumnya. Pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* Unit 1, 2, dan 3 memiliki data balok dan kolom yang sama, yaitu untuk tulangan atas dan bawah balok 2D25 dan data kolom yang digunakan $A_{sh}/s = 4,615 \text{ mm}^2/\text{mm}$.

Diketahui:

f'_c	: 25	Mpa
f_y tulangan utama	: 420	Mpa
f_y sengkang	: 280	Mpa
Dimensi kolom	: 600 × 600	mm
Dimensi balok	: 350 × 400	mm
t	: 3500	mm
Diameter tulangan utama	: 25	mm
Diameter sengkang	: 13	mm
Selimut beton	: 40	mm
d balok	: 400 – 40 – 8 – 25/2 = 339,5	mm
d kolom	: 600 – 40 – 13 – 25/2 = 534,5	mm

Hubungan balok (BI-1) dan kolom (K-1)

$$\frac{A_{sh}}{s} = 4,615 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jumlah tulangan transversal diambil 1/2 bagian dari kebutuhan tulangan transversal kolom.

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,5 \cdot 4,615 = 2,308 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jarak tulangan transversal = 150 mm

$$A_{sh} = \text{Jarak tulangan transversal} \cdot \frac{A_{sh}}{s} = 150 \times 2,308 = 346,154 \text{ mm}^2$$

Dipasang 3D13-150

Jumlah kaki = 3

$$A_{sh} = \text{Jumlah kaki} \cdot A_v = 3 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 13^2\right) = 398,197 \text{ mm}^2$$

Nilai M_{pr} :

Tulangan 2D25 sisi atas pada balok (BI-1)

Jumlah tulangan utama = 2

$$\alpha = \frac{A_{sh}(1,25 f_y)}{0,85 f'_c b_{balok}} = \frac{2 \cdot 490,874(1,25 \cdot 420)}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 69,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr} &= A_{sh}(1,25 f_y)(d - \alpha/2) \\ &= 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 25^2\right) (1,25 \cdot 420) \left(339,5 - \frac{69,3}{2}\right) \\ &= 157,125 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tulangan 2D25 sisi bawah pada balok (BI-1)

Jumlah tulangan utama = 2

$$\alpha = \frac{A_{sh}(1,25 f_y)}{0,85 f'_c b_{balok}} = \frac{2 \cdot 490,874(1,25 \cdot 420)}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 69,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr} &= A_{sh}(1,25 f_y)(d - \alpha/2) \\ &= 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 25^2\right) (1,25 \cdot 420) \left(339,5 - \frac{69,3}{2}\right) = 157,125 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Dari hasil M_{pr} balok, didapatkan nilai M_c yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_c &= DF(M_{pr} \text{ sisi atas} + M_{pr} \text{ sisi bawah}) = 0,5(157,125 + 157,125) \\ &= 157,125 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$V_{goyangan} = \frac{(M_c + M_c)}{\text{tinggi kolom}} = \frac{(157,125 + 157,125)}{3,5} = 89,786 \text{ kN}$$

Gaya yang bekerja pada tulangan atas pada sebelah kiri joint.

$$\begin{aligned} T_1 &= 1,25 \cdot A_s \text{ tulangan atas} \cdot \frac{f_y}{1000} = 1,25 \cdot 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 25^2\right) \cdot \frac{420}{1000} \\ &= 515,418 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya tekan yang bekerja pada beton di sisi kiri joint sebesar

$$C_1 = T_1 = 515,418 \text{ kN}$$

Untuk sisi kanan joint:

$$\begin{aligned} C_2 = T_2 &= 1,25 \cdot A_s \text{ tulangan bawah} \cdot \frac{f_y}{1000} = 1,25 \cdot 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 25^2\right) \cdot \frac{420}{1000} \\ &= 515,418 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{\text{goyangan}} = 515,418 + 515,418 - 89,786 = 941,049 \text{ kN}$$

Hubungan balok kolom tengah

$$V_n = \frac{1,7 \sqrt{f'_c} A_g}{1000} = \frac{1,2 \cdot \sqrt{25} \cdot (600 \cdot 600)}{1000} = 3060 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,85 \cdot 3060 = 2601 \text{ kN}$$

Cek $\phi V_n > V_j$:

$$2601 \text{ kN} > 941,049 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Hubungan balok kolom tepi

$$V_n = \frac{1,2 \sqrt{f'_c} A_g}{1000} = \frac{1,2 \cdot \sqrt{25} \cdot (600 \cdot 600)}{1000} = 2160 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,85 \cdot 2160 = 1836 \text{ kN}$$

Cek $\phi V_n > V_n$:

$$1836 \text{ kN} > 941,049 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Karena semua tipe jenis balok induk di unit 1, 2, dan 3 memiliki tulangan yang sama yaitu 2D25, maka tulangan hubungan balok kolom diasumsikan 3D13-150 dinyatakan aman.

2.11 Perancangan Plat Lantai

Plat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah dan didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom bangunan. Dalam merencanakan plat lantai perlu ditentukan terlebih dahulu dimensi tebal plat lantai yang akan digunakan pada suatu bangunan. Perencanaan plat lantai perlu juga diperhitungkan beban-beban yang terjadi pada bangunan seperti beban mati dan beban hidup sehingga dapat direncanakan penulangan yang akan digunakan dalam merancang plat lantai yang aman dan kuat.

1. Dimensi tebal plat lantai

Secara keseluruhan, tebal plat lantai di Gedung Panti Unit Rehabilitasi *Maintenance* direncanakan 120 mm dan jenis plat lantainya merupakan plat satu arah. Pelat satu arah adalah pelat beton yang ditopang hanya pada dua sisi kolom yang berseberangan sedemikian rupa sehingga pelat tersebut membengkok atau membengkok dengan arah tegak lurus sisi kolom. Karena panel satu arah hanya didukung pada dua sisi yang berlawanan, beban yang bekerja pada panel didistribusikan ke seluruh panel dalam satu arah ke kedua sisi pendukung.

