

BAB 2

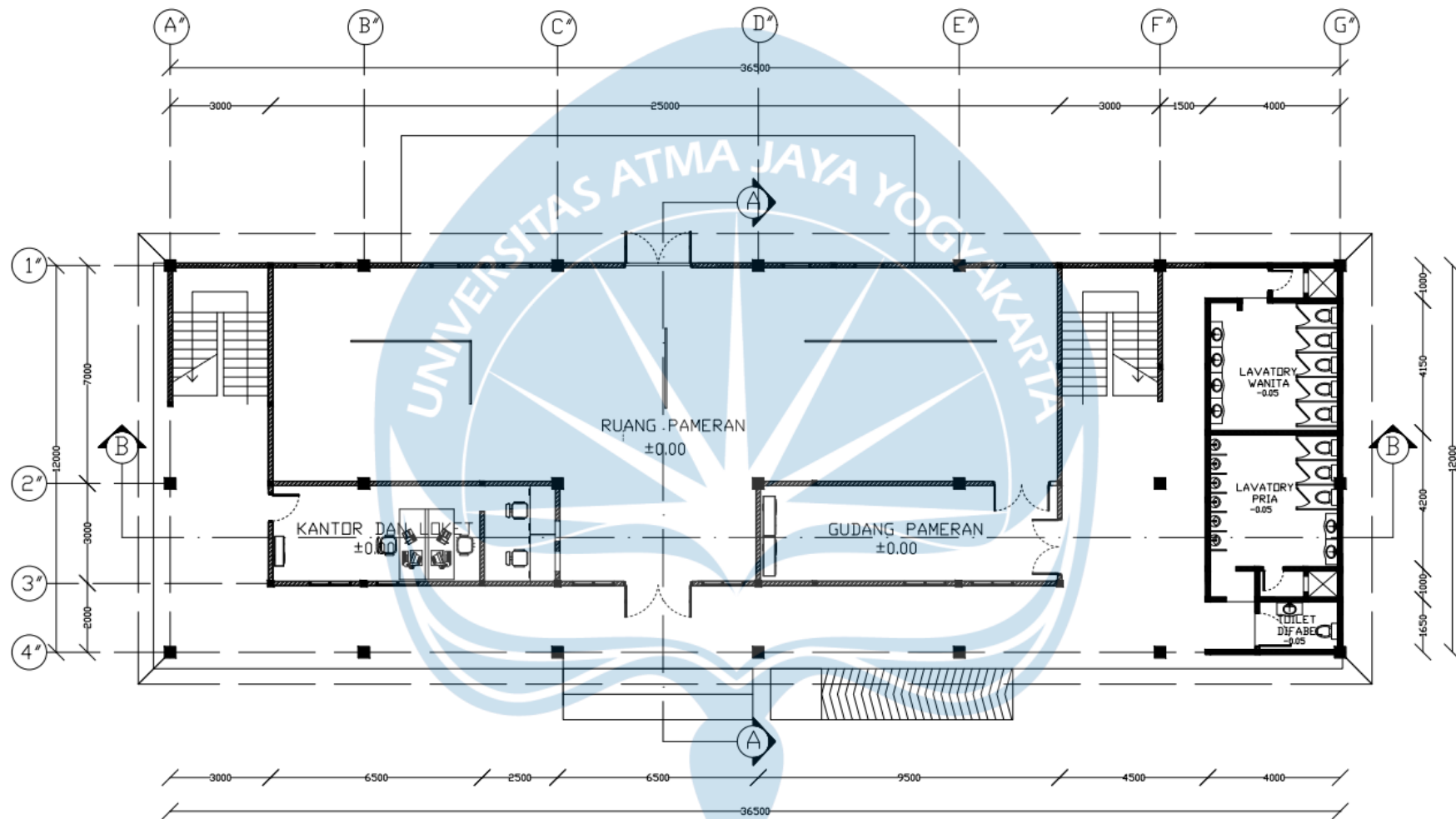
PERANCANGAN STRUKTUR ATAS

2.1 Gambar Denah, Tampak, dan *Layout* Struktur

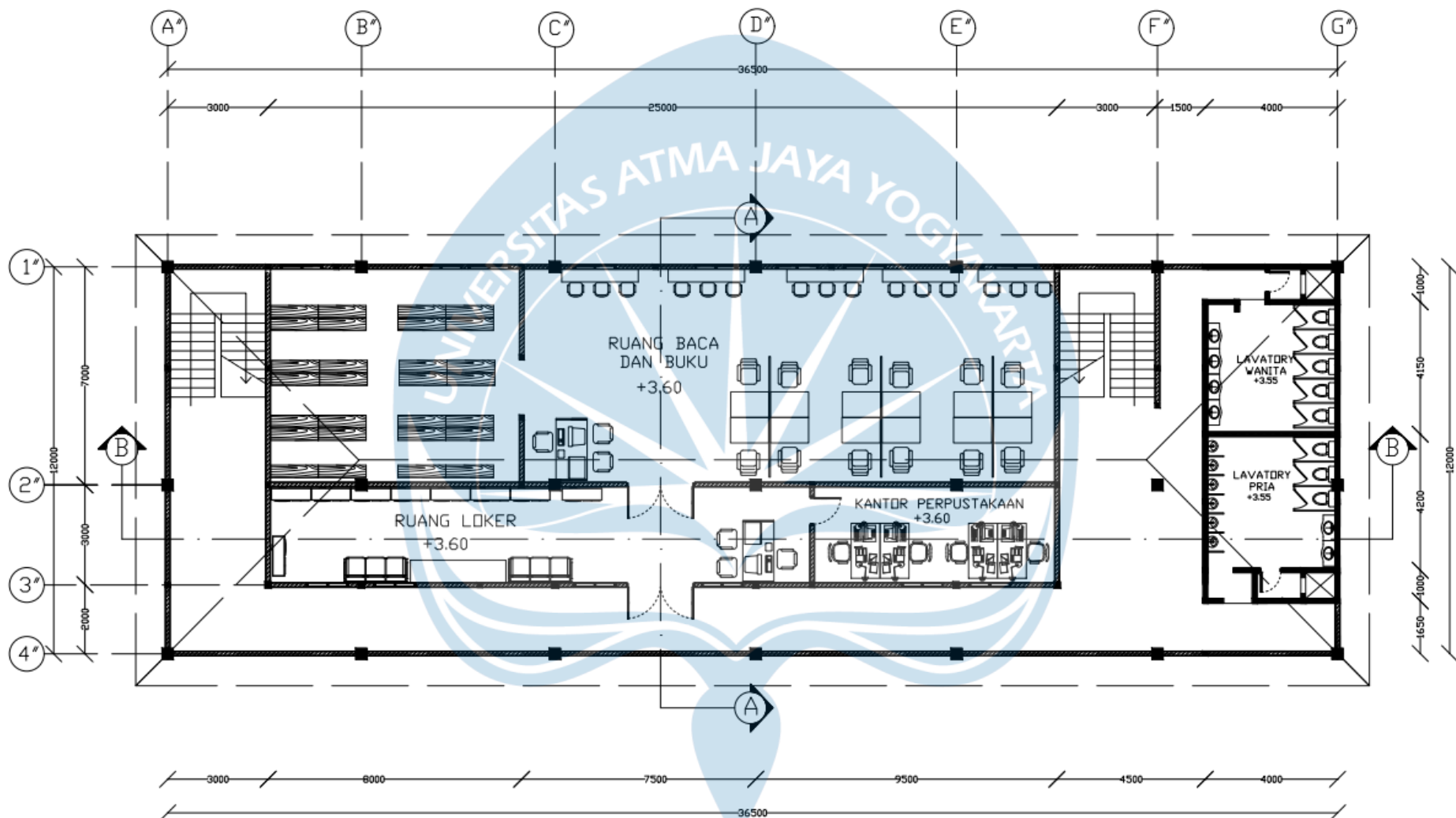
2.1.1 Gambar Denah dan Tampak Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Gedung ini memiliki ukuran panjang dan lebar yaitu 36,5 x 12 meter. Tujuan utama dari bangunan ini adalah sebagai ruang pameran dan perpustakaan. Ruang pameran digunakan untuk memamerkan hasil seni dari para seniman dan untuk mengapresiasinya. Perpustakaan digunakan untuk mencari dan mempelajari literasi tentang kebudayaan Jawa. Bentuk bangunan yang simetris merupakan perwujudan dari rumah tradisional Jawa yang simetris.

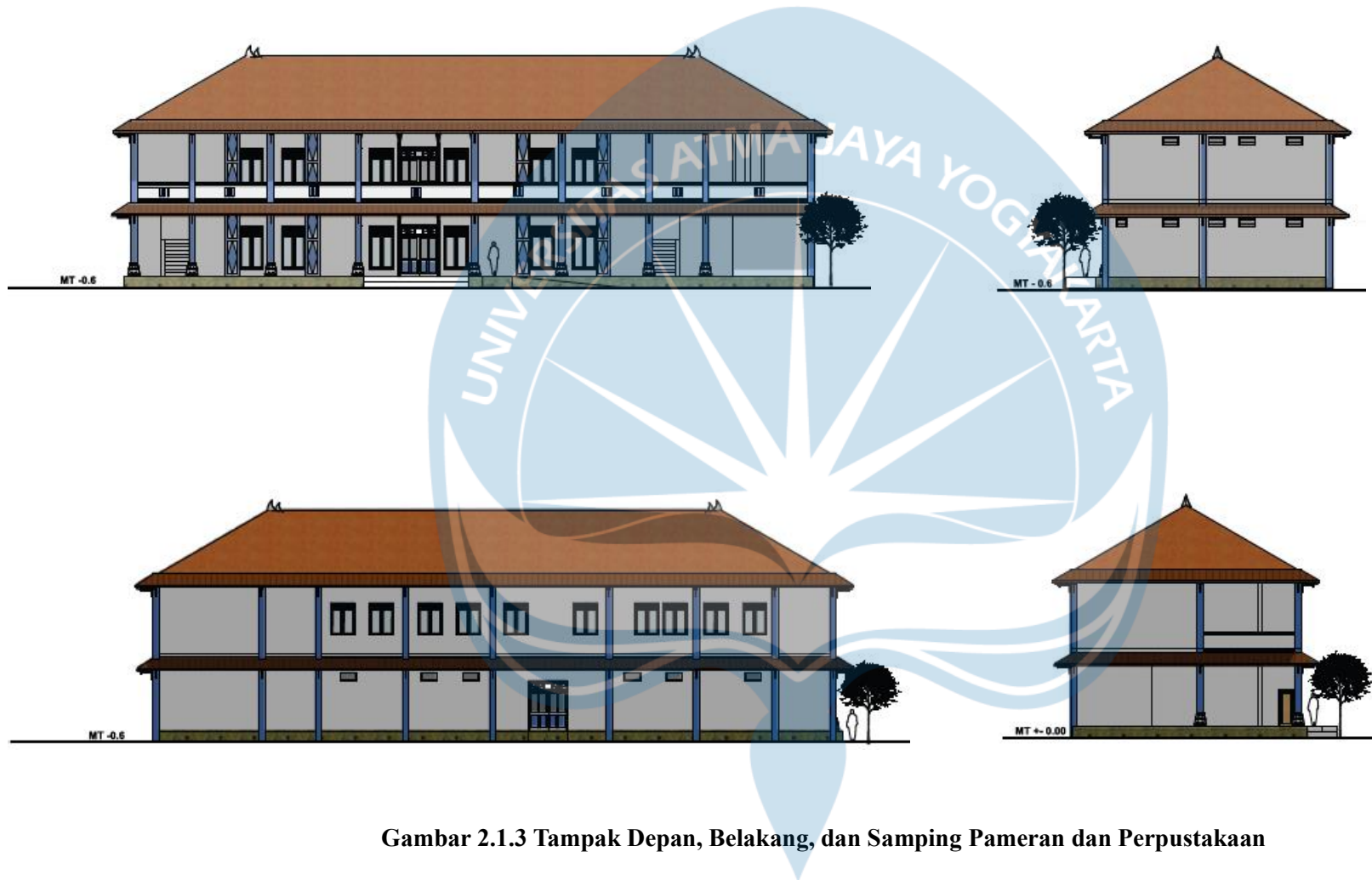




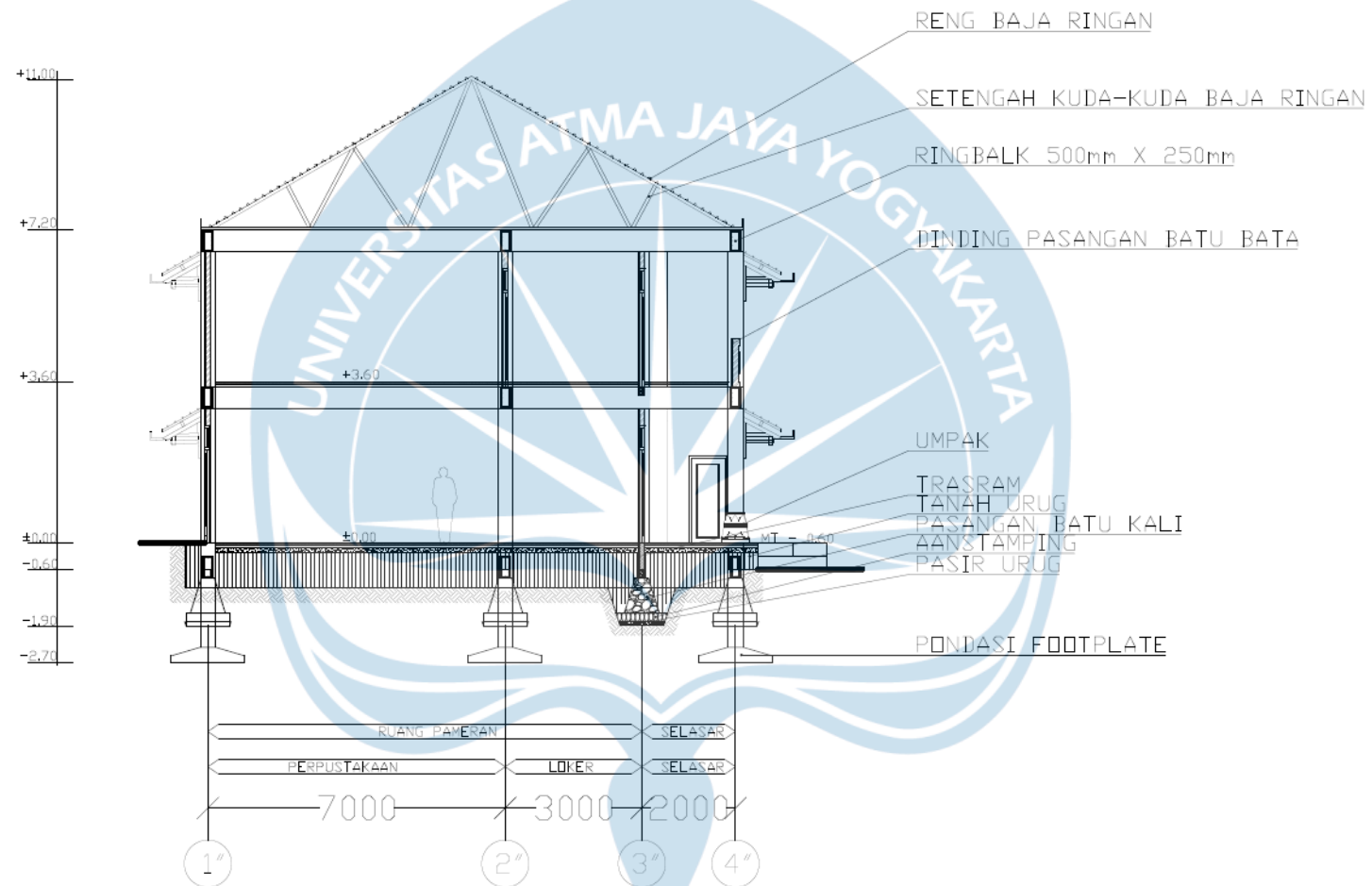
Gambar 2.1.1 Denah Ruang Pameran dan Perpustakaan Lantai 1



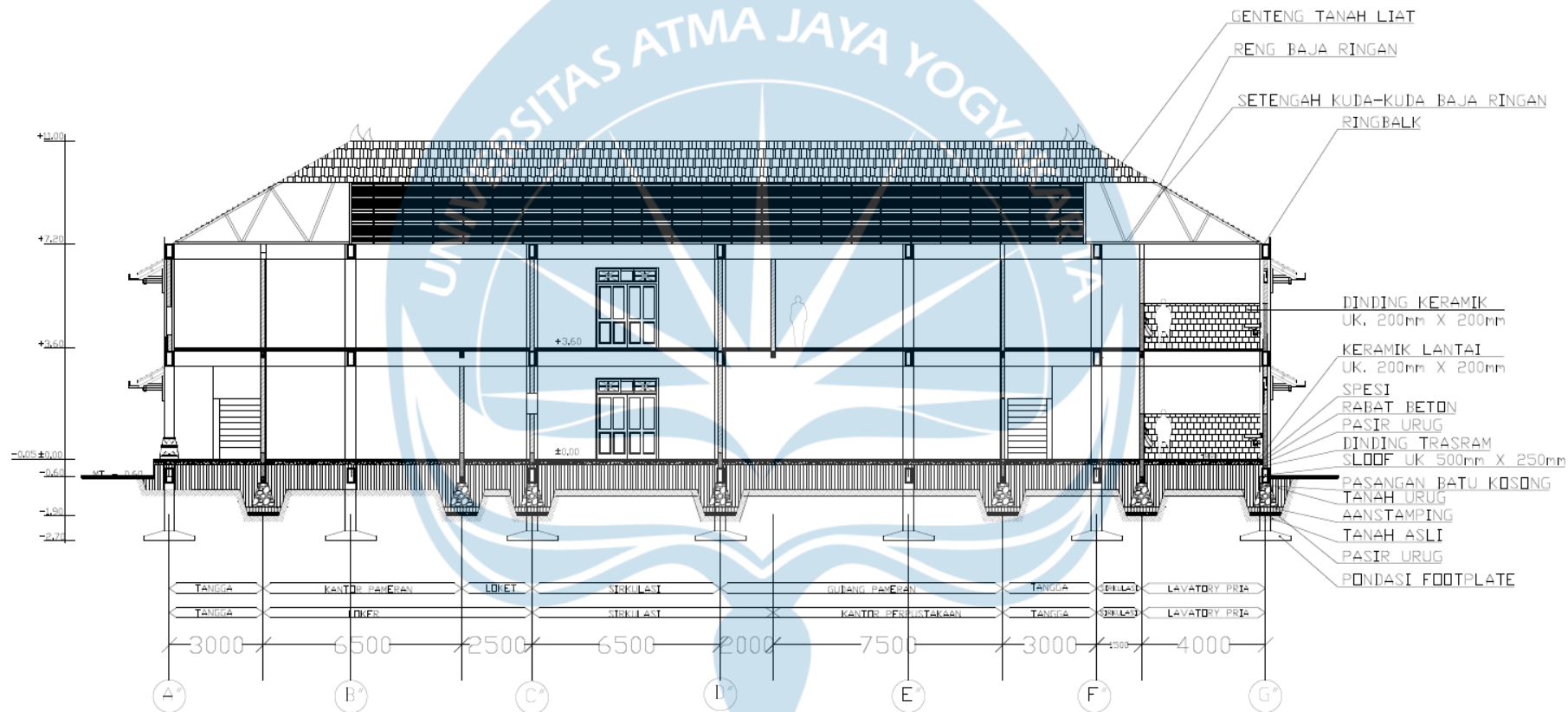
Gambar 2.1.2 Denah Ruang Pameran dan Perpustakaan Lantai 2



Gambar 2.1.3 Tampak Depan, Belakang, dan Samping Pameran dan Perpustakaan



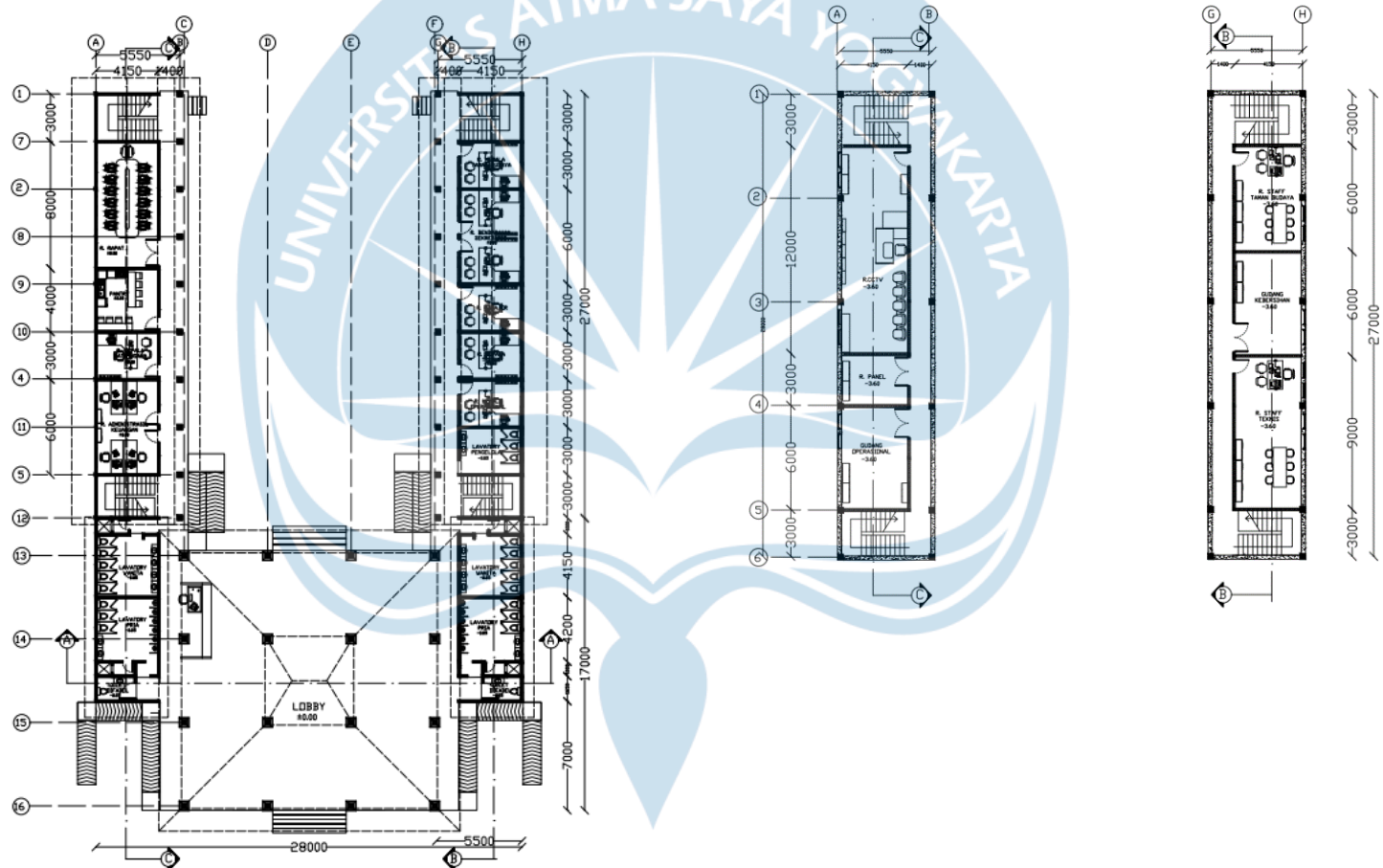
Gambar 2.1.4 Potongan A-A Pameran dan Perpustakaan



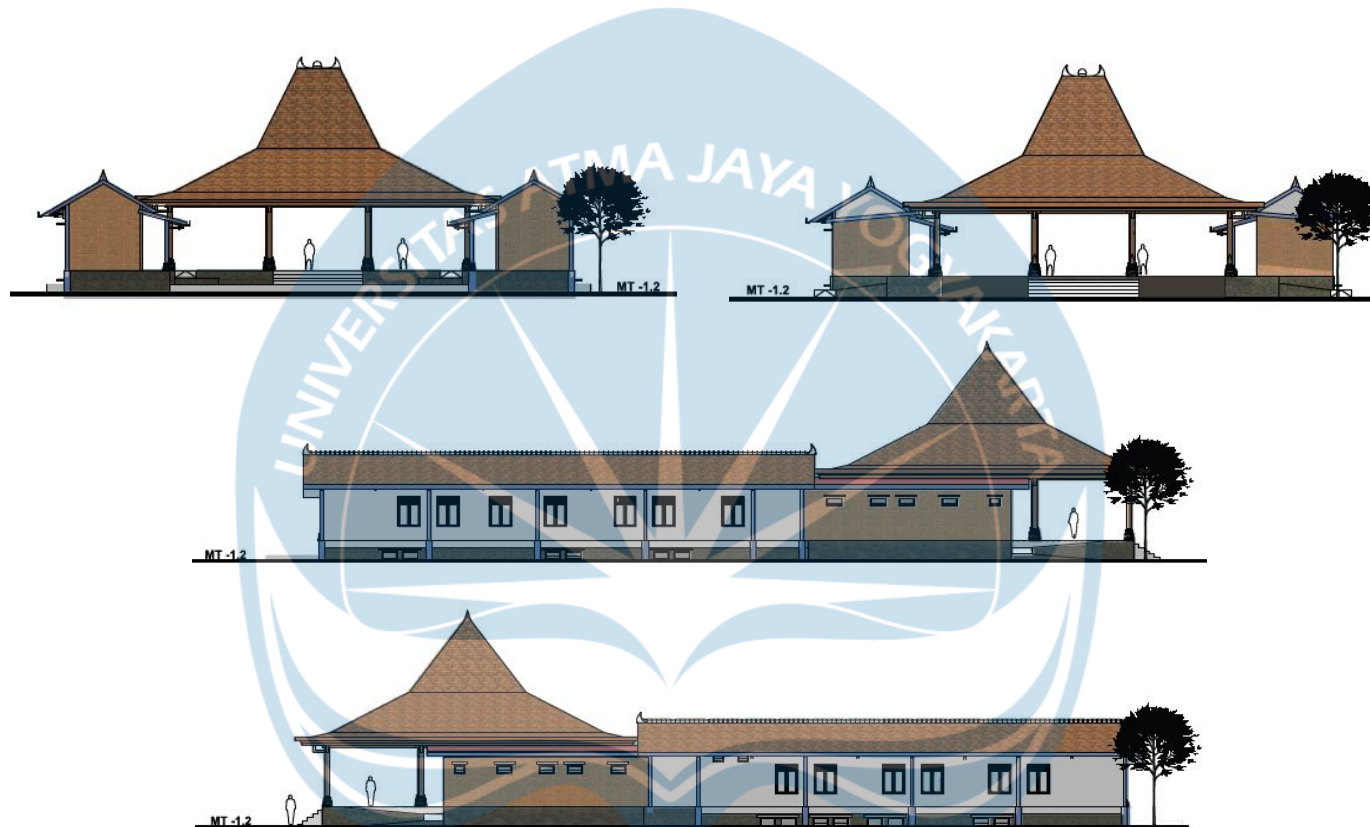
Gambar 2.1.5 Potongan B-B Pameran dan Perpustakaan

2.1.2 Gambar Denah dan Tampak Bangunan Pengelola

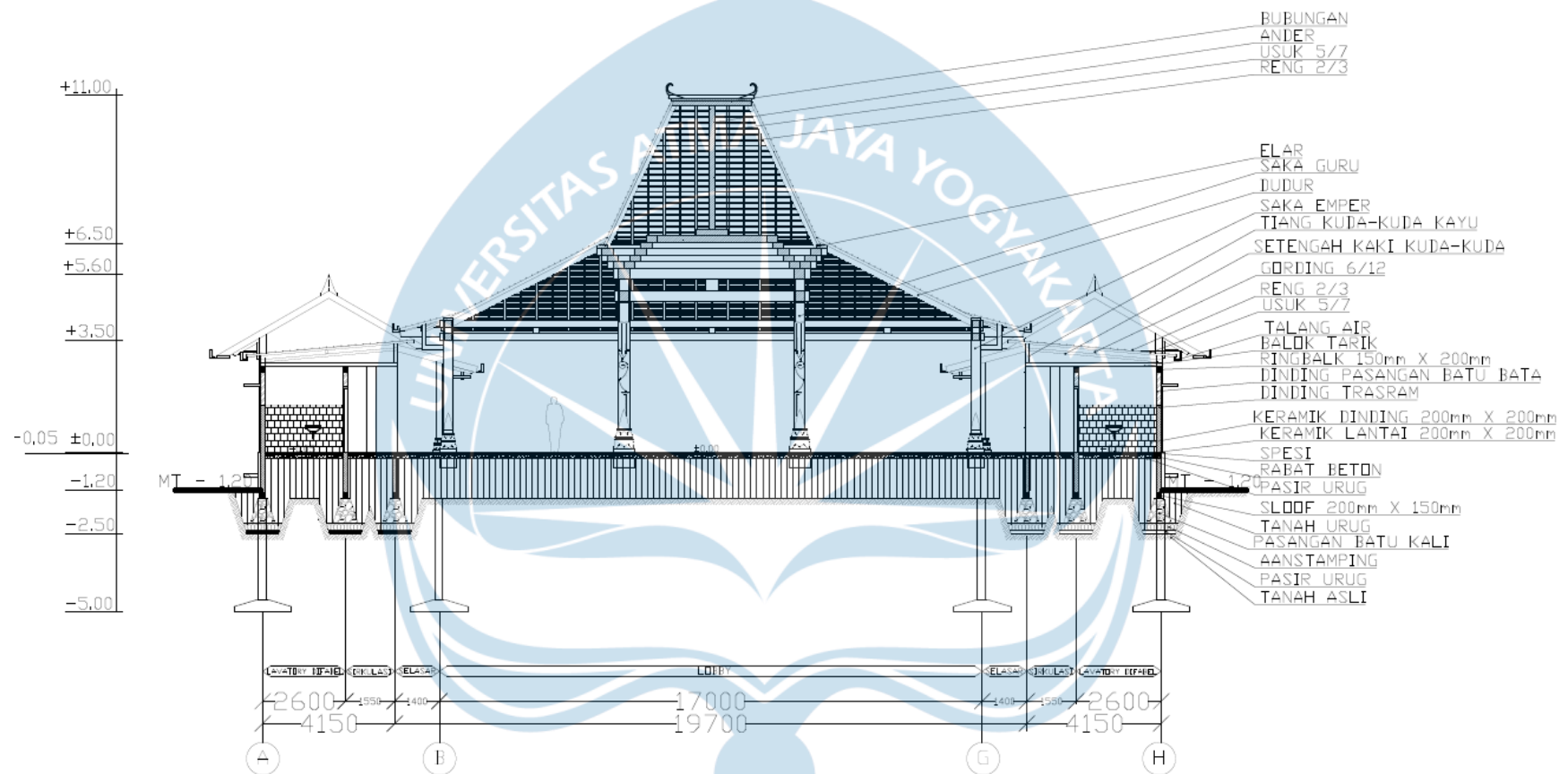
Gedung ini memiliki sisi kanan dan kiri yang berukuran sama yaitu panjang dan lebar sebesar 5,5 x 27 meter. Tujuan utama dari bangunan ini adalah sebagai ruang kerja para pegawai yang mengelola Taman Budaya Surakarta.



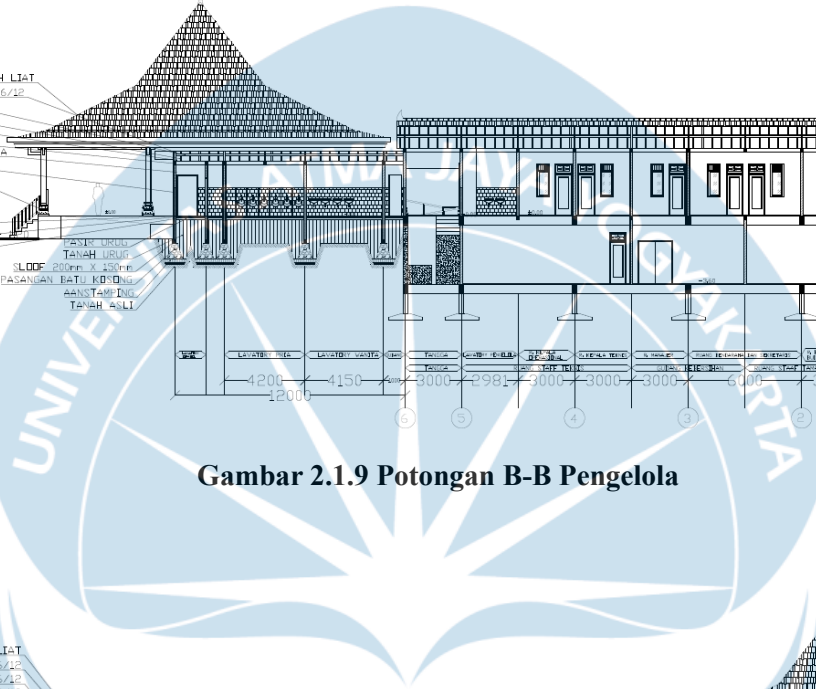
Gambar 2.1.6 Denah Ruang Pengelola *Semi Basement* dan Lantai 1



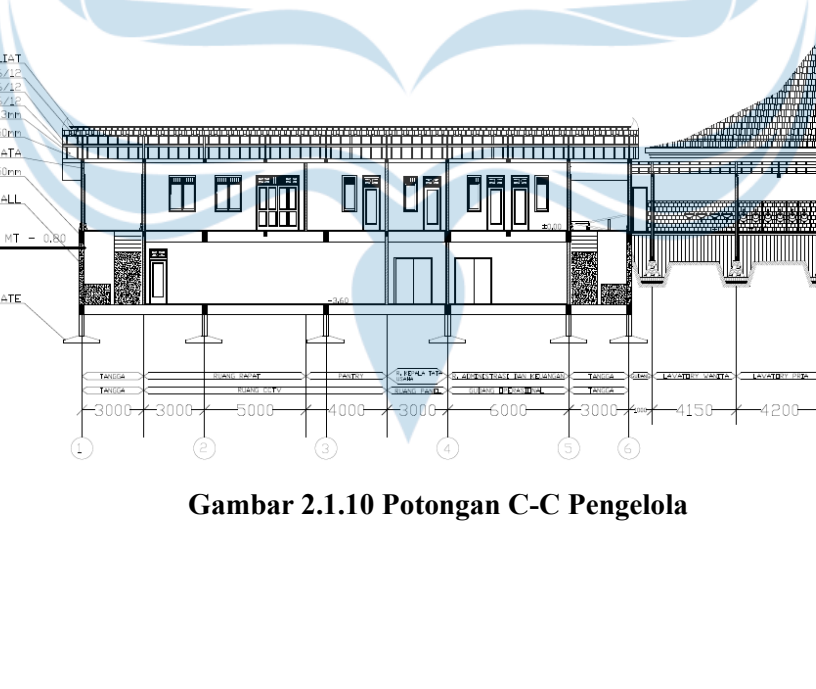
Gambar 2.1.7 Tampak Depan, Belakang, dan Samping Pengelola



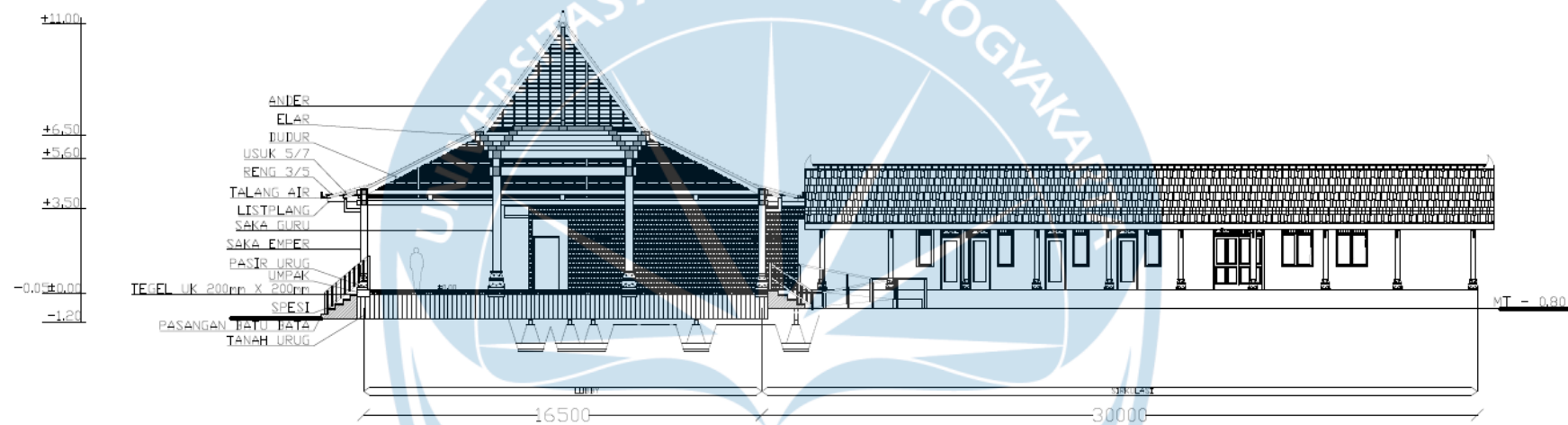
Gambar 2.1.8 Potongan A-A Pengelola



Gambar 2.1.10 Potongan C-C Pengelola



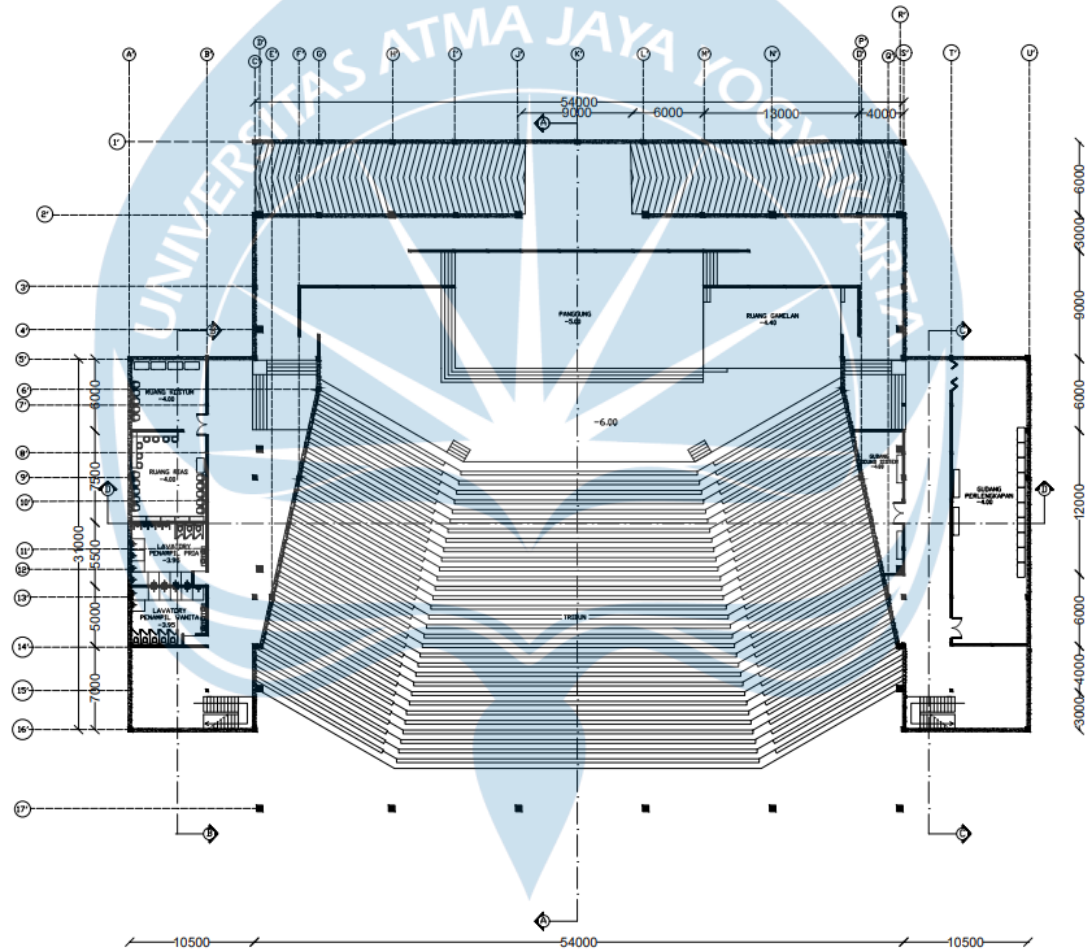
Gambar 2.1.10 Potongan C-C Pengelola



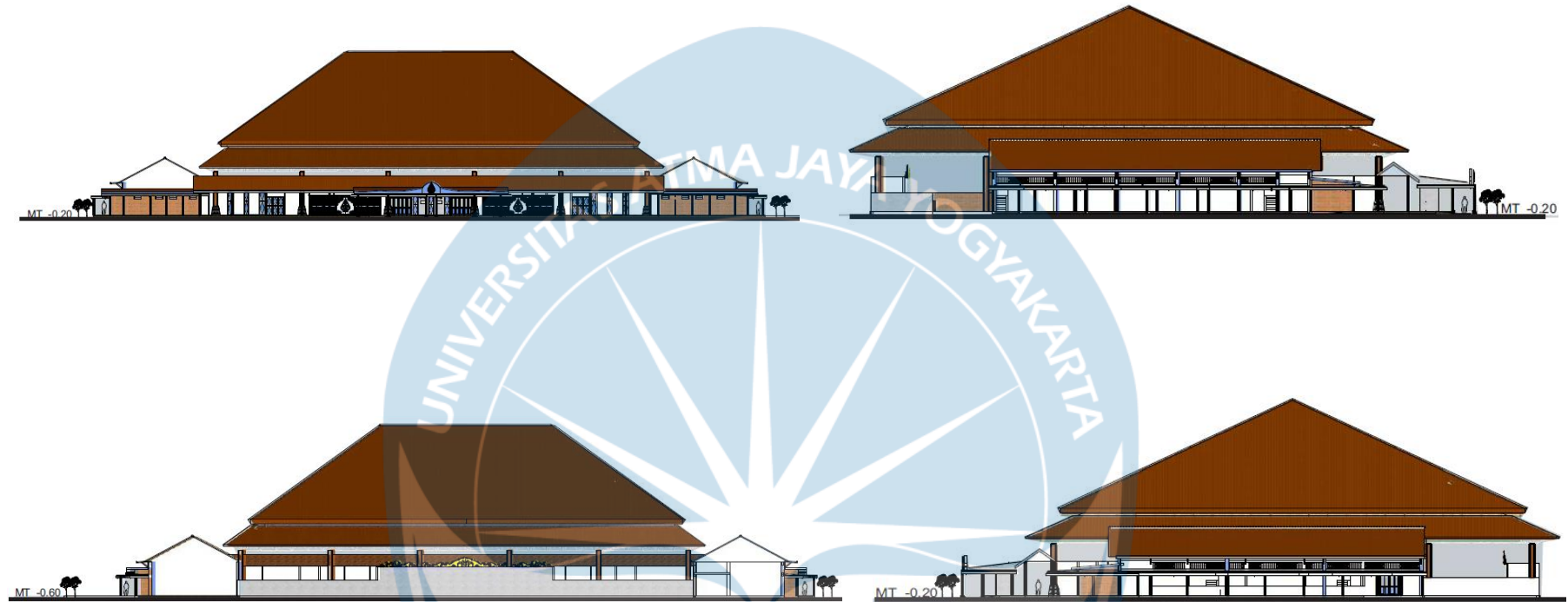
Gambar 2.1.11 Potongan D-D Pengelola

2.1.3 Gambar Denah dan Tampak Bangunan Pagelaran

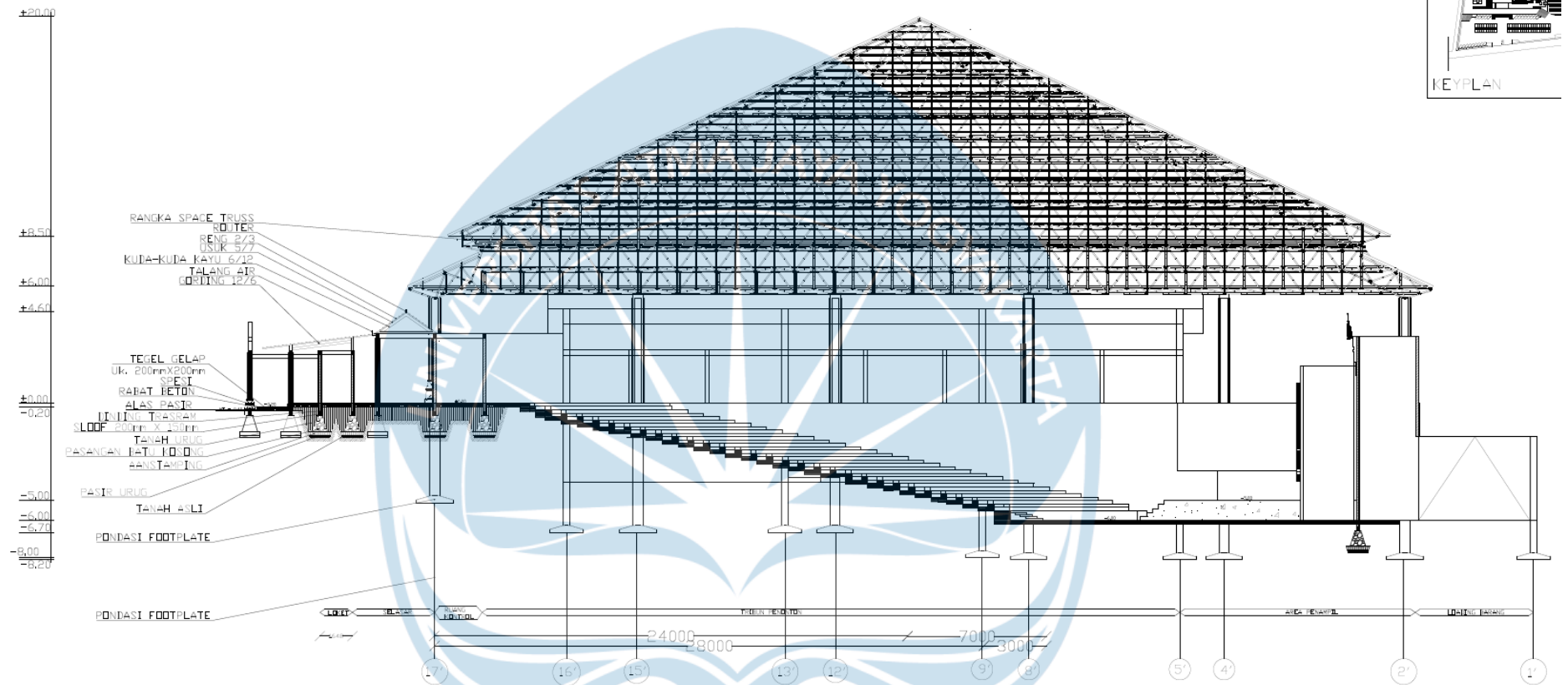
Gedung ini memiliki ukuran panjang dan lebar sebesar 54 x 40 meter. Tujuan utama dari bangunan Pagelaran adalah sebagai tempat persiapan dan pertunjukan kesenian yang terjadwal. Pagelaran ini menyimbolkan ruang “Dalem” dari rumah tradisional Jawa.



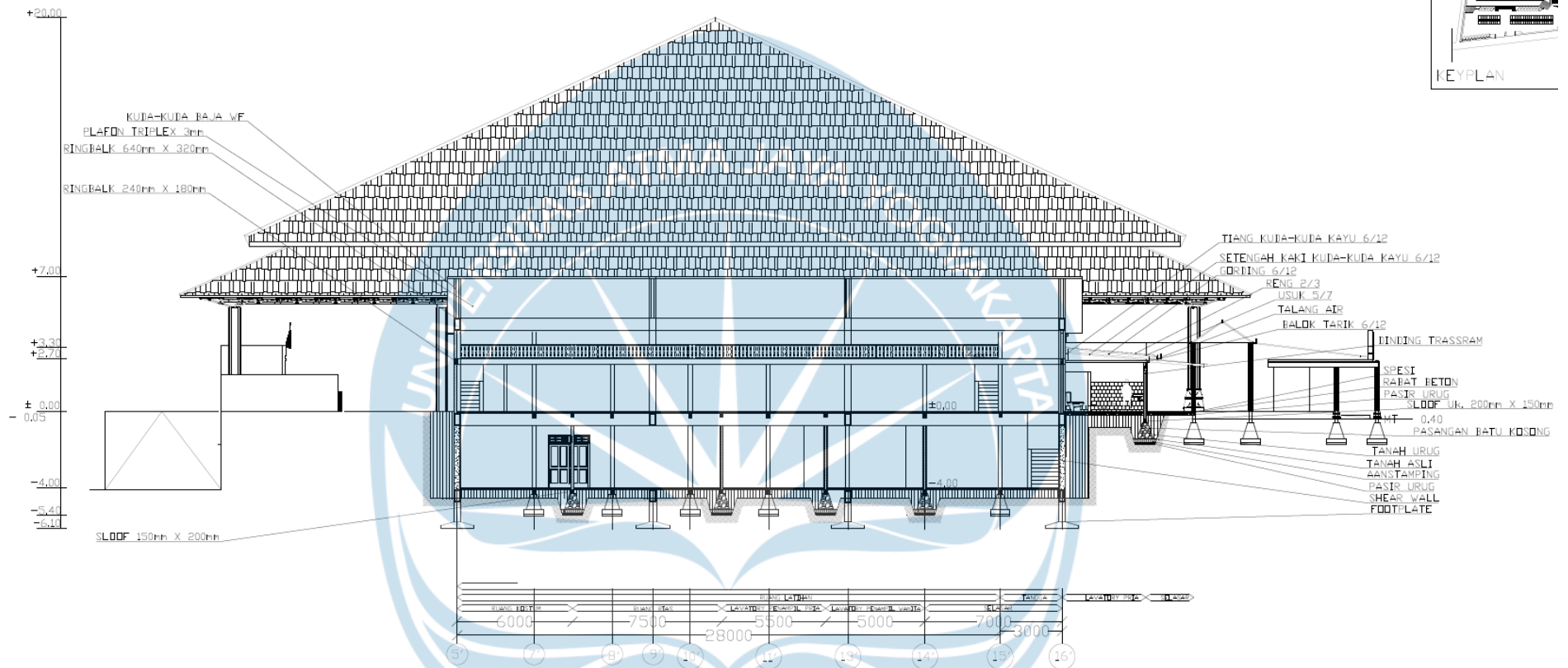
Gambar 2.1.12 Denah Pagelaran *Semi Basement*



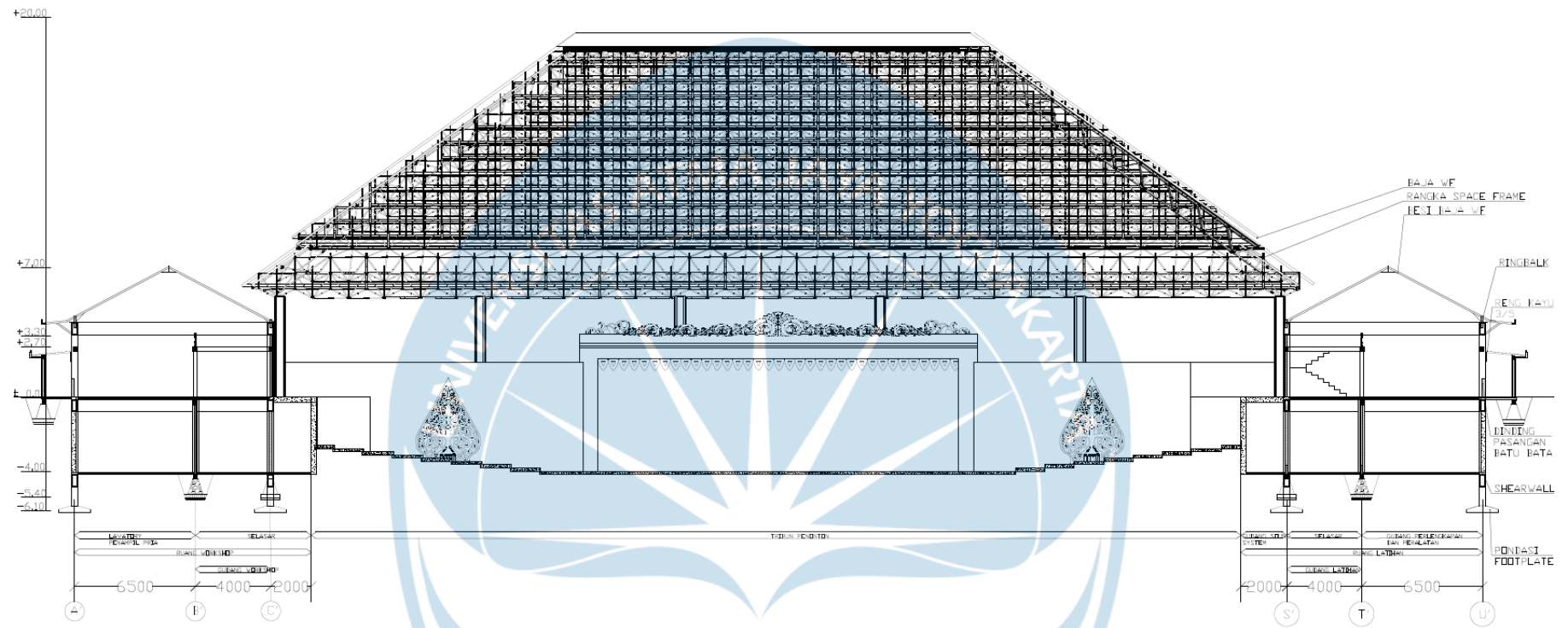
Gambar 2.1.13 Tampak Depan, Belakang, dan Samping Pagelaran



Gambar 2.1.14 Potongan A-A Pagelaran

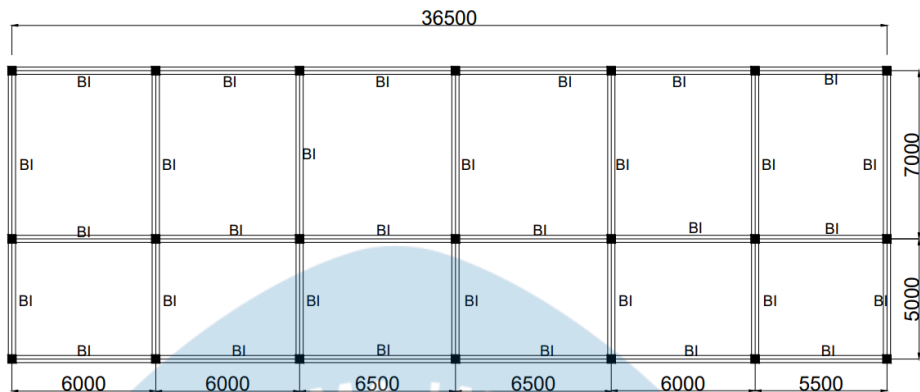


Gambar 2.1.15 Potongan B-B Pagelaran

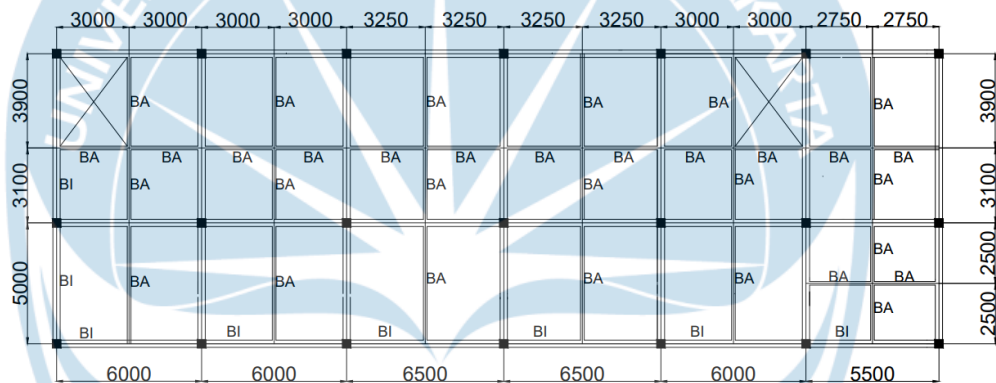


Gambar 2.1.16 Potongan C-C Pagelaran

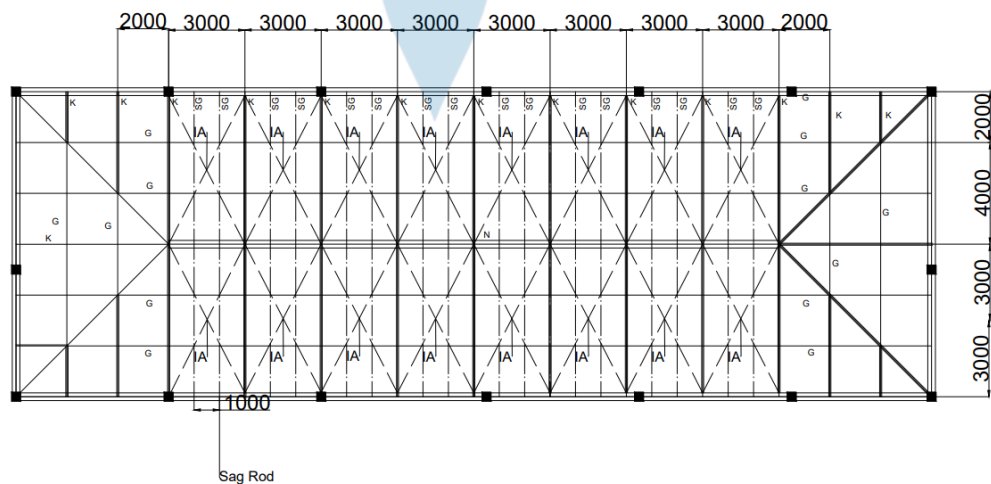
2.1.4 Gambar *Layout* Struktur Bangunan Pameran dan Perpustakaan



Gambar 2.1.17 *Layout* Lantai 1 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

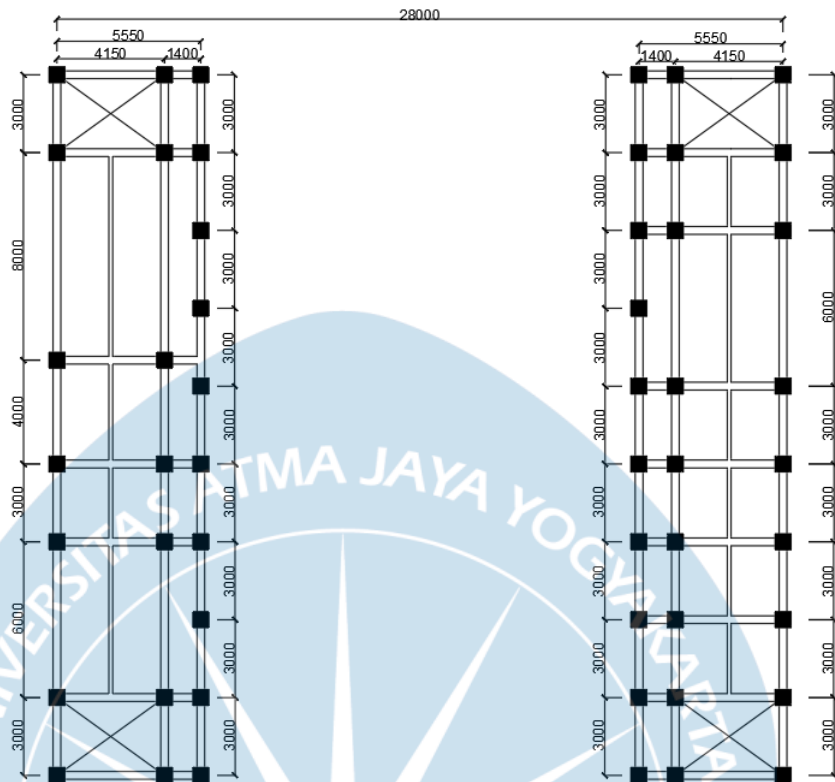


Gambar 2.1.18 *Layout* Lantai 2 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

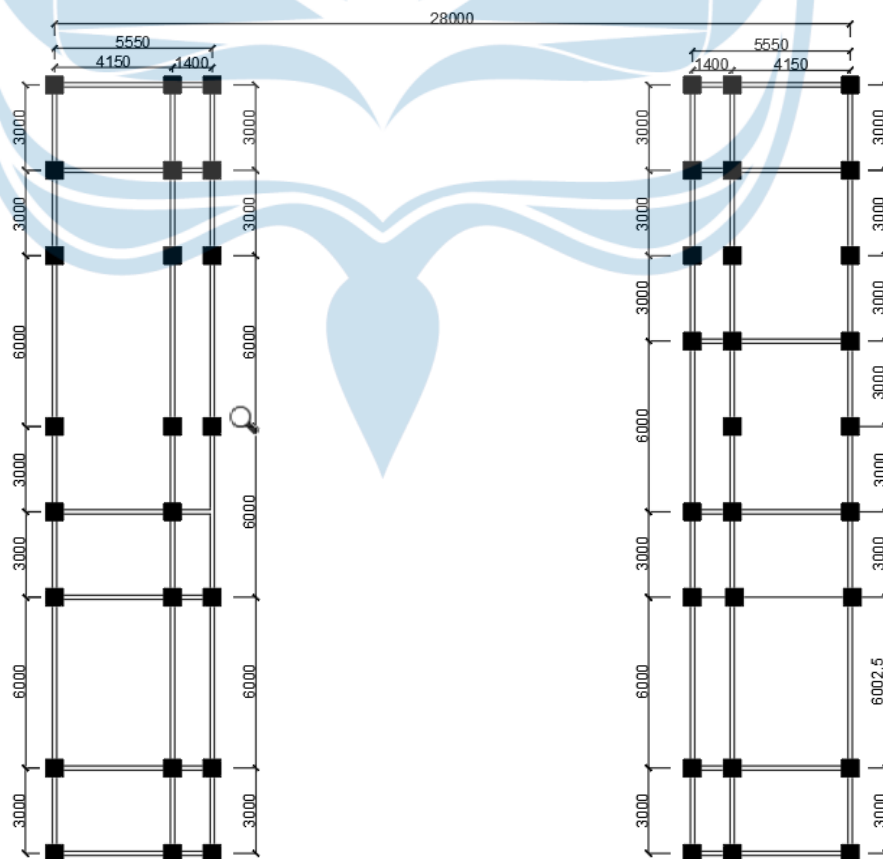


Gambar 2.1.19 *Layout* Atap Bangunan Pameran dan Perpustakaan

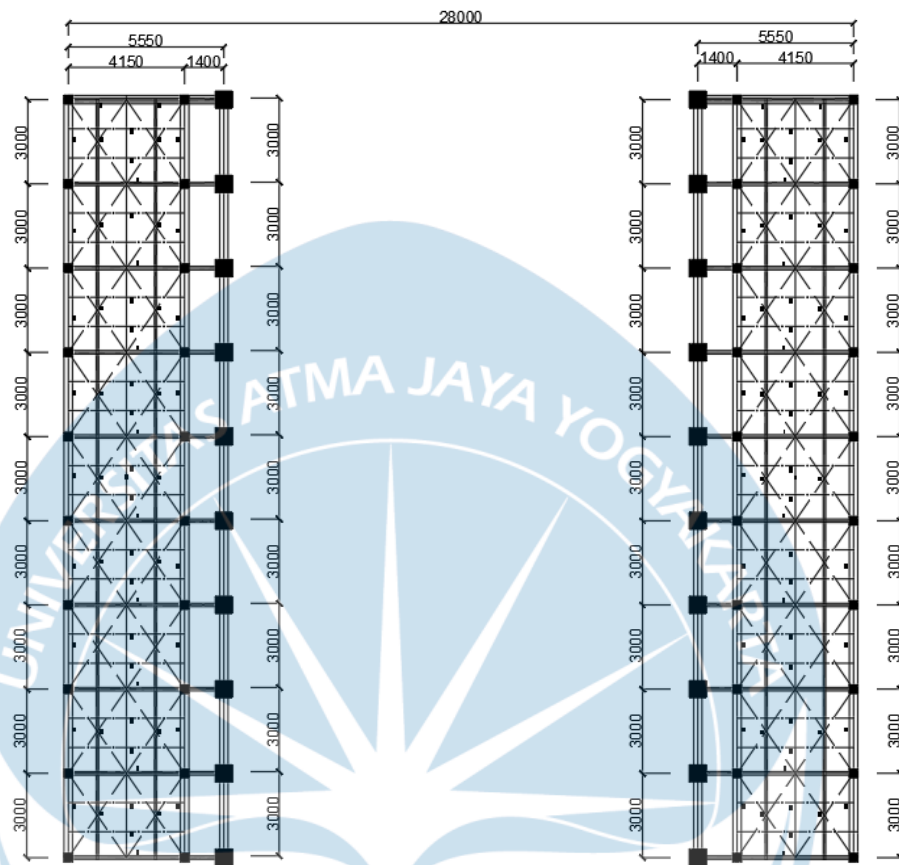
2.1.5 Gambar *Layout* Struktur Bangunan Pengelola



Gambar 2.1.20 *Layout* Lantai 1 Bangunan Pengelola

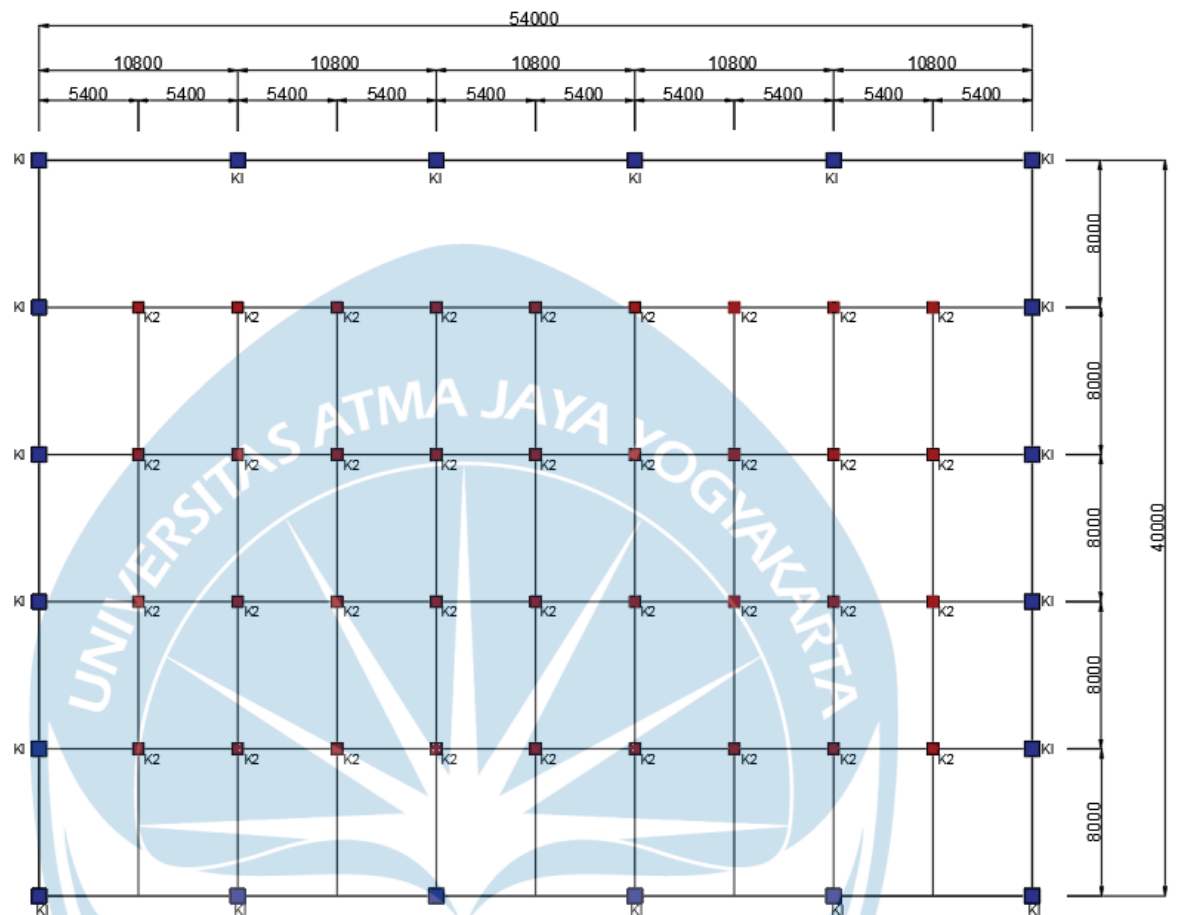


Gambar 2.1.21 *Layout Semi Basement* Bangunan Pengelola



Gambar 2.1.22 *Layout Atap Bangunan Pengelola*

2.1.6 Gambar *Layout* Struktur Bangunan Pagelaran



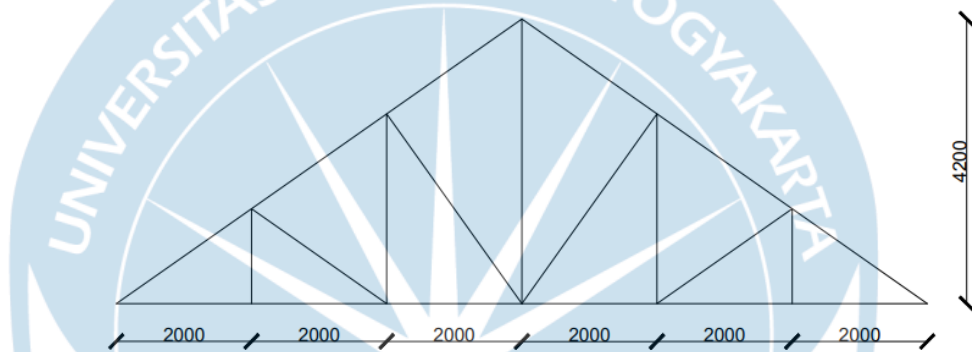
Gambar 2.1.23 *Layout Semi Basement* Bangunan Pagelaran

2.2 Perencanaan Gording, Sagrod dan Kuda-Kuda

Pada awal perencanaan atap, langkah pertama akan mencakup perencanaan gording yang akan digunakan untuk fasilitas kebencanaan dan pendidikan. Di kompleks fasilitas ini terdapat tiga gedung yang akan menggunakan atap jenis pelana dan limas dengan profil kanal C. Penentuan profil kanal C akan dilakukan melalui metode trial and error berdasarkan berbagai dimensi yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI).

