

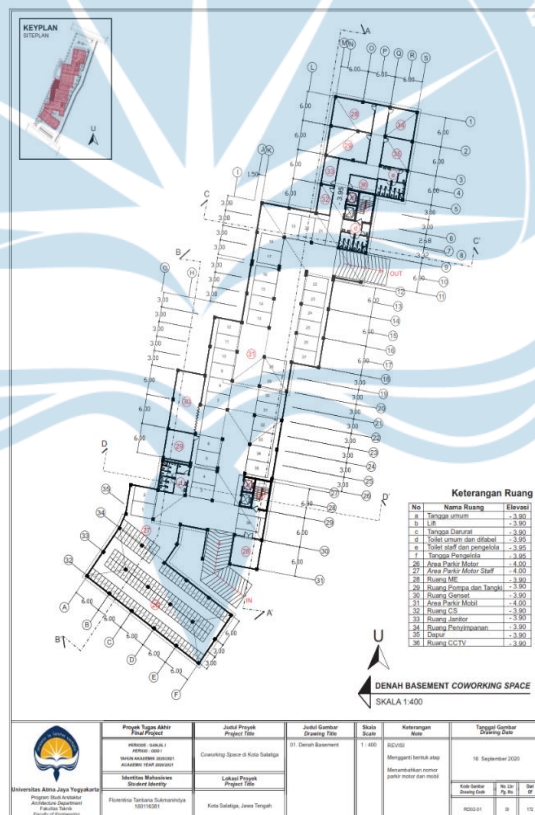
## BAB 2

### PERENCANAAN STRUKTUR ATAS

Struktur atas bangunan merupakan struktur yang terdapat pada permukaan tanah yang terdiri atas pekerjaan atap, tangga, pelat lantai, balok, kolom dan *shear wall*. Direncanakan bangunan *Coworking Space* menggunakan struktur balok bertulang pada elemen balok, kolom, tangga dan plat lantai dan *sheer wall*, sedangkan untuk atap menggunakan struktur baja *Double Angel*.

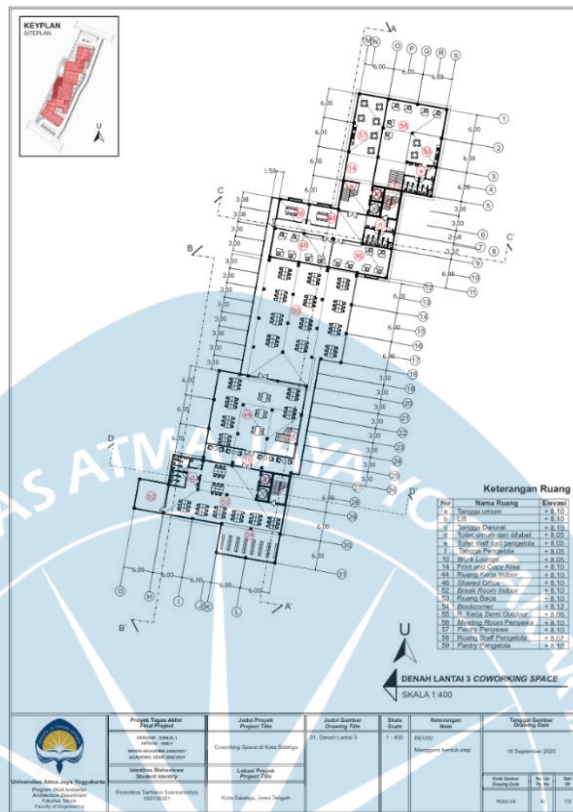
#### 2.1 Lay-Out

##### 2.1.1 Denah Arsitektur

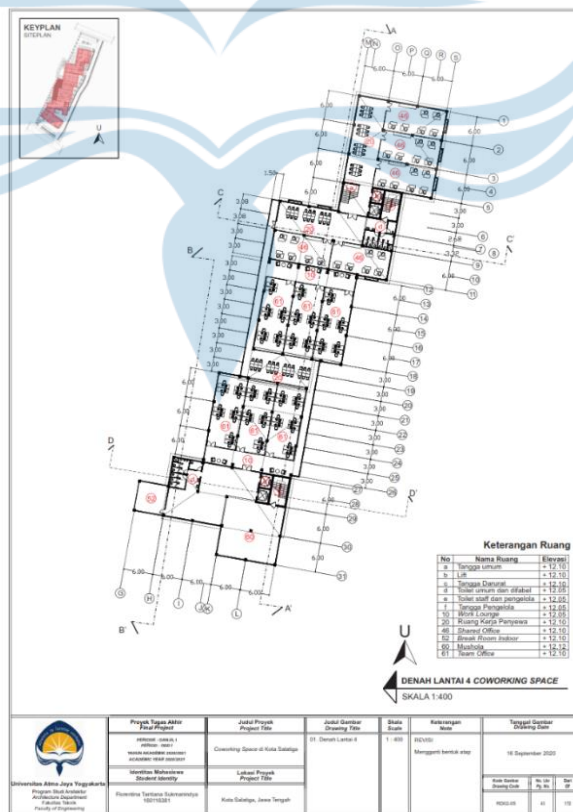


Gambar 2.1 Denah Arsitektur *Basement*

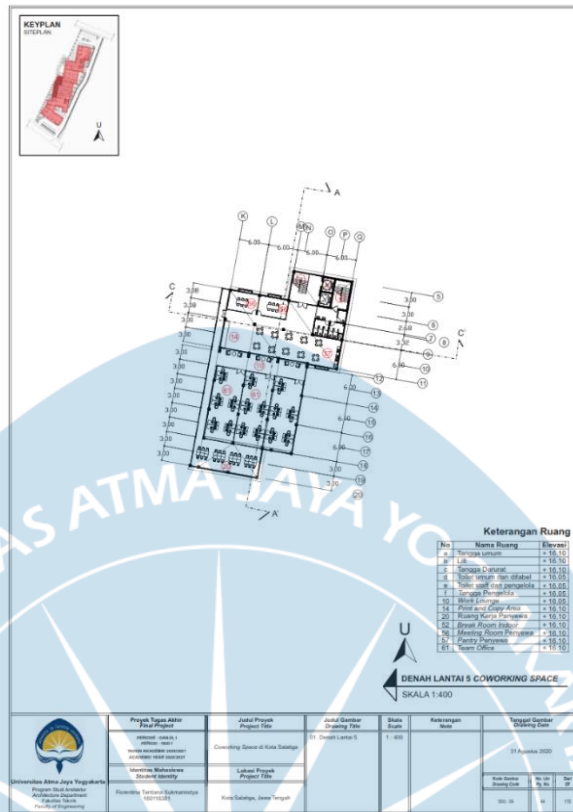




Gambar 2.4 Denah Arsitektur Lantai 3

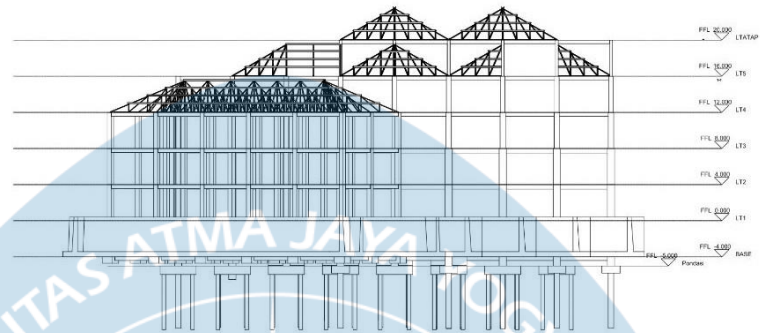


Gambar 2.5 Denah Arsitektur Lantai 4

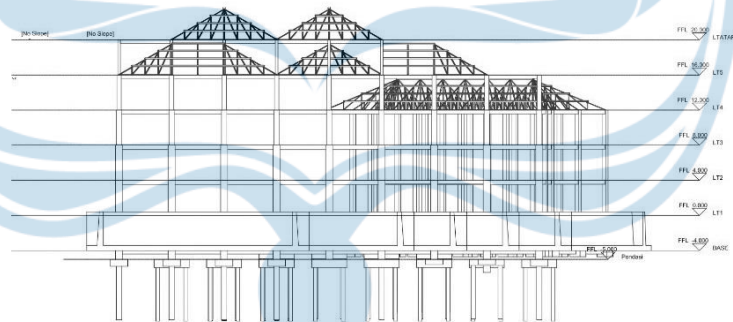


Gambar 2.6 Denah Arsitektur Lantai 5

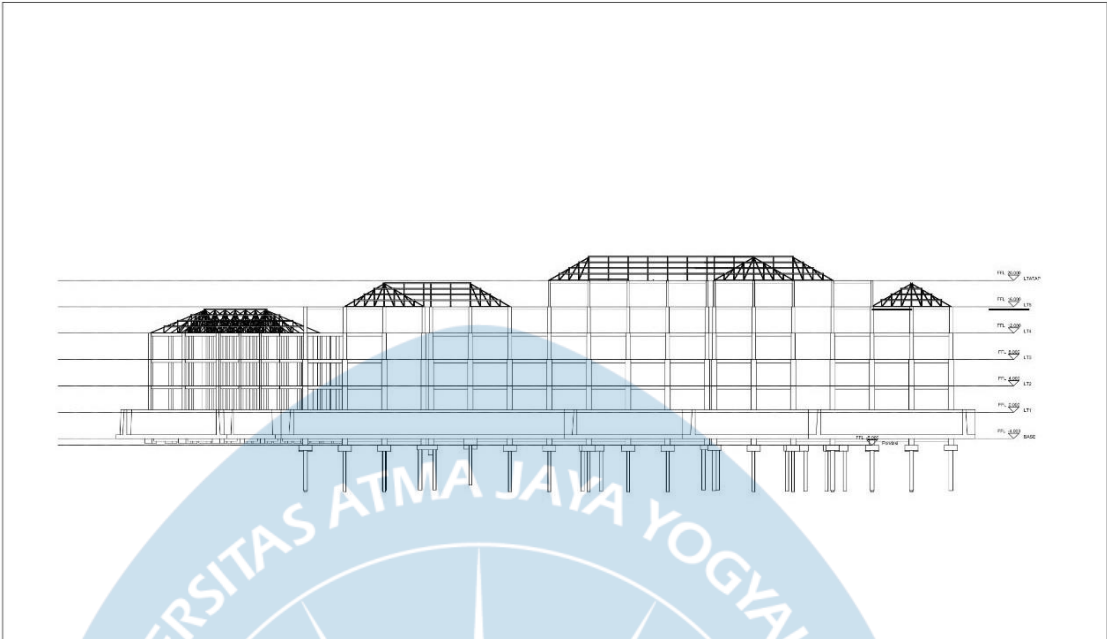
## 2.1.2 Gambar Tampak



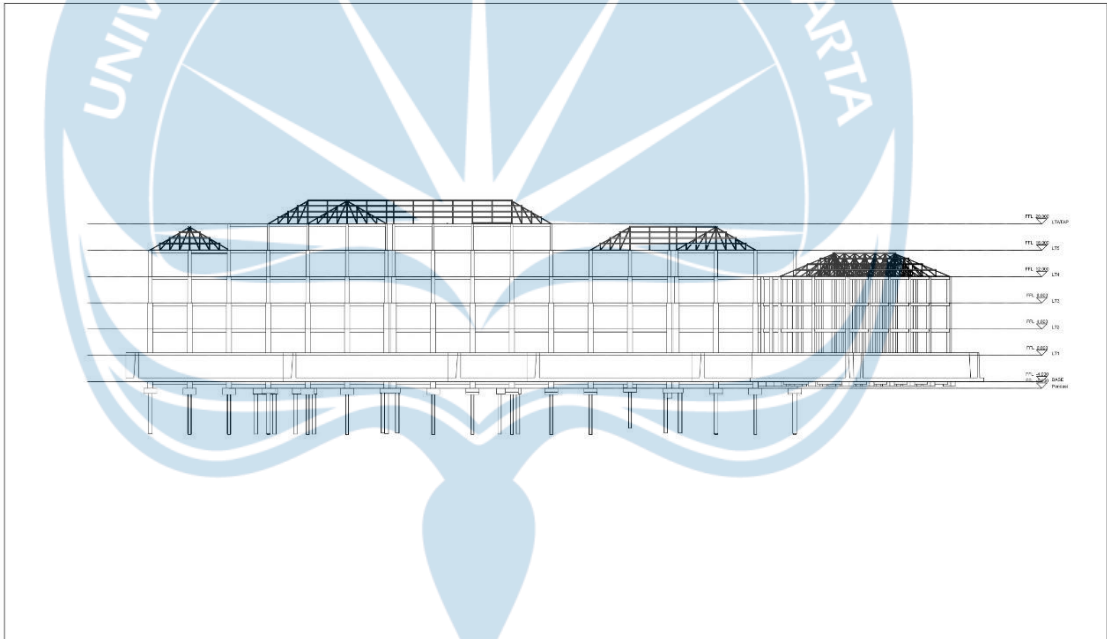
Gambar 2.7 Tampak Belakang Struktur Bangunan