Tabel 2. 47 Rekapitulasi Tipe Plat Lantai 2 dan Lantai Dak

Tipe Plat	Lx	Ly	Ly/Lx	Jenis Pelat	Jenis Tumpuan	Tebal pelat minimum(mm)	Tebal plat (mm)
	(mm)	(mm)				(mm)	
A1	2000	4000	2	Pelat 1 arah	satu menerus	83,33	120
A	2000	4000	2	Pelat 1 arah	dua menerus	71,43	120
B	1750	4000	2,285714286	Pelat 1 arah	dua menerus	62,50	120
B1	1750	4000	2,285714286	Pelat 1 arah	satu menerus	72,92	120
C	1350	4000	2,962962963	Pelat 1 arah	dua menerus	48,21	120
D	2000	4500	2,25	Pelat 1 arah	satu menerus	83,33	120
E1	2000	7000	3,5	Pelat 1 arah	satu menerus	83,33	120
E	2000	7000	3,5	Pelat 1 arah	dua menerus	71,43	120
F	1750	7000	4	Pelat 1 arah	dua menerus	62,50	120
G	1175	3500	2,978723404	Pelat 1 arah	dua menerus	41,96	120
H	2250	7000	3,111111111	Pelat 1 arah	satu menerus	93,75	120
I	1000	4000	4	Pelat 1 arah	kantilever	100,00	120
J	1000	3500	3,5	Pelat 1 arah	kantilever	100,00	120
K	1000	2700	2,7	Pelat 1 arah	kantilever	100,00	120
L	1000	4500	4,5	Pelat 1 arah	kantilever	100,00	120

Tipe Plat	Lx	Ly	Ly/Lx	Jenis Pelat	Jenis Tumpuan	Tebal pelat minimum(mm)	Tebal plat (mm)
	(mm)	(mm)				(mm)	
M	1750	4500	2,571428571	Pelat 1 arah	satu menerus	72,92	120
N	1750	3500	2	Pelat 1 arah	dua menerus	62,50	120
O	1250	3400	2,72	Pelat 1 arah	satu menerus	52,08	120
P	1250	4500	3,6	Pelat 1 arah	dua menerus	44,64	120
Q	1250	3500	2,8	Pelat 1 arah	dua menerus	44,64	120
R	1250	4000	3,2	Pelat 1 arah	satu menerus	52,08	120
S	1700	3500	2,058823529	Pelat 1 arah	satu menerus	70,83	120
T	1750	4500	2,571428571	Pelat 1 arah	dua menerus	62,50	120
U	1500	4000	2,666666667	Pelat 1 arah	satu menerus	62,50	120
V	1500	7000	4,666666667	Pelat 1 arah	dua menerus	53,57	120
W	1000	3000	3	Pelat 1 arah	dua menerus	35,71	120
X	1000	2500	2,5	Pelat 1 arah	dua menerus	35,71	120
Y	1000	3000	3	Pelat 1 arah	dua menerus	35,71	120
Z	1000	2000	2	Pelat 1 arah	dua menerus	35,71	120
AA	1175	2500	2,127659574	Pelat 1 arah	dua menerus	41,96	120
AB	1175	3000	2,553191489	Pelat 1 arah	kantilever	117,50	120
AC	1175	2700	2,29787234	Pelat 1 arah	kantilever	117,50	120
AD	1175	4000	3,404255319	Pelat 1 arah	kantilever	117,50	120
AE	1175	3500	2,978723404	Pelat 1 arah	kantilever	117,50	120

2. Pembebanan pada fungsi plat

Tabel 2. 48 Perhitungan Beban

Beban Mati (DL)	mm	m	Berat Jenis		kN/m ²
Berat sendiri Plat	120	0,12	24 kN/m ³	=	2,88
adukan semen 20 mm	20	0,02	21 kN/m ³	=	0,42
keramik plafon	10	0,01	24 kN/m ³	=	0,24
			0,2 kN/m ³	=	0,2
			Total DL	=	3,74
Beban Hidup (LL)					
Rumah Sakit - >Ruang Dasar				=	1,92
			q ultimate	=	7,56

Bentang Plat B (sebagai contoh perhitungan)

Diketahui:

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

$$L_x = 1750 \text{ mm}$$

$$\text{Ukuran Balok Induk} = 400 \times 300 \text{ mm}$$

$$\text{Ukuran Balok Anak} = 350 \times 250 \text{ mm}$$

$$\text{Ukuran Kolom} = 500 \times 500 \text{ mm}$$

$$\text{Beban Hidup} = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

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

$$D \text{ Tulangan Utama} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Selimut Beton} = 20 \text{ mm}$$

- Menentukan beban Plat Minimum

$$\frac{L_x}{24} = \frac{1750}{24} = 72,9167 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm (minimum tebal plat lantai)}$$

Jadi, tebal Plat 120 mm

$$d_s = \text{Tebal Plat} - \text{sel. beton} - \frac{D \text{ Tulangan Utama}}{2} = 120 - 20 - \frac{10}{2} = 95 \text{ mm}$$

- Menghitung Momen Plat

Diasumsikan selebar 1000 mm

Menghitung momen ultimit Plat

Koefisien momen :

$$A = -0,0625$$

$$B = 0,06$$

$$C = -0,04167$$

Titik A

$$M_u = \text{koef } A \cdot q_u \cdot L_x^2 = -0,0625 \cdot 7,56 \cdot 1750^2 = -1,447 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[\sqrt{1 - \frac{4 M_u}{17 \theta f'_c b d^2}} \right] = \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left[\sqrt{1 - \frac{4 \cdot (-1,447)}{1,7 \cdot 0,9 \cdot 25 \cdot 100 \cdot 95^2}} \right]$$

$$= 0,000424$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_s = P \cdot 1000 \cdot d_s = 0,000424 \cdot 1000 \cdot 95 = 40,296 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{240}$$

$$= 327,249 \text{ mm} < 3h = 3(120) = 360 \text{ mm (ok)}$$

Titik B

$$M_u = \text{koef } B \cdot q_u \cdot L_x^2 = 0,06 \times 7,56 \times 1750^2 = 1,447 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[\sqrt{1 - \frac{4 M_u}{17 \theta f'_c b d^2}} \right] = \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left[\sqrt{1 - \frac{4 \cdot 1,447}{1,7 \cdot 0,9 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95^2}} \right]$$