2.2.1 Perencanaan Atap Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Bangunan Pameran dan Perpustakaan direncanakan kuda-kuda baja ringan dengan bentuk seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.2.1 Perencanaan Kuda-Kuda Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Data Perencanaan Atap

Bentang Kuda-Kuda	: 12 m	
Jarak Antar Gording	: 2 m	
Jarak Antar Kuda-Kuda	: 3 m	
Θ	: 35°	
Berat Kuda-Kuda	: 13,7 kg/m	(2L 75x75x6x8,5)
Berat Gording	: 6,13 kg/m	(C 125x50x20)
Massa Atap Genteng	: 30 kg	
Massa Plafond	: 20,5 kg	
Fy Baja	: 240 MPa	
Tiupan Angin	: 0,38 kN/m ²	

Gording

a) Beban Gording

$$\text{Berat Sendiri} = 0,0613 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat Atap} = \frac{\text{Jarak Antar Gording}}{\cos \theta} \times \text{Berat Atap}$$

$$= \frac{2}{\cos 35^\circ} \times 0,3$$

$$= 0,732 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat Plafond} = \text{Jarak Antar Gording} \times \text{Berat Plafond}$$

$$= 2 \times 0,205$$

$$= 0,410 \text{ kN/m}$$

$$\text{Total Dead Load} = \text{B. Sendiri} + \text{B. Atap} + \text{B. Plafond}$$

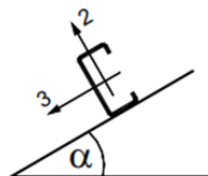
$$= 0,0613 + 0,732 + 0,410$$

$$= 1,204 \text{ kN/m}$$

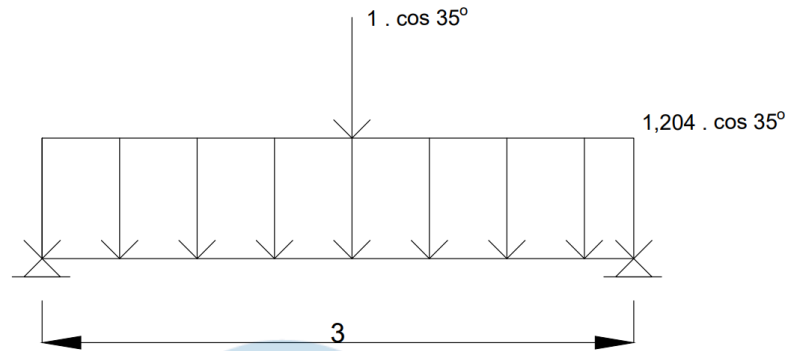
$$\text{Total Life Load} = 1,0 \text{ kN}$$

b) Rencana Momen Gording

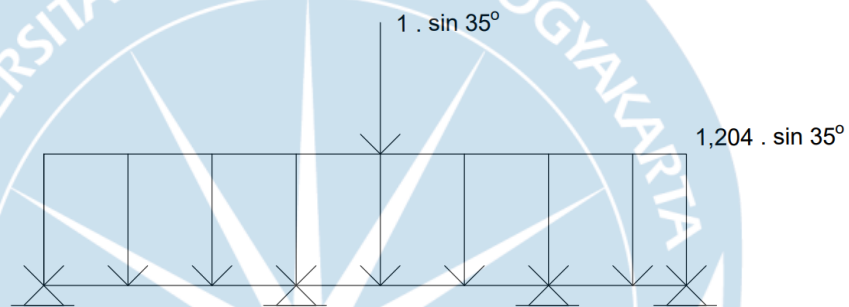
Beban pada gording terdiri dari dua arah sumbu seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2.2. Sumbu 2 menunjukkan beban gording sepanjang jarak antar kuda-kuda seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2.3. Sumbu 3 menunjukkan beban gording sepanjang bentang kuda-kuda seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2.4.



Gambar 2.2.2 Perletakan Gording



Gambar 2.3 Beban Gording Arah Sumbu 2 Bangunan Pameran dan Perpustakaan



Gambar 2.2.4 Beban Gording Arah Sumbu 3 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

$$M_{3,D} = \frac{1}{8} \times q \times \cos \theta \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 1,204 \times \cos 35^\circ \times 3^2$$

$$= 1,109 \text{ kNm}$$

$$M_{3,L} = \frac{1}{4} \times p \times \cos \theta \times L$$

$$= \frac{1}{4} \times 1 \times \cos 35^\circ \times 3$$

$$= 0,614 \text{ kNm}$$

$$M_{3,U} = 1,4 \times M_{3,D}$$

$$= 1,4 \times 1,109$$

$$= 1,553 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{3,U} &= 1,2 \times M_{3,D} + 1,6 \times M_{3,L} \\
 &= 1,2 \times 1,109 + 1,6 \times 0,614 \\
 &= 2,314 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Digunakan Momen Yang Terbesar = 2,314 kNm

$$\begin{aligned}
 M_{2,D} &= \frac{1}{8} \times q \times \sin \theta \times \left(\frac{L}{3}\right)^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1,204 \times \sin 35^\circ \times \left(\frac{3}{3}\right)^2 \\
 &= 0,086 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{2,L} &= \frac{1}{4} \times p \times \sin \theta \times \frac{L}{3} \\
 &= \frac{1}{4} \times 1 \times \sin 35^\circ \times \frac{3}{3} \\
 &= 0,143 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{2,U} &= 1,4 \times M_{2,D} \\
 &= 1,4 \times 0,086 \\
 &= 0,121 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{2,U} &= 1,2 \times M_{2,D} + 1,6 \times M_{2,L} \\
 &= 1,2 \times 0,086 + 1,6 \times 0,143 \\
 &= 0,333 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Digunakan Momen Yang Terbesar = 0,333 kNm

c) Cek Tegangan pada Profil C

Profil gording yang digunakan adalah profil C 125x50x20 dengan tebal 3,2 mm.

Data Profil:

$$I_3 = I_x = 1810000 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = I_y = 270000 \text{ mm}^4$$

$$W_3 = Z_x = 29000 \text{ mm}^3$$

$$W_2 = Z_y = 8020 \text{ mm}^3$$

Cek Keamanan:

$$\begin{aligned} f_b &= \frac{M_{3,U} \times 10^6}{\phi \times Z_x} + \frac{M_{2,U} \times 10^6}{\phi \times Z_y} \\ &= \frac{2,314 \times 10^6}{0,9 \times 29.000} + \frac{0,333 \times 10^6}{0,9 \times 8020} \\ &= 134,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Karena tegangan profil di atas kurang dari tegangan baja (240 MPa) maka profil C 125x50x20 dengan tebal 3,2 mm **AMAN** untuk digunakan.

d) Cek Defleksi Gording

$$\begin{aligned} \delta_2 &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times \cos \theta \times L^4}{E \times I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{p \times 10^3 \times \cos \theta \times L^3}{E \times I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{1,204 \times \cos 35^\circ \times 3.000^4}{200.000 \times 1.810.000} + \frac{1}{48} \times \frac{1 \times 10^3 \times \cos 35^\circ \times 3.000^3}{200.000 \times 1.810.000} \\ &= 4,146 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_3 &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times \sin \theta}{E \times I_y} \times \left(\frac{L}{3}\right)^4 + \frac{1}{48} \times \frac{p \times 10^3 \times \sin \theta}{E \times I_y} \times \left(\frac{L}{3}\right)^3 \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{1,204 \times \sin 35^\circ}{200.000 \times 270.000} \times \left(\frac{3.000}{3}\right)^4 + \frac{1}{48} \times \frac{1 \times 10^3 \times \sin 35^\circ}{200.000 \times 270.000} \times \left(\frac{3.000}{3}\right)^3 \\ &= 0,388 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\delta = \sqrt{4,146^2 + 0,388^2} = 4,164 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{240} \times L = \frac{1}{240} \times 3000 = 12,5 \text{ mm}$$

Karena nilai δ lebih besar dari 12,5 mm maka defleksi gording → AMAN

Sag Rod

a) Rencana Sag Rod

Jumlah gording (n) di bawah nok = 3 buah

$$\begin{aligned} Ft,D &= n \times \left(\frac{n}{3} \times q \times \sin \theta \right) \\ &= 3 \times \left(\frac{3}{3} \times 1,204 \times \sin 35^\circ \right) \\ &= 2,071 \text{ kN} \\ Ft,L &= \frac{n}{2} \times p \times \sin \theta \\ &= \frac{3}{2} \times 1 \times \sin 35^\circ \\ &= 0,860 \text{ kN} \end{aligned}$$

b) Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} Ft,U &= 1,4 \times Ft,D \\ &= 1,4 \times 2,071 \\ &= 2,90 \text{ kN} \\ Ft,U &= 1,2 \times Ft,D + 1,6 \times Ft,L \\ &= 1,2 \times 2,071 + 1,6 \times 0,860 \\ &= 3,862 \text{ kN} \end{aligned}$$

Digunakan Nilai Kombinasi Yang Terbesar = 3,862 kN

c) Luas Batang Sag Rod

$$Asr = \frac{Ft,U \times 10^3}{\phi \times Fy} = \frac{3,862 \times 10^3}{0,9 \times 240} = 17,881 \text{ mm}^2$$

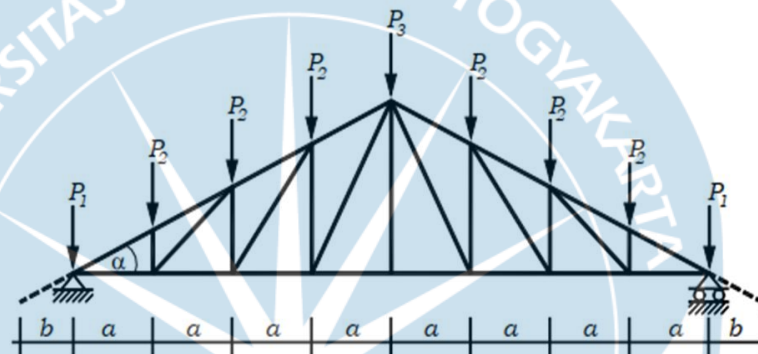
d) Diameter Sag Rod

$$D = \sqrt{\frac{A}{0,25 \times \pi}} = \sqrt{\frac{17,881}{0,25 \times \pi}} = 4,77 \text{ mm}$$

Digunakan Sag Rod berdiameter 10 mm

Beban Kuda-Kuda

Beban kuda-kuda terdiri dari P1, P2, dan P3 dengan perletakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14 di bawah ini.



Gambar 2.2.5 Perletakan Beban Kuda-Kuda P1, P2, & P3

a) Beban P1

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri Kuda-Kuda} &= \frac{a}{2} \times \text{Berat Kuda - Kuda} \\ &= \frac{2}{2} \times 13,7 \times 10^{-2} \\ &= 0,137 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Gording} &= L \times \text{Berat Gording per } m' \\ &= 3 \times 6,13 \times 10^{-2} \\ &= 0,184 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Atap} &= \frac{\frac{a}{2} + b}{\cos \theta} \times L \times \text{Berat Atap} \\ &= \frac{\frac{2}{2} + 1}{\cos 35^\circ} \times 3 \times 0,732 \\ &= 5,365 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Plafond} &= \left(\frac{a}{2} + b\right) \times L \times \text{Berat Plafond} \\
 &= \left(\frac{2}{2} + 1\right) \times 3 \times 0,410 \\
 &= 2,460 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, Beban P1} &= 0,137 + 0,184 + 5,365 + 2,460 \\
 &= 8,146 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b) Beban P2

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Sendiri Kuda-Kuda} &= a \times \text{Berat Kuda} - \text{Kuda} \\
 &= 2 \times 13,7 \times 10^{-2} \\
 &= 0,274 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Gording} &= L \times \text{Berat Gording per } m' \\
 &= 3 \times 6,13 \times 10^{-2} \\
 &= 0,184 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Atap} &= \frac{a}{\cos \theta} \times L \times \text{Berat Atap} \\
 &= \frac{2}{\cos 35^\circ} \times 3 \times 0,732 \\
 &= 5,365 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Plafond} &= a \times L \times \text{Berat Plafond} \\
 &= 2 \times 3 \times 0,410 \\
 &= 2,460 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, Beban P2} &= 0,274 + 0,184 + 5,365 + 2,460 \\
 &= 8,283 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c) Beban P3

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Sendiri Kuda-Kuda} &= a \times \text{Berat Kuda} - \text{Kuda} \\
 &= 2 \times 13,7 \times 10^{-2} \\
 &= 0,274 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Gording} &= 2 \times L \times \text{Berat Gording per } m' \\
 &= 2 \times 3 \times 6,13 \times 10^{-2} \\
 &= 0,368 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

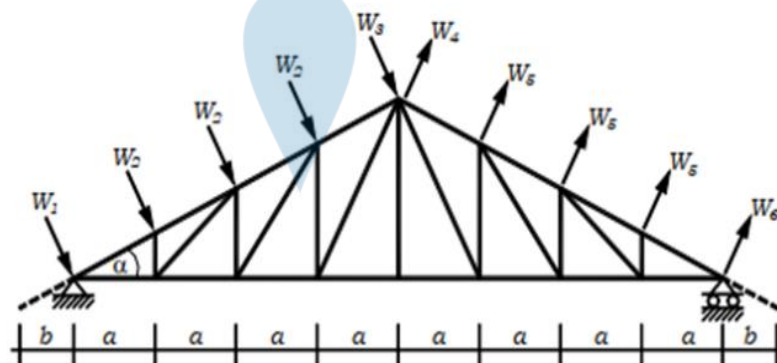
$$\begin{aligned}
 \text{Berat Atap} &= \frac{a}{\cos \theta} \times L \times \text{Berat Atap} \\
 &= \frac{2}{\cos 35^\circ} \times 3 \times 0,732 \\
 &= 5,365 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Plafond} &= a \times L \times \text{Berat Plafond} \\
 &= 2 \times 3 \times 0,410 \\
 &= 2,460 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

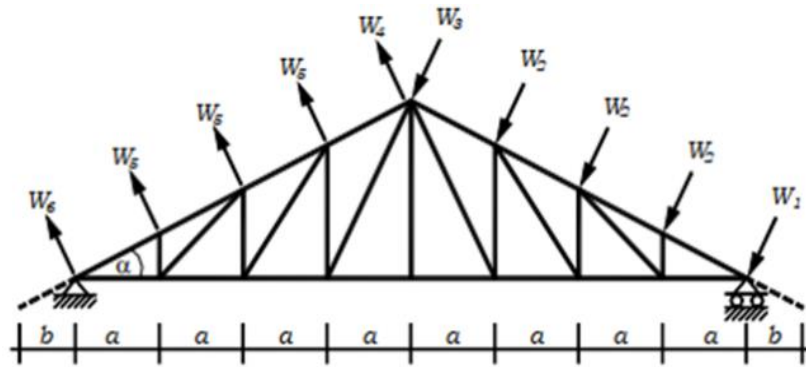
$$\begin{aligned}
 \text{Maka, Beban P3} &= 0,274 + 0,368 + 5,365 + 2,460 \\
 &= 8,467 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban Angin

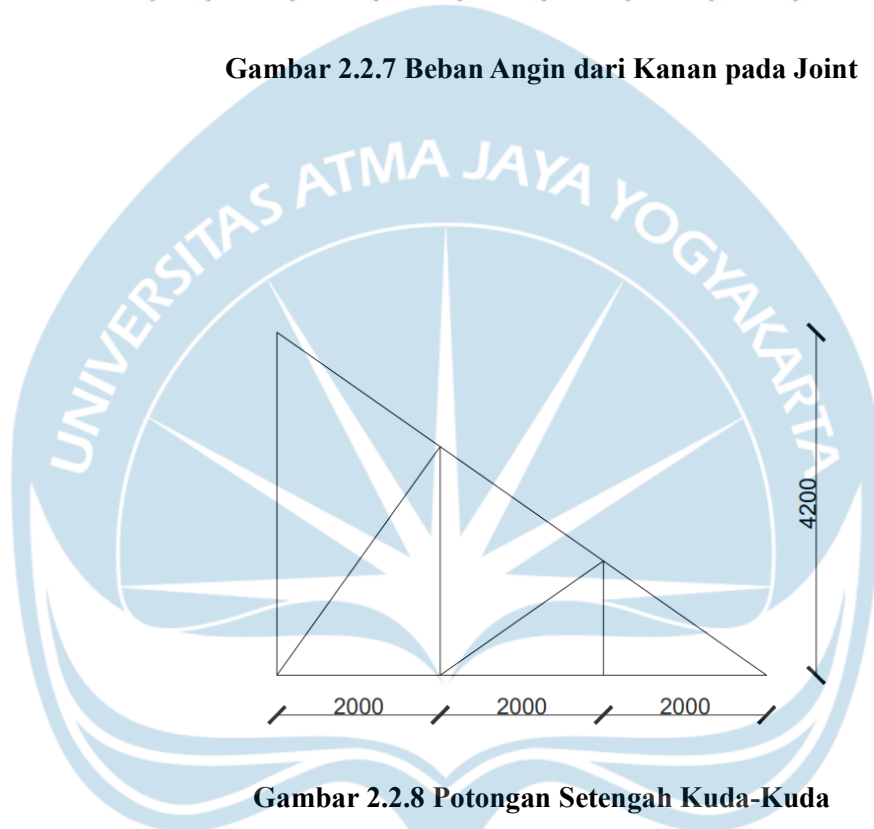
Beban angin terdiri dari beban angin hisap dan angin tiup. Datangnya angin bisa dari sisi kiri maupun kanan bangunan seperti yang digambarkan pada Gambar 15 dan Gambar 16 di bawah ini.



Gambar 2.2.6 Beban Angin dari Kiri pada Joint



Gambar 2.2.7 Beban Angin dari Kanan pada Joint



Gambar 2.2.8 Potongan Setengah Kuda-Kuda

a) Tinggi Kuda-Kuda (h)

$$h = (\tan \theta) \times 3 \times a = (\tan 35^\circ) \times 3 \times 2 = 4,20 \text{ m}$$

b) Menentukan Cti Dan Cis

Tabel 2.2.1 Klasifikasi Cti dan Cis (SNI 1727:2020)

Arah Angin	h/L	Di sisi angin datang								Di sisi angin pergi		
		Sudut, θ (derajat)								Sudut, θ (derajat)		
		10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^\circ$	10	15	≥ 20
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta \geq 10^\circ$	$\leq 0,25$	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,2	0,0 ^a	0,4	0,018	-0,3	-0,5	-0,6
	0,5	-0,9	-0,7	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	0,0 ^a	0,018	-0,5	-0,5	-0,6
	$\geq 1,0$	-0,18	-0,18	0,0 ^a	0,2	0,2	0,3	0,4	0,018	-0,7	-0,6	-0,6
	$\geq 1,0$	-1,3 ^b	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	0,0 ^a	0,018	-0,7	-0,6	-0,6
Arah Angin	h/L	Jarak horizontal dari tepi sisi angin datang				C _p						

$$h/L = \frac{4,20}{12} = 0,35$$

$$Cti = \left(\left(\frac{0,35-0,25}{0,5-0,25} \right) \times (0,3 - 0,4) \right) + 0,4$$

$$= 0,36$$

$$Cis = -0,6$$

c) Beban W1

$$\text{Beban W1} = \left(\frac{\frac{a}{2}+b}{\cos\theta} \right) \times Cti \times L \times Qw$$

$$= \left(\frac{\frac{2}{2}+1}{\cos 35^\circ} \right) \times 0,36 \times 3 \times 0,38$$

$$= 1,002 \text{ kN}$$

d) Beban W2

$$\text{Beban W2} = \left(\frac{a}{\cos\theta} \right) \times Cti \times L \times Qw$$

$$= \left(\frac{2}{\cos 35^\circ} \right) \times 0,36 \times 3 \times 0,38$$

$$= 1,002 \text{ kN}$$

e) Beban W3

$$\text{Beban W3} = \frac{1}{2} \times \frac{a}{\cos\theta} \times Cti \times L \times Qw$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{2}{\cos 35^\circ} \times 0,36 \times 3 \times 0,38$$

$$= 0,501 \text{ kN}$$

f) Beban W4

$$\text{Beban W4} = \frac{1}{2} \times \frac{a}{\cos\theta} \times Cis \times L \times Qw$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{2}{\cos 35^\circ} \times (-0,6) \times 3 \times 0,38$$

$$= -0,835 \text{ kN}$$

g) Beban W5

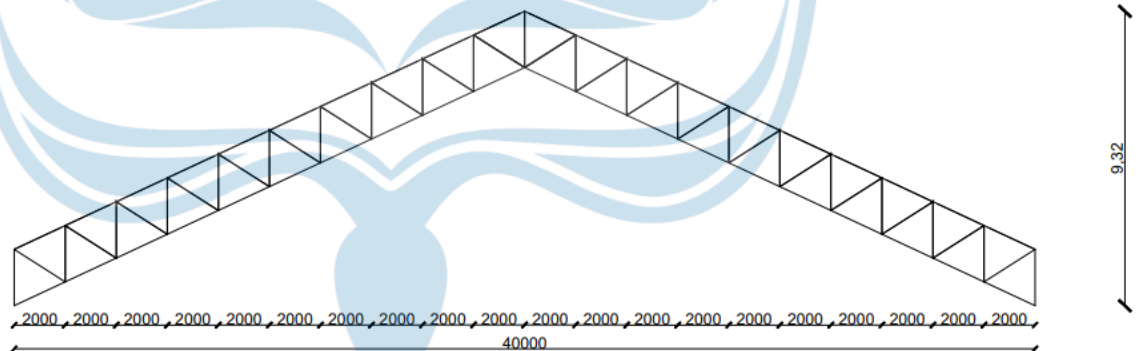
$$\begin{aligned}\text{Beban W5} &= \left(\frac{a}{\cos \theta} \right) \times C_{is} \times L \times Q_w \\ &= \left(\frac{2}{\cos 35^\circ} \right) \times (-0,6) \times 3 \times 0,38 \\ &= -1,670 \text{ kN}\end{aligned}$$

h) Beban W6

$$\begin{aligned}\text{Beban W6} &= \left(\frac{\frac{a}{2} + b}{\cos \theta} \right) \times C_{is} \times L \times Q_w \\ &= \left(\frac{\frac{2}{2} + 1}{\cos 35^\circ} \right) \times (-0,6) \times 3 \times 0,38 \\ &= -1,670 \text{ kN}\end{aligned}$$

2.2.2 Perencanaan Atap Bangunan Pagelaran Kesenian

Bangunan pagelaran direncanakan kuda-kuda baja ringan dengan bentuk seperti pada gambar di bawah ini



Gambar 2.2.9 Perencanaan Kuda-Kuda Bangunan Pagelaran

Data Perencanaan Atap

Diketahui jarak gording	: 1,8 m
Θ	: 25°
Jarak Antar Kuda-kuda	: 4 m
Massa atap genteng tanah liat	: 30 kg
Massa Plafond	: 20,5 kg
Berat gording	: 6,77 kg/m (profil C 200x75x20)

Fy Baja	: 240 MPa
Tiupan Angin	: 0,38 kN/m ²
Berat kuda-kuda	: 8,28 kg (profil 2L 120x120x12)

Gording

a) Berat Gording

$$\text{Berat Sendiri} = 0,0677 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Atap} &= \frac{\text{Jarak Antar Gording}}{\cos \alpha} \times \text{Berat atap} \\ &= \frac{1,8}{\cos 25} \cdot 0,3 \\ &= 0,596 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

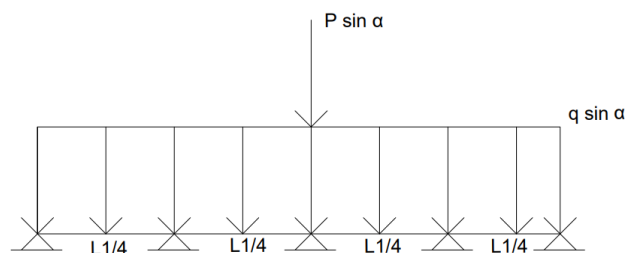
$$\begin{aligned} \text{Berat Plafond} &= \text{Jarak antar gording} \times \text{berat plafond} \\ &= 1,8 \times 0,205 \\ &= 0,369 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Dead Load} &= \text{B. Sendiri} + \text{B. Atap} + \text{B. Plafond} \\ &= 1,033 \text{ kN/ms} \end{aligned}$$

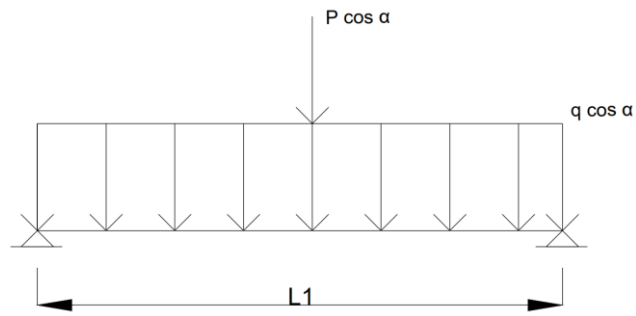
$$\text{Total Life Load} = 1,0 \text{ kN}$$

b) Rencana Momen Gording

Beban pada gording terdiri dari dua arah sumbu. Sumbu 2 menunjukkan beban gording sepanjang jarak antar kuda-kuda seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2.10. Sumbu 3 menunjukkan beban gording sepanjang bentang kuda-kuda seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2.11.



Gambar 2.2.10 Beban Gording Arah Sumbu 2 Bangunan Pagelaran



Gambar 2.2.11 Beban Gording Arah Sumbu 3 Bangunan Pagelaran

$$M_{3,D} = \frac{1}{8} q \cos \alpha L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 1,033 \times \cos 25 \times 4^2$$

$$= 1,872 \text{ kNm}$$

$$M_{3,L} = \frac{1}{8} P \cos \alpha L$$

$$= \frac{1}{4} \times 1 \times \cos 25 \times 4$$

$$= 0,906 \text{ kNm}$$

$$M_{3,U} = 1,4 \times 1,872$$

$$= 2,620 \text{ KNm}$$

$$M_{3,U} = 1,2 \times 1,872 + 1,6 \times 0,906$$

$$= 3,696 \text{ kNm}$$

Digunakan $M_{3,U} = 3,696 \text{ kNm}$

$$M_{2,D} = \frac{1}{8} q \sin \alpha \left(\frac{L}{4} \right)^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 1,033 \sin 25 \left(\frac{4}{4} \right)^2$$

$$= 0,055 \text{ kNm}$$

$$M_{2,L} = \frac{1}{4} p \sin \alpha \left(\frac{L}{4} \right)$$

$$= \frac{1}{4} 1 \sin 25 \left(\frac{4}{4} \right)$$

$$= 0,541 \text{ kNm}$$

$$M_{2,U} = 1,4 \times 0,055$$

$$= 0,076 \text{ kNm}$$

$$M_{2,U} = 1,2 \times 0,055 + 1,66 \times 0,541$$

$$= 0,932 \text{ kNm}$$

c) Cek Tegangan Pada Profil C

Dipilih profil C 200x75x20 dengan tebal 2,30 mm

Data:

$$I_x = 7160000 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 84000 \text{ mm}^4$$

$$Z_x = 71600 \text{ mm}^3$$

$$Z_y = 15800 \text{ mm}^3$$

$$F_b = \frac{3,696}{0,9 \times 71600} + \frac{0,932}{0,9 \times 15800} = 122,8843 \text{ MPa}$$

Karena $122,8843 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$, maka tegangan profil c → AMAN

d) Cek Defleksi Gording

$$\begin{aligned} \delta_2 &= \frac{5}{384} \times \frac{1,033 \times \cos 25 \times 4^4}{200000 \times 7160000} + \frac{1}{48} \times \frac{1 \cos 25 \times 4^3}{200000 \times 7160000} \\ &= 3,022 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_2 &= \frac{5}{384} \times \frac{1,033 \times \sin 25 \times 4^4}{200000 \times 84000} + \left(\frac{4}{4} \right)^4 + \frac{1}{48} \times \frac{1 \sin 25}{200000 \times 84000} \left(\frac{4}{4} \right)^3 \\ &= 0,086 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\delta = \sqrt{(3,022)^2 + 0,086^2}$$

$$= 3,023 \text{ mm}$$

Karena defleksi gording $3,023 < 16,67 \text{ mm}$, maka defleksi gording → AMAN

Sag Rod

a) Rencana Sag Rod

Jumlah gording dibawah nok (n) = 7 buah

$$F_{t, D} = n \left(\frac{L}{4} \cdot q \cdot \sin \alpha \right)$$

$$= 7 \times \frac{4}{4} \times 1,033 \sin 25$$

$$= 3,055 \text{ kN}$$

$$F_{t, L} = \frac{n}{2} \cdot p \cdot \sin \alpha$$

$$= \frac{7}{2} \cdot 1 \sin (25)$$

$$= 1,479 \text{ kN}$$

$$F_{t, U} = 1,4 \times 3,0550$$

$$= 4,276 \text{ kN}$$

$$F_{t, U} = 1,2 \times 3,0550 + 1,6 \times 1,479$$

$$= 6,032 \text{ kN (Dipilih)}$$

b) Luas batang Sag Rod dibutuhkan

$$A_{sr} = \frac{F_{t, U} \cdot 10^3}{\phi \cdot \sigma_y} = \frac{6,032 \cdot 10^3}{0,9 \times 240} = 27,926 \text{ kN}$$

c) Diameter Sag Rod

$$\frac{1}{4} \pi D^2 = 27,926 \text{ kN (D= 5,9630 mm dibulatkan menjadi 6 m)}$$

Beban Kuda-Kuda

a) Beban P1 = diperoleh sebesar 8,1461 kN

Beban sendiri kuda-kuda = $\frac{a}{2} \cdot \text{berat kuda-kuda}$

$$= \frac{1,8}{2} \cdot \frac{8,28}{100}$$

$$= 0,0745 \text{ kN}$$

Berat Gording = L. berat gording per m = 4 x 0,0677

$$= 0,2708 \text{ kN}$$

Berat atap = $\frac{\frac{a+b}{2}}{\cos \alpha} \cdot L \cdot \text{berat plafond}$

$$= \frac{\frac{1,8}{2} + 1}{\cos 25} \cdot 4 \cdot 0,596$$

$$= 2,8044 \text{ kN}$$

b) Beban P2 = diperoleh sebesar 7,8101 kN

Beban sendiri kuda-kuda = a. berat kuda-kuda

$$= 1,8 \times (8,28/100)$$

$$= 0,1490 \text{ kN}$$

Berat Gording = L. berat gording per m

$$= 4 (0,0677)$$

$$= 0,2708 \text{ kN}$$

Berat atap = $\frac{a}{\cos \alpha} \cdot L \cdot \text{Berat atap}$

$$= \frac{1,8}{\cos 25} \cdot 4 \cdot 0,596$$

$$= 4,7334 \text{ kN}$$

Berat Plafond = a. L. berat plafond

$$= 1,8 \times 4 \times 0,369$$

$$= 2,6568 \text{ kN}$$

c) Beban P3 = diperoleh sebesar 8,0809 kN

Beban sendiri kuda-kuda = a. berat kuda-kuda

$$= 1,8 \times \left(\frac{8,28}{100}\right)$$

$$= 0,1490 \text{ kN}$$

Berat Gording = $2 \cdot L \cdot \text{berat gording per m}$

$$= 2 \times 4 \times 0,0677$$

$$= 0,5416 \text{ kN}$$

Berat atap = $\left(\frac{a}{\cos \alpha}\right) \cdot L \cdot \text{berat atap}$

$$= \left(\frac{1,8}{\cos 25}\right) \cdot 4 \cdot 0,596$$

$$= 4,3374 \text{ kN}$$

Berat Plafond = a . L . Berat plafond

$$= 1,8 \times 4 \times 0,369$$

$$= 2,6568 \text{ kN}$$

Beban Angin

Beban W1 = $\frac{\frac{a}{2}+b}{\cos \alpha} \cdot cti \cdot L \cdot Q_{\omega}$

$$= \frac{\frac{1,8}{2}+b}{\cos 25} \cdot 0,3 \cdot 4 \cdot 0,38$$

$$= 0,9560 \text{ kN}$$

Beban W2 = $\frac{a}{\cos \alpha} \cdot cti \cdot L \cdot Q_w$

$$= \frac{1,8}{\cos 25} \cdot 0,3 \cdot 4 \cdot 0,38$$

$$= 0,9057 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban W3} &= \frac{a}{2 \cos \alpha} \cdot \text{cti} \cdot L \cdot Q_w \\
 &= \frac{1,8}{2 \cos 25} \cdot 0,3 \cdot 4 \cdot 0,38 \\
 &= 0,4528 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban W4} &= \frac{a}{2 \cos \alpha} \cdot \text{cis} \cdot L \cdot Q_w \\
 &= \frac{1,8}{2 \cos 25} \cdot -0,6 \cdot 4 \cdot 0,38 \\
 &= -0,9057 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban W5} &= \frac{a}{\cos \alpha} \cdot \text{cis} \cdot L \cdot Q_w \\
 &= \frac{1,8}{\cos 25} \cdot -0,6 \cdot 4 \cdot 0,38 \\
 &= -1,8113 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban W6} &= \frac{\frac{a}{2} + b}{\cos \alpha} \cdot \text{cis} \cdot L \cdot Q_w \\
 &= \frac{\frac{1,8}{2} + 1}{\cos 25} \cdot -0,6 \cdot 4 \cdot 0,38 \\
 &= -1,9119 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$h \text{ (Tinggi Atap)} = 9,3262 \text{ m}$$

$$L \text{ (bentang kuda-kuda)} = 40 \text{ m}$$

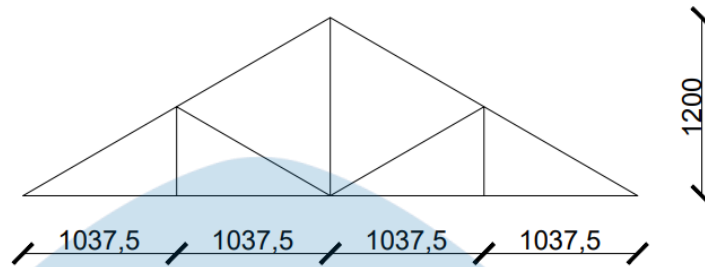
$$h/l = \frac{9,3262}{40}$$

$$\text{cti} = 0,3$$

$$\text{cis} = -0,6$$

2.2.3 Perencanaan Atap Bangunan Pengelola

Bangunan pengelola direncanakan kuda-kuda baja ringan dengan bentuk seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.2.12 Perencanaan Kuda-Kuda Bangunan Pengelola

Data Perencanaan Atap

Diketahui jarak gording	: 1,0375 m
Θ	: 30°
Jarak Antar Kuda-kuda	: 3 m
Massa atap genteng tanah liat	: 30 kg
Massa Plafond	: 20,5 kg
Berat gording	: 4,87 kg/m (profil C 100x50x20x2,8mm)
Fy Baja	: 240 MPa
Tiupan Angin	: $0,38 \text{ kN/m}^2$
Berat kuda-kuda	: 19,18 kg (profil 2L 90x90x7x10 mm)

Gording

a) Berat Gording

$$\text{Berat sendiri} = 0,0487 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat atap} = 0,3594 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat plafond} = (1,0375 / \cos 30^\circ) \times 0,3 = 0,2127 \text{ kN/m}$$

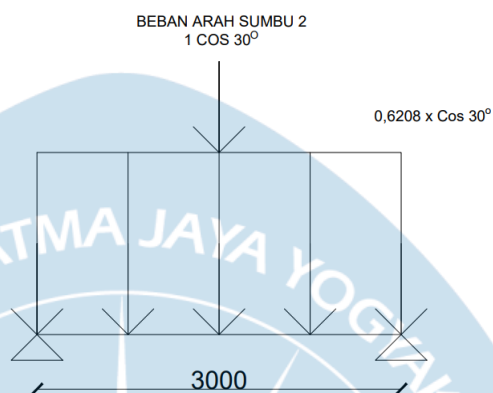
$$\text{Total Dead Load} = \text{B. Sendiri} + \text{B. Atap} + \text{B. Plafond}$$

$$= 0,6208 \text{ kN/m}$$

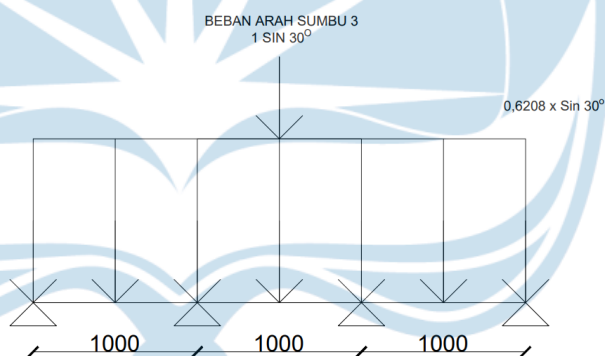
$$\text{Total Life Load} = 1,0 \text{ kN}$$

b) Rencana Momen Gording

Beban pada gording terdiri dari dua arah sumbu. Sumbu 2 menunjukkan beban gording sepanjang jarak antar kuda-kuda seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2.13. Sumbu 3 menunjukkan beban gording sepanjang bentang kuda-kuda seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2.14.



Gambar 2.2.13 Beban Gording Arah Sumbu 2 Pengelola



Gambar 2.2.14 Beban Gording Arah Sumbu 3 Pengelola

$$M_{3,D} = 0,605 \text{ kNm}$$

$$M_{3,L} = 0,650 \text{ kNm}$$

$$M_{3,U} = 1,4 \times 0,605 = 0,847 \text{ kNm}$$

$$M_{3,U} = 1,2 \times 0,605 + 1,6 \times 0,650 = 1,765 \text{ kNm}$$

$$M_{2,D} = 0,039 \text{ kNm}$$

$$M_{2,L} = 0,297 \text{ kNm}$$

$$M_{2,U} = 1,4 \times 0,039 = 0,054 \text{ kNm}$$

$$M_{2,U} = 1,2 \times 0,039 + 1,66 \times 0,297 = 0,521 \text{ kNm}$$

c) Cek Tegangan Profil C

$$I_3 = I_x = 1000.000 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = I_y = 230.000 \text{ mm}^4$$

$$W_3 = Z_x = 20.000 \text{ mm}^3$$

$$W_2 = Z_y = 7440 \text{ mm}^3$$

Cek keamanan:

$$f_b = 175,894 > 240 \text{ MPa} \rightarrow \text{AMAN}$$

d) Cek Defleksi Gording

$$\delta_2 = 5,271 \text{ mm}$$

$$\delta_3 = 0,314 \text{ mm}$$

$$\delta = \sqrt{5,271^2 + 0,314^2}$$

$$\delta = 5,280 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{240} \times L = \frac{1}{240} \times 3000 = 12,5 \text{ mm}$$

Karena nilai δ lebih kecil dari 12,5 mm maka defleksi gording $\rightarrow$ AMAN

Sag Rod

a) Rencana Sag Rod

$$F_{tD} = 0,621 \text{ kN}$$

$$F_{tD} = 0,5 \text{ kN}$$

b) Kombinasi Pembebanan

$$F_{tU_1} = 0,869 \text{ kN}$$

$$F_{tU_2} = 1,545 \text{ kN (Digunakan)}$$

c) Luas Batang Sag Rod

$$A_{sr} = 7,153 \text{ mm}^2$$

d) Diameter Sag Rod

$$D = \sqrt{\frac{A}{0,25 \times \pi}}$$
$$= 3,0178 \text{ mm}$$
$$\approx 10 \text{ mm}$$

Beban Kuda-Kuda

a) Beban P1

Berat sendiri kuda-kuda = 0,00995 kN

Berat Gording = 0,1461 kN

Berat Atap = 1,8908 kN

Berat Plafon = 0,9691 kN

P1 = 3,1055 kN

b) Beban P2

Berat sendiri kuda-kuda = 0,1990 kN

Berat Gording = 0,1461 kN

Berat Atap = 1,2917 kN

Berat Plafon = 0,6620 kN

P2 = 2,2988 kN

c) Beban P3

Berat sendiri kuda kuda = 0,1990 kN

Berat gording = 0,2922 kN

Berat atap = 1,2917 kN

Berat plafon = 0,6620

P3 = 2,4449 kN

Beban Angin

W1 = 0,7997 kN

W2 = 0,5463 kN

W3 = 0,2731 kN

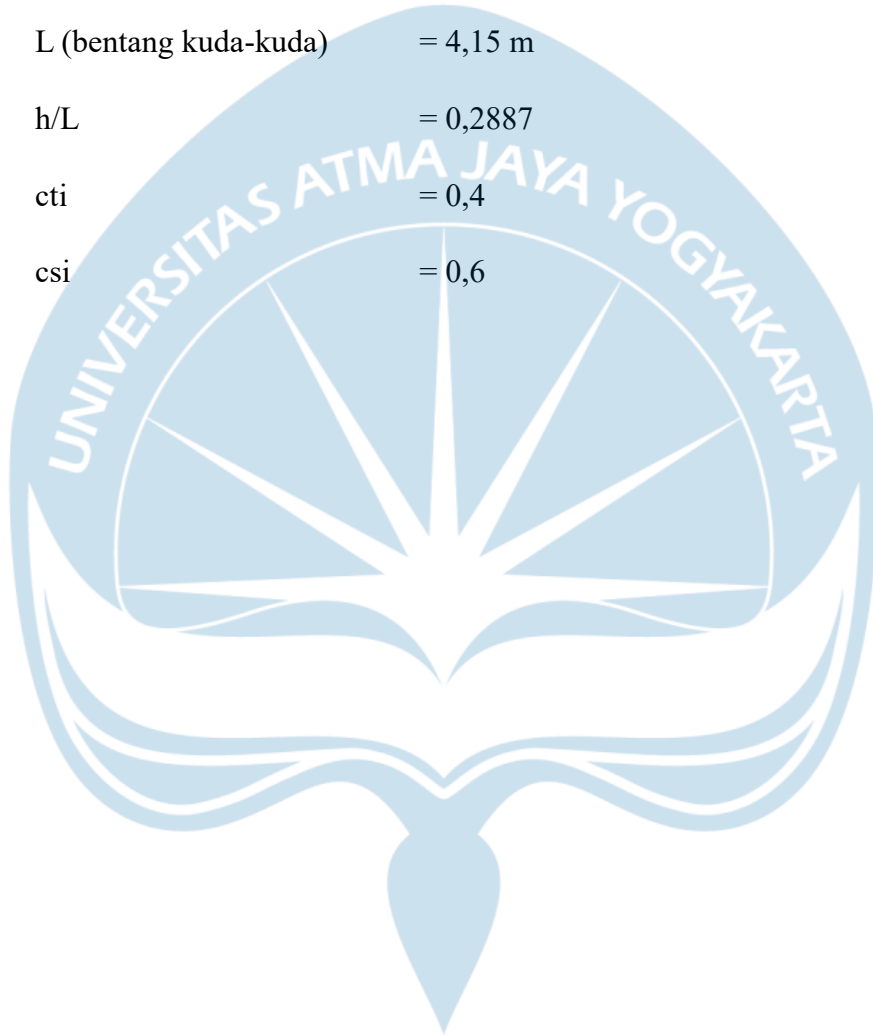
H (tinggi atap) = 1,2 m

L (bentang kuda-kuda) = 4,15 m

h/L = 0,2887

cti = 0,4

csi = 0,6



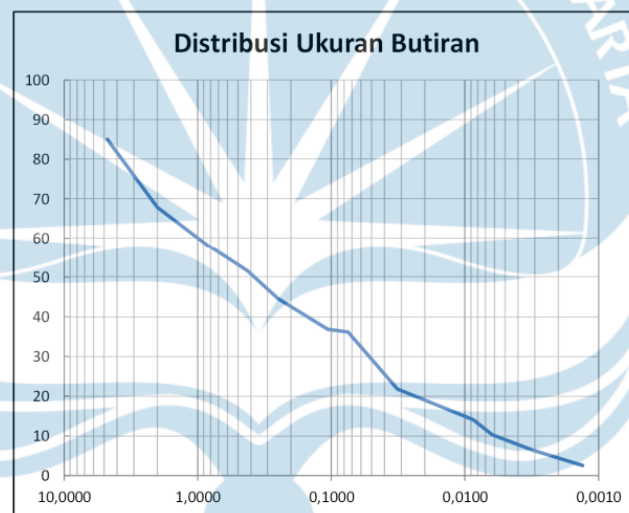
2.3 Intepretasi Data Tanah dan Penentuan Klasifikasi Situs

2.3.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Uji Distribusi Butiran

a) BH-1

Tabel 1.3.1 Prosentase Lolos BH-1

no. sieve	berat tertahan	Σ berat tertahan	prosen berat tertahan	prosen lolos
4	15	15	15,32	84,68
10	17,2	32,2	32,88	67,12
20	9,6	41,8	42,68	57,32
40	6,7	48,5	49,52	50,48
60	6	54,5	55,65	44,35
140	6,6	61,1	62,39	37,61
200	0,7	61,8	63,10	36,90
pan	36,14	97,94	100,00	0,00



Gambar 2.3.1 Grafik Distribusi Ukuran Tanah BH-1

Dari grafik distribusi butiran tanah, diperoleh data sebagai berikut:

$$D_{10} = 0,006$$

$$D_{30} = 0,05$$

$$D_{60} = 1$$

$$C_u = 1/0,006 = 166,667$$

$$C_c = (0,05)^2 / (1 \times 0,006) = 0,417$$

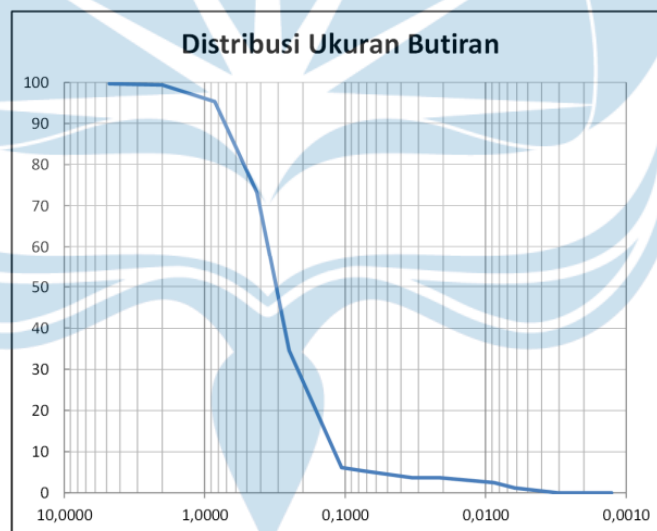
Kesimpulan: Karena lebih dari 50% tanah tertahan pada saringan No. 200, maka tanah dikelompokkan menjadi tanah butir kasar (*coarse grained*). Persentase fraksi pasir (*sands*) tertahan saringan No. 200 lebih besar dari persentase gravel (100-

84,68 = 15,32% gravel dan 84,68-36,90 = 47,78% *sands*) maka tanah digolongkan *sands*. Didapatkan Cu sebesar 166,667 > 6 dan Cc sebesar 0,417 dimana 0,417 < 1 maka dapat digolongkan gabungan SW (pasir gradasi baik) dan SP (pasir gradasi buruk) namun bisa dikatakan pasir gradasi baik karena nilai Cu yang besar.

b) BH-2

Tabel 2.3.2 Prosentase Lolos BH-2

No. Sieve	Berat Tertahan	Σ Berat Tertahan	Prosen Berat Tertahan	Prosen Lolos
4	0,3	15	0,26	99,74
10	0,3	15,3	0,52	99,48
20	4,1	19,4	4,10	95,90
40	22,2	41,6	23,45	76,55
60	38,6	80,2	57,10	42,90
140	28,4	108,6	81,85	18,15
200	0,8	109,4	82,55	17,45
pan	5,32	114,72	87,19	12,81



Gambar 2.3.2 Grafik Distribusi Ukuran Tanah BH-2

Dari grafik distribusi butiran tanah, diperoleh data sebagai berikut:

$$D_{10} = 0,15$$

$$D_{30} = 0,25$$

$$D_{60} = 0,35$$

$$Cu = 0,35/0,15 = 2,333$$

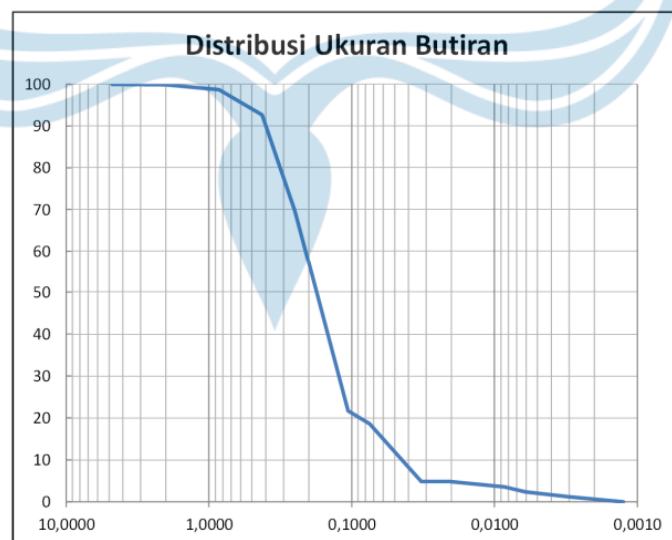
$$Cc = (0,25)^2 / (0,35 \times 0,15) = 1,190$$

Kesimpulan: Karena lebih dari 50% tanah tertahan pada saringan No. 200, maka tanah dikelompokkan menjadi tanah butir kasar (*coarse grained*). Persentase fraksi pasir (*sands*) tertahan saringan No. 200 lebih besar dari persentase gravel ($100 - 99,74 = 0,26\%$ gravel dan $99,74 - 17,45 = 82,29\%$ *sands*) maka tanah digolongkan *sands*. Didapatkan C_u sebesar $2,333 < 6$ dan C_c sebesar $1,190$ dimana $1 \leq 1,190 \leq 3$ maka dapat digolongkan gabungan SW (pasir gradasi baik) dan SP (pasir gradasi buruk) atau bisa dikatakan pasir gradasi sedang.

c) BH-3

Tabel 2.3.3 Prosentase Lolos BH-3

No. Sieve	Berat Tertahan	Σ Berat Tertahan	Prosen Berat Tertahan	Prosen Lolos
4	0,1	15	0,09	99,91
10	0,1	15,1	0,17	99,83
20	1,1	16,2	1,13	98,87
40	6	22,2	6,36	93,64
60	23	45,2	26,39	73,61
140	48	93,2	68,19	31,81
200	3	96,2	70,80	29,20
pan	18,63	114,83	87,02	12,98



Gambar 2.3.3 Grafik Distribusi Ukuran Tanah BH-3

Dari grafik distribusi butiran tanah, diperoleh data sebagai berikut:

$$D_{10} = 0,045$$

$$D_{30} = 0,15$$

$$D_{60} = 0,23$$

$$C_u = 0,23/0,045 = 5,111$$

$$C_c = (0,15)^2 / (0,23 \times 0,045) = 2,174$$

Kesimpulan: Karena lebih dari 50% tanah tertahan pada saringan No. 200, maka tanah dikelompokkan menjadi tanah butir kasar (*coarse grained*). Persentase fraksi pasir (*sands*) tertahan saringan No. 200 lebih besar dari persentase gravel ($100 - 99,91 = 0,09\%$ gravel dan $99,91 - 29,20 = 70,71\%$ *sands*) maka tanah digolongkan *sands*. Didapatkan C_u sebesar $5,111 < 6$ dan C_c sebesar $2,174$ dimana $1 \leq 2,174 \leq 3$ maka dapat digolongkan gabungan SW (pasir gradasi baik) dan SP (pasir gradasi buruk) atau bisa dikatakan pasir gradasi sedang.