Gambar 2.8 Tampak Depan Struktur Bangunan



Gambar 2.9 Tampak Kanan Struktur Bangunan

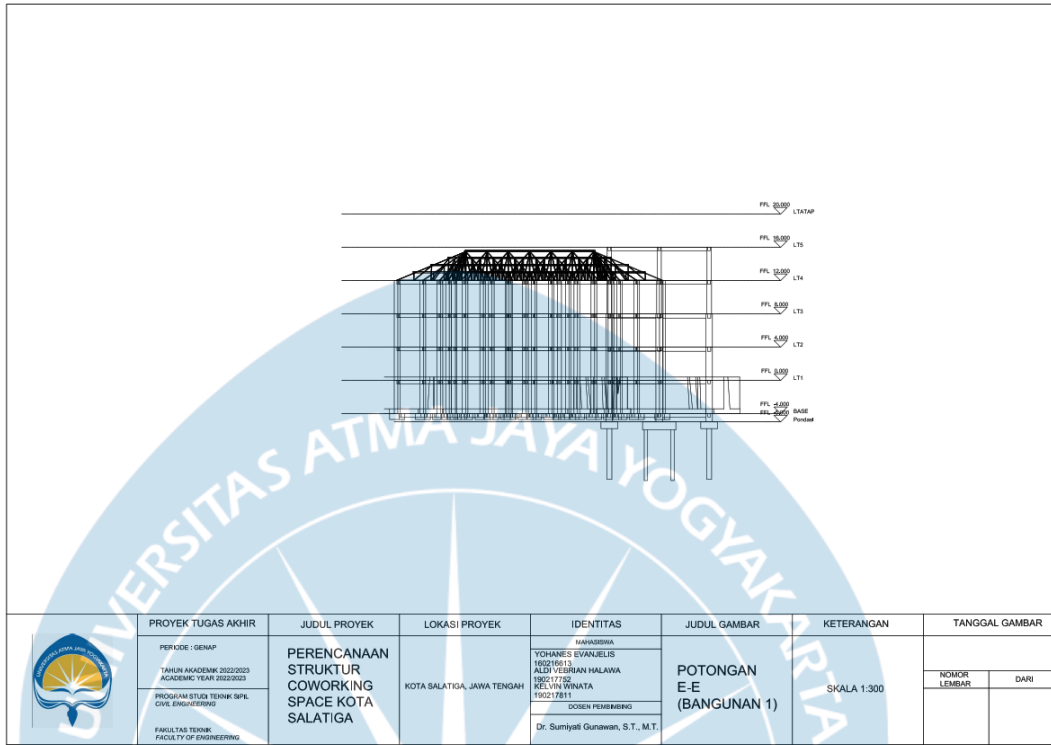


Gambar 2.10 Tampak Kiri Struktur Bangunan

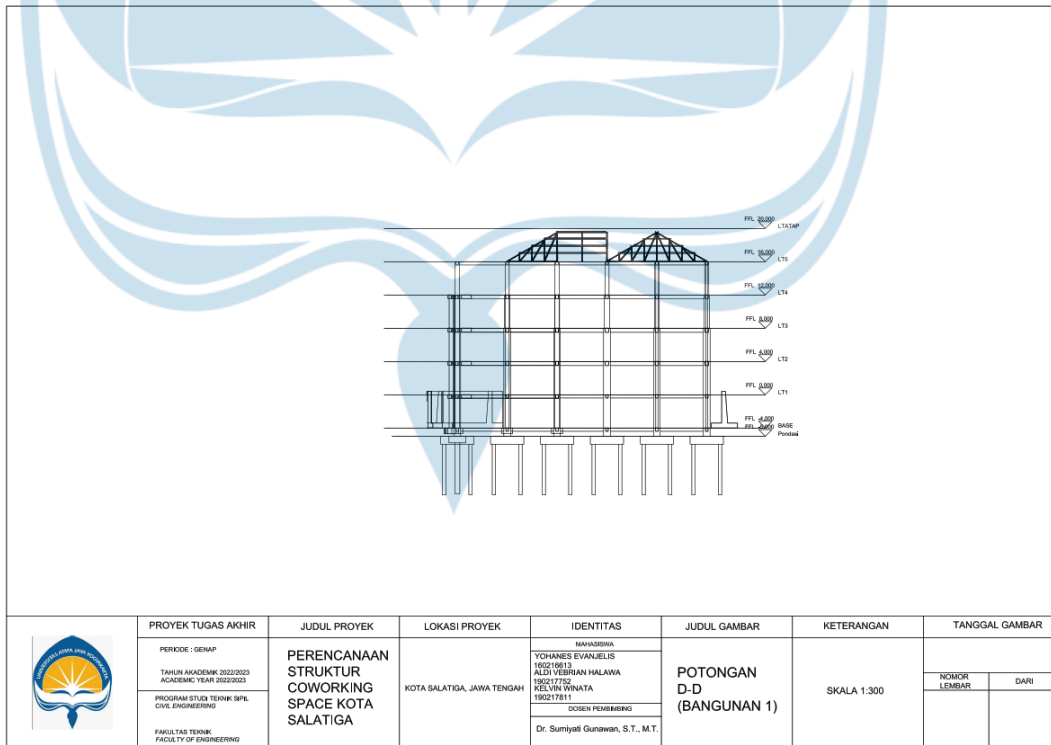




### 2.1.3 Gambar Potongan

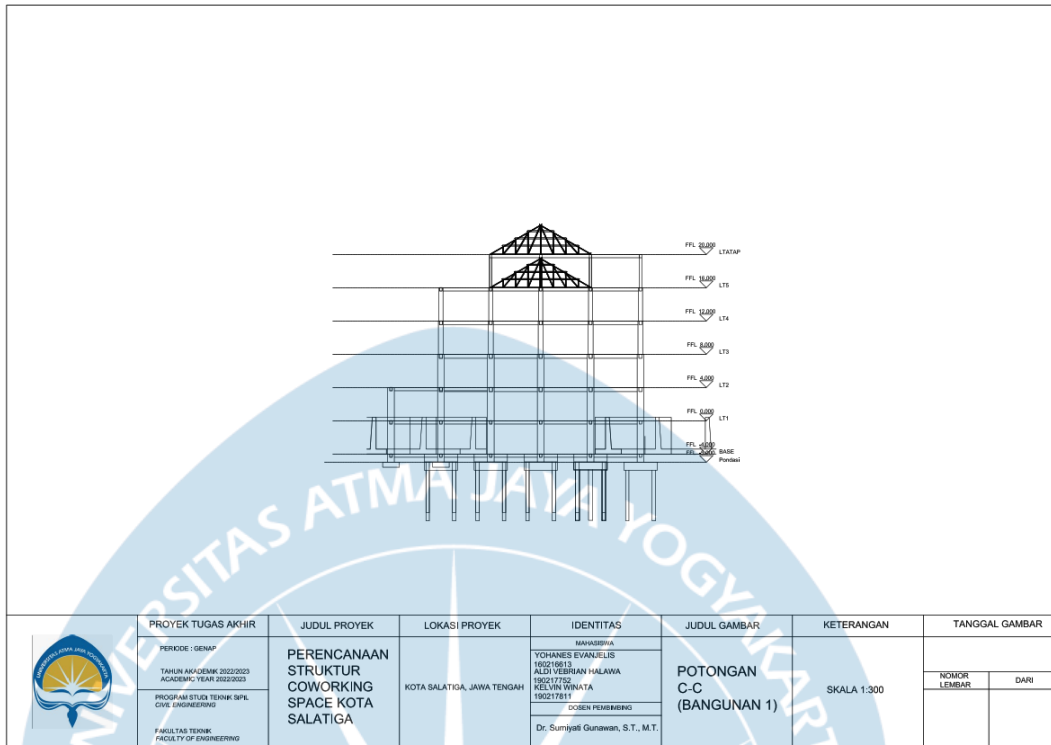


Gambar 2.13 Potongan Gedung 1

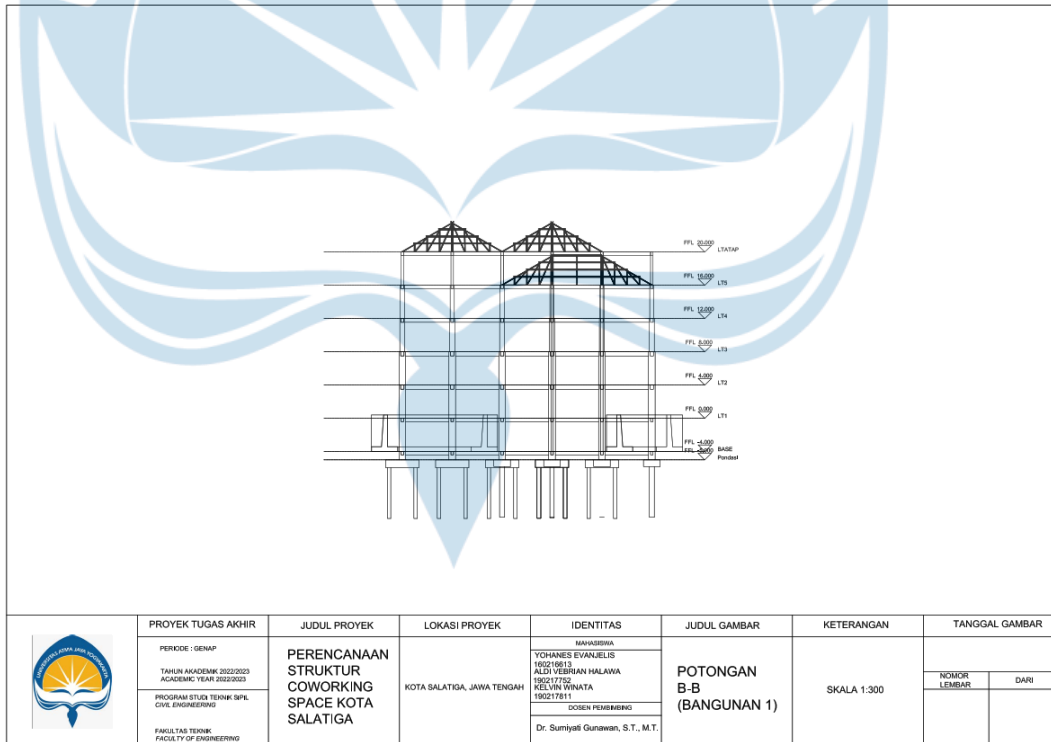


Gambar 2.14 Potongan Gedung 2



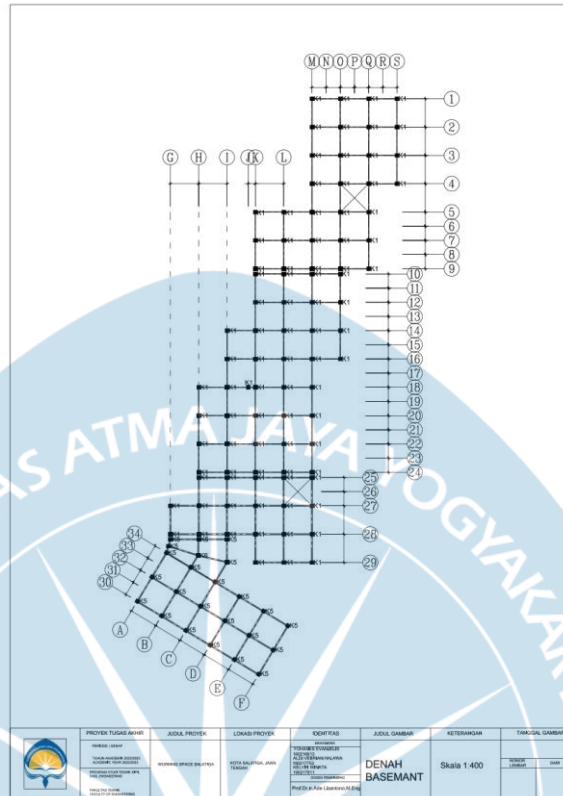


Gambar 2.15 Potongan Gedung 3

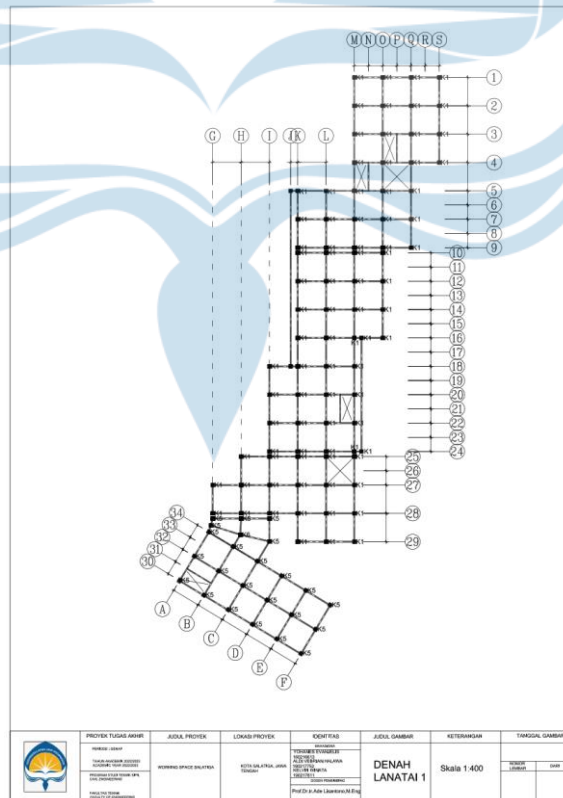


Gambar 2.16 Potongan Gedung 4

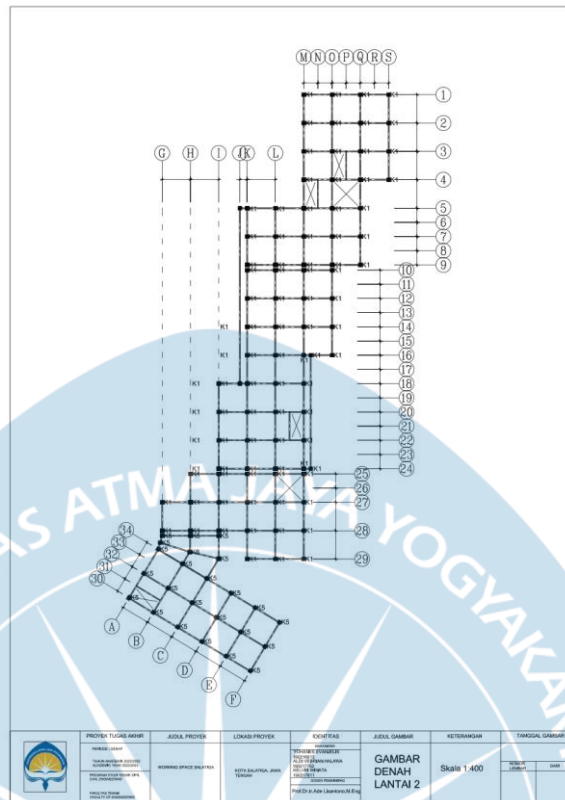
### 2.1.4 Lay-Out Struktur



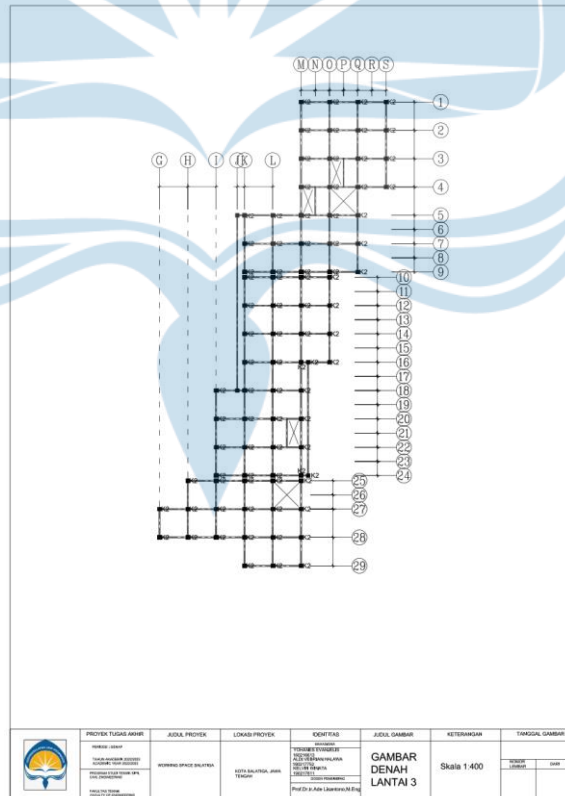
Gambar 2.17 Lay-Out Struktur Lantai Basement



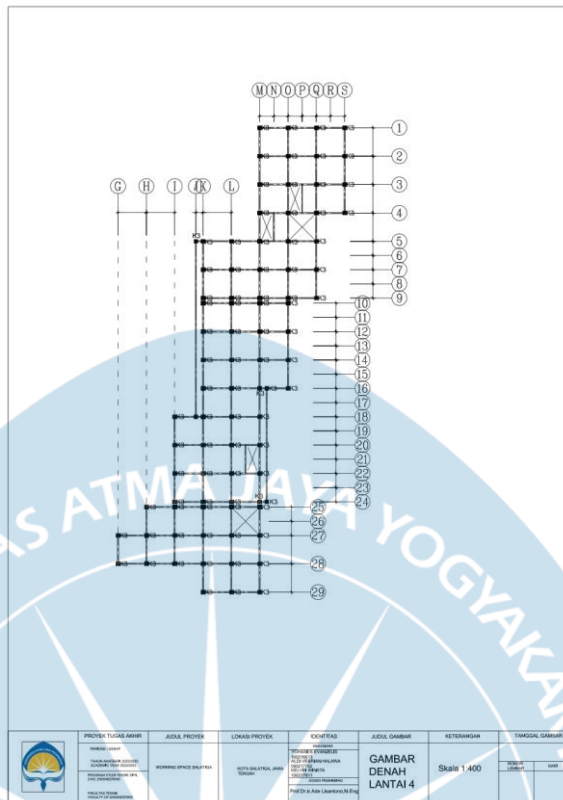
Gambar 2.18 Lay-Out Struktur Lantai 1



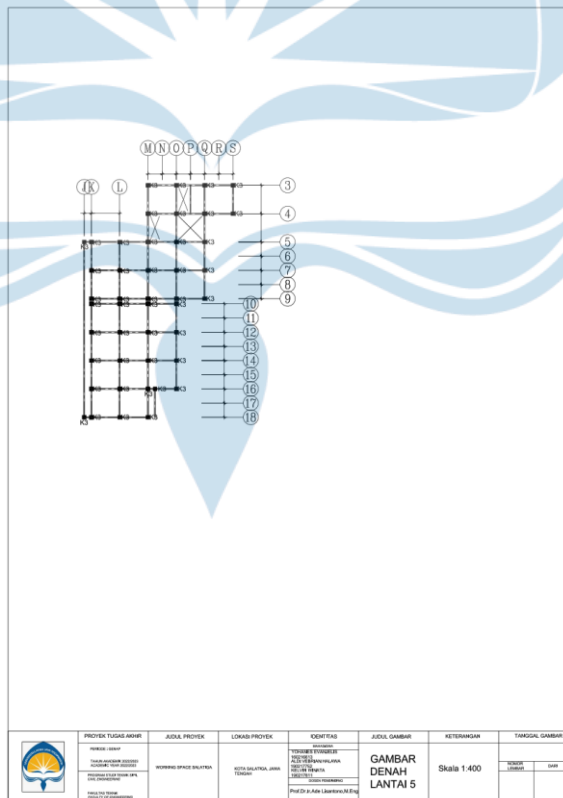
Gambar 2.19 Lay-Out Struktur Lantai 2



Gambar 2.20 Lay-Out Struktur Lantai 3

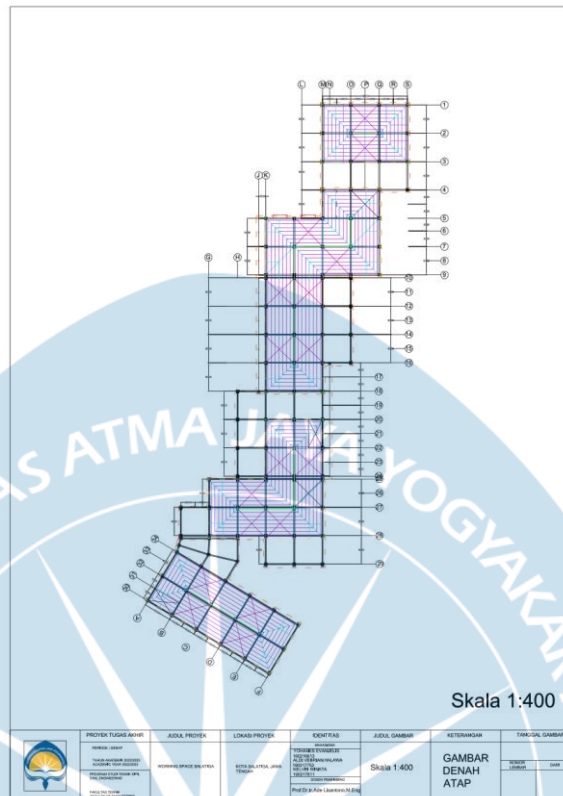


Gambar 2.21 Lay-Out Struktur Lantai 4



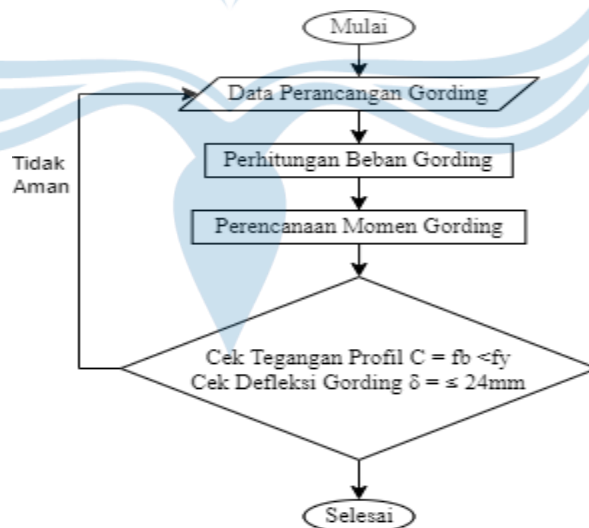
Gambar 2.22 Lay-Out Struktur Lantai 5

### 2.1.5 Denah Rencana Atap



Gambar 2.23 Denah Rencana Atap

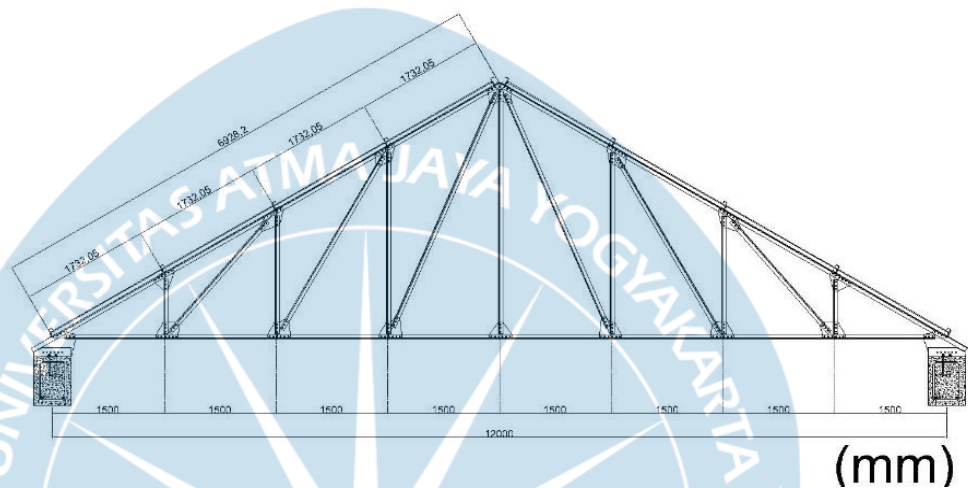
### 2.2 Gording dan Beban Kuda-Kuda



Gambar 2.24 Flowcart Gording

Flowcart pada bab ini dimulai dari pengumpulan data perancangan gording lalu penghitungan beban gording dan berencanaa moment gording dan di lakukan pengecekan cek tegang profil dan cek defleksi gording jika tidak aman maka di ulangi dari perancangan Groding.

Perancangan gedung dimulai dengan merencanakan Struktur atap. Struktur atap pada *Coworking Space* ini menggunakan baja *Double Angel* dengan penutup atap menggunakan galvalum. Bentuk atap berupa atap limasan dengan bentang 6m. Perencanaan atap berupa elemen kuda-kuda, gording, sagrod dan sambungan atap.



Gambar 2.25 Kuda-kuda.

Data perencanaan atap:

- a. Bentang *kuda-kuda* : 6m
  - b. Jarak antar kuda-kuda : 3m
  - c. Kemiringan atap ( $\alpha$ ) : 30°
  - d. Beban penutup atap (Galvalum) : 0,0412 kn/m
  - e. Berat plafon : 0,051 kn/m
  - f. Beban hidup : 1 KN/m
  - g. Mutu baja : BJ37 ( $f_y=240$  MPa,  $f_u=370$  Mpa)
- Jarak gording : 1,732m

## 2.2.1 Gording

### A. Perhitungan Beban Gording

Berikut merupakan Tabel perhitungan Beban

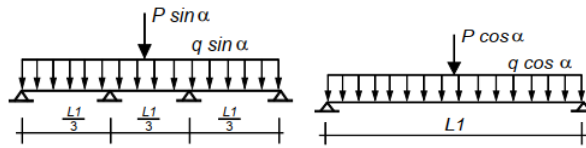
Tabel 2.1 Perhitungan Beban

Beban	Rumus	Hasil
Berat Sendiri	Diperkirakan	0,08 KN/m <sup>2</sup>
Berat Atap	Jarak gording x berat atap	0,0713 KN/m <sup>2</sup>
Berat Plapon	Jarak gording x berat plapon	0,077KN/m <sup>2</sup>
Jumlah		0,228 KN/m <sup>2</sup>
Berat total+sambungan	Jumlah + jumlah x 10%	0,251KN/m <sup>2</sup>
<i>Live load</i>	Beban pekerja	1 KN/m <sup>2</sup>



## B. Rencana Momen Gording

Momen pada gording dicari pada arah sumbu 2 dan 3 dengan cara :



Gambar 2.26 Beban Gording

Tabel 2.2 Beban Gording Arah sb-2

Rumus	Hasil (kNm)
$M_{3,D} = \frac{1}{8} q \cos \alpha L^2$	0,244
$M_{3,L} = \frac{1}{4} P \cos \alpha L$	0,650

Tabel 2.3 Beban Gording Arah sb-3

Rumus	Hasil (kNm)
$M_{2,D} = \frac{1}{8} q \sin \alpha \left(\frac{L}{3}\right)^2$	0,016
$M_{2,L} = \frac{1}{4} P \sin \alpha \frac{L}{3}$	0,125

## C. Kombinasi Pembebanan

Berikut merupakan table kombinasi pebebanan

Tabel 2.4 Kombinasi pembebanan arah sumbu 2

Rumus	Hasil (kNm)
$M_{2,U} = 1,4 M_{2,D}$	0,022
$M_{2,U} = 1,2 M_{2,D} + 1,6 M_{2,L}$	0,219

Diambil yang terbesar yaitu  $M_{2U} = 0,219$

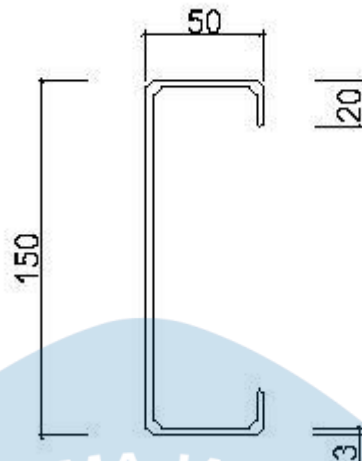
Tabel 2.5 Kombinasi pembebanan arah sumbu 3

Rumus	Hasil (kNm)
$M_{3,U} = 1,4 M_{3,D}$	0,341
$M_{3,U} = 1,2 M_{3,D} + 1,6 M_{3,L}$	1,332

Diambil yang terbesar yaitu  $M_{3U} = 1,332$

## D. Cek Tegangan Profil C

Profil C yang digunakan adalah C 150 x 50 x 20 tebal 3mm



Gambar 2.27 Profil C

Dengan data-data :

$$W_3 = 35,4 \text{ cm}^3$$

$$W_2 = 7,8 \text{ cm}^3$$

Untuk memeriksa tegangan pada profil baja C ( $f_b$ ), dapat digunakan rumus:

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

Dengan nilai  $\phi = 0,75$  untuk lentur dan geser.

Diperoleh nilai  $f_b$  148,528 Mpa . Dikarenakan  $f_b \leq f_y$  yaitu  $148,528 \text{ MPa} \leq 240 \text{ MPa}$  sehingga memenuhi syarat.

### E. Cek Defleksi Gording

Untuk mengecek Defleksi gording ( $\delta$ ), perlu mendapatkan defleksi arah sumbu 2 ( $\delta_2$ ) dan defleksi arah sumbu 3 ( $\delta_3$ ).

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{q \cos \alpha L^4}{EI} + \frac{1}{48} \times \frac{P \cos \alpha L^3}{EI}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,251 \cdot \cos 30 \cdot 3000^4}{200000 \cdot 710000} + \frac{1}{48} \cdot \frac{1 \cdot \cos 30 \cdot 3000^3}{200000 \cdot 710000}$$

$$\delta_2 = 1,6151 \text{ mm}$$

$$\delta_3 = \frac{5}{384} \times \frac{q \sin \alpha}{EI} \times \left(\frac{L}{3}\right)^4 + \frac{1}{48} \times \frac{P \sin \alpha}{EI} \times \left(\frac{L}{3}\right)^3$$

$$\delta_3 = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,251 \cdot \sin 30 \cdot 1000^4}{200000 \cdot 710000} + \frac{1}{48} \cdot \frac{1 \cdot \sin 30 \cdot 1000^3}{200000 \cdot 710000}$$

$$\delta_3 = 0,3543 \text{ mm}$$

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

$$\delta = \sqrt{1,6151^2 + 0,3543^2} \leq \frac{1}{240} \times 1000$$

$$\delta = 1,6501 \text{ mm} \leq 24 \text{ mm}$$

Karena defleksi  $1,6501 \text{ mm} \leq 24 \text{ mm}$  maka gording aman.

### 2.2.2 Sag-Rod

Jumlah gording (n) dibawah nok = 5.