$$= 0,000424$$

$$A_s = P \cdot 1000 \cdot d_s = 0,000424 \times 1000 \times 95 = 40,296 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{240}$$

$$= 327,249 \text{ mm} < 3h = 3(120) = 360 \text{ mm (OK)}$$

Titik C

$$M_u = \text{koef B} \cdot q_u \cdot L_x^2 = -0,04167 \cdot 7,56 \cdot 17502 = 0,9647 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[\sqrt{1 - \frac{4 M_u}{17 \theta f'_c b d^2}} \right] = \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left[\sqrt{1 - \frac{4 \cdot (-0,9647)}{1,7 \cdot 0,9 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95^2}} \right]$$

$$= 0,000283$$

$$A_s = P \cdot 1000 \cdot d_s = 0,000283 \cdot 1000 \cdot 95 = 26,864 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{240}$$

$$= 327,249 \text{ mm} < 3h = 3(120) = 360 \text{ mm (OK)}$$

Tabel 2. 49 Rekapitulasi Plat B

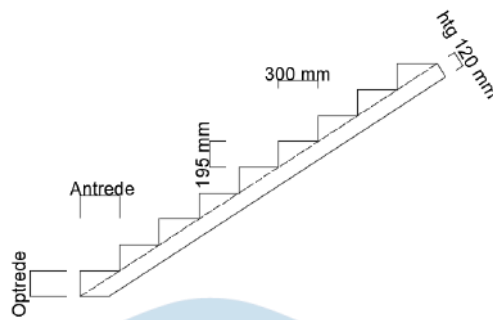
	A	B	C
Koefisien	-0,0625	0,06	-0,04167
Mu	-1,447	1,447	-0,9647
P	-0,000424	0,000424	0,000283
As	40,296	40,296	26,864
As min	240	240	240
As Pasang	240	240	240
S	327,249	327,249	327,249
Pasang	D10-300	D10-300	D10 - 300

2.12 Perancangan Tangga

Dalam merencanakan tangga sangat perlu diperhitungkan beban-beban yang terjadi pada tangga agar dapat direncanakan penulangan yang dapat memperkuat tangga dari gaya-gaya yang terjadi pada suatu bangunan. Gedung Panti Unit Rehabilitasi *Maintenance* memiliki 1 tangga yang terdapat pada unit 1.

Diketahui:

Lebar Bordes	= 800 mm
Optrede	= 195 mm
Antrede	= 300 mm
Tinggi Lantai	= 3500 mm
Tebal Plat Tangga	= 120 mm
Berat Volume Beton	= 24 kN/m ³
Berat Volume Ubin	= 21 kN/m ³



Gambar 2. 47 Detail Anak Tangga

Maka didapatkan seperti berikut :

- Jumlah anak tangga (n) = $\frac{H_{et}}{o} = \frac{3500}{195} = 18$ buah
- Lebar Tangga (L_{tg}) = $\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{H_{et}}{o} - 1\right) A = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{3500}{195} - 1\right) 300$
= 2392 mm
- $\alpha = \text{arc tan} \left(\frac{o}{A}\right) = \text{arc} \left(\frac{195}{300}\right) = 33^\circ$

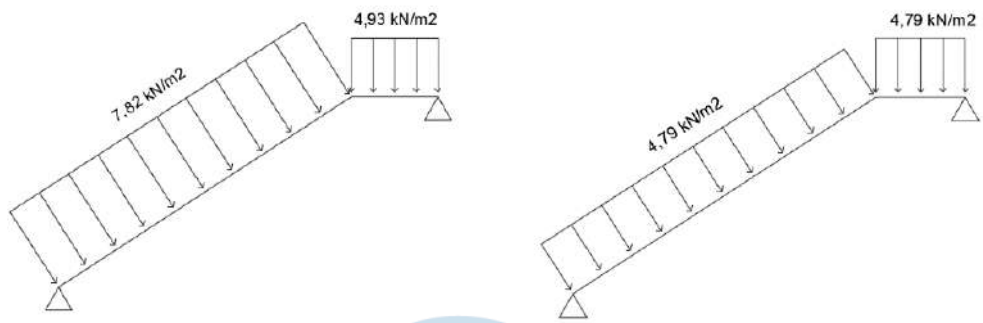
Rencana Beban Tangga :

- Berat Sendiri Tangga = $\frac{0,12}{\text{Cos } 33^\circ} \cdot 24 = 3,4 \text{ kN/m}^2$
 - Berat Anak Tangga = $\frac{1}{2} \cdot 0,195 \cdot 24 = 2,34 \text{ kN/m}^2$
 - Berat Anak Tangga = $0,05 \cdot 21 = 1,05 \text{ kN/m}^2$
 - Berat Railing (diperkirakan) = 1 kN/m^2
- $\Sigma \text{Beban atg} = 7,82 \text{ kN/m}^2$

Beban qbd bordes :

- Berat Sendiri Tangga = $0,12 \cdot 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2$
 - Berat Ubin dan spesi = $0,05 \cdot 21 = 1,05 \text{ kN/m}^2$
 - Berat Railing (diperkirakan) = $1,05 \text{ kN/m}^2$
- $\Sigma \text{Beban qbd} = 7,82 \text{ kN/m}^2$