2.3.2 Deskripsi Tanah Berdasarkan SPT

a) BH-1

Diketahui data:

Tabel 2.3.4 Data Tanah BH-1 Berdasarkan SPT



SOIL MECHANIC LABORATORY
CIVIL ENGINEERING PROGRAM
FACULTY OF ENGINEERING, UAJY
44 BABARSARI STREET, YOGYAKARTA 55281
Tel: +62-274-487711 ext. 1055
Fax: +62-274-487748

Boring Number:

BH-1

BOR LOG

PROJECT TITLE :

PROJECT LOCATION :

DATE STARTED: GROUND ELEVATION : - 0,50 m from road level
DATE COMPLETED : HOLE SIZE : 7.295cm
DRILLING CONTRACTOR: SOIL MECH. LAB. UAJY GROUND WATER LEVEL : - 3,00 m from ground level
DRILLING METHOD: ROTARY SPINDLE, SKID MOUNTED TYPE WEATHER CONDITION : FINE
LOGGED BY: MUKAROB, CS. ESTIMATED SEASONAL HIGH : -
CHECKED BY: SOIL MECH. LAB, UAJY

Depth (m)	Graph Log	Material Description (field observations)	Contact Depth (m)	Sample Number	Blow Counts (N Value)				Water Level Elevation (m)	SPT Value
					N ₁	N ₂	N ₃	N _v		
1										0
2					1	1	2	3		1
3		Pasir halus berlempung (coklat, abu-abu)	5						-3.00	2
4					1	2	2	4		3
5										4
6		Pasir kerikil (coklat, abu-abu)	2	I	7	16	23	39		5
7										6
8		Pasir halus berlempung (coklat, abu-abu)	3		7	18	25	43		7
9										8
10					12	19	28	47		9
11										10
12		Pasir (coklat, hitam)	4		12	21	28	49		11
13					11	19	21	40		12
14										13
15		Pasir kasar (coklat, hitam)	3	II	13	24	28	52		14
16										15
17					13	24	29	53		16
18										17
19					16	25	31	56		18
20										19
21		Pasir (coklat, hitam)	7		16	27	33	60		20
22										21
23					17	25	35	60		22
24										23
25										24
26					17	23	32	55		25
27		Pasir berlempung (coklat, abu-abu)	6							26
28					18	23	33	56		27
29										28
30					18	25	34	59		29
										30

Catatan: Pada pengamatan di lapangan, lanau bisa tampak seperti pasir halus atau pasir sangat halus

Titik	Kedalaman (m)	Kadar Air (%)	Berat Jenis (G)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	Pengujian Geser Langsung	
						c (kg/cm ²)	θ°
BH 1	15	56,32	2,48	1,56	1,00	0,17	22,85

Perhitungan:

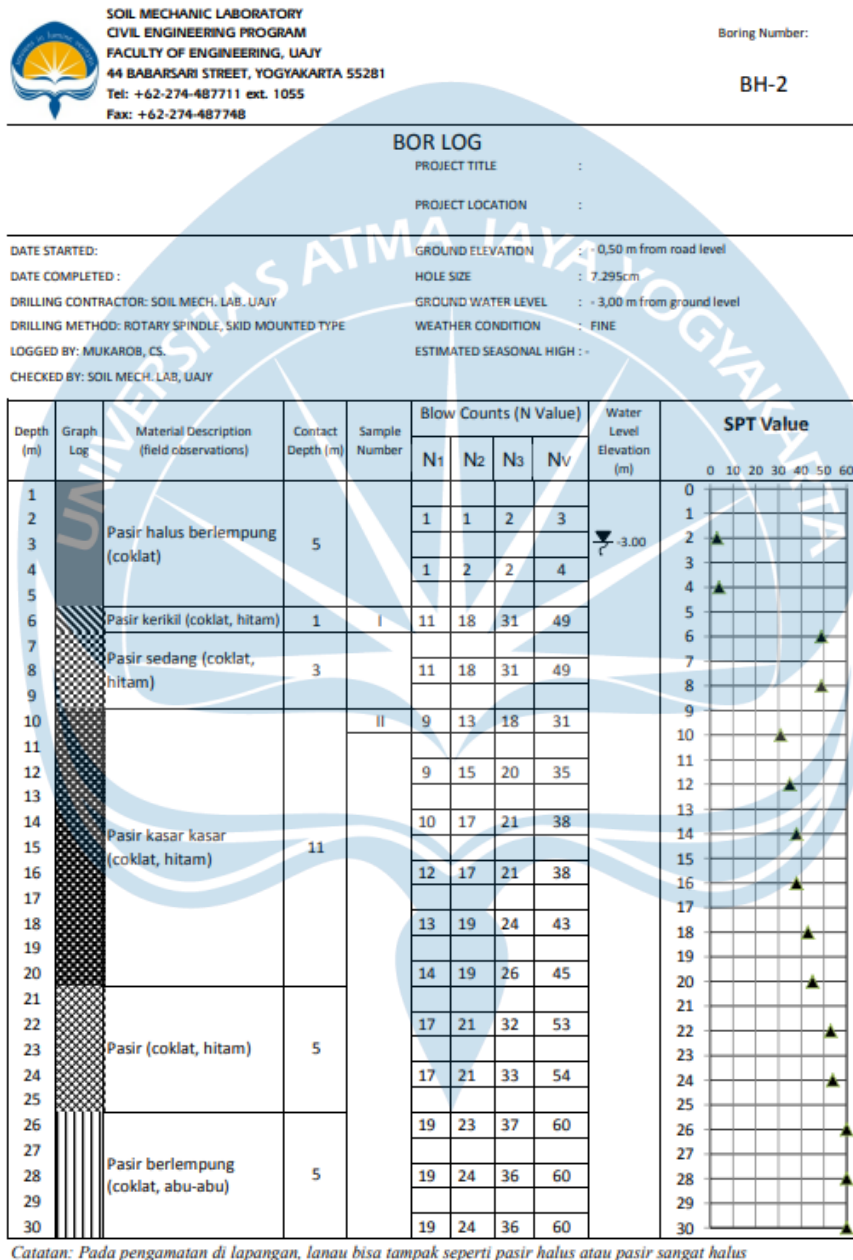
Tabel 2.3.5 Pengolahan Data Tanah BH-1

kedalaman (m)	NSPT	σ_o' (kN/m ²)	CN	$N1 = \frac{CN \cdot N_{SPT}}{100}$
2	3	30,576	1,423	4,268
4	4	21,152	1,546	6,184
6	39	31,728	1,410	55,003
8	43	42,304	1,314	56,508
10	47	52,880	1,240	58,257
12	49	63,456	1,179	57,748
14	40	74,032	1,127	45,080
8	52	42,304	1,314	68,335
9	53	47,592	1,275	67,561
10	56	52,880	1,240	69,413
11	60	58,168	1,208	72,458
12	60	63,456	1,179	70,712
13	55	68,744	1,152	63,348
14	56	74,032	1,127	63,111
15	59	79,320	1,104	65,131

b) BH-2

Diketahui data:

Tabel 2.3.6 Data Tanah BH-2 Berdasarkan SPT



Titik	Kedalaman (m)	Kadar Air (%)	Berat Jenis (G)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	Pengujian Geser Langsung	
						c (kg/cm ²)	θ°
BH2	10	27,57	2,74	1,89	1,48	0,03	25,70

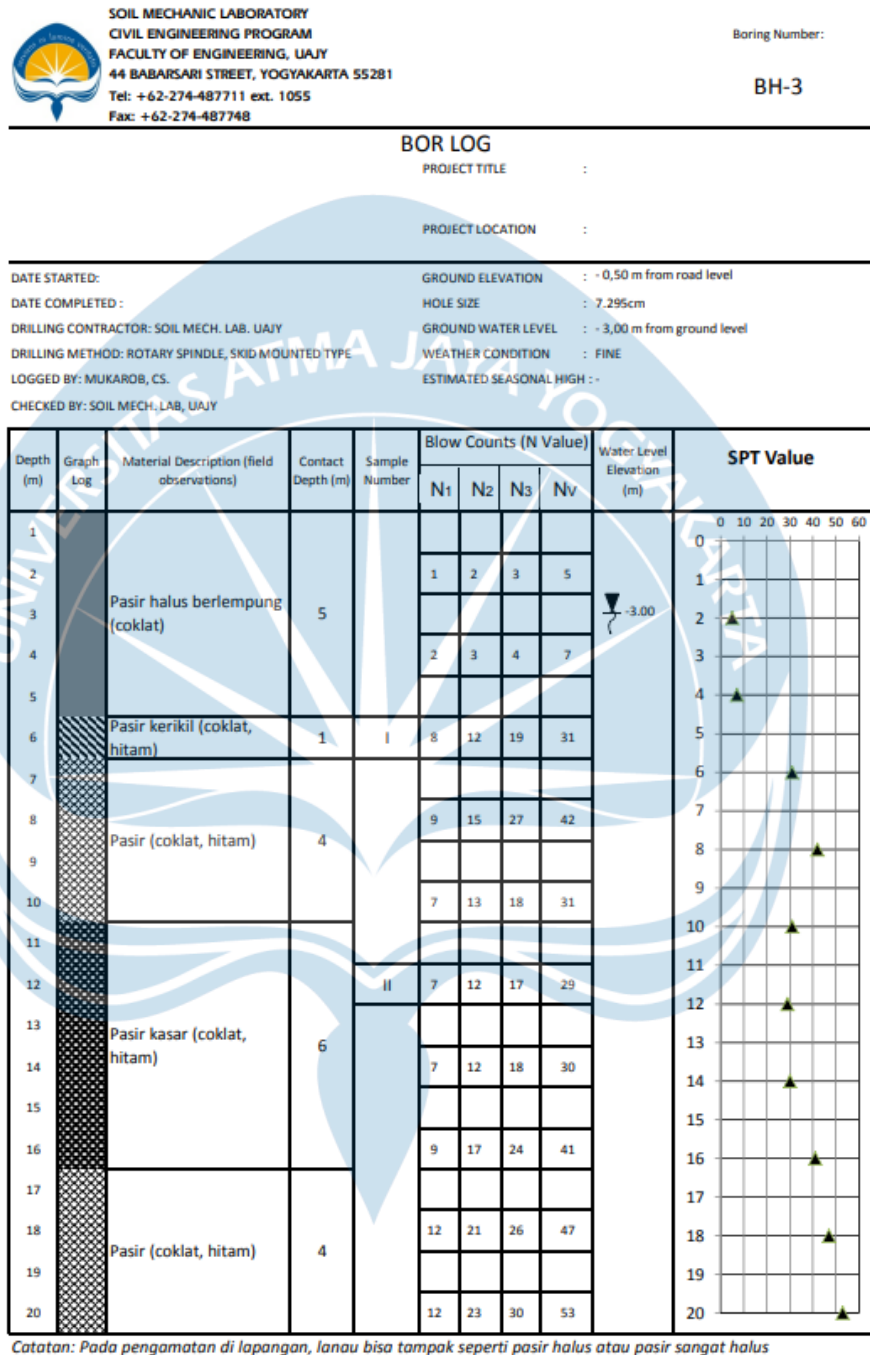
Perhitungan:

Tabel 2.3.7 Pengolahan Data Tanah BH-2

kedalaman (m)	NSPT	σ_o' (kN/m ²)	CN	$N1 = \frac{CN \cdot N_{SPT}}{100}$
2	3	37,044	1,359	4,076
4	4	34,088	1,386	5,545
6	49	51,132	1,251	61,287
8	49	68,176	1,155	56,573
10	31	85,220	1,080	33,478
12	35	102,264	1,019	35,664
14	38	119,308	0,967	36,762
16	38	136,352	0,923	35,065
18	43	153,396	0,883	37,985
20	45	170,440	0,848	38,166
22	53	187,484	0,816	43,262
24	54	204,528	0,787	42,507
26	60	221,572	0,760	45,624
28	60	238,616	0,736	44,137
30	60	255,660	0,713	42,753

c) BH-3

Tabel 2.3.8 Data Tanah BH-3 Berdasarkan SPT



Titik	Kedalaman (m)	Kadar Air (%)	Berat Jenis (G)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	Pengujian Geser Langsung	
						c (kg/cm ²)	θ°
BH3	12	29,72	2,69	1,97	1,52	0,01	22,53

Perhitungan:

Tabel 2.3.9 Pengolahan Data Tanah BH-3

kedalaman (m)	NSPT	σ_o' (kN/m ²)	CN	$N_1 = CN * N_{SPT}$
2	5	37,044	1,359	6,793
4	7	34,088	1,386	9,704
6	31	51,132	1,251	38,773
8	42	68,176	1,155	48,491
10	31	85,220	1,080	33,478
12	29	102,264	1,019	29,550
14	30	119,308	0,967	29,022
16	41	136,352	0,923	37,833
18	47	153,396	0,883	41,518
20	53	170,440	0,848	44,951

2.3.3 Klasifikasi Situs Lokasi Berdasarkan Data Tanah (sesuai SNI 1726:2019)

a) Penentuan kategori desain seismik

- Berdasarkan lokasi bangunan yaitu di Surakarta, diperoleh data:

$$S_{DS} = 0,63 \text{ g}$$

$$S_{D1} = 0,49 \text{ g}$$

(Sumber: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>)

- Bangunan Taman Budaya termasuk ke dalam kategori risiko II
- Kategori desain seismik berdasarkan S_{DS} : D (karena $0,50 \leq S_{DS}$)
- Kategori desain seismik berdasarkan S_{D1} : D (karena $0,20 \leq S_{D1}$)

b) Penentuan kelas situs

- BH-1

Tabel 2.3.10 Pengolahan Data Tanah BH-1-Klasifikasi Kelas Situs

Kedalaman	T(m)	N(SPT)	N'=T/N
0 sd 2	2	3	0,6667
2 sd 4	2	4	0,5000
4 sd 6	2	39	0,0513
6 sd 8	2	43	0,0465
8 sd 10	2	47	0,0426
10 sd 12	2	49	0,0408
12 sd 14	2	40	0,0500
14 sd 16	2	52	0,0385
16 sd 18	2	53	0,0377
18 sd 20	2	56	0,0357
20 sd 22	2	60	0,0333
22 sd 24	2	60	0,0333
24 sd 26	2	55	0,0364
26 sd 28	2	56	0,0357
28 sd 30	2	59	0,0339
Jumlah	30		1,6824
ΣN		17,8318	

- BH-2

Tabel 2.3.11 Pengolahan Data Tanah BH-2-Klasifikasi Kelas Situs

Kedalaman	T(m)	N(SPT)	N'=T/N
0 sd 2	2	3	0,6667
2 sd 4	2	4	0,5000
4 sd 6	2	49	0,0408
6 sd 8	2	49	0,0408
8 sd 10	2	31	0,0645
10 sd 12	2	35	0,0571
12 sd 14	2	38	0,0526
14 sd 16	2	38	0,0526
16 sd 18	2	43	0,0465
18 sd 20	2	45	0,0444
20 sd 22	2	53	0,0377
22 sd 24	2	54	0,0370
24 sd 26	2	60	0,0333
26 sd 28	2	60	0,0333
28 sd 30	2	60	0,0333
Jumlah	30		1,7410
ΣN		17,2320	

- BH-3

Tabel 2.3.12 Pengolahan Data Tanah BH-3-Klasifikasi Kelas Situs

Kedalaman	T(m)	N(SPT)	$N'=T/N$
0 sd 2	2	5	0,4000
2 sd 4	2	7	0,2857
4 sd 6	2	31	0,0645
6 sd 8	2	42	0,0476
8 sd 10	2	31	0,0645
10 sd 12	2	29	0,0690
12 sd 14	2	30	0,0667
14 sd 16	2	41	0,0488
16 sd 18	2	47	0,0426
18 sd 20	2	53	0,0377
Jumlah	20		1,1271
ΣN		17,7452	

Kesimpulan

Berdasarkan klasifikasi situs pada SNI 1726:2019, tanah BH-1, BH-2, dan BH-3 merupakan kelas situs SD atau tanah sedang karena memiliki ΣN di antara 15 sampai 50.

2.4 Elemen Kuda-Kuda

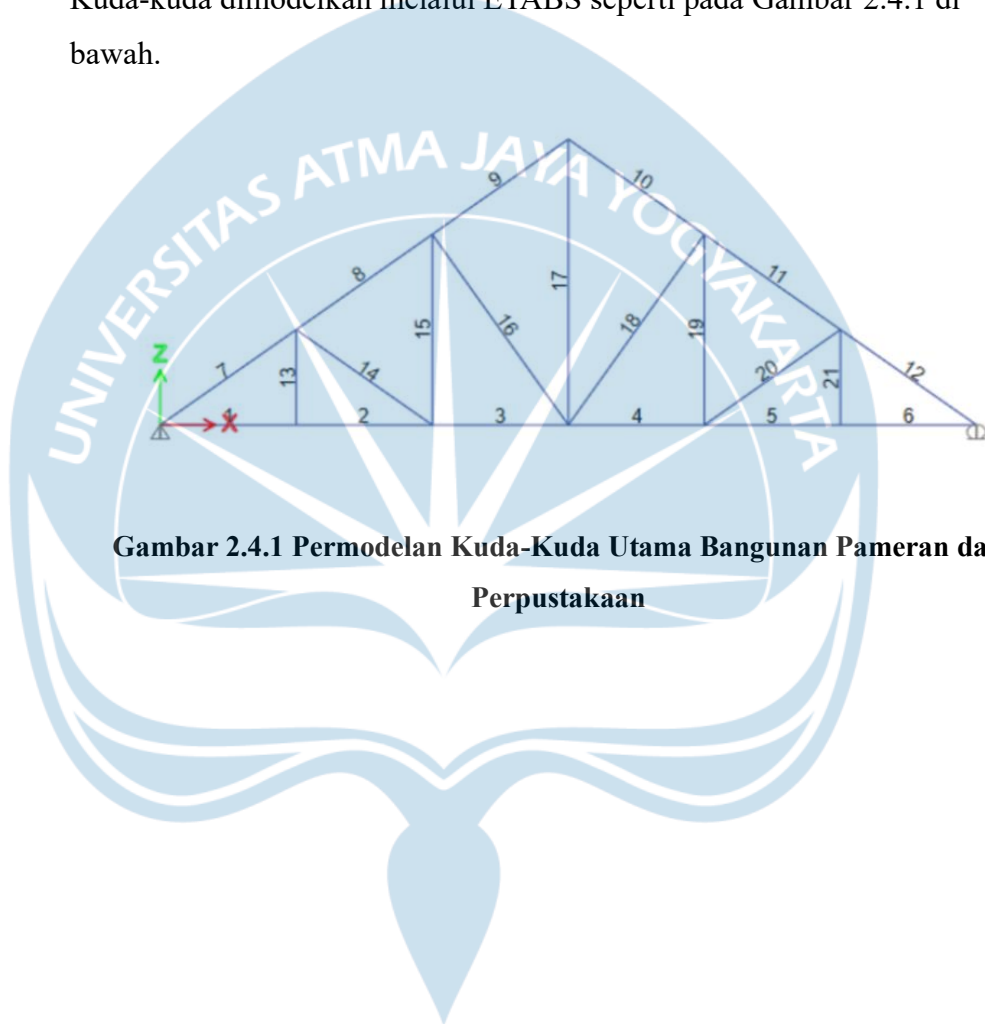
2.4.1 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

a. Kuda-Kuda Utama

Gaya Dalam Kuda-Kuda

- Permodelan Kuda-Kuda

Kuda-kuda dimodelkan melalui ETABS seperti pada Gambar 2.4.1 di bawah.



Gambar 2.4.1 Permodelan Kuda-Kuda Utama Bangunan Pameran dan Perpustakaan

- Rekapitan Gaya Dalam

**Tabel 2.4.1 Rekapitan Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Utama Bangunan
Pameran dan Perpustakaan**

No Bentang	DL (kN)	LL (kN)	WL	1,4DL	1,2DL+1,6L L	1,2DL+1,3W +0,5LL	Gaya rencana
1	29,6075	3,5587	4,2191	41,4506	41,2229	42,7933	42,7933
2	29,6218	3,5604	4,2145	41,4705	41,2427	42,8052	42,8052
3	23,7711	2,854	3,3506	33,2796	33,0918	34,3082	34,3082
4	23,7711	2,854	1,0244	33,2796	33,0918	31,284	33,2796
5	29,6218	3,5604	-0,428	41,4705	41,2427	36,7699	41,4705
6	29,6075	3,5587	-0,4296	41,4506	41,2229	36,7499	41,4506
7	-36,1557	-4,3457	-4,3457	-50,6179	-50,34	-44,6584	-50,6179
8	-29,029	-3,4853	1,0529	-40,6406	-40,4112	-35,2087	-40,6406
9	-21,8069	-2,6134	1,4165	-30,5297	-30,3497	-25,6336	-30,5297
10	-21,8069	-2,6134	0,4808	-30,5297	-30,3497	-26,85	-30,5297
11	-29,029	-3,4853	1,0885	-40,6406	-40,4112	-35,1624	-40,6406
12	-36,1557	-4,3457	1,694	-50,6179	-50,34	-43,3574	-50,6179
13	-0,0817	-0,0098	-0,0056	-0,1144	-0,1138	-0,1103	-0,1144
14	-7,118	-0,8594	-1,0522	-9,9652	-9,9166	-10,3391	-10,3391
15	4,0938	0,4943	0,6055	5,7313	5,7034	5,9468	5,9468
16	-10,1003	-1,2194	-1,5004	-14,1405	-14,0715	-14,6807	-14,6807
17	16,4699	1,9884	-0,8116	23,0579	22,9454	19,7031	23,0579
18	-10,1003	-1,2194	2,4978	-14,1405	-14,0715	-9,483	-14,1405
19	4,0938	0,4943	-1,0124	5,7313	5,7034	3,8435	5,7313
20	-7,118	-0,8594	1,7697	-9,9652	-9,9166	-6,6706	-9,9652
21	-0,0817	-0,0098	0,004	-0,1144	-0,1138	-0,0978	-0,1144

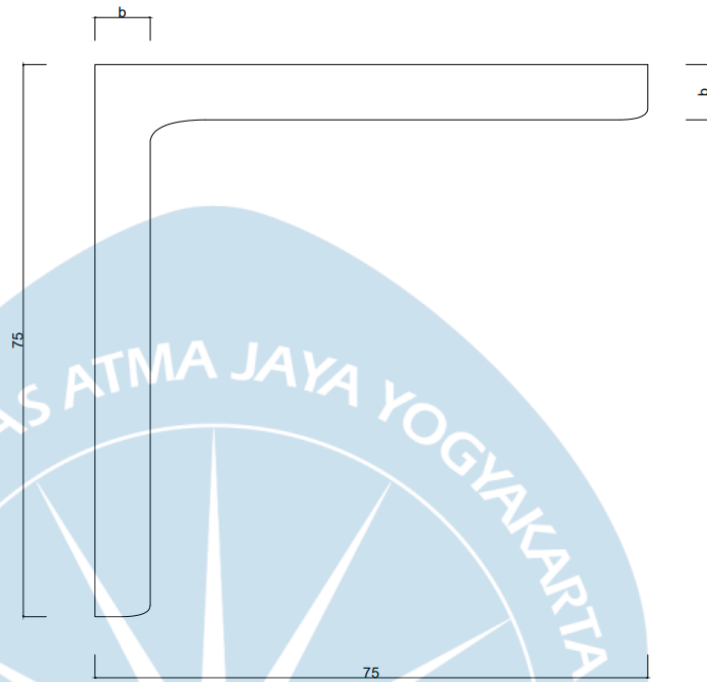
Berdasarkan tabel di atas, diperoleh:

Gaya Batang Tekan Maksimum = -50,618 kN

Gaya Batang Tarik Maksimum = 42,805 kN

Rencana Elemen Kuda-Kuda

- Properti Profil



Gambar 2.4.2 Profil L 75x75x6x8,5

Profil L 75x75x6x8,5

$$A = 872,7 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = 807.000 \text{ mm}^4$$

$$i_x = i_y = 24,6 \text{ mm}$$

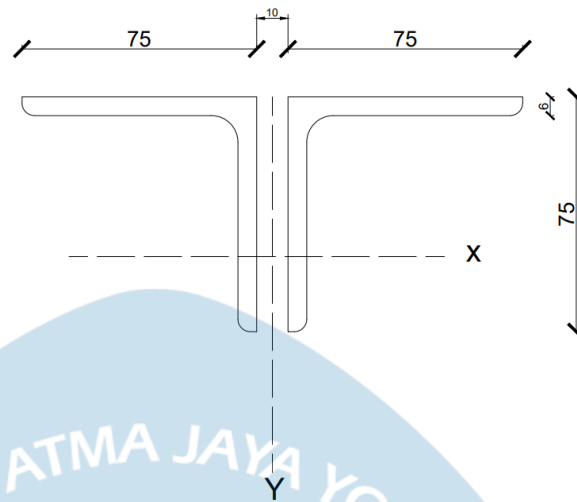
$$C_x = C_y = 21,8 \text{ mm}$$

$$d' = b' = 75 - \frac{6}{2} = 72 \text{ mm}$$

$$\text{Modulus Geser Baja (G)} = 77.200 \text{ MPa}$$

$$\text{Konstanta Torsi (J)} = \frac{(d' + b') \times t^3}{3} = \frac{(72 + 72) \times 6^3}{3} = 10.368 \text{ mm}^4$$

- Properti Profil Gabungan



Gambar 2.4.3 Profil 2L 75x75x6

Profil 2L 75x75x6 $T_p = 10$

$$A_g = 2 \times 872,7 = 1.745,4 \text{ mm}^2$$

$$I_{xg} = 2 \times 807.000 = 1.614.000 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} I_{yg} &= I_{yg} + A_g \left(C_y + \frac{t_p}{2} \right)^2 \\ &= 1.614.000 + 1.745,4 \left(21,8 + \frac{10}{2} \right)^2 \\ &= 2.867.616,096 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$R_{xg} = 30,41 \text{ mm}$$

$$R_{yg} = \sqrt{\frac{I_{yg}}{A}} = \sqrt{\frac{2.867.616,096}{1.745,4}} = 40,533 \text{ mm}$$

$$X_0 = 0 \text{ mm}$$

$$Y_0 = C_y - \frac{t}{2} = 21,8 - \frac{6}{2} = 18,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \bar{r}_0 &= \frac{I_x + I_y}{A} + X_0^2 + Y_0^2 \\ &= \frac{1.614.000 + 2.867.616,096}{1.745,4} + 0^2 + 18,8^2 \\ &= 2.921,113 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 1 - \frac{x_0^2 + y_0^2}{r_0^2} = 1 - \frac{0^2 + 18,8^2}{2.921,113} = 0,879$$

- Pengecekan Batang Tekan

Gaya Batang Tekan = 50,618 kN (L = 2,4413 m, batang No. 7)

➤ Pemeriksaan Tekuk Lentur

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{75}{6} = 12,5$$

$$\lambda r = 0,45 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,45 \times \sqrt{\frac{200.000}{240}} = 12,99$$

$\lambda < \lambda r \rightarrow$ Penampang Non Langsing

➤ Pemeriksaan Tekuk Lentur Terhadap Sumbu x-x

$$\frac{KL}{R_x} = \frac{1 \times 2.441,3}{30,41} = 80,30$$

$$4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \times \sqrt{\frac{200.000}{240}} = 135,97$$

$\frac{KL}{R_x} < 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$, sehingga digunakan persamaan

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{R_x} \right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200.000}{(80,30)^2} = 306,125 \text{ MPa}$$

Maka,

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{240}{306,125}} \right) \times 240 = 172,863 \text{ MPa}$$

➤ Pemeriksaan Tekuk Lentur Torsi

$$a = 2.441,3 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{r} = \frac{2.441,3}{30,41} = 80,30 \rightarrow \frac{a}{r} > 40, \text{ sehingga digunakan persamaan}$$

$$\begin{aligned}\left(\frac{KL}{r}\right)_m &= \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{Kia}{ri}\right)^2} \\ &= \sqrt{(80,30)^2 + (0,5 \times 80,30)^2} \\ &= 89,778\end{aligned}$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m < 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga digunakan persamaan}$$

$$F_{cry} = \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \times F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r}\right)_m^2} = \frac{\pi^2 \times 200.000}{(89,778)^2} = 244,901 \text{ MPa}$$

Maka,

$$F_{cry} = \left(0,658^{\frac{240}{244,901}}\right) \times 240 = 159,248 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = \frac{G \times J}{A \times r_0^2} = \frac{77.200 \times 10.368}{1.745,4 \times 2.921,113} = 156,989 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}F_{cr} &= \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H}\right) \times \left[1 - \sqrt{\frac{4 \times F_{cry} \times F_{crz} \times H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}}\right] \\ &= \left(\frac{159,248 + 156,989}{2 \times 0,879}\right) \times \left[1 - \sqrt{\frac{4 \times 159,248 \times 156,989 \times 0,879}{(159,248 + 156,989)^2}}\right] \\ &= 117,311 \text{ MPa}\end{aligned}$$

➤ Kekuatan Desain

$$F_{cr} = 172,863 \text{ MPa} \rightarrow \text{Pemeriksaan Tekuk Lentur}$$

$$F_{cr} = 117,311 \text{ MPa} \rightarrow \text{Pemeriksaan Tekuk Lentur Torsi}$$

Digunakan nilai F_{cr} terkecil = 117,311 MPa

$$\phi P_n = 0,9 \times F_{cr} \times A_g$$

$$= 0,9 \times 117,311 \times 1.745,4$$

$$= 184,279 \text{ kN}$$

Karena $\phi P_n > 50,618 \text{ kN}$, maka batang tekan ini berstatus **AMAN**

- Pengecekan Batang Tarik

Gaya Batang Tarik = 42,805 kN (L = 2 m, batang No. 2)

- Kelangsingan Batang Tarik

$$\lambda = \frac{L}{r} = \frac{2000}{30,41} = 65,77 \rightarrow \lambda < 300 \text{ (Aman)}$$

- Pemeriksaan Leleh Tarik

$$\phi P_n = F_y \times A_g = 240 \times 1745,4 = 418,896 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > 42,805 \text{ kN (Aman)}$$

- Pemeriksaan Putus Tarik

$$F_u = 370 \text{ MPa}, A_e = A_g$$

$$\phi P_n = 0,75 \times F_u \times A_e$$

$$= 0,75 \times 370 \times 1.745,4$$

$$= 484,349 \text{ kN}$$

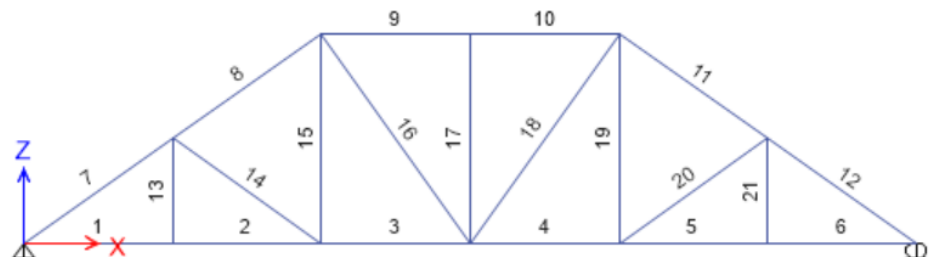
$$\phi P_n > 42,805 \text{ kN (Aman)}$$

b. Kuda-Kuda Trapesium 1

Gaya Dalam Kuda-Kuda

- Permodelan Kuda-Kuda

Kuda-kuda dimodelkan melalui ETABS



Gambar 2.4.4 Permodelan Kuda-Kuda Trapesium 1 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

- Rekapitan Gaya Dalam

Tabel 2.4.2 Rekapitan Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Trapesium 1 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

No Bentang	DL (kN)	LL (kN)	WL	1,4DL	1,2DL+1,6LL	1,2DL+1,3W+0,5LL	Gaya Rencana
1	29,605	3,5584	4,0308	41,447	41,2194	42,5453	42,5453
2	29,6105	3,559	4,0274	41,4547	41,2271	42,5477	42,5477
3	23,8073	2,8583	3,1615	33,3302	33,1421	34,1078	34,1078
4	23,8073	2,8583	0,836	33,3302	33,1421	31,0847	33,3302
5	29,6105	3,559	-0,6149	41,4547	41,2271	36,5127	41,4547
6	29,605	3,5584	-0,6165	41,447	41,2194	36,5037	41,447
7	-36,154	-4,3455	-0,0121	-50,6156	-50,3377	-45,5732	-50,6156
8	-29,0359	-3,4861	0,3472	-40,6503	-40,4209	-36,1348	-40,6503
9	-26,7934	-3,211	0,8715	-37,5107	-37,2896	-32,6246	-37,5107
10	-26,7934	-3,211	0,8744	-37,5107	-37,2896	-32,6209	-37,5107
11	-29,0359	-3,4861	1,3175	-40,6503	-40,4209	-34,8734	-40,6503
12	-36,154	-4,3455	1,9223	-50,6156	-50,3377	-43,0585	-50,6156
13	-0,0871	-0,0105	-0,0059	-0,1219	-0,1213	-0,1174	-0,1219
14	-7,0852	-0,8555	-1,0537	-9,9193	-9,871	-10,2999	-10,2999
15	4,1152	0,4968	0,6045	5,7613	5,7332	5,9725	5,9725
16	5,1414	0,6072	-1,9951	7,1979	7,1412	3,8796	7,1979
17	-8,3905	-0,9909	-0,002	-11,7467	-11,6541	-10,5667	-11,7467
18	5,1414	0,6072	1,9988	7,1979	7,1412	9,0717	9,0717
19	4,1152	0,4968	-1,0122	5,7613	5,7332	3,8708	5,7613
20	-7,0852	-0,8555	1,7685	-9,9193	-9,871	-6,631	-9,9193
21	-0,0871	-0,0105	0,0045	-0,1219	-0,1213	-0,1039	-0,1219

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh:

Gaya Batang Tekan Maksimum = -50,6156 kN

Gaya Batang Tarik Maksimum = 42,5477 kN

Rencana Elemen Kuda-Kuda

- Properti Profil

Profil yang digunakan pada kuda-kuda ini sama dengan profil pada kuda-kuda utama sehingga data-data profilnya pun sama (L 75x75x6x8,5).

- Properti Profil Gabungan

Profil yang digunakan pada kuda-kuda ini sama dengan profil pada kuda-kuda utama sehingga data-data profil gabungannya pun sama (2L 75x75x6x8,5, $T_p = 10$ mm).

- Pengecekan Batang Tekan

Gaya Batang Tekan = 50,6156 kN ($L = 2,4413$ m, batang No.7)

Karena gaya batang tekan pada kuda-kuda ini lebih kecil dari gaya batang tekan kuda-kuda utama dan panjang batangnya pun sama yaitu 2,4413 m, maka pengecekan tidak diperlukan (sudah pasti aman).

- Pengecekan Batang Tarik

Gaya Batang Tarik = 42,5477 kN ($L = 2$ m, batang No.2)

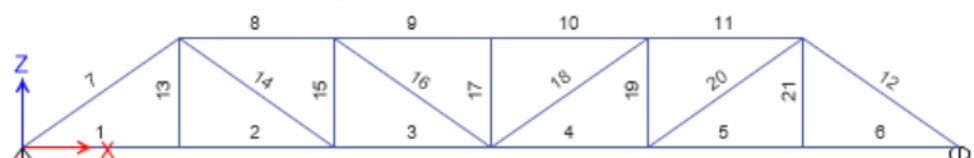
Karena gaya batang tarik pada kuda-kuda ini lebih kecil dari gaya batang tarik kuda-kuda utama dan panjang batangnya pun sama yaitu 2 m, maka pengecekan tidak diperlukan (sudah pasti aman).

c. Kuda-Kuda Trapesium 2

Gaya Dalam Kuda-Kuda

- Pemodelan Kuda-Kuda

Kuda-kuda dimodelkan melalui ETABS



Gambar 2.4.5 Permodelan Kuda-Kuda Trapesium 2 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

- Rekapitan Gaya Dalam

Tabel 2.4.3 Rekapitan Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Trapesium 2 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

No Bentang	DL (kN)	LL (kN)	WL	1,4DL	1,2DL+1,6 LL	1,2DL+1,3W +0,5LL	Gaya rencana
1	29,6356	3,562	2,88	41,4898	41,2619	41,0876	41,4898
2	29,7398	3,5746	2,8768	41,6357	41,4071	41,2149	41,6357
3	47,538	5,7075	2,1036	66,5531	66,1775	62,6339	66,5531
4	47,538	5,7075	0,5573	66,5531	66,1775	60,6237	66,5531
5	29,7398	3,5746	-0,2166	41,6357	41,4071	37,1935	41,6357
6	29,6356	3,562	-0,2171	41,4898	41,2619	37,0615	41,4898
7	-36,1808	-4,3487	-0,4773	-50,6531	-50,3749	-46,2118	-50,6531
8	-47,4487	-5,6968	-0,197	-66,4282	-66,0534	-60,043	-66,4282
9	-53,5159	-6,4135	0,5775	-74,9222	-74,4807	-66,675	-74,9222
10	-53,5159	-6,4135	0,5822	-74,9222	-74,4807	-66,6689	-74,9222
11	-47,4487	-5,6968	1,3599	-66,4282	-66,0534	-58,019	-66,4282
12	-36,1808	-4,3487	1,4343	-50,6531	-50,3749	-43,7267	-50,6531
13	-0,0101	-0,0012	-0,006	-0,0141	-0,0141	-0,0205	-0,0205
14	21,6253	2,5916	-0,9339	30,2755	30,097	26,0321	30,2755
15	-12,4295	-1,4896	0,5371	-17,4013	-17,2988	-14,962	-17,4013
16	7,3009	0,8623	-0,9354	10,2212	10,1408	7,9762	10,2212
17	-8,4153	-0,9939	-0,0024	-11,7814	-11,6886	-10,5985	-11,7814
18	7,3009	0,8623	0,9467	10,2212	10,1408	10,4229	10,4229
19	-12,4295	-1,4896	-0,5413	-17,4013	-17,2988	-16,364	-17,4013
20	21,6253	2,5916	0,9424	30,2755	30,097	28,4713	30,2755
21	-0,0101	-0,0012	0,0033	-0,0141	-0,0141	-0,0085	-0,0141

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh:

Gaya Batang Tekan Maksimum = -74,9222 kN

Gaya Batang Tarik Maksimum = 66,5531 kN

Rencana Elemen Kuda-Kuda

- Properti Profil

Profil yang digunakan pada kuda-kuda ini sama dengan profil pada kuda-kuda utama sehingga data-data profilnya pun sama (L 75x75x6x8,5).

- Properti Profil Gabungan

Profil yang digunakan pada kuda-kuda ini sama dengan profil pada kuda-kuda utama sehingga data-data profil gabungannya pun sama (2L 75x75x6x8,5).

- Pengecekan Batang Tekan

Gaya Batang Tekan = 74,9222 kN (L = 2 m, batang No 9)

- Pemeriksaan Tekuk Lentur

Karena profil yang digunakan sama dengan profil kuda-kuda utama maka

$$\lambda = 12,5 \text{ dan } \lambda r = 12,99$$

$$\lambda < \lambda r \rightarrow \text{penampang non-langsing}$$

- Pemeriksaan Tekuk Lentur Terhadap Sumbu x-x

$$\frac{KL}{rx} = \frac{1 \times 2000}{30,41} = 65,77$$

$$4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$$

$$\frac{KL}{rx} < 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ sehingga digunakan persamaan}$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \times F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{rx}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200.000}{(65,77)^2} = 456,325 \text{ MPa}$$

$$\text{Maka, } F_{cr} = \left(0,658^{\frac{240}{456,325}}\right) \times 240 = 192,580 \text{ MPa}$$

- Pemeriksaan Tekuk Lentur Torsi

$$a = 2000 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{r} = \frac{2.000}{30,41} = 65,77 \rightarrow \frac{a}{r} > 40$$

sehingga digunakan persamaan

$$\begin{aligned}\left(\frac{KL}{r}\right)_m &= \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{Kia}{ri}\right)^2} \\ &= \sqrt{(65,77)^2 + (0,5 \times 65,77)^2} \\ &= 73,533\end{aligned}$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m < 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga digunakan persamaan}$$

$$F_{cry} = \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \times F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r}\right)_m^2} = \frac{\pi^2 \times 200.000}{(73,533)^2} = 365,061 \text{ MPa}$$

$$\text{Maka, } F_{cry} = \left(0,658^{\frac{240}{365,061}}\right) \times 240 = 182,267 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = 156,989 \text{ MPa (Sama dengan kuda-kuda utama)}$$

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

$$\begin{aligned}F_{cr} &= \left(\frac{182,267 + 156,989}{2 \times 0,879}\right) \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 182,267 \times 156,989 \times 0,879}{(182,267 + 156,989)^2}}\right] \\ &= 124,5112 \text{ MPa}\end{aligned}$$

➤ Kekuatan Tekan Desain

$$F_{cr} = 192,580 \text{ MPa} \rightarrow \text{Pemeriksaan Tekuk Lentur}$$

$$F_{cr} = 124,511 \text{ MPa} \rightarrow \text{Pemeriksaan Tekuk Lentur Torsi}$$

Digunakan nilai F_{cr} yang terkecil = 124,511 MPa

$$\phi P_n = 0,9 \times F_{cr} \times A_g = 0,9 \times 124,511 \times 1.745,4 = 195,590 \text{ kN}$$

Karena $\phi P_n > 74,922 \text{ kN}$ maka batang tekan ini berstatus **AMAN**

- Pengecekan Batang Tarik

Gaya Batang Tarik = 66,5531 kN (L = 2 m, batang No. 3)

Karena panjang batang tarik ini sama dengan panjang batang tarik kuda-kuda utama maka,

- Pemeriksaan Leleh Tarik

$$\phi P_n = 418,896 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > 66,5531 \text{ kN} \rightarrow \text{Aman}$$

- Pemeriksaan Putus Tarik

$$\phi P_n = 484,349 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > 66,5531 \text{ kN} \rightarrow \text{Aman}$$

Perhitungan di atas menggunakan data gaya batang tekan dan tarik maksimum sehingga apabila gaya maksimum terbukti aman maka gaya batang lainnya juga pasti aman.

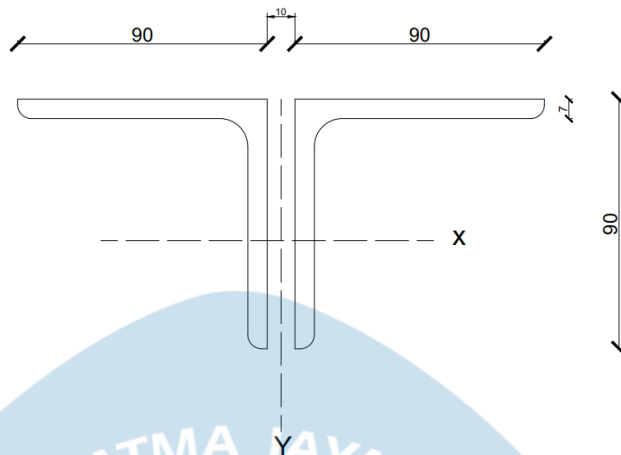
2.4.2 Bangunan Pengelola

a) Gaya Dalam Kuda-Kuda

Tabel 2.4.4 Rekapan Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Utama Bangunan Pengelola

No Bentang	DL (kN)	LL (kN)	WL	1,4DL	1,2DL+1,6LL	1,2DL+1,3W+0,5LL	Gaya Rencana
1	5,9236	2,5224	1,4813	8,2931	11,1441	10,2952	11,1441
2	5,9144	2,518	1,4654	8,2801	11,1261	10,2613	11,1261
3	5,9144	2,518	0,1479	8,2801	11,1261	8,5485	11,1261
4	5,9236	2,5224	0,1407	8,2931	11,1441	8,5525	11,1441
5	-6,8647	-2,9231	0,1708	-9,6106	-12,9147	-9,4773	-12,9147
6	-4,7395	-1,9979	0,4635	-6,6353	-8,884	-6,0837	-8,884
7	-4,7395	-1,9979	0,0667	-6,6353	-8,884	-6,5996	-8,884
8	-6,8647	-2,9231	0,5323	-9,6106	-12,9147	-9,0073	-12,9147
9	-0,109	-0,0467	-0,018	-0,1527	-0,2056	-0,1777	-0,2056
10	-2,0693	-0,9008	-0,5888	-2,8971	-3,9245	-3,699	-3,9245
11	2,2071	0,9602	-0,1546	3,09	4,185	2,9277	4,185
12	-2,0693	-0,9008	0,9272	-2,8971	-3,9245	-1,7282	-3,9245
13	-0,109	-0,0467	0,0076	-0,1527	-0,2056	-0,1443	-0,2056

b) Rencana Elemen Kuda-Kuda



Gambar 2.4.6 Profil 2L 90x90x7-10

Profil L 90x90x7-10

$$A = 1222 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = 461000 \text{ mm}^4$$

$$i_x = i_y = 22 \text{ mm}$$

$$C_x = C_y = 20,6 \text{ mm}$$

$$T_p = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Konstanta torsi (J)} = 19779,667 \text{ mm}^4$$

$$\text{Modulus geser baja (G)} = 77200 \text{ MPa}$$

Properti Profil Gabungan 2L 90x90x7 tp = 10 mm

$$A_g = 2 \times 1222 = 2444 \text{ mm}^2$$

$$I_{xg} = 2 \times 461000 = 922000 \text{ mm}^4$$

$$I_{yg} = (I_y + A_g(c_y + \frac{t_p}{2})^2)$$

$$I_{yg} = (461000 + 2444 (20,6 + \frac{10}{2})^2) = 2062699,84 \text{ mm}^4$$

$$r_{xg} = 30,41 \text{ mm}$$

$$r_{yg} = \sqrt{\frac{I_{xg}}{A_{profil}}} = \sqrt{\frac{922000}{2444}} = 19,423 \text{ mm}$$

$$r_{yg} = \sqrt{\frac{I_{yg}}{A_{profil}}} = \sqrt{\frac{2062699,84}{2444}} = 29,051 \text{ mm}$$

$$X_0 = 0 \text{ mm}$$

$$Y_0 = C_y - \frac{t}{2} = 20,6 - \frac{7}{2} = 17,1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\bar{r}_0 &= \frac{I_x + I_y}{A} + X_0^2 + Y_0^2 = \frac{922000 + 2062699,84}{2444} + 0^2 + 17,1^2 \\ &= 1513,65 \text{ mm}^2 \\ H &= 1 - \frac{X_0^2 + Y_0^2}{\bar{r}_0} = 1 - \frac{0^2 + 17,1^2}{1513,65} = 0,807 \text{ mm}\end{aligned}$$

c) Batang Tekan

Batang Tekan = 12,915 kN (L = 1,1985 m)

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b}{t} = \frac{90}{7} = 12,857 \\ \lambda_r &= 0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,45 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 12,99 \\ \lambda &= 12,857 < \lambda_r = 12,99 \text{ maka penampang non langsing}\end{aligned}$$

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR TERHADAP SUMBU X-X

$$\begin{aligned}\frac{KL}{r_x} &= \frac{1 \times 1198,5}{19,423} = 61,705 \\ F_e &= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200000}{61,705^2} = 518,422 \text{ MPa} \\ 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,97 \\ \frac{KL}{r_x} &= 61,705 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97 \text{ sehingga } F_{cr} \text{ diambil dari persamaan} \\ F_{cr} &= (0,658^{F_y/F_e}) F_y \\ F_{cr} &= (0,658^{240/518,422}) 240 = 197,724 \text{ MPa}\end{aligned}$$

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR TORSI

a = 1198,5 mm

$$\begin{aligned}\frac{a}{r} &= \frac{1198,5}{19,423} = 61,705 > 40 \text{ maka gunakan } \left(\frac{KL}{r}\right)_m \\ \left(\frac{KL}{r}\right)_m &= \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} = \sqrt{61,71^2 + 0,5 \times 61,71^2} = 68,989\end{aligned}$$

Karena $\left(\frac{KL}{r}\right)_m = 68,989 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$ maka menggunakan

persamaan

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200000}{68,989^2} = 414,738 \text{ MPa}$$

$$F_{cry} = (0,658^{F_y/F_e}) F_y$$

$$F_{cry} = (0,658^{240/414,738}) 240 = 188,375 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A \times r_0^2} = \frac{77200 \times 19779,667}{2444 \times 1513,646} = 412,773 \text{ MPa}$$

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

$$= \left(\frac{188,375 + 412,773}{2 \times 0,807}\right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 188,375 \times 412,773 \times 0,807}{(188,375 + 412,773)^2}}\right] = 166,595 \text{ MPa}$$

KEKUATAN TEKAN DESAIN

$$F_{cr} = 197,724 \text{ MPa (pemeriksaan tekuk lentur)}$$

$$F_{cr} = 166,595 \text{ MPa (pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi)}$$

Dipilih F_{cr} yang memiliki nilai lebih kecil yaitu $F_{cr} = 166,595 \text{ MPa}$

$$\phi_c P_n = 0,9 \times F_{cr} \times A_g = 0,9 \times 166,595 \times 2444 = 366,433 \text{ kN}$$

$$\phi_c P_n = 366,433 \text{ kN} > \text{Gaya tekan maksimum} = 12,915 \text{ kN (AMAN)}$$

d) Batang Tarik

$$\text{Batang Tarik} = 11,144 \text{ kN (L = 1,0375 m)}$$

KELANGSINGAN BATANG TARIK

$$\lambda = \frac{L}{r} = \frac{1037,5}{19,423} = 53,416 < 300 \text{ (OK)}$$

PEMERIKSAAN LELEH TARIK

$$\phi P_n = F_y A_g = 240 \times 2444 = 586,56 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 586,56 \text{ kN} > P_u = 11,144 \text{ kN (AMAN)}$$

2.4.3 Bangunan Pagelaran

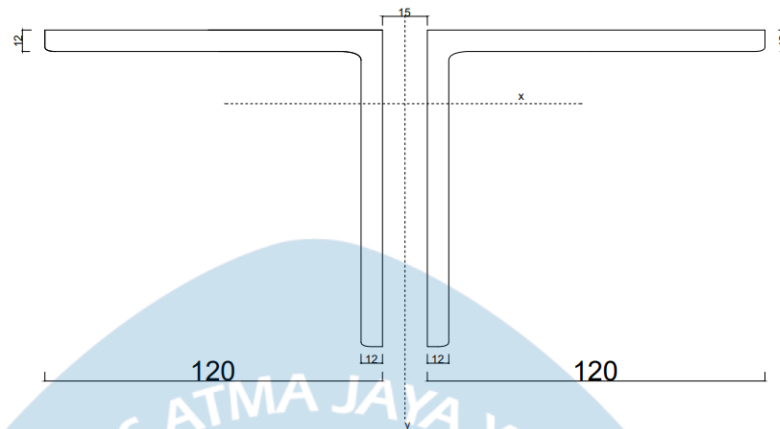
KUDA-KUDA UTAMA

a) Gaya Dalam Kuda-Kuda (hasil pemodelan ETABS):

Tabel 2.4.5 Rekapitan Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Utama Bangunan Pagelaran

No Bentang	DL (kN)	LL (kN)	WL	1,4DL	1,2DL+1,6LL	1,2DL+1,3W+0,5LL	Gaya rencana
1	0,217	0,022	14,771	0,304	0,297	19,475	19,475
2	101,893	10,263	21,047	142,65	139,012	154,864	154,864
3	193,047	19,822	26,117	270,266	263,372	275,52	275,52
4	273,471	28,078	29,963	382,86	373,09	381,157	382,86
5	343,191	35,233	32,587	480,467	468,202	471,809	480,467
6	402,203	41,287	33,989	563,084	548,703	547,472	563,084
7	450,508	46,24	34,168	630,711	614,593	608,147	630,711
8	488,105	50,092	33,124	683,347	653,834	640,116	683,347
9	515,025	52,847	30,859	721,035	702,584	684,569	721,035
10	530,769	54,452	27,363	743,076	724,046	699,721	743,076
11	530,769	54,452	9,396	743,076	724,046	676,363	743,076
12	515,025	52,847	-1,409	721,035	702,584	642,621	721,035
13	488,105	50,092	-9,792	683,347	665,874	598,043	683,347
14	450,508	46,24	-15,728	630,711	614,593	543,283	630,711
15	402,203	41,287	-19,219	563,084	548,703	478,303	563,084
16	343,191	35,233	-20,265	480,467	468,202	403,101	480,467
17	273,471	28,078	-18,867	382,86	373,09	317,678	382,86
18	193,047	19,822	-15,024	270,266	263,372	222,037	270,266
19	101,893	10,463	-8,734	142,65	139,012	116,149	142,65
20	0,217	0,022	-0,018	0,304	0,297	0,248	0,304
21	-101,728	-10,446	-6,746	-142,42	-138,788	-136,067	-142,42
22	-192,901	-19,807	-12,287	-270,061	-263,172	-257,357	-270,061
23	-273,342	-28,064	-16,603	-382,679	-372,913	-363,627	-382,679
24	-343,081	-35,222	-19,698	-480,313	-468,051	-454,915	-480,313
25	-402,112	-41,278	-21,57	-562,956	-548,578	-531,214	-562,956
26	-450,435	-46,233	-22,22	-630,609	-614,494	-592,524	-630,609
27	-488,055	-50,087	-21,647	-683,277	-665,806	-638,851	-683,277
28	-514,938	-52,838	-19,851	-720,913	-702,466	-670,151	-720,913
29	-531,294	-54,506	-16,839	-743,812	-724,762	-686,697	-743,812
30	-535,555	-54,931	-12,561	-749,777	-730,556	-686,461	-749,777
31	-535,555	-54,931	-13,237	-749,777	-730,556	-687,339	-749,777

b) Rencana Elemen Kuda-Kuda



Gambar 2.4.7 Profil 2L 120x120x12-15

Profil L 120x120x12-15

$$A = 2754 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = 3660000 \text{ mm}^4$$

$$i_x = i_y = 22,2 \text{ mm}$$

$$C_x = C_y = 34 \text{ mm}$$

$$t_p = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Konstanta torsi (J)} = 131328 \text{ mm}^4$$

$$\text{Modulus geser baja (G)} = 77200 \text{ MPa}$$

Properti Profil Gabungan 2L 120x120x12 tp = 15 mm

$$A_g = 2 \times 2754 = 5508 \text{ mm}^2$$

$$I_{xg} = 2 \times 3660000 = 7320000 \text{ mm}^4$$

$$I_{yg} = (I_y + A_g(c_y + \frac{t_p}{2})^2)$$

$$I_{yg} = (3660000 + 5508 (34 + \frac{15}{2})^2) = 13146153 \text{ mm}^4$$

$$r_{xg} = \sqrt{\frac{I_{xg}}{A_{profil}}} = \sqrt{\frac{7320000}{5508}} = 36,455 \text{ mm}$$

$$r_{yg} = \sqrt{\frac{I_{yg}}{A_{profil}}} = \sqrt{\frac{13146153}{5508}} = 48,854 \text{ mm}$$

$$X_0 = 0 \text{ mm}$$

$$Y_0 = C_y - \frac{t}{2} = 34 - \frac{12}{2} = 28 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\bar{r}_0 &= \frac{I_x + I_y}{A} + X_0^2 + Y_0^2 = \frac{7320000 + 13146153}{5508} + 0^2 + 28^2 \\ &= 4499,714 \text{ mm}^2 \\ H &= 1 - \frac{X_0^2 + Y_0^2}{\bar{r}_0} = 1 - \frac{0^2 + 28^2}{4499,714} = 0,826 \text{ mm}\end{aligned}$$

c) Batang Tekan

Perhitungan pada kuda-kuda utama:

Batang Tekan = 743,076 kN (L = 2207 mm)

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{120}{12} = 10$$

$$\lambda_r = 0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,45 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 12,99$$

$\lambda = 10 < \lambda_r = 12,99$ maka penampang non langsing

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR TERHADAP SUMBU X-X

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{1 \times 2207}{36,455} = 60,534$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,97$$

$\frac{KL}{r_x} = 60,5344 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$ sehingga F_{cr} diambil dari persamaan

$$F_{cr} = (0,658^{F_y/F_e}) F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200000}{60,5344^2} = 538,687 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = (0,658^{240/538,687}) 240 = 199,171 \text{ MPa}$$

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR TORSI

a = 2206,76 mm

$$\frac{a}{r} = \frac{2206,76}{36,455} = 60,534 > 40 \text{ maka gunakan } \left(\frac{KL}{r}\right)_m$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} = \sqrt{60,534^2 + 0,5 \times 60,534^2} = 67,679$$

Karena $\left(\frac{KL}{r}\right)_m = 67,679 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$ maka menggunakan

persamaan

$$F_{cry} = (0,658^{F_y/F_e}) F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200000}{67,679^2} = 430,950 \text{ MPa}$$

$$F_{cry} = (0,658^{240/430,950}) 240 = 190,099 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A \times r_0^2} = \frac{77200 \times 131328}{5508 \times 4499,714} = 409,068 \text{ MPa}$$

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

$$= \left(\frac{190,099 + 409,068}{2 \times 0,826}\right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 190,099 \times 409,068 \times 0,826}{(190,099 + 409,068)^2}}\right] = 169,278 \text{ MPa}$$

KEKUATAN TEKAN DESAIN

$$F_{cr} = 199,171 \text{ MPa} \quad (\text{pemeriksaan tekuk lentur})$$

$$F_{cr} = 169,278 \text{ MPa} \quad (\text{pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi})$$

Dipilih F_{cr} yang memiliki nilai lebih kecil yaitu $F_{cr} = 169,278 \text{ MPa}$

$$\phi_c P_n = 0,9 \times F_{cr} \times A_g = 0,9 \times 169,278 \times 5508 = 839,145 \text{ kN}$$

$$\phi_c P_n = 839,145 \text{ kN} > \text{Gaya tekan maksimum} = 743,076 \text{ kN (AMAN)}$$

d) Batang Tarik

Perhitungan pada kuda-kuda utama:

$$\text{Batang Tarik} = 749,777 \text{ kN (L = 2207 mm)}$$

KELANGSINGAN BATANG TARIK

$$\lambda = \frac{L}{r} = \frac{2207}{36,455} = 60,5336 < 300 \text{ (OK)}$$

PEMERIKSAAN LELEH TARIK

$$\phi P_n = F_y A_g = 240 \times 5508 = 1321,9 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 1321,9 \text{ kN} > P_u = 749,777 \text{ kN (AMAN)}$$

TRAPESIUM 1

Dari hasil pemodelan menggunakan ETABS, didapatkan gaya dalam kuda-kuda untuk batang tarik maksimal dan batang tarik maksimal sebagai berikut:

Tabel 2.4.6 Rekap Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Trapesium 1 Bangunan Pagelaran

Nilai Maksimal	
Batang Tekan	Batang Tarik
653,352	619,458

a) Batang Tekan

Batang Tekan = 619,458 kN (L = 2206,76 mm)

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR

$$\lambda = 10$$

$$\lambda_r = 12,99$$

$\lambda = 10 < \lambda_r = 12,99$ maka penampang non langsing

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR TERHADAP SUMBU X-X

$$\frac{KL}{r_x} = 60,534$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$$

$$\frac{KL}{r_x} = 60,534 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97 \text{ sehingga } F_{cr} \text{ diambil dari persamaan}$$

$$F_{cr} = (0,658^{F_y/F_e}) F_y$$

$$F_e = 538,687 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 199,171 \text{ MPa}$$

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR TORSI

$$a = 2206,76 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{r} = 60,534 > 40 \text{ maka gunakan } \left(\frac{KL}{r}\right)_m$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} = 67,679$$

Karena $\left(\frac{KL}{r}\right)_m = 67,679 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$ maka menggunakan

persamaan

$$F_{cry} = (0,658^{F_y/F_e}) F_y$$

$$F_e = 430,950 \text{ MPa}$$

$$F_{cry} = 190,099 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = 409,068 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H}\right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot F_{cry} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}}\right] = 169,278 \text{ MPa}$$

KEKUATAN TEKAN DESAIN

$$F_{cr} = 199,171 \text{ MPa} \quad (\text{pemeriksaan tekuk lentur})$$

$$F_{cr} = 169,278 \text{ MPa} \quad (\text{pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi})$$

Dipilih F_{cr} yang memiliki nilai lebih kecil yaitu $F_{cr} = 169,278 \text{ MPa}$

$$\phi_c P_n = 839,145 \text{ kN}$$

$$\phi_c P_n = 839,145 \text{ kN} > \text{Gaya tekan maksimum} = 619,458 \text{ kN (AMAN)}$$

b) Batang Tarik

$$\text{Batang Tarik} = 653,352 \text{ kN} \quad (L = 2206,76 \text{ mm})$$

KELANGSINGAN BATANG TARIK

$$\lambda = 60,5336 < 300 \quad (\text{OK})$$

PEMERIKSAAN LELEH TARIK

$$\phi P_n = 1321,9 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 1321,9 \text{ kN} > P_u = 749,777 \text{ kN (AMAN)}$$

TRAPESIUM 2

Dari hasil pemodelan menggunakan ETABS, didapatkan gaya dalam kuda-kuda untuk batang tarik maksimal dan batang tekan maksimal sebagai berikut:

Tabel 2.4.7 Rekap Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Trapesium 2 Bangunan Pagelaran

Nilai Maksimal	
Batang Tekan	Batang Tarik
611,862	-617,632

a) Batang Tekan

Batang Tekan = 611,862 kN (L = 2000 mm)

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR

$$\lambda = 10$$

$$\lambda_r = 12,99$$

$\lambda = 10 < \lambda_r = 12,99$ maka penampang non langsing

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR TERHADAP SUMBU X-X

$$\frac{KL}{r_x} = 54,862$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$$

$$\frac{KL}{r_x} = 54,862 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97 \text{ sehingga } F_{cr} \text{ diambil dari persamaan}$$

$$F_{cr} = (0,658^{F_y/F_e}) F_y$$

$$F_e = 655,823 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 205,916 \text{ MPa}$$

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR TORSI

$$a = 2000 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{r} = 54,862 > 40 \text{ maka gunakan } \left(\frac{KL}{r}\right)_m$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{K_1 a}{r_1}\right)^2} = 61,338$$

Karena $\left(\frac{KL}{r}\right)_m = 61,338 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$ maka menggunakan

persamaan

$$F_{cry} = (0,658^{F_y/F_e}) F_y$$

$$F_e = 524,657 \text{ MPa}$$

$$F_{cry} = 198,180 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = 409,068 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H}\right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot F_{cry} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}}\right] = 175,283 \text{ MPa}$$

KEKUATAN TEKAN DESAIN

$$F_{cr} = 205,916 \text{ MPa} \quad (\text{pemeriksaan tekuk lentur})$$

$$F_{cr} = 175,283 \text{ MPa} \quad (\text{pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi})$$

Dipilih F_{cr} yang memiliki nilai lebih kecil yaitu $F_{cr} = 175,283 \text{ MPa}$

$$\phi_c P_n = 868,913 \text{ kN}$$

$$\phi_c P_n = 868,913 \text{ kN} > \text{Gaya tekan maksimum} = 611,862 \text{ kN (AMAN)}$$

b) Batang Tarik

$$\text{Batang Tarik} = 617,632 \text{ kN (L = 2000 mm)}$$

KELANGSINGAN BATANG TARIK

$$\lambda = 54,862 < 300 \text{ (OK)}$$

PEMERIKSAAN LELEH TARIK

$$\phi P_n = 1321,9 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 1321,9 \text{ kN} > P_u = 617,632 \text{ kN (AMAN)}$$

TRAPESIUM 3

Dari hasil pemodelan menggunakan ETABS, didapatkan gaya dalam kuda-kuda untuk batang tarik maksimal dan batang tarik maksimal sebagai berikut:

Tabel 2.4.8 Rekap Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Trapesium 3 Bangunan Pagelaran

Nilai Maksimal	
Batang Tekan	Batang Tarik
611,481	-617,631

a) Batang Tekan

Batang Tekan = 611,481 kN (L = 2000 mm)

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR

$$\lambda = 10$$

$$\lambda_r = 12,99$$

$\lambda = 10 < \lambda_r = 12,99$ maka penampang non langsing

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR TERHADAP SUMBU X-X

$$\frac{KL}{r_x} = 54,862$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$$

$\frac{KL}{r_x} = 54,862 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$ sehingga F_{cr} diambil dari persamaan

$$F_{cr} = (0,658^{F_y/F_e}) F_y$$

$$F_e = 655,823 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 205,916 \text{ MPa}$$

PEMERIKSAAN TEKUK LENTUR TORSI

$$a = 2000 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{r} = 54,862 > 40 \text{ maka gunakan } \left(\frac{KL}{r}\right)_m$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} = 61,3376$$

Karena $\left(\frac{KL}{r}\right)_m = 61,3376 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$ maka menggunakan

persamaan

$$F_{cry} = (0,658^{F_y/F_e}) F_y$$

$$F_e = 524,659 \text{ MPa}$$

$$F_{cry} = 198,180 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = 409,068 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H}\right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot F_{cry} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}}\right] = 175,283 \text{ MPa}$$

KEKUATAN TEKAN DESAIN

$$F_{cr} = 205,916 \text{ MPa} \quad (\text{pemeriksaan tekuk lentur})$$

$$F_{cr} = 175,283 \text{ MPa} \quad (\text{pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi})$$

Dipilih F_{cr} yang memiliki nilai lebih kecil yaitu $F_{cr} = 175,283 \text{ MPa}$

$$\phi_c P_n = 868,911 \text{ kN}$$

$$\phi_c P_n = 868,911 \text{ kN} > \text{Gaya tekan maksimum} = 611,481 \text{ kN (AMAN)}$$

b) Batang Tarik

$$\text{Batang Tarik} = 617,631 \text{ kN (L = 2000 mm)}$$

KELANGSINGAN BATANG TARIK

$$\lambda = 54,862 < 300 \text{ (OK)}$$

PEMERIKSAAN LELEH TARIK

$$\phi P_n = 1321,92 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 1321,92 \text{ kN} > P_u = 617,631 \text{ kN (AMAN)}$$

2.5 Sambungan Las Kuda-Kuda

2.5.1 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS KUDA-KUDA UTAMA

Tebal plat buhul (T_p) = 10 mm

Tebal profil (t) 2L 75x70 = 6 mm

BJ 37: $F_y = 240$ MPa; $F_u = 370$ MPa

Ukuran las = 4 mm (memenuhi ukuran minimum 3 mm sesuai SNI)

$\theta = 0^\circ$

E70 ($F_{EXX} = 485$ MPa)

$P_u = 50,6179$ kN

Menghitung F_{nw}

$$F_{nw} = 0,6 \times F_{E70XX} = 0,6 \times 485 = 291 \text{ MPa}$$

Menghitung Kuat Geser Rencana Las

$$\Phi R_n = 0,75 \times 0,707 \times W \times F_{nw}$$

$$\Phi R_n = 0,75 \times 0,707 \times 4 \times 291 = 617,211 \text{ N/mm}$$

Menghitung Kuat Geser Base Metal

$$\Phi R_n = 1 \times 0,6 \times F_{yxt} = 1 \times 0,6 \times 240 \times 6 = 864 \text{ N/mm (yield) } \checkmark$$

$$\Phi R_n = 0,75 \times 0,6 \times F_u \times t = 0,75 \times 0,6 \times 370 \times 6 = 999 \text{ N/mm (fraktur)}$$

Menghitung Kuat Geser Rencana Sambungan

$$\Phi R_n = 864 \text{ N/mm (Kuat Geser Base Metal)}$$

$$\Phi R_n = 617,211 \text{ N/mm (Kuat Geser Rencana Las) } \checkmark$$

Menentukan Panjang Las

$$L_1 = \frac{P_u \times y_2}{\Phi R_n (y_1 + y_2)} = \frac{50617,9 \times 21,8}{617,211 \times 75} = 23,84 \text{ mm}$$

$$L_2 = \frac{P_u \times y_1}{\Phi R_n (y_1 + y_2)} = \frac{50617,9 \times 53,2}{617,211 \times 75} = 58,17 \text{ mm}$$

Kuat Total Sambungan

$$\Phi Rn = 617,211 \times 2 \times (23,84 + 58,17) = 101,235 kN$$

$$\Phi Rn > Pu \text{ (AMAN)}$$

PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS KUDA-KUDA TRAPESIUM 1

Data-data yang diperlukan sama dengan data-data pada sambungan las kuda-kuda utama kecuali gaya batangnya yang digunakan adalah gaya yang terbesar (50,6156 kN) sehingga,

$$F_{nw} = 291 \text{ MPa}$$

$$\Phi Rn = 617,211 \text{ N/mm (Kuat Geser Rencana Las)}$$

$$\Phi Rn = 864 \text{ N/mm (Kuat Geser Base Metal – Yield)}$$

$$\Phi Rn = 999 \text{ N/mm (Kuat Geser Base Metal – Fraktur)}$$

Digunakan ΦRn yang terkecil sebagai kuat geser rencana sambungan, maka

- Panjang Las yang diperlukan

$$L_1 = \frac{Pu \times y_2}{\Phi Rn(y_1 + y_2)} = \frac{50615,6 \times 21,8}{617,211(21,8 + 53,2)} = 23,84 \text{ mm}$$

$$L_2 = \frac{Pu \times y_1}{\Phi Rn(y_1 + y_2)} = \frac{50615,6 \times 53,2}{617,211(21,8 + 53,2)} = 58,17 \text{ mm}$$

- Pengecekan Kuat Total Sambungan

$$\Phi Rn = 617,211 \times 2 \times (23,84 + 58,17) = 101,235 kN$$

$$\Phi Rn > 50,6156 kN \rightarrow \text{Sambungan Las ini aman digunakan untuk kuda-kuda trapesium 1}$$

PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS KUDA-KUDA TRAPESIUM 2

Data-data yang diperlukan sama dengan data-data pada sambungan las kuda-kuda utama kecuali gaya batangnya yang digunakan adalah gaya yang terbesar (74,9222 kN)

$$F_{nw} = 291 \text{ MPa}$$

$$\Phi Rn = 617,211 \text{ N/mm (Kuat Geser Rencana Las)}$$

$$\Phi Rn = 864 \text{ N/mm (Kuat Geser Base Metal – Yield)}$$

$$\Phi Rn = 999 \text{ N/mm (Kuat Geser Base Metal – Fraktur)}$$

Digunakan ϕRn yang terkecil sebagai kuat geser rencana sambungan, maka

- Panjang Las yang diperlukan

$$L_1 = \frac{Pu \times y_2}{\phi Rn(y_1 + y_2)} = \frac{74,9222 \times 21,8}{617,211(21,8 + 53,2)} = 35,284 \text{ mm}$$

$$L_2 = \frac{Pu \times y_2}{\phi Rn(y_1 + y_2)} = \frac{74,9222 \times 53,2}{617,211(21,8 + 53,2)} = 86,105 \text{ mm}$$

- Pengecekan Kuat Total Sambungan

$$\phi Rn = 617,211 \times 2 \times (35,284 + 86,105) = 149,845 \text{ kN}$$

$\phi Rn > 74,9222 \text{ kN} \Rightarrow$ Sambungan Las ini aman digunakan untuk kuda-kuda trapesium 2

2.5.2 Bangunan Pengelola

Tebal plat buhul (T_p) = 10 mm

Tebal profil (t) 2L 90x90 = 7 mm

BJ 37: $K_y = 240 \text{ MPa}$; $F_u = 370 \text{ MPa}$

Ukuran las = 5 mm (memenuhi ukuran minimum 3 mm sesuai SNI)

$\theta = 0^\circ$

E70 ($F_{EXX} = 485 \text{ MPa}$)

$P_u = 12,9147 \text{ kN}$

Menghitung F_{nw}

$$F_{nw} = 0,6 \times F_{E70XX} = 0,6 \times 485 = 291 \text{ MPa}$$

Menghitung Kuat Geser Rencana Las

$$\phi Rn = 0,75 \times 0,707 \times W \times F_{nw}$$

$$\phi Rn = 0,75 \times 0,707 \times 5 \times 291 = 771,514 \text{ N/mm}$$

Menghitung Kuat Geser Base Metal

$$\phi Rn = 1 \times 0,6 \times F_{yxt} = 1 \times 0,6 \times 240 \times 7 = 1008 \text{ N/mm (yield) } \checkmark$$

$$\phi Rn = 0,75 \times 0,6 \times F_u \times t = 0,75 \times 0,6 \times 370 \times 7 = 1165,5 \text{ N/mm (fraktur)}$$

Menghitung Kuat Geser Rencana Sambungan

$$\Phi R_n = 1008 \text{ N/mm (Kuat Geser Base Metal)}$$

$$\Phi R_n = 771,514 \text{ N/mm (Kuat Geser Rencana Las) } \checkmark$$

Menentukan Panjang Las

$$L_1 = \frac{P_u \times y_2}{\Phi R_n (y_1 + y_2)} = \frac{12914,7 \times 20,6}{771,514 \times 90} = 3,831 \text{ mm}$$

$$L_2 = \frac{P_u \times y_1}{\Phi R_n (y_1 + y_2)} = \frac{12914,7 \times 69,4}{771,514 \times 90} = 12,908 \text{ mm}$$

Karena di SNI terdapat syarat minimum panjang las adalah 4 x ukuran las.