#### A. Gaya Pada Sag-rod

Gaya pada sagrod terbagi atas 2 yaitu untuk beban mati ( $F_{t,D}$ ) dan beban hidup ( $F_{t,L}$ ) didapat dengan rumus :

$$F_{t,D} = n \left( \frac{L}{3} \times q \times \sin \alpha \right)$$

$$F_{t,D} = 5 \left( \frac{3}{3} \times 0,2505536 \times \sin 30 \right)$$

$$F_{t,D} = 0,6264 \text{ kN}$$

$$F_{t,L} = \frac{n}{2} \times P \times \sin \alpha$$

$$F_{t,L} = \frac{5}{2} \times 1 \times \sin 30$$

$$F_{t,L} = 1,25 \text{ kN}$$

#### B. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan pada *sag-rod*

$$F_{t,U} = 1,4F_{t,D}$$

$$F_{t,U} = 0,877 \text{ kN}$$

$$F_{t,U} = 1,2F_{t,D} + 1,6F_{t,L}$$

$$F_{t,U} = 1,2 \times 0,6264 + 1,6 \times 1,25$$

$$F_{t,U} = 2,7517 \text{ kN}$$

Digunakan pembebanan terbesar yaitu  $F_{t,U} = 2,7517 \text{ kN}$

#### C. Luas Batang Sag-Rod Yang Dibutuhkan

Luas batang *sag-rod* didapatkan menggunakan rumus

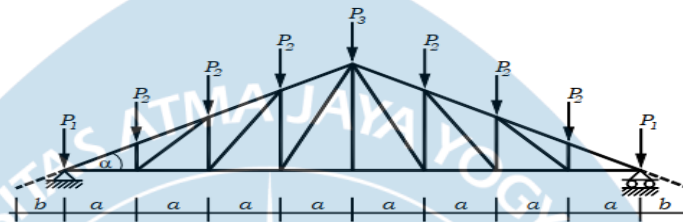
$$A_{sr} = \frac{F_t \cdot 10^3}{\phi F_y}$$

$$A_{sr} = \frac{2,7517 \cdot 10^3}{0,9 \times 240}$$

$$A_{sr} = 12,7392 \text{ kN}$$

### 2.2.3 Kuda-Kuda

Pembebanan *kuda-kuda* (dapat di lihat di gambar 2.28) yang akan direncanakan adalah beban mati, beban hidup dan beban angin seperti table di bawah



Gambar 2.28 Beban Terpusat Kuda-kuda

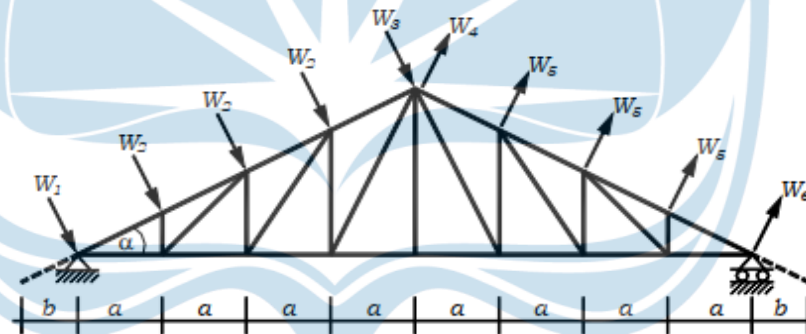
Tabel 2.6 Beban Terpusat Kuda-Kuda

Beban	Rumus	Hasil (KN)
<b>Beban P1</b>		
Berat sendiri kuda-kuda	$\frac{a}{2} \times \text{berat kuda-kuda}$	0,54
Berat gording	$L \times \text{berat gording per m}$	0,107
Berat atap	$\frac{(\frac{a}{2} + b)}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap}$	0,143
Berat plafon	$\frac{a}{2} + b \times L \times \text{berat plafon}$	0,153
Total		0,94
<b>Beban P2</b>		
Berat sendiri kuda-kuda	$a \times \text{berat kuda-kuda}$	1,08
Berat gording	$L \times \text{berat gording per m}$	0,107
Berat atap	$\frac{a}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap}$	0,214
Berat plafond	$a \times L \times \text{berat plafon}$	0,2295
Total		1,63
<b>Beban P3</b>		
Berat sendiri kuda-kuda	$a \times \text{berat kuda-kuda}$	1,08
Berat gording	$2 \times L \times \text{berat gording per m}$	0,2136
Berat atap	$\frac{a}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap}$	0,2138
Berat plafond	$a \times L \times \text{berat plafon}$	0,0765
Total		1,58

Tabel 2.7 Beban Angin Kuda-Kuda

Notasi	Rumus	Hasil
W1	$\frac{(\frac{a}{2}+b)}{\cos \alpha} \times C_{ti} \times L \times Q_w$	0,26
W2	$\frac{a}{\cos \alpha} \times C_{ti} \times L \times Q_w$	0,39
W3	$\frac{1}{2} \frac{a}{\cos \alpha} \times C_{ti} \times L \times Q_w$	0,19
W4	$\frac{1}{2} \frac{a}{\cos \alpha} \times C_{is} \times L \times Q_w$	-0,39
W5	$\frac{a}{\cos \alpha} \times C_{is} \times L \times Q_w$	-0,78
W6	$\frac{(\frac{a}{2}+b)}{\cos \alpha} \times C_{is} \times L \times Q_w$	-0,52

Kemudian dilakukan perhitungan beban angin, dimana beban angina ditentukan oleh koefisien angina tiup ( $C_{ti}$ ) dan angina isap ( $C_{si}$ ). Koefisien angina tiup ( $C_{ti}$ )=0,3 dan angina isap ( $C_{si}$ )=-0,6



Gambar 2.29 Beban Angin Kuda-Kuda

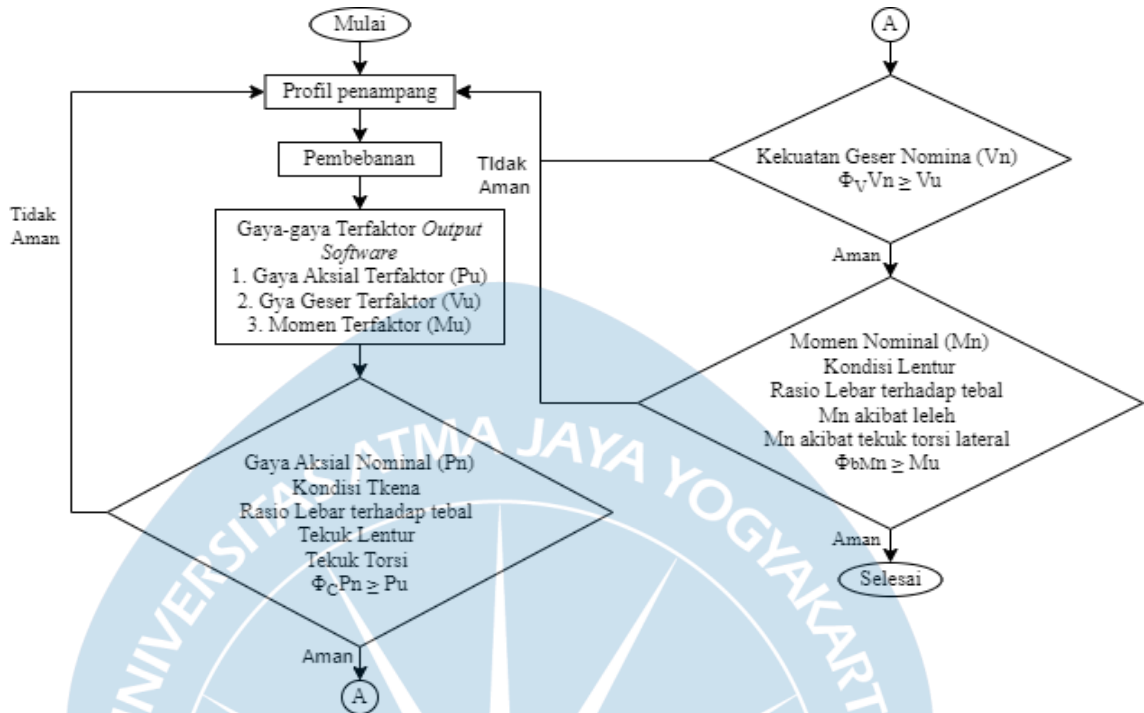
Tabel 2.8 Beban Pada Kuda-Kuda

No	Panjang	DL	LL	Wkiri	Wkanan	1,4DL	1,2DL+1,6L L	1,2DL+0,5 LL+ 1,3Wkiri	1,2DL+0,5L L+ 1,3Wkanan	Max
1	1732	-11,07	-7	0,341	2,032	-15,498	-24,485	-16,342	-14,142	-24,49
2	1500	2,117	1,299	1,463	-2,048	2,964	4,62	5,092	0,529	5,092
3	866	-1,63	-1	-0,45	0,901	-2,282	-3,556	-3,041	-1,285	-3,041
4	1732	-11,07	-7	0,115	2,483	-15,498	-24,485	-16,634	-13,557	-24,49
5	2291,25	2,156	1,323	0,596	-1,191	3,019	4,704	4,023	1,7	4,704
6	1500	0,706	0,433	1,073	-1,268	0,988	1,54	2,458	-0,584	2,458
7	1732	-2,823	-1,5	-0,675	1,351	-3,423	-5,334	-4,562	-1,928	-1,928
8	1732	-9,44	-6	0,341	2,032	-13,216	-20,928	-13,216	-11,686	-11,69
9	2999,93	2,823	1,732	0,78	-1,56	3,953	6,159	5,268	2,226	6,159
10	1500	-0,706	-0,433	0,683	-0,488	-1,54	-0,988	-0,176	-1,697	-0,176
11	2598	-3,26	-2	-0,901	1,801	-4,564	-7,112	-6,083	-2,57	-2,57
12	1732	-7,81	-5	0,566	1,582	-10,934	-17,372	-11,137	-9,816	-9,816
13	3774,82	3,553	2,179	0,981	-1,963	4,974	7,75	6,629	2,801	6,629
14	1500	-2,117	-1,299	0,293	0,193	-2,964	-4,62	-2,81	-2,81	-2,81
15	3464	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1732	-7,81	-5	1,582	0,566	-10,934	-17,372	-9,816	-11,137	-9,816
17	3774,82	3,553	2,179	-1,962	0,981	4,974	7,75	2,801	6,629	7,75
18	1500	-2,117	-1,299	0,293	0,293	-2,964	-4,62	-2,81	-2,81	-2,81
19	2598	-3,26	-2	1,801	-0,901	-4,564	-7,112	-2,57	-6,082	-2,57
20	1732	-9,44	-6	2,032	0,341	-13,216	-20,928	-11,686	-13,886	-11,69
21	2999,93	2,823	1,732	-1,56	0,78	3,953	6,159	2,226	5,268	6,159
22	1500	-0,706	-0,433	-0,488	0,683	-0,988	-1,54	-1,697	-0,176	-0,176
23	1732	-2,445	-1,5	1,351	-0,675	-3,423	-5,334	-1,928	-4,562	-1,928
24	1732	-11,07	-7	2,483	0,115	-15,498	-24,485	-13,557	-16,634	-13,56
25	2291,25	2,156	1,323	-1,191	0,596	3,-019	4,704	1,7	4,023	4,704
26	1500	0,706	0,433	-1,268	1,073	0,988	1,54	-0,584	2,458	2,458
27	866	-1,63	-1	0,901	-0,45	-2,282	-3,556	-1,285	-3,041	-1,285
28	1732	-11,07	-7	2,032	0,341	-15,498	-24,485	-14,142	-16,342	-14,14
29	1500	2,117	1,299	-2,048	1,463	2,964	4,62	0,529	5,092	5,092

Table di atas merupakan table pembebanan dari kuda kuda atap dari aplikasi SAP



### 2.3 Perencanaan Elemen Kuda-kuda



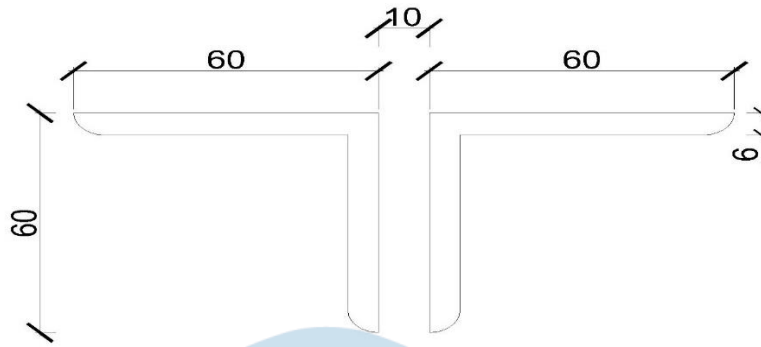
Gambar 2.30 Flowcart Perencanaan Atap

Flowcart pada bab ini dimulai dari perencanaan profil penampang lalu di lakukan pembebanan dan dilakukan pengecekan gaya aksial nominal, kekuatan geser nomina, dan momen nominal dan jika tidak aman maka di ulangi dari perencana profil.

Tabel 2.9 Data Profil C

Notasi	Data	Satuan
H	60	mm
B	60	mm
t	6	mm
Tp	10	mm
A	691	mm <sup>2</sup>
Ag	1382	mm <sup>2</sup>
Ix=Iy	111000	mm <sup>4</sup>
ix=iy	18,2	mm
Cx=Cy	17	mm
fy	240	MPa
fu	370	MPa
E	200.000	MPa
G	77.200	MPa
J	$\frac{1}{3} bt^3 = \frac{1}{3} \times 60 \times 6^3 = 4320$	mm
rx	8,5	mm
yo	14	mm
xo	0	mm
k	1	
a	1732	mm

Kuda-kuda direncanakan menggunakan baja profil *Double Angel* 2L 60x60x6-10 (seperti table 2.9)



Gambar 2.31 Baja Profil *Double Angel* 2L 60x60x6-10

Keterangan :

J = konstanta punter

G = modulus geser baja ( 77.200 MPa )

$X_0, Y_0$  = koordinat pusat geser terhadap titik berat,  $x_0=0$  untuk siku ganda dan profil T

A = panjang batang tekan

### 2.3.1 Kategori Penampang

Kategori penampang untuk struktur tekan maka penampang dikalsifikasi sebagai penampang langsing dan non-langsing . Apabila rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ) dari elemen tekan tidak melebihi nilai  $\lambda_r$ , maka penampang dikategorikan sebagai penampang non langsing . Apabila rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ) melebihi  $\lambda_r$ , maka penampang dikategorikan sebagai penampang langsing .

Syarat :

$\lambda \leq \lambda_r$  Langsing

$\lambda \geq \lambda_r$  Tidak langsing

Tabel 2.10 Kategori Penampang

Notasi	Rumus	Hasil
$\lambda$	$L/r$	10
$\lambda_r$	$0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	12,99

Dikarenakan nilai  $\lambda \leq \lambda_r$  maka penampang dikategorikan langsing .

### 2.3.2 Kondisi Batas

#### A. Batang Tekuk langSing

Kekuatan tekan nominal ( $P_n$ ) dari suatu komponen struktur tekan akibat tekuk lentur harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

Keterangan :

$A_g$  = luas bruto penampang

$F_{cr}$  = tegangan kritis

Gaya tekan *max* atap = 24,485 KN

### Tekuk Lentur

Nilai  $F_{cr}$  ditentukan

$$\text{Jika } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$$

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

$$\text{Jika } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$$

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

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

Tabel 2.11 Tegangan Kritis

Notasi	Rumus	Hasil
$\lambda_x$	$KL/r_x$	95,17
$\lambda_y$	$KL/r_y$	60,77
	$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	135,97

Dikarenakan nilai  $\frac{KL}{r_x} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  maka untuk mendapatkan nilai tegangan kritis ( $F_{cr}$ )

menggunakan rumus :

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

$$F_{cr} = \frac{240}{(0,658 \cdot 217,959)}. 240$$

$$= 151,377 \text{ MPa}$$

$$F_{cx} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_x^2}$$

$$= 217,959 \text{ Mpa}$$

## Tekuk Lentur Torsi

F<sub>cr</sub> untuk komponen struktur tekan siku ganda dan profil T

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

Dengan:

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A \times r_0^2}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{I_x + I_y}{A} + x_0^2 + y_0^2}$$

$$H = 1 - \frac{X_0^2 + Y_0^2}{r_0^2}$$

Komponen struktur tekan terdiri dari 2 buah profil baja yang kemudian di sambungkan dengan alat sambung baut ataupun las. Untuk melakukan pemeriksaan tekuk lentur dan tekuk lentur torsi, KL/r dilakukan modifikasi dengan ketentuan sebagai berikut:

Untuk sambungan yang dibaut kencang penuh

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

Untuk sambungan yang dilas atau disambung dengan baut pra Tarik

Bila  $a/r_i \leq 40$

$$\left( \frac{KL}{r} \right)_m = \left( \frac{KL}{r} \right)$$

Bila  $a/r_i > 40$

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

Berdasarkan rumus di atas, maka didapatkan hasil

Tabel 2.12 Fcr

Notasi	Hasil	Keterangan
$\bar{r}_0$	1335,51	
$F_{crz}$	180,695 MPa	Kondisi baja profil <i>double L</i> simetris tunggal
a/r	95,165 mm	Untuk sambungan yang dilas atau disambung dengan baut pra Tarik
$\left(\frac{KL}{r}\right)_m$	134,5834 m	$a/r > 40$
Fey	534,47 MPa	$\frac{\pi^2 \cdot E}{\frac{kl^2}{r}}$
Fcry	200,2297 MPa	$\left(\frac{KL}{r}\right)_m \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
Fcr	137,0563 MPa	

Dari hasil di atas, didapatkan Fcr untuk tekuk lentur senilai 151,377MPa dan untuk Fcr tekanan lentur torsi 137,0563 MPa. Diambil nilai yang lebih kecil. Maka Fcr yang digunakan adalah Fcr =137,0563 Mpa

### Kekuatan Tekan Desain

Kekuatan tekan nominal ( $P_n$ ) dari suatu komponen struktur tekan akibat tekuk lentur harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur

Dimana :

$A_g$  = luas bruto penampang

$F_{cr}$  = tegangan kritis

Didapatkan nilai  $P_n$  adalah :

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_n = 137,0563 \cdot 1382$$

$$P_n = 189411,8066 \text{ N}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

Kemudian dilakukan reduksi  $\Phi=0,9$

$$\Phi c P_n = 0,9 \times 189411,8066$$

$$\Phi c P_n = 170470,614 \text{ N}$$

$$\Phi c P_n = 170,47 \text{ KN}$$

Karena  $\Phi c P_n > 24,485 \text{ KN}$  (Gaya tekan *max*) maka kekuatan tekan desain Aman

### B. Batang Tarik

Besarnya kekuatan Tarik nominal akibat leleh Tarik didapat melalui persamaan berikut

$$P_n = F_y \cdot A_g$$

Dengan :

$A_g$  = Luas gross/bruto dari komponen struktur, mm<sup>2</sup>  
 $F_y$  = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, Mpa

### Perhitungan Kelangsingan Batang Tarik

Gaya Tarik  $max = 6,629$  kN

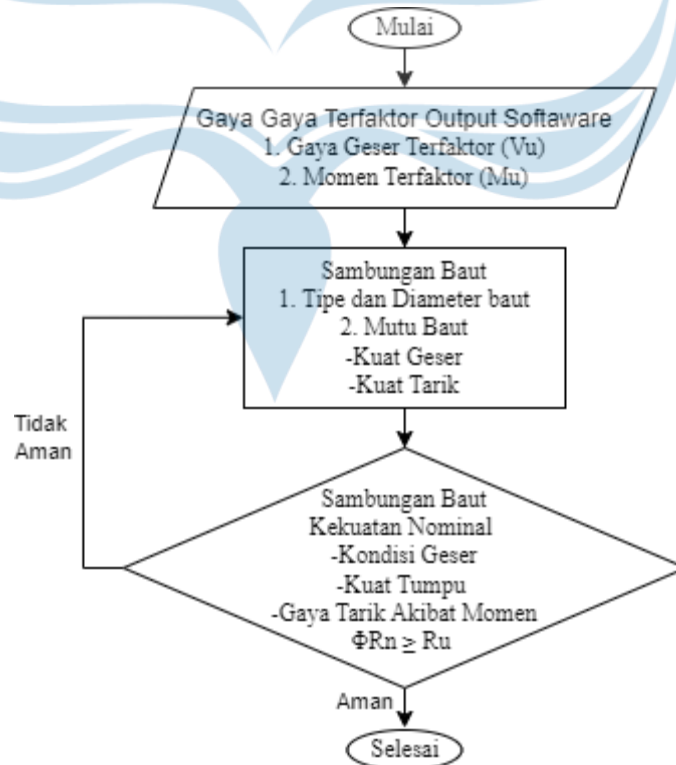
$$\lambda = \frac{L}{r} = \frac{1732}{18,2} = 95,165 < 300 \text{ (aman)}$$

### Periksa Leleh Tarik

$$\begin{aligned}
 P_n &= f_y \cdot A_g \\
 &= 240 \cdot 1382 \\
 &= 331680 \text{ kN} \\
 \Phi P_n &= 0,75 \cdot f_y \cdot A_g \\
 &= 0,75 \cdot 331680 \\
 &= 248,760 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Digunakan yang terkecil  $248,760 > 6,629$  (Aman)

### 2.4 Design Sambungan Baut



Gambar 2.32 Flowcart Desain Sambungan Baut



Flowcart pada bab ini dimulai dari mendata gaya gaya dari etabs yaitu gaya geser terfaktor dan moment terfaktor lalu menentukan sambungan baut yaitu tipe, diameter baut, mutu baut, kuat geser, dan kuat Tarik lalu menghitung sambungan baut yaitu kekuatan nominal, kondisi geser, kuat tumpu, gaya Tarik akibat momen jika tidak aman maka Kembali di lakukan menentukan sambungan baut.

Sambungan yang digunakan pada struktur atap menggunakan sambungan baut. Baut yang digunakan adalah baut A325-M16

Tabel 2.13 Sambungan Baut

Notasi	Keterangan	Hasil
F <sub>nv</sub>		375 MPa
F <sub>y</sub>		240 MPa
F <sub>u</sub>		370 MPa
A <sub>g</sub>	Luas penampang	1082 mm <sup>2</sup>
t	Tebal	6 mm
D <sub>x</sub>	Ukuran baut	16 mm
D	Lubang baut	18 mm

#### 2.4.1 Kuat Geser Struktur

kuat geser struktur dikalikan dengan reduksi ( $\Phi$ )=0,75

$$\begin{aligned}
 \Phi P_n &= 0,75 \cdot f_y \cdot A_g \\
 &= 0,9 \cdot 240 \cdot 1082 \\
 &= 233712 \text{ N} \\
 &= 233,712 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

#### 2.4.2 Kuat Geser Fracture(Putus)

$$\begin{aligned}
 A_e &= \frac{A_g}{2} - nDt = \left[ \frac{1082}{2} - 2(18) \cdot 6 \right] \cdot 2 \text{ ( 2 penampang )} \\
 &= 650 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Max } A_n &= 0,75 A_g \\
 &= 919,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan yang terkecil, sehingga  $A_e = A_n = 650 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 \Phi P_n &= 0,75 \cdot f_y \cdot A_e \\
 &= 0,75 \cdot 370 \cdot 650 \\
 &= 180375 \text{ N} \\
 &= 180,375 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kuat geser yang dipergunakan adalah kuat geser terbesar yaitu 233,712 kN

### 2.4.3 Kuat Geser Baut

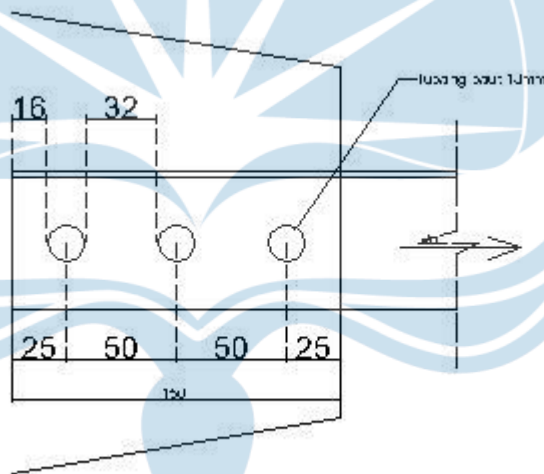
Kuat geser baut direduksi dengan  $\Phi=0,75$

$$\begin{aligned}\Phi R_n &= 0,75 \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot 2 \\ &= [0,75 \cdot 375 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2] \cdot 2 \\ &= 113097,3355 \text{ N} \\ &= 113,097 \text{ kN}\end{aligned}$$

### 2.4.4 Menghitung Jumlah Baut

jumlah baut (n) didapatkan dengan rumus

$$\begin{aligned}n &= \frac{\Phi P_n}{\Phi R_n} \\ &= \frac{233,712}{113,097} \\ &= 2,066 \sim 3 \text{ baut}\end{aligned}$$



Gambar 2.33 Sambungan Baut

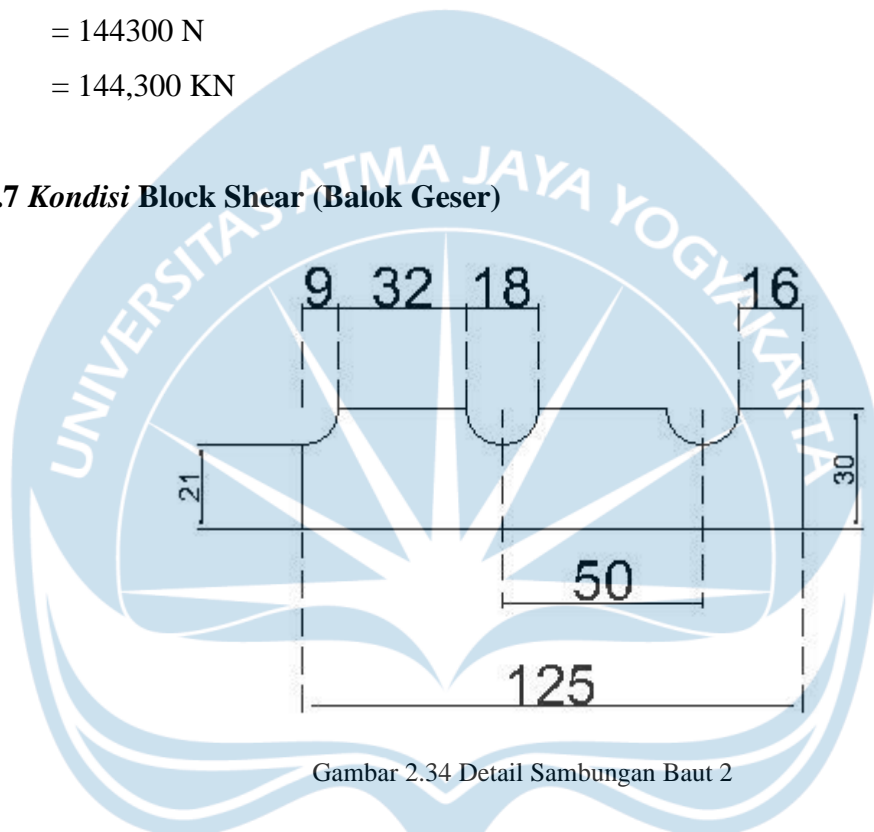
### 2.4.5 Kondisi Leleh

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= 0,9 \cdot f_y \cdot A_g \\ &= 0,9 \cdot 240 \cdot 1082 \\ &= 233712 \text{ N} \\ &= 233,712 \text{ Kn}\end{aligned}$$