Beban Hidup = $4,79 \text{ kN/m}^2$



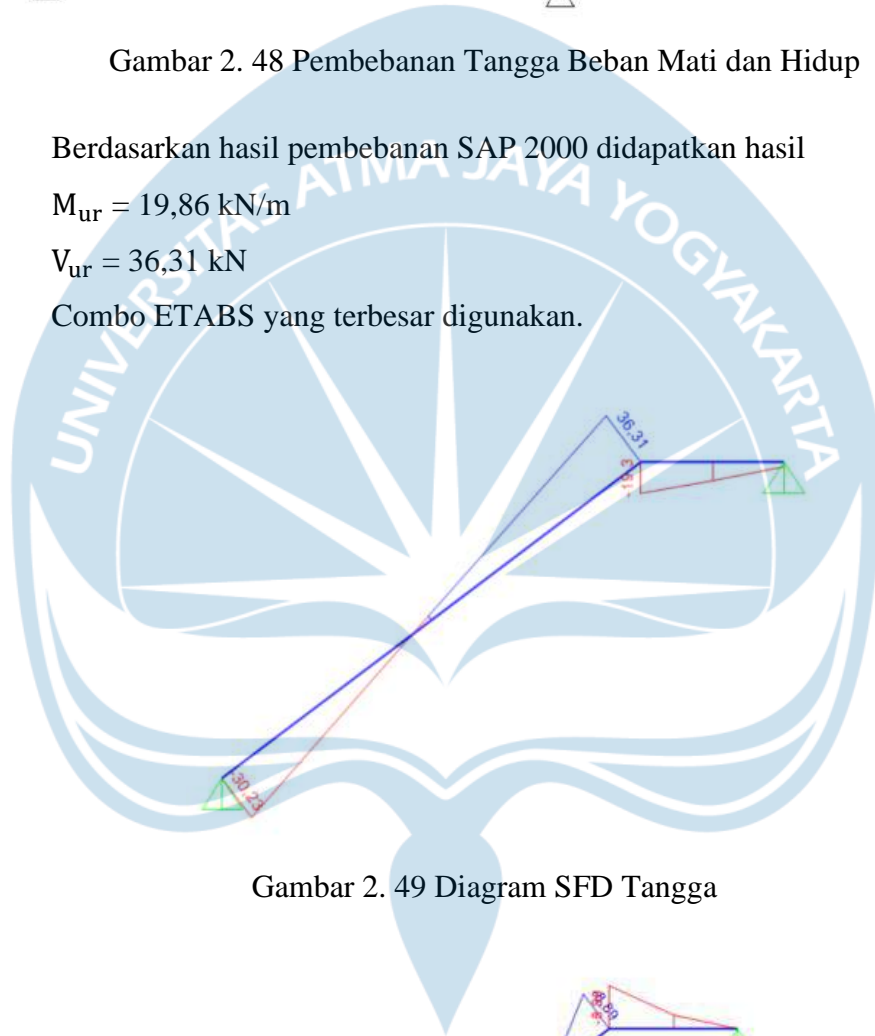
Gambar 2. 48 Pembebanan Tangga Beban Mati dan Hidup

Berdasarkan hasil pembebanan SAP 2000 didapatkan hasil

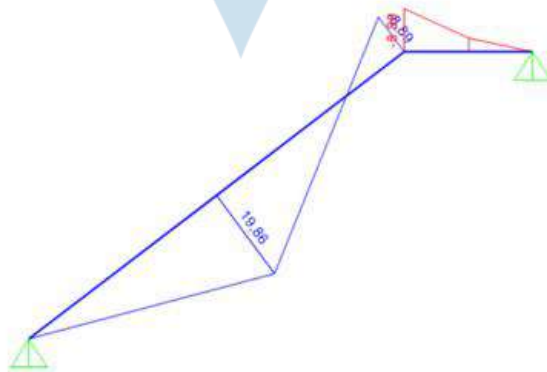
$$M_{ur} = 19,86 \text{ kN/m}$$

$$V_{ur} = 36,31 \text{ kN}$$

Combo ETABS yang terbesar digunakan.



Gambar 2. 49 Diagram SFD Tangga



Gambar 2. 50 Diagram BMD Tangga

Rencanakan Penulangan Tangga :

a) Rencanakan Penulangan Tangga Tumpuan

$$M_{ux} = 0,5 M_{ur} = 0,5 \cdot 19,86 = 9,93 \text{ kNm}$$

Direncanakan:

$$\text{Tulangan Pokok} = \text{D13}$$

$$\text{Tulangan Susut} = \text{P8}$$

$$f_y \text{ Tulangan Pokok} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ Tulangan Susut} = 280 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

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

$$h_{tg} = 120 \text{ mm}$$

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

$$\beta_1 = 0,85$$

$$d_s = 120 - 20 - (13/2) = 93,5 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[\sqrt{1 - \frac{4 M_u}{17 \theta f'_c b d^2}} \right] = \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left[\sqrt{1 - \frac{4 \cdot 9,93}{1,7 \cdot 0,9 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 93,5^2}} \right]$$
$$= 3,005 \times 10^{-3}$$

$$A_s \text{ min} = 0,002 b h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ Perlu} = \rho b d = 3,005 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 93,5 = 280,961 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{449,537} = 295,264 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Digunakan D13-250.

Cek Gaya Geser :

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 0,17 \sqrt{25} \cdot 1000 \cdot 93,5 = 79,475 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 V_c = 0,75 \cdot 79,475 = 59,606 \text{ kN} > V_{ur} = 36,31 \text{ (Aman)}$$

Tulangan Susut :

$$A_s \text{ min} = 240 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{50,265 \cdot 1000}{240} = 209,44 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan susut P8-200

b) Rencanan Penulangan Tangga Lapangan

$$M_{ux} = 0,8 M_{ur} = 0,8 \cdot 19,86 = 15,888 \text{ kNm}$$

Direncanakan :

$$\text{Tulangan Pokok} = \text{D13}$$

$$\text{Tulangan Susut} = \text{P8}$$

$$f_y \text{ Tulangan Pokok} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ Tulangan Susut} = 280 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

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

$$h_{tg} = 120 \text{ mm}$$

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

$$\beta_1 = 0,85$$

$$d_s = 120 - 20 - (13/2) = 93,5 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[\sqrt{1 - \frac{4 M_u}{17 \theta f'_c b d^2}} \right] = \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 15,888}{1,7 \cdot 0,9 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 93,5^2}} \right]$$

$$= 4,808 \times 10^{-3}$$

$$A_s \text{ min} = 0,002 bh = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ Perlu} = \rho b d = 4,808 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 93,5 = 449,537 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{449,537} = 295,264 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Digunakan D13-250.