Sehingga, panjang minimum las pada sambungan ini adalah $4 \times 5 = 20 \text{ mm}$.

$$L_1 < 20 \text{ mm}$$

$$L_2 < 20 \text{ mm}$$

Maka digunakan 20 mm.

Kuat Total Sambungan

$$\Phi R_n = 771,514 \times 2 \times (20 + 20) = 61,721 \text{ kN}$$

$$\Phi R_n > P_u \text{ (AMAN)}$$

2.5.3 Bangunan Pagelaran

PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS KUDA-KUDA UTAMA

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

$$\text{Tebal plat buhul (Tp)} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal profil (t) 2L 120x120} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{BJ 37: Ky} = 240 \text{ MPa; Fu} = 370 \text{ MPa}$$

$$\text{Ukuran las} = 10 \text{ mm (karena lebih dari 6 mm)}$$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\text{E70 (F}_{\text{EXX}} = 485 \text{ MPa)}$$

$$P_u = 749,777 \text{ kN}$$

$$Y_1 = 120 - 34 = 86 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 34 \text{ mm}$$

Menghitung F_{nw}

$$F_{nw} = 0,6 \times F_{E70XX} = 0,6 \times 485 = 291 \text{ MPa}$$

Menghitung Kuat Geser Rencana Las

$$\Phi R_n = 0,75 \times 0,707 \times W \times F_{nw}$$

$$\Phi R_n = 0,75 \times 0,707 \times 10 \times 291 = 1543,0275 \text{ N/mm}$$

Menghitung Kuat Geser Base Metal

$$\Phi R_n = 1 \times 0,6 \times F_{yxt} = 1 \times 0,6 \times 240 \times 12 = 1728 \text{ N/mm (yield) } \checkmark$$

$$\Phi R_n = 0,75 \times 0,6 \times F_u \times t = 0,75 \times 0,6 \times 370 \times 12 = 1998 \text{ N/mm}$$

(fraktur)

Menghitung Kuat Geser Rencana Sambungan

$$\Phi R_n = 1728 \text{ N/mm (Kuat Geser Base Metal)}$$

$$\Phi R_n = 1543,0275 \text{ N/mm (Kuat Geser Rencana Las)}$$

$$\Phi R_n \text{ base metal} > \Phi R_n \text{ rencana las (AMAN)}$$

Menentukan Panjang Las

$$L1 = \frac{P_u \times y_2}{\Phi R_n (y_1 + y_2)} = \frac{749777 \times 34}{1543,0275 \times (86 + 34)} = 137,6753 \text{ mm}$$

$$L2 = \frac{P_u \times y_1}{\Phi R_n (y_1 + y_2)} = \frac{749777 \times 86}{1543,0275 \times (86 + 34)} = 348,2376 \text{ mm } \checkmark$$

Kuat Total Sambungan

$$\Phi R_n = 1543,0275 \times 2 \times (137,6753 + 348,2376) = 1499,554 \text{ kN}$$

$$\Phi R_n > P_u \text{ (AMAN)}$$

PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS KUDA-KUDA TRAPESIUM 1

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

$$\text{Tebal plat buhul (Tp)} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal profil (t) 2L 120x120} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{BJ 37: } K_y = 240 \text{ MPa; } F_u = 370 \text{ MPa}$$

$$\text{Ukuran las} = 10 \text{ mm (karena lebih dari 6 mm)}$$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\text{E70 (F}_{\text{EXX}} = 485 \text{ MPa)}$$

$$P_u = 653,352 \text{ kN}$$

$$Y1 = 120 - 34 = 86 \text{ mm}$$

$$Y2 = 34 \text{ mm}$$

Hasil Perhitungan:

$$F_{nw} = 291 \text{ MPa}$$

Kuat Geser Rencana Las

$$\Phi R_n = 1543,0275 \text{ N/mm}$$

Kuat Geser Base Metal

$$\Phi R_n = 1 \times 0,6 \times F_{yxt} = 1728 \text{ N/mm (yield) } \checkmark$$

$$\Phi R_n = 0,75 \times 0,6 \times F_u \times t = 1998 \text{ N/mm (fraktur)}$$

Kuat Geser Rencana Sambungan

$$\Phi R_n = 1728 \text{ N/mm (Kuat Geser Base Metal)}$$

$$\Phi R_n = 1543,0275 \text{ N/mm (Kuat Geser Rencana Las)}$$

$$\Phi R_n \text{ base metal} > \Phi R_n \text{ rencana las (AMAN)}$$

Panjang Las

$$L1 = 119,9696 \text{ mm}$$

$$L2 = 303,4525 \text{ mm}$$

Kuat Total Sambungan

$$\Phi R_n = 1306,704 \text{ kN}$$

$$\Phi R_n > P_u \text{ (AMAN)}$$

PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS KUDA-KUDA TRAPESIUM 2

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

$$\text{Tebal plat buhul (Tp)} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal profil (t) 2L 120x120} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{BJ 37: } K_y = 240 \text{ MPa; } F_u = 370 \text{ MPa}$$

$$\text{Ukuran las} = 10 \text{ mm (karena lebih dari 6 mm)}$$

$$\theta = 0^\circ$$

E70 ($F_{EXX} = 485 \text{ MPa}$)

$P_u = 617,632 \text{ kN}$

$Y_1 = 120 - 34 = 86 \text{ mm}$

$Y_2 = 34 \text{ mm}$

Hasil Perhitungan:

$F_{nw} = 291 \text{ MPa}$

Kuat Geser Rencana Las

$\Phi R_n = 1543,0275 \text{ N/mm}$

Kuat Geser Base Metal

$\Phi R_n = 1 \times 0,6 \times F_{yxt} = 1728 \text{ N/mm (yield) } \checkmark$

$\Phi R_n = 0,75 \times 0,6 \times F_u \times t = 1998 \text{ N/mm (fraktur)}$

Kuat Geser Rencana Sambungan

$\Phi R_n = 1728 \text{ N/mm (Kuat Geser Base Metal)}$

$\Phi R_n = 1543,0275 \text{ N/mm (Kuat Geser Rencana Las)}$

$\Phi R_n \text{ base metal} > \Phi R_n \text{ rencana las (AMAN)}$

Panjang Las

$L_1 = 113,4106 \text{ mm}$

$L_2 = 286,8622 \text{ mm}$

Kuat Total Sambungan

$\Phi R_n = 1235,264 \text{ kN}$

$\Phi R_n > P_u \text{ (AMAN)}$

PERHITUNGAN SAMBUNGAN LAS KUDA-KUDA TRAPESIUM 3

$H = 120 \text{ mm}$

Tebal plat buhul (T_p) = 15 mm

Tebal profil (t) 2L 120x120 = 12 mm

BJ 37: $K_y = 240 \text{ MPa}$; $F_u = 370 \text{ MPa}$

Ukuran las = 10 mm (karena lebih dari 6 mm)

$$\theta = 0^\circ$$

E70 ($F_{EXX} = 485 \text{ MPa}$)

$$P_u = 617,631 \text{ kN}$$

$$Y_1 = 120 - 34 = 86 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 34 \text{ mm}$$

Hasil Perhitungan:

$$F_{nw} = 291 \text{ MPa}$$

Kuat Geser Rencana Las

$$\Phi R_n = 1543,0275 \text{ N/mm}$$

Kuat Geser Base Metal

$$\Phi R_n = 1 \times 0,6 \times F_{yxt} = 1728 \text{ N/mm (yield) } \checkmark$$

$$\Phi R_n = 0,75 \times 0,6 \times F_u \times t = 1998 \text{ N/mm (fraktur)}$$

Kuat Geser Rencana Sambungan

$$\Phi R_n = 1728 \text{ N/mm (Kuat Geser Base Metal)}$$

$$\Phi R_n = 1543,0275 \text{ N/mm (Kuat Geser Rencana Las)}$$

$$\Phi R_n \text{ base metal} > \Phi R_n \text{ rencana las (AMAN)}$$

Panjang Las

$$L_1 = 113,4105 \text{ mm}$$

$$L_2 = 286,8617 \text{ mm}$$

Kuat Total Sambungan

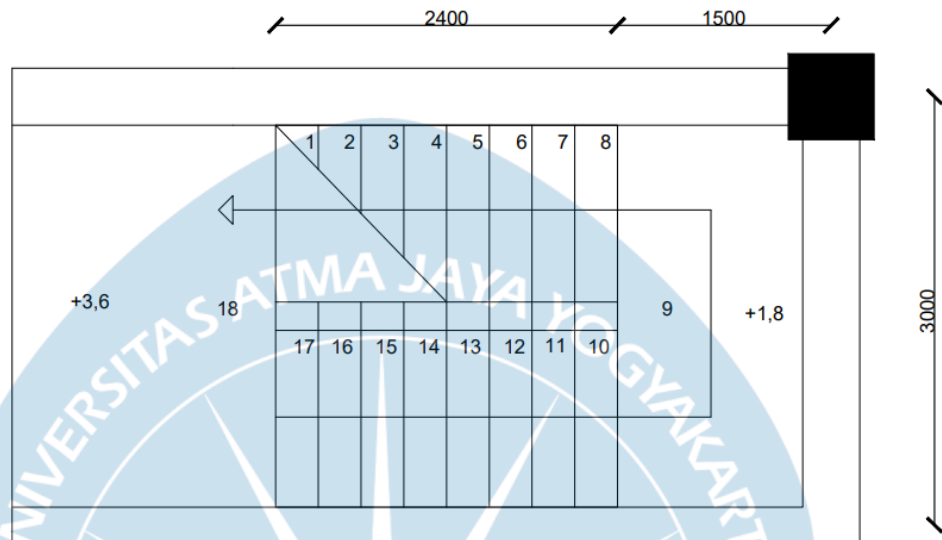
$$\Phi R_n = 1235,264 \text{ kN}$$

$$\Phi R_n > P_u \text{ (AMAN)}$$

2.6 Perencanaan Tangga

2.6.1 Bangunan Pameran & Perpustakaan

Bangunan pameran & perpustakaan terdapat dua tangga untuk mengakses lantai dua dengan bentuk tampak atas seperti pada Gambar 2.6.1.



Gambar 2.6.1 Tampak Atas Tangga Pameran & Perpustakaan

Data-data tangga tersebut sebagai berikut.

L_1 (Lebar Lantai) = 3.000 mm

Lebar bordes = 1.500 mm

Optrade (O) = 200 mm

Antrede (A) = 300 mm

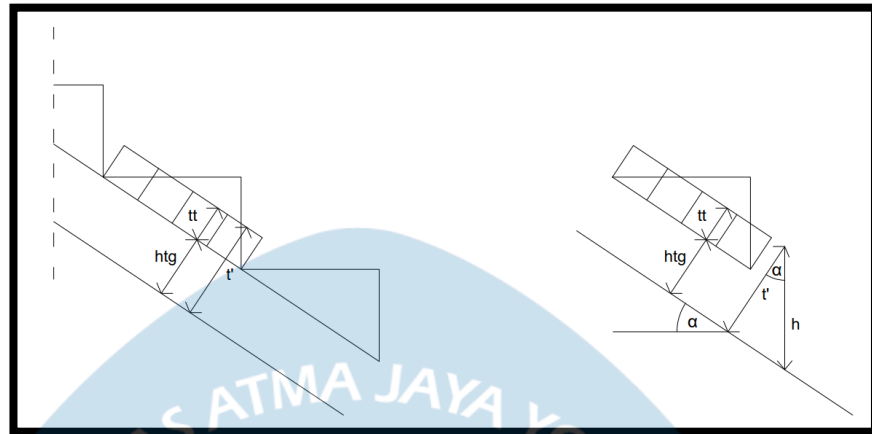
Tebal plat (htg) = 140 mm

Tinggi antar lantai = 3.600 mm

$$\text{➤ Jumlah Anak Tangga (n)} = \frac{\text{Tinggi Antar Lt}}{O} = \frac{3.600}{200} = 18 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Lebar Tangga} &= \left(\frac{1}{2} \times \frac{\text{Tinggi Antar Lantai}}{O} - 1 \right) \times A \\ &= \left(\frac{1}{2} \times \frac{3.600}{200} - 1 \right) \times 300 \\ &= 2.400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{O}{A}\right) = \arctan\left(\frac{200}{300}\right) = 33,69^\circ$$



Gambar 2.6.2 Gambar Keterangan Tangga

- *Luas Segitiga = Luas Persegi*
 $0,5 \cdot 200 \cdot 300 = 360,56 \cdot tt$
 $tt = 83,205 \text{ mm}$
- $t' = tt + htg = 83,205 + 140 = 223,205 \text{ mm}$
- $\cos \alpha = \frac{t'}{h} \rightarrow h = \frac{t'}{\cos \alpha} = \frac{223,205}{\cos 33,69^\circ} = 268,259 \text{ mm}$

Beban qtg

- Berat tangga = $h \times \text{berat volume beton} = 0,26826 \times 24 = 6,438 \text{ kN/m}^2$
 - Berat ubin & spesi = $0,05 \times \text{berat volume ubin} = 0,05 \times 21 = 1,05 \text{ kN/m}^2$
 - Berat railing = 1 kN/m^2
- Total beban qtg = $8,488 \text{ kN/m}^2$

Beban qbd

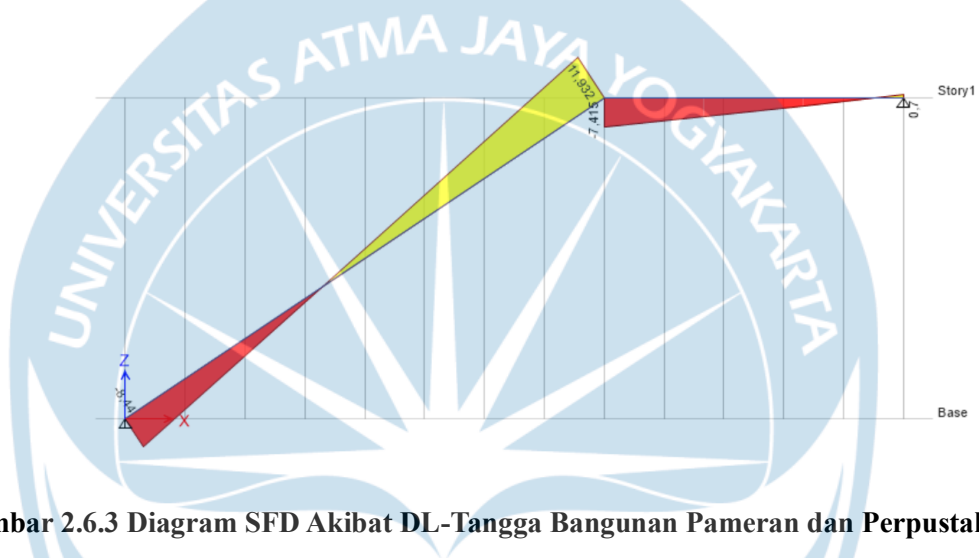
- Berat sendiri tangga = $htg \times \text{berat volume beton} = 0,14 \times 24 = 3,36 \text{ kN/m}^2$
- Berat ubin & spesi = $0,05 \times \text{berat volume ubin} = 0,05 \times 21 = 1,05 \text{ kN/m}^2$
- Berat railing = 1 kN/m^2

$$\text{Total beban qbd} = 5,41 \text{ kN/m}^2$$

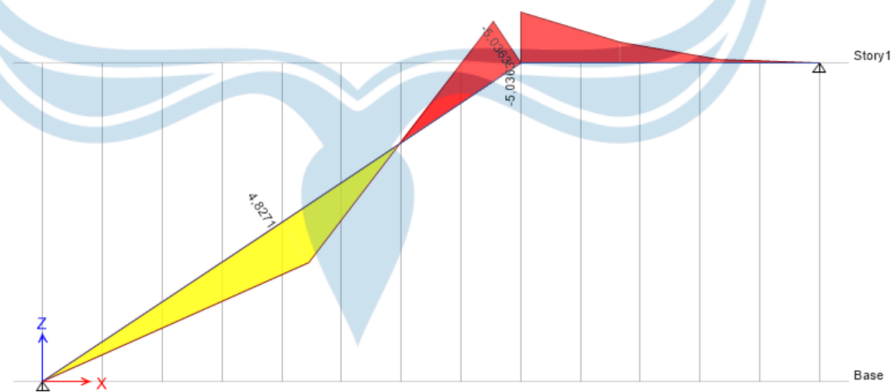
Beban Hidup

- Beban hidup tangga = $4,79 \text{ kN/m}^2$ (SNI 1727-2020)

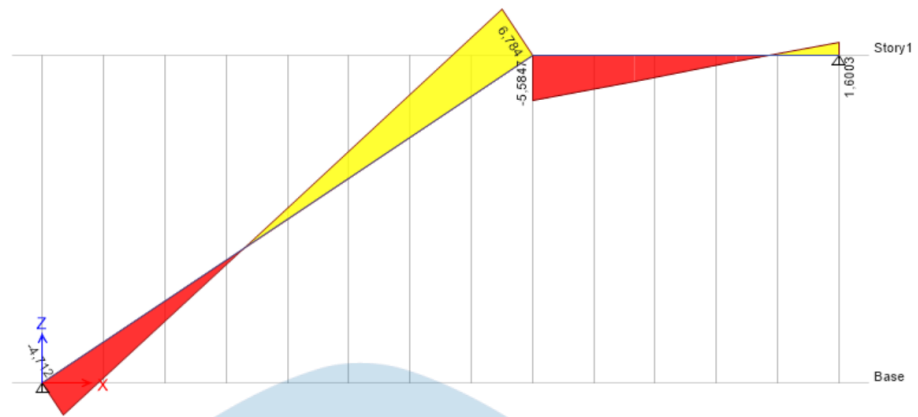
Untuk memperoleh nilai momen dan gaya geser pada tumpuan dan lapangan baik tangga maupun bordes digunakan ETABS sebagai alat bantu. Dengan memodelkan dan memasukkan data-data beban tangga dan bordes, diperoleh diagram SFD, BMD, dan Reaksi Tumpuan seperti pada gambar di bawah ini.



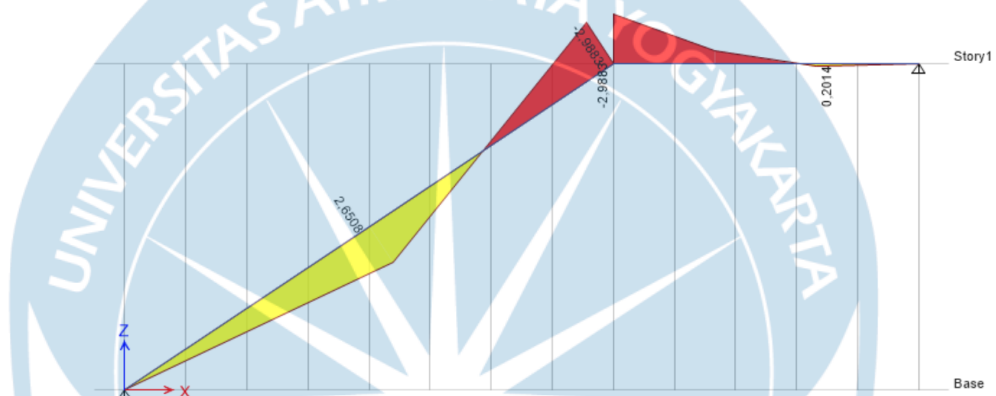
Gambar 2.6.3 Diagram SFD Akibat DL-Tangga Bangunan Pameran dan Perpustakaan



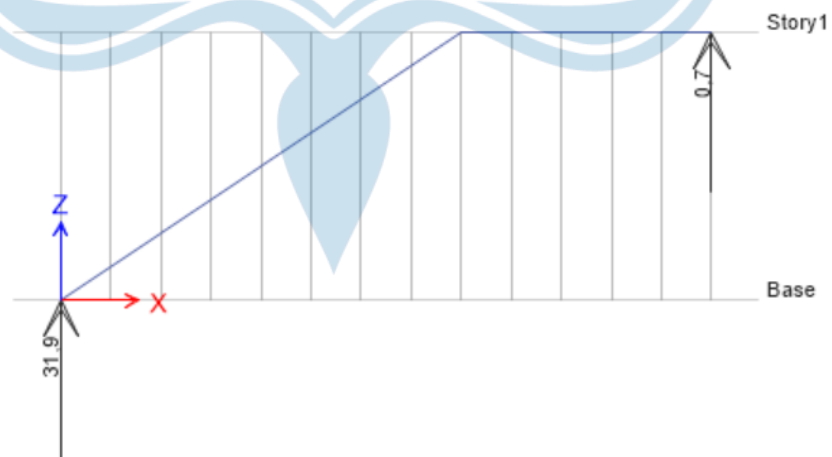
Gambar 2.6.4 Diagram BMD Akibat DL-Tangga Bangunan Pameran dan Perpustakaan



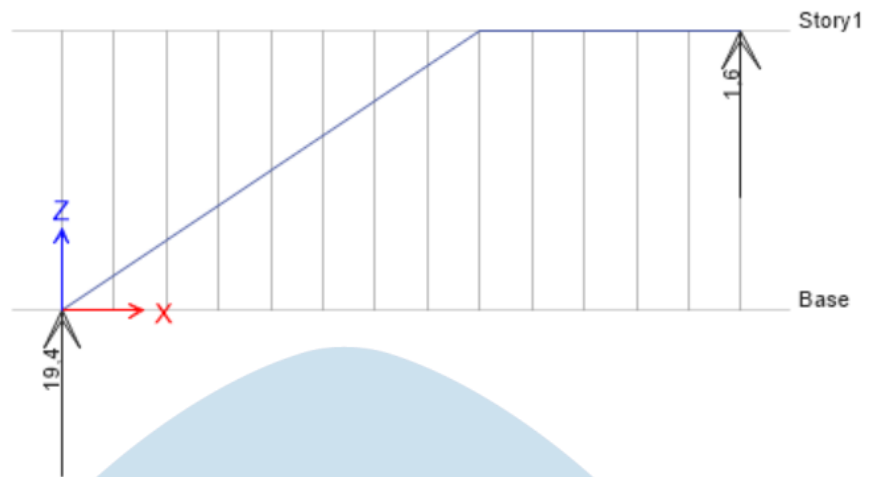
Gambar 2.6.5 Diagram SFD Akibat LL-Tangga Bangunan Pameran dan Perpustakaan



Gambar 2.6.6 Diagram BMD Akibat LL-Tangga Bangunan Pameran dan Perpustakaan



Gambar 2.6.7 Reaksi Tumpuan Akibat DL-Tangga Bangunan Pameran dan Perpustakaan



Gambar 2.6.8 Reaksi Tumpuan Akibat LL-Tangga Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Pembebanan

$$MDL^- = -5,0363 \text{ kNm}$$

$$MLL^- = -2,9883 \text{ kNm}$$

$$MDL^+ = 4,8271 \text{ kNm}$$

$$MLL^+ = 2,6508 \text{ kNm}$$

$$VDL^- = -8,44 \text{ kN}$$

$$VLL^- = -5,5847 \text{ kN}$$

$$VDL^+ = 11,932 \text{ kN}$$

$$VLL^+ = 6,784 \text{ kN}$$

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi (-)

$$MU_1^- = 1,4 \times 5,0363 = 7,0508 \text{ kNm}$$

$$MU_2^- = 1,2 \times 5,0363 + 1,6 \times 2,9883 = 10,8247 \text{ kNm (digunakan)}$$

$$VU_1^- = 1,4 \times 8,44 = 11,8159 \text{ kN}$$

$$VU_2^- = 1,2 \times 8,44 + 1,6 \times 5,5847 = 17,6672 \text{ kN (digunakan)}$$

Kombinasi (+)

$$MU_1^+ = 1,4 \times 4,8271 = 6,7392 \text{ kNm}$$

$$MU_2^+ = 1,2 \times 4,8271 + 1,6 \times 2,6508 = 10,0338 \text{ kNm (digunakan)}$$

$$VU_1^+ = 1,4 \times 11,932 = 16,7048 \text{ kN}$$

$$VU_2^+ = 1,2 \times 11,932 + 1,6 \times 6,784 = 25,1728 \text{ kN (digunakan)}$$

Rencana Penulangan Tangga Tumpuan (-)

➤ $MU_x = 10,8247 \text{ kNm}$

Direncanakan:

- Tulangan Pokok D13 $\rightarrow A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2$
- Tulangan Sudut D10 $\rightarrow A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,540 \text{ mm}^2$
- F_y Tulangan Pokok = 420 MPa
- F_y Tulangan Susut = 280 MPa
- $F'_c = 25 \text{ MPa}$
- $B = 1.000 \text{ mm}$
- Selimut Beton = 20 mm
- Htg = 140 mm

- $\beta = 0,85$

➤ $ds = 140 - 20 - \frac{13}{2} = 113,5 \text{ mm}$

➤
$$\rho = \frac{0,85 \times f'c}{fy} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times Mu}{1,7 \times \phi \times f'c \times b \times d^2}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 10,8247}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1.000 \times 113,5^2}} \right]$$

$$= 0,00227$$

➤ $As_{min} = \frac{0,0018 \times 420}{Fy} \times Ag = \frac{0,0018 \times 420}{420} \times 1.000 \times 140 = 252 \text{ mm}^2 \checkmark$

➤ $As_{min} = 0,0014 \times Ag = 0,0014 \times 1.000 \times 140 = 196 \text{ mm}^2$

➤ $As_{perlu} = \rho \times b \times d = 0,00227 \times 1.000 \times 113,5 = 258,107 \text{ mm}^2$

Sehingga,

Kebutuhan Tulangan Pokok

$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{perlu}} = \frac{132,732 \times 1.000}{258,107} = 514,252 \text{ mm}$$

Cek Syarat $\rightarrow s \leq 3h$ atau 450 mm

$$514,252 > 3 \times 140 \text{ (Tidak Aman)}$$

$$514,252 > 450 \text{ (Tidak Aman)}$$

Maka, digunakan **tulangan pokok D13-400**

Kebutuhan Tulangan Susut

$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As_{min}} = \frac{78,540 \times 1.000}{252} = 311,666 \text{ mm}$$

Cek Syarat $\rightarrow s \leq 5h$

$$311,666 < 5 \times 140 \text{ (Aman)}$$

Maka, digunakan **tulangan susut D10-300**

Cek Gaya Geser

$$Vc = 0,17 \times \sqrt{f'c} \times b \times d = 0,17 \times \sqrt{25} \times 1.000 \times 113,5 = 96,475 \text{ kN}$$

$$\phi Vc = 0,75 \times 96,475 = 72,3563 \rightarrow \phi Vc > Vur \text{ (AMAN)}$$

Rencana Penulangan Tangga Lapangan (+)

Perhitungan dilakukan menggunakan rumus yang sama dengan Rencana Penulangan Tangga Lapangan (-)

➤ $MU_x = 10,0338 \text{ kNm}$

Direncanakan:

- Tulangan pokok D13 $\rightarrow A = 132,732 \text{ mm}^2$
- Tulangan susut D10 $\rightarrow A = 78,540 \text{ mm}^2$
- F_y Tulangan Pokok = 420 MPa
- F_y Tulangan Susut = 280 MPa
- $F'_c = 25 \text{ Mpa}$
- $B = 1.000$
- Selimut Beton = 20 mm
- $H_{tg} = 140 \text{ mm}$
- $\beta = 0,85$
- $d_s = 140 - 20 - \frac{13}{2} = 113,5 \text{ mm}$
- $\rho = 0,002104$
- $A_{smin} = 252 \text{ mm}^2$
- $A_{smin} = 196 \text{ mm}^2$
- $A_{sperlu} = 238,839 \text{ mm}^2$

Sehingga,

Kebutuhan Tulangan Pokok

$$s = 526,715 \text{ mm}$$

Cek Syarat $\rightarrow s \leq 3h$ atau 450 mm

$$526,715 > 3 \times 140 \text{ (Tidak Aman)}$$

$$526,715 > 450 \text{ (Tidak Aman)}$$

Maka, digunakan **tulangan pokok D13-400**

Kebutuhan Tulangan Susut

$$s = 311,666 \text{ mm}$$

Cek Syarat $\rightarrow s \leq 5h$

$$311,666 < 5 \times 140 \text{ (Aman)}$$

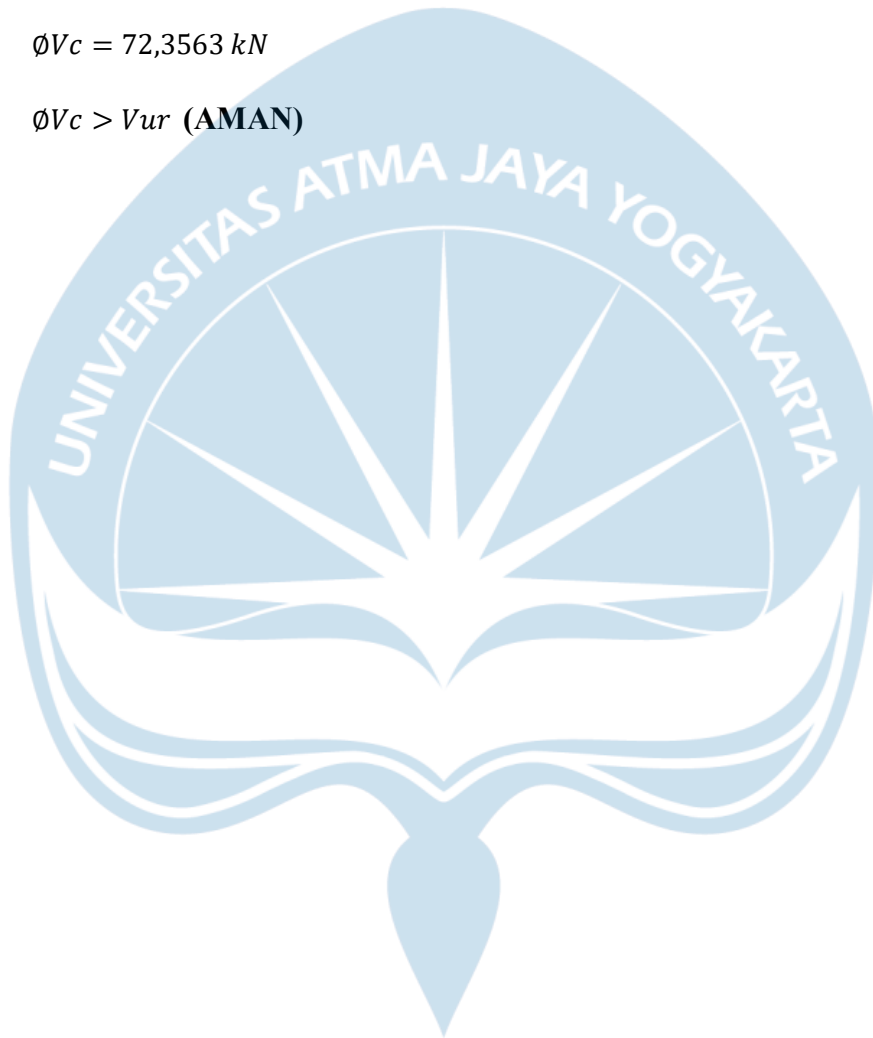
Maka, digunakan **tulangan susut D10-300**

Cek Gaya Geser

$$V_c = 96,475 \text{ kN}$$

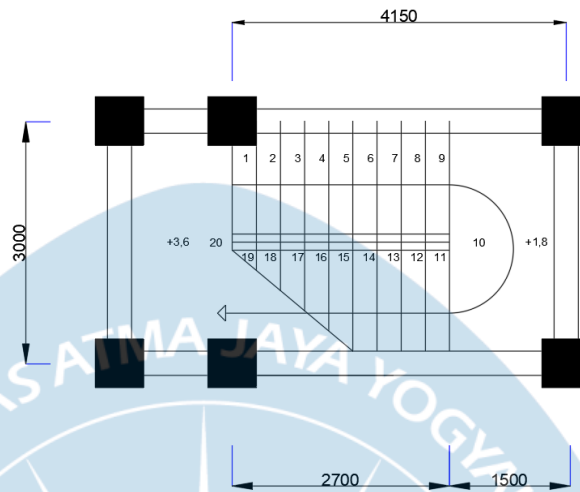
$$\phi V_c = 72,3563 \text{ kN}$$

$$\phi V_c > V_{ur} \text{ (AMAN)}$$



2.6.2 Bangunan Pengelola

Bangunan pengelola terdapat empat tangga untuk mengakses lantai satu dengan bentuk tampak atas seperti pada Gambar 2.6.9.



Gambar 2.6.9 Tampak Atas Tangga Pengelola

Data-data tangga tersebut sebagai berikut.

$$L_1 \text{ (Lebar Lantai)} = 2400 \text{ mm} = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bordes} = 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Optrade (O)} = 180 \text{ mm} = 0,18 \text{ m}$$

$$\text{Antrede (A)} = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tebal plat (htg)} = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi antar lantai} = 3600 \text{ mm} = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{➤ Jumlah Anak Tangga (n)} = \frac{\text{Tinggi Antar Lt}}{O} = \frac{3600}{180} = 20 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Lebar Tangga} &= \left(\frac{1}{2} \times \frac{\text{Tinggi Antar Lantai}}{O} - 1 \right) \times A \\ &= \left(\frac{1}{2} \times \frac{\text{Tinggi Antar Lantai}}{O} - 1 \right) \times 300 \\ &= 2400 \text{ mm} \\ &= 2,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{➤ } \alpha = \arctan \left(\frac{O}{A} \right) = \arctan \left(\frac{180}{300} \right) = 30,96^\circ$$

$$\text{➤ } tt = \frac{0,5 \times 300 \times 180}{\sqrt{300^2 + 180^2}} = 77,17 \text{ mm}$$

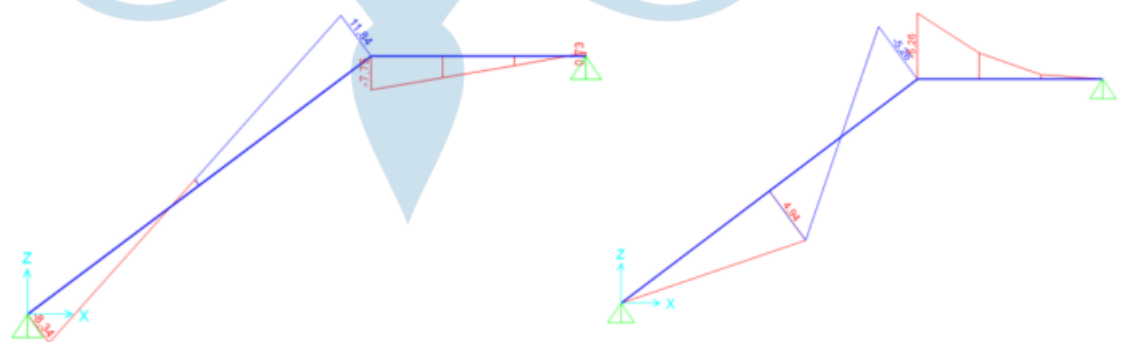
$$\text{➤ } t' = tt + htg = 77,17 + 150 = 227,17 \text{ mm}$$

$$\text{➤ } \cos \alpha = \frac{t'}{h} \rightarrow h = \frac{t'}{\cos \alpha} = \frac{227,17}{\cos 30,96^\circ} = 264,93 \text{ mm}$$

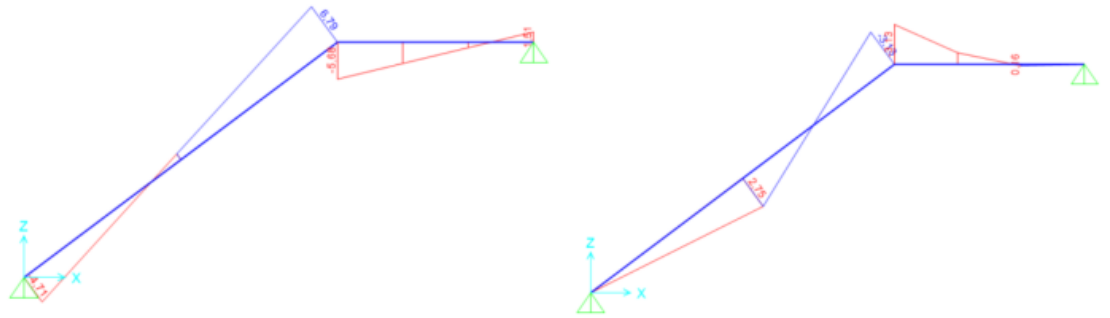
Untuk memperoleh nilai momen dan gaya geser pada tumpuan dan lapangan baik tangga maupun bordes digunakan ETABS sebagai alat bantu. Dengan memodelkan dan memasukkan data-data beban tangga dan bordes, diperoleh diagram SFD, BMD, dan Reaksi Tumpuan seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.6.10 Reaksi Tumpuan Akibat DL dan LL-Tangga Bangunan Pengelola



Gambar 2.6.11 Diagram SFD dan BMD Akibat DL-Tangga Bangunan Pengelola



Gambar 2.6.12 Diagram SFD dan BMD Akibat LL-Tangga Bangunan Pengelola

Beban qtg

- Berat tangga = $h \times \text{berat volume beton} = 0,26493 \times 24 = 6,358 \text{ kN/m}^2$
- Berat ubin & spesi = $0,05 \times \text{berat volume ubin} = 0,05 \times 21 = 1,05 \text{ kN/m}^2$
- Berat railing = 1 kN/m^2
- Total beban qtg = $8,41 \text{ kN/m}^2$

Beban qbd

- Berat tangga = $0,15 \times 24 = 3,6 \text{ kN/m}^2$
- Berat ubin & spesi = $0,15 \times 21 = 1,05 \text{ kN/m}^2$
- Berat railing = 1 kN/m^2
- Total beban qbd = $5,65 \text{ kN/m}^2$

Beban Hidup

Beban hidup tangga = $4,79 \text{ kN/m}^2$ (SNI 1727-2020)

Pembebanan di SAP 2000

$MDL^- = -5,26 \text{ kNm}$

$MLL^- = -3,13 \text{ kNm}$

$MDL^+ = 4,94 \text{ kNm}$

$MLL^+ = 2,75 \text{ kNm}$

$VDL^- = -8,34 \text{ kNm}$

$VLL^- = -5,68 \text{ kNm}$

$VDL^+ = 11,84 \text{ kNm}$

$VLL^+ = 6,79 \text{ kNm}$

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi (-)

$$MU_1^- = 1,4 \times 5,26 = 7,36 \text{ kNm}$$

$$MU_2^- = 1,2 \times 5,26 + 1,6 \times 3,13 = 11,32 \text{ kNm (digunakan)}$$

$$VU_1^- = 1,4 \times 8,34 = 11,676 \text{ kN}$$

$$VU_2^- = 1,2 \times 8,34 + 1,6 \times 5,68 = 19,096 \text{ kN (digunakan)}$$

Kombinasi (+)

$$MU_1^+ = 1,4 \times 4,94 = 6,916 \text{ kNm}$$

$$MU_2^+ = 1,2 \times 4,94 + 1,6 \times 2,75 = 10,328 \text{ kNm (digunakan)}$$

$$VU_1^+ = 1,4 \times 11,84 = 16,576 \text{ kN}$$

$$VU_2^+ = 1,2 \times 11,84 + 1,6 \times 6,79 = 25,072 \text{ kN (digunakan)}$$

RENCANA PENULANGAN TANGGA TUMPUAN (-)

$$MU_x = 11,32 \text{ kNm}$$

Direncanakan:

- Tulangan Pokok D13 $\rightarrow A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2$
- Tulangan Sudut D10 $\rightarrow A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,540 \text{ mm}^2$
- F_y Tulangan Pokok = 420 MPa
- F_y Tulangan Susut = 280 MPa
- $F'_c = 25 \text{ MPa}$
- $B = 1000 \text{ mm}$
- Selimut Beton = 20 mm
- $H_{tg} = 150 \text{ mm}$
- $\beta = 0,85$
- $d_s = 150 - 20 - \frac{13}{2} = 123,5 \text{ mm}$

- $$\rho = \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times Mu}{1,7 \times \phi \times f'_c \times b \times d^2}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 11,32 \times 10^6}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1.000 \times 123,5^2}} \right]$$

$$= 0,002003106$$
- $$A_{s \min} = 0,002bh = 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}^2$$
- $$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d = 0,002003106 \times 1000 \times 123,5 = 247,383 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan Tulangan Pokok

$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{247,383} = 536,544 \text{ mm}$$

Cek Syarat $\rightarrow s \leq 3h$ atau 450 mm

$$514,252 > 3 \times 150 = 450 \text{ (Tidak Aman)}$$

$$514,252 > 450 \text{ (Tidak Aman)}$$

Maka, digunakan **tulangan pokok D13-450**

Kebutuhan Tulangan Susut

$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_{s \min}} = \frac{78,540 \times 1.000}{300} = 261 \text{ mm}$$

Cek Syarat $\rightarrow s \leq 5h$

$$311,666 < 5 \times 150 = 750 \text{ (Aman)}$$

Maka, digunakan **tulangan susut D10-250**

Cek Gaya Geser

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = 0,17 \times \sqrt{25} \times 1000 \times 123,5 = 104,975 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 104,975 = 78,731 \text{ kN} \rightarrow \phi V_c > V_{ur} \text{ (AMAN)}$$

RENCANA PENULANGAN TANGGA LAPANGAN (+)

$$MU_x = 10,328 \text{ kNm}$$

Direncanakan:

- Tulangan Pokok D13 $\rightarrow A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2$
- Tulangan Sudut D10 $\rightarrow A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,540 \text{ mm}^2$
- F_y Tulangan Pokok = 420 MPa
- F_y Tulangan Susut = 280 MPa
- $F'_c = 25 \text{ MPa}$
- $B = 1000 \text{ mm}$
- Selimut Beton = 20 mm
- $H_{tg} = 150 \text{ mm}$
- $\beta = 0,85$
- $d_s = 150 - 20 - \frac{13}{2} = 123,5 \text{ mm}$
- $\rho = \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times Mu}{1,7 \times \beta \times f'_c \times b \times d^2}} \right]$
$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 10,328 \times 10^6}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1.000 \times 123,5^2}} \right]$$

$$= 0,00182428$$
- $A_{s \text{ min}} = 0,002bh = 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d = 0,00182428 \times 1000 \times 123,5 = 225,299 \text{ mm}^2$

Sehingga,

$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{225,299} = 589,139 \text{ mm}$$

Cek Syarat $\rightarrow s \leq 3h$ atau 450 mm

$$589,139 > 3 \times 150 = 450 \text{ (Tidak Aman)}$$

$$589,139 > 450 \text{ (Tidak Aman)}$$

Maka, digunakan **tulangan pokok D13-450**

Cek Gaya Geser

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = 0,17 \times \sqrt{25} \times 1000 \times 123,5 = 104,975 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 104,975 = 78,731 \text{ kN} \Rightarrow \phi V_c > V_{ur} \text{ (AMAN)}$$



2.7 Preliminary Design

2.7.1 Preliminary Bangunan Pameran & Perpustakaan

A. KOLOM

Menentukan ukuran kolom dengan persamaan: $h_{\text{kolom}} = \frac{L}{14}$

Tabel 2.7.1 Penentuan Ukuran Kolom Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Bentang (mm)	h kolom (mm)	Digunakan (mm)	Tipe	Ukuran Kolom (mm)
6.000	428,5	500	1	500x500
6.500	464,2	500	1	500x500
5.500	392,8	400	2	400x400
7.000	500	500	1	500x500

Cek Dimensi

Tabel 2.7.2 Pengecekan Dimensi Kolom Bangunan Pameran dan Perpustakaan

B ≤ h			
Tipe	Bentang (mm)	h kolom (mm)	Cek
1	500	500	AMAN
2	400	400	AMAN

B ≥ 300 mm		
Tipe	B (mm)	Cek
1	500	AMAN
2	400	AMAN

B/h > 0,4				
Tipe	B (mm)	h (mm)	B/h	Cek
1	500	500	1	AMAN
2	400	400	1	AMAN

B. BALOK INDUK

Menentukan h minimum & Bw minimum

Tabel 2.7.3 Ketentuan Tinggi Minimum Balok Induk

Kondisi Tumpuan	h minimum
Perletakan Sederhana	L/16
Satu Ujung Menerus	L/18,5
Dua Ujung Menerus	L/21

Tabel 2.7.4 Penentuan Ukuran Minimum Balok Induk Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Balok	Panjang (mm)	Kondisi Tumpuan	h min (mm)	h min terbesar (mm)	Bw min (mm)	Bxh (mm)
Vertikal	7.000	Satu ujung menerus	378,4	378,4	252,27	300x400
	5.000	Satu ujung menerus	270,3			
Horizontal	6.000	Satu ujung menerus	324,3	324,3	216,2	250x350
	6.000	Dua ujung menerus	285,7			
	6.500	Dua ujung menerus	309,5			
	6.500	Dua ujung menerus	309,5			
	6.000	Dua ujung menerus	285,7			
	5.500	Satu ujung menerus	297,3			

Maka, digunakan: h minimum = 378,4 mm $\approx$ 400 mm

Bw minimum = 252,2 mm $\approx$ 300 mm

Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK:

Selimut beton = 40 mm Tipe kolom 1 = 500x500 mm

Diameter sengkang = 10 mm Tipe kolom 2 = 400x400 mm

Diameter tulangan utama = 22 mm

Rumus: $d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan utama}$

Cek $L_n \geq 4d$

Tabel 2.7.5 Pengecekan Dimensi Minimum Balok Induk Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Balok	h min (mm)	Tipe kolom	L_n (mm)	4d (mm)	Cek
BI Vertikal	400	1 dan 1	6.500	1.356	AMAN
	400	1 dan 1	4.500	1.356	AMAN
BI Horizontal	350	1 dan 1	5.500	1.156	AMAN
	350	1 dan 1	5.500	1.156	AMAN
	350	1 dan 1	6.000	1.156	AMAN
	350	1 dan 1	6.000	1.156	AMAN
	350	1 dan 1	5.500	1.156	AMAN
	350	1 dan 2	5.050	1.156	AMAN

$B_w \geq 0,3h$ atau 250 mm	0,3 h	B_w	Cek	Syarat kedua	Cek
Balok Horizontal	120 mm	300 mm	AMAN	≥ 250 mm	AMAN
Balok Vertikal	105 mm	250 mm	AMAN	≥ 250 mm	AMAN

Menentukan h desain dan B_w desain:

$$h_{\text{desain}} = L/12$$

$$h_{\text{desain}} \geq h_{\text{minimum}}$$

$$B_w_{\text{desain}} = \frac{1}{2} h_{\text{desain}}$$

$$B_w_{\text{desain}} \geq B_w_{\text{minimum}}$$

Tabel 2.7.6 Penentuan Ukuran Balok Induk Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Balok	Panjang (mm)	h desain (mm)	Digunakan (mm)	Tipe
BI Vertikal	7.000	583,33	600	1
	5.000	416,67	450	2
BI Horizontal	6.000	500	500	3
	6.000	500	500	3
	6.500	541,67	550	4
	6.500	541,67	550	4
	6.000	500	500	3
	5.500	458,33	500	3
h minimum				400 mm

Balok	h desain (mm)	Bw desain (mm)	Digunakan (mm)
BI Vertikal	583,33	291,6	300
	416,67	208,3	300
BI Horizontal	500	250	300
	500	250	300
	541,67	270,8	300
	541,67	270,8	300
	500	250	300
	458,33	229,2	300
Bw minimum			300 mm

Maka, ukuran balok induk yang digunakan ada 5 tipe yaitu:

300x600 mm → Tipe 1

300x450 mm → Tipe 2

300x500 mm → Tipe 3

300x550 mm → Tipe 4

C. BALOK ANAK

Menentukan h minimum & Bw minimum

Tabel 2.7.7 Ketentuan Tinggi Minimum Balok Anak

Kondisi Tumpuan	h minimum
Perletakan Sederhana	L/16
Satu Ujung Menerus	L/18,5
Dua Ujung Menerus	L/21

**Tabel 2.7.8 Penentuan Ukuran Minimum Balok Anak Bangunan
Pameran dan Perpustakaan**

Balok	Panjang (mm)	Kondisi Tumpuan	h min (mm)	h min terbesar (mm)	Bw min (mm)	Bxh (mm)
BA Horizontal	3.000	Satu ujung menerus	162,16	162,163	108,11	150x200
	3.000	Dua ujung menerus	142,86			
	3.000	Dua ujung menerus	142,86			
	3.000	Dua ujung menerus	142,86			
	3.250	Dua ujung menerus	154,76			
	3.250	Dua ujung menerus	154,76			
	3.250	Dua ujung menerus	154,76			
	3.250	Dua ujung menerus	154,76			
	3.000	Dua ujung menerus	142,86			
	3.000	Dua ujung menerus	142,86			
	2.750	Dua ujung menerus	130,95			
	2.750	Satu ujung menerus	148,65			
	2.750	Satu ujung menerus	148,65			
	2.750	Satu ujung menerus	148,65			
	2.750	Satu ujung menerus	148,65			
BA Vertikal	5.000	Satu ujung menerus	270,27	270,27	180,85	200x300
	3.100	Dua ujung menerus	147,62			
	3.900	Satu ujung menerus	210,81			
	2.500	Satu ujung menerus	135,14			
	2.500	Dua ujung menerus	119,05			

Maka, digunakan: h minimum = 270,27 mm $\approx$ 300 mm

 Bw minimum = 180,85 mm $\approx$ 200 mm

Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK

Tabel 2.7.9 Pengecekan Dimensi Minimum Balok Anak Bangunan Pameran dan Perpustakaan

$B_w \geq 0,3h$ atau 250 mm	0,3 h	Bw	Cek	Syarat kedua	Cek
Balok Horizontal	60 mm	150 mm	AMAN	≤ 250 mm	TIDAKAMAN
Balok Vertikal	90 mm	200 mm	AMAN	≤ 250 mm	TIDAKAMAN

Karena lebar balok minimum kurang dari 250 mm, maka digunakan lebar balok minimumnya sebesar 250 mm

Sehingga,

$B_w \geq 0,3h$ atau 250 mm	0,3 h	Bw	Cek	Syarat kedua	Cek
Balok Horizontal	60 mm	250 mm	AMAN	≥ 250 mm	AMAN
Balok Vertikal	90 mm	250 mm	AMAN	≥ 250 mm	AMAN

Digunakan, $h_{\min} = 300$ mm & $B_{w\min} = 250$ mm

Menentukan h desain dan B_w desain:

$$h_{\text{desain}} = L/15$$

$$h_{\text{desain}} \geq h_{\text{minimum}}$$

$$B_{w\text{desain}} = \frac{1}{2} h_{\text{desain}}$$

$$B_{w\text{desain}} \geq B_{w\text{minimum}}$$

Tabel 2.7.10 Penentuan Ukuran Balok Anak Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Balok	Panjang (mm)	h desain (mm)	Digunakan (mm)	Tipe
BA Horizontal	3.000	200	300	1
	3.000	200	300	1
	3.000	200	300	1
	3.000	200	300	1
	3.250	216,7	300	1
	3.250	216,7	300	1
	3.250	216,7	300	1
	3.250	216,7	300	1
	3.000	200	300	1
	3.000	200	300	1
	2.750	183,3	300	1
	2.750	183,3	300	1
	2.750	183,3	300	1
	2.750	183,3	300	1
	5.000	333,3	350	2
BA Vertikal	3.100	206,7	300	1
	3.900	260	300	1
	2.500	166,7	300	1
	2.500	166,7	300	1
h minimum				300 mm

Balok	h desain (mm)	Bw desain (mm)	Digunakan (mm)
BA Horizontal	200	100	250
	200	100	250
	200	100	250
	200	100	250
	216,7	108,35	250
	216,7	108,35	250
	216,7	108,35	250
	216,7	108,35	250
	200	100	250
	200	100	250
	183,3	91,65	250
	183,3	91,65	250
	183,3	91,65	250
	183,3	91,65	250
BA Vertikal	333,3	166,65	250
	206,7	103,35	250
	260	130	250
	166,7	83,35	250

Balok	h desain (mm)	Bw desain (mm)	Digunakan (mm)
BA Vertikal	166,7	83,35	250
Bw minimum			250 mm

Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK:

Selimut beton	= 40 mm	Bw desain balok induk	= 300 mm
Diameter sengkang	= 10 mm	Bw desain balok anak	= 250 mm
Diameter tulangan utama	= 22 mm		

Rumus: $d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan utama}$

Cek $L_n \geq 4d$

Tabel 2.7.11 Pengecekan Dimensi Balok Anak Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Balok	h min (mm)	Bw BI (mm)	Bw BA (mm)	L_n (mm)	$4d$ (mm)	Cek
BA Horizontal	200	300	250	2.725	556	AMAN
	200	300	250	2.725	556	AMAN
	200	300	250	2.725	556	AMAN
	200	300	250	2.725	556	AMAN
	200	300	250	2.975	556	AMAN
	200	300	250	2.975	556	AMAN
	200	300	250	2.975	556	AMAN
	200	300	250	2.975	556	AMAN
	200	300	250	2.725	556	AMAN
	200	300	250	2.725	556	AMAN
	200	300	250	2.475	556	AMAN
	200	300	250	2.475	556	AMAN
	200	300	250	2.475	556	AMAN
	200	300	250	2.475	556	AMAN
BA Vertikal	300	300	250	4.700	956	AMAN
	300	300	250	2.825	956	AMAN
	300	300	250	3.625	956	AMAN
	300	300	250	2.225	956	AMAN
	300	300	250	2.225	956	AMAN

Maka, ukuran balok anak yang digunakan ada 2 tipe yaitu:

250x300 → Tipe 1

250x350 → Tipe 2

D. PELAT

Data-data yang diperlukan:

- Bw Induk = 300 mm
- H Induk = 450 mm
- Bw Anak = 250 mm
- hf = 130 mm
- hw = h – hf = 320 mm
- be1 = Bw Induk + (2 x hw) = 300 + (2 x 320) = 940 mm
- be2 = Bw Induk + (8 x hf) = 300 + (8 x 130) = 1.340 mm

be1 < be2 → Ok!