#### 2.4.6 Kondisi Fracture (Putus)

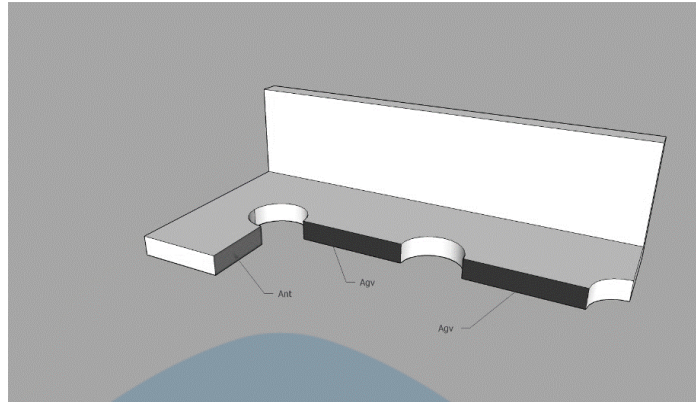
$$\begin{aligned}A_e &= U \cdot A_n \\ &= 0,8 \cdot 650 \\ &= 520 \text{ mm}^2 \\ \Phi P_n &= 0,75 \cdot F_u \cdot A_e \\ &= 0,75 \cdot 370 \cdot 520 \\ &= 144300 \text{ N} \\ &= 144,300 \text{ KN}\end{aligned}$$

#### 2.4.7 Kondisi Block Shear (Balok Geser)



Gambar 2.34 Detail Sambungan Baut 2

$$\begin{aligned}A_{gt} &= (30 \cdot t) \cdot 2 \text{ (dua buah plat)} \\ &= (30 \cdot 6) \cdot 2 \\ &= 360 \text{ mm}^2 \\ A_{nt} &= A_{gt} - nDt \\ &= 360 - 0,5 \cdot 18 \cdot 6 \\ &= 306 \text{ mm}^2 \\ A_{gv} &= (125 \cdot t) \cdot 2 \text{ (dua buah plat)} \\ &= (125 \cdot 6) \cdot 2 \\ &= 1500 \text{ mm}^2 \\ A_{nv} &= A_{gv} - nDt \\ &= 1500 - 2,5 \cdot 18 \cdot 6 \\ &= 1230 \text{ mm}^2\end{aligned}$$



Gambar 2.35 Block Shear

#### 2.4.8 Menghitung Kekuatan Balok Geser

$$\begin{aligned}
 R_n &= 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + u_b s \cdot f_u \cdot A_{nt} \\
 &= 0,6 \cdot 370 \cdot 1230 + 1 \cdot 370 \cdot 306 \\
 &= 306280 \text{ N} \\
 &= 386,280 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{nv} + u_b s \cdot f_y \cdot A_{nt} \\
 &= 0,6 \cdot 240 \cdot 1230 + 1 \cdot 240 \cdot 306 \\
 &= 329220 \text{ N} \\
 &= 329,220 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan yang terkecil yaitu 329,220 kN

Reduksi untuk kekuatan balok geser adalah

$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= 0,75 \cdot 329,220 \\
 &= 246,915 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

#### 2.4.9 Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nv} \cdot A_b \\
 &= 375 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\
 &= 75398 \text{ N} \\
 &= 75,398 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= 0,75 \cdot R_n \\
 &= 0,75 \cdot 75,398 \\
 &= 56,5487 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian rencana untuk 3 baut adalah  $56,5487 \times 3 = 169,646 \text{ kN}$

#### 2.4.10 Kuat Tumpu Plat

$$\begin{aligned}Rn_1 &= 1,2 \cdot Lc \cdot tp \cdot fu \\ &= 1,2 \cdot (25-0,5 \cdot 18) \cdot 6 \cdot 370 \\ &= 426242 \text{ N} \\ &= 426,242 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Rn_2 &= 1,2 \cdot Lc \cdot tp \cdot fu \\ &= 1,2 \cdot 50 - (16+2) \cdot 6 \cdot 370 \\ &= 85248 \text{ N} \\ &= 85,248 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Rn_3 &= 2,4 \cdot Lc \cdot tp \cdot fu \\ &= 2,4 \cdot (16+2) \cdot 6 \cdot 370 \\ &= 95904 \text{ N} \\ &= 95,904 \text{ kN}\end{aligned}$$

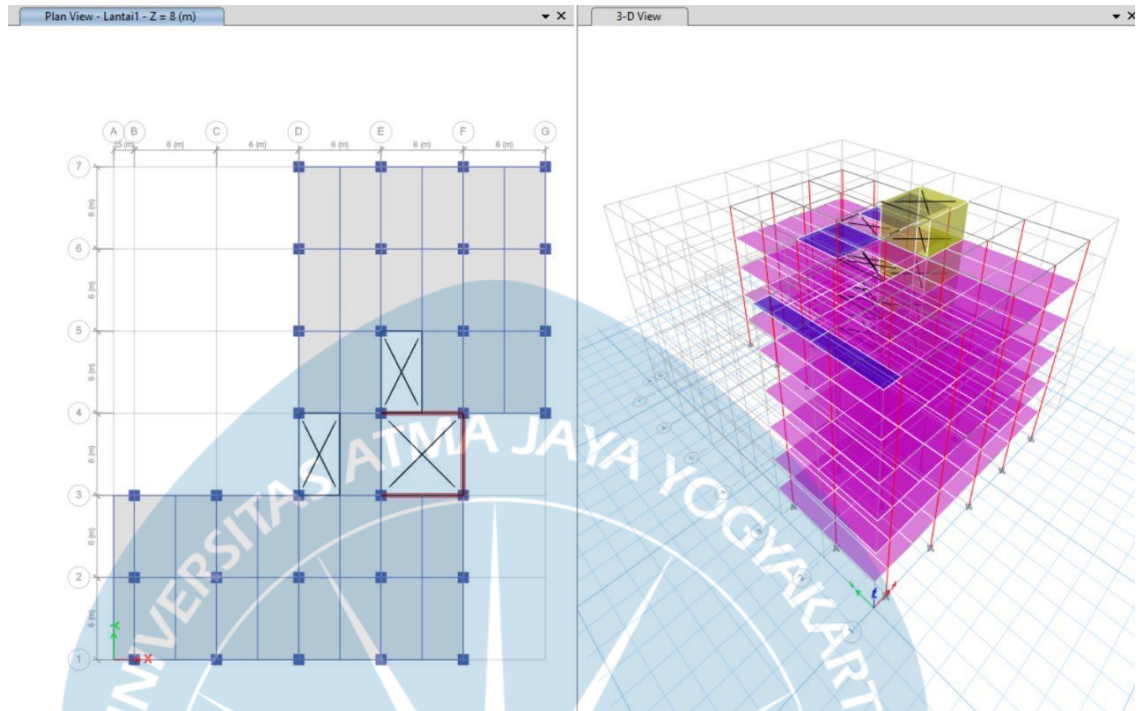
$$\begin{aligned}\Phi Rn &= 0,75 \cdot (42,624 + (2 \cdot 56,5487)) \\ &= 116,791 \text{ Kn}\end{aligned}$$

Maka :

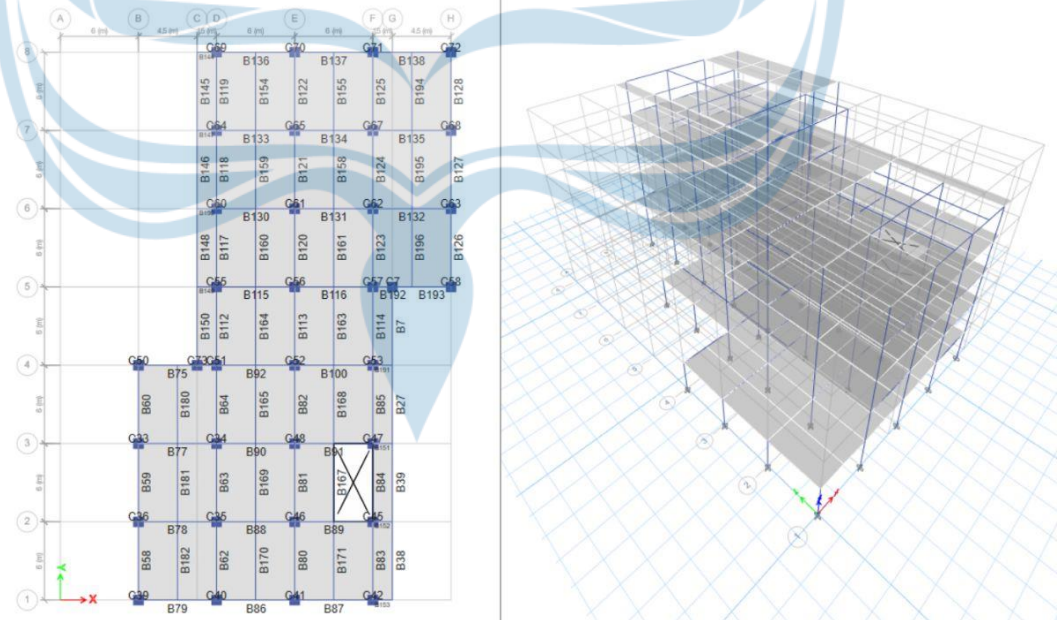
1. Kondisi Structure = 233,712 kN
2. Kekuatan *Fracture* = 144,300 kN
3. Kuat Geser 3 Baut = 169,646 kN
4. Kuat Tumpu = 116,904 kN

Maka baut akan mengalami kegagalan pada kuat tumpu jika gaya yang di berikan melebihi 116,791 kN

## 2.5 Pemodelan Bangunan

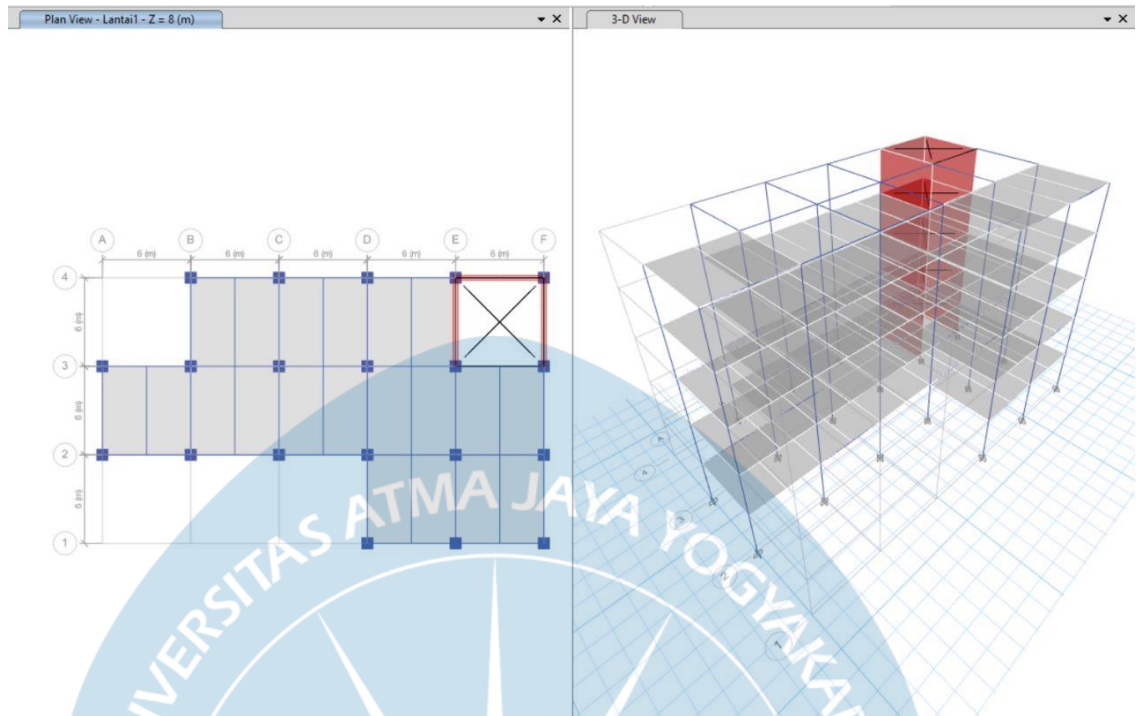


Gambar 2.36 Pemodelan Bangunan 1

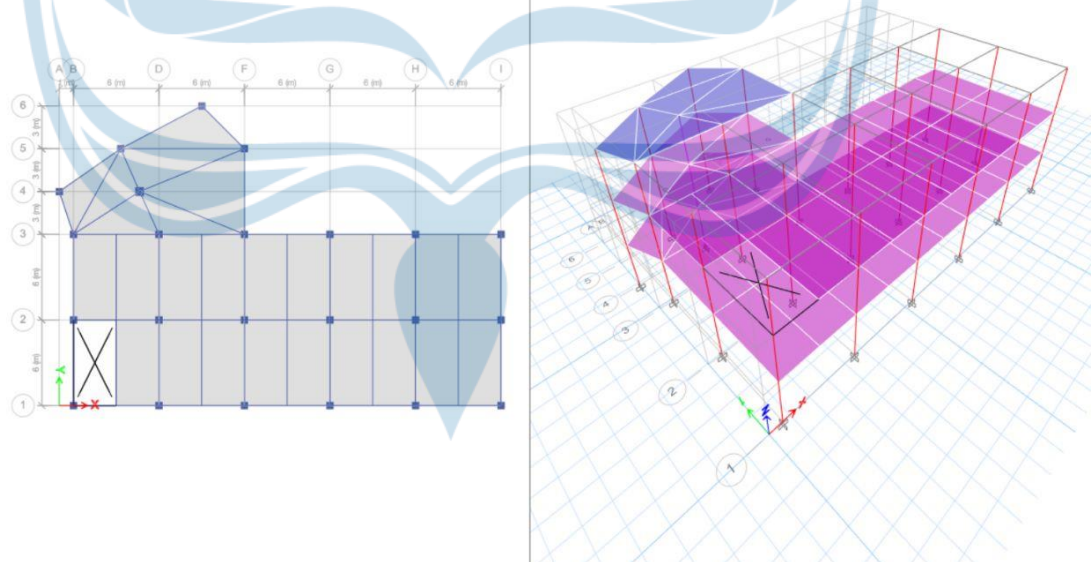


Gambar 2.37 Pemodelan Bangunan 2





Gambar 2.38 Pemodelan Bangunan 3



Gambar 2.39 Pemodelan Bangunan 4

## 2.6 Penentuan KDS

Penentuan KDS tanah menggunakan SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung

### 2.6.1 Penentuan Kategori Risiko Gedung

Untuk menentukan kategori *Risiko* gedung menggunakan pedoman pada tabel 3. Fungsi Bangunan adalah Gedung perkantoran. Berdasarkan jenis pemanfaatannya, gedung perkantoran termasuk dalam kategori risiko II.

Tabel 2.14 Jenis Kategori *Risiko* Gedung

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



## 2.6.2 Penentuan Faktor Keutamaan Gempa

Untuk menentukan faktor keutamaan gempa dapat menggunakan pedoman tabel 4

Berdasarkan kategori *Risiko*, faktor keutamaan gempa  $I_e=1$

Tabel 2.15 Kategori Risiko Gedung

Kategori risiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

## 2.6.3 Penentuan Klasifikasi Situs

Tabel 2.16 Klasifikasi Situs Tanah

KLASIFIKASI SITUS							
HITUNGAN N dan $S_u$ --RERATA							
ELEV	d(tebal)	$N_{SPT}$	(di/Ni)	$N^*$	$S_u$	(di/ $S_u$ )	$S_u^*$
2.5	2.5	12	0.20833		89	0.028089888	
5	2.5	14	0.17857		51	0.049019608	
7	2	12	0.16667		55	0.036363636	
10	3	14	0.21429	18.0672	68	0.044117647	71.352
13	3	31	0.09677		63	0.047619048	
17.5	4.5	20	0.225		71	0.063380282	
19	1.5	30	0.05		119	0.012605042	
24	5	15	0.33333		98	0.051020408	
30	6	32	0.1875		68	0.088235294	
30			1.66046			0.420450853	

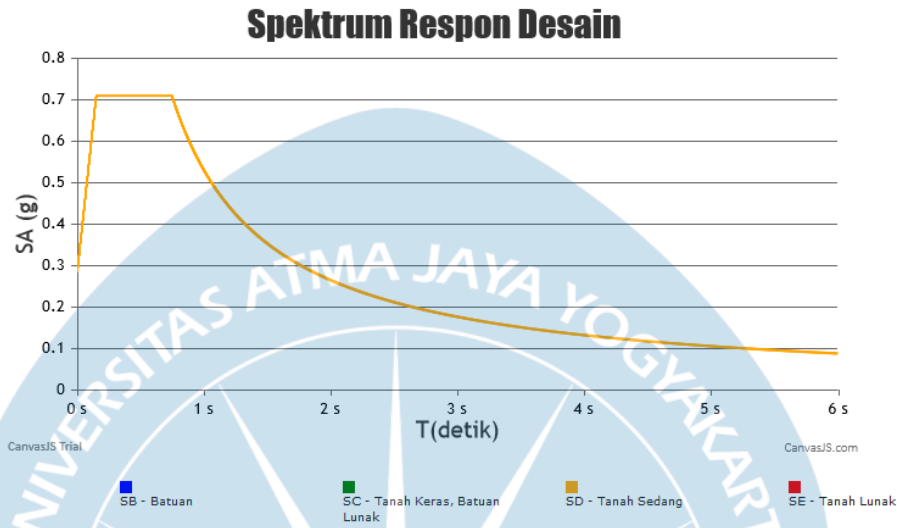
Tabel 2.17 Situs Tanah

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

Berdasarkan data tanah yang diterima, didapatkan klasifikasi situs tanah berupa tanah sedang

### 2.6.4 Penentuan Parameter Respons Spectral

Parameter respons *Spectral* digunakan untuk menganalisis kekuatan struktur gedung terhadap gempa bumi.



Gambar 2.40 Spektrum Respon Desain

- PGA : 0,4137 g
- S<sub>s</sub> : 0,9521 g
- S<sub>1</sub> : 0,4236 g
- SD<sub>1</sub> : 0,53 g
- T<sub>0</sub> : 0,15 g
- T<sub>s</sub> : 0,75 detik
- SD<sub>s</sub> : 0,71 g

### 2.6.5 Periode Fundamental Gedung (T)

Untuk menemukan periode fundamental gedung dapat digunakan rumus ;  $T_a = C_t \times h_n^x$

Keterangan :

$h_n$  = tinggi bangunan (m)

$C_t$  = koefisien

Tabel 2.18 Aturan Fundamental Gedung

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

Berdasarkan tabel 18, untuk rangka beton pemikul momen menggunakan  $C_1=0,0466$  dan  $x=0,9$ . Ketinggian bangunan adalah 26m. sehingga didapatkan  $T_a= 0,8747$  detik

### 2.6.6 Penentuan Kategori Desain Seismic (KDS)

Untuk menentukan kategori desain seismik menggunakan tabel 8. Berdasarkan desain *Seismic*  $S_{DS}=0,71$  g, dimana  $0,50 \leq S_{DS}$  dan kategori gedung adalah II. Sehingga KDS adalah D.

Tabel 2.19  $S_{DS}$

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

### 2.6.7 Koefisien Batas Atas Periode

Menghitung koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung ( Tabel 17 ).

Diketahui  $SD_1=0,53$  g

Tabel 2.20 Koefesien Batas Atas Periode

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $SD_1$	Koefisien $C_u$
0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
0,1	1,7

### 2.6.8 Penentuan Koefisien Modifikasi Respon (R)

Berdasarkan tabel 12, bangunan gedung *Coworking Space* menggunakan sistem pemikul gaya seismik berupa SRPMK dinding geser beton bertulang khusus dimana  $R^a=7$ ,  $\Omega_0^b=2,5$ ,  $C_d^c=5,5$ .

Tabel 2.21 Ketentuan Penentuan Koefisiensi Respon

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi	Faktor kuat lebih sistem	Faktor pembebasan	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur. Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
<b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang</b>								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	T	TB	TB	TB	T
2. Rangka baja dengan bresing konsentris	7	2½	5½	T	TB	TB	TB	T
3. Dinding geser beton bertulang	7	2½	5½	T	TB	TB	TB	T
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	T	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit	8	2½	4	T	TB	TB	TB	T
6. Rangka baja dan beton komposit	6	2½	5	T	TB	TB	TB	T
7. Dinding geser pelat baja dan beton	7½	2½	6	T	TB	TB	TB	T
8. Dinding geser baja dan beton komposit	7	2½	6	T	TB	TB	TB	T
9. Dinding geser baja dan beton komposit	6	2½	5	T	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang	5½	3	5	T	TB	TB	TB	T
11. Dinding geser batu bata bertulang	4	3	3½	T	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang	8	2½	5	T	TB	TB	TB	T
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	T	TB	TB	TB	T

## 2.7 Preliminary Design

### 2.7.1 Perencanaan Dimensi Balok

Balok yang digunakan pada bangunan gedung *Coworking Space* berupa balok non-prategang. Panjang bentang balok adalah 6000mm. Untuk penentuan tinggi balok minimum ( $h$ ), dihitung berdasarkan SNI 2847-2019.