Cek Gaya Geser :

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 0,17 \sqrt{25} \cdot 1000 \cdot 93,5 = 79,475 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 V_c = 0,75 \cdot 79,475 = 59,606 \text{ kN} > V_{ur} = 36,31 \text{ (Aman)}$$

Tulangan Susut :

$$A_s \text{ min} = 240 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{50,265 \cdot 1000}{240} = 209,44 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan susut P8-200

2.13 Perencanaan Ramp

Ramp adalah struktur beton yang dibuat miring untuk menghubungkan perbedaan ketinggian lantai yang dapat dilalui dengan nyaman oleh manusia. Perencanaan ramp hampir mirip dengan perencanaan tangga dimana perlu diperhitungkan beban-beban yang terjadi pada ramp agar dapat direncanakan penulangan yang dapat memperkuat ramp dari gaya-gaya yang terjadi pada suatu bangunan. Gedung Panti Unit Rehabilitasi *Maintainance* memiliki 2 ramp yang terdapat pada unit 1 dan unit 3.

Diketahui :

Lebar Bordes = 2600 mm

Optrede = 0 mm

Antrede = 0 mm

Tinggi Lantai = 3500 mm

Tebal Plat Tangga = 120 mm

Berat Volume Beton = 24 kN/m³

Berat Volume Ubin = 21 kN/m³

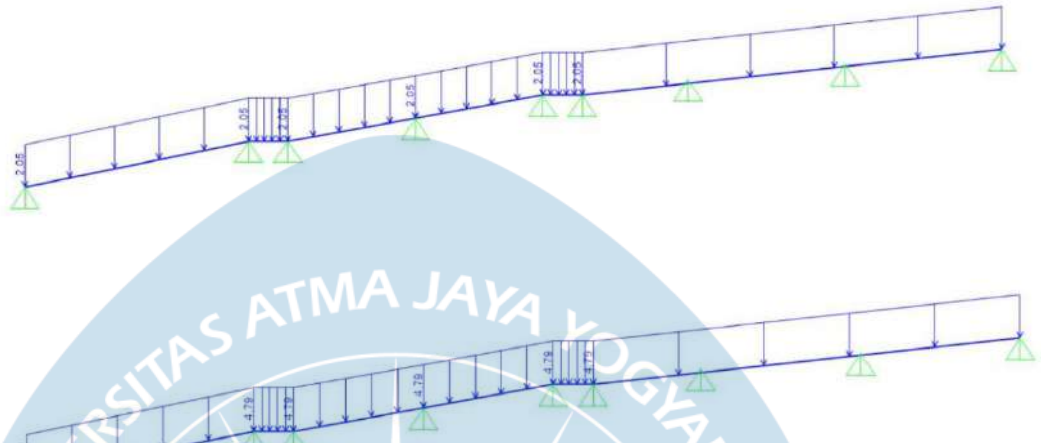
Rencana Beban Ramp :

- Berat Sendiri Ramp = 0 kN/m²
 - Berat ubin & spesi = 0,05 · 21 = 1,05 kN/m²
 - Berat Railing (diperkirakan) = 1,05 kN/m²
- Σ Beban atg = 2,05 kN/m²

Beban q_{bd} bordes :

- Berat Sendiri Ramp = 0 kN/m²
 - Berat Ubin dan spesi = 0,05 · 21 = 1,05 kN/m²
 - Berat Railing (diperkirakan) = 1 kN/m²
- Σ Beban qbd = 2,05 kN/m²

Beban Hidup = 4,79 kN/m²



Gambar 2. 51 Pembebanan Ramp Beban Mati dan Hidup

Berdasarkan hasil pembebanan SAP 2000 didapatkan hasil

$$M_{ur} = 265,79 \text{ kNm}$$

$$V_{ur} = 288,676 \text{ kN}$$

Combo Etabs yang terbesar digunakan.



Gambar 2. 52 Diagram SFD Ramp



Gambar 2. 53 Diagram BMD Ramp

Rencanan Penulangan Ramp :

Rencanan Penulangan Ramp Tumpuan :

$$M_{ux} = 0,5 M_{ur} = 0,5 \cdot 265,79 = 132,895 \text{ kNm}$$

Direncanakan :

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

$$A_s \text{ Tulangan pokok} = \frac{1}{4} \pi 22^2 = 380,1327 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Susut} = \text{P10}$$

$$A_s \text{ Tulangan susut} = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,5398 \text{ mm}^2$$

$$f_y \text{ Tulangan Pokok} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ Tulangan Susut} = 280 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

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

$$h_{tg} = 120 \text{ mm}$$

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

$$\beta_1 = 0,85$$

$$d_s = 120 - 20 - (22/2) = 89 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4Mu}{1,7\phi f'_c b d^2}} \right] = \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 132,895}{1,7 \cdot 0,9 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 89^2}} \right] \cdot 10^6$$
$$= 0,044385081$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,002 b h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d = 0,044385081 \cdot 1000 \cdot 89 = 3950,27 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 \cdot 1000}{3950,27} = 96,2295 \text{ mm}$$

Digunakan D22-50

Cek Gaya Geser :

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} b d = 0,17 \sqrt{25} \cdot 1000 \cdot 89 = 75,65 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 V_c = 0,75 \cdot 75,65 = 56,738 \text{ kN} > 288,676 \text{ kN (Aman)}$$

Tulangan Susut :

$$A_s \text{ min} = 240 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{78,5398 \cdot 1000}{240} = 327,249 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan susut P10-300

Rencanan Penulangan Ramp Lapangan :

$$M_{ux} = 0,8 M_{ur} = 0,8 \cdot 265,79 = 212,632 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{0,85 f_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4M_u}{1,7\phi f_c b d^2}} \right] = \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 212,632}{1,7 \cdot 0,9 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 89^2}} \right] \cdot 10^6$$

$$= 0,071016149$$

$$A_s \text{ min} = 0,002 b h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ Perlu} = \rho b d = 0,071016149 \cdot 1000 \cdot 89 = 6320,437 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 \cdot 1000}{6320,437} = 60,1434 \text{ mm}$$

Digunakan D22-50

Cek Gaya Geser :