- y1 = 0,5 x hw = 0,5 x 320 = 160 mm
- y2 = 0,5 x hf + hw = 0,5 x 130 + 320 = 385 mm
- A1 = b x hw = 300 x 320 = 96.000 mm²
- A2 = hf x be1 = 130 x 940 = 122.200 mm²
- $y = \frac{A1 \times y1 + A2 \times y2}{A1 + A2} = \frac{96.000 \times 160 + 122.200 \times 385}{96.000 + 122.200} = 286,008 \text{ mm}$
- $Ib = \frac{1}{12} \times Bw \text{ Induk} \times hw^3 + A1(y - y1)^2 - \frac{1}{12} \times be1 \times hf^3 + A2(y2 - y)^2$
= 3.713.076.518 mm⁴ → Inersia Balok

PELAT A

- Ly = 3.100 mm
- Lx = 3.000 mm
- $\frac{Ly}{Lx} = 1,03 \rightarrow \frac{Ly}{Lx} < 2 \rightarrow \text{Pelat Dua Arah}$
- $I_{p1} = \frac{1}{12} \times Ly \times hf^3 = \frac{1}{12} \times 3.100 \times 130^3 = 567.558.333,3 \text{ mm}^4$
- $I_{p2} = \frac{1}{12} \times Lx \times hf^3 = \frac{1}{12} \times 3.000 \times 130^3 = 549.250.000 \text{ mm}^4$
- $\alpha_1 = \frac{Ib}{I_{p1}} = \frac{3.713.076.518}{567.558.333,3} = 6,542$
- $\alpha_2 = \frac{Ib}{I_{p2}} = \frac{3.713.076.518}{549.250.000} = 6,760$
- $\alpha_{rerata} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{6,542 + 6,760}{2} = 6,651 \rightarrow \alpha_{rerata} > 2$

$$\text{➤ } L_{ny} = L_y - (0,5 \times B_w \text{ Induk} + 0,5 \times B_w \text{ Anak})$$

$$= 3.100 - (0,5 \times 300 + 0,5 \times 250)$$

$$= 2.825 \text{ mm}$$

$$\text{➤ } L_{nx} = L_x - (0,5 \times B_w \text{ Induk} + 0,5 \times B_w \text{ Anak})$$

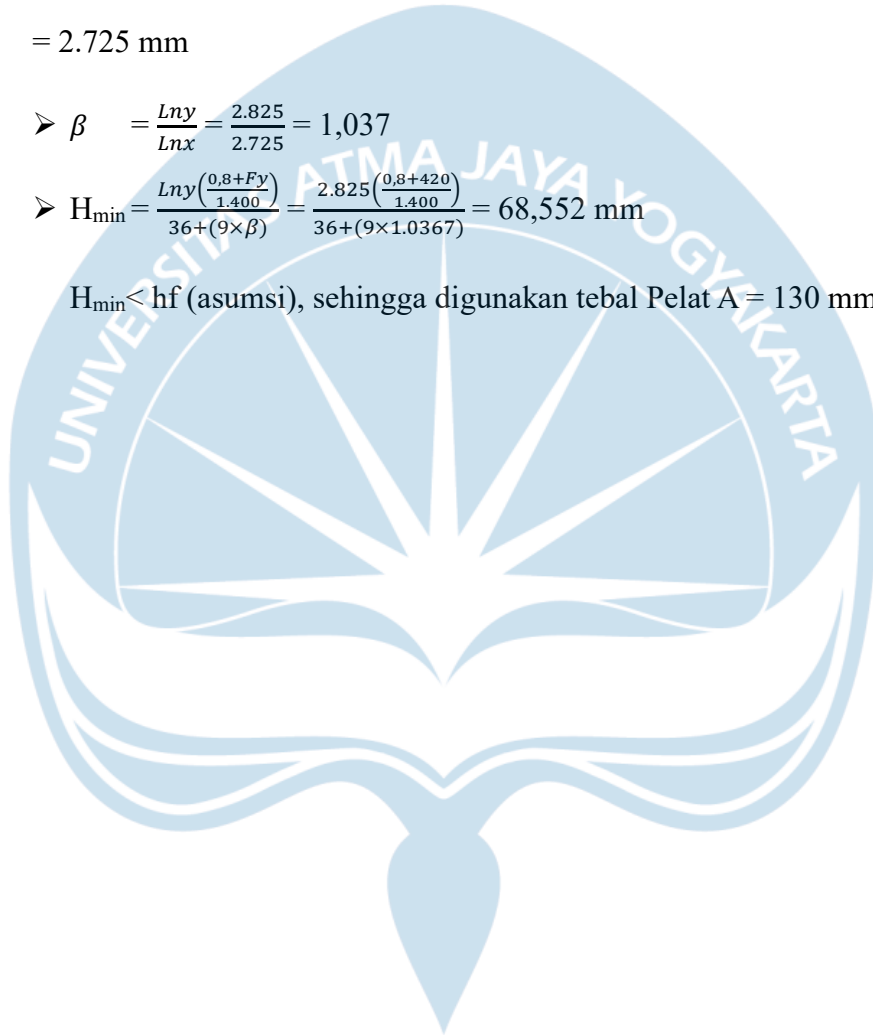
$$= 3.000 - (0,5 \times 300 + 0,5 \times 250)$$

$$= 2.725 \text{ mm}$$

$$\text{➤ } \beta = \frac{L_{ny}}{L_{nx}} = \frac{2.825}{2.725} = 1,037$$

$$\text{➤ } H_{\min} = \frac{L_{ny} \left(\frac{0,8 + F_y}{1.400} \right)}{36 + (9 \times \beta)} = \frac{2.825 \left(\frac{0,8 + 420}{1.400} \right)}{36 + (9 \times 1.0367)} = 68,552 \text{ mm}$$

$H_{\min} < h_f$ (asumsi), sehingga digunakan tebal Pelat A = 130 mm



Untuk hasil perhitungan tebal pelat lainnya direkap ke dalam tabel di bawah ini

Tabel 2.7.12 Rekapitan Perhitungan Penentuan Ukuran Pelat Lantai Bangunan Pameran dan Perpustakaan

PELAT	Ly	Lx	Ly/Lx	Status
A	3.100	3.000	1,03	Dua Arah
B	5.000	3.000	1,67	Dua Arah
C	5.000	3.000	1,67	Dua Arah
D	5.000	3.250	1,54	Dua Arah
E	3.100	3.000	1,03	Dua Arah
F	3.250	3.100	1,05	Dua Arah
G	3.900	3.000	1,3	Dua Arah
H	3.900	3.250	1,2	Dua Arah
I	3.900	2.750	1,42	Dua Arah
J	3.100	2.750	1,13	Dua Arah
K	2.750	2.500	1,1	Dua Arah

PELAT	Ly	Lx	Ip ₁	Ip ₂
A	3.100	3.000	567.558.333,3	549.250.000
B	5.000	3.000	915.416.666,7	549.250.000
C	5.000	3.000	915.416.666,7	549.250.000
D	5.000	3.250	915.416.666,7	59.020.833,3
E	3.100	3.000	567.558.333,3	549.250.000
PELAT	Ly	Lx	Ip ₁	Ip ₂
F	3.250	3.100	595.020.833,3	567.558.333,3
G	3.900	3.000	714.025.000	549.250.000
H	3.900	3.250	714.025.000	595.020.833,3
I	3.900	2.750	714.025.000	503.479.166,7
J	3.100	2.750	567.558.333,3	503.479.166,7
K	2.750	2.500	503.479.166,7	457.708.333,3

PELAT	Ip ₁	Ip ₂	α_1	α_2	α_{rerata}
A	567.558.333,3	549.250.000	6,542	6,760	6,651
B	915.416.666,7	549.250.000	4,056	6,760	5,408
C	915.416.666,7	549.250.000	4,056	6,760	5,408
D	915.416.666,7	59.020.833,3	4,056	6,240	5,148
E	567.558.333,3	549.250.000	6,542	6,760	6,651
F	595.020.833,3	567.558.333,3	6,240	6,542	6,391
G	714.025.000	549.250.000	5,200	6,760	5,980
H	714.025.000	595.020.833,3	5,200	6,240	5,702
I	714.025.000	503.479.166,7	5,200	7,375	6,288
J	567.558.333,3	503.479.166,7	6,542	7,375	6,959
K	503.479.166,7	457.708.333,3	7,375	8,112	7,744

PELAT	L_y	L_x	L_{ny}	L_{nx}	β
A	3.100	3.000	2.825	2.725	1,037
B	5.000	3.000	4.700	2.725	1,725
C	5.000	3.000	4.700	2.725	1,725
D	5.000	3.250	4.700	2.975	1,580
E	3.100	3.000	2.825	2.725	1,037
F	3.250	3.100	2.975	2.825	1,053
G	3.900	3.000	3.625	2.725	1,330
H	3.900	3.250	3.625	2.975	1,219
I	3.900	2.750	3.625	2.475	1,465
J	3.100	2.750	2.825	2.475	1,141
K	2.750	2.500	2.475	2.225	1,112

PELAT	L_{ny}	B	h_{min}	Digunakan
A	2.825	1,037	68,552	130
B	4.700	1,725	100,343	130
C	4.700	1,725	100,343	130
D	4.700	1,580	102,950	130
E	2.825	1,037	68,552	130
F	2.975	1,053	71,958	130
G	3.625	1,330	83,121	130
H	3.625	1,219	84,901	130
I	3.625	1,465	81,077	130
J	2.825	1,141	67,156	130
K	2.475	1,112	59,170	130

Dari 11 pelat di atas, semuanya berstatus dua arah dan memiliki ketebalan sebesar 130 mm

2.7.2 Bangunan Pengelola

A. KOLOM

Menentukan ukuran kolom dengan menggunakan rumus $h \text{ kolom} = L/14$

Tabel 2.7.13 Penentuan Ukuran Kolom Bangunan Pengelola

Bentang (mm)	h kolom (mm)	Digunakan (mm)	Tipe	Ukuran Kolom (mm)
4150	296,43	300	1	300x300
3000	214,29	300	1	300x300
8000	571,43	600	3	600x600
6000	428,57	500	2	500x500

Cek dimensi (satuan mm)

Tabel 2.7.14 Pengecekan Dimensi Kolom Bangunan Pengelola

$B \leq h$			
Tipe	Bentang (mm)	h kolom (mm)	Cek
1	300	300	AMAN
2	500	500	AMAN
3	600	600	AMAN

$B \geq 300 \text{ mm}$		
Tipe	B (mm)	Cek
1	300	AMAN
2	500	AMAN
3	600	AMAN

$B/h > 0,4$				
Tipe	B (mm)	h (mm)	B/h	Cek
1	300	300	1	AMAN
2	500	500	1	AMAN
3	600	600	1	AMAN

B. BALOK INDUK

Menentukan h minimum dan Bw minimum dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Kondisi Tumpuan	h minimum
Perletakan Sederhana	L/16
Satu Ujung Menerus	L/18,5
Dua Ujung Menerus	L/21

Tabel 2.7.15 Penentuan Ukuran Minimum Balok Induk Bangunan Pengelola

Balok	Panjang (mm)	Kondisi Tumpuan	h min (mm)	h min terbesar (mm)	Bw min (mm)	Bxh (mm)
Horizontal	4150	Satu ujung menerus	224,32	224,32	149,55	200x300
	1400	Satu ujung menerus	75,68			
Vertikal	3000	Satu ujung menerus	162,16	380,95	253,97	300x400
	3000	Dua ujung menerus	142,86			
	8000	Dua ujung menerus	380,95			
	4000	Dua ujung menerus	190,48			
	6000	Dua ujung menerus	285,71			

Maka, digunakan: $h_{\text{minimum}} = 380,95 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$

$Bw_{\text{minimum}} = 253,97 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK:

Selimut beton = 40 mm Tipe kolom 1 = 300x300 mm

Diameter sengkang = 8 mm Tipe kolom 2 = 500x500 mm

Diameter tulangan utama = 20 mm Tipe kolom 3 = 600x600 mm

Rumus: $d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan utama}$

Cek $L_n \geq 4d$

Tabel 2.7.16 Pengecekan Dimensi Minimum Balok Induk Bangunan Pengelola

Balok	h min (mm)	Tipe kolom	L_n (mm)	$4d$ (mm)	Cek
BI 1	300	1 dan 1	3850	968	AMAN
BI 2	400	1 dan 1	1100	968	AMAN
BI 3	400	1 dan 1	2700	1368	AMAN
BI 4	400	1 dan 1	2700	1368	AMAN
BI 5	400	3 dan 3	7400	1368	AMAN
BI 6	400	1 dan 3	3550	1368	AMAN
BI 7	400	2 dan 2	5500	1368	AMAN

$B_w \geq 0,3h$ atau 250 mm	0,3 h	Bw	Cek	Syarat kedua	Cek
Balok horizontal	90 mm	200 mm	AMAN	≥ 250 mm	TIDAK AMAN
Balok vertikal	120 mm	300 mm	AMAN	≥ 250 mm	AMAN

Untuk balok horizontal digunakan Bw 250 mm karena Bw 200 mm < 250 mm

Menentukan h desain dan Bw desain:

$$h \text{ desain} = L/12$$

$$h \text{ desain} \geq h \text{ minimum}$$

$$B_w \text{ desain} = \frac{1}{2} h \text{ desain}$$

$$B_w \text{ desain} \geq B_w \text{ minimum}$$

Tabel 2.7.17 Penentuan Ukuran Balok Induk Bangunan Pengelola

Balok	Panjang (mm)	h desain (mm)	Digunakan (mm)	Tipe
BI 1	4150	345,83	400	3
BI 2	1400	116,67	150	1
BI 3	3000	250	250	2
BI 4	3000	250	250	2
BI 5	8000	666,67	700	5
BI 6	4000	333,33	400	3
BI 7	6000	500	500	4
h minimum				150 mm

Balok	h desain (mm)	Bw desain (mm)	Digunakan (mm)
BI 1	345,83	172,92	200
BI 2	116,67	58,33	100
BI 3	250	125	150
BI 4	250	125	150
BI 5	666,67	333,33	350
BI 6	333,33	166,67	250
BI 7	500	250	100
Bw minimum			100 mm

Maka, ukuran balok induk yang digunakan ada 5 tipe yaitu:

200x400 mm

100x150 mm

150x250 mm

350x700 mm

250x500 mm

C. BALOK ANAK

Menentukan h minimum dan Bw minimum

Tabel 2.7.18 Penentuan Ukuran Minimum Balok Anak Bangunan Pengelola

Balok	Panjang (mm)	Kondisi Tumpuan	h min (mm)	h min terbesar (mm)	Bw min (mm)	Bxh (mm)
BA 1	8000	Dua ujung menerus	432,43	432,43	288,29	300x450
BA 2	4000	Dua ujung menerus	216,22			
BA 3	3000	Dua ujung menerus	162,16			
BA 4	6000	Dua ujung menerus	258,71			
BA 5	3000	Dua ujung menerus	142,86			
BA 6	6000	Dua ujung menerus	285,71			
BA 7	3000	Dua ujung menerus	142,86			
BA 8	3000	Dua ujung menerus	142,86			
BA 9	3000	Dua ujung menerus	142,86			
BA 10	3000	Dua ujung menerus	142,86			

Maka, digunakan: $h_{\text{minimum}} = 432,43 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$

$Bw_{\text{minimum}} = 288,29 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK

Tabel 2.7.19 Pengecekan Dimensi Minimum Balok Anak Bangunan Pengelola

$Bw \geq 0,3h$ atau 250 mm	0,3 h	Bw	Cek	Syarat kedua	Cek
Balok vertikal	135 mm	300 mm	AMAN	$\geq 250 \text{ mm}$	AMAN

Menentukan h desain dan Bw desain:

$$h_{\text{desain}} = L/15$$

$$h_{\text{desain}} \geq h_{\text{minimum}}$$

$$Bw_{\text{desain}} = \frac{1}{2} h_{\text{desain}}$$

$$Bw_{\text{desain}} \geq Bw_{\text{minimum}}$$

Tabel 2.7.20 Penentuan Ukuran Balok Anak Bangunan Pengelola

Balok	Panjang (mm)	h desain (mm)	Digunakan (mm)	Tipe
BA 1	8000	666,67	700	4
BA 2	4000	333,33	400	2
BA 3	3000	250	250	1
BA 4	6000	500	500	3
BA 5	3000	250	250	1
BA 6	6000	500	500	3
BA 7	3000	250	250	1
BA 8	3000	250	250	1
BA 9	3000	250	250	1
BA 10	3000	250	250	1
h minimum				250 mm

Balok	h desain (mm)	Bw desain (mm)	Digunakan (mm)
BA 1	666,67	333,33	350
BA 2	333,33	166,67	200
BA 3	250	125	200
BA 4	500	250	250
BA 5	250	125	200
BA 6	500	250	250
BA 7	250	125	200
BA 8	250	125	200
BA 9	250	125	200
BA 10	250	125	200
Bw minimum			200 mm

Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK:

Selimut beton	= 40 mm	Bw desain balok induk	= 100 mm
Diameter sengkang	= 8 mm	Bw desain balok anak	= 200 mm
Diameter tulangan utama	= 20 mm		

Rumus: $d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan utama}$

Cek $L_n \geq 4d$

Tabel 2.7.21 Pengecekan Dimensi Balok Anak Bangunan Pengelola

Balok	h min (mm)	Bw BI (mm)	Bw BA (mm)	L_n (mm)	4d (mm)	Cek
BA 1	250	100	200	7700	768	AMAN
BA 2	250	100	200	3700	768	AMAN
BA 3	250	100	200	2700	768	AMAN
BA 4	250	100	200	5700	768	AMAN
BA 5	250	100	200	2700	768	AMAN
BA 6	250	100	200	5700	768	AMAN
BA 7	250	100	200	2700	768	AMAN
BA 8	250	100	200	2700	768	AMAN
BA 9	250	100	200	2700	768	AMAN
BA 10	250	100	200	2700	768	AMAN

Maka, ukuran balok anak yang digunakan ada 4 tipe yaitu:

200x250 mm

200x400 mm

200x500 mm

200x700 mm

D. TEBAL PELAT LANTAI

Layout Pelat Lantai (Lantai 1) → Lampiran

$F_y = 420 \text{ MPa}$

Perhitungan L_y/L_x :

- Pelat A = $3000/4000 = 2,143$ (Satu Arah)
- Pelat B = $6000/1400 = 4,286$ (Satu Arah)
- Pelat C = $6000/1400 = 4,286$ (Satu Arah)
- Pelat D = $3000/4000 = 2,143$ (Satu Arah)
- Pelat E = $4150/3000 = 1,383$ (Dua Arah)
- Pelat F = $6000/4150 = 1,446$ (Dua Arah)
- Pelat G = $4150/3000 = 1,383$ (Dua Arah)

Penentuan Tebal Pelat Satu Arah:

- Pelat A

Kondisi tumpuan = satu ujung menerus

$$h_{\text{minimum}} = 1400/24 = 58,3 \text{ mm} \rightarrow \text{Digunakan } 100 \text{ mm}$$

- Pelat B

Kondisi tumpuan = dua ujung menerus

$$h_{\text{minimum}} = 1400/28 = 50 \text{ mm} \rightarrow \text{Digunakan } 100 \text{ mm}$$

- Pelat C

Kondisi tumpuan = satu ujung menerus

$$h_{\text{minimum}} = 1400/24 = 58,3 \text{ mm} \rightarrow \text{Digunakan } 100 \text{ mm}$$

- Pelat D

Kondisi tumpuan = satu ujung menerus

$$h_{\text{minimum}} = 1400/24 = 58,3 \text{ mm} \rightarrow \text{Digunakan } 100 \text{ mm}$$

Penentuan Tebal Pelat Dua Arah:

Data-data yang diperlukan:

- Ukuran balok $\rightarrow b_w = 250 \text{ mm}$ dan $h_t = 300 \text{ mm}$
- H_f (tebal pelat) = 140 mm
- $h_w = h - h_f = 160 \text{ mm}$
- $be_1 = B_w \text{ Induk} + (2 \times h_w) = 570 \text{ mm}$
- $be_2 = B_w \text{ Induk} + (8 \times h_f) = 1370 \text{ mm}$

$$be_1 < be_2 \rightarrow \text{Ok!}$$

- $y_1 = 0,5 \times h_w = 80 \text{ mm}$
- $y_2 = 0,5 \times h_f + h_w = 230 \text{ mm}$
- $A_1 = b \times h_w = 40000 \text{ mm}^2$
- $A_2 = h_f \times be_1 = 79800 \text{ mm}^2$
- $y = \frac{A_1 \times y_1 + A_2 \times y_2}{A_1 + A_2} = 179,917 \text{ mm}^2$
- $I_b = \frac{1}{12} \times B_w \times h_w^3 + A_1(y - y_1)^2 - \frac{1}{12} \times be_1 \times h_f^3 + A_2(y_2 - y)^2$
 $= 815172498,6 \text{ mm}^4 \rightarrow \text{Inersia Balok}$

PELAT F

- $L_y = 6000 \text{ mm}$
- $L_x = 4150 \text{ mm}$
- $I_{p1} = \frac{1}{12} \times L_y \times hf^3 = 137200000 \text{ mm}^4$
- $I_{p2} = \frac{1}{12} \times L_x \times hf^3 = 948966666,7 \text{ mm}^4$
- $\alpha_1 = \frac{I_b}{I_{p1}} = 0,594$
- $\alpha_2 = \frac{I_b}{I_{p2}} = 0,859$
- $\alpha_{rerata} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = 0,727 \rightarrow \alpha_{rerata} < 2$
- $L_{ny} = 5750 \text{ mm}$
- $L_{nx} = 3900 \text{ mm}$
- $\beta = \frac{L_{ny}}{L_{nx}} = 1,474$
- $H_{min} = \frac{L_{ny} \left(\frac{0,8 + F_y}{1,400} \right)}{36 + (9 \times \beta)} = 158,593 \text{ mm} \approx 160 \text{ mm}$

$H_{min} > hf$ (asumsi), sehingga digunakan tebal pelat 160 mm

Untuk hasil perhitungan tebal pelat lainnya direkap ke dalam tabel di bawah ini

Tabel 2.7.22 Rekap Perhitungan Penentuan Ukuran Pelat Lantai Bangunan Pengelola

PELAT	L_y (mm)	L_x (mm)	I_{p1} (mm ⁴)	I_{p2} (mm ⁴)	α_1	α_2	α_{rerata}
E	4150	3000	948966666,7	686000000	6,542	6,760	6,651
F	6000	4150	137200000	948966666,7	4,056	6,760	5,408
G	4150	3000	948966666,7	686000000	4,056	6,760	5,408

PELAT	L_y (mm)	L_x (mm)	L_{ny}	L_{nx}	β	H min	Digunakan
E	4150	3000	3900	2750	1,418	102,532	140 mm
F	6000	4150	5750	3900	1,474	158,593	160 mm
G	4150	3000	3900	2750	1,418	102,532	140 mm

2.7.3 Bangunan Pagelaran

A. KOLOM

Menentukan ukuran kolom dengan menggunakan rumus $h \text{ kolom} = L/14$

Tabel 2.7.23 Penentuan Ukuran Kolom Bangunan Pagelaran

Bentang (mm)	h kolom (mm)	Digunakan (mm)	Tipe	Ukuran Kolom (mm)
8000	571,43	600	1	600x600
10800	771,43	800	1	800x800

Cek dimensi

Tabel 2.7.24 Pengecekan Dimensi Kolom Bangunan Pagelaran

$B \leq h$			
Tipe	Bentang (mm)	h kolom (mm)	Cek
1	600	600	AMAN
2	800	800	AMAN

$B \geq 300 \text{ mm}$		
Tipe	B (mm)	Cek
1	600	AMAN
2	800	AMAN

$B/h > 0,4$				
Tipe	B (mm)	h (mm)	B/h	Cek
1	600	600	1	AMAN
2	800	800	1	AMAN

B. BALOK INDUK

Menentukan h minimum dan Bw minimum dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Kondisi Tumpuan	h minimum
Perletakan Sederhana	$L/16$
Satu Ujung Menerus	$L/18,5$
Dua Ujung Menerus	$L/21$

Tabel 2.7.25 Penentuan Ukuran Minimum Balok Induk Bangunan Pagelaran

Balok	Panjang (mm)	Kondisi Tumpuan	h min (mm)	h min terbesar (mm)	Bw min (mm)	Bxh (mm)
Horizontal	5400	Satu ujung menerus	291,89	583,78	389,19	400x600
	5400	Dua ujung menerus	257,14			
	10800	Satu ujung menerus	583,78			
	10800	Dua ujung menerus	514,29			
Vertikal	8000	Satu ujung menerus	432,43	432,43	288,29	300x450
	8000	Dua ujung menerus	380,95			

Maka, digunakan: $h_{\text{minimum}} = 583,78 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$

$Bw_{\text{minimum}} = 389,19 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$

Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK:

Selimut beton = 40 mm Tipe kolom 1 = 400x600 mm

Diameter sengkang = 8 mm Tipe kolom 2 = 300x450 mm

Diameter tulangan utama = 20 mm

Rumus: $d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan utama}$

Cek $L_n \geq 4d$

Tabel 2.7.26 Pengecekan Dimensi Minimum Balok Induk Bangunan Pagelaran

Balok	h min (mm)	Tipe kolom	L_n (mm)	$4d$ (mm)	Cek
BI 1	600	1 dan 1	4800	2168	AMAN
BI 2	600	1 dan 1	4800	2168	AMAN
BI 3	600	1 dan 1	10200	2168	AMAN
BI 4	600	1 dan 1	10200	2168	AMAN
BI 5	450	3 dan 3	7400	1568	AMAN
BI 6	450	1 dan 3	7400	1568	AMAN

$Bw \geq 0,3h$ atau 250 mm	$0,3 h$	Bw	Cek	Syarat kedua	Cek
Balok horizontal	180 mm	400 mm	AMAN	$\geq 250 \text{ mm}$	AMAN
Balok vertikal	135 mm	300 mm	AMAN	$\geq 250 \text{ mm}$	AMAN

Menentukan h desain dan Bw desain:

$$h_{\text{desain}} = L/12$$

$$h_{\text{desain}} \geq h_{\text{minimum}}$$

$$Bw_{\text{desain}} = \frac{1}{2} h_{\text{desain}}$$

$$Bw_{\text{desain}} \geq Bw_{\text{minimum}}$$

Tabel 2.7.27 Penentuan Ukuran Balok Induk Bangunan Pagelaran

Balok	Panjang (mm)	h desain (mm)	Digunakan (mm)	Tipe
BI 1	5400	450	450	1
BI 2	5400	450	450	1
BI 3	10800	900	900	3
BI 4	10800	900	900	3
BI 5	8000	666,67	700	2
BI 6	8000	666,67	700	2
h minimum				450 mm

Balok	h desain (mm)	Bw desain (mm)	Digunakan (mm)
BI 1	450	225	250
BI 2	450	225	250
BI 3	900	450	450
BI 4	900	450	450
BI 5	666,67	333,33	350
BI 6	666,67	333,33	350
Bw minimum			250 mm

Maka, ukuran balok induk yang digunakan ada 3 tipe yaitu:

250x450 mm

450x900 mm

350x700 mm

2.8 Perencanaan Pelat Lantai

2.8.1 Bangunan Pameran Dan Perpustakaan

Data-data yang diperlukan:

- Tebal pelat (hf) = 130 mm
- Bw Balok Induk = 300 mm
- Bw Balok Anak = 250 mm
- Berat jenis beton = 24 kN/m³
- Berat jenis ubin = 22 kN/m³

PELAT A (3100x3000)

➤ Beban Mati

Berat sendiri pelat	=	$\frac{hf}{1000} \times B.J. \text{ Beton}$	=	$\frac{130}{1000} \times 24$	=	3,12	kN/m ²
Berat ubin & spesi	=	$Tebal \times B.J. \text{ Ubin}$	=	$0,05 \times 22$	=	1,1	kN/m ²
Berat plafon					=	0,2	kN/m ²
Berat instalasi ME					=	0,5	kN/m ²
					Total =	4,92	kN/m ²

➤ Beban Hidup

Pelat A → Koridor → 4,79 kN/m² (SNI 1727:2020)

➤ Beban Terfaktor

$$1,4 \text{ DL} = 1,4 \times 4,92 = 6,888 \text{ kN/m}^2$$

$$1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 1,2 \times 4,92 + 1,6 \times 4,79 = 13,568 \text{ kN/m}^2 \text{ (Digunakan)}$$

➤ Momen Statik Total Terfaktor

$$\begin{aligned} \text{Arah memanjang} \rightarrow \text{Mol} &= \frac{qu \times L_2 \times L_n^2}{8} \\ &= \frac{13,568 \times 3 \times (3,1 - (0,5 \times 0,3 + 0,5 \times 0,25))^2}{8} \\ &= 40,605 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah memendek} \rightarrow \text{Mos} &= \frac{qu \times L_2 \times L_n^2}{8} \\ &= \frac{13,568 \times 3,1 \times (3 - (0,5 \times 0,3 + 0,5 \times 0,25))^2}{8} \\ &= 39,041 \text{ kNm} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Momen Arah Memanjang

- $L_1 = 3.100 \text{ mm} = 3,1 \text{ m}$
- $L_2 = 3.000 \text{ mm} = 3 \text{ m}$
- $\frac{L_2}{L_1} = \frac{3}{3,1} = 0,968$
- $M_{ol} = 40,605 \text{ kNm}$
- $\alpha \times \frac{L_2}{L_1} = 6,65 \times 0,968 = 6,437 \rightarrow \alpha \times \frac{L_2}{L_1} > 1$
- Koefisien momen di lajur kolom

Perhitungan dengan cara interpolasi berdasarkan tabel 8.10.5.1 & 8.10.5.5

$$\text{Momen (-)} \rightarrow \frac{0,968-0,5}{1,0-0,5} = \frac{x-0,9}{0,75-0,9} \rightarrow x = 0,76$$

$$\text{Momen (+)} \rightarrow \frac{0,968-0,5}{1,0-0,5} = \frac{x-0,9}{0,75-0,9} \rightarrow x = 0,76$$

- Koefisien distribusi untuk bentang ujung

Tepi eksterior terkekang penuh

Negatif interior = 0,65

Positif = 0,35

Negatif eksterior = 0,65

- Reduksi momen

$$-0,65 \times M_{ol} \times 0,76 = -0,65 \times 40,605 \times 0,76 = -20,059 \text{ kNm}$$

$$0,35 \times M_{ol} \times 0,76 = 0,35 \times 40,605 \times 0,76 = 10,801 \text{ kNm}$$

$$-0,65 \times M_{ol} \times 0,24 = -0,65 \times 40,605 \times 0,24 = -6,334 \text{ kNm}$$

$$0,35 \times M_{ol} \times 0,24 = 0,35 \times 40,605 \times 0,24 = 3,411 \text{ kNm}$$

- Koefisien distribusi bagian momen lajur kolom M_u pada balok

Mengacu pada tabel 8.10.5.7.1

$$\alpha \times \frac{L_2}{L_1} > 1 \rightarrow \text{koefisien distribusi} = 0,85$$

Sehingga,

$$\text{Momen balok (-)} = 20,059 \times 0,85 = 17,050 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen balok (+)} = 10,801 \times 0,85 = 9,181 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen pelat (-)} = 20,059 - 17,050 = 3,009 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen pelat (+)} = 10,801 - 9,181 = 1,62 \text{ kNm}$$

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	17,050	9,181
Momen Pelat	3,009	1,62
Jumlah Balok + Pelat	20,059	10,801
Momen Lajur Tengah	6,334	3,41

➤ Perhitungan Momen Arah Memendek

$$- L_1 = 3.000 \text{ mm} = 3 \text{ m}$$

$$- L_2 = 3.100 \text{ mm} = 3,1 \text{ m}$$

$$- \frac{L_2}{L_1} = \frac{3,1}{3} = 1,033$$

$$- \text{Mos} = 39,041 \text{ kNm}$$

$$- \alpha \times \frac{L_2}{L_1} = 6,872 \rightarrow \alpha \times \frac{L_2}{L_1} > 1$$

- Koefisien momen di lajur kolom

Perhitungan dengan cara yang sama seperti pada momen arah memanjang yaitu dengan interpolasi berdasarkan tabel 8.10.5.1 & 8.10.5.5

$$\text{Momen (-)} \rightarrow x = 0,740$$

$$\text{Momen (+)} \rightarrow x = 0,740$$

- Koefisien distribusi untuk bentang ujung

Tepi eksterior terkekang penuh

$$\text{Negatif interior} = 0,65$$

$$\text{Positif} = 0,35$$

$$\text{Negatif eksterior} = 0,65$$

– Reduksi Momen

$$-0,65 \times M_{os} \times 0,74 = -18,779 \text{ kNm}$$

$$0,35 \times M_{os} \times 0,74 = 10,112 \text{ kNm}$$

$$-0,65 \times M_{os} \times 0,26 = -6,598 \text{ kNm}$$

$$0,35 \times M_{os} \times 0,26 = 3,553 \text{ kNm}$$

– Koefisien Distribusi Bagian Momen Lajur Kolom Mu Pada Balok

Mengacu pada Tabel 8.10.5.7.1

$$\alpha \times \frac{L_2}{L_1} = 6,872 \rightarrow \alpha \times \frac{L_2}{L_1} > 1$$

Sehingga,

$$\text{Momen balok (-)} = 18,779 \times 0,85 = 15,962 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen balok (+)} = 10,112 \times 0,85 = 8,595 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen pelat (-)} = 18,779 - 15,962 = 2,817 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen pelat (+)} = 10,112 - 8,595 = 1,517 \text{ kNm}$$

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	15,962	8,595
Momen Pelat	2,817	1,517
Jumlah Balok + Pelat	18,779	10,112
Momen Lajur Tengah	6,598	3,553

➤ Perhitungan Tulangan Pelat

– $M_u = 2,817 \text{ kNm}$

– $B = 1.000 \text{ mm}$

– $F_y = 420 \text{ MPa}$

– Tulangan D10 $\rightarrow A = 78,5398 \text{ mm}^2$

– Selimut beton = 20 mm

– $f'_c = 25 \text{ MPa}$

– $d = 130 - 20 - \frac{10}{2} = 105 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{0,85 \times f'_c}{F_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times M_u}{1,7 \times \phi \times f'_c \times b \times d^2}} \right] \\
&= \frac{0,85 \times 25}{420} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 2,817 \times 10^6}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1.000 \times 105^2}} \right] \\
&= 0,0068
\end{aligned}$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,00068 \times 1.000 \times 105 = 71,4506 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{min}} = \frac{0,0018 \times F_y}{420} \times b \times h = \frac{0,0018 \times 420}{420} \times 1.000 \times 130 = 234 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{min}} = 0,0014 \times b \times h = 0,0014 \times 1.000 \times 130 = 182 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A \times b}{A_{s\text{min}}} = \frac{78,5398 \times 1.000}{234} = 335,64 \text{ mm}$$

Cek spasi $\rightarrow s > 3h \rightarrow s > 3 \times 130 \rightarrow s > 390$ (Aman)

Sehingga digunakan tulangan D10-300 untuk Pelat A arah Memendek Lajur Kolom

Untuk perhitungan selanjutnya direkap ke dalam tabel di bawah ini:

PELAT A (3.100x3.000 $\rightarrow$ koridor)

Tabel 2.8.1 Rekap Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai A Bangunan Pameran dan Perpustakaan

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	3,009	1,62	6,334	3,411	2,817	1,517	6,598	3,553
ρ	0,00072	0,00039	0,00154	0,00083	0,00068	0,00037	0,00161	0,00086
As	76,3614	40,9743	162,0586	86,6476	71,4506	38,3597	168,9240	90,2860
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64
Use	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300

PELAT B (5.000x3.000 $\rightarrow$ koridor)

Beban Mati $\rightarrow 4,92 \text{ kN/m}^2$

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pelat A didapat momen pelat, balok, dan lajur tengah sebagai berikut.

➤ Arah Memanjang

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	54,025	29,090
Momen Pelat	9,534	5,134
Jumlah Balok + Pelat	63,559	34,224
Momen Lajur Tengah	9,497	5,114

➤ Arah Memendek

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	19,100	10,285
Momen Pelat	3,371	1,815
Jumlah Balok + Pelat	22,471	12,100
Momen Lajur Tengah	18,459	9,940

➤ Perencanaan Tulangan Pelat

- B = 1.000 mm
- Selimut Beton = 20 mm
- $f_c = 25$ MPa
- Tulangan D10 $\rightarrow A = 78,5398 \text{ mm}^2$
- $d_s = 105 \text{ mm}^2$
- $F_y = 420$ MPa

Tabel 2.8.2 Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai B Bangunan Pameran dan Perpustakaan

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	9,534	5,134	9,497	5,114	3,371	1,815	18,459	9,940
ρ	0,00234	0,00125	0,00233	0,00124	0,00081	0,00044	0,00464	0,00244
As	245,898	130,967	244,925	130,450	85,623	45,928	487,442	256,640
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	319,40	335,64	320,668	335,64	335,64	335,64	161,127	306,031
Use	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-150	D10-300

PELAT C (Ruang Penyimpanan, Ruang Kantor, & Koridor → 5.000 x 3000)

Digunakan beban hidup terbesar

R. penyimpanan → 7,18 kN/m² (Digunakan)

Koridor → 4,79 kN/m²

Kantor → 2,4 kN/m²

Beban Mati → 4,92 kN/m²

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya di dapat momen pelat, balok, dan lajur tengah sebagai berikut.

➤ Arah Memanjang

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	69,251	37,289
Momen Pelat	12,221	6,580
Jumlah Balok + Pelat	81,472	43,870
Momen Lajur Tengah	12,174	6,555

➤ Arah Memendek

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	24,483	13,183
Momen Pelat	4,321	2,326
Jumlah Balok + Pelat	28,804	15,510
Momen Lajur Tengah	23,662	12,741

➤ Perencanaan Tulangan Pelat

- B = 1.000 mm
- Selimut beton = 20 mm
- $f_c = 25$ MPa
- Tulangan D10 → $A = 78,5398$ mm²
- $d_s = 105$ mm
- $F_y = 420$ MPa

**Tabel 2 Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai C
Bangunan Pameran dan Perpustakaan**

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	12,221	6,580	12,174	6,555	4,321	2,326	23,662	12,741
ρ	0,00302	0,00160	0,00301	0,00160	0,00105	0,00056	0,0060	0,00320
As	317,393	168,456	316,133	167,805	110,008	58,931	634,002	331,346
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	247,453	335,64	248,440	335,64	335,64	335,64	123,880	237,03
Use	D10-200	D10-300	D10-200	D10-300	D10-300	D10-300	D10-100	D10-200

PELAT D (Ruang Penyimpanan, Koridor, & Kantor → 5.000x3.250)

Digunakan beban hidup terbesar

R. penyimpanan → 7,18 kN/m² (Digunakan)

Koridor → 4,79 kN/m²

Kantor → 2,4 kN/m²

Beban Mati → 4,92 kN/m²

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya diperoleh momen pelat, balok, & lajur tengah sebagai berikut.

➤ Arah Memanjang

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	73,729	39,700
Momen Pelat	13,011	7,006
Jumlah Balok + Pelat	86,740	46,706
Momen Lajur Tengah	14,710	7,921

➤ Arah Memendek

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	31,255	16,829
Momen Pelat	5,516	2,970
Jumlah Balok + Pelat	36,770	19,799
Momen Lajur Tengah	25,764	13,873

➤ Perencanaan Tulangan Pelat

- $B = 1.000 \text{ mm}$
- Selimut beton = 20 mm
- $f_c = 25 \text{ MPa}$
- Tulangan D10 $\rightarrow A = 78,5398 \text{ mm}^2$
- $d_s = 105 \text{ mm}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$

Tabel 2.8.4 Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai D Bangunan Pameran dan Perpustakaan

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
M_u	13,011	7,006	14,710	7,921	5,516	2,970	25,764	13,873
ρ	0,00322	0,00171	0,00366	0,00194	0,00134	0,00072	0,00661	0,00345
As	338,607	179,552	384,540	203,468	140,844	75,365	694,531	361,858
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	231,950	335,64	204,244	335,64	335,64	335,64	113,083	217,046
Use	D10-200	D10-300	D10-200	D10-300	D10-300	D10-300	D10-100	D10-200

PELAT E (Ruang Penyimpanan & Ruang Baca $\rightarrow 3.100 \times 3.000$)

Digunakan beban hidup terbesar

R. penyimpanan $\rightarrow 7,18 \text{ kN/m}^2$

R. Baca $\rightarrow 2,87 \text{ kN/m}^2$

Beban Mati $\rightarrow 4,92 \text{ kN/m}^2$

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya diperoleh momen pelat, balok, & lajur tengah sebagai berikut.

➤ Arah Memanjang

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	21,856	11,768
Momen Pelat	3,857	2,077
Jumlah Balok + Pelat	25,713	13,845
Momen Lajur Tengah	8,120	4,372

➤ Arah Memendek

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	20,461	11,017
Momen Pelat	3,611	1,944
Jumlah Balok + Pelat	24,071	12,961
Momen Lajur Tengah	8,457	4,554

➤ Perencanaan Tulangan Pelat

- B = 1.000 mm
- Selimut beton = 20 mm
- $f_c = 25 \text{ MPa}$
- Tulangan D10 $\Rightarrow A = 78,5398 \text{ mm}^2$
- $d_s = 105 \text{ mm}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$

Tabel 2.8.5 Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai E Bangunan Pameran dan Perpustakaan

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	3,857	2,077	8,120	4,372	3,611	1,944	8,457	4,554
	0,00093	0,0050	0,00199	0,00106	0,00087	0,00047	0,00207	0,00110
As	98,084	52,591	208,684	111,320	91,773	49,207	217,53	116,006
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64
Use	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300

PELAT F (Ruang Baca $\rightarrow 3.250 \times 3.100$)

Beban hidup $\rightarrow 2,4 \text{ kN/m}^2$

Beban mati $\rightarrow 4,92 \text{ kN/m}^2$

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya diperoleh momen pelat, balok, & lajur tengah sebagai berikut.

➤ Arah Memanjang

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	14,032	7,556
Momen Pelat	2,476	1,333
Jumlah Balok + Pelat	16,509	8,889
Momen Lajur Tengah	5,213	2,807

➤ Arah Memendek

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	12,916	6,955
Momen Pelat	2,279	1,227
Jumlah Balok + Pelat	15,195	8,182
Momen Lajur Tengah	5,339	2,875

➤ Perencanaan Tulangan Pelat

- B = 1.000 mm
- Selimut beton = 20 mm
- $f_c = 25$ MPa
- Tulangan D10 $\rightarrow A = 78,5398 \text{ mm}^2$
- $d_s = 105$ mm
- $F_y = 420$ MPa

**Tabel 2.8.6 Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai F
Bangunan Pameran dan Perpustakaan**

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	2,476	1,333	5,213	2,807	2,279	1,227	5,339	2,875
	0,00060	0,00032	0,00127	0,00068	0,00055	0,00030	0,00130	0,00069
As	62,754	33,692	133,008	71,200	57,734	31,005	136,265	72,94
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	237,03
Use	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-200

PELAT G (Ruang Penyimpanan $\rightarrow 3.900 \times 3.000$)

Beban hidup $\rightarrow 7,18 \text{ kN/m}^2$

Beban mati $\rightarrow 4,92 \text{ kN/m}^2$

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya diperoleh momen pelat, balok, & lajur tengah sebagai berikut.

➤ Arah Memanjang

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	38,828	20,907
Momen Pelat	6,852	3,690
Jumlah Balok + Pelat	45,680	24,597
Momen Lajur Tengah	10,027	5,399

➤ Arah Memendek

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	22,980	12,362
Momen Pelat	4,051	2,182
Jumlah Balok + Pelat	27,009	14,544
Momen Lajur Tengah	13,914	7,492

➤ Perencanaan Tulangan Pelat

- B = 1.000 mm
- Selimut beton = 20 mm
- $f'_c = 25$ MPa
- Tulangan D10 $\rightarrow A = 78,5398 \text{ mm}^2$
- $d_s = 105$ mm
- $F_y = 420$ MPa

Tabel 2.8.7 Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai G Bangunan Pameran dan Perpustakaan

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	6,852	3,690	10,027	5,399	4,051	2,182	13,914	7,492
	0,00167	0,00090	0,00247	0,00131	0,00098	0,00053	0,00346	0,00183
As	175,538	93,798	258,944	137,817	103,066	55,264	362,966	192,241
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	335,64	335,64	303,309	335,64	335,64	335,64	216,383	335,64
Use	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-200	D10-300

PELAT H (Ruang Baca → 3.900x3.250)

Beban hidup → 2,18 kN/m²

Beban mati → 4,92 kN/m²

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya diperoleh momen pelat, balok, dan lajur tengah sebagai berikut.

➤ Arah Memanjang

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	22,992	12,380
Momen Pelat	4,057	2,185
Jumlah Balok + Pelat	27,049	14,565
Momen Lajur Tengah	6,762	3,641

➤ Arah Memendek

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	16,028	8,630
Momen Pelat	2,828	1,523
Jumlah Balok + Pelat	18,856	10,153
Momen Lajur Tengah	8,472	4,562

➤ Perencanaan Tulangan Pelat

- B = 1.000 mm
- Selimut beton = 20 Mpa
- $f'_c = 25 \text{ Ma}$
- Tulangan D10 → $A = 78,5398 \text{ mm}^2$
- $d_s = 105 \text{ mm}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$

Tabel 2.8.8 Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai H Bangunan Pameran dan Perpustakaan

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	4,057	2,185	6,762	3,641	2,828	1,523	8,472	4,562
ρ	0,00098	0,00053	0,00165	0,00088	0,00068	0,00037	0,00208	0,00110
As	103,219	55,340	173,194	92,542	71,737	38,512	217,93	116,212
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64
Use	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300

PELAT I (Koridor → 3.900x2.750)

Beban hidup → 4,79 kN/m²

Beban mati → 4,92 kN/m²

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya diperoleh momen pelat, balok, dan lajur tengah sebagai berikut.

➤ Arah Memanjang

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	28,444	15,316
Momen Pelat	5,019	2,703
Jumlah Balok + Pelat	33,463	18,019
Momen Lajur Tengah	6,374	3,432

➤ Arah Memendek

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	13,969	7,522
Momen Pelat	2,465	1,327
Jumlah Balok + Pelat	16,434	8,849
Momen Lajur Tengah	9,902	5,332

➤ Perencanaan Tulangan Pelat

- B = 1.000 mm
- Selimut beton = 20 MPa
- f'_c = 25 MPa
- Tulangan D10 → A = 78,5398 mm²

- $d_s = 105 \text{ mm}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$

Tabel 2.8.9 Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai I Bangunan Pameran dan Perpustakaan

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	5,019	2,703	6,374	3,432	2,465	1,327	9,902	5,332
ρ	0,00122	0,00065	0,00155	0,00083	0,00060	0,00032	0,00243	0,00129
As	128,009	68,540	163,097	87,189	62,476	33,549	225,646	136,086
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64
Use	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300

PELAT J (Koridor $\rightarrow 3.100 \times 2750$)

Beban hidup $\rightarrow 4,79 \text{ kN/m}^2$

Beban mati $\rightarrow 4,92 \text{ kN/m}^2$

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya diperoleh momen pelat, balok, dan lajur tengah sebagai berikut.

➤ Arah Memanjang

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	16,102	8,671
Momen Pelat	2,842	1,530
Jumlah Balok + Pelat	18,944	10,201
Momen Lajur Tengah	5,250	2,827

➤ Arah Memendek

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	12,651	6,812
Momen Pelat	2,232	1,202
Jumlah Balok + Pelat	14,884	8,014
Momen Lajur Tengah	6,049	4,257

➤ Perencanaan Tulangan Pelat

- $B = 1.000 \text{ mm}$
- Selimut beton = 20 MPa
- $f'_c = 25 \text{ MPa}$
- Tulangan D10 $\rightarrow A = 78,5398 \text{ mm}^2$
- $d_s = 105 \text{ mm}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$

Tabel 2.8.10 Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai J Bangunan Pameran dan Perpustakaan

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	2,842	1,530	5,250	2,827	2,232	1,202	6,049	3,257
ρ	0,00069	0,00037	0,00128	0,00068	0,00054	0,00029	0,00147	0,00079
As	72,084	38,692	133,967	71,711	56,552	30,376	154,681	82,721
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64
Use	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300

PELAT K (Koridor $\rightarrow 2.750 \times 2.500$)

Beban hidup $\rightarrow 4,79 \text{ kN/m}^2$

Beban mati $\rightarrow 4,92 \text{ kN/m}^2$

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya diperoleh momen pelat, balok, dan lajur tengah sebagai berikut.

➤ Arah Memanjang

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	11,150	6,004
Momen Pelat	1,968	1,059
Jumlah Balok + Pelat	13,117	7,063
Momen Lajur Tengah	3,765	2,027

➤ Arah Memendek

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	9,185	4,846
Momen Pelat	1,621	0,873
Jumlah Balok + Pelat	10,806	5,819
Momen Lajur Tengah	4,202	2,263

➤ Perencanaan Tulangan Pelat

- B = 1.000 mm
- Selimut beton = 20 MPa
- $f'_c = 25$ MPa
- Tulangan D10 $\rightarrow A = 78,5398 \text{ mm}^2$
- $d_s = 105$ mm
- $F_y = 420$ MPa

Tabel 2.8.11 Rekapitulasi Perhitungan Penentuan Tebal Pelat Lantai K Bangunan Pameran dan Perpustakaan

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	1,968	1,059	3,765	2,027	1,621	0,873	4,202	2,263
ρ	0,00047	0,00025	0,00091	0,00049	0,00039	0,00021	0,00102	0,000546
As	49,8083	26,762	95,716	51,323	40,9971	22,0359	106,9554	57,3209
As min	234	234	234	234	234	234	234	234
S	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64	335,64
Use	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300

2.8.2 Bangunan Pengelola

PELAT SATU ARAH

PELAT A DAN D

Data:

- $L_y = 3000 \text{ mm} = 3 \text{ m}$
- $L_x = 1400 \text{ mm} = 1,4 \text{ m}$
- $L_y/L_x = 2,143 > 2$
- $H_{\text{pelat}} = 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m}$

- Ukuran balok $\rightarrow$ Bw 250 mm dan H = 300 mm
- $L_n = 1,15$ m
- Berat jenis beton = 24 kN/m^3
- Berat jenis ubin = 22 kN/m^3

Beban Mati

- Berat sendiri pelat = berat jenis beton x h pelat = $3,36 \text{ kN/m}^2$
- Berat ubin dan spesi = $0,05 \times$ berat jenis ubin = $1,1 \text{ kN/m}^2$
- Berat plafon = $0,2 \text{ kN/m}^2$
- Berat instalasi ME = $0,5 \text{ kN/m}^2$
- Total = $5,16 \text{ kN/m}^2$

Beban Hidup

- Koridor lantai 1 = 3 kN/m^2

Beban Terfaktor

- $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 10,992 \text{ kN/m}^2$
- $1,4 \text{ DL} = 7,224 \text{ kN/m}^2$
- Digunakan $10,992 \text{ kN/m}^2$
- Momen (-) = $(1/11) \times 10,992 \times 1,15^2 = 1,322 \text{ kNm} = 1321538,182 \text{ Nmm}$
- Momen (+) = $(1/16) \times 10,992 \times 1,15^2 = 0,909 \text{ kNm} = 908557,5 \text{ Nmm}$

Cek Gaya Geser

- $V_u = 7,268 \text{ kN} = 7268 \text{ N}$
- $B = 1000 \text{ mm}$
- h pelat = 140 mm
- Selimut = 20 mm
- D tulangan = 10 mm
- A tulangan = $78,540 \text{ mm}^2$
- $F'_c = 25 \text{ MPa}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- $D_s = 115 \text{ mm}$
- $\phi V_c = 73312,5 \text{ N}$
- $\phi V_c = 73312,5 \text{ N} > V_u = 7268 \text{ N} \rightarrow \text{AMAN}$

Koefisien Tulangan

- $k_1 = 0,111$ (tumpuan)
- $k_2 = 0,076$ (lapangan)

Rasio Penulangan

- $\beta_1 = 0,85$
- ρ (tumpuan) = 0,000265
- ρ (lapangan) = 0,000182

Kebutuhan Tulangan Tumpuan

- $A_s = 30,481 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ min } 1} = 252 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ min } 2} = 196 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ use}} = 252 \text{ mm}^2$
- $S = 311,666 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm} < 3h = 3 \cdot 140 = 420 \text{ mm} \rightarrow \text{AMAN}$
- Digunakan **D10-300 mm (tulangan pokok)**
- $S = 311,666 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm} < 3h = 3 \cdot 140 = 420 \text{ mm} \rightarrow \text{AMAN}$
- Digunakan **D10-300 mm (tulangan susut)**

Kebutuhan Tulangan Lapangan

- $A_s = 20,938 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ min } 1} = 252 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ min } 2} = 196 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ use}} = 252 \text{ mm}^2$
- $S = 311,666 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm} < 3h = 3 \cdot 140 = 420 \text{ mm} \rightarrow \text{AMAN}$
- Digunakan **D10-300 mm (tulangan tarik)**

Rekap

Tabel 3.12 Rekap Perhitungan Tulangan Pelat A dan D Bangunan Pengelola

	Tumpuan ki	Lapangan	Tumpuan ka
K	0,111	0,076	0,111
Mu	1321538,182	908557,500	1321538,182
ρ	0,000265	0,000182	0,000265
As	30,481	20,938	30,481
As min	252	252	252
S	300	300	300
Digunakan (tarik)	D10-300 mm	D10-300 mm	D10-300 mm
Digunakan (bagi)	D10-300 mm	-	D10-300 mm

PELAT B DAN C

Data:

- $L_y = 6000 \text{ mm} = 6 \text{ m}$
- $L_x = 1400 \text{ mm} = 1,4 \text{ m}$
- $L_y/L_x = 4,286 > 2$
- $H \text{ pelat} = 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m}$
- Ukuran balok $\rightarrow$ Bw 250 mm dan H = 300 mm
- $L_n = 1,15 \text{ m}$
- Berat jenis beton = 24 kN/m^3
- Berat jenis ubin = 22 kN/m^3

Beban Mati

- Berat sendiri pelat = berat jenis beton x h pelat = $3,36 \text{ kN/m}^2$
- Berat ubin dan spesi = $0,05 \times \text{berat jenis ubin} = 1,1 \text{ kN/m}^2$
- Berat plafon = $0,2 \text{ kN/m}^2$
- Berat instalasi ME = $0,5 \text{ kN/m}^2$
- Total = $5,16 \text{ kN/m}^2$

Beban Hidup

- Koridor lantai 1 = 3 kN/m^2

Beban Terfaktor

- $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 10,192 \text{ kN/m}^2$
- $1,4 \text{ DL} = 7,224 \text{ kN/m}^2$

- Digunakan $10,992 \text{ kN/m}^2$
- Momen (-) = $(1/11) \times 10,992 \times 1,15^2 = 1,322 \text{ kNm} = 1321538,182 \text{ Nmm}$
- Momen (+) = $(1/16) \times 10,992 \times 1,15^2 = 0,909 \text{ kNm} = 908557,5 \text{ Nmm}$

Cek Gaya Geser

- $V_u = 7,268 \text{ kN} = 7268 \text{ N}$
- $B = 1000 \text{ mm}$
- $h_{\text{pelat}} = 140 \text{ mm}$
- $\text{Selimut} = 20 \text{ mm}$
- $D_{\text{tulangan}} = 10 \text{ mm}$
- $A_{\text{tulangan}} = 78,540 \text{ mm}^2$
- $F'_c = 25 \text{ MPa}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- $D_s = 115 \text{ mm}$
- $\phi V_c = 73312,5 \text{ N}$
- $\phi V_c = 73312,5 \text{ N} > V_u = 7268 \text{ N} \rightarrow \text{AMAN}$

Koefisien Tulangan

- $k_1 = 0,111 \text{ (tumpuan)}$
- $k_2 = 0,076 \text{ (lapangan)}$

Rasio Penulangan

- $\beta_1 = 0,85$
- $\rho \text{ (tumpuan)} = 0,000265$
- $\rho \text{ (lapangan)} = 0,000182$

Kebutuhan Tulangan Tumpuan

- $A_s = 30,481 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ min } 1} = 252 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ min } 2} = 196 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ use}} = 252 \text{ mm}^2$
- $S = 311,666 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm} < 3h = 3 \times 140 = 420 \text{ mm} \rightarrow \text{AMAN}$

- Digunakan **D10-300 mm (tulangan pokok)**
- $S = 311,666 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm} < 3h = 3 \cdot 140 = 420 \text{ mm} \rightarrow \text{AMAN}$
- Digunakan **D10-300 mm (tulangan susut)**

Kebutuhan Tulangan Lapangan

- $A_s = 20,938 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ min } 1} = 252 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ min } 2} = 196 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ use}} = 252 \text{ mm}^2$
- $S = 311,666 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 300 \text{ mm} < 3h = 3 \cdot 140 = 420 \text{ mm} \rightarrow \text{AMAN}$
- Digunakan **D10-300 mm (tulangan tarik)**

Rekap

Tabel 2.8.13 Rekap Perhitungan Tulangan Pelat B dan C Bangunan Pengelola

	Tumpuan ki	Lapangan	Tumpuan ka
K	0,111	0,076	0,111
Mu	1321538,182	908557,500	1321538,182
ρ	0,000265	0,000182	0,000265
A_s	30,481	20,938	30,481
$A_{s \text{ min}}$	252	252	252
S	300	300	300
Digunakan (tarik)	D10-300 mm	D10-300 mm	D10-300 mm
Digunakan (bagi)	D10-300 mm	-	D10-300 mm

PELAT DUA ARAH

PELAT F

Data:

- $L_y = 6000 \text{ mm} = 6 \text{ m}$
- $L_x = 4150 \text{ mm} = 4,15 \text{ m}$
- $H_{tg} = 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m}$
- Ukuran balok $\rightarrow$ Bw 250 mm dan H = 300 mm
- Berat jenis beton = 24 kN/m^3
- Berat jenis ubin = 22 kN/m^3
- $\alpha = 0,727$

Beban Mati

- Berat sendiri pelat = berat jenis beton x h pelat = $3,36 \text{ kN/m}^2$
- Berat ubin dan spesi = $0,05 \times$ berat jenis ubin = $1,1 \text{ kN/m}^2$
- Berat plafon = $0,2 \text{ kN/m}^2$
- Berat instalasi ME = $0,5 \text{ kN/m}^2$
- Total = $5,16 \text{ kN/m}^2$

Beban Hidup

- Perkantoran = $2,5 \text{ kN/m}^2$

Beban Terfaktor

- $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 10,192 \text{ kN/m}^2$
- $1,4 \text{ DL} = 7,224 \text{ kN/m}^2$
- Digunakan $10,192 \text{ kN/m}^2$

Momen Statik Total Terfaktor

- Arah memanjang $\rightarrow M_{ol} = \frac{q_u \times L_2 \times L_n^2}{8}$
 $= 174,805 \text{ kNm}$
- Arah memendek $\rightarrow M_{os} = \frac{q_u \times L_2 \times L_n^2}{8}$
 $= 116,265 \text{ kNm}$

Perhitungan Momen Arah Memanjang

- $L_1 = 6000 \text{ mm} = 6 \text{ m}$
- $L_2 = 4150 \text{ mm} = 4,15 \text{ m}$
- $\frac{L_2}{L_1} = \frac{4,15}{6} = 0,692$
- $M_{ol} = 174,805 \text{ kNm}$
- $\alpha \times \frac{L_2}{L_1} = 0,5 < 1$
- Koefisien momen di lajur kolom

Perhitungan berdasarkan tabel 8.10.5.1 & 8.10.5.5

Momen (-) = 0,75

Momen (+) = 0,6

- Koefisien distribusi untuk bentang ujung

Tepi eksterior terkekang penuh

Negatif interior = 0,65

Positif = 0,35

Negatif eksterior = 0,65

- Reduksi Momen

$$-0,65 \times M_{ol} \times 0,65 = 85,22 \text{ kNm}$$

$$-0,65 \times M_{ol} \times (1-0,75) = 28,41 \text{ kNm}$$

$$0,35 \times M_{ol} \times 0,35 = 36,71 \text{ kNm}$$

$$0,35 \times M_{ol} \times (1-0,6) = 24,47 \text{ kNm}$$

- Koefisien distribusi bagian momen lajur kolom M_u pada balok

Mengacu pada tabel 8.10.5.7.1

$$\alpha \times \frac{L_2}{L_1} = 0,5 \rightarrow \text{koefisien distribusi} = 0,425$$

$$M^+ = 174,805 \times 0,35 = 61,18 \text{ kNm}$$

$$M^- = 174,805 \times 0,65 = 113,62 \text{ kNm}$$

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	36,22	15,60
Momen Pelat	49	21,11
Jumlah Balok + Pelat	85,22	36,71
Momen Lajur Tengah	28,41	24,67

Perhitungan Momen Arah Memendek

- $L_1 = 4150 \text{ mm} = 4,15 \text{ m}$
- $L_2 = 6000 \text{ mm} = 6 \text{ m}$
- $\frac{L_2}{L_1} = 1,446$
- $\alpha \times \frac{L_2}{L_1} = 1,05 \rightarrow \alpha \times \frac{L_2}{L_1} > 1$
- Koefisien momen di lajur kolom
 Perhitungan dengan cara yang sama seperti pada momen arah memanjang
 yaitu berdasarkan tabel 8.10.5.1 & 8.10.5.5
 Momen (-) $\rightarrow x = 0,604$
 Momen (+) $\rightarrow x = 0,604$
- Koefisien distribusi untuk bentang ujung
 Tepi eksterior terkekang penuh
 Negatif interior = 0,65
 Positif = 0,35
 Negatif eksterior = 0,65
- Reduksi Momen
 $-0,65 \times \text{Mol} \times 0,65 = -45,65 \text{ kNm}$
 $-0,65 \times \text{Mol} \times (1-0,604) = -29,93 \text{ kNm}$
 $0,35 \times \text{Mol} \times 0,35 = 24,58 \text{ kNm}$
 $0,35 \times \text{Mol} \times (1-0,604) = 16,11 \text{ kNm}$
- Koefisien Distribusi Bagian Momen Lajur Kolom Mu Pada Balok
 Mengacu pada Tabel 8.10.5.7.1
 $\alpha \times \frac{L_2}{L_1} = 1,05 \rightarrow \alpha \times \frac{L_2}{L_1} > 1$

Keterangan	Negatif (kNm)	Positif (kNm)
Momen Balok	38,80	20,89
Momen Pelat	6,85	3,69
Jumlah Balok + Pelat	45,65	24,58
Momen Lajur Tengah	29,93	16,11

➤ Perhitungan Tulangan Pelat

- $M_u = 49,00 \text{ kNm}$
- $B = 1000 \text{ mm}$ (asumsi)
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- Tulangan D13 $\rightarrow A = 132,732 \text{ mm}^2$
- Selimut beton = 20 mm
- $f'_c = 25 \text{ MPa}$
- $d_s = 140 - 20 - \frac{13}{2} = 113,5 \text{ mm}$
- $\rho = \frac{0,85 \times f'_c}{F_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times M_u}{1,7 \times \phi \times f'_c \times b \times d^2}} \right]$
 $= 0,011$
- $A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,011 \times 1000 \times 113,5 = 1286,135 \text{ mm}^2$
- $A_{s\text{min}} = \frac{0,0018 \times F_y}{420} \times b \times h = \frac{0,0018 \times 420}{420} \times 1000 \times 140 = 252 \text{ mm}^2$
- $A_{s\text{min}} = 0,0014 \times b \times h = 0,0014 \times 1000 \times 140 = 196 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{A \times b}{A_{s\text{min}}} = \frac{132,732 \times 1000}{1286,135} = 103,202 \text{ mm}$

Cek spasi $\rightarrow s < 3h \rightarrow s < 3 \times 140 \rightarrow 103,202 < 420$ (Aman)

Sehingga digunakan tulangan D13-300 untuk Pelat F arah memanjang lajur kolom M(-)

Untuk perhitungan selanjutnya direkap ke dalam tabel di bawah ini:

REKAP PELAT F

Tabel 2.8.14 Rekap Perhitungan Tebal Pelat Lantai F Bangunan Pengelola

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	49,000	21,108	28,406	24,473	6,847	3,687	29,927	16,114
ρ	0,011	0,005	0,006	0,005	0,001	0,001	0,007	0,003
As	1286,135	515,087	705,420	601,970	161,871	86,585	745,998	388,759
As min	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000
S	103,202	257,689	188,161	220,497	311,666	311,666	105,282	202,027
Use	D13-100	D13-100	D13-100	D13-100	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200

PELAT E dan G

Untuk perhitungan penulangan pelat E dan G dilakukan langkah yang sama dengan perhitungan penulangan pelat F. Sehingga, berikut hasil perhitungan pelat F disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 2.8.15 Rekapitulasi Perhitungan Tebal Pelat Lantai E dan G Bangunan Pengelola

	Arah Memanjang				Arah Memendek			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mu	16,295	7,020	9,447	8,139	2,475	1,333	9,486	5,108
ρ	0,003	0,001	0,002	0,002	0,0005	0,0003	0,002	0,001
As	387,786	163,785	221,529	190,336	57,229	30,745	222,476	118,716
As min	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000
S	202,534	311,666	311,666	311,666	311,666	311,666	311,666	311,666
Use	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200

2.9 Perhitungan Beban Gempa

Data-data yang diperlukan:

- Kota Surakarta
- $S_s = 0,7974$ g
- $S_1 = 0,3863$ g
- Kelas Situs = SD
- Mengacu pada tabel 6 SNI 1726:2019)

$$F_a \rightarrow \frac{0,7974-0,75}{1,0-0,75} = \frac{F_a-1,2}{1,1-1,2} \rightarrow F_a = 1,18104$$

- Mengacu pada tabel 7 SNI 1726:2019)

$$F_v \rightarrow \frac{0,3863-0,3}{0,4-0,3} = \frac{F_v-2,0}{1,9-2,0} \rightarrow F_v = 1,91370$$

- $SMS = F_a \times S_s = 1,18104 \times 0,7974 = 0,9418$ g
- $SM_1 = F_v \times S_1 = 1,91370 \times 0,3863 = 0,7393$ g
- $SDS = \frac{2}{3} \times SMS = \frac{2}{3} \times 0,9418 = 0,6278$ g
- $SD_1 = \frac{2}{3} \times SM_1 = \frac{2}{3} \times 0,7393 = 0,4928$ g
- $T_0 = 0,2 \times \frac{SD_1}{SDS} = 0,2 \times \frac{0,4928}{0,6278} = 0,1570$ sekon
- $T_s = \frac{SD_1}{SDS} = \frac{0,4928}{0,6278} = 0,7850$ sekon
- $TL = 20$ sekon

2.9.1 Bangunan Pameran Dan Perpustakaan

- Menentukan Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Fungsi Bangunan → Perpustakaan

Kategori = IV (Tabel 3 SNI 1726:2019)

Faktor Keutamaan = 1,5 (Tabel 4 SNI 1726:2019)

- Menentukan KDS

Berdasarkan $SDS = D$ (Tabel 8 SNI 1726:2019)

Berdasarkan $SD_1 = D$ (Tabel 9 SNI 1726:2019)

Digunakan $KDS = D$

➤ Menentukan Sistem Struktur Dan Parameter Struktur Berdasarkan KDS

Sistem Struktur → SRPMK (Rangka Beton Bertulang)

Sehingga, berdasarkan Tabel 12 SNI 1726:2019) diperoleh:

$$R = 8$$

$$\Omega = 3$$

$$Cd = 5,5$$

➤ Menentukan Periode Fundamental (T)

Jenis Struktur = Beton

Tinggi = 7,8 m

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$C_t = 0,0466 \text{ (Tabel 18 SNI 1726:2019)}$$

$$x = 0,9 \text{ (Tabel 18 SNI 1726:2019)}$$

$$C_u = 1,4 \text{ (Tabel 17 SNI 1726:2019)}$$

Sehingga,

$$T_a = 0,0466 \times 7,8^{0,9} = 0,2960 \text{ sekon}$$

$$T_{\max} = T_a \times C_u = 0,2960 \times 1,4 = 0,4144 \text{ sekon}$$

Maka, digunakan $T = 0,2960$ sekon

➤ Menentukan Faktor Gempa (C_s)

$$C_s = \frac{SDS}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,6278}{\frac{8}{1,5}} = 0,1177$$

$$C_s = \frac{SD1}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,4928}{0,2960 \times \frac{8}{1,5}} = 0,3122$$

$$C_{s\min} = 0,044 \times SDS \times I_e = 0,0415$$

$$C_{s\min} = 0,01 \text{ (SNI 1726:2019)}$$

Maka, C_s yang digunakan = 0,1177

➤ Menentukan Gaya Dasar Seismik

Berat satuan lantai 1 & 2

- $t_{\text{pelat}} = 130 \text{ mm} = 0,13 \text{ m}$
- Berat sendiri pelat = $3,12 \text{ kN/m}^2$
- Berat ubin & spesi = $1,1 \text{ kN/m}^2$
- Berat plafond = $0,2 \text{ kN/m}^2$
- MEP = $0,5 \text{ kN/m}^2$

Sehingga, Total DL = $4,92 \text{ kN/m}^2$

- Balok Induk

$$Bw \times (Hw - t_{\text{pelat}}) \times B.J. \text{ Beton}$$

$$400 \times 600 \rightarrow 0,4 \times (0,6 - 0,13) \times 24 = 4,512 \text{ kN/m}$$

$$400 \times 450 \rightarrow 0,4 \times (0,45 - 0,13) \times 24 = 3,072 \text{ kN/m}$$

$$400 \times 500 \rightarrow 0,4 \times (0,5 - 0,13) \times 24 = 3,552 \text{ kN/m}$$

$$400 \times 550 \rightarrow 0,4 \times (0,55 - 0,13) \times 24 = 4,032 \text{ kN/m}$$