Tabel 2.22 Ketentuan Balok

Kondisi Perlekatan	Minimum $h^1$
Perlekatan Sederhana	$l/16$
Menerus Satu Sisi	$l/18,5$
Menerus Dua Sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

Perhitungan *Preliminary design* balok induk mengacu pada *rule of thumb*. Untuk

mengetahui lebar balok dapat menggunakan rumus :  $b_w = \frac{1}{2} h$

kondisi pelekatan

$$1. \text{ Menerus satu sisi} = \frac{L}{18,5} = \frac{6000}{18,5} = 324 \text{ mm}$$

$$\text{Menentukan lebar} = \frac{2}{3} H = \frac{2}{3} \cdot 324 = 217 \text{ mm}$$

Syarat minimum dimensi balok menerus = 217 mm x 324 mm

$$2. \text{ Menerus dua sisi} = \frac{L}{21} = \frac{6000}{21} = 286 \text{ mm}$$

$$\text{Menentukan lebar} = \frac{2}{3}H = \frac{2}{3} \cdot 286 = 187,5 \text{ mm}$$

Syarat minimum dimensi balok menerus = 187,5 mm x 286 mm

$$\text{Maka balok} \quad B1 \quad = H = \frac{6000}{12} = 500 \text{ mm}$$

$$= L = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm} \quad (250\text{mm} \times 500\text{mm})$$

$$B1 \quad = H = \frac{6000}{15} = 400 \text{ mm}$$

$$= H = \frac{400}{2} = 200 \text{ mm} \quad (200\text{mm} \times 400\text{mm})$$

Bk = (150mm x 200mm)

Jadi, ukuran balok yang digunakan adalah 400x500

Cek syarat dimensi balok :

Tabel 2.23 Data Balok

<b>Diketahui</b>	
Bentang	6000mm
H	500mm
B	4000mm
Selimit	40 mm
Diameter sengkang	8mm
Diameter talangan utama	20mm
Kolom	600x600

Syarat Dimensi Penampang Balok SRPMK :

1. Panjang bentang bersih,  $l_n$ , harus lebih besar dari 4 kali tinggi efektif ( $l_n \geq 4d$ )
2. Lebar penampang,  $b_w$ , tidak kurang dari 0,3 kali tinggi penampang namun tidak boleh diambil kurang dari 250 mm. ( $b_w \geq 0,3h$  atau 250 mm)
3. Lebar penampang,  $b_w$ , tidak boleh melebihi lebar kolom pendukung ditambah nilai terkecil dari: lebar kolom atau  $\frac{3}{4}$  kali dimensi kolom dalam arah sejajar komponen lentur

Cek syarat :

$$l_n \geq 4d$$

$$6000 - 600 \geq 4 \times 500 - 40 - 8 \cdot \frac{10}{2}$$

$$5400 \geq 1.788 \text{ (ok)}$$

$$b_w \geq 0,3H$$

$$400 \geq 0,3 \cdot 500$$

$$400 \geq 150 \text{ (ok)}$$

$$B_w \geq 250$$

$$400 \geq 250 \text{ (ok)}$$

### 2.7.2 Menentukan Dimensi Kolom

Syarat Dimensi Penampang Kolom SRPMK :

1.  $B_{\text{kolom}} \geq B_{\text{balok}}$
2. Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm
3. Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4

Sehingga :

1.  $B_{\text{kolom}} \geq B_{\text{balok}}$

$$800 \geq 500 \text{ (ok)}$$

2.  $\frac{B}{H} > 0,4$

$$\frac{400}{500} > 0,4 \text{ (ok)}$$

3.  $B \geq 300\text{mm}$

$$400\text{mm} \geq 300\text{mm} \text{ (ok)}$$

4.  $B_{\text{kolom}} \geq B_{\text{balok}}$

$$800 \text{ mm} \geq 400\text{mm} \text{ (ok)}$$

### 2.7.3 Menentukan Tebal Plat

Sebelum menentukan tebal plat, perlu dilakukan identifikasi plat apakah plat satu arah atau dua arah.

#### A. Plat 1 Arah

Plat yang didukung pada kedua sisi nya, sehingga lenturan terjadi dalam 1 arah, memiliki perbandingan  $L_y/L_x > 2$

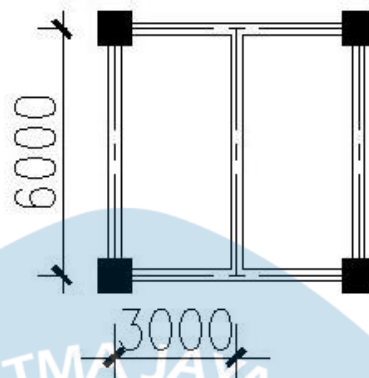
#### B. Plat 2 Arah

Plat yang didukung pada keempat sisi nya, sehingga lenturan terjadi dalam dua arah memiliki perbandingan  $L_y/L_x \leq 2$

$$\text{Identifikasi plat } \frac{L_y}{L_x} = \frac{6000}{1000}$$

$$= 3000$$

$$= 3 > 2 \text{ (1 arah)}$$



Gambar 2.41 Desain Plat 1 Arah

Penentuan tebal minimum (t) pelat solid satu arah nonprategang dihitung berdasarkan SNI 2847:2019

Tabel 2.24 Ketebalan Min Plat 1 Arah

Kondisi Perlekatan	$H^{(1)}$ Minimum
Perlekatan Sederhana	$l/16$
Menerus Satu Sisi	$l/18,5$
Menerus Dua Sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

Maka dapat dilakukan perhitungan tebal dari plat lantai :

$$H = \frac{L}{24} = \frac{2000}{24} = 83,3 \text{ mm}$$

Digunakan plat 140mm

#### 2.7.4 Kesimpulan Preliminary design

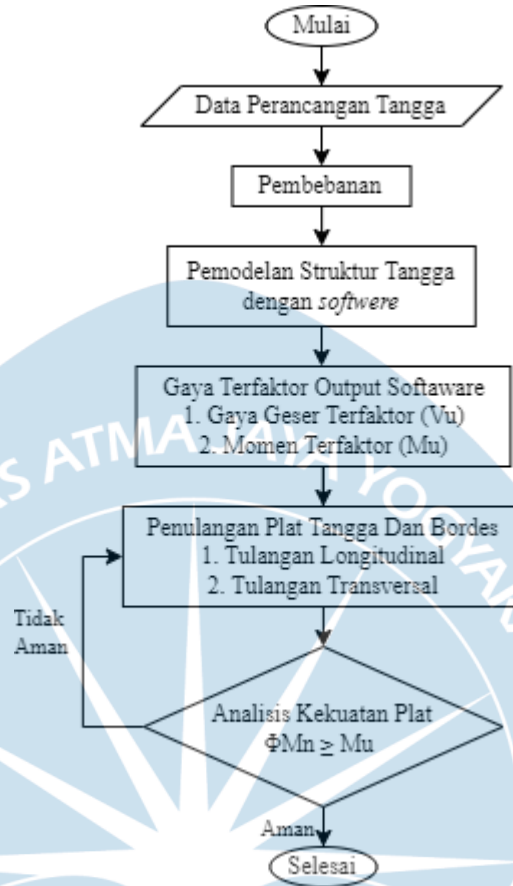
Maka dapat disimpulkan ukuran balok, kolom dan plat adalah

Balok : B1 = 400x500

Kolom : K1 = 800x800

Tebal Plat : P1 = 140 mm

## 2.8 Perencanaan Tangga dan Beban Tangga



Gambar 2.42 Flowcart Tangga

Flowcart pada bab ini dimulai dari perancangan tangga lalu pembebanan lalu di lakukan pemodelan struktur tangga dengan SAP lalu di lihat gaya geser terfaktor moment terfaktor lalu dilakukan penulangan platy tangga dan bordes lalu di lakukan analisis kekuatan plat jika tidak aman maka di lakukan penulangan kembali.

### 2.8.1 Denah Ruang Tangga

Tangga direncanakan dengan ukuran tinggi tangga (hlt) 4000mm, panjang ruangan = 5700mm, lebar tangga(L) = 3200mm. ukuran anak tangga perlu didesain dengan memperhatikan kenyamanan.

Persyaratan :

1. Lebar bordes minimum adalah selebar tangga, jadi lebar bordes adalah setengah lebar dari L1 sehingga lebar bordes 3200
2. Tinggi *Optrede* (O) besarnya antara 150mm sampai 200mm, sehingga jumlah anak Tangga (ntg) antar lantai adalah tinggi lantai dibagi dengan O ( $n_{tg} = \frac{h_{lt}}{o} - 1$ ). Sedapat mungkin besarnya O merupakan bilangan bulat

Direncanakan *Optrede* (O) adalah 200mm. Maka jumlah anak tangga adalah



$$n_{tg} = \frac{h_{lt}}{o} - 1$$

$$n_{tg} = \frac{4000}{200} - 1 = 9 \text{ buah anak tangga}$$

3. Besarnya *Antrede* (A) ditentukan 280mm atau 300mm, sehingga lebar tangga  $L_{tg}$  adalah  $\left(\frac{1}{2} \frac{h_{lt}}{o} - 1\right) A$

Direncanakan *Antrede* (A) adalah 300mm. maka lebar tangga  $L_{tg} = \left(\frac{1}{2} \frac{h_{lt}}{o} - 1\right) A$

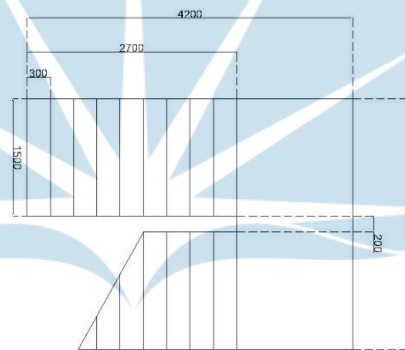
$$L_{tg} = 2700 \text{ mm}$$

4. Sudut kemiringan tangga adalah  $\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{o}{A}\right)$

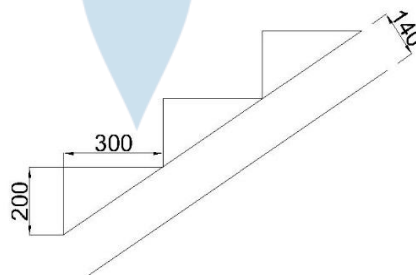
$$\alpha = 33,69^\circ$$

5. Tebal pelat tangga diperkirakan ( $h_{tg}$ )

$$\text{Tebal pelat } (h_{tg}) = 140 \text{ mm}$$

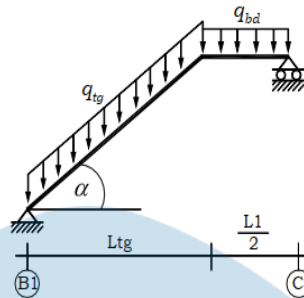


Gambar 2.43 Tampak Atas Tangga

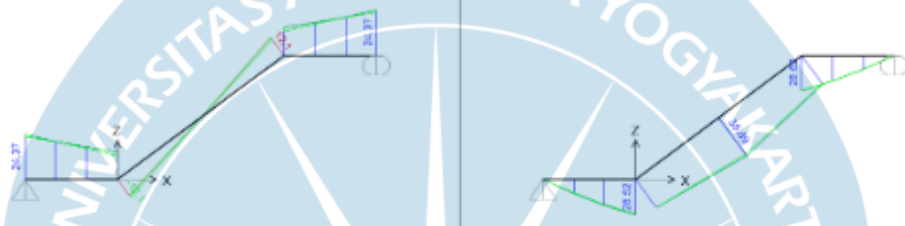


Gambar 2.44 Tampak Samping Tangga

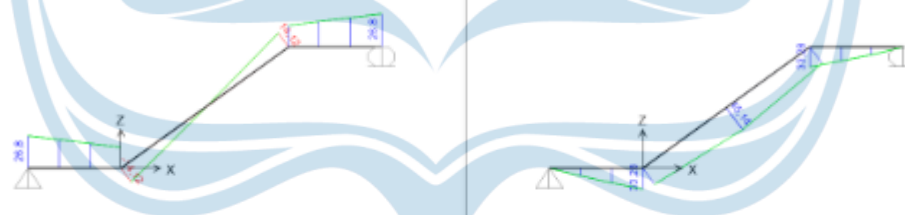
## 2.8.2 Beban Tangga



Gambar 2.45 Gaya Pada Tangga



Gambar 2.46 Beban Kombinasi 1,2DL + 1,6 LL



Gambar 2.47 Beban Kombinasi 1,4 DL

Tabel 2.25 Penghitungan Beban Tangga

Beban Tangga	Rumus	Hasil
<b>Beban Tangga (QTG)</b>		
<b>Beban Mati (DL)</b>		
Beban plat +tangga	$h^1.24$	6,433 kN/m <sup>2</sup>
Berat keramik(30cm <sup>2</sup> )	0,12.0,24	0,0288 kN/m <sup>2</sup>
Berat spesi	0,12.0,21	0,0042 kN/m <sup>2</sup>
Berat railing	1 kN/m <sup>2</sup>	1 kN/m <sup>2</sup>
qDL (Σ)		7,471kN/m2
<b>Beban Hidup(LL)</b>		
qLL		4,79 kN/m <sup>2</sup>
<b>Beban bordes (qtg)</b>		
<b>Beban mati (DL)</b>		
Beban plat +tangga	$h^1.24$	3,36 kN/m2

Tabel 2.25 Lanjutan

Beban Tangga	Rumus	Hasil
Berat keramik(30cm <sup>2</sup> )	0,12.0,24	0,0288 kN/m <sup>2</sup>
Berat spesi	0,12.0,21	0,0042 kN/m <sup>2</sup>
Berat railing	1 kN/m <sup>2</sup>	1 kN/m <sup>2</sup>
qDL (Σ)		4,393k kN/m <sup>2</sup>
<b>Beban hidup (LL)</b>		
qLL		4,79 kN/m <sup>2</sup>

### 2.8.3 Perancangan Tangga

Tangga yang direncanakan memiliki material berupa :

Tabel 2.26 Rancangan Tannga

Notasi	Data
Tulangan pokok	d13mm
Tulangan bagi	d13mm
fy tulangan bagi	420 MPa
fy tulangan susut	420 MPa
f'c	30 MPa
bw	1000mm=1m
h	223,21mm
Selimit beton	20 mm
d=h-selimit beton-d.tul/2	196,71mm=0,197m
Tebal plat	140mm

#### A. Mencari Koefisien Kapasitas Penampang (Rn)

Untuk mencari koefisien kapasitas penampang maka dapat digunakan rumus seperti dibawah.

$$\begin{aligned}
 R_n \text{ Perlu} &= \frac{M_u}{\phi b w d^2} = \frac{45,1383 \times 10^{-3}}{0,9 \times 1 \times 0,196^2} \\
 &= 1,303
 \end{aligned}$$

#### B. Mencari Rasio Penulangan

Menurut SNI rasio penulangan minimum adalah 0,0018. Jika rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih kecil dari 0,0018 maka dipakai 0,0018. Jika rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih besar dari 0,0018, maka digunakan rasio penulangan yang telah dihitung. Kemudian dihitung juga rasio penulangan maksimum untuk melihat apakah terjadi *overreinforced*.

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'c}} \right] \\
 &= \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,303}{0,85 \cdot 30}} \right] \\
 &= 0,003
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left[ \frac{600}{600 \cdot f_y} \right] \\ &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,8357 \cdot \frac{30}{420} \cdot \left[ \frac{600}{600 \cdot 420} \right] \\ &= 0,023 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = 0,0018$$

Dikarenakan  $\rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ min}$  maka yang rasio penulangan yang digunakan adalah yang terbesar yaitu  $\rho \text{ perlu} = 0,003$

### C. Mencari Spasi Tulangan Tarik

Untuk mencari spasi tulangan tarik, perlu diketahui luas tulangan perlu yaitu :

$$\begin{aligned} A_s \text{ Perlu} &= \rho \cdot b \cdot w \cdot d = 0,003 \times 1000 \times 196,21 \\ &= 623,319 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kemudian untuk menghitung spasi (S) tulangan Tarik dapat menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 196,21^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 196,21^2 \times 1000}{624,995} \\ &= 212,944 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2019, spasi tulangan tidak boleh melebihi 2 kali tebal pelat atau 450 mm. Dari perhitungan spasi tulangan, maka direncanakan menggunakan spasi 200

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 196,21^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 196,21^2 \times 1000}{200} \\ &= 663,661 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$  (aman)

### D. Hitung Tulangan Bagi

Tulangan bagi direncanakan menggunakan d13. Luas penampang dari tulangan bagi didapatkan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= \rho_{min} \cdot b \cdot w \cdot h_t \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 140 \\ &= 252 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka didapatkan jarak tulangan

$$\begin{aligned}\text{Jarak tulangan} &= \frac{bw \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot p^2}{A_{s \text{ min}}} \\ &= \frac{1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 13^2}{252} \\ &= 526,715 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari hitungan jarak tulangan bagi, maka direncanakan jarak tulangan 500mm.

Selanjutnya dilakukan pengecekan  $A_s$  pakai yaitu :

$$\begin{aligned}A_s \text{ pakai} &= \frac{1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot p^2}{500} \\ &= 265,465 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$A_{s \text{ perlu}} > A_{s \text{ min}}$  (aman)

### E. Cek Kuat Geser

Kuat geser dihitung untuk mengecek kuat geser plat terhadap gaya geser yang terjadi. Gaya geser yang didapat melalui kombinasi pembebanan adalah  $V_u = 28,66 \text{ KN}$ . Untuk menghitung kuat geser pelat ( $V_c$ ) dapat dicari dengan rumus :

$$\begin{aligned}V_c &= \left(\frac{1}{6}\right) \cdot \sqrt{f_c} \cdot bw \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 196,21 \\ &= 179114,405 \text{ N} \\ &= 179,114 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,75 \times 179,114 \\ &= 134,68 \text{ KN}\end{aligned}$$

Maka didapatkan bahwa  $\phi V_c \geq V_u$ , sehingga kuat geser plat terhadap gaya geser yang terjadi aman.

### 2.8.4 Perancangan Bordes

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan penulangan bordes:

Tabel 2.27 Rancangan Bordes

Notasi	Rumus	Hasil
qu		33,0185 N
L	Panjang bordes	3,2 m
bw	Lebar bordes	1,5m
d	$d = h - \text{selimut beton} - d_{\text{tul}}/2$	196,71mm = 0,19671m

## A. Penulangan Lentur Tumpuan

### Penulangan Lentur Tumpuan

Perencanaan penulangan tangga memerlukan momen maksimum ( $M_u$ ). Dapat dicari dengan persamaan

$$\begin{aligned}M_u &= \frac{1}{11} q_u \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{11} \times 33,0185 \times 3,2^2 \\ &= 30,747 \text{ N} \approx 0,0307 \text{ kN}\end{aligned}$$

#### 1. Mencari koefisien kapasitas penampang ( $R_n$ )

Untuk mencari koefisien kapasitas penampang maka dapat digunakan rumus seperti dibawah.

$$R_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi b w d^2} = \frac{0,0307}{0,9 \times 0,15 \times 0,309^2} = 2,385$$

#### 2. Mencari Rasio Penulangan

Menurut SNI rasio penulangan minimum adalah 0,0018. Jika rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih kecil dari 0,0018 maka dipakai 0,0018. Jika rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih besar dari 0,0018, maka digunakan rasio penulangan yang telah dihitung. Kemudian dihitung juga rasio penulangan maksimum untuk melihat apakah terjadi *overreinforced*.

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,385}{0,85 \cdot 30}} \right]$$

$$= 0,006$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,025$$

$$\rho_{\text{min 1}} = \frac{0,25 \cdot f'_c}{f_y} = \frac{0,25 \cdot 30}{420}$$

$$= 0,003$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420}$$

$$= 0,003$$

dikarenakan  $\rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ max} \leq \rho \text{ min}$  maka yang rasio penulangan yang digunakan adalah yang terbesar yaitu  $\rho \text{ perlu} = 0,006$

### 3. Mencari Jumlah Tulangan Tarik

Untuk mencari spasi tulangan tasik, perlu diketahui luas tulangan perlu yaitu :

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \cdot b_w \cdot d = 0,006 \cdot 150 \cdot 309 \\ &= 276,767 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{b_w \pi r^2} = \frac{276,767}{0,15 \pi 14^2} \\ &= 2,997 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Direncanakan penulangan menggunakan tulangan utama 6D-10

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 14^2 \\ &= 277,088 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As pakai > As perlu (aman)

### 4. Pemeriksaan momen nominal

Pemeriksaan moment nimal dapat di cari menggunakan rumus di bawah :

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \cdot x_c \times b_w} = \frac{277,088 \times 420}{0,85 \times 30 \times 150}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= \Phi \text{As} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0,9 \cdot 277,088 \cdot 420 \cdot \left(309 - \frac{30,425}{2}\right) \\ &= 30771117,951 \approx 30,771 \text{ kN} \end{aligned}$$

$\Phi M_n > M_u$  (aman)

### Penulangan Lentur Tumpuan (Penulangan Positif)

Perencanaan penulangan tangga memerlukan momen maksimum ( $M_u$ ). Dapat dicari dengan persamaan

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{11} q_u \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{11} \times 33,0185 \times 3,2^2 \\ &= 30,747 \text{ N} \approx 0,0307 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Mencari Koefisien Kapasitas Penampang ( $R_n$ )

Untuk mencari koefisien kapasitas penampang maka dapt digunakan rumus seperti dibawah.

$$R_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi b w d^2} = \frac{0,0307}{0,9 \times 0,15 \times 0,309^2} = 2,385$$

### Mencari Rasio Penulangan

Menurut SNI rasio penulangan minimum adalah 0,0018. Jika rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih kecil dari 0,0018 maka dipakai 0,0018. Jika rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih besar dari 0,0018, maka digunakan rasio penulangan yang telah dihitung. Kemudian dihitung juga rasio penulangan maksimum untuk melihat apakah terjadi *overreinforced*.

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,385}{0,85 \cdot 30}} \right] \\ &= 0,006 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,025$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min 1}} &= \frac{0,25 \cdot f'_c}{f_y} = \frac{0,25 \cdot 30}{420} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

dikarenakan  $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}} \leq \rho_{\text{min}}$  maka yang rasio penulangan yang digunakan adalah yang terbesar yaitu  $\rho_{\text{perlu}} = 0,006$

### Mencari Jumlah Tulangan

Untuk mencari spasi tulangan tasik, perlu diketahui luas tulangan perlu yaitu :

$$\begin{aligned} A_s \text{ Perlu} &= \rho \cdot b_w \cdot d = 0,006 \cdot 150 \cdot 309 \\ &= 276,767 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{A_s \text{ Perlu}}{b_w \pi p^2} = \frac{276,767}{0,15 \pi 14^2} \\ &= 2,997 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Direncanakan penulangan menggunakan tulangan utama 6D-10

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= n \times 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 14^2 \end{aligned}$$



$$= 277,088 \text{ mm}^2$$

As pakai > As perlu (aman)

### Pemeriksaan Momen Nominal

Pemeriksaan moment nimal dapat di cari menggunakan rumus di bawah :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \cdot x_c \times b_w} = \frac{277,088 \times 420}{0,85 \times 30 \times 150}$$

$$\Phi M_n = \Phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0,9 \cdot 277,088 \cdot 420 \cdot \left(309 - \frac{30,425}{2}\right)$$

$$= 30771117,951 \approx 30,771 \text{ kN}$$

$\Phi M_n > M_u$  (aman)

### B. Penulangan Lentur Lapangan

#### Penulangan Lentur Lapangan (Penulangan Positif)

Perencanaan penulangan tangga memerlukan momen maksimum ( $M_u$ ). Dapat dicari dengan persamaan

$$M_u = \frac{1}{2} \Phi M_n = \frac{1}{2} 30,771 \\ = 15,386 \text{ N} \approx 0,015 \text{ Kn}$$

#### Mencari Koefisien Kapasitas Penampang ( $R_n$ )

Untuk mencari koefisien kapasitas penampang maka dapt digunakan rumus seperti dibawah.

$$R_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi b_w d^2} = \frac{0,015}{0,9 \times 0,15 \times 0,309^2} = 1,194$$

#### Mencari Rasio Penulangan

Menurut SNI rasio penulangan minimum adalah 0,0018. Jika rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih kecil dari 0,0018 maka dipakai 0,0018. Jika rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih besar dari 0,0018, maka digunakan rasio penulangan yang telah dihitung. Kemudian dihitung juga rasio penulangan maksimum untuk melihat apakah terjadi *overreinforced*.