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c} b d = 0,17 \sqrt{25} \cdot 1000 \cdot 89 = 75,65 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 V_c = 0,75 \cdot 75,65 = 56,738 \text{ kN} > 288.676 \text{ kN (Aman)}$$

Tulangan Susut :

$$A_s \text{ min} = 240 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{78,5398 \cdot 1000}{240} = 327,249 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan susut P10-300

Tabel 2. 50 Rekapitulasi Penulangan Ramp di Unit 1 & 3

	Ramp unit 1		Ramp unit 3	
	Tulangan pokok	Tulangan susut	Tulangan pokok	Tulangan susut
Tulangan tumpuan	D22-50	P10-300	D16-350	P10-300
Tulangan Lapangan	D22-50	P10-300	D16-200	P10-300

2.14 Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser adalah struktur beton vertikal yang sering digunakan pada bangunan bertingkat gunanya sebagai penahan gaya lateral gempa bumi dan beban angin. Gedung Panti Unit Rehabilitasi *Maintainance* memiliki 2 tipe *shear wall* yaitu P1 dan P2. Pada unit 1 terdapat 2 P1 sedangkan pada unit 3 terdapat 1 P1 dan 2 P2.

A. Gedung Rehabilitasi *Maintainance* Unit 1

Diketahui:

f'_c	: 25 Mpa
f_y	: 420 Mpa
Dimensi kolom	: 600 × 600 mm
t_w	: 250 mm
l	: 7000 mm
h_w	: 7000 mm
Diameter tulangan utama	: 19 mm
Diameter sengkang	: 16 mm
A_{cv}	: $(7000 + 600) \times 250 = 1900000 \text{ mm}^2$

1. Shear wall 1 (P1)

$$P_u = 1196,288 \text{ kN}$$

$$V_u = 1837,604 \text{ kN}$$

$$M_u = 11673,68 \text{ kNm}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{1873,604 \cdot 1000}{0,75} = 2450138,4 \text{ N}$$

$$0,083 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,083 \cdot 1900000 \cdot \sqrt{25} = 788500 \text{ N}$$

$$0,17 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,17 \cdot 1900000 \cdot \sqrt{25} = 1615000 \text{ N}$$

$$\text{Cek } \frac{V_u}{\phi} \geq 0,083 A_{cv} \sqrt{f'_c} \text{ dan } 0,17 A_{cv} \sqrt{f'_c}$$

Maka, $\rho_1 \text{ min} = 0,0025$ dan dibutuhkan 2 lapis.

Asumsi S untuk tulangan longitudinal = 200 mm

Cek spasi:

$$S \leq 450 \rightarrow 200 \leq 450 \text{ (OK)}$$

$$\rho_1 = \frac{n A_v}{t_w s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2\right)}{250 \cdot 200} = 0,011$$

Cek $\rho_1 \geq \rho_1 \text{ min}$:

$$0,011 \geq 0,0025 \text{ (OK)}$$

Sehingga, P_1 untuk tulangan longitudinal dipasang 2D19-200 mm.

$$\frac{h_w}{L_w} = \frac{7000}{7000 + 600} = 0,9211$$

Maka, $\alpha_c = 0,25$

Asumsi S untuk tulangan transversal = 200 mm

Cek spasi:

$$S \leq 450 \rightarrow 200 \leq 450 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 11.6.1

Diameter tulangan utama ≥ 16 , maka $\rho_t \text{ min} = 0,0025$

$$\rho_t = \frac{n A_v}{t_w s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2\right)}{250 \times 200} = 0,00804$$

Cek $\rho_t \geq \rho_t \text{ min}$:

$$0,00804 \geq 0,0025 \text{ (OK)}$$

$$V_n = A_{cv} \left(\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y \right)$$

$$= 1900000 (0,25 \cdot \sqrt{25} + 0,00804 \cdot 420)$$

$$= 8792896,8 \text{ N}$$

$$V_n \text{ max} = 0,66 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,66 \cdot 1900000 \cdot \sqrt{25} = 6270000 \text{ N}$$

$$V_n \text{ pakai} = 6270000 \text{ N}$$

Cek kapasitas geser:

$$V_n \text{ pakai} \geq V_u / \phi$$

$$6270000 \geq 2450138,4 \text{ (OK)}$$

Sehingga, P_1 untuk tulangan transversal dipasang 2D16-200 mm.

2. Shear wall 2 (P2)

$$P_u = 918,0543 \text{ kN}$$

$$V_u = 1010,2305 \text{ kN}$$

$$M_u = 5779,1297 \text{ kNm}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{1010,2305 \cdot 1000}{0,75} = 1346974 \text{ N}$$

$$0,083 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,083 \cdot 1900000 \cdot \sqrt{25} = 788500 \text{ N}$$

$$0,17 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,17 \cdot 1900000 \cdot \sqrt{25} = 1615000 \text{ N}$$

$$\text{Cek } \frac{V_u}{\phi} \geq 0,083 A_{cv} \sqrt{f'_c} \text{ dan } 0,17 A_{cv} \sqrt{f'_c}$$

Maka, $\rho_2 \text{ min} = 0,0025$ dan tidak dibutuhkan 2 lapis karena sudah aman, tapi tetap dipakai 2 lapis.

Asumsi S untuk tulangan longitudinal = 200 mm

Cek spasi :

$$S \leq 450 \rightarrow 200 \leq 450 \text{ (OK)}$$

$$\rho_1 = \frac{n A_v}{t_w s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2\right)}{250 \cdot 200} = 0,011$$

Cek $\rho_1 \geq \rho_1 \text{ min}$:

$$0,011 \geq 0,0025 \text{ (OK)}$$

Sehingga, P_1 untuk tulangan longitudinal dipasang 2D19-200 mm.

$$\frac{h_w}{L_w} = \frac{7000}{7000 + 600} = 0,9211$$

Maka, $\alpha_c = 0,25$

Asumsi S untuk tulangan transversal = 200 mm

Cek spasi:

$$S \leq 450 \rightarrow 200 \leq 450 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 11.6.1

Diameter tulangan utama ≥ 16 , maka $\rho_t \text{ min} = 0,0025$

$$\rho_t = \frac{n A_v}{t_w s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2\right)}{250 \times 200} = 0,00804$$

Cek $\rho_t \geq \rho_t \text{ min}$:

$$0,00804 \geq 0,0025 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= A_{cv} \left(\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y \right) \\ &= 1900000 (0,25 \cdot \sqrt{25} + 0,00804 \cdot 420) \\ &= 8792896,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_n \text{ max} = 0,66 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,66 \cdot 1900000 \cdot \sqrt{25} = 6270000 \text{ N}$$

$$V_n \text{ pakai} = 6270000 \text{ N}$$

Cek kapasitas geser:

$$V_n \text{ pakai} \geq V_u / \phi$$

$$6270000 \geq 1346974 \text{ (OK)}$$

Sehingga, P_2 untuk tulangan transversal dipasang 2D16-200 mm.