- Balok Anak

$$Bw \times (Hw - t_{\text{pelat}}) \times B.J. \text{ Beton}$$

$$250 \times 350 \rightarrow 0,25 \times (0,35 - 0,13) \times 24 = 1,32 \text{ kN/m}$$

$$250 \times 300 \rightarrow 0,25 \times (0,3 - 0,13) \times 24 = 1,02 \text{ kN/m}$$

- Kolom

$$Bw \times Hw \times B.J. \text{ Beton}$$

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

Lantai 1

- Kolom

$$600 \times 600 \rightarrow 21 \times (0,6 + 1,8) \times 8,64 = 435,456 \text{ kN}$$

- Dinding

$$Luas = B \times H$$

$$Berat\ Total = (B. BataMerah + B. ACI) \times Luas \times n$$

Dengan menggunakan rumus di atas, diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 2.9.1 Berat Total Dinding Lantai 1 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Dinding	Luas (m ²)	Berat Total (kN)
A (3,9x1,8)	7,02	38,05
B (6x1,8)	10,8	117,07
C (6,5x1,8)	11,7	95,12
D (5,5x1,8)	9,9	26,83
E (4x1,8)	7,2	97,56
F (25x1,8)	4,5	121,95
G (3x1,8)	5,4	102,44
H (7x1,8)	12,6	102,44
I (5x1,8)	9	24,39
J (5,2x1,8)	9,3	25,37
K (4,15x1,8)	7,47	20,24

Maka, Total W1 = 1206,912 kN

Lantai 2

- Pelat

$$Lx \times Ly \times DL \times n$$

$$A = 3,1 \times 3 \times 4,92 \times 2 = 91,512 \text{ kN}$$

$$B = 5 \times 3 \times 4,92 \times 2 = 147,6 \text{ kN}$$

$$C = 5 \times 3 \times 4,92 \times 4 = 295,2 \text{ kN}$$

$$D = 5 \times 3,25 \times 4,92 \times 4 = 319,8 \text{ kN}$$

$$E = 3,1 \times 3 \times 4,92 \times 4 = 183,024$$

$$F = 3,1 \times 3,25 \times 4,92 \times 4 = 198,276 \text{ kN}$$

$$G = 3,9 \times 3 \times 4,92 \times 4 = 230,256 \text{ kN}$$

$$H = 3,9 \times 3,25 \times 4,92 \times 4 = 249,444 \text{ kN}$$

$$I = 3,9 \times 2,75 \times 4,92 \times 2 = 105,534 \text{ kN}$$

$$J = 3,1 \times 2,75 \times 4,92 \times 2 = 83,886 \text{ kN}$$

$$K = 2,5 \times 2,75 \times 4,92 \times 4 = 135,3 \text{ kN}$$

– Balok Induk

Panjang Bentang x n x Berat Per Meter

$$400 \times 600 \rightarrow 7 \times 7 \times 4,512 = 221,088 \text{ kN}$$

$$400 \times 450 \rightarrow 7 \times 5 \times 3,072 = 107,520 \text{ kN}$$

$$400 \times 500 \rightarrow (9 \times 6 + 3 \times 5,5) \times 3,552 = 250,416 \text{ kN}$$

$$400 \times 550 \rightarrow 6 \times 6,5 \times 4,032 = 157,248 \text{ kN}$$

– Balok Anak

Panjang Bentang x n x Berat Per Meter

$$250 \times 350 \rightarrow 5 \times 5 \times 1,32 = 33 \text{ kN}$$

$$250 \times 300 \rightarrow (6 \times 7 + 1 \times 5 + 3 \times 6 + 2 \times 6,5 + 2 \times 5,5) \times 1,02 = 90,78 \text{ kN}$$

– Kolom

$$2 \times (1,8 + 1,8) \times 8,64 = 653,184 \text{ kN}$$

– Dinding

$$Luas = B \times H$$

$$Berat Total = (B. Bata Merah + B. ACI) \times Luas \times n$$

Dengan menggunakan rumus tersebut, diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 2.9.2 Berat Total Dinding Lantai 2 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Dinding	Luas (m ²)	Berat Total (kN)
L (3,9x5,4)	21,06	114,15
M (8,1x3,6)	29,16	79,02
N (10x5,4)	54	292,68
O (3x1,8)	5,4	29,628
P (3x3,6)	10,8	29,268
Q (12x5,4)	64,8	175,608
R (9,35x5,4)	50,49	136,83
S (7x3,6)	25,2	68,29
T (36,5x5,4)	197	534,14
U (32,5x3,6)	117	317,07
V (25x5,4)	135	365,85
W (9x5,4)	48,6	131,71
X (9,5x5,4)	51,3	139,02
Y (6,5x3,6)	23,4	63,414
Z (4x5,4)	21,6	292,68

Maka, Total W2 = 6322,065 kN

Lantai 3

– Balok Ring

Panjang Ben tan g × n × Berat Per Meter

$$400 \times 600 \rightarrow 12 \times 7 \times 4,512 + 36,5 \times 3 \times 4,512 = 873,072 \text{ kN}$$

– Beban Atap

Digunakan beban kuda-kuda maksimum = 74,9222

Jumlah kuda-kuda = 13 buah

Sehingga, beban atap total = 74,9222 x 13 = 973,99 kN

– Kolom

$$600 \times 600 \rightarrow 21 \times 1,8 \times 8,64 = 326,59 \text{ kN}$$

Maka, total W3 = 2.173,653 kN

Sehingga,

$$W_{\text{total}} = W1 + W2 + W3 = 9.702,629 \text{ kN}$$

$$V = C_s \times W = 0,1177 \times 9702,629 = 1.142,2 \text{ kN}$$

$$K = 1 \text{ (} T \leq 0,5 \text{ sekon)}$$

➤ Tabel Distribusi Gaya Gempa

Tabel 2.9.3 Distribusi Gaya Gempa Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Lantai	W	h	W x h ^k	Cvx	Fx	Vx
3	2.173,653	7,8	16.954,49	0,383314	437,820	437,820
2	6.322,065	4,2	26.552,67	0,600314	685,676	1.123,495
1	1.206,912	0,6	724,147	0,016372	18,699	1.142,195
Total			444.231,309	1	1.142,195	

2.9.2 Bangunan Pengelola

➤ Penentuann KDS

a) Kategori Resiko Gedung

- Fungsi bangunan : Kantor
- Kategori Resiko : II

b) Faktor Keutamaan Gempa

- Kategori Resiko : II
- Faktor keutamaan : 1

c) Klasifikasi Situs

- Berdasarkan klasifikasi situs pada SNI 1726 :2019, tanah BH-1, BH-2, dan BH-3 merupakan kelas situs SD atau tanah sedang karena memiliki $\sum N$ diantara 15 hingga 50

d) Periode Fundamental Gedung

hn(m)	Ct	x	T
3,4	0,0466	0,9	0,1402
3,6	0,0466	0,9	0,1402

e) Desain Seismik (KDS)

- Berdasarkan SDS $0,63 > 0,5$
- Berdasarkan SD1 $0,49 > 0,12$

Kesimpulan: dari hasil diaras maka dapat diperoleh bahwa KDS dikategorikan D

f) Koefisien Modifikasi respon (R)

- Menggunakan sistem rangka Pemikul Momen Khusus
- $R = 8$
- $C_d = 5,5$

g) Penentuan Koefisien Respons Seismik (CS)

- $C_s = 0,07875$
- $C_s \text{ max} = 0,213 > 0,07875$
- $C_s \text{ min} = 0,028 < 0,01$

Kesimpulan: maka digunakan nilai $C_s = 0,07875$

➤ **Menentukan Gaya Dasar Seismik**

a) Berat satuan lantai 1 dan semibasement

- $t \text{ plat} = 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m}$
- Berat sendiri $= 3,36 \text{ kN/m}^2$
- Berat ubin dan spesi (5 cm) $= 1,1 \text{ kN/m}^2$
- Berat plafon $= 0,2 \text{ kN/m}^2$
- MEP $= 0,5 \text{ kN/m}^2$
- DL $= 5,16 \text{ kN/m}^2$

b) Balok Induk

- Balok 1 (200x400) $= 1,248 \text{ kN/m}$
- Balok 2 (100x150) $= 0,024 \text{ kN/m}$
- Balok 3 (150 x 250) $= 0,396 \text{ kN/m}$
- Balok 4 (350 x 700) $= 4,704 \text{ kN/m}$
- Balok 5 (250 x 500) $= 2,160 \text{ kN/m}$

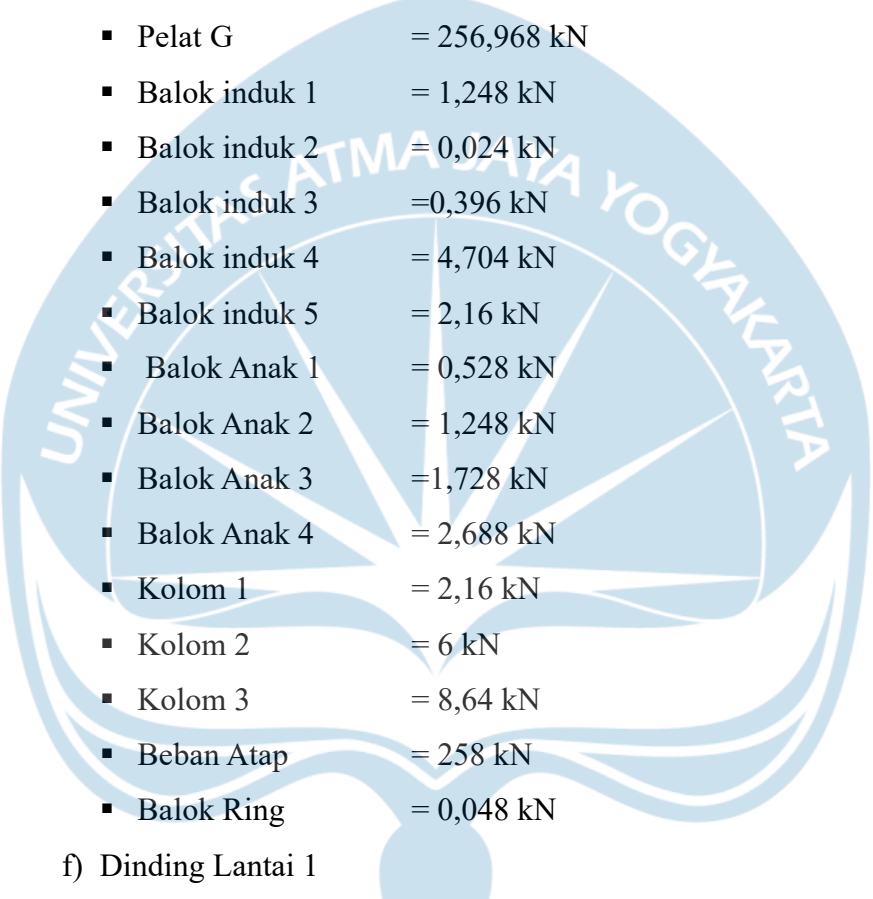
c) Balok Anak

- Balok 1 (200x250) $= 0,528 \text{ kN/m}$
- Balok 2 (200x400) $= 1,248 \text{ kN/m}$
- Balok 3 (200x500) $= 1,728 \text{ kN/m}$
- Balok 4 (200x700) $= 2,688 \text{ kN/m}$

d) Balok kolom

- Kolom 1 (300x300) $= 2,160 \text{ kN/m}$
- Kolom 2 (500x500) $= 6 \text{ kN/m}$
- Kolom 3 (600x600) $= 8,640 \text{ kN/m}$

e) Lantai 1



▪ Pelat A	= 86,688 kN
▪ Pelat B	= 86,688 kN
▪ Pelat C	= 86,688 kN
▪ Pelat D	= 86,688 kN
▪ Pelat E	= 128,484 kN
▪ Pelat F	= 513,936 kN
▪ Pelat G	= 256,968 kN
▪ Balok induk 1	= 1,248 kN
▪ Balok induk 2	= 0,024 kN
▪ Balok induk 3	= 0,396 kN
▪ Balok induk 4	= 4,704 kN
▪ Balok induk 5	= 2,16 kN
▪ Balok Anak 1	= 0,528 kN
▪ Balok Anak 2	= 1,248 kN
▪ Balok Anak 3	= 1,728 kN
▪ Balok Anak 4	= 2,688 kN
▪ Kolom 1	= 2,16 kN
▪ Kolom 2	= 6 kN
▪ Kolom 3	= 8,64 kN
▪ Beban Atap	= 258 kN
▪ Balok Ring	= 0,048 kN

f) Dinding Lantai 1

$$\text{Berat bata merah} + \text{Berat Aci} = 2,71 \text{ kN/m}^2$$

▪ Dinding G	= 845,52 kN
▪ Dinding H	= 225,472 kN
▪ Dinding I	= 112,736 kN
▪ Dinding J	= 338, 208 kN

$$\text{Total W1} = 3057,948 \text{ kN}$$

➤ Lantai *Semi Basement*

a) Kolom

- Kolom 1 (500x500) = 168 kN/m
- Kolom 2 (600x600) = 211,68 kN/m
- Kolom 3 (300x300) = 257,04 kN/m

b) Dinding semibasement

- Dinding A = 102,44 kN/m
- Dinding B = 58 kN/m
- Dinding C = 87,80 kN/m
- Dinding D = 43,90 kN/m
- Dinding E = 54,15 kN/m
- Dinding F = 80,97 kN/m

Total W basement = 1064,5206 kN/m

2.9.3 Bangunan Pagelaran

➤ Penentuan KDS

a) Kategori Resiko Gedung

- Fungsi bangunan : Pagelaran (tribun)
- Kategori Resiko : III

b) Faktor Keutamaan Gempa

- Kategori Resiko : III
- Faktor keutamaan : 1,25

c) Klasifikasi Situs

- Berdasarkan klasifikasi situs pada SNI 1726 :2019, tanah BH-1, BH-2, dan BH-3 merupakan kelas situs SD atau tanah sedang karena memiliki $\sum N$ diantara 15 hingga 50

d) Parameter Spektral respons

Surakarta:

$T_0 = 0,16$ detik

$T_s = 0,78$ detik

$SDS = 0,63$ g

$SD1 = 0,49$ g

e) Periode Fundamental Gedung

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Tinggi bangunan, $h_n = 12 \text{ m}$

Koefisien $C_t = 0,0466$

$X = 0,9$ (sesuai tabel 18 SNI 1726:2019)

Maka, $T = 0,4675 \text{ detik}$

hn(m)	Ct	x	T
6	0,0466	0,9	0,2337
6	0,0466	0,9	0,2337

f) Kategori Desain Seismik (KDS)

- Tabel 8 SNI 1726:2019

Berdasarkan $SDS = 0,63$

Kategori resiko = III

KDS = D (karena $SDS > 0,50$)

- Tabel 9 SNI 1726:2019

Berdasarkan $SD1 = 0,49$

Kategori resiko = III

KDS = D (karena $SD1 > 0,20$)

g) Koefisien Modifikasi respon (R)

Tabel 12 SNI 1726:2019

- Menggunakan sistem rangka Pemikul Momen Khusus
- $R = 8$
- $C_d = 5,5$

➤ Pembebanan pada Gedung

Diketahui: Gedung pagelaran dengan kelas situs yaitu tanah lunak (situs kelas E)

Balok induk = $400 \times 600 \text{ mm}$

Kolom 1 = $600 \times 600 \text{ mm}$

Kolom 2 = $800 \times 800 \text{ mm}$

Tinggi tingkat lt 1 = 6 m

Tinggi tingkat lt 2 = 6 m

Mutu beton $f'_c = 25 \text{ MPa}$

Mutu baja $f_y = 420 \text{ MPa}$

➤ Koefisien Respons Seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e} = \frac{0,63}{8/1,25} = 0,098$$

$$\text{Nilai } C_s \text{ tidak perlu lebih besar dari: } C_s = \frac{S_{D1}}{T(R/I_e)} = \frac{0,49}{(0,467)(8/1,25)} = 0,164$$

OK!

Nilai C_s harus tidak kurang dari: $C_{s \min} = 0,044 S_{DS} (I_e) \geq 0,01$

$$0,044 \times 0,63 \times 1,25 \geq 0,01 \text{ OK!}$$

Digunakan nilai $C_s = 0,098$

➤ Berat Seismik Efektif Bangunan

a) Berat satuan lantai atap, $t = 0 \text{ mm}$

- Berat sendiri plat = 0 kN/m^2
- Waterproofing = $1,2 \text{ kN/m}^2$
- Berat plafon, MEP, dll = $0,25 \text{ kN/m}^2$
- DL = $5,16 \text{ kN/m}^2$
- DL input software (tanpa berat sendiri) = $1,45 \text{ kN/m}^2$

b) Balok Induk dan Kolom

- Balok Induk (400x600) mm = $0,4 \times 0,6 \times 24 = 5,76 \text{ kN/m}$
- Kolom 1 (600x600) mm = $0,6 \times 0,6 \times 24 = 8,64 \text{ kN/m}$
- Kolom 2 (800x800) mm = $0,8 \times 0,8 \times 24 = 15,36 \text{ kN/m}$

c) Lantai Semi Basement

- Balok induk = $(40 \times 12 + 54 \times 6) \times 5,76 = 4631,04 \text{ kN}$
- Balok anak = Tidak ada
- Kolom 1 = $34 \times 3,5 \times 8,64 = 1028,16 \text{ kN}$
- Kolom 2 = $15 \times 3,5 \times 15,36 = 806,4 \text{ kN}$
- W basement = $6465,6 \text{ kN}$

d) Lantai Atap

- Balok induk = $(40 \times 20 + 54 \times 6) \times 5,76 = 6474,24 \text{ kN}$
- Balok anak = Tidak ada
- Kolom 1 = $40 \times 3,5 \times 8,64 = 1209,6 \text{ kN}$
- Kolom 2 = $20 \times 3,5 \times 15,36 = 1075,2 \text{ kN}$
- W atap = $8759,04 \text{ kN}$

e) Berat mati total: $W_{\text{total}} = W_{\text{basement}} + W_{\text{atap}}$
 $= 6465,6 + 8759,04$
 $= 15224,64 \text{ kN}$

➤ Gaya Geser Dasar (V)

$$V = C_s \times W$$

C_s yang digunakan = 0,098

W yang digunakan = 15224,64 kN

Maka, $V = 1498,6755 \text{ kN}$

➤ Beban Gempa Metode Statik Equivalen

Beban gempa masing-masing lantai

$$F_x = (C_{vx}) (V)$$

$$K = 0,5T + 0,75 = 0,5 \times 0,4675 + 0,75 = 0,9837$$

Tabel 2.9.4 Distribusi Gaya Gempa Bangunan Pagelaran

Lantai	W_x (kN)	H_x (m)	$W_x.H_xk$	C_{vx}	F_x (kN)	V_x
Atap	8759,04	12	100944,78	0,73	1091,32	1091,32
Basement	6465,6	6	37679,29	0,27	407,35	1498,68
Total		18	138624,08	1,00	1498,68	

2.10 Pemeriksaan Ketidakberaturan Struktur

2.10.1 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

KETIDAKBERATURAN HORIZONTAL

a. Ketidakberaturan torsi (1a dan 1b)

Data-data yang diperlukan (diperoleh dari output permodelan MIDAS)

$$\delta L_2 = 0,0033 \text{ m} = 3,3 \text{ mm}$$

$$\delta R_2 = 0,0032 \text{ m} = 3,2 \text{ mm}$$

$$\delta L_1 = 0,0022 \text{ m} = 2,2 \text{ mm}$$

$$\delta R_1 = 0,0022 \text{ m} = 2,2 \text{ mm}$$

➤ Lantai 1

$$\Delta L_1 = 2,2 - 0 = 2,2 \text{ mm}$$

$$\Delta R_1 = 2,2 - 0 = 2,2 \text{ mm}$$

$$\Delta_{avg} = 2,2 \text{ mm}$$

$$\Delta_{max} = 2,2 \text{ mm}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} = 1,0$$

Karena nilai $\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} < 1,2$ dan $\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} < 1,4$ maka lantai 1 bangunan ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 1a dan 1b

➤ Lantai 2

$$\Delta L_2 = 3,3 - 2,2 = 1,1 \text{ mm}$$

$$\Delta R_2 = 3,2 - 2,2 = 1,0 \text{ mm}$$

$$\Delta_{avg} = 1,05 \text{ mm}$$

$$\Delta_{max} = 1,1 \text{ mm}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} = 1,05$$

Karena nilai $\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} < 1,2$ dan $\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} < 1,4$ maka lantai 2 bangunan

ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 1a dan 1b

b. Ketidakberaturan sudut dalam (2)

Bangunan pameran dan perpustakaan memiliki struktur yang tipikal

(berbentuk kotak) sehingga nilai $P_x = 0$ dan $P_y = 0$

Maka bangunan ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 2

c. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma (3)

$$\text{Luas lantai} = 12 \times 36,5 = 438 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas void} = 2 \times (3,9 \times 3) = 23,4 \text{ m}^2 \text{ (dua void)}$$

Karena $\text{Luas void} < 50\% \text{ Luas lantai}$ maka bangunan ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 3

d. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang (4)

Bangunan pameran dan perpustakaan ini tidak ada diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang.

Oleh karena itu, bangunan ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 4.

e. Ketidakberaturan system nonparallel (5)

Bangunan pameran dan perpustakaan ini memiliki elemen vertikal pemikul gaya lateral yang paralel. Oleh karena itu, bangunan ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 5.

KETIDAKBERATURAN VERTIKAL

a. Ketidakberaturan tingkat lunak (1a dan 1b)

$$\delta_{1e} = 2,2 \text{ mm}$$

$$\delta_{2e} = 3,3 \text{ mm}$$

$$L_1 = 4.200 \text{ mm}$$

$$L2 = 3.600 \text{ mm}$$

Soft Story Drift Ratio

$$\frac{\Delta_1}{h_1} = 0,000524$$

$$\frac{\Delta_2}{h_2} = 0,000917$$

$$\triangleright 0,7 \times \frac{\Delta_2}{h_2} = 0,7 \times \frac{\Delta_2}{h_2} > \frac{\Delta_1}{h_1}$$

$$\triangleright 0,6 \times \frac{\Delta_2}{h_2} = 0,6 \times \frac{\Delta_2}{h_2} > \frac{\Delta_1}{h_1}$$

Oleh karena itu, bangunan ini terjadi ketidakberaturan tipe 1a dan 1b

b. Ketidakberaturan berat (massa) (2)

$$W1 = 1.206,912 \text{ kN}$$

$$W2 = 6.322,065 \text{ kN}$$

$$W3 = 2.173,653 \text{ kN}$$

$$\triangleright W1 < 150\% W2$$

$$\triangleright W2 > 150\% W1$$

$$\triangleright W2 > 150\% W3$$

$$\triangleright W3 < 150\% W2$$

Maka, bangunan ini terjadi ketidakberaturan tipe 2

c. Ketidakberaturan geometri vertikal (3)

Bangunan pameran dan perpustakaan ini memiliki lebar yang sama tiap lantainya.

Sehingga, nilai perbandingan antar lantai = 1

Karena nilai perbandingannya kurang dari 1,3 maka bangunan ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 3.

d. Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertical pemikul gaya lateral (4)

Bangunan pameran dan perpustakaan ini tidak memiliki shear wall, maka bangunan ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 4.

- e. Ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat (5a dan 5b)

Karena struktur bangunan pameran dan perpustakaan ini tidak menggunakan bearing wall maka bangunan ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 5a dan 5b.

2.10.2 Bangunan Pengelola

KETIDAKBERATURAN HORIZONTAL

- a. Ketidakberaturan torsi (1a dan 1b)

- b. Ketidakberaturan sudut dalam (2)

- $P_x = 1,4 \text{ m}$ $L_x = 5,55 \text{ m}$
 $P_y = 24 \text{ m}$ $L_y = 27 \text{ m}$
 $15\% L_x = 0,15 \times 5,55 = 0,8325 \text{ m}$
 $15\% L_y = 0,15 \times 27 = 4,05 \text{ m}$
Kesimpulan: $P_x > 15\% L_x$ dan $P_y > 15\% L_y$ maka, terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2
- $P_x = 4,15 \text{ m}$ $L_x = 5,55 \text{ m}$
 $P_y = 24 \text{ m}$ $L_y = 27 \text{ m}$
 $15\% L_x = 0,15 \times 5,55 = 0,8325 \text{ m}$
 $15\% L_y = 0,15 \times 27 = 4,05 \text{ m}$
Kesimpulan: $P_x > 15\% L_x$ dan $P_y > 15\% L_y$ maka, terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2
- $P_x = 4,15 \text{ m}$ $L_x = 5,55 \text{ m}$
 $P_y = 24 \text{ m}$ $L_y = 27 \text{ m}$
 $15\% L_x = 0,15 \times 5,55 = 0,8325 \text{ m}$
 $15\% L_y = 0,15 \times 27 = 4,05 \text{ m}$
Kesimpulan: $P_x > 15\% L_x$ dan $P_y > 15\% L_y$ maka, terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2
- $P_x = 1,4 \text{ m}$ $L_x = 5,55 \text{ m}$
 $P_y = 24 \text{ m}$ $L_y = 27 \text{ m}$
 $15\% L_x = 0,15 \times 5,55 = 0,8325 \text{ m}$
 $15\% L_y = 0,15 \times 27 = 4,05 \text{ m}$

Kesimpulan: $P_x > 15\% L_x$ dan $P_y > 15\% L_y$ maka, terjadi

ketidakberaturan horizontal tipe 2

c. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma (3)

$$\text{Luas lantai} = 5,55 \times 27 = 149,85 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas void} = (4,15 \times 3) + (4,15 \times 3) = 24,9 \text{ m}^2$$

$$50\% \text{ luas lantai} = 0,5 \times 149,85 = 74,925 \text{ m}^2$$

Kesimpulan: $A_{\text{void}} < 50\% A_{\text{lantai}}$ maka tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 3.

d. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang (4)

Pada bangunan pengelola tidak ada diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang. Oleh karena itu, tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 4.

e. Ketidakberaturan system nonparallel (5)

Bangunan pengelola memiliki elemen vertikal pemikul gaya lateral yang paralel. Oleh karena itu, tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 5.

KETIDAKBERATURAN VERTIKAL

a. Ketidakberaturan tingkat lunak (1a dan 1b)

b. Ketidakberaturan berat (massa) (2)

Karena bangunan pengelola hanya terdapat dua lantai maka tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 2.

c. Ketidakberaturan geometri vertikal (3)

Dimensi horizontal dari sistem struktur penahan gaya lateral pada setiap lantai sama.

$$\text{Lantai 1} = 27 \text{ m} \times 5,55 \text{ m}$$

$$\text{Lantai 2} = 27 \text{ m} \times 5,55 \text{ m}$$

$$\frac{\text{lebar lantai 1}}{\text{lebar lantai 2}} = 1 < 130\%$$

Kesimpulan: tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 3.

d. Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral (4)

Pada bangunan pengelola tidak ada dinding geser maka tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 4.

- e. Ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat (5a dan 5b)

Struktur bangunan pengelola tidak menggunakan bearing wall maka tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 5a dan 5b.

2.10.3 Bangunan Pagelaran

KETIDAKBERATURAN HORIZONTAL

- a. Ketidakberaturan torsi (1a dan 1b)

- b. Ketidakberaturan sudut dalam (2)

- $P_x = 43,2 \text{ m}$ $L_x = 54 \text{ m}$
 $P_y = 32 \text{ m}$ $L_y = 40 \text{ m}$
 $15\% L_x = 8,1 \text{ m}$
 $15\% L_y = 6 \text{ m}$
Kesimpulan: $P_x > 15\% L_x$ dan $P_y > 15\% L_y$ maka, terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2
- $P_x = 43,2 \text{ m}$ $L_x = 54 \text{ m}$
 $P_y = 32 \text{ m}$ $L_y = 40 \text{ m}$
 $15\% L_x = 8,1 \text{ m}$
 $15\% L_y = 6 \text{ m}$
Kesimpulan: $P_x > 15\% L_x$ dan $P_y > 15\% L_y$ maka, terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2
- $P_x = 43,2 \text{ m}$ $L_x = 54 \text{ m}$
 $P_y = 32 \text{ m}$ $L_y = 40 \text{ m}$
 $15\% L_x = 8,1 \text{ m}$
 $15\% L_y = 6 \text{ m}$
Kesimpulan: $P_x > 15\% L_x$ dan $P_y > 15\% L_y$ maka, terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2
- $P_x = 43,2 \text{ m}$ $L_x = 54 \text{ m}$
 $P_y = 32 \text{ m}$ $L_y = 40 \text{ m}$
 $15\% L_x = 8,1 \text{ m}$
 $15\% L_y = 6 \text{ m}$
Kesimpulan: $P_x > 15\% L_x$ dan $P_y > 15\% L_y$ maka, terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2

c. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma (3)

$$\text{Luas lantai} = 54 \times 40 = 2160 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas void} = 54 \times 40 = 2160 \text{ m}^2$$

$$50\% \text{ luas lantai} = 1080 \text{ m}^2$$

Kesimpulan: $A_{\text{void}} > 50\% A_{\text{lantai}}$ maka terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 3.

d. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang (4)

Pada bangunan pagelaran tidak ada diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang. Oleh karena itu, tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 4.

e. Ketidakberaturan system nonparallel (5)

Bangunan pagelaran memiliki elemen vertikal pemikul gaya lateral yang paralel. Oleh karena itu, tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 5.

KETIDAKBERATURAN VERTIKAL

a. Ketidakberaturan tingkat lunak (1a dan 1b)

b. Ketidakberaturan berat (massa) (2)

Karena bangunan pagelaran hanya terdapat dua lantai maka tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 2.

c. Ketidakberaturan geometri vertikal (3)

Dimensi horizontal dari sistem struktur penahan gaya lateral pada setiap lantai sama.

$$\text{Lantai 1} = 54 \text{ m} \times 40 \text{ m}$$

$$\text{Lantai 2} = 54 \text{ m} \times 40 \text{ m}$$

$$\frac{\text{lebar lantai semi basement}}{\text{lebar lantai 1}} = 1 < 130\%$$

Kesimpulan: tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 3.

d. Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral (4)

Pada bangunan pagelaran tidak ada dinding geser maka tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 4.

- e. Ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat (5a dan 5b)

Struktur bangunan pagelaran tidak menggunakan bearing wall maka tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 5a dan 5b.



2.11 Permodelan Struktur (Pengambilan Gaya Dalam Struktur)

2.11.1 Bangunan Pameran Dan Perpustakaan

Pengambilan Gaya Dalam

Tabel 2.11.1 Pengambilan Gaya Dalam Balok Induk, Balok Anak, dan Kolom Bangunan Pameran dan Perpustakaan

➤ Balok Induk

Balok Induk	Momen (+)	Momen (-)	Gaya Geser
400x600	259,90	-344,98	-423,78
400x550	182,50	-285,12	-346,23
400x500	175,37	-263,40	313,34
400x450	80,42	-180,21	218,95

➤ Balok Anak

Balok Anak	Momen (+)	Momen (-)	Gaya Geser
250x300	43,36	-71,99	-95,62
250x350	48,24	-85,49	109,90

➤ Kolom

Kolom	Pu max	Pu min	Gaya Geser	Mu max	Mu min
600x600	-1.559,47	13,35	105,12	-235,52	150,85

2.11.2 Bangunan Pengelola

Pemodelan Struktur 3D Bangunan Pengelola

Tabel 2.11.2 Pengambilan Gaya Dalam Balok Induk, Balok Anak, dan Kolom Bangunan Pengelola

➤ Balok Induk

Balok Induk	Momen (+)	Momen (-)	Gaya Geser
250x250	18,8728	17,517	64,125
200x250	10,913	40,3979	79,522
350x400	78,7135	-62,3207	-163,615
250x500	48,0128	-82,5576	39,828

➤ Balok Anak

Balok Anak	Momen (+)	Momen (-)	Gaya Geser
250x200	4,4328	-21,8569	25,35
300x350	81,2663	-102,8605	80,069

➤ Kolom

Kolom	Pu max	Pu min	Gaya Geser	Mu max	Mu min
600x600	-126,484	10,831	13,952	21,2122	18,9926

2.11.3 Bangunan Pagelaran

Tabel 2.11.3 Pengambilan Gaya Dalam Balok Induk, Balok Anak, dan Kolom Bangunan Pagelaran

➤ Balok Induk

Balok Induk	Momen (+)	Momen (-)	Gaya Geser
250x450	6,24	-6,34	26,224
350x700	15,62	-12,68	21,077
450x900	18,79	-18,49	28,401

➤ Kolom

Kolom	Pu max	Pu min	Gaya Geser	Mu max	Mu min
800x800	-70,163	-41,461	5,887	-1930,7	1864,01
600x600	-92,76	-1,843	28,401	-1930,71	1865,81

2.12 Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

2.12.1 Bangunan Pameran Dan Perpustakaan

Hasil pengecekan direkap ke dalam tabel di bawah ini:

**Tabel 2.12.1 Rekapitan Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai Arah X-Y
Bangunan Pameran dan Perpustakaan**

- Arah X

Lantai	h	δx_e	δx	Δ	$\frac{\Delta_a}{p}$	Status ($\frac{\Delta_a}{p} > \Delta$)
3	3,6	3,31	12,137	4,437	41,538	OK
2	4,2	2,1	7,70	7,70	48,462	OK

- Arah Y

Lantai	h	δy_e	δy	Δ	$\frac{\Delta_a}{p}$	Status ($\frac{\Delta_a}{p} > \Delta$)
3	3,6	1,40	5,133	1,467	41,538	OK
2	4,2	1,00	3,677	3,677	48,462	OK

2.12.2 Bangunan Pengelola

Hasil pengecekan direkap ke dalam tabel di bawah ini:

**Tabel 2.12.2 Rekapitan Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai Arah X-Y
Bangunan Pengelola**

- Arah X

Lantai	h	δx_e	δx	Δ	$\frac{\Delta_a}{p}$	Status ($\frac{\Delta_a}{p} > \Delta$)
1	7	0,004	0,021	18,166	65,385	OK
Basement	3,6	0,002	0,003	2,954	69,231	OK

- Arah Y

Lantai	h	δy_e	δy	Δ	$\frac{\Delta_a}{p}$	Status ($\frac{\Delta_a}{p} > \Delta$)
1	7	0,007	0,037	28,237	65,385	OK
Basement	3,6	0,003	0,009	8,740	69,231	OK

2.12.3 Bangunan Pagelaran

Tidak ada.

2.13 Perencanaan Balok Anak

2.13.1 Bangunan Pameran Dan Perpustakaan

BA 1 250x350 mm

- Diameter Tulangan Longitudinal = 22 mm
- Diameter Tulangan Polos = 10 mm
- Selimut Beton = 40 mm
- $f_c = 25 \text{ MPa}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- $F_{yt} = 280 \text{ MPa}$
- $V_u \text{ Lapangan} = 108,66 \text{ kN}$
- $V_u \text{ Tumpuan} = 109,9 \text{ kN}$
- $M_u \text{ Tumpuan} = -85,49 \text{ kNm}$
- $M_u \text{ Lapangan} = 48,24 \text{ kNm}$
- $d = 350 - 40 - 10 - 0,5 \times 22 = 289 \text{ mm}$
 - Tulangan Longitudinal Tumpuan ($M_u = -85,49 \text{ kNm}$)

$$- a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \times M_u \times 10^6}{\phi \times 0,85 \times f'_c \times b \times w}}$$

$$= 289 - \sqrt{289^2 - \frac{2 \times 85,49 \times 10^6}{0,9 \times 0,85 \times 25 \times 250}}$$

$$= 70,458 \text{ mm}$$

$$- c = \frac{a}{\beta} = \frac{70,458}{0,85} = 82,892 \text{ mm}$$

$$- c_{max} = 0,375d = 0,375 \times 289 = 108,375 \text{ mm}$$

$$c_{max} > c \rightarrow \phi = 0,9$$

$$- A_s = \frac{M_u \times 10^6}{\phi \times F_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{85,49 \times 10^6}{0,9 \times 420 \times \left(289 - \frac{70,458}{2}\right)} = 891,214 \text{ mm}^2$$

Cek A_{smin} & A_{smax}

$$- A_{smin} = \frac{1,4}{F_y} \times b \times d = \frac{1,4}{420} \times 250 \times 289 = 240,833 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} - A_{smax} &= 0,36 \times \beta_1 \times f'_c \times \frac{b \times d}{F_y} \\ &= 0,36 \times 0,85 \times 25 \times \frac{250 \times 289}{420} \\ &= 1.315,982 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{smin} < A_{spertu} < A_{smax}$$

Sehingga, digunakan $A_{spertu} = 891,214 \text{ mm}^2$

$$- n = \frac{A_{spertu}}{A} = \frac{891,214}{0,25 \times \pi \times 22^2} = 2,34 \approx 3 \text{ Tulangan}$$

$$\begin{aligned} - \text{Spasi} &= \frac{b - 2 \times s.beton - 2 \times D.Tul.Polos - D.Tul.Pokok}{n-1} \\ &= \frac{250 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 22}{3-1} \\ &= 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, digunakan **Tulangan Longitudinal Tumpuan 3D22**

➤ Tulangan Longitudinal Lapangan ($M_u = 48,24 \text{ kNm}$)

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti Tulangan Longitudinal Tumpuan di atas, diperoleh:

$$\begin{aligned} - a &= 37,321 \text{ mm} \\ - c &= 43,907 \text{ mm} \\ - c_{max} &= 108,370 \text{ mm} \\ - A_s &= 472,070 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek A_{smin} & A_{smax}

$$\begin{aligned} - A_{smin} &= 240,833 \text{ mm}^2 \\ - A_{smax} &= 1.315,982 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{smin} < A_{spertu} < A_{smax}$$

Sehingga, digunakan $A_{s\text{perlu}} = 472,070 \text{ mm}^2$

- $n = 1,242 \approx 2$ Tulangan
- Spasi = 128 mm

Maka, digunakan **Tulangan Longitudinal Lapangan 2D22**

➤ Tulangan Geser Tumpuan ($V_u = 109,9 \text{ kN}$)

$$\begin{aligned} - \phi V_c &= 0,75 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 250 \times 289 \\ &= 46,059 \text{ kN} \end{aligned}$$

$\phi V_c < V_u \rightarrow$ dibutuhkan tulangan geser

$$\begin{aligned} - \phi V_s &= 109,9 - 46,059 = 63,841 \text{ kN} \\ - V_s &= \frac{63,841}{0,75} = 85,121 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek batasan dimensi penampang

$$V_s \leq 0,66\sqrt{f'_c} \times b_w \times d \rightarrow 85121 \text{ N} \leq 238425 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}$$

$$\begin{aligned} - \text{Spasi sengkang (s)} &= \frac{n \times A \times F_{yt} \times d}{V_s} \\ &= \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 280 \times 289}{85,121} \\ &= 149,328 \text{ mm (Dicoba 2 kaki)} \end{aligned}$$

$$\text{Cek spasi} \rightarrow 0,33 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 0,33 \times \sqrt{25} \times 250 \times 289 = 119.212,5 \text{ N}$$

$V_s < 119.212,5 \text{ N}$, maka

$$s = 149,328 \text{ mm} \leq \frac{d}{2} = 144,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Maka, digunakan **Tulangan Geser Tumpuan 2D10-100 mm**

➤ Tulangan Geser Lapangan (108,66 kN)

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama dengan Tulangan Geser Tumpuan di atas, maka diperoleh:

$$-\phi V_c = 46,059 \text{ kN}$$

$$\phi V_c < V_u \rightarrow \text{dibutuhkan tulangan geser}$$

$$-\phi V_s = 62,601 \text{ kN}$$

$$-V_s = 83,468 \text{ kN}$$

Cek Batasan Dimensi Penampang

$$V_s \leq 0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \Rightarrow 83.468 \text{ N} \leq 238.425 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}$$

$$-\text{Spasi sengkang (s)} = 152,285 \text{ mm (Dicoba 2 kaki)}$$

$$\text{Cek Spasi} \rightarrow 0,33 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 119.212,5 \text{ N}$$

$$V_s < 119212,5 \text{ N, maka}$$

$$s = 152,285 \leq \frac{d}{2} = 144,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Maka, digunakan **Tulangan Geser Lapangan 2D10-130**

BA 2 250x300 mm

- Diameter Tulangan Longitudinal = 22 mm
- Diameter Tulangan Polos = 10 mm
- Selimut beton = 40 mm
- $f'_c = 25 \text{ Mpa}$
- $F_y = 420 \text{ Mpa}$
- $F_{yt} = 280 \text{ Mpa}$
- $V_u \text{ Lapangan} = 94,76 \text{ kN}$
- $V_u \text{ Tumpuan} = 95,62 \text{ kN}$
- $\mu \text{ Tumpuan} = -71,99 \text{ kN}$
- $\mu \text{ Lapangan} = 43,36 \text{ kN}$
- $d = 300 - 40 - 10 - 0,5 \times 22 = 239 \text{ mm}$

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti BA 250x350 sebelumnya diperoleh:

Tabel 2.13.1 Rekapitan Perhitungan Perencanaan Balok Anak 2 Bangunan Pameran dan Perputakaan

➤ Tulangan Longitudinal

Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Mu (kNm)	-71,99	43,36
a (mm)	74,660	41,558
c (mm)	87,836	48,891
c _{max} (mm)	89,625	89,625
As (mm ²)	944,364	525,655
Cek As_{min} & As_{max}		
As _{min} (mm ²)	199,167	199,167
As _{max} (mm ²)	1.088,304	1.088,304
As_{min} < As_{perlu} < As_{max}		
Digunakan As _{perlu}	944,364	525,655
n (Jumlah Tulangan)	2,484 ≈ 3	1,383 ≈ 2
Digunakan	3D22	2D22

➤ Tulangan Geser

Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Ø Vc (kN)	38,091	38,091
Ø Vc < Vu => dibutuhkan Tulangan Geser		
Ø Vs (kN)	57,529	56,669
Vs (kN)	76,706	75,559
Cek Batasan Dimensi Penampang		
$0,66 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d$ (kN)	197,175	197,175
$Vs \leq 0,66 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d$	Ok	Ok
S atau spasi (mm)	137,040 (2 kaki)	139,120 (2 kaki)
Cek Spasi		
$0,33 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d$ (N)	98.587,5	98.587,5
Vs < 0,33 × √f'c × bw × d		
$\frac{d}{2}$ (mm)	119,5	119,5
$S \leq \frac{d}{2}$	Tidak Ok	Tidak Ok
Digunakan	2D10-100 mm	2D10-110 mm

2.13.2 Bangunan Pengelola

Diketahui:

- Dimensi balok anak = 300x350 mm
- Diameter tulangan longitudinal = 25 mm
- Diameter tulangan polos = 6 mm
- Selimut beton = 40 mm
- F'_c = 25 MPa
- F_y = 420 MPa
- F_{yt} = 280 MPa
- V_u Lapangan = 79,756 kN
- V_u Tumpuan = -75,522 kN
- M_u Tumpuan = -101,6741 kNm
- M_u Lapangan = 81,2106 kNm
- d = $350 - 40 - 6 - 25/2 = 291,5$ mm

➤ Tulangan Longitudinal Tumpuan ($M_u = -101,6741$ kNm)

$$- a = 291 - \sqrt{291,5^2 - \frac{(2)(101,6741)(10)^6}{(0,9)(0,85)(25)(300)}}$$

$$= 68,946$$

$$- \beta = 0,85$$

$$- c_{\max} = 811,113$$

karena $C < C_{\max}$ maka $\Phi = 0,9$

$$- A_s = \frac{(101,6741)(10)^6}{(0,9)(420)(291,5 - \frac{68,946}{12})} = 1046,501 \text{ mm}^2$$

Cek A_s Min dan A_s Max

$$- A_s \text{ min} = \frac{1,4}{420} (300) (291,5) = 291,5 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} > A_s \text{ Min}$ Maka digunakan 1046,501 mm²

$$- A_s \text{ max} = (0,36) (0,85) (25) (300) (\frac{291,5}{420}) = 1592,839 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ max}$, maka digunakan $A_s \text{ perlu}$ 1046,501 mm²

$$\begin{aligned}
 - n &= \frac{1046,501}{\frac{1}{4}\pi 25^2} = 2,132 = 3 \text{ Buah} \\
 - \text{Spasi} &= \frac{300-2(40)-2(6)-25}{3-1} = 92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan **Tulangan Longitudinal Tumpuan 3D25**

➤ Tulangan Longitudinal Lapangan ($\mu = 81,2106$)

$$\begin{aligned}
 - a &= 53,459 \\
 - \beta &= 0,85 \\
 - c &= 62,893 \text{ mm} \\
 - c_{\max} &= (0,375) (291,5) = 109,313
 \end{aligned}$$

Karena $c < C_{\max}$, maka $\Phi = 0,9$

$$- A_s = 811,430 \text{ mm}^2$$

Cek $A_s \text{ min } A_s \text{ max}$

$$\begin{aligned}
 - A_s \text{ min} &= 291,5 \text{ mm}^2 \\
 - A_s \text{ max} &= 1592,839 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\text{Maka digunakan } A_s \text{ Perlu} = 811,430$$

$$\begin{aligned}
 - n &= 1,632 = 3 \text{ buah} \\
 - \text{Spasi} &= 183 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan **Tulangan Longitudinal Lapangan 3D25**

➤ Tulangan Geser Tumpuan ($V_u = -75,522 \text{ KN}$)

$$\begin{aligned}
 \Phi V_c &= \frac{(0,75) (0,17) (1)(\sqrt{25})(300)(291,5)}{1000} \\
 &= 55,749
 \end{aligned}$$

Di daerah tumpuan $V_u > \Phi V_c$ maka diperlukan tulangan geser:

$$\text{Syarat} = \Phi (V_c + V_s) \geq V_u$$

Bagian yang harus didukung tulangan geser:

$$\begin{aligned}\Phi V_s &= V_u - \Phi V_c = 75,522 - 55,749 \\ &= 19,773 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$V_s = \frac{19,773}{0,75} = 26,364 \text{ KN}$$

Periksa Batasan dimensi penampang

$$\text{Syarat } V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c} b_w d$$

$$0,66 \sqrt{f_c} b_w d = (0,66)(\sqrt{25})(300)(291,5) = 288585 \text{ N}$$

$$V_s = 26363,5 \text{ N} < 288585 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

Menghitung Spasi Senggang

$$S = 2\left(\frac{1}{4}\pi 6^2\right) \left(280 \times \left(\frac{291,5}{2636,5}\right)\right) = 175,072 \quad (\text{Dicoba 2 kaki})$$

Cek Spasi Senggang di daerah Tumpuan:

$$0,33 \sqrt{f_c} b_w d = 144292,5 \text{ N}$$

$$V_s = 26363,5 \text{ N}$$

$26363,5 \text{ N} \leq 144292,5 \text{ N}$, Maka syarat $S = 175 \leq d/2 = 145,75 \text{ mm}$ atau 600 mm (Not Okay)

Jadi digunakan Tulangan Geser Tumpuan 2D10-100

➤ Tulangan Geser Tulangan lapangan ($V_u = 79,756 \text{ KN}$)

$$\Phi V_c = 55,749 \text{ KN}$$

Di daerah tumpuan karena $V_u > \Phi V_c$ maka perlu adanya tuangan geser

$$\text{Syarat: } \Phi(V_c + V_s) \geq V_u$$

Bagian yang harus didukung tulangan geser

$$\Phi V_s = 24,007 \text{ KN}$$

$$V_s = 32,009 \text{ KN}$$

Periksa Batasan dimensi penampang syarat

$$\text{Syarat } V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c} \text{ bw. D}$$

$$0,66 \sqrt{f_c} \text{ bw. D} = 288585 \text{ N}$$

$$V_s = 32008,83 \text{ N}$$

$$32008,83 \text{ N} \leq 288585 \text{ N (OK)}$$

Menghitung Spasi Sengkang

$$S = 144,195 \text{ mm} = \text{dicoba } 2 \text{ kaki}$$

Cek Spasi Sengkang di daerah tumpuan

$$0,33 \sqrt{f_c} \text{ bw. D} = 144292,5 \text{ N}$$

$$V_s = 32008,83 \text{ N}$$

$$32008,83 \text{ N} < 144292 \text{ N}$$

Maka, syarat $S = 144,195 \text{ mm} < d/2 = 145,75 \text{ mm}$ atau 600 mm (OK)

Jadi digunakan Tulangan Geser Lapangan 2D10-140 mm

Rekapan Balok Anak

Tabel 2.13.2 Rekapan Perhitungan Perencanaan Balok Anak Bangunan Pengelola

KETERANGAN	DIMENSI BALOK ANAK	
	300x350	200x250
d (mm)	291,5	194,5
Mu tumpuan (KN m)	-101,6741	-40,3979
Mu lapangan (KN m)	81,2106	10,913
Vu Tumpuan (KN)	-75,522	-38,389
Vu lapangan (KN)	79,756	27,681
Tulangan Longitudinal Tumpuan	3D25	3D19
Tulangan Longitudinal Lapangan	2D25	2D19
Tulangan Geser Tumpuan	2D10-100	2D10-100
Tulangan Geser Lapangan	2D10-140	2D10-110

2.14 Perencanaan Balok Induk

2.14.1 Bangunan Pameran Dan Perpustakaan

BI 1 400x600 mm

- $b = 400 \text{ mm}$
- $h = 600 \text{ mm}$
- Selimut Beton = 40 mm
- Diameter Tulangan Utama = 22 mm
- Diameter Tulangan Sengkang = 13 mm
- $f_c = 25 \text{ MPa}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- $F_{yt} = 280 \text{ MPa}$
- $M_u \text{ Lapangan} = 259,9 \text{ kNm}$
- $M_u \text{ Tumpuan} = -344,98 \text{ kNm}$
- $V_u \text{ Lapangan} = -421,16 \text{ kN}$
- $V_u \text{ Tumpuan} = -423,78 \text{ kN}$
- $d = 600 - 40 - 13 - 0,5 \times 22 = 536 \text{ mm}$

➤ Tulangan Longitudinal Tumpuan

$$- M_{n_{req}} = \frac{M_{u_{tump}}}{\phi} = \frac{-344,98}{0,9} = -383,311 \text{ kNm}$$

$$- a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \times |M_{n_{req}}|}{0,85 \times f'_c \times b}}$$

$$= 536 - \sqrt{536^2 - \frac{2 \times |-383,311| \times 10^6}{0,85 \times 25 \times 400}}$$

$$= 92,035 \text{ mm}$$

$$- c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{92,035}{0,85} = 108,276 \text{ mm}$$

$$- \epsilon_s = \frac{0,003(d-c)}{c} = \frac{0,003(536-108,276)}{108,276} = 0,012$$

$$\epsilon_s > 0,005 \rightarrow \text{Ok}$$

$$- A_{s_{req}} = 0,85 \times f'_c \times \frac{a \times b}{F_y} = 0,85 \times 25 \times \frac{92,035 \times 400}{420} = 1.862,608 \text{ mm}^2$$

$$- n = \frac{A_{s_{req}}}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{1.862,608}{0,25 \times \pi \times 22^2} = 4,899 \approx 5 \text{ Tulangan}$$

Cek Kebutuhan Luas Tulangan

$$- A_{s_{min1}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{F_y} \times b \times d = \frac{0,25 \times \sqrt{25}}{420} \times 400 \times 536 = 638,095 \text{ mm}^2$$

$$- A_{s_{min2}} = \frac{1,4}{F_y} \times b \times d = \frac{1,4}{420} \times 400 \times 536 = 714,667 \text{ mm}^2 \text{ (Digunakan)}$$

$$- A_{s_{max}} = 0,36 \times \beta_1 \times f'c \times \frac{b \times d}{F_y}$$

$$= 0,36 \times 0,85 \times 25 \times \frac{400 \times 536}{420}$$

$$= 3.905,143 \text{ mm}^2$$

$$- A_{s_{use}} = n \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 = 1.901 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min2}} < A_{s_{use}} < A_{s_{max}} \rightarrow \text{Ok}$$

$$- S = \frac{b - 2 \times s_{beton} - 2 \times d_{sengkang} - D}{n - 1}$$

$$= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 22}{5 - 1}$$

$$= 68 \text{ mm}$$

Cek Spasi

$$- S > 25 \text{ mm} \rightarrow 68 > 25 \rightarrow \text{Ok}$$

$$- S > d_b \rightarrow 68 > 22 \rightarrow \text{Ok}$$

Cek Keamanan

$$- a = \frac{n \times A_{s1} \times F_y}{0,85 \times f'c \times bw} = \frac{5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \times 420}{0,85 \times 25 \times 400} = 93,915 \text{ mm}$$

$$- c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{93,915}{0,85} = 110,488 \text{ mm}$$

$$- \epsilon_s = \frac{0,003 \times (d - c)}{c} = \frac{0,003 \times (536 - 110,488)}{110,488} = 0,0116$$

$$\epsilon_s > 0,005 \rightarrow \text{terkendali tarik}$$

$$- \phi Mn = n \times A_{s1} \times F_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \times 420 \times \left(536 - \frac{93,915}{2}\right) \times 0,9$$

$$= 351,353 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn > Mu \rightarrow \text{Ok}$$

Sehingga digunakan **Tulangan Longitudinal Tumpuan 5D22**

➤ **Tulangan Longitudinal Lapangan**

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti tulangan longitudinal tumpuan sebelumnya diperoleh:

– $M_{n_{req}} = 288,778 \text{ kNm}$

– $a = 67,654 \text{ mm}$

– $c = 79,593 \text{ mm}$

– $\epsilon_s = 0,0172$

$\epsilon_s > 0,005 \rightarrow \text{Ok}$

– $A_{s_{req}} = 1.369,18 \text{ mm}^2$

– $n = 3,602 \approx 4 \text{ Tulangan}$

Cek Kebutuhan Luas Tulangan

– $A_{s_{min1}} = 638,095 \text{ mm}^2$

– $A_{s_{min2}} = 714,667 \text{ mm}^2$

– $A_{s_{max}} = 3.905,14 \text{ mm}^2$

– $A_{s_{use}} = 1.521 \text{ mm}^2$

$A_{s_{min2}} < A_{s_{use}} < A_{s_{max}} \rightarrow \text{Ok}$

– $S = 91 \text{ mm}$

Cek Spasi

– $S > 25 \rightarrow 91 > 25 \rightarrow \text{Ok}$

– $S > d_b \rightarrow 91 > 22 \rightarrow \text{Ok}$

Cek Keamanan

– $a = 75,132 \text{ mm}$

– $c = 88,391 \text{ mm}$

– $\epsilon_s = 0,0152$

$\epsilon_s > 0,005$

$$- \phi M_n = 286,480 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{Ok}$$

Cek Syarat Tulangan Longitudinal

$$- 0,5 M_n (-) = \frac{351,353}{0,9} \times 0,5 = 195,196 \text{ kNm}$$

$$- M_n (+) = \frac{286,480}{0,9} = 318,311 \text{ kNm}$$

$$M_n (+) > 0,5 M_n (-) \rightarrow \text{Ok}$$

$$- 0,25 M_{n_{\max}} = 0,25 \times 351,353 = 97,598 \text{ kNm}$$

$$- M_n (+) = 318,311 \text{ kNm}$$

$$M_n (+) > 0,25 M_{n_{\max}} \rightarrow \text{Ok}$$

$$- M_n (-) = \frac{351,353}{0,9} = 390,392 \text{ kNm}$$

$$M_n (-) > 0,25 M_{n_{\max}} \rightarrow \text{Ok}$$

Sehingga, digunakan **Tulangan Longitudinal Lapangan 4D22**

➤ Tulangan Transversal

– Menghitung M_{pr}

Tumpuan (-):

$$\begin{aligned} a_{pr} &= \frac{1,25 \times F_y \times n \times A_s}{0,85 \times f'_c \times b_w} \\ &= \frac{1,25 \times 420 \times 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2}{0,85 \times 25 \times 400} \\ &= 117,394 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,25 \times F_y \times n \times A_s \times \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 420 \times 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \times \left(536 - \frac{117,394}{2} \right) \\ &= 476.276.056 \text{ Nmm} \\ &= 476,276 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tumpuan (+)

$$\begin{aligned} a_{pr} &= \frac{1,25 \times F_y \times n \times A_s}{0,85 \times f'_c \times b \times w} \\ &= \frac{1,25 \times 420 \times 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2}{0,85 \times 25 \times 400} \\ &= 93,915 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,25 \times F_y \times n \times A_s \times \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 420 \times 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \times \left(536 - \frac{93,915}{2} \right) \\ &= 390.392.152 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

– Menghitung Gaya Geser Desain (Ve)

$$L_n = \text{Lebar Bentang} - \text{Lebar Kolom} = 7.000 - 600 = 6.400 \text{ mm}$$

$$VE1 = \frac{M_{pr1} (-) + M_{pr2} (+)}{L_n}$$

$$VE2 = \frac{M_{pr1} (+) + M_{pr2} (-)}{L_n}$$

Tabel 2.14.1 Rekapitulasi Gaya Pada Tulangan Transversal BI 1 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Gaya (kN) dan Momen (kNm)	Tumpuan Kiri (1)	Tumpuan Kanan (2)
Mpr (-)	476,276	476,276
Mpr (+)	390,392	390,392
VE	135,417	135,417
VG	423,780	423,780

$$V_{e \text{ gempa ki (1)}} = V_G (1) - V_E (1) = 423,780 - 135,417 = 288,363 \text{ kN}$$

$$V_{e \text{ gempa ki (2)}} = V_G (2) + V_E (2) = 418,530 + 135,417 = 553,947 \text{ kN}$$

$$V_{e \text{ gempa ka (1)}} = V_G (1) + V_E (1) = 423,780 + 135,417 = 559,197 \text{ kN}$$

$$V_{e \text{ gempa ka (2)}} = V_G (2) - V_E (2) = 418,530 - 135,417 = 283,113 \text{ kN}$$

– Kebutuhan Tulangan Tumpuan

a. $V_e > 0,5 V_u \rightarrow \text{Ok}$

$$P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20} \rightarrow 982,64 < \frac{400 \times 600 \times 25}{20} \rightarrow 982,640 < 300 \text{ Ok}$$

Sehingga, $V_c \neq 0$

b. Kebutuhan Tulangan Geser

Dicoba 4 kaki

$$A_v = 4 \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 = 530,929 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 400 \times 536 \\ &= 182.240 \text{ N} \\ &= 182,240 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{559,197}{0,75} - 182,240 = 563,536 \text{ kN}$$

c. Cek Batasan Dimensi

$$V_s < 0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \rightarrow 563,356 < 0,66 \times \sqrt{25} \times 400 \times 536$$

$$563,356 < 707,520 \rightarrow \text{Ok}$$

d. Cek Spasi

$$s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{V_s} = \frac{530,929 \times 280 \times 536}{563,356} = 141,441 \text{ mm}$$

$$0,33 \times f'_c \times b_w \times d = 0,33 \times 25 \times 400 \times 536 = 353,760 \text{ kN}$$

$V_s > 0,33 \times f'_c \times b_w \times d$, sehingga

$$s \leq \frac{d}{4} \rightarrow 141,441 \leq \frac{536}{4} \rightarrow 141,441 \leq 134 \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Maka, digunakan **Tulangan Geser 4D13-100**

– Kebutuhan Tulangan Lapangan

$$\text{a. } V_e \text{ Lapangan } G_{ki} = \frac{Ln-2h}{Ln} (V_e g_{ki} \text{ max} - V_e g_{ki} \text{ min}) + V_e g_{ki} \text{ min}$$

$$= \frac{6,4-2 \times 0,6}{6,4} (553,947 - 288,363) + 288,363$$

$$= 504,150 \text{ kN}$$

$$V_e \text{ Lapangan } G_{ka} = \frac{Ln-2h}{Ln} (V_e g_{ka} \text{ max} - V_e g_{ka} \text{ min}) + V_e g_{ka} \text{ min}$$

$$= \frac{6,4-2 \times 0,6}{6,4} (559,197 - 282,113) + 282,113$$

$$= 507,431 \text{ kN}$$

Sehingga digunakan $V_e \text{ Lapangan} = 507,431 \text{ kN}$

b. Kebutuhan Tulangan Geser

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 400 \times 536$$

$$= 182.240 \text{ N}$$

$$= 182,240 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,9 \times 182,240 = 136,680 \text{ kN} \Rightarrow \phi V_c < V_u$$

Sehingga, dibutuhkan tulangan geser

c. Cek Batasan Dimensi

$$V_s = \frac{V_e \text{ Lapangan}}{\phi} - V_c = \frac{507,431}{0,75} - 182,240 = 494,335 \text{ kN}$$

$$0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 707,520$$

$$V_s < 0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \Rightarrow \text{Ok}$$

d. Cek spasi

$$A_v = 4 \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 = 530,929 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times F_y \times d}{V_s} = \frac{530,929 \times 280 \times 536}{494,335} = 161,190 \text{ mm}$$

$$0,33 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d = 0,33 \times \sqrt{25} \times 400 \times 536 = 353,760 \text{ kN}$$

$$0,33 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d < V_s$$

Sehingga, $s \leq \frac{d}{4} \Rightarrow 161,190 \leq \frac{536}{4} \Rightarrow 161,190 \leq 134 \Rightarrow$ Tidak Ok

Maka, digunakan **Tulangan Geser 4D13-120**

BI 2 400x550

- $b = 400$
- $h = 550$
- Selimut Beton = 40 mm
- Diameter Tulangan Utama = 22 mm
- Diameter Sengkang = 13 mm
- M_u Lapangan = 182,5 kNm
- M_u Tumpuan = -285,12 kNm
- V_u Lapangan = -343,71 kN
- V_u Tumpuan = -346,23 kN
- $f'c = 25 \text{ Mpa}$
- $F_y = 420 \text{ Mpa}$
- $F_{yt} = 280 \text{ Mpa}$
- $d = 486 \text{ mm}$

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti BI 400x600 maka diperoleh:

➤ Tulangan Longitudinal

**Tabel 2.14.2 Rekapitulasi Gaya Tulangan Longitudinal Pada BI 2
Bangunan Pameran dan Perpustakaan**

Keterangan	Tumpuan	Lapangan
$M_{n_{req}}$ (kNm)	316,8	202,778
a (mm)	83,937	51,853
c (mm)	98,749	61,004
ϵ_s	0,012	0,021
$\epsilon_s > 0,005$	Ok	Ok
$A_{s_{req}}$ (mm ²)	1.698,721	1.049,41
n	5	3
Cek Kebutuhan Luas Tulangan		
$A_{s_{min1}}$ (mm ²)	578,571	578,571
$A_{s_{min2}}$ (mm ²)	648	648
$A_{s_{max}}$ (mm ²)	3.540,857	3.540,857
$A_{s_{use}}$ (mm ²)	1.901	1.140
$A_{s_{min}} < A_{s_{use}} < A_{s_{max}}$	Ok	Ok
Cek Spasi		
S (mm)	68	136
$S > 25$	Ok	Ok
$S > d_b$	Ok	Ok
Cek Keamanan		
a (mm)	93,915	56,349
c (mm)	110,488	66,293
ϵ_s	0,010	0,019
$\epsilon_s > 0,005$	Ok	Ok
ϕM_n (kNm)	315,430	197,355
$\phi M_n > M_u$	Ok	Ok
Digunakan	5D22	3D22