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2,1,194}{0,85 \cdot 30}} \right]$$

$$= 0,003$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\rho_{min 1} = \frac{0,25 \cdot f'_c}{f_y} = \frac{0,25 \cdot 30}{420}$$

$$= 0,003$$

$$\rho_{min 2} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420}$$

$$= 0,003$$

dikarenakan  $\rho_{perlu} \leq \rho_{max} \leq \rho_{min}$  maka yang rasio penulangan yang digunakan adalah yang terbesar yaitu  $\rho_{perlu} = 0,003$

### Mencari Jumlah Tulangan

Untuk mencari spasi tulangan lentur, perlu diketahui luas tulangan perlu yaitu :

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \cdot b_w \cdot d = 0,003 \cdot 150 \cdot 309 \\ &= 154,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{b_w \pi r^2} = \frac{154,500}{0,15 \pi 14^2} \\ &= 1,004 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Direncanakan penulangan menggunakan tulangan utama 3P-10

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 309^2 \\ &= 277,088 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As pakai > As perlu (aman)

### Penulangan Lentur Lapangan ( Penulangan Negatif )

Perencanaan penulangan tangga memerlukan momen maksimum ( $M_u$ ). Dapat dicari dengan persamaan

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{4} \Phi M_n \\ &= \frac{1}{4} 17,738 \\ &= 4,434 \text{ N} \approx 0,004 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Mencari koefisien kapasitas penampang (Rn)

Untuk mencari koefisien kapasitas penampang maka dapat digunakan rumus seperti dibawah.

$$R_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi b w d^2} = \frac{0,004}{0,9 \cdot 0,15 \cdot 0,309^2} = 0,344$$

### Mencari rasio penulangan

Menurut SNI rasio penulangan minimum adalah 0,0018. Jika rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih kecil dari 0,0018 maka dipakai 0,0018. Jika rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih besar dari 0,0018, maka digunakan rasio penulangan yang telah dihitung. Kemudian dihitung juga rasio penulangan maksimum untuk melihat apakah terjadi *overreinforced*.

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,344}{0,85 \cdot 30}} \right] \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,025$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min 1}} &= \frac{0,25 \cdot f'_c}{f_y} = \frac{0,25 \cdot 30}{420} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min 2}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

Dikarenakan  $\rho \text{ perlu} \leq \rho_{\text{max}} \leq \rho_{\text{min}}$  maka yang rasio penulangan yang digunakan adalah yang terbesar yaitu  $\rho \text{ perlu} = 0,003$

### Jumlah Tulangan

Untuk mencari spasi tulangan tasik, perlu diketahui luas tulangan perlu yaitu :

$$\begin{aligned} A_s \text{ Perlu} &= \rho \cdot b \cdot w \cdot d = 0,004 \cdot 150 \cdot 309 \\ &= 154,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s \text{ Perlu}}{b w \pi p^2} = \frac{154,5}{0,15 \pi 14^2}$$

$$= 1,673 \approx 2 \text{ buah}$$

Direncanakan penulangan menggunakan tulangan utama 4D-10

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 309^2 \\ &= 184,726 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As pakai > As perlu (aman)

### C. Penulangan Geser

Untuk penulangan geser maka dilakukan pengecekan di bawah :

$$\begin{aligned} Q_u &= q_{uDL} + q_{uLL} \\ &= \text{Beban sendiri} + R_b + \text{Beban hidup} \\ &= 1,512 + 25,1065 + 6,4 \\ &= 33,0185 \text{ kN/m}^2 \\ V_u &= 0,5 \cdot q_{uDL} \cdot L + 0,5 \cdot q_{uLL} \cdot L \\ &= 0,5 \cdot 33,0185 \cdot 3,2 + 0,5 \cdot 33,0185 \cdot 3,2 \\ &= 52,83 \text{ kN} \\ V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 150 \cdot 309 \\ &= 42311,568 \text{ N} \\ &= 42,311 \text{ kN} \end{aligned}$$

$V_u > V_c$  (aman)

### Gunakan Tulangan Geser

Untuk mengetahui penggunaan tulangan geser maka dilakukan perhitungan seperti di bawah :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} = \frac{52,83}{0,75} \\ &= 70,439 \text{ kN} \end{aligned}$$

Digunakan P10

$$\begin{aligned} \text{Asv} &= 2 \cdot b \cdot \rho \cdot \rho^2 = 2 \cdot 0,15 \cdot \pi \cdot 14^2 \\ &= 184,726 \end{aligned}$$

$$S = \frac{A_u \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{184,726.420.309}{70,439}$$

$$= 340,345 \text{ mm}$$

### Menentukan Spasi *Max*

Di dalam sendi plastis

$$\text{Sendi} = d.4 = 309/4$$

$$= 77,25 \text{ mm}$$

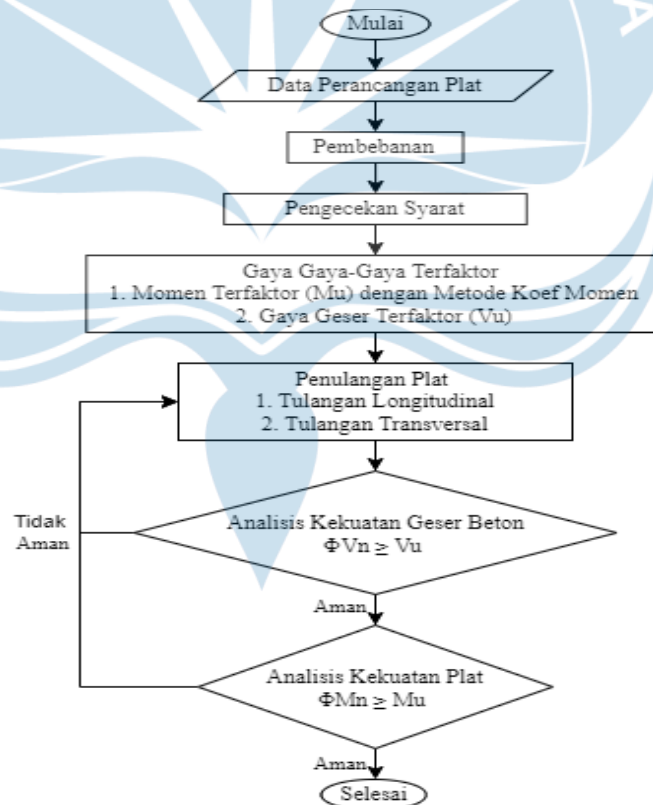
$$\text{GD} = 6.14$$

$$= 150 \text{ mm}$$

$$= \text{Pilih } 70\text{mm}$$

Maka digunakan tulangan geser 2P-8-75

### 2.9 Perencanaan Pelat Lantai



Gambar 2.48 Flowcart Plat

Flowcart pada bab ini dimulai dari penrancangan plat lalu pembebanan, setelah itu dilakukan pengecekan syarat lalu mencari momen terfaktor dan gaya geser, setelah itu

dilakukan penentuan tulangan dan dilakukan cek analisis kekuatan geser dan kekuatan plat jika tidak aman maka dilakukan penulangan ulang.

Pada perencanaan pelat lantai, direncanakan ketebalan lantai adalah 150mm. dalam perencanaan plat lantai, diperlukan menentukan pembebanan plat. Beban plat lantai berupa beban mati (DL) dan beban hidup (LL).

Tabel 2.28 Beban Pada Plat

Macam pembebanan	Hasil
<b>Beban mati</b>	
Beban sendiri plat	3,34 KN/m <sup>2</sup>
Berat pasir	0,9 KN/m <sup>2</sup>
Berat spasi	0,66 KN/m <sup>2</sup>
Berat keramik	0,15 KN/m <sup>2</sup>
Berat plat + pengikat	0,18 KN/m <sup>2</sup>
<b>qDL</b>	<b>5,25 KN/m<sup>2</sup></b>
<b>Beban hidup</b>	
<b>Beban hidup (qLL)</b>	<b>4,79 KN/m<sup>2</sup></b>
Beban kombinasi 1,2DL+1,6LL	13,964 KN/m <sup>2</sup>

Pada gedung *Coworking Space* terdapat 2 jenis plat yaitu palat 1 arah dan plat 2 arah. Plat yang merupakan 1 arah yaitu plat A,B dan C. Plat dua arah terdiri atas plat D hingga J.

### 2.9.1 Plat Satu Arah

Plat satu arah berupa plat A,B dan C. perhitungna plat satu arah untuk plat A

Data yang diperlukan :

Tabel 2.29 Rancangan Plat 1 Arah

Notasi	Hasil
Tebal selumut (ts)	20mm
Diameter tulangan lentur ( $\Phi$ l)	10mm
Diameter tulangna susut ( $\Phi$ s )	10mm
bw	1000 mm
Lebar (L)	3000 mm
Tebal (H)	140 mm

#### A. Tulangan Lentur

##### Tebal efektif plat tulangan lentur

Untuk mengetahui tebal efektif plat tulangan lentur maka dihitung seperti dibawah :

$$d_l' = H - ts - \frac{\Phi_{\text{lentur}}}{2} = 140 - 20 - \frac{10}{2} = 115 \text{ mm}$$

### Tebal efektif plat tulangan susut

Untuk mengetahui tebal efektif plat tulangan susut maka dihitung seperti dibawah :

$$ds' = H - ts - \frac{\Phi \text{ lentur}}{2} = 140 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 105 \text{ mm}$$

### Panjang efektif

Untuk mengetahui panjang efektif maka dihitung seperti dibawah :

$$Ln1 = 3000 - \frac{250}{2} - \frac{200}{2} = 2775 \text{ mm} \approx 2,775 \text{ m}$$

$$Ln2 = Ln1 = 2,775 \text{ m}$$

### Momen:

Untuk mengetahui moment pada plat maka dihitung seperti dibawah :

$$-M_1 = \frac{1}{24} \cdot \text{qult} \cdot Ln^2 = \frac{1}{24} \cdot 13,964 \cdot 2,775^2 = 4,4805 \text{ kNm}$$

$$+M_2 = \frac{1}{14} \cdot \text{qult} \cdot Ln^2 = \frac{1}{14} \cdot 13,964 \cdot 2,775^2 = 7,6808 \text{ kNm}$$

$$-M_3 = \frac{1}{9} \cdot \text{qult} \cdot Ln^2 = \frac{1}{9} \cdot 13,964 \cdot 2,775^2 = 11,9479 \text{ kNm}$$

### Mencari rasio penulangan

Untuk mencari rasio penulangan maka dihitung seperti dibawah :

$$\begin{aligned} \rho_a &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot -M_1}{0,71 \cdot f'_c \cdot b d^2}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{4320} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 4,4805}{0,71 \cdot 30 \cdot 0,115^2}} \right] \\ &= 0,000896 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot +M_2}{0,71 \cdot f'_c \cdot b d^2}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{4320} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 7,6808}{0,71 \cdot 30 \cdot 0,115^2}} \right] \\ &= 0,001536 \end{aligned}$$

$$\rho_c = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot -M_3}{0,71 \cdot f'_c \cdot b d^2}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \cdot 30}{4320} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 11,9479}{0,71 \cdot 30 \cdot 0,115^2}} \right]$$

$$= 0,00239$$

Dikarenakan  $f_y \geq 420$  MPa maka  $\rho$  didapat dengan cara :

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

$$= 0,0018$$

### Perhitungan Spasi

Untuk mengetahui perhitungan spasi pada tulangan plat maka dihitung seperti dibawah :

$$As A = \rho_a \cdot bw \cdot d = 0,000896 \cdot 1000 \cdot 115 = 95,7760 \text{ mm}^2$$

$$As B = \rho_b \cdot bw \cdot d = 0,001536 \cdot 1000 \cdot 115 = 164,1874 \text{ mm}^2$$

$$As C = \rho_{ac} \cdot bw \cdot d = 0,00239 \cdot 1000 \cdot 115 = 255,4026 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = (0,0018 \cdot f_y / 420) \cdot bw \cdot H$$

$$= (0,0018 \cdot 420 / 420) \cdot 1000 \cdot 140$$

$$= 252 \text{ mm}^2$$

Dari luas penampang tulangan diatas, diambil nilai yang terbesar yaitu  $As C = 255,4026 \text{ mm}^2$  sebagai  $As$  pasang.

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot bw}{As} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{252}$$

$$= 307,51 \text{ mm}$$

Spasi yang dipergunakan adalah  $S = 300 \text{ mm}$

Spasi yang digunakan adalah  $300 \text{ mm}$ . Cek syarat spasi dengan cara  $Spasi < S_{max}$ .

$$S_{max} = 3 \cdot h = 3 \cdot 140 = 420$$

Karena  $Spasi < S_{max}$  maka spasi aman.

$$As_{\text{perlu}} = \frac{bw}{\Phi l} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot S$$

$$= \frac{1000}{10} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 300$$

$$= 261,7994 \text{ mm}^2$$

Didapatkan  $As_{\text{perlu}} > As_{\min}$  maka aman. Digunakan tulangan pembagi P10-300



## B. Tulangan Susut

Rasio Penulangan

$$P_{min} = 0,0018$$

Perhitungan Spasi

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= \rho \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 105 \\ &= 189 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b_w}{A_s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{189} \\ &= 415,5546 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka yang dipergunakan adalah spasi 400mm

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \frac{b_w}{\Phi l} \times \frac{1}{4} \times \pi \times S \\ &= 196,3495 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As perlu > As min maka tulangan susut aman. Tulangan yang dipergunakan adalah tulangan D10-400.

## C. Kontrol Kuat Geser

Didapatkan Momen Pada *Etabs* yaitu :

$$Mu^- = 11,9479 \text{ kN.m}^2$$

$$Mu^+ = 7,6808 \text{ kN.m}^2$$

Kontrol Kuat Geser di dapatkan :

$$\begin{aligned} V_u &= 1,15 \times L_n1 \times Mu^- \\ &= 9,3700 \text{ KN} \end{aligned}$$

Kontrol Kuat Geser Beton didapatkan :

$$V_c = 0,75 \times 0,17 \times \sqrt{F_c} \times b_w \times D_l$$

$$V_c = 80309,8200 \text{ N}$$

$$V_c = 80,3098 \text{ KN}$$

Perhitungan plat lantai B dan C pada table 2.30

Tabel 2.30 Perhitungan Plat B dan C

	Plat B	Plat C
-M1	2,2844	0,8033
+M2	3,9162	1,3771
-M3	6,0918	2,1421
pa	0,00059	0,00016
pb	0,00094	0,00028
pc	0,00146	0,00043
pmin	0,0018	0,0018
As <sup>2</sup> A	57,5569	18,4793
As <sup>2</sup> B	98,669	31,6787
As <sup>2</sup> C	153,485	49,278
Asmin	234	252
As pasang	234	252
S	335,64	311,67
Mu-	6,0918	2,1421
Mu+	3,9162	1,3771
Vu	9,37	1,4473
Vc	73,3264	80,3098
Pasang	P10-300	P10-300

## 2.9.2 Plat Dua Arah

Terdapat 13 jenis Plat dua arah pada bangunan *Coworking Space* yaitu plat D-Q. Plat 2 arah pada bangunan ini berbentuk segitiga. Berikut perhitungan plat 2 arah untuk plat D.

Tabel 2.31 Rancangan Plat 2 Arah

Notasi	Penjelasan/ rumus	Hasil
bw	Lebar plat	1500 mm = 1,5m
h	Bentang terpanjang	5,8 m
d (panjang efektif)	$\frac{2 \cdot b \cdot h}{b + \sqrt{b^2 + 4h^2}} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 5,8}{1,5 + \sqrt{1,5^2 + 4 \cdot 5,8^2}}$	1,319 m
ts	Tebal selimut	20 mm
t	Tebal plat	140 mm
(Φx)	Diameter tulangan x	10 mm
(Φy)	Diameter tulangan y	10 mm
bw		1000 mm = 1m
qult		13,964 KNm
Fy		420 MPa

### A. Perhitungan Momen

$$\begin{aligned}\text{Moment (+)} &= \frac{qu \cdot d^2}{30} = \frac{13,964 \cdot 1,319^2}{30} \\ &= 0,8092 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Moment (-)} &= \frac{qu \cdot h^2}{30} = \frac{13,964 \cdot 5,8^2}{30} \\ &= 15,6583 \text{ kNm}\end{aligned}$$

### B. Penulangan Momen Lapangan

$$Mu+ = 0,8092 \text{ KNm}$$

Kemudian dicari tebal efektif arah x dan arah y

$$\begin{aligned}dx' &= t - ts - \frac{\Phi_x}{2} = 140 - 20 - \frac{10}{2} \\ &= 115 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}dy' &= t - ts + \emptyset Dy - \frac{\Phi_y}{2} = 140 - 20 - 10 + \frac{10}{2} \\ &= 105 \text{ mm}\end{aligned}$$

### Rasio Penulangan

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{0,0018 \cdot 420}{F_y} = \frac{0,0018 \cdot 420}{420} \\ &= 0,0018\end{aligned}$$

### Penulangan Arah X

Pada penulangan arah x, digunakan tulangan D10-350.

Pengecekan momen tulangan arah x

$$\begin{aligned}As_{\min} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 115 \\ &= 207 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As_{\text{perlu}} &= (0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{bw}{s}) \\ &= (0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{350}) \\ &= 224,399 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{224,399 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} \\ &= 3,6960 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Phi M_n &= \Phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
&= 0,9 \cdot 224,399 \cdot 420 \cdot \left(115 - \frac{3,3116}{2}\right) \\
&= 9597892,649 \text{ N} \\
&\approx 9,957 \text{ kN} \\
\Phi M_n &> M_u \text{ (ok)}
\end{aligned}$$

### Penulangan Arah Y

Pada penulangan arah y, digunakan tulangan D8-250.

Pengecekan momen tulangan arah y

$$\begin{aligned}
A_{s \text{ min}} &= \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d_x = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 105 \\
&= 189 \text{ mm}^2 \\
A_{s \text{ perlu}} &= \left(0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b_w}{s}\right) = \left(0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}\right) \\
&= 201 \text{ mm}^2 \\
a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{201 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 100} \\
&= 3,3116 \text{ mm}^2 \\
\Phi M_n &= \Phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
&= 0,9 \cdot 201 \cdot 420 \cdot \left(115 - \frac{3,3116}{2}\right) \\
&= 7854304,547 \text{ N} \approx 7,854 \text{ kN} \\
\Phi M_n &> M_u \text{ (ok)}
\end{aligned}$$

### C. Penulangan Momen Tumpuan

$$M_u(-) = 15,6583$$

Kemudian dicari tebal efektif arah x dan arah y

$$\begin{aligned}
d_x' &= t - t_s - \frac{\Phi_x}{2} = 140 - 20 - \frac{10}{2} \\
&= 115 \text{ mm} \\
d_y' &= t - t_s + \frac{\Phi_y}{2} = 140 - 20 - 10 \\
&= 105 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Rasio penulangan

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

$$= 0,0018$$

### Penulangan Arah X

Pada penulangan arah x, digunakan tulangan D12-250.

Pengecekan momen tulangan arah x

$$A_{s \min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x$$

$$= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 115$$

$$= 207 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = (0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b_w}{s}) = (0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot \frac{1000}{250})$$

$$= 452,389 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{452,389 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 100}$$

$$= 7,4511 \text{ mm}^2$$

$$\Phi M_n = \Phi A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$= 0,9 \cdot 452,389 \cdot 420 \cdot (115 - \frac{7,4511}{2})$$

$$= 17318250,53 \text{ N} \approx 17,3183 \text{ kN}$$

$$\Phi M_n > M_u \text{ (ok)}$$

### Penulangan Arah Y

Pada penulangan arah y, digunakan tulangan D12-250.

Pengecekan momen tulangan arah y

$$A_{s \min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 105$$

$$= 189 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = (0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b_w}{s}) = (0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot \frac{1000}{250})$$

$$= 452,389 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{452,389 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 100}$$

$$= 7,4511 \text{ mm}^2$$

$$\Phi M_n = \Phi A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$= 0,9 \cdot 452,389 \cdot 420 \cdot \left(115 - \frac{7,4511}{2}\right)$$

$$= 17318250,53 \text{ N} \approx 17,3183 \text{ kN}$$

$$\Phi M_n > M_u \text{ (ok)}$$

Hasil perhitungan plat lantai dua arah

Tabel 2.32 Plat 2 Arah (K-Q)

Plat 2 Arah	Plat K	Plat L	Plat M	Plat N	Plat O	Plat P	Plat Q
M Lap+	0,4440	1,7462	1,7175	2,6973	0,4580	1,4013	2,7677
M Tum-	8,5917	10,4612	9,8176	9,1944	11,1252	9,1944	9,1944
Penulangan Momen Lapangan							
Mu+	0,4440	1,7462	1,7175	2,6973	0,4580	1,4013	2,7677
dx	105	105	105	105	105	105	105
dy	95	95	95	95	95	95	95
P min	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018
Arah X	(D8-450)	(D8-450)	(D8-450)	(D8-450)	(D8-450)	(D8-450)	(D8-450)
S	450	450	450	450	450	450	450
D	8	8	8	8	8	8	8
As min	189	189	189	189	189	189	189
Asp	111,701	111,701	111,701	111,701	111,701	111,701	111,701
a	1,8398	1,8398	1,8398	1,8398	1,8398	1,8398	1,8398
oMn	4,3946	4,3946	4,3946	4,3946	4,3946	4,3946	4,3946
Arah Y	(D8-450)	(D8-450)	(D8-450)	(D8-450)	(D8-450)	(D8-450)	(D8-450)
S	450	450	450	450	450	450	450
d	8	8	8	8	8	8	8
As min	171	171	171	171	171	171	171
Asp	112	112	112	112	112	112	112
a	1,8398	1,8398	1,8398	1,8398	1,8398	1,8398	1,8398
oMn	3,9723	3,9723	3,9723	3,9723	3,9723	3,9723	3,9723
Penulangan Momen Tumpuan							
Mu-	8,5917	10,4612	9,8176	9,1944	11,1252	9,1944	9,1944
dx	105	105	105	105	105	105	105
dy	95	95	95	95	95	95	95
P min	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018
Arah X	(D10-350)	(D10-250)	(D10-300)	(D10-300)	(D10-250)	(D10-300)	(D10-300)
S	350	250	300	300	250	300	300
D	10	10	10	10	10	10	10
As min	189	189	189	189	189	189	189
Asp	224,399	314,159	261,799	261,799	314,159	261,799	261,799
a	3,6960	5,1744	4,3120	4,3120	5,1744	4,3120	4,3120
oMn	8,7497	12,1617	10,1775	10,1775	12,1617	10,1775	10,1775

Tabel 2.32 Lanjutan

Plat 2 Arah	Plat K	Plat L	Plat M	Plat N	Plat O	Plat P	Plat Q
Arah Y	(D10-300)	(D10-250)	(D10-250)	(D10-250)	(D10-200)	(D10-250)	(D10-250)
S	300	250	250	250	200	250	250
d	10	10	10	10	10	10	10
As min	171	171	171	171	171	171	171
Asp	262	314	314	314	393	314	314
a	4,3120	5,1744	5,1744	5,1744	6,4680	5,1744	5,1744
oMn	9,1879	10,9742	10,9742	10,9742	13,6218	10,9742	10,9742

Tabel 2.33 Plat 2 Arah (E-J)

Plat 2 Arah	Plat E	Plat F	Plat G	Plat H	Plat I	Plat J
M Lap+	3,1824	3,1302	4,9158	0,8348	2,5538	5,0442
M Tum-	19,0655	17,8925	16,7568	20,2757	16,7568	16,7568
Penulangan Momen Lapangan						
Mu+	3,1824	3,1302	4,9158	0,8348	2,5538	5,0442
dx	115,0000	115,0000	115,0000	115,0000	115,0000	115,0000
dy	105,0000	105,0000	105,0000	105,0000	105,0000	105,0000
P min	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018
Arah X	(D8-450)	(D8-450)	(D10-450)	(D8-450)	(D8-450)	(D10-450)
S	450,000	450,0000	450,0000	450,0000	450,0000	450,0000
D	8,000	8,0000	10,0000	8,0000	8,0000	10,0000
As min	207,000	207,0000	207,0000	207,0000	207,0000	207,0000
Asp	111,701	111,7011	174,5329	111,7011	111,7011	174,5329
a	1,840	1,8398	2,8747	1,8398	1,8398	2,8747
oMn	4,817	4,8168	7,4921	4,8168	4,8168	7,4921
Arah Y	(D8-450)	(D8-450)	(D10-450)	(D8-450)	(D8-450)	(D10-450)
S	450,0000	450,0000	450,0000	450,0000	450,0000	450,0000
d	8,0000	8,0000	10,0000	8,0000	8,0000	10,0000
As min	189,0000	189,0000	189,0000	189,0000	189,0000	189,0000
Asp	111,7011	111,7011	174,5329	111,7011	111,7011	174,5329
a	1,8398	1,8398	2,8747	1,8398	1,8398	2,8747
oMn	4,3946	4,3946	6,8324	4,3946	4,3946	6,8324
Penulangan Momen Tumpuan						
Mu-	19,0655	17,8925	16,7568	20,2757	16,7568	16,7568
dx	115,0000	115,0000	115,0000	115,0000	115,0000	115,0000
dy	105,0000	105,0000	105,0000	105,0000	105,0000	105,0000
P min	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018
Arah X	(D13-200)	(D13-250)	(D13-250)	(D13-200)	(D13-250)	(D13-250)
S	200,0000	250,0000	250,0000	200,0000	250,0000	250,0000
D	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
As min	207,0000	207,0000	207,0000	207,0000	207,0000	207,0000
Asp	663,6614	530,9292	530,9292	663,6614	530,9292	530,9292
a	10,9309	8,7447	8,7447	10,9309	8,7447	8,7447

Tabel 2.33 Lanjutan

Plat 2 Arah	Plat E	Plat F	Plat G	Plat H	Plat I	Plat J
oMn	27,4783	22,2020	22,2020	27,4783	22,2020	22,2020
Arah Y	(D13-200)	(D13-200)	(D13-200)	(D13-200)	(D13-250)	(D13-250)
S	200,0000	200,0000	200,0000	200,0000	250,0000	250,0000
d	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
As min	189,0000	189,0000	189,0000	189,0000	189,0000	189,0000
Asp	663,6614	663,6614	663,6614	663,6614	530,9292	530,9292
a	10,9309	10,9309	10,9309	10,9309	8,7447	8,7447
oMn	24,9696	24,9696	24,9696	24,9696	20,1951	20,1951

## 2.10 Perhitungan Pembebanan Pada Gedung

Perhitungan beban pada gedung berfungsi sebagai data perhitungan beban gempa statik ekuivalen yang kemudian beban yang didapatkan akan di input kedalam aplikasi pemodelan struktur, dimana yang digunakan mahasiswa adalah Etabs. Gedung terdiri atas 5 lantai dan 1 *Basement*. Untuk kelas situs tanah sendiri adalah tanah sedang (SD).