Tabel 2. 51 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal & Transversal *Shear Wall* Unit 1

Rekap	Longitudinal	Transversal
P1	2D19-200	2D16-200
P2	2D19-200	2D16-200

B. Gedung Rehabilitasi *Maintenance* Unit 3

Diketahui:

$$f'_c : 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y : 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensi kolom} : 600 \times 600 \text{ mm}$$

$$t_w : 250 \text{ mm}$$

$$l_1 : 7000 \text{ mm}$$

$$l_2 : 4000 \text{ mm}$$

$$h_w : 7000 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} : 19 \text{ mm}$$

Diameter sengkang : 16 mm

$A_{cv1} : (7000 + 600) \times 250 = 1900000 \text{ mm}^2$

$A_{cv2} : (4000 + 600) \times 250 = 1150000 \text{ mm}^2$

1. Shear wall 1 (P1)

$P_u = 946,8829 \text{ kN}$

$V_u = 548,8807 \text{ kN}$

$M_u = 3736,2187 \text{ kNm}$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{548,8807 \cdot 1000}{0,75} = 731841 \text{ N}$$

$$0,083 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,083 \cdot 1900000 \cdot \sqrt{25} = 788500 \text{ N}$$

$$0,17 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,17 \cdot 1900000 \cdot \sqrt{25} = 1615000 \text{ N}$$

Cek $\frac{V_u}{\phi} \geq 0,083 A_{cv} \sqrt{f'_c}$ dan $0,17 A_{cv} \sqrt{f'_c}$

Maka, $\rho_1 \text{ min} = 0,0015$ dan tidak dibutuhkan 2 lapis karena sudah aman, tapi tetap dipakai 2 lapis.

Asumsi S untuk tulangan longitudinal = 200 mm

Cek spasi:

$$S \leq 450 \rightarrow 200 \leq 450 \text{ (OK)}$$

$$\rho_1 = \frac{n A_v}{t_w s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2\right)}{250 \cdot 200} = 0,011$$

Cek $\rho_1 \geq \rho_1 \text{ min}$:

$$0,011 \geq 0,0015 \text{ (OK)}$$

Sehingga, P_1 untuk tulangan longitudinal dipasang 2D19-200 mm.

$$\frac{h_w}{L_w} = \frac{7000}{7000 + 600} = 0,9211$$

Maka, $\alpha_c = 0,25$

Asumsi S untuk tulangan transversal = 200 mm

Cek spasi :

$$S \leq 450 \rightarrow 200 \leq 450 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 11.6.1

Diameter tulangan utama ≥ 16 , maka $\rho_t \text{ min} = 0,0025$

$$\rho_t = \frac{n A_v}{t_w s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2\right)}{250 \cdot 200} = 0,00804$$

Cek $\rho_t \geq \rho_t \text{ min}$:

$$0,00804 \geq 0,0025 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= A_{cv} \left(\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y \right) \\ &= 1900000 (0,25 \cdot \sqrt{25} + 0,00804 \cdot 420) \\ &= 8792896,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_n \text{ max} = 0,66 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,66 \cdot 1900000 \cdot \sqrt{25} = 6270000 \text{ N}$$

$$V_n \text{ pakai} = 6270000 \text{ N}$$

Cek kapasitas geser:

$$V_n \text{ pakai} \geq V_u / \phi$$

$$6270000 \geq 731841 \text{ (OK)}$$

Sehingga, P_1 untuk tulangan transversal dipasang 2D16-200 mm.

2. Shear wall 2 (P2)

$$P_u = 775,6652 \text{ kN}$$

$$V_u = 206,9017 \text{ kN}$$

$$M_u = 1554,351 \text{ kNm}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{206,9017 \cdot 1000}{0,75} = 275868,9333 \text{ N}$$

$$0,083 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,083 \cdot 1150000 \cdot \sqrt{25} = 477250 \text{ N}$$

$$0,17 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,17 \cdot 1150000 \cdot \sqrt{25} = 977500 \text{ N}$$

$$\text{Cek } V_u / \phi \geq 0,083 A_{cv} \sqrt{f'_c} \text{ dan } 0,17 A_{cv} \sqrt{f'_c}$$

Maka, $\rho_1 \text{ min} = 0,0015$ dan tidak dibutuhkan 2 lapis karena sudah aman, tapi tetap dipakai 2 lapis.

Asumsi S untuk tulangan longitudinal = 200 mm

Cek spasi :

$$S \leq 450 \rightarrow 200 \leq 450 \text{ (OK)}$$

$$\rho_1 = \frac{n A_v}{t_w s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2\right)}{250 \cdot 200} = 0,011$$

Cek $\rho_1 \geq \rho_1 \text{ min}$:

$$0,011 \geq 0,0015 \text{ (OK)}$$

Sehingga, P_2 untuk tulangan longitudinal dipasang 2D19-200 mm.

$$\frac{h_w}{L_w} = \frac{4000}{4000 + 600} = 1,522$$

Maka, $\alpha_c = 0,25$

Asumsi S untuk tulangan transversal = 200 mm

Cek spasi:

$$S \leq 450 \rightarrow 200 \leq 450 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 11.6.1

Diameter tulangan utama ≥ 16 , maka $\rho_t \text{ min} = 0,0025$

$$\rho_t = \frac{n A_v}{t_w s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2\right)}{250 \cdot 200} = 0,00804$$

Cek $\rho_t \geq \rho_t \text{ min}$:

$$0,00804 \geq 0,0025 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= A_{cv} \left(\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y \right) \\ &= 1150000 (0,25 \cdot \sqrt{25} + 0,00804 \cdot 420) \\ &= 5322016,48 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_n \text{ max} = 0,66 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,66 \cdot 1150000 \cdot \sqrt{25} = 3795000 \text{ N}$$

$$V_n \text{ pakai} = 3795000 \text{ N}$$

Cek kapasitas geser:

$$V_n \text{ pakai} \geq V_u / \phi$$

$$6270000 \geq 275868,9333 \text{ (OK)}$$

Sehingga, P_2 untuk tulangan transversal dipasang 2D16-200 mm.