➤ Cek Syarat Tulangan Longitudinal

– $0,5 \times M_n (-) = 175,239 \text{ kNm}$

– $M_n (+) = 219,283 \text{ kNm}$

$M_n (+) > 0,5 \times M_n (-) \rightarrow \text{Ok}$

– $0,25 \times M_{n_{max}} = 87,620 \text{ kNm}$

– $M_n (+) = 219,283 \text{ kNm}$

$$M_n (+) > 0,25 \times M_{n_{\max}} \rightarrow \text{Ok}$$

$$- M_n (-) = 350,479 \text{ kNm}$$

$$M_n (-) > 0,25 \times M_{n_{\max}} \rightarrow \text{Ok}$$

➤ Tulangan Transversal

– Menghitung Mpr

Tumpuan (-):

$$a_{pr} = 117,394 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 426.383.638 \text{ Nmm}$$

Tumpuan (+):

$$a_{pr} = 70,436 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 269.887.143 \text{ Nmm}$$

– Menghitung Gaya Geser Desain (Ve)

Tabel 2.14.3 Rekapian Gaya Tulangan Transversal Pada BI 2 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Gaya (kN) dan Momen (kNm)	Tumpuan Kiri (1)	Tumpuan Kanan (2)
Mpr (-)	426,384	426,384
Mpr (+)	269,887	269,887
VE	118,012	118,012
VG	346,23	341,19
Ve gemp ki	228,218	459,002
Ve gemp ka	464,242	223,178

– Kebutuhan Tulangan Tumpuan

a. $V_e > 0,5V_u \rightarrow \text{Ok}$

$$P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20} \rightarrow 742,35 < 275 \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Sehingga, $V_c \neq 0$

b. Kebutuhan Tulangan Geser

$$A_v = 3 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 = 398,197 \text{ mm}^2 \text{ (Dicoba 3 kaki)}$$

$$V_c = 165,240 \text{ kN}$$

$$V_s = 453,749 \text{ kN}$$

c. Cek Batasan Dimensi

$$V_s < 0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \rightarrow 453,749 < 641,520 \rightarrow \text{Ok}$$

$$s = 119,42 \text{ mm}$$

d. Cek Spasi

$$0,33 \times f'_c \times b_w \times d = 320,760$$

$$V_s > 0,33 \times f'_c \times b_w \times d$$

$$\text{Sehingga, } s \leq \frac{d}{4} \Rightarrow 119,42 \leq 121,5 \Rightarrow \text{Ok}$$

Maka, digunakan **Tulangan Geser Tumpuan 3D13-100**

– Kebutuhan Tulangan Lapangan

a. $V_e \text{ Lap Gki} = 416,137 \text{ kN}$

$$V_e \text{ Lap Gka} = 419,297 \text{ kN}$$

$$\text{Sehingga digunakan } V_e \text{ Lap} = 419,297 \text{ kN}$$

b. Cek Keamanan

$$V_c = 165,240 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 123,930 \text{ kN}$$

$$\phi V_c < V_u \rightarrow \text{Dibutuhkan Tulangan Geser}$$

c. Cek Syarat Batasan Dimensi

$$V_s = 393,824 \text{ kN}$$

$$0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 641,520 \text{ kN}$$

$$0,66 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d > Vs \rightarrow \text{Ok}$$

d. Cek Spasi

$$A_v = 3 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$S = 137,59 \text{ mm}$$

$$0,33 \times bw \times \sqrt{f'c} \times d = 320,760 \text{ kN}$$

$$0,33 \times bw \times \sqrt{f'c} \times d < Vs$$

$$\text{Sehingga, } s \leq \frac{d}{4} \rightarrow 137,59 \leq 121,5 \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Maka, digunakan **Tulangan Geser apangan 3D13-120**

BI 3 400x500

- b = 400
- h = 500
- Selimut Beton = 40 mm
- Diameter Tulangan Utama = 22 mm
- Diameter Sengkang = 13 mm
- Mu Lapangan = 175,37 kNm
- Mu Tumpuan = -263,40 kNm
- Vu Lapangan = 313,34 kN
- Vu Tumpuan = 310,51 kN
- f'c = 25 Mpa
- Fy = 420 Mpa
- Fyt = 280 Mpa
- d = 436 mm

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti BI 400x550 maka diperoleh:

➤ Tulangan Longitudinal

**Tabel 2.14.4 Rekapitulasi Gaya Pada Tulangan Longitudinal BI 3
Bangunan Pameran dan Perpustakaan**

Keterangan	Tumpuan	Lapangan
$M_{n_{req}}$ (kNm)	292,667	194,856
a (mm)	87,814	56,201
c (mm)	103,311	66,118
ε_s	0,009	0,017
$\varepsilon_s > 0,005$	Ok	Ok
$A_{s_{req}}$ (mm ²)	1.777,195	1.137,392
n	$4,675 \approx 5$	$2,99 \approx 3$
Cek Kebutuhan Luas Tulangan		
$A_{s_{min1}}$ (mm ²)	519,047	519,047
$A_{s_{min2}}$ (mm ²)	581,333	581,333
$A_{s_{max}}$ (mm ²)	3.176,571	3.176,571
$A_{s_{use}}$ (mm ²)	1.901	1.140
$A_{s_{min}} < A_{s_{use}} < A_{s_{max}}$	Ok	Ok
Cek Spasi		
S (mm)	68	136
$S > 25$	Ok	Ok
$S > d_b$	Ok	Ok
Cek Keamanan		
a (mm)	93,915	56,349
c (mm)	110,488	66,293
ε_s	0,0088	0,017
$\varepsilon_s > 0,005$	Ok	Ok
ϕM_n (kNm)	279,508	175,802
$\phi M_n > M_u$	Ok	Ok
Digunakan	5D22	3D22

➤ Cek Syarat Tulangan Longitudinal

– $0,5 \times M_n (-) = 155,282 \text{ kNm}$

– $M_n (+) = 195,335 \text{ kNm}$

$M_n (+) > 0,5 \times M_n (-) \rightarrow \text{Ok}$

– $0,25 \times M_{n_{max}} = 77,641 \text{ kNm}$

- $M_n (+) = 195,335 \text{ kNm}$
 $M_n (+) > 0,25 \times M_{n_{\max}} \rightarrow \text{Ok}$
- $M_n (-) = 310,564 \text{ kNm}$
 $M_n (-) > 0,25 \times M_{n_{\max}} \rightarrow \text{Ok}$

➤ Tulangan Transversal

- Menghitung Mpr

Tumpuan (-):

$$a_{pr} = 117,394 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 376.491.219 \text{ Nmm}$$

Tumpuan (+):

$$a_{pr} = 70,436 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 239.951.692 \text{ Nmm}$$

- Menghitung Gaya Geser Desain (V_e)

Tabel 2.14.5 Rekapitulasi Gaya Pada Tulangan Transversal BI 3 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Gaya (kN) dan Momen (kNm)	Tumpuan Kiri (1)	Tumpuan Kanan (2)
Mpr (-)	376,491	376,491
Mpr (+)	239,952	239,952
VE	114,156	114,156
VG	307,690	313,340
Ve gemp ki	193,534	427,496
Ve gemp ka	421,846	199,184

- Kebutuhan Tulangan Tumpuan

a. $V_e > 0,5 V_u \rightarrow \text{Ok}$

$$P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20} \rightarrow 650,870 > 250 \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Sehingga, $V_c \neq 0$

b. Kebutuhan Tulangan Geser

$$A_v = 3 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 148,240 \text{ kN}$$

$$V_s = 421,755 \text{ kN}$$

c. Cek Batasan Dimensi

$$0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \rightarrow 575,520 \text{ kN}$$

$$0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d > V_s \rightarrow \text{Ok}$$

d. Cek Spasi

$$s = 115,261 \text{ mm}$$

$$0,33 \times f'_c \times b_w \times d = 287,760$$

$$0,33 \times f'_c \times b_w \times d < V_s$$

$$\text{Sehingga, } s \leq \frac{d}{4} \rightarrow 109 \leq 115,261 \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Maka, digunakan **Tulangan Geser Tumpuan 3D13-90**

– Kebutuhan Tulangan Lapangan

a. $V_e \text{ Lap Gki} = 384,169 \text{ kN}$

$$V_e \text{ Lap Gka} = 380,612 \text{ kN}$$

$$\text{Sehingga, digunakan } V_e \text{ Lap} = 384,169 \text{ kN}$$

b. Cek Kebutuhan Tulangan Geser

$$V_c = 148,240 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 111,18 \text{ kN}$$

c. Cek Syarat Batasan Dimensi

$$V_s = 363,986 \text{ kN}$$

$$0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 575,52$$

$$V_s < 0,66 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d \rightarrow \text{Ok}$$

d. Cek Spasi

$$A_v = 3 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$s = 133,554 \text{ mm}$$

$$0,33 \times bw \times \sqrt{f'c} \times d = 287,760 \text{ kN}$$

$$V_s > 0,33 \times bw \times \sqrt{f'c} \times d$$

$$\text{Sehingga, } s \leq \frac{d}{4} \rightarrow 133,554 \leq 109 \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Maka, digunakan **Tulangan Geser Lapangan 3D13-100**

BI 4 (400x450) mm

- b = 400 mm
- h = 450 mm
- Selimut Beton = 40 mm
- Diameter Tulangan Utama = 22 mm
- Diameter Sengkang = 13 mm
- Mu Lapangan = 80,420 kNm
- Mu Tumpuan = -180,210 kNm
- Vu Lapangan = 218,950 kN
- Vu Tumpuan = 216,830 kN
- $f'c = 25 \text{ MPa}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- $F_{yt} = 280 \text{ MPa}$
- d = 386 mm

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti BI 400x500 maka diperoleh:

➤ Tulangan Longitudinal

**Tabel 2.14.6 Rekapitulasi Gaya Pada Tulangan Longitudinal
BI 4 Bangunan Pameran dan Perpustakaan**

Keterangan	Tumpuan	Lapangan
$M_{n_{req}}$ (kNm)	200,233	89,356
a (mm)	66,81	28,269
c (mm)	78,599	33,258
ϵ_s	0,012	0,032
$\epsilon_s > 0,005$	Ok	Ok
$A_{s_{req}}$ (mm ²)	1.352,107	572,119
n	$3,55 \approx 4$	$1,51 \approx 2$
Cek Kebutuhan Luas Tulangan		
$A_{s_{min1}}$ (mm ²)	459,524	459,524
$A_{s_{min2}}$ (mm ²)	514,667	514,667
$A_{s_{max}}$ (mm ²)	2.812,286	2.812,29
$A_{s_{use}}$ (mm ²)	1.521	760
$A_{s_{min}} < A_{s_{use}} < A_{s_{max}}$	Ok	Ok
Cek Spasi		
S (mm)	91	272
$S > 25$	Ok	Ok
$S > d_b$	Ok	Ok
Cek Keamanan		
a (mm)	75,132	37,566
c (mm)	88,391	44,195
ϵ_s	0,010	0,023
$\epsilon_s > 0,005$	Ok	Ok
ϕM_n (kNm)	200,266	105,531
$\phi M_n > M_u$	Ok	Ok
Digunakan	4D22	2D22

➤ Cek Syarat Tulangan Longitudinal

– $0,5 \times M_n (-) = 111,259 \text{ kNm}$

– $M_n (+) = 117,257 \text{ kNm}$

$M_n (+) > 0,5 \times M_n (-) \rightarrow \text{Ok}$

– $0,25 \times M_{n_{max}} = 55,629 \text{ kNm}$

- $M_n (+) = 117,257 \text{ kNm}$
 $M_n (+) > 0,25 \times M_{n_{\max}} \rightarrow \text{Ok}$
- $M_n (-) = 222,518 \text{ kNm}$
 $M_n (-) > 0,25 \times M_{n_{\max}} \rightarrow \text{Ok}$

➤ Tulangan Transversal

- Menghitung Mpr

Tumpuan (-):

$$a_{pr} = 93,915 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 270.650.348 \text{ Nmm}$$

Tumpuan (+):

$$a_{pr} = 46,9676 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 144.696.481 \text{ Nmm}$$

- Menghitung Gaya Geser Desain (V_e)

Tabel 2.14.7 Rekapitulasi Gaya Tulangan Transversal Pada BI 4 Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Gaya (kN) dan Momen (kNm)	Tumpuan Kiri (1)	Tumpuan Kanan (2)
$M_{pr} (-)$	270,650	270,650
$M_{pr} (+)$	144,696	144,696
VE	94,397	94,397
VG	214,710	218,950
Ve gemp ki	120,313	313,347
Ve gemp ka	309,107	124,553

- Kebutuhan Tulangan Tumpuan

a. $V_e > 0,5 \times V_u \rightarrow \text{Ok}$

$$P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20} \rightarrow 525,28 < 225 \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Sehingga, $V_c \neq 0$

b. Kebutuhan Tulangan Geser

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 131,240 \text{ kN}$$

$$V_s = 286,556 \text{ kN}$$

c. Cek Batasan Dimensi

$$0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 509,520 \text{ kN}$$

$$V_s > 0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \rightarrow \text{Ok}$$

d. Cek Spasi

$$s = 100,125 \text{ mm}$$

$$0,33 \times f'_c \times b_w \times d = 254,760$$

$$V_s > 0,33 \times f'_c \times b_w \times d$$

$$\text{Sehingga, } s \leq \frac{d}{4} \rightarrow 100,125 \leq 96,5 \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Maka, digunakan **Tulangan Geser Tumpuan 2D13-90**

– Kebutuhan Tulangan Lapangan

a. $V_e \text{ Lap Gki} = 273,863 \text{ kN}$

$$V_e \text{ Lap Gka} = 271,357 \text{ kN}$$

$$\text{Sehingga, digunakan } V_e \text{ Lap} = 273,863 \text{ kN}$$

b. Cek Kebutuhan Tulangan Geser

$$V_c = 131,240 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 98,43 \text{ kN}$$

c. Cek Syarat Batasan Dimensi

$$V_s = 233,910 \text{ kN}$$

$$0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 509,52$$

$$V_s > 0,66 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d \rightarrow \text{Ok}$$

d. Cek Spasi

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$s = 122,660 \text{ mm}$$

$$0,33 \times bw \times \sqrt{f'c} \times d = 254,760$$

$$V_s < 0,33 \times bw \times \sqrt{f'c} \times d$$

$$\text{Sehingga, } s \leq \frac{d}{2} \rightarrow 122,660 \leq 193 \rightarrow \text{Ok}$$

Maka, digunakan **Tulangan Geser Lapangan 2D13-120**

2.14.2 Bangunan Pagelaran

BI 350x700 mm

- $b = 350 \text{ mm}$
- $h = 700 \text{ mm}$
- Selimut Beton = 40 mm
- Diameter Tulangan Utama = 25 mm
- Diameter Tulangan Sengkang = 10 mm
- $F_c = 25 \text{ MPa}$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- $F_{ys} = 280 \text{ MPa}$
- $M_u \text{ Tumpuan (-)} = -356,8 \text{ kNm}$
- $M_u \text{ Tumpuan (+)} = 116,06 \text{ kNm}$
- $M_u \text{ lapangan (-)} = -205,77 \text{ kN}$
- $M_u \text{ Lapangan (+)} = 324,44 \text{ kN}$
- $d = 700 - 40 - 10 - 25/2 = 637,5 \text{ mm}$

Syarat Tinggi efektif

$$L_n = 7200 \text{ mm} \geq 4D = 2550 \text{ mm (OK)}$$

Syarat lebar

$$B_w = 350 \text{ mm} \geq 0,3h = 210 \text{ mm (OK)}$$

TUMPUAN NEGATIF

$$\text{Jumlah Tulangan (n)} = 3 \text{ buah}$$

$$D_b = 29 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak bersih antar tulangan} = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 3 \times 29}{3 - 1} = 81,5 \text{ mm}$$

Cek Jarak bersih antar tulangan $\geq 29 \text{ mm}$ dan 25 mm (OK)

$$\frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 3 \times 25}{3 - 1} = 81,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \times \left(\frac{\pi}{4} \times 29^2 \right) = 1981,56 \text{ mm}^2$$

$$\frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 3 \times 25}{3 - 1} = 81,5 \text{ mm}$$

$$A_{smin1} = \frac{\sqrt{25} \times 0,25 \times 350 \times 637,5}{420} = 664,063 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin2} = \frac{1,4 \times 350 \times 637,5}{420} = 743,75 \text{ mm}^2$$

Cek A_{smin} = $A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ min}$ (OK)

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} = \frac{1981,56}{350 \times 637,5} = 0,88 \%$$

$$\rho_{max1} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,85 \times 25 \times (600 / (600 + 420))}{420} = 1,9\%$$

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} = \frac{1981,56}{350 \times 637,5} = 0,88 \%$$

$$\rho_{max2} = 1,9\%$$

Cek $A_s \text{ max}$ $\rho \leq \rho \text{ max}$ (OK)

$$M_n = 1981,56 \times 420 \times \left(637,5 - \frac{110,88}{2} \right) = 480,006$$

$$C = \frac{110,88}{0,85} = 130,447 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{(637,5 - 130,447) \times 0,003}{130,447} = 0,012$$

$$\Phi M_n = 0,9 \times 480,006 = 432,006 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek Kapasitas} &= \Phi M_n > M_u \\ &= 432,006 \text{ KNm} > 356,8 \text{ KNm (OK)} \end{aligned}$$

$$\text{As perlu} = \frac{356,8}{420 \times (637,5 - 110,88/2)} = 1459,512 \text{ mm}^2$$

TUMPUAN POSITIF

$$\text{Jumlah Tulangan (n)} = 4 \text{ buah}$$

$$D_b = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak bersih antar tulangan} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Cek jarak bersih} = 50 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OK)}$$

$$\text{Aspasang} = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$\text{Asmin1} = 664,063 \text{ mm}^2$$

$$\text{Asmin2} = 743,750 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek Asmin} = A_{\text{pasang}} \geq A_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

$$\rho = 0,88 \%$$

$$\rho_{\text{max1}} = 1,9\%$$

$$\rho_{\text{max2}} = 2,5 \%$$

$$\text{Cek As max} = \rho \leq \rho_{\text{max}} \text{ (OK)}$$

$$a = 110,880$$

$$M_n = 480,006$$

$$C = 130,447$$

$$\epsilon_s = 0,012$$

$$\Phi M_n = (0,9) \times (480,006)$$

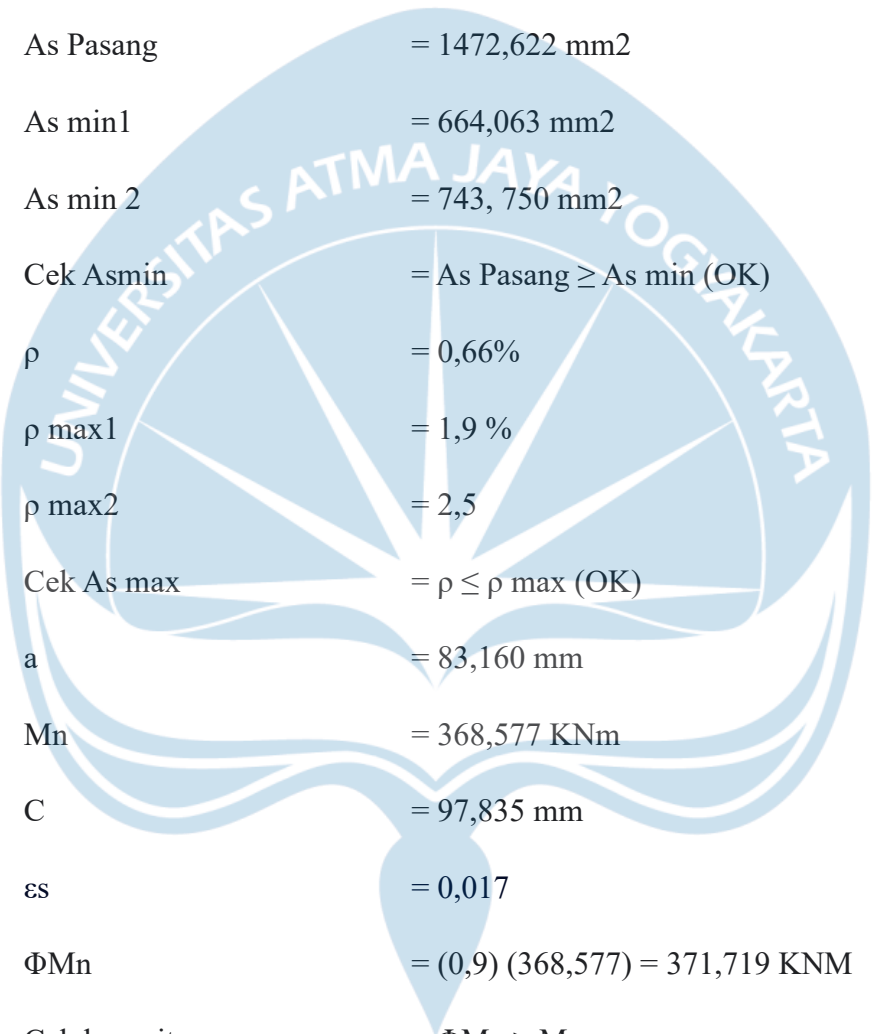
$$= 432,006$$

Cek kapasitas	$= \Phi M_n > M_u$
	$= 432,006 \text{ KNm} > 116,06 \text{ KN (OK)}$
Asperlu	$= 1459,512 \text{ mm}^2$

LAPANGAN NEGATIF

N	$= 3 \text{ buah}$
Db	$= 25 \text{ mm}$
Jarak bersih antar tulangan	$= 87,5 \text{ mm}$
Cek jarak bersih	$= 87,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OK)}$
Aspasang	$= 1472,622 \text{ mm}^2$
Asmin1	$= 664,063 \text{ mm}^2$
Asmin2	$= 743,750 \text{ mm}^2$
Cek Asmin	$= A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ min (OK)}$
ρ	$= 0,66 \%$
$\rho_{\max 1}$	$= 1,9 \%$
$\rho_{\max 2}$	$= 2,5 \%$
a	$= 83,160 \text{ mm}$
M_n	$= 368,577 \text{ KNm}$
C	$= 97,835 \text{ mm}$
ϵ_s	$= 0,017$
ΦM_n	$= 0,9 \times 368,577$
	$= 331,719 \text{ KNm}$
Cek Kapasitas	$= \Phi M_n > M_u$
	$= 331,719 > 205,77$
Asperlu	$= 822$

LAPANGAN POSITIF



n	= 3 buah
db	= 25 mm
jarak bersih antar tulangan	= 87,5mm
Cek jarak bersih	= 87,5 mm $\geq$ 25 mm (OK)
As Pasang	= 1472,622 mm ²
As min1	= 664,063 mm ²
As min 2	= 743, 750 mm ²
Cek Asmin	= As Pasang $\geq$ As min (OK)
ρ	= 0,66%
ρ max1	= 1,9 %
ρ max2	= 2,5
Cek As max	= $\rho \leq \rho$ max (OK)
a	= 83,160 mm
Mn	= 368,577 KNm
C	= 97,835 mm
ϵ_s	= 0,017
ΦM_n	= (0,9) (368,577) = 331,719 KNM
Cek kapasitas	= $\Phi M_n > M_u$
	= 331,719 > 324,44 (OK)
As perlu	= 1296,275 mm ²

Balok 250 x 450 mm

Mutu Beton = 25 MPa

Mutu Tulangan Longitudinal = 420 MPa

Mutu Tulangan Geser = 280 MPa

Kolom = 600 x 600 mm

Balok = 250x 450

Diameter Tulangan Longitudinal = 22 mm

Diameter Tulangan Sengkang = 10 mm

Selimut Beton = 40 mm

Bentang balok = 10800

$L_n = 10800 - 600 = 10200$ mm

$\Delta = 1$

Mu tumpuan (-) = -138,2 KNm

Mu tumpuan (+) = 116,76 KNm

Mu Lapangan (-) = -132,96 KNm

Mu Lapangan (+) = 98,48 KNm

$P_u = 29,76$ KN

$D = 389$ mm

Syarat Tinggi Efektif

$L_n = 10200 \text{ mm} \geq 4d = 4 (389)$

= 1556 mm

Syarat lebar

$B_w = 250 \text{ mm} \geq 0,3h = 0,3(450) \text{ atau } 250 \text{ mm (OK)}$

= 135 mm

TUMPUAN NEGATIF

n = 3 buah

db = 22 mm

Jarak bersih antara tulangan = 42 mm

Cek jarak bersih = 42 mm $\geq$ 22 mm dan 25 mm (OK)

Tabel 2.14.8 Pemeriksaan Nilai As Tumpuan Negatif Balok 250x450 Pada Bangunan Pagelaran

As Pasang mm ²	AsMin1 mm ²	As Min2 mm ²	Cek Asmin mm ² As Pasang $\geq$ As min	ρ %	ρ_{max1} %	ρ_{max2} %	Cek Asmax $\rho \leq \rho_{max}$
1140,398	289,435	324,167	OK	1,17	1,9	2,5	OK

a mm	Mn KNm	C mm	ϵ	Φ Mn KNm	Cek Kapasitas Φ Mn $\geq$ Mu (KNm)	As Perlu mm ²
1140,398	289,435	324,167	0,008	148,254	OK	956,754

TUMPUAN POSITIF

n = 3 buah

db = 22 mm

Jarak bersih antara tulangan = 42 mm

Cek jarak bersih = 42 mm $\geq$ 22 mm dan 25 mm (OK)

**Tabel 2.14.9 Pemeriksaan Nilai As Tumpuan Positif Balok 250x450 Pada
Bangunan Pagelaran**

As Pasang mm ²	AsMin1 mm ²	As Min2 mm ²	Cek Asmin mm ² As Pasang ≥ As min	ρ %	ρmax1 %	ρmax2 %	Cek Asmax ρ ≤ ρmax
1140,398	289,435	324,167	OK	1,17	1,9	2,5	OK

a mm	Mn KNm	C mm	ε	Φ Mn KNm	Cek Kapasitas Φ Mn ≥ Mu (KNm)	As Perlu mm ²
90,159	164,727	106,069	0,008	148,254	OK	808,326

LAPANGAN NEGATIF

n = 3 buah

db = 22 mm

Jarak bersih antara tulangan = 42 mm

Cek jarak bersih = 42 mm ≥ 22 mm dan 25 mm (OK)

Tabel 2.14.10 Pemeriksaan Nilai As Lapangan Negatif Balok 250x450 Pada Bangunan Pagelaran

As Pasang mm ²	AsMin1 mm ²	As Min2 mm ²	Cek Asmin mm ² As Pasang ≥ As min	ρ %	ρmax1 %	ρmax2 %	Cek Asmax ρ ≤ ρmax
1140,398	289,435	324,167	OK	1,17	1,9	2,5	OK

a mm	Mn KNm	C mm	ε	Φ Mn KNm	Cek Kapasitas Φ Mn ≥ Mu (KNm)	As Perlu mm ²
90,159	164,727	106,069	0,008	148,254	OK	920,478

LAPANGAN POSITIF

n = 3 buah

db = 22 mm

Jarak bersih antara tulangan = 42 mm

Cek jarak bersih = 42 mm ≥ 22 mm dan 25 mm (OK)

Tabel 2.14.11 Pemeriksaan Nilai As Lapangan Positif Balok 250x450 Pada Bangunan Pagelaran

As Pasang mm ²	AsMin1 mm ²	As Min2 mm ²	Cek Asmin mm ² As Pasang ≥ As min	ρ %	ρmax1 %	ρmax2 %	Cek Asmax ρ ≤ ρmax
1140,398	289,435	324,167	OK	1,17	1,9	2,5	OK

a mm	Mn KNm	C mm	ε	Φ Mn KNm	Cek Kapasitas Φ Mn ≥ Mu (KNm)	As Perlu mm ²
90,159	164,727	106,069	0,008	148,254	OK	681,774

Balok 450x900 mm

Mutu Beton	= 25 MPa
Mutu Tulangan Longitudinal	= 420 MPa
Mutu Tulangan Geser	= 25 MPa
Kolom	= 800 x 800 mm
Balok	= 450x 900
Diameter Tulangan Longitudinal	= 29 mm
Diameter Tulangan Sengkang	= 10 mm
Selimut Beton	= 40 mm
Bentang balok	= 10800
L_n	= 10800-800 = 10000 mm
Δ	= 1
Mu tumpuan (-)	= -489,371 KNm
Mu tumpuan (+)	= 296,222 KNm
Mu Lapangan (-)	= -328,405 KNm
Mu Lapangan (+)	= 275,58 KNm
P_u	= 29,76 KN
d	$= 900 - 40 - 10 - \frac{29}{2}$ $= 835,5 \text{ mm}$

Syarat Tinggi Efektif

$$\begin{aligned} L_n &= 10000 \text{ mm} \geq 4d = 4 (835,5) \\ &= 3342 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat lebar

$$B_w = 450 \text{ mm} \geq 0,3h = 0,3(900)$$

$$= 270 \text{ mm (OK)}$$

Lapangan Positif

$$n = 3 \text{ buah}$$

$$d_b = 29 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak bersih antara tulangan} = 131,5 \text{ mm}$$

$$\text{Cek jarak bersih} = 131,5 \text{ mm} \geq 29 \text{ mm dan } 25 \text{ mm (OK)}$$

Tabel 2.14.12 Pemeriksaan Nilai As Lapangan Positif Balok 450x900 Pada Bangunan Pagelaran

As Pasang mm^2	AsMin1 mm^2	As Min2 mm^2	Cek Asmin mm^2 As Pasang $\geq$ As min	ρ %	$\rho_{\max 1}$ %	$\rho_{\max 2}$ %	Cek Asmax $\rho \leq \rho_{\max}$
1981,560	1118,973	1253,250	OK	0,53	1,9	2,5	OK

a mm	Mn KNm	C mm	ϵ	Φ Mn KNm	Cek Kapasitas Φ Mn $\geq$ Mu (KNm)	As Perlu mm^2
87,033	659,132	102,393	0,021	593,219	OK	1471,204

Tumpuan Positif

$$n = 3 \text{ buah}$$

$$d_b = 29 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak bersih antara tulangan} = 131,5 \text{ mm}$$

$$\text{Cek jarak bersih} = 131,5 \text{ mm} \geq 29 \text{ mm dan } 25 \text{ mm (OK)}$$

Tabel 2.14.13 Pemeriksaan Nilai As Tumpuan Positif Balok 450x900 Bangunan Pagelaran

As Pasang mm ²	AsMin1 mm ²	As Min2 mm ²	Cek Asmin mm ² As Pasang ≥ As min	ρ %	ρmax1 %	ρmax2 %	Cek Asmax ρ ≤ ρmax
1981,560	1118,973	1253,250	OK	0,53	1,9	2,5	OK

a mm	Mn KNm	C mm	ε	Φ Mn KNm	Cek Kapasitas Φ Mn ≥ Mu (KNm)	As Perlu mm ²
87,033	659,132	102,393	0,021	593,219	OK	890,537

Lapangan Negatif

n = 2 buah

db = 29 mm

Jarak bersih antara tulangan = 292 mm

Cek jarak bersih = 292 mm ≥ 29 mm dan 25 mm (OK)

Tabel 2.14.14 Pemeriksaaan Nilai As Lapangan Negatif Balok 450x900 Pada Bangunan Pagelaran

As Pasang mm ²	AsMin1 mm ²	As Min2 mm ²	Cek Asmin mm ² As Pasang ≥ As min	ρ %	ρmax1 %	ρmax2 %	Cek Asmax ρ ≤ ρmax
1321,040	1118,973	1253,250	OK	0,35	1,9	2,5	OK

a mm	Mn KNm	C mm	ε	Φ Mn KNm	Cek Kapasitas Φ Mn ≥ Mu (KNm)	As Perlu mm ²
58,022	447,470	68,261	0,034	402,723	OK	813,579

2.14.3 Bangunan Pengelola

Balok 350x400

Mutu Beton	= 25 MPa
Mutu Tulangan Lentur (Fys)	= 420 MPa
Mutu Tulangan Geser	= 280 MPa
Kolom	= 600x600 mm
Lebar balok (b)	= 350 mm
Tinggi Balok (h)	= 400 mm
Diameter Tulangan lentur (utama)	= 22 mm
Diameter Tulangan geser (Sengkang)	= 10 mm
Selimut Beton	= 40 mm
Bentang balok (l)	= 4150 mm
Bentang bersih balok (ln)	= 3550 mm
Tumpuan (-)	= 214,2011 kNm
Tumpuan (+)	= 216,383 kNm

TUMPUAN NEGATIF

- Geometri Balok (SNI 2847: 2019)

$$h = \frac{1}{18,5} = \frac{4150}{18,5} = 224,324 \text{ mm} < h \text{ balok} = 400 \text{ mm (OK)}$$

- Syarat Dimensi Penampang

$$l_n \geq 4d$$

$$d = 150 - 40 - 6 - (0,5 \times 22) = 339 \text{ mm}$$

$$4d = 1356 \text{ mm}$$

$$l_n = 3550 \text{ mm} \geq 4d = 1356 \text{ mm (OK)}$$

- $B_w \geq 0,3h$ atau 250 mm

$$0,3 \times 400 = 120 \text{ mm}$$

$$B_w = 350 \text{ mm} \geq 0,3h = 120 \text{ mm (OK)}$$

$$B_w = 350 \text{ mm} \geq 250 \text{ mm (OK)}$$

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan

- Menghitung Momen Nominal

$$M_n \text{ perlu} = \frac{214,201}{0,9} = 238,001 \text{ kNm}$$

- Menghitung Tinggi Balok tekan beton & Letak garis Netral

$$a = 339 - \sqrt{339^2 - \frac{2|238,001|}{0,85 \times 25 \times 350}} = 113,344 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{113,344}{0,85} = 133,346 \text{ mm}$$

- Cek Regangan Tulangan

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,003 \times \frac{339,346}{136,346} = 0,005 > 0,004 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

- Menghitung Kebutuhan Tulangan (As Perlu)

$$A_s \text{ Perlu} = \frac{0,85 \times 25 \times 113,344 \times 350}{420} = 2007,132 \text{ mm}^2$$

- Menghitung & Kontrol Tulangan Terpasang (As Pakai)

$$\text{Kebutuhan tulangan (n)} = \frac{2007,132}{\frac{1}{4} \pi \times 22^2} = 5,280$$

Sehingga digunakan **6D22**

$$A_s \text{ Pakai} = 6 \times \frac{\pi \cdot 22^2}{4} = 2280,796 \geq A_s \text{ perlu}$$

$$A_s \text{ min1} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{25}}{420} \times 350 \times 339 = 353,125 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min2} = \frac{1,4}{420} \times 350 \times 339 = 395,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min}$$

$$A_s \text{ max} = 0,36 \times 0,85 \times 25 \times 350 \times 339 = 907672,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \leq A_s \text{ max}$$

- Cek Spasi Tulangan

$$\frac{300 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 22}{10 - 1} = 45,6 \text{ mm}$$

- Kekuatan Nominal

$$a = 129,882$$

$$c = 152,803$$

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,004$$

$$M_n = 1247162824$$

$$\Phi M_n = 1122,46 \text{ kNm} > M_u = 214,2011 \text{ kNm}$$

TUMPUAN POSITIF

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan
 - Menghitung Momen Nominal
 $M_n \text{ perlu} = 240,426 \text{ KNm}$
 - Menghitung Tinggi Balok tekan beton & Letak garis Netral
 $a = 114,793 \text{ mm}$
 $c = 135,051 \text{ mm}$
 - Cek Regangan Tulangan
 $\epsilon_s = \epsilon_t = 0,005 \text{ (Terkendali Tarik)}$
 - Menghitung Kebutuhan Tulangan (As Perlu)
 $A_s \text{ Perlu} = 2032,794 \text{ mm}^2$
 - Menghitung & Kontrol Tulangan Terpasang (As Pakai)
 $\text{Kebutuhan tulangan (n)} = 5,348$
 Sehingga digunakan **6D22**
 $A_s \text{ Pakai} = 2280,796 \text{ mm}^2$
 $A_s \text{ min1} = 353,125 \text{ mm}^2$
 $A_s \text{ min2} = 395,5 \text{ mm}^2$
 $A_s \text{ max} = 907672,5 \text{ mm}^2$
 Kesimpulan: Menggunakan As pakai

- Cek Spasi Tulangan

$$\frac{250-2 \times 40-2 \times 10-22}{10-1} = 124 \text{ mm}$$

- Kekuatan Nominal

$$a = 128,798 \text{ mm}$$

$$c = 151,526 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,004$$

$$M_n = 414306657,1 \text{ Nmm}$$

$$\Phi M_n = 372,88 \text{ kNm}$$

$$\text{Kesimpulan } \Phi M_n = 372,88 \text{ kNm} > M_u = 216,383 \text{ kNm}$$

Balok 500x250

$$\text{Mutu Beton} = 25 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Tulangan Lentur (Fys)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Tulangan Geser} = 280 \text{ MPa}$$

$$\text{Kolom} = 600 \times 600 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Balok (h)} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter Tulangan lentur (utama)} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter Tulangan geser (Sengkang)} = 10 \text{ mm}$$

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

$$\text{Bentang balok (l)} = 6000 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang bersih balok (ln)} = 5400 \text{ mm}$$

$$\text{Tumpuan (-)} = 77,6312 \text{ kNm}$$

$$\text{Tumpuan (+)} = 50,0968 \text{ kNm}$$

TUMPUAN NEGATIF

- Geometri Balok (SNI 2847: 2019)

$$h = \frac{1}{18,5} = \frac{6000}{18,5} = 324,324 \text{ mm} < h \text{ balok} = 500 \text{ mm}$$

- Syarat Dimensi Penampang

$$L_n \geq 4d$$

$$d = 500 - 40 - 10 - (0,5 \times 22) = 439 \text{ mm}$$

$$4d = 1756 \text{ mm}$$

$$L_n = 5400 \text{ mm} \geq 4d = 1756 \text{ mm}$$

- $B_w \geq 0,3h$ atau 250 mm

$$0,3 \times 500 = 120 \text{ mm}$$

$$B_w = 250 \text{ mm} \geq 0,3h = 120 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$B_w = 250 \text{ mm} \geq 250 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan

- Menghitung Momen Nominal

$$M_n \text{ perlu} = \frac{77,6312}{0,9} = 86,257 \text{ kNm}$$

- Menghitung Tinggi Balok tekan beton & Letak garis Netral

$$a = 439 - \sqrt{439^2 - \frac{2|86,257|}{0,85 \times 25 \times 250}} = 38,690 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{38,690}{0,85} = 133,346 \text{ mm}$$

- Cek Regangan Tulangan

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,003 \times \frac{439 - 45,518}{45,518} = 0,026 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

- Menghitung Kebutuhan Tulangan (As Perlu)

$$A_s \text{ Perlu} = \frac{0,85 \times 25 \times 250 \times 38,69}{420} = 489,387 \text{ mm}^2$$

- Menghitung & Kontrol Tulangan Terpasang (As Pakai)

$$\blacksquare \text{ Kebutuhan tulangan (n)} = \frac{489,387}{\frac{1}{4} \pi \times 22^2} = 1,287$$

Sehingga digunakan **2D22**

$$\blacksquare A_s \text{ Pakai} = 2 \times \frac{\pi \cdot 22^2}{4} = 760,265 \geq A_s \text{ perlu}$$

$$\blacksquare A_s \text{ min1} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{25}}{420} \times 250 \times 439 = 326,637 \text{ mm}^2$$

$$\blacksquare A_s \text{ min2} = \frac{1,4}{420} \times 250 \times 439 = 365,833 \text{ mm}^2$$

$$\blacksquare A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min}$$

$$\blacksquare A_s \text{ max} = 0,36 \times 0,85 \times 25 \times 250 \times 439 \\ = 839587,5 \text{ mm}^2$$

$$\blacksquare A_s \text{ pakai} \leq A_s \text{ max}$$

– Cek Spasi Tulangan

$$\blacksquare \frac{250 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 22}{10 - 1} = 128 \text{ mm}$$

– Kekuatan Nominal

$$\blacksquare a = 60,106 \text{ mm}$$

$$\blacksquare c = 70,713 \text{ mm}$$

$$\blacksquare \epsilon_s = \epsilon_t = 0,016$$

$$\blacksquare M_n = 551114735,8$$

$$\blacksquare \Phi M_n = 496003,26 > M_u = 77,6312 \text{ kNm}$$

TUMPUAN POSITIF

• Perhitungan Kebutuhan Tulangan

– Menghitung Momen Nominal

$$M_n \text{ perlu} = 55,663 \text{ kNm}$$

– Menghitung Tinggi Balok tekan beton & Letak garis Netral

$$a = 24,465 \text{ mm}$$

$$c = 28,783 \text{ mm}$$

– Cek Regangan Tulangan

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,043 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

– Menghitung Kebutuhan Tulangan (As Perlu)

$$A_s \text{ Perlu} = 309,459 \text{ mm}^2$$

– Menghitung & Kontrol Tulangan Terpasang (As Pakai)

$$\blacksquare \text{Kebutuhan tulangan (n)} = \frac{489,387}{\frac{1}{4} \pi \times 22^2} = 1,091$$

Sehingga digunakan **2D19**

- As Pakai = 567,057 $\geq$ As perlu
- As min1 = 327,753 mm²
- As min2 = 367,083 mm²
- As pakai $\geq$ As min
- As max = 842456,25 mm²

– Cek Spasi Tulangan

- $\frac{250-2 \times 40-2 \times 10-19}{10-1} = 131 \text{ mm}$

– Kekuatan Nominal

- a = 44,831 mm
- c = 52,742 mm
- $\epsilon_s = \epsilon_t = 0,022$
- Mn = 414306657,1
- $\Phi M_n = 472880000 > \mu$

Balok 250x250

Mutu Beton	= 25 MPa
Mutu Tulangan Lentur (Fys)	= 420 MPa
Mutu Tulangan Geser	= 280 MPa
Kolom	= 600x600 mm
Lebar balok (b)	= 250 mm
Tinggi Balok (h)	= 250 mm (berdasarkan ketentuan SNI)
Diameter Tulangan lentur (utama)	= 16 mm
Diameter Tulangan geser (Sengkang)	= 10 mm
Selimut Beton	= 40 mm
Bentang balok (l)	= 1400mm
Bentang bersih balok (ln)	= 800 mm
Tumpuan (-)	= 16,68 kNm

Tumpuan (+) $= 12,8728 \text{ kNm}$

Tumpuan (-)

- Geometri Balok (SNI 2847: 2019)

$$h = \frac{1}{18,5} = \frac{1400}{18,5} = 75,676 \text{ mm} < h \text{ balok} = 250 \text{ mm}$$

- Syarat Dimensi Penampang

$$L_n \geq 4d$$

$$d = 192 \text{ mm}$$

$$4d = 768 \text{ mm}$$

$$L_n = 800 \text{ mm} \geq 4d = 768 \text{ mm}$$

- $B_w \geq 0,3h$ atau 250 mm

$$0,3 \times 250 = 75 \text{ mm}$$

$$B_w = 250 \text{ mm} \geq 0,3h = 75 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$B_w = 250 \text{ mm} \geq 250 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan

- Menghitung Momen Nominal

$$M_n \text{ perlu} = 18,533 \text{ KNm}$$

- Menghitung Tinggi Balok tekan beton & Letak garis Netral

$$a = 19,122 \text{ mm}$$

$$c = 22,497 \text{ mm}$$

- Cek Regangan Tulangan

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,023 > 0,004 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

- Menghitung Kebutuhan Tulangan (As Perlu)

$$A_s \text{ Perlu} = 241,873 \text{ mm}^2$$

- Menghitung & Kontrol Tulangan Terpasang (As Pakai)

- Kebutuhan tulangan (n) $= 1,203$

Sehingga digunakan **2D16**

- As Pakai $= 402,124 \geq A_s \text{ perlu}$

- As min1 $= 142,857 \text{ mm}^2$

- As min2 $= 160 \text{ mm}^2$

- As pakai $\geq$ As min
- As max = 367200 mm²
- Kesimpulan: menggunakan As perlu
- Cek Spasi Tulangan
 - $\frac{250-2 \times 40-2 \times 10-16}{2-1} = 134 \text{ mm}$
- Kekuatan Nominal
 - a = 31,791 mm
 - c = 37,402 mm
 - $\epsilon_s = \epsilon_t = 0,012$
 - Mn = 127024412
 - $\phi M_n = 114321,9702 > \mu$

TUMPUAN POSITIF

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan
 - Menghitung Momen Nominal

Mn perlu = 14,303 kNm
 - Menghitung Tinggi Balok tekan beton & Letak garis Netral

a = 24,776 mm

c = 29,148 mm
 - Cek Regangan Tulangan

$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,017$ (Terkendali Tarik)
 - Menghitung Kebutuhan Tulangan (As Perlu)

As Perlu = 188,033 KNm
 - Menghitung & Kontrol Tulangan Terpasang (As Pakai)
 - Kebutuhan tulangan (n) = 1,417

Sehingga digunakan **2D16**

 - As Pakai = 265,465 mm²
 - As min1 = 86,384 mm²
 - As min2 = 96,75 mm²

- $A_s \text{ max} = 222041,25 \text{ mm}^2$
- Kesimpulan: Menggunakan A_s perlu
- Cek Spasi Tulangan
 - $\frac{250-2 \times 40-2 \times 10-16}{10-1} = 124 \text{ mm}$
- Kekuatan Nominal
 - $a = 34,979 \text{ mm}$
 - $c = 41,152 \text{ mm}$
 - $\epsilon_s = \epsilon_t = 0,011$
 - $M_n = 84347239,14 \text{ Nmm}$
 - $\Phi M_n = 75,913$
 - Kesimpulan $\Phi M_n > M_u$

Balok 250x250

Mutu Beton	= 25 MPa
Mutu Tulangan Lentur (F_y)	= 420 MPa
Mutu Tulangan Geser	= 280 MPa
Kolom	= 600x600 mm
Lebar balok (b)	= 250 mm
Tinggi Balok (h)	= 250 mm
Diameter Tulangan lentur (utama)	= 16 mm
Diameter Tulangan geser (Sengkang)	= 10 mm
Selimut Beton	= 40 mm
Bentang balok (l)	= 3000 mm
Bentang bersih balok (l_n)	= 2400 mm
Tumpuan (-)	= 17,517 kNm
Tumpuan (+)	= 18,8728 kNm

Tumpuan (-)

- Geometri Balok (SNI 2847: 2019)

$$h = \frac{1}{18,5} = \frac{3000}{18,5} = 162,162 \text{ mm} < h \text{ balok} = 250 \text{ mm}$$

- Syarat Dimensi Penampang

$$L_n \geq 4d$$

$$d = 192 \text{ mm}$$

$$4d = 768 \text{ mm}$$

$$L_n = 2400 \text{ mm} \geq 4d = 768 \text{ mm}$$

- $B_w \geq 0,3h$ atau 250 mm

$$0,3 \times 250 = 75 \text{ mm}$$

$$B_w = 250 \text{ mm} \geq 0,3h = 75 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$B_w = 250 \text{ mm} \geq 250 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan

- Menghitung Momen Nominal

$$M_n \text{ perlu} = 19,463 \text{ kNm}$$

- Menghitung Tinggi Balok tekan beton & Letak garis Netral

$$a = 20,138 \text{ mm}$$

$$c = 23,691 \text{ mm}$$

- Cek Regangan Tulangan

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,021 > 0,004 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

- Menghitung Kebutuhan Tulangan (As Perlu)

$$A_s \text{ Perlu} = 254,719 \text{ mm}^2$$

- Menghitung & Kontrol Tulangan Terpasang (As Pakai)

- Kebutuhan tulangan (n) = 1,267

Sehingga digunakan **2D16**

- As Pakai = 402,124

- As min1 = 142,857 mm²

- As min2 = 160 mm²

- As max = 367200 mm²

- Kesimpulan: menggunakan As perlu
- Cek Spasi Tulangan
 - $\frac{250-2 \times 40-2 \times 10-16}{2-1} = 124 \text{ mm}$
- Kekuatan Nominal
 - $a = 31,791 \text{ mm}$
 - $c = 37,402 \text{ mm}$
 - $\epsilon_s = \epsilon_t = 0,012$
 - $M_n = 66506722,28 \text{ Nmm}$
 - $\Phi M_n = 59856050$
 - Kesimpulan $= \Phi M_n > M_u$

TUMPUAN POSITIF

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan
 - Menghitung Momen Nominal

$M_n \text{ perlu} = 20,970 \text{ KNm}$
 - Menghitung Tinggi Balok tekan beton & Letak garis Netral

$a = 21,796 \text{ mm}$

$c = 25,642 \text{ mm}$
 - Cek Regangan Tulangan

$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,019 \text{ (Terkendali Tarik)}$
 - Menghitung Kebutuhan Tulangan (As Perlu)

$A_s \text{ Perlu} = 275,690 \text{ KNm}$
 - Menghitung & Kontrol Tulangan Terpasang (As Pakai)
 - Kebutuhan tulangan (n) $= 1,371$
 - Sehingga digunakan **2D16**
 - $A_s \text{ Pakai} = 402,142 \text{ mm}^2$
 - $A_s \text{ min1} = 142,857 \text{ mm}^2$
 - $A_s \text{ min2} = 160 \text{ mm}^2$
 - $A_s \text{ max} = 367200 \text{ mm}^2$

- Kesimpulan: Menggunakan AS perlu
- Cek Spasi Tulangan
 - $\frac{250-2 \times 40-2 \times 10-16}{10-1} = 124 \text{ mm}$
- Kekuatan Nominal
 - $a = 31,791 \text{ mm}$
 - $c = 37,402 \text{ mm}$
 - $\epsilon_s = \epsilon_t = 0,012$
 - $M_n = 66506722,8 \text{ Nmm}$
 - $\Phi M_n = 59,856$
 - Kesimpulan $\Phi M_n > M_u$

Balok 350x750

Mutu Beton	= 25 MPa
Mutu Tulangan Lentur (Fys)	= 420 MPa
Mutu Tulangan Geser	= 280 MPa
Kolom	= 600x600 mm
Lebar balok (b)	= 350 mm
Tinggi Balok (h)	= 700 mm
Diameter Tulangan lentur (utama)	= 22 mm
Diameter Tulangan geser (Sengkang)	= 10 mm
Selimut Beton	= 40 mm
Bentang balok (l)	= 8000 mm
Bentang bersih balok (ln)	= 7400 mm
Tumpuan (-)	= 130,48 kNm
Tumpuan (+)	= 123 kNm

TUMPUAN NEGATIF

- Geometri Balok (SNI 2847: 2019)

$$h = \frac{1}{18,5} = 432,432 \text{ mm} < h \text{ balok} = 700 \text{ mm}$$

- Syarat Dimensi Penampang

$$L_n \geq 4d$$

$$d = 639 \text{ mm}$$

$$4d = 2556 \text{ mm}$$

$$L_n = 7400 \text{ mm} \geq 4d = 2556 \text{ mm}$$

- $B_w \geq 0,3h$ atau 250 mm

$$0,3 \times 700 = 210 \text{ mm}$$

$$B_w = 350 \text{ mm} \geq 0,3h = 210 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$B_w = 350 \text{ mm} \geq 250 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan

- Menghitung Momen Nominal

$$M_n \text{ perlu} = 144,978 \text{ kNm}$$

- Menghitung Tinggi Balok tekan beton & Letak garis Netral

$$a = 20,138 \text{ mm}$$

$$c = 23,691 \text{ mm}$$

- Cek Regangan Tulangan

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,021 > 0,004 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

- Menghitung Kebutuhan Tulangan (As Perlu)

$$A_s \text{ Perlu} = 254,719 \text{ mm}^2$$

- Menghitung & Kontrol Tulangan Terpasang (As Pakai)

- Kebutuhan tulangan (n) = 1,267

Sehingga digunakan **2D16**

- As Pakai = 402,124

- As min1 = 142,857 mm²

- As min2 = 160 mm²

- As max = 367200 mm²

- Kesimpulan: menggunakan As perlu
- Cek Spasi Tulangan
 - $\frac{250-2 \times 40-2 \times 10-16}{2-1} = 124 \text{ mm}$
- Kekuatan Nominal
 - $a = 31,791 \text{ mm}$
 - $c = 37,402 \text{ mm}$
 - $\epsilon_s = \epsilon_t = 0,012$
 - $M_n = 66506722,28 \text{ Nmm}$
 - $\Phi M_n = 59856050$
 - Kesimpulan $= \Phi M_n > M_u$

TUMPUAN POSITIF

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan
 - Menghitung Momen Nominal

$M_n \text{ perlu} = 20,970 \text{ kNm}$
 - Menghitung Tinggi Balok tekan beton & Letak garis Netral

$a = 21,796 \text{ mm}$

$c = 25,642 \text{ mm}$
 - Cek Regangan Tulangan

$\epsilon_s = \epsilon_t = 0,019 \text{ (Terkendali Tarik)}$
 - Menghitung Kebutuhan Tulangan (As Perlu)

$A_s \text{ Perlu} = 275,690 \text{ kNm}$
 - Menghitung & Kontrol Tulangan Terpasang (As Pakai)
 - Kebutuhan tulangan (n) $= 1,371$

Sehingga digunakan **2D16**

 - As Pakai $= 402,142 \text{ mm}^2$
 - As min1 $= 142,857 \text{ mm}^2$
 - As min2 $= 160 \text{ mm}^2$
 - As max $= 367200 \text{ mm}^2$

- Kesimpulan: Menggunakan AS perlu
- Cek Spasi Tulangan
 - $\frac{250-2 \times 40-2 \times 10-16}{10-1} = 124 \text{ mm}$
- Kekuatan Nominal
 - $a = 31,791 \text{ mm}$
 - $c = 37,402 \text{ mm}$
 - $\epsilon_s = \epsilon_t = 0,012$
 - $M_n = 66506722,8 \text{ Nmm}$
 - $\Phi M_n = 59,856$
 - Kesimpulan $\Phi M_n > M_u$

2.15 Perencanaan Kolom

2.15.1 Bangunan Pameran Dan Perpustakaan

Lantai 1 (Kolom 600x600)

- $P_{u_{\max}} = -1.559,47 \text{ kN}$; $M_x = 150,85 \text{ kNm}$; $M_y = -235,52 \text{ kNm}$
- $P_{u_{\min}} = 132,35 \text{ kN}$; $M_x = -40,71 \text{ kNm}$; $M_y = 155,3 \text{ kNm}$
- $V_u = 105,12 \text{ kN}$
- Tinggi Kolom = 4,2 m
- $f_c = 25 \text{ MPa}$; $F_y = 420 \text{ MPa}$; $F_{yt} = 280 \text{ MPa}$
- Tinggi balok = 0,6 m (digunakan tinggi balok terbesar = 400x600)
- $M_{nb \text{ ki } (-)} = 390,392 \text{ kNm}$
- $M_{nb \text{ ki } (+)} = 318,311 \text{ kNm}$
- $M_{nb \text{ ka } (-)} = 390,392 \text{ kNm}$
- $M_{nb \text{ ka } (+)} = 318,311 \text{ kNm}$
- $M_{prb \text{ ki } (-)} = 487,99 \text{ kNm}$
- $M_{prb \text{ ki } (+)} = 397,88 \text{ kNm}$

- Mprb ka (-) = 487,99 kNm
- Mprb ka (+) = 397,88 kNm

➤ Tulangan Longitudinal

Perancangan tulangan longitudinal dilakukan dengan diagram interaksi kolom (Software Sp. Column)

Sehingga, digunakan tulangan **20D32**

Output ϕMn kolom akibat Pu_{max} & Pu_{min} dari software Sp. Column

Tabel 2.15.1 Output Sp.Column Perencanaan Kolom Lantai 1 Pada Bangunan Pameran dan Perpustakaan

No	Pu	Mux	Muy	ϕMn_x	ϕMn_y	ϵt	ϕ
1	132,35	40,71	155,3	303,83	1.159,03	0,00439	0,847
2	1.559,47	150,85	235,52	523,32	817,05	0,00264	0,696

$$- Mnc a = \frac{\phi Mn_x - 303,83}{\phi - 0,847} = 358,713 \text{ kNm}$$

$$- Mnc b = \frac{\phi Mn_x - 523,32}{\phi - 0,696} = 751,896 \text{ kNm}$$

- Cek SRPMK

$$(Mnc a + Mnc b) \geq 1,2(Mnb_{ki} + Mnb_{ka})$$

$$358,713 + 751,896 \geq 1,2 (390,392 + 318,311)$$

$$1.110,69 \geq 850,444 \rightarrow \text{Ok}$$

➤ Tulangan Transversal

Karena tinggi kolom atas dan bawah berbeda maka,

$$- H_2 = 3,6 \text{ m}$$

$$\rightarrow I_2 = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 600 \times 600^3 = 10.800.000.000 \text{ mm}^4$$

$$- H_1 = 4,2 \text{ m}$$

$$\rightarrow I_1 = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 600 \times 600^3 = 10.800.000.000 \text{ mm}^4$$

$$- K_1 = \frac{I_1}{H_1} = \frac{10.800.000.000}{4,2} = 2,57 \times 10^9$$

$$- K_2 = \frac{I_2}{H_2} = \frac{10.800.000.000}{3,6} = 3 \times 10^9$$

$$- \frac{K_1}{(K_1+K_2)} = \frac{2,57 \times 10^9}{(2,57 \times 10^9 + 3 \times 10^9)} = 0,462$$

$$- \frac{K_2}{(K_1+K_2)} = \frac{3 \times 10^9}{(2,57 \times 10^9 + 3 \times 10^9)} = 0,538$$

$$\begin{aligned} - Mpr K_1 &= \frac{K_1}{(K_1+K_2)} \times (Mprb ki(-) + Mprb ki(+)) \\ &= 0,462 \times (487,99 + 397,88) \\ &= 408,867 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - Mpr K_2 &= \frac{K_2}{K_1+K_2} \times (Mprb ka(-) + Mprb ka(+)) \\ &= 0,538 \times (487,99 + 397,88) \\ &= 477,012 \text{ kNm} \end{aligned}$$

– Menghitung Kuat Geser Perlu

$$V_e = \frac{(Mpr K_1 + Mpr K_2)}{Ln} = \frac{(408,867 + 477,012)}{(4,2 - 0,6)} = 246,077 \text{ kN}$$

$V_e > V_u$, maka digunakan $V_u = V_e = 246,077 \text{ kN}$

– Data-Data Yang Diperlukan:

a. Diameter Sengkang = 13 mm

b. Selimut Beton = 40 mm

c. $D = 600 - 40 - 13 - \frac{32}{2} = 531 \text{ mm}$

– Cek Syarat

$$V_e > 0,5 \times V_u \rightarrow 246,077 > 52,6 \rightarrow \text{Ok}$$

$$P_u < \frac{Ag \times f'_c}{20} \rightarrow 1.559,47 < \frac{600 \times 600 \times 25}{20} \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

– Hitung V_c

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times bw \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 600 \times 531 \\ &= 270.810 \text{ N} \end{aligned}$$

$$= 270,810 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{246,077}{0,75} - 270,810 = 57,293 \text{ kN}$$

$$\text{Maka, } \frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{F_y \times b \times d} = \frac{57,293}{280 \times 531} = 0,385 \text{ mm}^2/\text{mm} \dots (1)$$

– Tulangan Transversal Pengekangan

a. $P_u < 0,3 \times f_c \times A_g \rightarrow 1.559.47 < 0,3 \times 25 \times 600 \times 600 \rightarrow \text{Ok}$

b. $f'_c = 25 \text{ MPa} \rightarrow f'_c < 70 \text{ MPa} \rightarrow \text{Ok}$

c. $B_c = \text{Lebar Kolom} - S. \text{ Beton} = 600 - 40 = 560 \text{ mm}$

d. $A_g = 600 \times 600 = 360.000 \text{ mm}^2$

e. $A_{ch} = (b - 2 \times S. \text{ Beton}) \times (h - 2 \times S. \text{ Beton})$

$$= (600 - 2 \times 40) \times (600 - 2 \times 40)$$

$$= 270.400 \text{ mm}^2$$

f. $A_{sh}/SBC = 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f'_c}{F_{yt}} = 0,3 \left(\frac{360.000}{270.400} - 1 \right) \times \frac{25}{280} = 0,008876$

$$A_{sh}/S = 0,008876 \times 560 = 4,615 \text{ mm}^2/\text{mm} \dots (2)$$

g. $A_{sh}/SBC = 0,09 \times \frac{f'_c}{F_{yt}} = 0,09 \times \frac{25}{280} = 0,008036$

$$A_{sh}/S = 0,008036 \times 560 = 4,178 \text{ mm}^2/\text{mm} \dots (3)$$

Sehingga, digunakan $A_{sh}/S = 4,615 \text{ mm}^2/\text{mm}$ (diambil yang terbesar)

– Tulangan Transversal di Daerah Sepanjang l_o

a. Diambil spasi = 100 mm

b. $A_{sh} = 4,615 \times 100 = 461,5 \text{ mm}^2$

c. $A_v = 0,25 \times \pi \times 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2$ (1 kaki)

d. $n = \frac{A_{sh}}{A_v} = \frac{461,5}{132,732} = 3,477 \approx 4 \text{ kaki}$

e. Cek Spasi

$$\frac{1}{4} \times 600 = 150 \text{ mm} \rightarrow S_{\max}$$

$$6 \times 32 = 192 \text{ mm} \rightarrow S_{\max}$$

$$s = \frac{(bw - 2 \times S. \text{Beton} - 2 \times D. \text{Senggang} - 2 \times 0,5 \times D. \text{Tul. Utama})}{n-1}$$

$$= \frac{(600 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 0,5 \times 32)}{6-1}$$

$$= 92,4 \text{ mm}$$

$$Hx = 2 \times s = 2 \times 92,4 = 184,8 \text{ mm}$$

$$S_0 = 100 + \left(\frac{350 - Hx}{3} \right) = 100 + \left(\frac{350 - 184,8}{3} \right) = 155,07 \text{ mm} \rightarrow S_{\max}$$

$$s = 100 \text{ mm} \rightarrow s < S_{\max} \rightarrow \text{Ok}$$

Maka, digunakan **tulangan transversal 4D13-100**

➤ Tulangan Transversal di Luar Daerah I0

– $V_e = 246,077 \text{ kN}$

– $V_c = 270,810$

$V_c > V_e \rightarrow \text{Ok}$

– Diambil spasi = 100 mm

– Cek Luasan Minimum

$$A_v = 0,25 \times \pi \times 13^2 \times 4 = 530,92 \text{ mm}^2 \text{ (4 kaki)}$$

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \times \sqrt{f'c} \times \left(bw \times \frac{150}{280} \right)$$

$$= 0,062 \times \sqrt{25} \times \left(600 \times \frac{150}{280} \right)$$

$$= 99,643 \text{ mm}^2$$

$$A_{v_{\min}} = 0,35 \times \left(B_w \times \frac{150}{F_{yt}} \right) = 0,35 \times \left(600 \times \frac{150}{280} \right) = 112,5 \text{ mm}^2$$

$$A_v < A_{v_{\min}} \rightarrow \text{Ok}$$

Maka, digunakan **tulangan transversal 4D13-150**

Lantai 2 (600x600)

- $P_{u_{\max}} = 132,35 \text{ kN}$; $M_x = -40,71 \text{ kNm}$; $M_y = 155,3 \text{ kNm}$
- $M_{nb} \text{ ki } (-) = 148,638 \text{ kNm}$
- $M_{nb} \text{ ki } (+) = 148,638 \text{ kNm}$

- $M_{nb\ ka\ (-)} = 148,638\text{ kNm}$
- $M_{nb\ ka\ (+)} = 148,638\text{ kNm}$

➤ Tulangan Longitudinal

Perancangan tulangan longitudinal dilakukan dengan diagram interaksi kolom (Software Sp. Column)

GAMBAR

Sehingga, digunakan tulangan 20D32

Output kolom akibat $P_{u\max}$ & $P_{u\min}$ dari software Sp. Column

Tabel 2.15.2 Output Sp.Column Perencanaan Kolom Lantai 2 Pada Bangunan Pameran dan Perpustakaan