Data yang diperlukan untuk menghitung pembebanan dapat dilihat di bawah :

Tabel 2.34 Pembebanan Pada Gedung

Notasi	Hasil
Tebal plat lantai	140 mm
Tebal plat atap (dak atap)	130 mm
Balok induk (B1)	250x500 mm
Balok anak (B2)	200x400 mm
Balok kantilever (B3)	150x200 mm
Kolom 1 (K1)	600x600 mm
Kolom 2 (K2)	550x550 mm
Tinggi tiap lantai	4000 mm
Mutu beton ( $f'c$ )	30 MPa
Mutu baja ( $f_t$ )	420 MPa

Tabel 2.35 Perhitungan Beban Gedung

Beban	Berat satuan
<b>Berat satuan lantai atap (<math>t=0,13</math>)</b>	
Berat sendiri plat	$= 3,14 kN/m^2$
Berat pasir	$= 0,9 kN/m^2$
Lapis kerlap air	$= 0,63 kN/m^2$
Plapon	$= 0,25 kN/m^2$
DL ( $\Sigma$ )	$= 4,9 kN/m^2$
<b>Berat santunan lantai tipikal <i>Basement</i> sampai lantai 5 (<math>t = 0,14</math>)</b>	
Berat sendiri plat	$= 3,36 kN/m^2$
Berat pasir	$= 0,9 kN/m^2$
Spesi	$= 0,4 kN/m^2$
Penutup lantai	$= 0,24 kN/m^2$



Tabel 2.35 Lanjutan

Beban	Berat satuan
Partisi	= 1 kN/m <sup>2</sup>
Plapon	= 0,25 kN/m <sup>2</sup>
DL ( $\Sigma$ )	= 5,93 kN/m <sup>2</sup>
Balok 1	=2,16 kN/m <sup>2</sup>
Balok 2	=1,248 kN/m <sup>2</sup>
Balok 3	=0,216 kN/m <sup>2</sup>
Balok atap	= 2,22 kN/m <sup>2</sup>
Kolom 1	= 8,64 kN/m <sup>2</sup>
Kolom 2	= 6 kN/m <sup>2</sup>
Berat atap	= 14,17 kN/m <sup>2</sup>
<b>Berat total (Wtot)</b>	<b>=101512,5014 kN</b>

### 2.10.1 Berat Seismic Efektif Bangunan

Berat seismic bangunan 1 hingga 4 di dapat di lihat di bawah :

Tabel 2.36 Berat Seismik Bangunan 1

Bangunan 1	Basement	Lt1	Lt2	Lt3	Lt4	Lt5
Plat Lantai	4056,12	4056,12	4056,12	4056,12	4056,12	1707,84
B1	583,2	583,2	583,2	583,2	583,2	298,08
B2	134,784	134,784	134,784	134,784	134,784	67,392
B3		3,564	3,564	3,564	3,564	3,564
K1	1296	864	864	864	864	241,92
D1/2	328,5	267	279	243	222	61,5
Pa					1058,4	255,06
Total	6398,604	5908,668	5920,668	5884,668	6922,068	2635,356
Grant Tot	33670,032					

Tabel 2.37 Berat Seismik Bangunan 2

Bangunan 2	Basement	Lt1	Lt2	Lt3	Lt4	Lt5
Plat Lantai	5337	4696,56	4696,56	4696,56	4696,56	4696,56
Balok Induk	1285,632	1057,536	1057,536	796,824	796,824	572,832
Balok Anak	279	223,2	223,2	223,2	223,2	223,2
Balok Kantilever		44,64	44,64	44,64	44,64	44,64
Kolom	3502,08	184,32	184,32	103,68	103,68	36
D1/2	189	189	100,5	67,5	202,5	59,25
Pa						1737,11
Total	10592,712	6395,256	6306,756	5932,404	6067,404	7369,592
Grant Tot	42664,124					

Tabel 2.38 Berat Seismik Bangunan 3

Bangunan 3	<i>Basement</i>	Lt1	Lt2	Lt3	Lt4
Plat Lantai	2134,8	2134,8	2134,8	2134,8	2134,8
B1	336,96	336,96	336,96	336,96	336,96
B2	74,88	74,88	74,88	74,88	74,88
K1	829,44	552,96	552,96	552,96	276,48
D1/2	72	105	138	111	55,5
Pa					494,5
Total	3448,08	3204,6	3237,6	3210,6	3373,12
Grant Tot	16474				

Tabel 2.39 Berat Seismik Bangunan 4

Bangunan 4	<i>Basement</i>	Lt1	Lt2
Plat Lantai	2134,8	2134,8	2134,8
B1	349,92	349,92	349,92
B2	74,88	74,88	74,88
Plat Segitiga	461,4726	461,4726	461,4726
K1	1244,16	829,44	414,72
D1/2	127,1718	120,7812	75,3906
Pa			622,208
Total	4392,4044	3971,2938	4133,3912
Grant Tot	12497,0894		

### 2.10.2 Beban Gempa Metode Statik Ekuivalen

Beban gempa pada bangunan 1 hingga 4 dapat di lihat di bawah :

Tabel 2.40 Beban Gempa Bangunan 1

Bangunan 1				
Lantai	$W_x$ (kN)	$H_x$ (m)	$W_x * H_x^k$	$F_x$ (kN)
5	2635,356	24	114718,407	1318,507
4	6922,068	20	242668,735	2789,094
3	5884,668	16	158282,838	1819,211
2	5920,668	12	113171,367	1300,726
1	5908,668	8	69786,832	802,089
<i>Basement</i>	6398,604	4	33184,950	381,409
ToT		84	731813,129	8411,036

Tabel 2.41 Beban Gempa Bangunan 2

Bangunan 2				
Lantai	Wx(kN)	Hx(m)	Wx*Hx^k	Fx(kN)
5	7360,664	24	320413,504	2997,370
4	5818,644	20	203985,714	1908,224
3	5683,644	16	152875,795	1430,106
2	5716,644	12	109271,524	1022,202
1	5805,144	8	68564,118	641,396
Basement	8486,64	4	44014,088	411,738
ToT		84	899124,743	8411,036

Tabel 2.42 Beban Gempa Bangunan 3

Bangunan 3				
Lantai	Wx(kN)	Hx(m)	Wx*Hx^k	Fx(kN)
4	3373,12	20	118252,344	3086,721
3	3210,6	16	86357,103	2254,165
2	3237,6	12	61885,520	1615,387
1	3204,6	8	37849,289	987,974
Basement	3448,08	4	17882,707	466,789
ToT		60	322226,962	8411,036

Tabel 2.43 Beban Gempa Bangunan 4

Bangunan 4				
Lantai	Wx(kN)	Hx(m)	Wx*Hx^k	Fx(kN)
2	4133,3912	12	79008,236	4469,212
1	3971,2938	8	46904,652	2653,228
Basement	4392,4044	4	22780,238	1288,596
ToT		24	148693,125	8411,036

### 2.11 Simpangan Struktur (*Story Drift*)

Struktur bangunan gedung yang menerima gaya gempa lateral mengalami simpangan pada struktur dalam arah lateral. Oleh karena itu, untuk menjamin kestabilan struktur, mencegah kerusakan elemen struktur dan non struktur, maka perlu adanya pemeriksaan simpangan antar lantai lantai tingkat (*Story Drift*)

Untuk menentukan pusat massa ditingkat x ( $\delta_x$ ) harus dihitung dengan persamaan berikut

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Keterangan :  $C_d$  : factor pembesaran defleksi

$\delta_{xe}$  : defleksi pada lokasi lantai yang ditinjau akibat gaya gempa lateral

$I_e$  : factor keutamaan struktur

Simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin ( $\Delta_a$ ) seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.44 Simpangan Antar Tingkat

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	<i>c</i>	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Keterangan :

$h_{sx}$  : Tinggi tingkat dibawah tingkat X

Untuk KDS D,E,F simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi  $\Delta_a/P$  untuk semua tingkat

Faktor redudansi = 1,3

Struktur bangunan adalah SRPMK. Sehingga simpangan izin antar tingkat didapatkan

dengan cara  $\frac{\Delta_a}{\rho} = \frac{0,025 h}{1,3}$  :

Tabel 2.45 Data Gempa

Data gempa	
Kategori Risiko	II
Kos	D
Ie	1
Cd	5,5
$\rho$	1,3

Perhitungan simpangan untuk bangunan 1 didapatkan dengan cara Menentukan pusat masa dengan rumus =

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Menentukan simpangan izin dengan rumus =

$$\frac{\Delta_a}{\rho} = \frac{0,025 h}{1,3}$$

Simpangan izin Gedung 1 hingga 4 seperti di bawah ini :

Tabel 2.46 Simpangan Izin Gedung 1

Gedung 1									
Story	height	Perpindahan		Perpindahan Elastik		Story Drift		Drift Limit	Cek
		$\delta X$	$\delta Y$	$\delta eX$	$\delta eY$	$\Delta X$	$\Delta Y$		
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
15	4000	13,15	43,63	1,786	3,043	9,823	16,737	61,538	ok
4	4000	11,36	40,59	1,477	5,514	8,124	30,327	61,538	ok
3	4000	9,89	35,08	2,276	8,031	12,518	44,171	61,538	ok
2	4000	7,61	27,05	2,915	9,953	16,033	54,742	61,538	ok
1	4000	4,70	17,09	2,981	10,524	16,396	57,882	61,538	ok
Basement	4000	1,71	6,57	1,714	6,569	9,427	36,130	61,538	ok

Tabel 2.47 Simpangan Izin Gedung 2

Gedung 2									
Story	height	Perpindahan		Perpindahan Elastik		Story Drift		Drift Limit	Cek
		$\delta X$	$\delta Y$	$\delta eX$	$\delta eY$	$\Delta X$	$\Delta Y$		
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
5	4000	35,59	12,74	2,173	0,752	11,952	4,136	61,538	ok
4	4000	33,42	11,99	4,342	1,482	23,881	8,151	61,538	ok
3	4000	29,08	10,51	6,339	2,186	34,865	12,023	61,538	ok
2	4000	22,74	8,32	7,864	2,749	43,252	15,120	61,538	ok
1	4000	14,88	5,57	8,544	3,079	46,992	16,935	61,538	ok
Basement	4000	6,33	2,49	6,331	2,494	34,821	13,717	61,538	ok

Tabel 2.48 Simpangan Izin Gedung 3

Gedung 3									
Story	height	Perpindahan		Perpindahan Elastik		Story Drift		Drift Limit	Cek
		$\delta X$	$\delta Y$	$\delta eX$	$\delta eY$	$\Delta X$	$\Delta Y$		
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
4	4000	16,08	20,53	1,205	1,379	6,628	7,585	61,538	ok
3	4000	14,87	19,15	2,130	2,427	11,715	13,349	61,538	ok
2	4000	12,74	16,73	2,791	3,275	15,351	18,013	61,538	ok
1	4000	9,95	13,45	3,268	4,127	17,974	22,699	61,538	ok
Basement	4000	6,68	9,33	6,684	9,325	36,762	51,288	61,538	ok

Tabel 2.49 Simpangan Izin Gedung 4

Gedung 4									
Story	height	Perpindahan		Perpindahan Elastik		Story Drift		Drift Limit	Cek
		$\delta X$	$\delta Y$	$\delta eX$	$\delta eY$	$\Delta X$	$\Delta Y$		
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
2	4000	29,30	28,39	8,772	8,620	48,246	47,410	61,538	ok
1	4000	20,52	19,77	10,294	10,139	56,617	55,765	61,538	ok
Basement	4000	10,23	9,63	10,229	9,631	56,260	52,971	61,538	ok

## 2.12 Perencanaan Balok Anak

Balok anak direncanakan dengan menggunakan material sebagai berikut :

Tabel 2.50 Rencana Balok Anak

Data	Nilai
F'c	30 MPa
Fy Utama	420 Mpa
Fy Sengkang	280 Mpa
Ukuran balok	250 x 450 mm
Bentang	6000 mm
Dd	19 mm
Tebal Selimut (cc)	40 mm

Tinggi efektif balok

$$\begin{aligned}
 d' &= h - ds - db/2 - Cc \\
 &= 450 - 10 - 19/2 - 40 \\
 &= 391 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diameter sengkang yang direncanakan adalah 10 mm. dari hasil program ETABS didapatkan data berupa :

$$\begin{aligned}
 \text{Mu Tumpuan (+)} &= 44,773 \text{ kNm} \\
 \text{Mu Tumpuan (-)} &= 19,273 \text{ kNm} \\
 \text{Mu Lapangan (+)} &= 58,487 \text{ kNm} \\
 \text{Mu Lapangan (-)} &= 1,1691 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser :

$$\begin{aligned}
 \text{Vu Lap} &= 35,078 \text{ kN} \\
 \text{Vu Tum} &= 41,591 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### 2.12.1 Penulangan Tumpuan Mu(+) = 44,773 KNm

#### A. Rasio Penulangan

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot R_n}{1,7 \cdot f'c \cdot b d^2}} \right] \\
 &= \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 44,773}{1,7 \cdot 30 \cdot 391^2}} \right] \\
 &= 0,00286 \\
 \rho_{\min} &= \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{30}}{420} \\
 &= 0,0033 \\
 \rho_{\max} &= 0,025
 \end{aligned}$$

Rasio penulangan yang digunakan adalah rasio terbesar yaitu  $\rho_{\min} = 0,0033$

### B. Penentuan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned} A_s \text{ Perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00286 \cdot 250 \cdot 391 \\ &= 318,2822 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ max} &= 0,36 \cdot B1 f'c \cdot b \cdot d / f_y \\ &= 0,36 \cdot 0,8357 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 391 / 420 \\ &= 2096,1482 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang tulangan yang digunakan adalah luas tulangan terbesar yaitu  $A_s$  Perlu sebesar  $318,2822 \text{ mm}^2$ . Jumlah tulangan yang digunakan dengan cara.

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{\pi \cdot 0,25 \cdot db^2} = \frac{318}{\pi \cdot 0,25 \cdot 19^2} \\ &= 1,123 \sim 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Maka tulangan yang digunakan adalah 2D19

### 2.12.2 Penulangan Tumpuan $M_u(-) = 19,272 \text{ kNm}$

#### A. Rasio Penulangan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot R_n}{1,7 \cdot f'c \cdot d^2 \cdot d}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 19,272}{1,7 \cdot 1 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 391^2}} \right] \\ &= 0,00122 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{30}}{420} \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,00299 \\ &= 0,0228 \end{aligned}$$

Rasio penulangan yang digunakan adalah rasio terbesar yaitu  $\rho_{\min} = 0,0033$

### B. Penentuan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned} A_s \text{ Perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00286 \cdot 250 \cdot 391 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 318,2822 \text{ mm}^2 \\
 \text{As max} &= 0,36 \cdot B1 f'c \cdot b \cdot d / f_y \\
 &= 0,36 \cdot 0,8357 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 391 / 420 \\
 &= 2096,1482 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas penampang tulangan yang digunakan adalah luas tulangan terbesar yaitu As Perlu sebesar 318,2822 mm<sup>2</sup>. Jumlah tulangan yang digunakan dengan cara.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As}}{\pi \cdot 0,25 \cdot db^2} = \frac{318}{\pi \cdot 0,25 \cdot 19^2} \\
 &= 1,123 \sim 2 \text{ tulangan}
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang digunakan adalah 2D19

### 2.12.3 Penulangan Lapangan +Mu(+) = 58,4866 kNm

#### A. Rasio Penulangan

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot R_n}{1,7 \cdot f'c \cdot d^2 \cdot d}} \right] \\
 &= \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 58,4866}{1,7 \cdot 1 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 391^2}} \right] \\
 &= 0,00377
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{30}}{420} \\
 &= 0,0033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,00299 \\
 &= 0,0228
 \end{aligned}$$

Rasio penulangan yang digunakan adalah rasio terbesar yaitu  $\rho_{\min} = 0,00377$

#### B. Penentuan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00377 \cdot 250 \cdot 391 \\
 &= 368,029 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As max} &= 0,36 \cdot B1 f'c \cdot b \cdot d / f_y \\
 &= 0,36 \cdot 0,8357 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 391 / 420 \\
 &= 2096,1482 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



Luas penampang tulangan yang digunakan adalah luas tulangan terbesar yaitu As Perlu sebesar 368,029 mm<sup>2</sup>. Jumlah tulangan yang digunakan dengan cara.

$$n = \frac{A_s}{\pi \cdot 0,25 \cdot d^2} = \frac{368,029}{\pi \cdot 0,25 \cdot 19^2} = 1,29 \sim 2 \text{ tulangan}$$

Maka tulangan yang digunakan adalah 2D19

## 2.12.4 Penulangan Lapangan Mu(-) = 1,1691 kNm

### A. Rasio Penulangan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot R_n}{1,7 \cdot f_c \cdot d^2 \cdot d}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 1,169}{1,7 \cdot 1 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 391^2}} \right] \\ &= 0,00007 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{0,25 \cdot \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{30}}{420} \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,00299 \\ &= 0,0228 \end{aligned}$$

Rasio penulangan yang digunakan adalah rasio terbesar yaitu  $\rho_{\min} = 0,0033$

### B. Penentuan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned} A_s \text{ Perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0033 \cdot 250 \cdot 391 \\ &= 318,28223 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ max} &= 0,36 \cdot B_1 f_c \cdot b \cdot d / f_y \\ &= 0,36 \cdot 0,8357 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 391 / 420 \\ &= 2096,1482 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang tulangan yang digunakan adalah luas tulangan terbesar yaitu As Perlu sebesar 318,2822 mm<sup>2</sup>. Jumlah tulangan yang digunakan dengan cara.

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{\pi \cdot 0,25 \cdot d^2} = \frac{318,28223}{\pi \cdot 0,25 \cdot 19^2} \\ &= 1,12 \sim 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Maka tulangan yang digunakan adalah 2D19

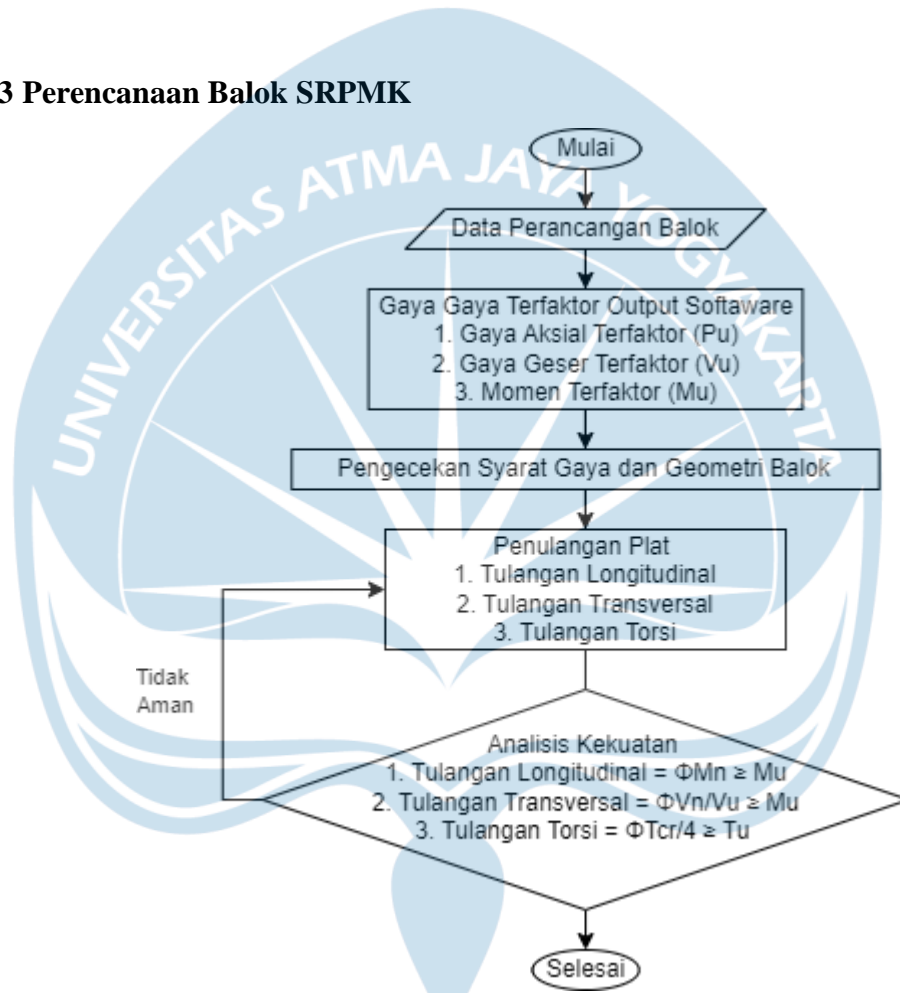
### 2.12.5 Tulangan Geser Tumpuan $M_u = 41,5906 \text{ kN}$

$$V_c = \sqrt{f'_c} \cdot b d \cdot 10^{-3} = \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 391 \cdot 10^{-3} \\ = 89,119 \text{ kN}$$

$$\Phi V_c = 0,75 \cdot 89,119 = 66,839 \text{ kN}$$

Dikarenakan pada balok anak tidak memerlukan tulangan geser maka di gunakan tulangan geser maksimum yaitu P10-600

### 2.13 Perencanaan Balok SRPMK



Gambar 2.49 Flowcart Balok

Flowcart pada bab ini dimulai dari mennentukan perancangan balok lalu di ambil data gaya gaya dari etabs, lalu di lakukan pengecekan syarat gaya dna geometri balok setelah itu dilakukan penulangan dan di cek analiss kekuatan balok, jika tidak aman maka dilakukan penulangan ulang.