3. Shear wall 3 (P3)

$$P_u = 871.51 \text{ kN}$$

$$V_u = 291,9262 \text{ kN}$$

$$M_u = 1401,227 \text{ kNm}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{291,9262 \cdot 1000}{0,75} = 389234,9333 \text{ N}$$

$$0,083 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,083 \cdot 1150000 \cdot \sqrt{25} = 477250 \text{ N}$$

$$0,17 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,17 \cdot 1150000 \cdot \sqrt{25} = 977500 \text{ N}$$

$$\text{Cek } \frac{V_u}{\phi} \geq 0,083 A_{cv} \sqrt{f'_c} \text{ dan } 0,17 A_{cv} \sqrt{f'_c}$$

Maka, ρ_1 min = 0,0015 dan tidak dibutuhkan 2 lapis karena sudah aman, tapi tetap dipakai 2 lapis.

Asumsi S untuk tulangan longitudinal = 200 mm

Cek spasi:

$$S \leq 450 \rightarrow 200 \leq 450 \text{ (OK)}$$

$$\rho_1 = \frac{n A_v}{t_w s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2\right)}{250 \cdot 200} = 0,011$$

Cek $\rho_1 \geq \rho_1$ min :

$$0,011 \geq 0,0015 \text{ (OK)}$$

Sehingga, P_3 untuk tulangan longitudinal dipasang 2D19-200 mm.

$$\frac{h_w}{L_w} = \frac{4000}{4000 + 600} = 1,522$$

Maka, $\alpha_c = 0,25$

Asumsi S untuk tulangan transversal = 200 mm

Cek spasi :

$$S \leq 450 \rightarrow 200 \leq 450 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 11.6.1

Diameter tulangan utama ≥ 16 , maka $\rho_t \text{ min} = 0,0025$

$$\rho_t = \frac{n A_v}{t_w s} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2\right)}{250 \cdot 200} = 0,00804$$

Cek $\rho_t \geq \rho_t \text{ min}$:

$$0,00804 \geq 0,0025 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= A_{cv} \left(\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y \right) \\ &= 1150000 (0,25 \cdot \sqrt{25} + 0,00804 \cdot 420) \\ &= 5322016,48 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_n \text{ max} = 0,66 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 0,66 \cdot 1150000 \cdot \sqrt{25} = 3795000 \text{ N}$$

$$V_n \text{ pakai} = 3795000 \text{ N}$$

Cek kapasitas geser:

$$V_n \text{ pakai} \geq V_u / \phi$$

$$6270000 \geq 389234,9333 \text{ (OK)}$$

Sehingga, P_3 untuk tulangan transversal dipasang 2D16-200 mm.

Tabel 2. 52 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal & Transversal *Shear Wall* Unit 3

Rekap	Longitudinal	Transversal
P1	2D19-200	2D16-200
P2	2D19-200	2D16-200
P3	2D19-200	2D16-200

2.15 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur atas pada bangunan Gedung Unit Rehabilitasi *Maintenance* dapat disimpulkan antara lain :

- a. Data-data yang digunakan dalam memodelkan 3D dengan bantuan *software* SAP2000 dan ETABS yaitu sebagai berikut :
 - 1) Pelat 120 mm
 - 2) Balok anak 250×350 (mm)
 - 3) Balok Induk 350×400 (mm)
 - 4) Kolom 600×600 (mm)

- 5) Kelas Situs tanah yaitu SD (Tanah Sedang)
 - 6) Kategori resiko III
 - 7) KDS D
 - 8) Profil batang kuda-kuda 2L 70 × 70 × 6
 - 9) Mutu beton $f'c$ 25 Mpa
 - 10) Mutu baja tulangan utama f_y 420 Mpa
 - 11) Mutu baja tulangan sengkang f_y 280 Mpa
- b. Sambungan elemen kuda-kuda pada bangunan tersebut menggunakan sambungan baut dengan tiap unit membutuhkan 3 baut pada setiap elemen kuda-kuda,
- c. Penulangan pada struktur atas menghasilkan desain sebagai berikut :
- 1) Penulangan pada tangga dengan tebal pelat 120 mm yaitu tulangan pokok D13-450 dan tulangan susut P8-200.
 - 2) Penulangan pada pelat dengan tebal 120 mm yaitu D10-300.
 - 3) Penulangan pada balok anak dengan dimensi 250 × 350 (mm) yaitu tulangan longitudinal 2D19 dan tulangan transversal 2D8-100.
 - 4) Penulangan pada balok induk dengan dimensi 350 × 400 (mm) yaitu tulangan longitudinal 2D25 dan tulangan transversal 2D8-50, 2D8-100, dan 2D8-150.
 - 5) Penulangan pada kolom dengan dimensi 600 × 600 (mm) yaitu tulangan longitudinal pada unit 1 20D25, unit 2 dan unit 3 28D25, sedangkan tulangan transversal di sepanjang l_0 3D13-100 dan di luar l_0 3D13-150.
 - 6) Penulangan hubungan balok dan kolom pada bagian tengah dan tepi yaitu 3D13-150.

Penulangan dinding geser pada unit 1 dan unit 3 dengan tebal dinding 250 mm yaitu tulangan longitudinal 2D19-200 dan tulangan transversal 2D16-200