No	Pu	Mux	Muy	ϕM_{nx}	ϕM_{ny}	ϵt	ϕ
1	132,35	40,71	155,3	303,83	1.159,03	0,00439	0,847

$$- M_{nc\ c} = \frac{303,83}{0,847} = 358,713\text{ kNm}$$

- Cek SRPMK

$$M_{nc\ c} \geq 1,2(M_{nb\ ki} + M_{nb\ ka})$$

$$358,713 \geq 1,2 (148,638 + 148,638)$$

$$358,713 \geq 356,713 \rightarrow \text{Ok}$$

➤ Tulangan Transversal

Perancangan tulangan transversal mengikuti kolom di bawahnya, sehingga digunakan Tulangan **4D13-100** untuk daerah I0 dan **2D13-150** untuk daerah di luar I0

2.15.2 Bangunan Pagelaran

Kolom 600x600

Bentang balok = 8000 mm

$$V_u = 176,56 \text{ kN}$$

$$M_{nb} \text{ ki } (-) = 482,233 \text{ kNm}$$

$$M_{nb} \text{ ki } (+) = 482,233 \text{ kNm}$$

$$M_{nb} \text{ ka } (-) = 482,233 \text{ kNm}$$

$$M_{nb} \text{ ka } (+) = 482,233 \text{ kNm}$$

$$M_{prb} \text{ ki } (-) = 602,791 \text{ kNm}$$

$$M_{prb} \text{ ki } (+) = 602,791 \text{ kNm}$$

$$M_{prb} \text{ ka } (-) = 602,791 \text{ kNm}$$

$$M_{prb} \text{ ki } (+) = 602,791 \text{ kNm}$$

$$P_u = 122 \text{ kNm}$$

$$H_1 = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{Lantai}} &= \frac{1}{12} \times 600 \times 600^3 \\ &= 10800000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$H_{\text{basement}} = 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{Lantai Basement}} &= \frac{1}{12} \times 600 \times 600^3 \\ &= 10800000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$K_1 = 10800000000/6 = 1800000000$$

$$K_2 = 10800000000/5 = 2160000000$$

$$K_1/(K_1+K_2) = 0,455$$

$$K_2/(K_1+K_2) = 0,545$$

➤ Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom

$$M_{pr} \text{ k1} = 549,992 \text{ kNm}$$

$$M_{pr} \text{ k2} = 657,590 \text{ kNm}$$

Tulangan Longitudinal = 16 Buah

Diameter Tulangan = 22 mm

Diameter Sengkang = 13 mm

Selimut Beton = 40 mm

D = $600 - 40 - 13(22/2)$ = 536 mm

Ln = $8000 - 600$ = 7400 mm

Ve = 162,917

0,5 Vu = $0,5 \times 176,56$ = 88,28 kN

Ve > 0,5 Vu (AMAN)

Ag . fc/20 = $(600 \times 600 \times 25/20)/1000$
= 450 kN

Pu < Ag. Fc/20 (AMAN)

Vc = 273360 N = 273,360 kN

Vs = 162460 N = 162,460 kN

Av/S = $\frac{v_s}{f_y \cdot t \cdot d}$ = 1,082 mm²/mm

0,3 . Fc . Ag = 2700000 > Pu

Maka digunakan rumus: $\frac{A_{sh}}{s_{bc}} = 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}}$

Fc = 25 MPa

Bc = 560 mm

Ag = 360000 mm²

Ach = 313600 mm²

$\left(\frac{A_{sh}}{s_{bc}} \right)_1$ = 0,004

$\left(\frac{A_{sh}}{s_{bc}} \right)_2$ = 0,008

$$\left(\frac{Ash}{s}\right)_1 = 2,219 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\left(\frac{Ash}{s}\right)_2 = 4,5 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan diameter 4,5 mm²/mm

➤ Tulangan Transversal Sepanjang Io

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

$$Ash = 450 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diameter} = 13 \text{ mm}$$

$$Av = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Kaki} = 450/132,732 = 3,39 = 4 \text{ Kaki}$$

Kesimpulan: Sehingga digunakan **Tulangan 4D13-100 mm**

Cek Spasi

Smax:

$$a = 0,25 \times 600 = 150 \text{ mm}$$

$$b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

c. Menentukan Jarak

- S = 94,4 mm
- Hx = 188,8 mm
- So = 153,733 mm (Memenuhi Syarat)

➤ Tulangan Transversal diluar daerah Io

$$Ve = 162,917 \text{ KN}$$

$$V_c = 273,36 \text{ KN}$$

Diambil Spasi= 150 mm

$$A_v = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ min 1} = 99,643 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ min 2} = 112,5$$

Sehingga digunakan **2D13-150 mm**

Kolom 800x800

Bentang balok = 6000 mm

$$V_u = 367,288 \text{ kN}$$

$$M_{nb \text{ ki (-)}} = 489,371 \text{ kNm}$$

$$M_{nb \text{ ki (+)}} = 328,405 \text{ kNm}$$

$$M_{nb \text{ ka (-)}} = 489,371 \text{ kNm}$$

$$M_{nb \text{ ka (+)}} = 328,405 \text{ kNm}$$

$$M_{prb \text{ ki (-)}} = 611,714 \text{ kNm}$$

$$M_{prb \text{ ki (+)}} = 410,506 \text{ kNm}$$

$$M_{prb \text{ ka (-)}} = 611,714 \text{ kNm}$$

$$M_{prb \text{ ka (+)}} = 410,506 \text{ kNm}$$

$$P_u = 125,66 \text{ kNm}$$

$$H_1 = 12 \text{ m}$$

$$Lantai \ 1 = 34133333333 \text{ mm}^4$$

$$H \text{ basement} = 6 \text{ m}$$

$$Lantai \ Basement = 34133333333 \text{ mm}^4$$

$$K_1 = 56888888889$$

$$K2 = 2844444444$$

$$K1 (K1+K2) = 0,667$$

$$K2 (K1+K2) = 0,333$$

➤ Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom

$$M_{pr\ k1} = 681,480 \text{ kNm}$$

$$M_{pr\ k2} = 340,740 \text{ kNm}$$

$$\text{Tulangan Longitudinal} = 16 \text{ Buah}$$

$$\text{Diameter Tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter Sengkang} = 13 \text{ mm}$$

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

$$D = 600 - 40 - 13(22/2) = 736 \text{ mm}$$

$$L_n = 8000 - 600 = 5200 \text{ mm}$$

$$V_e = 196,581 \text{ KN}$$

$$0,5 V_u = 183,644$$

$$V_e > 0,5 V_u \quad \text{(AMAN)}$$

$$A_g \cdot f_c / 20 = 800 \text{ KN} > P_u \quad \text{OK}$$

$$P_u < A_g \cdot F_c / 20 \quad \text{(AMAN)}$$

$$V_c = 500,48 \text{ KN}$$

$$V_s = 238,372 \text{ KN}$$

$$A_v / S = \frac{v_s}{f_y \cdot t \cdot d} = 1,157 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$0,3 \cdot f_c \cdot A_g = 4800000 > P_u$$

$$\text{Maka digunakan rumus: } \frac{A_{sh}}{S_{bc}} = 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}}$$

$$F_c = 25 \text{ MPa}$$

$$B_c = 760 \text{ mm}$$

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

$$A_{ch} = 577600 \text{ mm}^2$$

$$\left(\frac{A_{sh}}{sbc}\right)_1 = 0,003$$

$$\left(\frac{A_{sh}}{sbc}\right)_2 = 0,008$$

$$\left(\frac{A_{sh}}{s}\right)_1 = 2,199 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\left(\frac{A_{sh}}{s}\right)_2 = 6,107 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Sehingga digunakan diameter 6,107 mm²/mm

➤ Tulangan Transversal Sepanjang l_o

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

$$A_{sh} = 610,714 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diameter} = 13 \text{ mm}$$

$$A_v = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Kaki} = 450/132,732 = 3,601 = 4 \text{ Kaki}$$

Kesimpulan: Sehingga digunakan **Tulangan 4D13-100 mm**

Cek Spasi

S_{max} :

$$a = 0,25 \times 800 = 200 \text{ mm}$$

$$b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

Menentukan Jarak:

- $S = 134,4 \text{ mm}$
- $H_x = 268,8 \text{ mm}$
- $S_o = 127,067 \text{ mm}$ (Memenuhi Syarat)

➤ Tulangan Transversal diluar daerah Io

$$V_e = 196,581 \text{ KN}$$

$$V_c = 500,48 \text{ KN}$$

Diambil Spasi= 150 mm

$$A_v = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ min } 1} = 132,857 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ min } 2} = 150 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan **2D13-150 mm**

2.15.3 Bangunan Pengelola

Kolom 600x600

$$V_u = 26,579$$

$$M_{nbki} (-) = 50,754 \text{ kNm}$$

$$M_{nbki} (+) = 50,754 \text{ kNm}$$

$$M_{nbka} (-) = 50,754 \text{ kNm}$$

$$M_{nbka} (+) = 50,754 \text{ kNm}$$

$$M_{prb \text{ ki}} (-) = 63,443 \text{ kNm}$$

$$M_{prb \text{ ka}} (+) = 63,443 \text{ kNm}$$

$$M_{prb \text{ ki}} (-) = 63,443 \text{ kNm}$$

$$M_{prb \text{ ka}} (+) = 63,443 \text{ kNm}$$

$$H_1 = 3,4 \text{ m}$$

$$\text{Lantai 1} = \frac{1}{12} \times 600 \times 600^3$$

$$\text{H basement} = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Lantai Basement} = 10800000000$$

$$\text{K1} = 3000000000$$

$$\text{K2} = 3176470588$$

$$\text{K1}/(\text{K1}/\text{K2}) = 0,486$$

$$\text{K2}/(\text{K1}/\text{K2}) = 0,514$$

➤ Perhitungan Tulangan Longitudinal

$$\text{Mprk1} = 0,486 \times (63,443 \times 63,443)$$

$$= 61,630$$

$$\text{Mprk2} = 0,514 \times (63,443 \times 63,443)$$

$$= 65,255$$

$$\text{Tulangan Longitudinal} = 16 \text{ Buah}$$

$$\text{Diameter Tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Diamater Sengkang} = 16 \text{ mm}$$

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

$$d = 600 - 40 - 10 - (0,5 \times 22)$$

$$l_n = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ mm}$$

$$v_e = \frac{(61,630 + 65,255)}{539} = 317,213 > V_u$$

$$0,5 V_u = 0,5 \times 26,579 = 13,29 < V_e \text{ OK}$$

$$\frac{A_g \cdot f_c}{20} = \frac{600 \times 600 \times 25}{1000} = 450 > P_u \text{ Not Okay}$$

Kesimpulan: Karena lebih besar P_u maka dicari V_c

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 600 \times 533$$

$$V_s = \frac{317,213}{0,75} - 271,83 = 151,120 \text{ kN}$$

$$\frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{151,120}{280 \times 533} = 1,013 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$0,3 \times f_c \times A_g = 0,3 \times 25 \times 600 \times 600 = 2700000 > P_u$$

Kesimpulan: menggunakan rumus $\left(\frac{a_{sh}}{s_{bc}}\right) = 0,3 \left(\frac{A_g}{S_{bc}} - 1\right) \left(\frac{f'_c}{f_{yt}}\right)$

$$F_c = 25$$

$$B_c = 600 - 40 \times 1$$

$$= 560$$

$$A_{ch} = 560 \times 560$$

$$= 313600 \text{ mm}^2$$

$$\left(\frac{a_{sh}}{s_{bc}}\right)_1 = 0,3 \left(\frac{360000}{313600} - 1\right) \left(\frac{25}{280}\right) = 0,004$$

$$\left(\frac{a_{sh}}{s}\right) = 0,004 \times 560 = 2,219 \text{ mm} = 3$$

$$\left(\frac{a_{sh}}{s_{bc}}\right)_2 = 0,09 \left(\frac{25}{280}\right) \left(\frac{25}{280}\right) = 0,008$$

$$\left(\frac{a_{sh}}{s}\right) = 0,008 \times 560 = 4,5 \text{ mm} = 5$$

➤ Tulangan Transversal Sepanjang l_o

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

$$A_{sh} = 450 \times 100$$

$$\text{Diameter} = 13 \text{ mm}$$

$$A_v = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah kaki} = \frac{450}{132,732} = 3,390 = 3 \text{ Kaki}$$

Kesimpulan menggunakan Tulangan **3D13-100**

Cek Spasi

Smax:

$$a = 0,25 \times 600 = 150$$

$$b = 6 \times 22 = 132$$

Menentukan jarak:

- $S = (600 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 2 \times 0,5 \times 22) / (6 - 1)$

- $Hx = 2 \times 95,6$

- $S_o = 100 - \frac{350 - 191,2}{3} = 152,933 \text{ mm}$

➤ Tulangan Transversal diluar I_o

$$V_e = 317,213$$

$$V_c = 274,89 < V_e$$

Diambil Spasi = 150 mm

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 = 150 \text{ mm}$$

$$A_{v \text{ min } 1} = 0,062 \times \sqrt{25} \times 1600 \times 150$$

$$A_{v \text{ min } 2} = 99,643$$

$$A_{v \text{ min } 3} = 112,5$$

Sehingga digunakan **2D13-150**

2.16 Hubungan Balok Kolom

2.16.1 Bangunan Pameran Dan Perpustakaan

K1 (600x600)

- BI 400x600 → Mpr1 (-) = 487,99 kNm; Mpr2 (-) = 487,99 kNm
Mpr1 (+) = 397,88 kNm; Mpr2 (+) = 397,88 kNm
- BI 400x550 → Mpr1 (-) = 426,38 kNm; Mpr2 (-) = 426,38 kNm
Mpr1 (+) = 269,88 kNm; Mpr2 (+) = 269,88 kNm
- BI 400x450 → Mpr1 (-) = 270,65 kNm; Mpr2 (-) = 270,65 kNm
Mpr1 (+) = 144,697 kNm; Mpr2 (+) = 144,697 kNm

Digunakan data BI 400x600 (Ambil yang terbesar)

➤ Cek Syarat Dimensi Kolom

- $20D_b = 20 \times 22 = 440 \text{ mm} \rightarrow 20D_b < 600 \rightarrow \text{Ok}$
- Tinggi Joint (h) = 600 mm (Diambil setinggi kolom)
 $h > 0,5h_b \rightarrow 600 > 300 \rightarrow \text{Ok}$

– Lebar Efektif

$$b + h = 400 + 600 = 1.000 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 400 + 2(100) = 600 \text{ mm (Digunakan)}$$

$$x = \frac{600-400}{2} = 100 \text{ mm}$$

- $A_j = \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint} = 600 \times 600 = 360.000 \text{ mm}^2$

➤ Hitung Gaya Geser Pada Joint

- $M_{e1} = M_{pr} K1 = 408,867 \text{ kNm}$
- $M_{e2} = M_{pr} K2 = 477,0116 \text{ kNm}$
- $V_e = \frac{408,867 - 477,012}{4,2 - 0,6} = 246,077 \text{ kN}$
- Gaya – Gaya Tulangan Longitudinal Balok (Goyangan ke kanan sama dengan goyangan ke kiri)

a. Gaya Tarik Tulangan & Gaya Tekan Sisi Kanan

$$A_s 4D22 = 1.520,531 \text{ mm}^2$$

$$T1 = 1,25 \times A_s \times F_y = 1,25 \times 1.520,531 \times 420 = 798,279 \text{ kN}$$

$$C1 = T1 = 798,279 \text{ kN}$$

b. Gaya Tarik Tulangan & Gaya Tekan Beton Sisi Kiri

$$A_s 5D22 = 1.900,664 \text{ mm}^2$$

$$T2 = 1,25 \times A_s \times F_y = 1,25 \times 1.900,664 \times 420 = 997,848 \text{ kN}$$

$$C2 = T2 = 997,848 \text{ kN}$$

– Gaya Geser Pada Joint (Vj)

$$V_j = V_e - T2 - C1 = 246,077 - 997,848 - 798,279 = -1.550,05 \text{ kN}$$

➤ Kekuatan Geser Joint

Joint terkekang oleh balok – balok pada keempat sisinya

$$V_n = 1,7 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times A_j = 1,7 \times 1 \times \sqrt{25} \times 360.000 = 3.060.000 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 3.060 = 2295 \text{ kN} \rightarrow \phi V_n > V_j \rightarrow \text{Aman}$$

K1 (600x600)

- BI 400x500 → Mpr1 (-) = 388,205 kNm; Mpr2 (-) = 388,205 kNm

$$Mpr1 (+) = 244,169 \text{ kNm; Mpr2 (+) = 244,169 kNm}$$

- BI 400x450 → Mpr1 (-) = 270,650 kNm; Mpr2 (-) = 270,650 kNm

$$Mpr1 (+) = 144,697 \text{ kNm; Mpr2 (+) = 144,697 kNm}$$

Digunakan Data BI 400x500 (Ambil yang terbesar)

Dengan melakukan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya, diperoleh:

➤ Cek Syarat Dimensi Kolom

- $20D_b = 20 \times 22 = 440 \text{ mm} \rightarrow 20D_b < 600 \rightarrow \text{Ok}$

- Tinggi Joint (h) = 600 mm (Diambil setinggi kolom)

$$h > 0,5h_b \rightarrow 600 > 250 \Rightarrow \text{Ok}$$

- Lebar Efektif

$$b + h = 400 + 600 = 1.000 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 400 + 2(100) = 600 \text{ mm (Digunakan)}$$

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

$$- A_j = \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint} = 600 \times 600 = 360.000 \text{ mm}^2$$

➤ Hitung Gaya Geser Pada Joint

$$- M_{e1} = M_{pr} K1 = 291,865 \text{ kNm}$$

$$- M_{e2} = M_{pr} K2 = 340,509 \text{ kNm}$$

$$- V_e = 170,912 \text{ kN}$$

- Gaya – Gaya Tulangan Longitudinal Balok (Goyangan ke kanan sama dengan goyangan ke kiri)

a. Gaya Tarik Tulangan & Gaya Tekan Sisi Kanan

$$A_s 3D22 = 1.140,398 \text{ mm}^2$$

$$T1 = 598,709 \text{ kN}$$

$$C1 = T1 = 598,709 \text{ kN}$$

b. Gaya Tarik Tulangan & Gaya Tekan Beton Sisi Kiri

$$A_s 5D22 = 1.900,664 \text{ mm}^2$$

$$T2 = 997,848 \text{ kN}$$

$$C2 = T2 = 997,848 \text{ kN}$$

- Gaya Geser Pada Joint (V_j)

$$V_j = -1.425,65 \text{ kN}$$

➤ Kekuatan Geser Joint

Joint terkekang oleh balok – balok pada kedua sisinya

$$V_n = 1,2 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times A_j = 2.160.000 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 1.620 \text{ kN} \rightarrow 2 \rightarrow \text{Aman}$$

2.16.2 Bangunan Pengelola

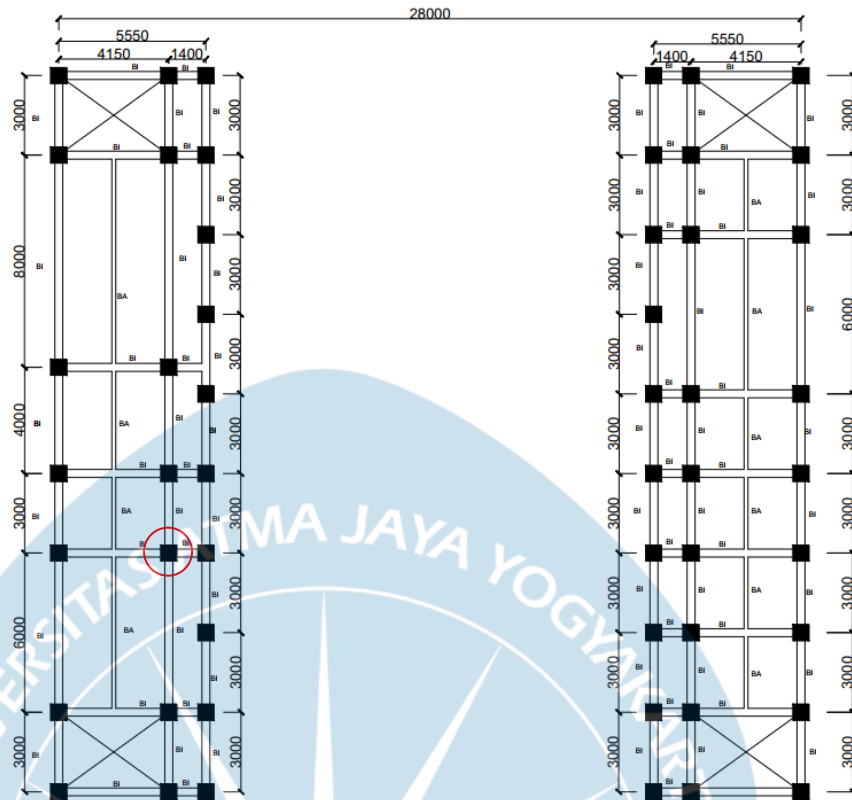
a. HBK 4 Balok

Properti Material dan Penampang

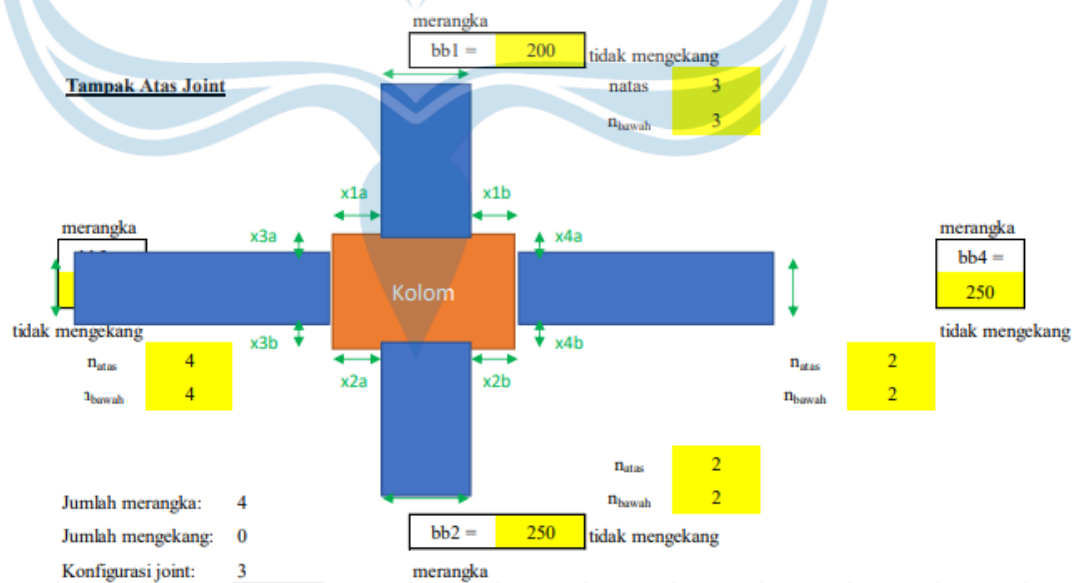
Kolom	= 600 x 600 mm
Panjang kolom (L)	= 3400 mm
F_c	= 25 MPa
F_y	= 420 MPa
Faktor beton ringan (λ)	= 1
Hb terbesar	= 500 mm
Panjang bersih kolom	= 3400 – 500 = 2900 mm

Data Lebar dan Eksentrisitas Balok

Lebar balok 1 (bb1)	= 200 mm
Lebar balok 2 (bb2)	= 250 mm
Lebar balok 3 (bb3)	= 350 mm
Lebar balok 4 (bb4)	= 250 mm
$x_1 a = (600-200)/2$	= 200 mm
$x_1 b = (600-200)/2$	= 200 mm (OK!)
Cek lebar sisi kolom 1	= bb1 + $x_1 a$ + $x_1 b$ = 600 mm
$x_2 a = (600-250)/2$	= 175 mm
$x_2 b = (600-250)/2$	= 175 mm (OK!)
Cek lebar sisi kolom	= bb2 + $x_2 a$ + $x_2 b$ = 600 mm
$x_3 a = (600-350)/2$	= 125 mm
$x_3 b = (600-350)/2$	= 125 mm (OK!)
Cek lebar sisi kolom	= bb3 + $x_3 a$ + $x_3 b$ = 600 mm
$x_4 a = (600-250)/2$	= 175 mm
$x_4 b = (600-250)/2$	= 175 mm (OK!)
Cek lebar sisi kolom	= bb4 + $x_4 a$ + $x_4 b$ = 600 mm



Gambar 2.16.1 HBK 4 Balok pada Bangunan Pengelola



Gambar 2.16.2 Detail HBK 4 Balok pada Bangunan Pengelola

Dimensi Joint

$$x \text{ terkecil sisi 1, } x_1 = 200 \text{ mm}$$

$$x \text{ terkecil sisi 2, } x_2 = 175 \text{ mm}$$

$$x \text{ terkecil sisi 3, } x_3 = 125 \text{ mm}$$

$$x \text{ terkecil sisi 4, } x_4 = 175 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar joint sisi 1, } b_{j1} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar joint sisi 2, } b_{j2} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar joint sisi 3, } b_{j3} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar joint sisi 4, } b_{j4} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar efektif joint y, } b_j = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar efektif joint x, } h_j = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Luas efektif joint gempal x, } A_{jx} = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas efektif joint gempal y, } A_{jy} = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek tinggi joint} \rightarrow h_j \geq \frac{1}{2} h_b$$

$$600 \geq \frac{1}{2} (600)$$

$$600 \geq 300 \text{ (OK!)}$$

Data dan Gaya Tulangan Balok

$$\text{Diameter tulangan utama, } d_b = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Cek tinggi joint} \rightarrow h_j \geq 20 d_b$$

$$600 \geq (20)(25)$$

$$600 \geq 500 \text{ (OK!)}$$

$$\text{Tulangan atas balok 1, } A_s^{-1} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan atas balok 1, } A_s^{+1} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{-2} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{+2} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{-3} = 4 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{+3} = 4 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$As^{-4} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$As^{+4} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tegangan probable tulangan, } f_{pr} = 1,25 \times 420 = 525 \text{ MPa}$$

$$\text{Gaya tulangan atas balok 1, } F_s^{-1} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

$$\text{Gaya tulangan atas balok 1, } F_s^{+1} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

$$F_s^{-2} = 981,748 \times 525 = 515418 \text{ N}$$

$$F_s^{+2} = 981,748 \times 525 = 515418 \text{ N}$$

$$F_s^{-3} = 1963,495 \times 525 = 1030835 \text{ N}$$

$$F_s^{+3} = 1963,495 \times 525 = 1030835 \text{ N}$$

$$F_s^{-4} = 981,748 \times 525 = 515418 \text{ N}$$

$$F_s^{+4} = 981,748 \times 525 = 515418 \text{ N}$$

Gaya Geser Akibat Balok

$$\text{Geser ketika arah gempa x-} = F_s^{-3} + F_s^{+4} = 1546253 \text{ N}$$

$$\text{Geser ketika arah gempa x+} = F_s^{-4} + F_s^{+3} = 1546253 \text{ N}$$

$$\text{Geser ketika arah gempa y-} = F_s^{-1} + F_s^{+2} = 1288544 \text{ N}$$

$$\text{Geser ketika arah gempa y+} = F_s^{-2} + F_s^{+1} = 1288544 \text{ N}$$

Gaya Geser Kolom

$$\text{Mpr}^{-} \text{ balok 1} = 49003304 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mpr}^{+} \text{ balok 1} = 49003304 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mpr}^{-} \text{ balok 2} = 200492329 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mpr}^{+} \text{ balok 2} = 200492329 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mpr}^{-} \text{ balok 3} = 276470138 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mpr}^{+} \text{ balok 3} = 276470138 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mpr}^{-} \text{ balok 4} = 60443245 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mpr}^{+} \text{ balok 4} = 60443245 \text{ Nmm}$$

$$\text{Ve balok 1} = 55147 \text{ N}$$

$$\text{Ve balok 2} = 92741 \text{ N}$$

$$V_e \text{ balok 3} = 229706 \text{ N}$$

$$V_e \text{ balok 4} = 153686 \text{ N}$$

$$\text{Geser kolom ketika arah gempa } x^- = 155838 \text{ N}$$

$$\text{Geser kolom ketika arah gempa } x^+ = 155838 \text{ N}$$

$$\text{Geser kolom ketika arah gempa } y^- = 101332 \text{ N}$$

$$\text{Geser kolom ketika arah gempa } y^+ = 101332 \text{ N}$$

Gaya Geser Total Joint

$$\text{Geser joint ketika arah gempa } x^- = 1546253 - 155838 = 1390414 \text{ N}$$

$$\text{Geser joint ketika arah gempa } x^+ = 1546253 - 155838 = 1390414 \text{ N}$$

$$\text{Geser joint ketika arah gempa } y^- = 1288544 - 101332 = 1187212 \text{ N}$$

$$\text{Geser joint ketika arah gempa } y^+ = 1288544 - 101332 = 1187212 \text{ N}$$

Kuat Geser Joint

$$\text{Konfigurasi joint} = 3$$

$$\text{Faktor pengali kuat geser, } c = 1$$

$$\text{Kuat geser nominal joint gempa } x, V_{nx} = c \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times A_{jx} = 1800000 \text{ N}$$

$$\text{Kuat geser nominal joint gempa } y, V_{ny} = c \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times A_{jy} = 1800000 \text{ N}$$

$$\text{Faktor reduksi, } \Phi = 0,85$$

$$\Phi V_{nx} = 0,85 \times 1800000 = 1530000 \text{ N}$$

$$\Phi V_{ny} = 0,85 \times 1800000 = 1530000 \text{ N}$$

$$\text{Gaya geser joint gempa } x, V_{ux} = 1390414 \text{ N}$$

$$\text{Gaya geser joint gempa } y, V_{uy} = 1187212 \text{ N}$$

$$SF_x = \Phi V_{nx} / V_{ux} = 1,100$$

$$SF_y = \Phi V_{ny} / V_{uy} = 1,289$$

$$\text{Cek kuat geser joint} \rightarrow SF \geq 1 \text{ (OK!)}$$

Tulangan Transversal

Tulangan transversal joint → digunakan confinement = tumpuan kolom

Panjang Penyaluran Tarik

$$L_{dh} \text{ hitung} = f_y \times d_b / (54 \times \lambda \times \sqrt{f'_c}) = 388,889 \text{ mm}$$

$$L_{dh} \text{ pakai} = 388,889 \text{ mm}$$

b. HBK 3 Balok

Properti Material dan Penampang

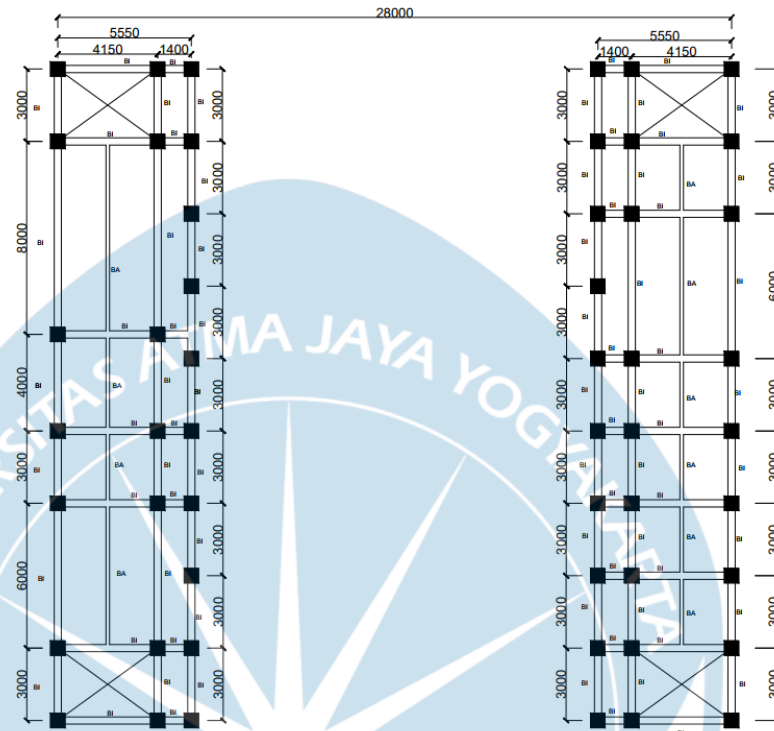
Kolom	= 600 x 600 mm
Panjang kolom (L)	= 3400 mm
F _c	= 25 MPa
F _y	= 420 MPa
Faktor beton ringan (λ)	= 1
Hb terbesar	= 500 mm
Panjang bersih kolom	= 3400 – 500 = 2900 mm

Data Lebar dan Eksentrisitas Balok

Lebar balok 1 (bb1)	= 200 mm
Lebar balok 2 (bb2)	= 250 mm
Lebar balok 4 (bb4)	= 350 mm
x1 a = (600-200)/2	= 200 mm
x1 b = (600-200)/2	= 200 mm (OK!)
Cek lebar sisi kolom 1	= bb1 + x1 a + x1 b = 600 mm
x2 a = (600-250)/2	= 175 mm
x2 b = (600-250)/2	= 175 mm (OK!)
Cek lebar sisi kolom	= bb2 + x2 a + x2 b = 600 mm
x4 a = (600-350)/2	= 125 mm

$$x4 \ b = (600-350)/2 = 125 \text{ mm (OK!)}$$

$$\text{Cek lebar sisi kolom} = bb4 + x4 \ a + x4 \ b = 600 \text{ mm}$$



Gambar 2.16.3 HKB 3 Balok pada Bangunan Pengelola



Gambar 2.16.4 Detail HKB 3 Balok pada Bangunan Pengelola

Dimensi Joint

x terkecil sisi 1, $x_1 = 200 \text{ mm}$

x terkecil sisi 2, $x_2 = 175 \text{ mm}$

x terkecil sisi 4, $x_4 = 125 \text{ mm}$

Lebar joint sisi 1, $b_{j1} = 600 \text{ mm}$

Lebar joint sisi 2, $b_{j2} = 600 \text{ mm}$

Lebar joint sisi 4, $b_{j4} = 600 \text{ mm}$

Lebar efektif joint y, $b_j = 600 \text{ mm}$

Lebar efektif joint x, $h_j = 600 \text{ mm}$

Luas efektif joint gempa x, $A_{jx} = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$

Luas efektif joint gempa y, $A_{jy} = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$

Cek tinggi joint $\rightarrow h_j \geq \frac{1}{2} h_b$

$$600 \geq \frac{1}{2} (600)$$

$$600 \geq 300 \text{ (OK!)}$$

Data dan Gaya Tulangan Balok

Diameter tulangan utama, $d_b = 25 \text{ mm}$

Cek tinggi joint $\rightarrow h_j \geq 20 d_b$

$$600 \geq (20)(25)$$

$$600 \geq 500 \text{ (OK!)}$$

$$\text{Tulangan atas balok 1, } A_s^{-1} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan atas balok 1, } A_s^{+1} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{-2} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{+2} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{-4} = 4 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{+4} = 4 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tegangan probable tulangan, } f_{pr} = 1,25 \times 420 = 525 \text{ MPa}$$

$$\text{Gaya tulangan atas balok 1, } F_s^{-1} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

Gaya tulangan atas balok 1, $F_s^{+1} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$

$F_s^{-2} = 981,748 \times 525 = 515418 \text{ N}$

$F_s^{+2} = 981,748 \times 525 = 515418 \text{ N}$

$F_s^{-4} = 1963,495 \times 525 = 1030835 \text{ N}$

$F_s^{+4} = 1963,495 \times 525 = 1030835 \text{ N}$

Gaya Geser Akibat Balok

Geser ketika arah gempa $x^- = 1030835 \text{ N}$

Geser ketika arah gempa $x^+ = 1030835 \text{ N}$

Geser ketika arah gempa $y^- = 1288544 \text{ N}$

Geser ketika arah gempa $y^+ = 1288544 \text{ N}$

Gaya Geser Kolom

$M_{pr}^- \text{ balok 1} = 49003304 \text{ Nmm}$

$M_{pr}^+ \text{ balok 1} = 49003304 \text{ Nmm}$

$M_{pr}^- \text{ balok 2} = 200492329 \text{ Nmm}$

$M_{pr}^+ \text{ balok 2} = 200492329 \text{ Nmm}$

$M_{pr}^- \text{ balok 4} = 276470138 \text{ Nmm}$

$M_{pr}^+ \text{ balok 4} = 276470138 \text{ Nmm}$

$V_e \text{ balok 1} = 55147 \text{ N}$

$V_e \text{ balok 2} = 92741 \text{ N}$

$V_e \text{ balok 4} = 153686 \text{ N}$

Geser kolom ketika arah gempa $x^- = 111233 \text{ N}$

Geser kolom ketika arah gempa $x^+ = 111233 \text{ N}$

Geser kolom ketika arah gempa $y^- = 101332 \text{ N}$

Geser kolom ketika arah gempa $y^+ = 101332 \text{ N}$

Gaya Geser Total Joint

Geser joint ketika arah gempa $x^- = 1030835 - 111233 = 919602 \text{ N}$

Geser joint ketika arah gempa $x^+ = 1030835 - 111233 = 919602 \text{ N}$

Geser joint ketika arah gempa $y^- = 1288544 - 101332 = 1187212 \text{ N}$

Geser joint ketika arah gempa $y^+ = 1288544 - 101332 = 1187212 \text{ N}$

Kuat Geser Joint

Konfigurasi joint = 3

Faktor pengali kuat geser, $c = 1$

Kuat geser nominal joint gempa x , $V_{nx} = c \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times A_{jx} = 1800000 \text{ N}$

Kuat geser nominal joint gempa y , $V_{ny} = c \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times A_{jy} = 1800000 \text{ N}$

Faktor reduksi, $\Phi = 0,85$

$\Phi V_{nx} = 0,85 \times 1800000 = 1530000 \text{ N}$

$\Phi V_{ny} = 0,85 \times 1800000 = 1530000 \text{ N}$

Gaya geser joint gempa x , $V_{ux} = 919602 \text{ N}$

Gaya geser joint gempa y , $V_{uy} = 1187212 \text{ N}$

$SF_x = \Phi V_{nx} / V_{ux} = 1,664$

$SF_y = \Phi V_{ny} / V_{uy} = 1,289$

Cek kuat geser joint $\rightarrow SF \geq 1$ (**OK!**)

Tulangan Transversal

Tulangan transversal joint $\rightarrow$ digunakan confinement = tumpuan kolom

Panjang Penyaluran Tarik

$L_{dh} \text{ hitung} = f_y \times d_b / (54 \times \lambda \times \sqrt{f'c}) = 388,889 \text{ mm}$

$L_{dh} \text{ pakai} = 388,889 \text{ mm}$

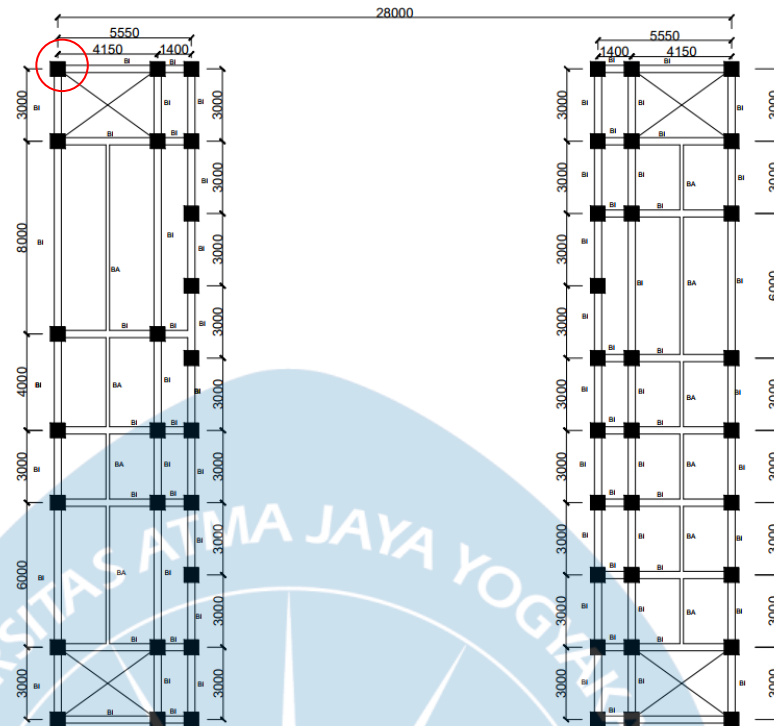
c. HBK 2 Balok

Properti Material dan Penampang

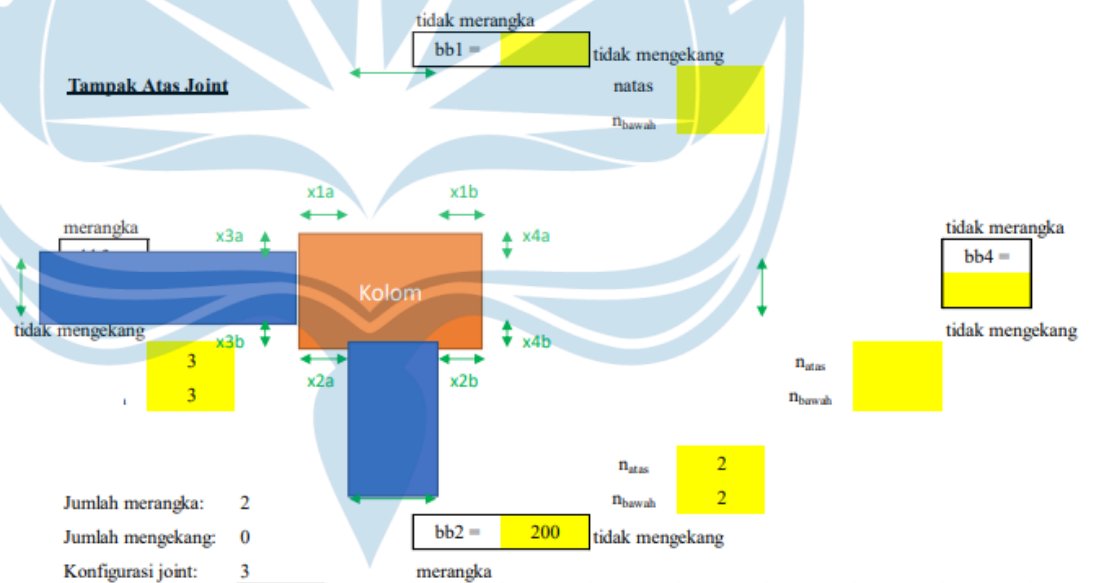
Kolom	= 600 x 600 mm
Panjang kolom (L)	= 3400 mm
F _c	= 25 MPa
F _y	= 420 MPa
Faktor beton ringan (λ)	= 1
H _b terbesar	= 500 mm
Panjang bersih kolom	= 3400 – 500 = 2900 mm

Data Lebar dan Eksentrisitas Balok

Lebar balok 2 (bb ₂)	= 200 mm
Lebar balok 3 (bb ₃)	= 250 mm
x ₂ a = (600-200)/2	= 200 mm
x ₂ b = (600-200)/2	= 200 mm (OK!)
Cek lebar sisi kolom	= bb ₂ + x ₂ a + x ₂ b = 600 mm
x ₃ a = (600-250)/2	= 175 mm
x ₃ b = (600-250)/2	= 175 mm (OK!)
Cek lebar sisi kolom	= bb ₃ + x ₃ a + x ₃ b = 600 mm



Gambar 2.16.5 HBK 2 Balok pada Bangunan Pengelola



Gambar 2.16.6 Detail HBK 2 Balok pada Bangunan Pengelola

Dimensi Joint

x terkecil sisi 2, x2 = 200 mm

x terkecil sisi 3, x3 = 175 mm

Lebar joint sisi 2, bj 2 = 600 mm

Lebar joint sisi 3, bj 3 = 600 mm

Lebar efektif joint y, b_j = 600 mm
 Lebar efektif joint x, h_j = 600 mm
 Luas efektif joint gempa x, A_{jx} = 600 x 600 = 360000 mm²
 Luas efektif joint gempa y, A_{jy} = 600 x 600 = 360000 mm²
 Cek tinggi joint $\rightarrow h_j \geq \frac{1}{2} h_b$

$$600 \geq \frac{1}{2} (600)$$

$$600 \geq 300 \text{ (OK!)}$$

Data dan Gaya Tulangan Balok

Diameter tulangan utama, $d_b = 25$ mm

Cek tinggi joint $\rightarrow h_j \geq 20 d_b$

$$600 \geq (20)(25)$$

$$600 \geq 500 \text{ (OK!)}$$

$$A_s^{-2} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{+2} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 981,748 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{-3} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{+3} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

Tegangan probable tulangan, $f_{pr} = 1,25 \times 420 = 525$ MPa

$$F_s^{-2} = 981,748 \times 525 = 515418 \text{ N}$$

$$F_s^{+2} = 981,748 \times 525 = 515418 \text{ N}$$

$$F_s^{-3} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

$$F_s^{+3} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

Gaya Geser Akibat Balok

Geser ketika arah gempa x- = 773126 N

Geser ketika arah gempa x+ = 773126 N

Geser ketika arah gempa y- = 515418 N

Geser ketika arah gempa y+ = 515418 N

Gaya Geser Kolom

$$M_{pr}^- \text{ balok 2} = 60443245 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^+ \text{ balok 2} = 60443245 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^- \text{ balok 3} = 49003304 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^+ \text{ balok 3} = 49003304 \text{ Nmm}$$

$$V_e \text{ balok 2} = 153686 \text{ N}$$

$$V_e \text{ balok 3} = 55147 \text{ N}$$

$$\text{Geser kolom ketika arah gempa } x^- = 20809 \text{ N}$$

$$\text{Geser kolom ketika arah gempa } x^+ = 20809 \text{ N}$$

$$\text{Geser kolom ketika arah gempa } y^- = 33825 \text{ N}$$

$$\text{Geser kolom ketika arah gempa } y^+ = 33825 \text{ N}$$

Gaya Geser Total Joint

$$\text{Geser joint ketika arah gempa } x^- = 752318 \text{ N}$$

$$\text{Geser joint ketika arah gempa } x^+ = 752318 \text{ N}$$

$$\text{Geser joint ketika arah gempa } y^- = 481592 \text{ N}$$

$$\text{Geser joint ketika arah gempa } y^+ = 481592 \text{ N}$$

Kuat Geser Joint

$$\text{Konfigurasi joint} = 3$$

$$\text{Faktor pengali kuat geser, } c = 1$$

$$\text{Kuat geser nominal joint gempa } x, V_{nx} = c \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times A_{jx} = 1800000 \text{ N}$$

$$\text{Kuat geser nominal joint gempa } y, V_{ny} = c \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times A_{jy} = 1800000 \text{ N}$$

$$\text{Faktor reduksi, } \Phi = 0,85$$

$$\Phi V_{nx} = 0,85 \times 1800000 = 1530000 \text{ N}$$

$$\Phi V_{ny} = 0,85 \times 1800000 = 1530000 \text{ N}$$

$$\text{Gaya geser joint gempa } x, V_{ux} = 752318 \text{ N}$$

Gaya geser joint gempa y, V_{uy} = 481592 N

$SF_x = \Phi V_{nx} / V_{ux}$ = 2,034

$SF_y = \Phi V_{ny} / V_{uy}$ = 3,177

Cek kuat geser joint $\rightarrow SF \geq 1$ (**OK!**)

Tulangan Transversal

Tulangan transversal joint $\rightarrow$ digunakan confinement = tumpuan kolom

Panjang Penyaluran Tarik

$L_{dh} \text{ hitung} = f_y \times d_b / (54 \times \lambda \times \sqrt{f'_c}) = 388,889 \text{ mm}$

$L_{dh} \text{ pakai} = 388,889 \text{ mm}$

2.16.3 Bangunan Pagelaran

a. HBK 4 Balok

Properti Material dan Penampang

Kolom = 600 x 600 mm

Panjang kolom (L) = 11000 mm

F_c = 25 MPa

F_y = 420 MPa

Faktor beton ringan (λ) = 1

Hb terbesar = 700 mm

Panjang bersih kolom = 11000 – 700 = 10300 mm

Data Lebar dan Eksentrisitas Balok

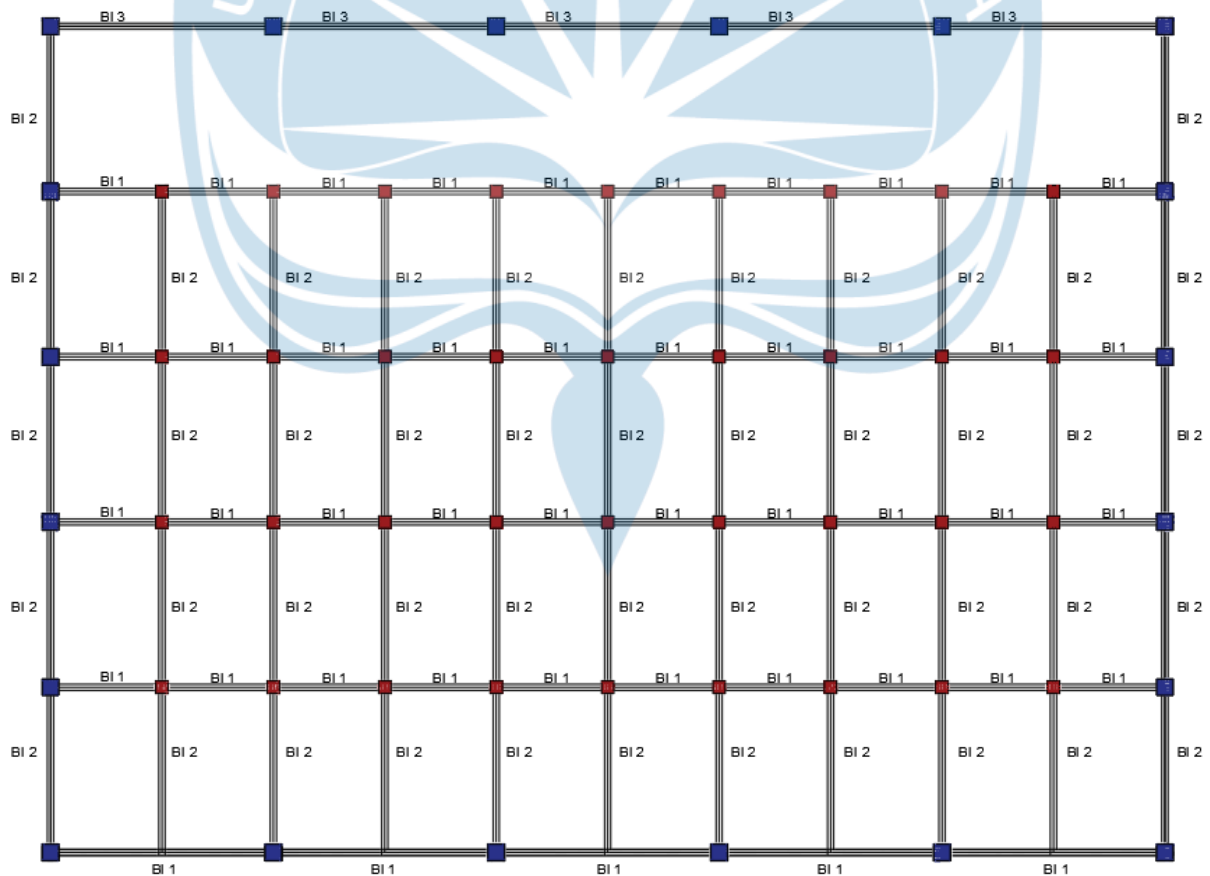
Lebar balok 1 (bb1) = 350 mm

Lebar balok 2 (bb2) = 350 mm

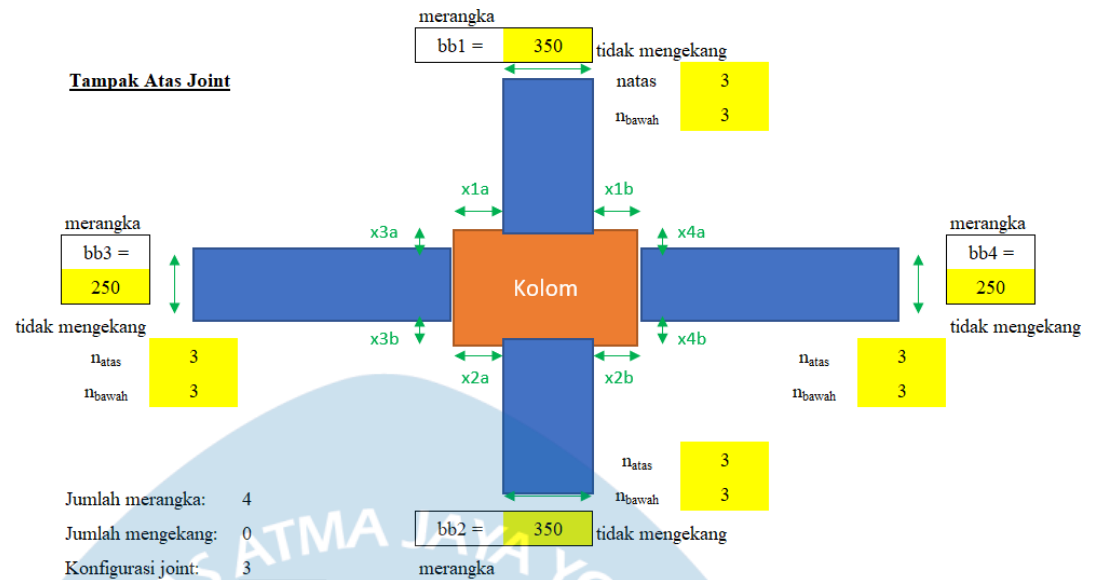
Lebar balok 3 (bb3) = 250 mm

Lebar balok 4 (bb4) = 250 mm

$$\begin{aligned}
 x1 \ a &= (600-350)/2 &= 125 \text{ mm} \\
 x1 \ b &= (600-350)/2 &= 125 \text{ mm (OK!)} \\
 \text{Cek lebar sisi kolom 1} &= bb1 + x1 \ a + x1 \ b = 600 \text{ mm} \\
 x2 \ a &= (600-350)/2 &= 125 \text{ mm} \\
 x2 \ b &= (600-350)/2 &= 125 \text{ mm (OK!)} \\
 \text{Cek lebar sisi kolom} &= bb2 + x2 \ a + x2 \ b = 600 \text{ mm} \\
 x3 \ a &= (600-250)/2 &= 175 \text{ mm} \\
 x3 \ b &= (600-250)/2 &= 175 \text{ mm (OK!)} \\
 \text{Cek lebar sisi kolom} &= bb3 + x3 \ a + x3 \ b = 600 \text{ mm} \\
 x4 \ a &= (600-250)/2 &= 175 \text{ mm} \\
 x4 \ b &= (600-250)/2 &= 175 \text{ mm (OK!)} \\
 \text{Cek lebar sisi kolom} &= bb4 + x4 \ a + x4 \ b = 600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 2.16.7 HBK 4 Balok pada Bangunan Pagelaran



Gambar 2.16.8 Detail HBK 4 Balok pada Bangunan Pagelaran

Dimensi Joint

x terkecil sisi 1, x1	= 125 mm
x terkecil sisi 2, x2	= 125 mm
x terkecil sisi 3, x3	= 175 mm
x terkecil sisi 4, x4	= 175 mm
Lebar joint sisi 1, bj 1	= 600 mm
Lebar joint sisi 2, bj 2	= 600 mm
Lebar joint sisi 3, bj 3	= 600 mm
Lebar joint sisi 4, bj 4	= 600 mm
Lebar efektif joint y, bj	= 600 mm
Lebar efektif joint x, hj	= 600 mm
Luas efektif joint gempa x, Ajx	= 600 x 600 = 360000 mm ²
Luas efektif joint gempa y, Ajy	= 600 x 600 = 360000 mm ²
Cek tinggi joint → hj ≥ ½ hb	

$$600 \geq \frac{1}{2} (600)$$

$$600 \geq 300 \text{ (OK!)}$$

Data dan Gaya Tulangan Balok

Diameter tulangan utama, $d_b = 25 \text{ mm}$

Cek tinggi joint $\rightarrow h_j \geq 20 d_b$

$$600 \geq (20)(25)$$

$$600 \geq 500 \text{ (OK!)}$$

$$\text{Tulangan atas balok 1, } A_s^{-1} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan atas balok 1, } A_s^{+1} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{-2} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{+2} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{-3} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{+3} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{-4} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{+4} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tegangan probable tulangan, } f_{pr} = 1,25 \times 420 = 525 \text{ MPa}$$

$$\text{Gaya tulangan atas balok 1, } F_s^{-1} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

$$\text{Gaya tulangan atas balok 1, } F_s^{+1} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

$$F_s^{-2} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

$$F_s^{+2} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

$$F_s^{-3} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

$$F_s^{+3} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

$$F_s^{-4} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

$$F_s^{+4} = 1472,622 \times 525 = 773126 \text{ N}$$

Gaya Geser Akibat Balok

Geser ketika arah gempa $x^- = 1546253 \text{ N}$

Geser ketika arah gempa $x^+ = 1546253 \text{ N}$

Geser ketika arah gempa $y^- = 1546253 \text{ N}$

Geser ketika arah gempa $y^+ = 1546253 \text{ N}$

Gaya Geser Kolom

M_{pr^-} balok 1 = 585720665 Nmm

M_{pr^+} balok 1 = 585720665 Nmm

M_{pr^-} balok 2 = 585720665 Nmm

M_{pr^+} balok 2 = 585720665 Nmm

M_{pr^-} balok 3 = 199161104 Nmm

M_{pr^+} balok 3 = 199161104 Nmm

M_{pr^-} balok 4 = 199161104 Nmm

M_{pr^+} balok 4 = 199161104 Nmm

V_e balok 1 = 288360 N

V_e balok 2 = 288360 N

V_e balok 3 = 213931 N

V_e balok 4 = 213931 N

Geser kolom ketika arah gempa $x^- = 51134 \text{ N}$

Geser kolom ketika arah gempa $x^+ = 51134 \text{ N}$

Geser kolom ketika arah gempa $y^- = 130530 \text{ N}$

Geser kolom ketika arah gempa $y^+ = 130530 \text{ N}$

Gaya Geser Total Joint

Geser joint ketika arah gempa $x^- = 1495119 \text{ N}$

Geser joint ketika arah gempa $x^+ = 1495119 \text{ N}$

Geser joint ketika arah gempa $y^- = 1415723 \text{ N}$

Geser joint ketika arah gempa $y^+ = 1415723 \text{ N}$

Kuat Geser Joint

Konfigurasi joint = 3

Faktor pengali kuat geser, $c = 1$

$$\text{Kuat geser nominal joint gempax, } V_{nx} = c \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times A_{jx} = 1800000 \text{ N}$$

$$\text{Kuat geser nominal joint gempay, } V_{ny} = c \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times A_{jy} = 1800000 \text{ N}$$

$$\text{Faktor reduksi, } \Phi = 0,85$$

$$\Phi V_{nx} = 0,85 \times 1800000 = 1530000 \text{ N}$$

$$\Phi V_{ny} = 0,85 \times 1800000 = 1530000 \text{ N}$$

$$\text{Gaya geser joint gempax, } V_{ux} = 1495119 \text{ N}$$

$$\text{Gaya geser joint gempay, } V_{uy} = 1415723 \text{ N}$$

$$SF_x = \Phi V_{nx} / V_{ux} = 1,023$$

$$SF_y = \Phi V_{ny} / V_{uy} = 1,081$$

Cek kuat geser joint $\rightarrow SF \geq 1$ (OK!)

Tulangan Transversal

Tulangan transversal joint $\rightarrow$ digunakan confinement = tumpuan kolom

Panjang Penyaluran Tarik

$$L_{dh} \text{ hitung} = f_y \times d_b / (54 \times \lambda \times \sqrt{f'c}) = 388,889 \text{ mm}$$

$$L_{dh} \text{ pakai} = 388,889 \text{ mm}$$

2.17 Rekap Balok Anak, Balok Induk, & Kolom

2.17.1 Bangunan Pameran Dan Perpustakaan

➤ Balok Anak

Tabel 2.17.1 Rekap Balok Anak Pada Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Keterangan	BA1		BA2	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Ukuran	250x350		250x300	
Tulangan Atas	3D22	2D22	3D22	2D22
Tulangan Bawah	2D22	2D22	2D22	2D22
Sengkang	2D10-100	2D10-130	2D10-100	2D10-110

➤ Balok Induk

Tabel 2.17.2 Rekap Balok Induk Pada Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Keterangan		Ukuran	Tulangan Atas	Tulangan Bawah	Sengkang
BI1	Tumpuan	400x600	5D22	4D22	4D13-100
	Lapangan		4D22	4D22	4D13-120
BI2	Tumpuan	400x550	5D22	3D22	3D13-100
	Lapangan		3D22	3D22	3D13-120
BI3	Tumpuan	400x500	5D22	3D22	3D13-90
	Lapangan		3D22	3D22	3D13-100
BI4	Tumpuan	400x450	4D22	2D22	2D13-90
	Lapangan		2D22	2D22	2D13-120

➤ Kolom

Tabel 2.17.3 Rekap Kolom Pada Bangunan Pameran dan Perpustakaan

Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Ukuran	600x600	
Tulangan Longitudinal	20D32	20D32
Tulangan Transversal	4D13-100	4D13-150

2.17.2 Bangunan Pengelola

➤ Balok Anak

Tabel 2.17.4 Rekap Balok Anak Pada Bangunan Pengelola

Keterangan	BA1		BA2	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Ukuran	300x350		200x250	
Tulangan Atas	3D25	2D25	3D19	2D19
Tulangan Bawah	2D25	2D25	2D19	2D19
Sengkang	2D10-100	2D10-90	2D6-100	2D6-110

➤ Balok Induk

Tabel 2.17.5 Rekap Balok Induk Pada Bangunan Pengelola

Keterangan		Ukuran	Tulangan Atas	Tulangan Bawah	Sengkang
BI1	Tumpuan	250x250	2D22	2D22	2D10-80
	Lapangan		2D22	2D22	2D10-90
BI2	Tumpuan	200x250	2D22	2D22	2D10-80
	Lapangan		2D22	2D22	2D10-95
BI3	Tumpuan	350x400	4D22	4D22	2D8-100
	Lapangan		3D22	3D22	2D8-150
BI4	Tumpuan	250x500	2D25	2D25	2D10-100
	Lapangan		3D25	2D25	2D10-150
BI5	Tumpuan	350x400	4D25	4D25	2D10-100
	Lapangan		3D25	3D25	3D10-150

➤ Kolom

Tabel 2.17.6 Rekap Kolom Pada Bangunan Pengelola

Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Ukuran	600x600	
Tulangan Longitudinal	16D22	16D22
Tulangan Transversal	3D16-100	2D16-150

2.17.3 Bangunan Pagelaran

➤ Balok Induk

Tabel 2.17.7 Rekapitan Balok Induk Pada Bangunan Pagelaran

Keterangan		Ukuran	Tulangan Atas	Tulangan Bawah	Sengkang
BI1	Tumpuan	250x450	3D22	3D22	2D10-90
	Lapangan		3D22	3D22	2D10-150
BI2	Tumpuan	350x700	4D25	4D25	3D10-100
	Lapangan		3D25	3D25	2D10-150
BI3	Tumpuan	450x900	4D29	4D29	3D10-100
	Lapangan		3D29	3D29	2D10-150

➤ Kolom

Tabel 2.17.8 Rekapitan Kolom Pada Bangunan Pagelaran

Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Ukuran	800x800	
Tulangan Longitudinal	16D22	16D22
Tulangan Transversal	4D13-100	2D13-150
Ukuran	600x600	
Tulangan Longitudinal	16D22	16D22
Tulangan Transversal	4D13-100	2D13-150