Perencanaan balok pada gedung *Coworking Space* terdapat 7 jenis balok. Sebagai contoh digunakan balok induk B1.

Data yang diketahui

Tabel 2.51 Rancangan Balok SPRMK

Notasi	Rumus/ penjelasan	Hasil
L ( bentang balok )		6000mm
Ukuran balok	b x h	400 x 500 mm
Panjang tumpuan	2 x h	1000 mm
Diameter tulangan longitudinal (db)		22 mm
Diameter tulangan pinggang (dbt)		14 mm
Diameter tulangan sengkang (ds)		13 mm
Selimut beton (Cc)		40 mm
Tinggi efektif balok (d')	$h-Cc-ds-db/2$	436 mm
$f'c$		30 Mpa
$f_y$ longitudinal ( $f_{yl}$ )		420 MPa
$f_y$ transfesal ( $f_{yt}$ )		280 Mpa
Kolom	b x h	800 x 800 mm
Panjang efektif balok ( $L_n$ )	L-b	5200 mm
$\lambda$		1

Berdasarkan analisa struktur dengan program ETABS didapatkan gaya dalam balok

Tabel 2.52 Gaya Dalam Balok

Gaya	Lokasi	
	Tumpuan	Lapangan
Mu (-)	-260 kNm	-87,1892 kNm
Mu (+)	151,9 kNm	132,151 kNm

### 2.13.1 Penulangan Lentur

#### A. Penulangan Tumpuan Positif

Direncanakan jumlah tulangan negatif tumpuan ( $n$ ) =5 tulangan, diameter tulangan ( $Db$ )=22mm, jarak bersih antar tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Jarak bersih antar tulangan} &= (b-2Cc-2ds-n \cdot db)/(n-1) \\ &= (400-2 \cdot 40-2 \cdot 13-5 \cdot 22)/(5-1) \\ &= 46 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak bersih tulangan harus lebih besar dari diameter tulangan atau lebih besar dari 25mm. sehingga

$$\begin{aligned} \text{Jarak bersih} &\geq db \text{ dan } 25 \text{ mm} \\ 46 \text{ mm} &\geq 22 \text{ dan } 25 \text{ (oke)} \end{aligned}$$

Cek luas penampang tulangan :

$$\begin{aligned} A_s \text{ min1} &= \frac{\sqrt{f'c} \cdot b \cdot d}{f_y \cdot 4} = \frac{\sqrt{30} \cdot 400 \cdot 436}{420 \cdot 4} \\ &= 568,588 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ min2} &= \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y \cdot 4} = \frac{1,4 \cdot 400 \cdot 436}{420 \cdot 4} \\ &= 581,333 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Yang terbesar adalah  $A_s \text{ min2} = 581,333 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2 = 5 \cdot \pi/4 \cdot 22^2 \\ &= 1900,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas penampang adalah  $A_s \text{ pasang} > A_s \text{ min}$ , dikarenakan  $1900,66 > 581,333$ , maka luas penampang dinyatakan aman.

Rasio tulangan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1900,66}{400 \cdot 436} \\ &= 1,09 \% \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max1}} = 0,025$$

cek syara,  $\rho \leq \rho_{\text{max}}$  sehingga didapatkan  $1,09 \% \leq 2,5 \%$ , maka rasio tulangan dinyatakan aman.

Kemudian mengecek keamanan kapasitas

jarak distribusi tegangan beton dari serat tekan terluar

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1900,66 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 78,262 \text{ mm}^2$$

faktor material beton berdasarkan SNI 2847:2019, dikarenakan  $f_c$  yang digunakan adalah 30 MPa maka  $\beta_1$  didapatkan dengan rumus

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$$

maka didapatkan  $\beta_1 = 0,8357$

Jarak garis netral dari serat tekan terluar (c)

$$\begin{aligned} C &= a / \beta_1 \\ &= 78,262 / 0,8357 \\ &= 93,648 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kemudian cek regangan tekan terluar  $\epsilon'$

Cek kapasitas momen

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 1900,66 \cdot 420 \cdot \left(436 - \frac{78,262}{2}\right) \\ &= 316,812 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \cdot 316,812 = 285,131 \text{ kNm}$$

Syarat  $\Phi M_n > M_u$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \frac{M_u}{f_y(d-a/2)} = \frac{260,006}{420 \cdot (436-78,263/2)} \\ &= 1559,867 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

## B. Penulangan Tumpuan Negatif

Direncanakan jumlah tulangan negative tumpuan ( $n$ ) = 3 tulangan, diameter tulangan ( $D_b$ ) = 22 mm, jarak bersih antar tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Jarak bersih antar tulangan} &= (b - 2C_c - 2d_s - n \cdot d_b) / (n - 1) \\ &= (400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 3 \cdot 22) / (3 - 1) \\ &= 114 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak bersih tulangan harus lebih besar dari diameter tulangan atau lebih besar dari 25 mm. sehingga

$$\begin{aligned} \text{Jarak bersih} &\geq d_b \text{ dan } 25 \text{ mm} \\ 114 \text{ mm} &\geq 22 \text{ dan } 25 \text{ (oke)} \end{aligned}$$

Cek luas penampang tulangan :

$$\begin{aligned} A_s \text{ min1} &= \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d}{f_y \cdot 4} = \frac{\sqrt{30} \cdot 400 \cdot 436}{420 \cdot 4} \\ &= 568,588 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ min2} &= \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y \cdot 4} = \frac{1,4 \cdot 400 \cdot 436}{420 \cdot 4} \\ &= 581,333 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Yang terbesar adalah  $A_s \text{ min2} = 581,333 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2 = 3 \cdot \pi/4 \cdot 22^2 \\ &= 1140,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas penampang adalah  $A_s \text{ pasang} > A_s \text{ min}$ , dikarenakan  $1140,39 > 581,333$ , maka luas penampang dinyatakan aman.

Rasio tulangan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1140,39}{400 \cdot 436} \\ &= 0,65 \% \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,025$$

cek syara,  $\rho \leq \rho_{max}$  sehingga didapatkan  $0,65 \% \leq 2,5 \%$ , maka rasio tulangan dinyatakan aman.

Kemudian mengecek keamanan kapasitas

jarak distribusi tegangan beton dari serat tekan terluar

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1140,39 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 46,958 \text{ mm}^2$$

faktor material beton berdasarkan SNI 2847:2019, dikarenakan  $f_c$  yang digunakan adalah 30 MPa maka  $\beta_1$  didapatkan dengan rumus

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$$

maka didapatkan  $\beta_1 = 0,8357$

Jarak garis netral dari serat tekan terluar (c)

$$\begin{aligned} C &= a / \beta_1 \\ &= 46,958 / 0,8357 \\ &= 56,189 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek kapasitas momen

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 1900,66 \cdot 420 \cdot \left(436 - \frac{46,958}{2}\right) \\ &= 197,584 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \cdot 197,584 = 177,826 \text{ kNm}$$

Syarat  $\Phi M_n > M_u$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \frac{M_u}{f_y(d-a/2)} = \frac{151,9}{420 \cdot (436 - 78,263/2)} \\ &= 876,725 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### C. Penulangan Lapangan Negatif

Direncanakan jumlah tulangan negative tumpuan (n) =2 tulangan, diameter tulangan (Db)=22mm, jarak bersih antar tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Jarak bersih antar tulangan} &= (b - 2C_c - 2d_s - n \cdot d_b) / (n - 1) \\ &= (400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 22) / (2 - 1) \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak bersih tulangan harus lebih besar dari diameter tulangan atau lebih besar dari 25mm. sehingga

Jarak bersih  $\geq db$  dan 25 mm

250 mm  $\geq 22$  dan 25 (oke)

Cek luas penampang tulangan :

$$\begin{aligned} As_{min1} &= \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d}{f_y \cdot 4} = \frac{\sqrt{30} \cdot 400 \cdot 436}{420 \cdot 4} \\ &= 568,588 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As_{min2} &= \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y \cdot 4} = \frac{1,4 \cdot 400 \cdot 436}{420 \cdot 4} \\ &= 581,333 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Yang terbesar adalah  $As_{min2} = 581,333 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} As_{pasang} &= n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot db^2 = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 22^2 \\ &= 760,265 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas penampang adalah  $As_{pasang} > As_{min}$ , dikarenakan  $760,265 > 581,333$ , maka luas penampang dinyatakan aman.

Rasio tulangan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{As}{b \cdot d} = \frac{760,265}{400 \cdot 436} \\ &= 0,44 \% \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

cek syarat,  $\rho \leq \rho_{max}$  sehingga didapatkan  $0,44 \% \leq 2,5 \%$ , maka rasio tulangan dinyatakan aman.

Kemudian mengecek keamanan kapasitas

jarak distribusi tegangan beton dari serat tekan terluar

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{760,265 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 31,305 \text{ mm}^2$$

faktor material beton berdasarkan SNI 2847:2019, dikarenakan  $f'_c$  yang digunakan adalah 30 MPa maka  $\beta_1$  didapatkan dengan rumus

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f'_c - 28)}{7}$$

maka didapatkan  $\beta_1 = 0,8357$

Jarak garis netral dari serat tekan terluar (c)

$$\begin{aligned} C &= a / \beta_1 \\ &= 31,305 / 0,8357 \\ &= 37,459 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek kapasitas momen

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\&= 760 \cdot 420 \cdot \left(436 - \frac{31,305}{2}\right) \\&= 134,222 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \cdot 134,222 = 120,8 \text{ kNm}$$

Syarat  $\Phi M_n > M_u$

$$M_u = 87,189 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \frac{M_u}{f_y(d-a/2)} = \frac{87,189}{420 \cdot (436 - 78,263/2)} \\&= 493,861 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

#### D. Penulangan Lapangan Positif

Direncanakan jumlah tulangan negative tumpuan ( $n$ ) = 3 tulangan, diameter tulangan ( $db$ ) = 22 mm, jarak bersih antar tulangan :

$$\begin{aligned}\text{Jarak bersih antar tulangan} &= (b - 2c_c - 2d_s - n \cdot db) / (n - 1) \\&= (400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 3 \cdot 22) / (3 - 1) \\&= 114 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jarak bersih tulangan harus lebih besar dari diameter tulangan atau lebih besar dari 25 mm. sehingga

$$\text{Jarak bersih} \geq db \text{ dan } 25 \text{ mm}$$

$$114 \text{ mm} \geq 22 \text{ dan } 25 \text{ (oke)}$$

Cek luas penampang tulangan :

$$\begin{aligned}A_s \text{ min1} &= \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d}{f_y \cdot 4} = \frac{\sqrt{30} \cdot 400 \cdot 436}{420 \cdot 4} \\&= 568,588 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ min2} &= \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y \cdot 4} = \frac{1,4 \cdot 400 \cdot 436}{420 \cdot 4} \\&= 581,333 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Yang terbesar adalah  $A_s \text{ min2} = 581,333 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}A_s \text{ pasang} &= n \cdot \pi/4 \cdot db^2 = 3 \cdot \pi/4 \cdot 22^2 \\&= 1140,39 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat luas penampang adalah  $A_s \text{ pasang} > A_s \text{ min}$ , dikarenakan  $1140,39 > 581,333$ , maka luas penampang dinyatakan aman.



Rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1140,39}{400 \cdot 436} \\ = 0,65 \%$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

cek syarat,  $\rho \leq \rho_{max}$  sehingga didapatkan  $0,65 \% \leq 2,5 \%$ , maka rasio tulangan dinyatakan aman.

Kemudian mengecek keamanan kapasitas

jarak distribusi tegangan beton dari serat tekan terluar

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1140,39 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 46,958 \text{ mm}^2$$

faktor material beton berdasarkan SNI 2847:2019, dikarenakan  $f'_c$  yang digunakan adalah 30 MPa maka  $\beta_1$  didapatkan dengan rumus

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f'_c - 28)}{7}$$

maka didapatkan  $\beta_1 = 0,8357$

Jarak garis netral dari serat tekan terluar (c)

$$C = a / \beta_1 \\ = 46,958 / 0,8357 \\ = 56,189 \text{ mm}$$

Cek kapasitas momen

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ = 1900,66 \cdot 420 \cdot \left(436 - \frac{46,958}{2}\right) \\ = 197,584 \text{ kNm}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \cdot 197,584 = 177,826 \text{ kNm}$$

$$M_u = 151,9 \text{ kNm}$$

Syarat  $\Phi M_n > M_u$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{f_y(d-a/2)} \\ = \frac{151,9}{420 \cdot (436 - 78,263/2)} \\ = 876,725 \text{ mm}^2$$

### E. Tahanan Geser Beton

Dari pemodelan bangunan dari ETAB ditemukan gaya dalam :

$$V_u, \text{ Tumpuan} = 194,1071 \text{ kN}$$

$$V_u, \text{ Lapangan} = 143,4562 \text{ kN}$$

### F. Tumpuan

#### Gaya desain

$$V_g = 1,2D + L = 142,2565 \text{ kN}$$

$$A_s^{+ \text{ tumpuan}} = 1140,398 \text{ mm}^2$$

$$A_s^{- \text{ tumpuan}} = 1900,664 \text{ mm}^2$$

$$A_{pr}^{+} = 1,25 \cdot a^{+} = 1,25 \cdot 46,958 = 58,697 \text{ mm}$$

$$A_{pr}^{-} = 1,25 \cdot a^{-} = 1,25 \cdot 78,263 = 97,828 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^{+} &= A_s^{+} (1,25 \cdot f_y) \cdot (d - A_{pr}^{+} / 2) \\ &= 1140,398 \cdot (1,25 \cdot 420) \cdot (436 - 58,697 / 2) \\ &= 243465932 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^{-} &= A_s^{-} (1,25 \cdot f_y) \cdot (d - A_{pr}^{-} / 2) \\ &= 1900,664 \cdot (1,25 \cdot 420) \cdot (436 - 97,828 / 2) \\ &= 386252998 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{pr} &= (M_{pr}^{+} + M_{pr}^{-}) / L_n \\ &= (243465932 + 386252998) / 5200 \\ &= 121100 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e &= V_g + V_{pr} \\ &= 142,2565 \cdot 10^3 + 121100 \\ &= 263365 \text{ N} \end{aligned}$$

#### Tahanan geser beton

$$\begin{aligned} V_{pr} &= (M_{pr}^{+} + M_{pr}^{-}) / L_n \\ &= (243465932 + 386252998) / 5200 \\ &= 121100 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1/2 V_e &= (V_g + V_{pr}) / 2 \\ &= (142,2565 \cdot 10^3 + 121100) / 2 \\ &= 131683 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_u = 0$$

$$\frac{A_g F'_c}{20} = 300000 \text{ N}$$

Syarat  $V_c$

$$V_c = 0 \rightarrow \text{Jika } V_{pr} \geq \frac{1}{2} V_c \text{ (TIDAK)}$$

Maka perlu di hitung  $V_c$

$$\begin{aligned} V_c &= \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 436 \\ &= 162389 \text{ N} \end{aligned}$$

### Penulangan geser

Direncanakan jumlah kaki tulangan geser tumpuan ( $n$ ) adalah 2 buah, maka luas sengkang didapatkan dengan cara :

$$\begin{aligned} A_v &= n \cdot n/4 \cdot ds^2 \\ &= 2 \cdot 2/4 \cdot 13^2 \\ &= 265,465 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2849:2019, spasi Sengkang di daerah plastis tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

$$\text{Spasi } max \ 1 = d'/4 = 436/2 = 109 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi } max \ 2 = 6d_b = 6 \cdot 22 = 132 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi } max \ 3 = 150 \text{ mm}$$

Nilai terkecil adalah 109mm. Maka spasi sengkang tidak boleh melebihi 109mm. digunakan jarak sengkang 100mm.

Kuat geser Sengkang dapat dicari dengan cara :

$$\begin{aligned} V_s &= A_v \cdot f_y \cdot d/s \\ &= 265,465 \cdot 420 \cdot 436/100 \\ &= 324,079 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas } V_s &= 0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= 0,66 \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 436 \\ &= 630451 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 324,079 + 324,079 \\ &= 486468 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = v_e = 263365 \text{ N}$$

$$\text{Cek Kapasitas} = \Phi V_n / V_u$$

$$= (0,9 \cdot 486468) / 263365$$

$$= 1,385 \geq 1 \text{ (OK)}$$

### G. Lapangan

Direncanakan jumlah kaki tulangan geser tumpuan (n) adalah 2 buah, maka luas sengkang didapatkan dengan cara :

$$A_v = n \cdot n/4 \cdot d_s^2$$

$$= 2 \cdot 2/4 \cdot 13^2$$

$$= 265,465 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2849:2019, spasi Sengkang di daerah plastis tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

$$\text{Spasi } max \ 1 = d'/2 = 436/2 = 218 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi} = 150 \text{ mm}$$

Nilai terkecil adalah 150mm. Maka spasi yang digunakan adalah 150mm..

Kuat geser Sengkang dapat dicari dengan cara :

$$V_s = A_v \cdot f_y \cdot d/s$$

$$= 265,465 \cdot 420 \cdot 436/150$$

$$= 216053 \text{ N}$$

$$\text{Batas } V_s = 0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,66 \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 436$$

$$= 630451 \text{ N}$$

Maka digunakan  $V_s = 216053 \text{ N}$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 162389 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 162389 + 216053$$

$$= 378442 \text{ N}$$

$$V_u = 143456,2 \text{ N}$$

$$\text{Cek Kapasitas} = \Phi V_n / V_u$$

$$= (0,75 \cdot 378442) / 143456,2$$

$$= 1,385 \geq 1 \text{ (OK)}$$

## H. Design Torsi

$$A_{cp} = b \cdot h = 400 \cdot 500 = 200000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \cdot (b+h) = 2 \cdot (400+500) = 1800 \text{ mm}$$

Panjang balok efektif arah X dan Y

$$X_o = b - 2C_c - d_s = 400 - 2 \cdot 30 - 13 = 307 \text{ mm}$$

$$Y_o = h - 2C_c - d_s = 500 - 2 \cdot 30 - 13 = 407 \text{ mm}$$

Luas efektif balok

$$A_{oh} = X_o \cdot Y_o = 307 \cdot 407 = 124949 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 124949 = 106207 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2 \cdot (X_o + Y_o) = 2 \cdot (307 + 407) = 1428 \text{ mm}$$

$$T_u = 56,5547 \text{ kN}$$

$$T_{cr} = 0,33 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_{cp}^2 / P_{cp} = 0,33 \cdot \sqrt{30} \cdot 200000^2 / 1800 = 40166321 \text{ N}$$

$$\Phi T_{cr} / 4 = 7531185 \text{ N} = 7,53 \text{ kN}$$

$T_u > \Phi T_{cr} / 4$  dibutuhkan tulangan torsi

Penulangan Torsi

$$n \text{ tumpuan} = 2$$

$$n \text{ lapangan} = 2$$

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

$$s \text{ lapangan} = 150 \text{ mm}$$

$$A_{vt}/s \text{ tumpuan} = n \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot d_s^2 / s = 2 \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot 13^2 / 100 = 2,655 \text{ mm}^2/\text{m (Pasang)}$$

$$A_{vt}/s \text{ lapangan} = n \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot d_s^2 / s = 2 \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot 13^2 / 150 = 1,77 \text{ mm}^2/\text{m (Pasang)}$$

$$A_t/s = T_u / (2 \cdot \Phi f_y) = 56,5547 / (2 \cdot 0,75 \cdot 106207 \cdot 420) = 0,45$$

$$A_v/S \text{ tumpuan} = 1,546 \text{ mm}^2/\text{m (perlu)}$$

$$A_v/s \text{ lapangan} = 0,239 \text{ mm}^2/\text{m (perlu)}$$

$$A_{vt}/s \text{ tumpuan} = 2 \cdot A_t/s + A_v/s = 2 \cdot 0,45 + 1,546$$

$$= 2,447 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (Perlu)}$$

$$\text{Avtt/s lapangan} = 2 \cdot \text{At/s} + \text{Av/s} = 2 \cdot 0,45 + 0,239$$

$$= 1,137 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (Perlu)}$$

$$\text{Autt/s min1} = 0,062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b/f_y = 0,062 \cdot \sqrt{30} \cdot 400/420$$

$$= 0,323 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (min)}$$

$$\text{Autt/s min2} = 0,35 \cdot b/f_y = 0,35 \cdot 400/420$$

$$= 0,333 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (min)}$$

Aut/spasang > Aut/sperlu, Aut/smin (OK)

Untuk penulangan pada balok lainnya didapatkan sebagai berikut :

Tabel 2.53 Rancangan Balok Induk 2

BI 2 (400x500)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Kapasitas Torsi	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	6 D22
Longitudinal Tumpuan Tengah	2 D10
Longitudinal Tumpuan Bawah	4 D22
Longitudinal Lapangan Atas	2 D22
Longitudinal Lapangan Tengah	2 D10
Longitudinal Lapangan Bawah	3 D22
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	3D13-100
Sengkang Lapangan	2D13-150

Tabel 2.54 Rancangan Balok Induk 3

BI 3 (350x450)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Kapasitas Torsi	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	6 D22
Longitudinal Tumpuan Tengah	2 D10
Longitudinal Tumpuan Bawah	3 D22
Longitudinal Lapangan Atas	2 D22
Longitudinal Lapangan Tengah	2 D10
Longitudinal Lapangan Bawah	3 D22
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	2D13-100
Sengkang Lapangan	2D13-150

Tabel 2.55 Rancangan Balok Induk 4

BI 4 (300x400)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Kapasitas Torsi	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	3 D22
Longitudinal Tumpuan Tengah	4 D10
Longitudinal Tumpuan Bawah	3 D22
Longitudinal Lapangan Atas	2 D22
Longitudinal Lapangan Tengah	2 D10
Longitudinal Lapangan Bawah	2 D22
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	2D13-100
Sengkang Lapangan	2D13-150

Tabel 2.56 Rancangan Balok Induk 5

BI 5 (350x450)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Kapasitas Torsi	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	6 D19
Longitudinal Tumpuan Tengah	2 D10
Longitudinal Tumpuan Bawah	3 D19
Longitudinal Lapangan Atas	4 D19
Longitudinal Lapangan Tengah	2 D10
Longitudinal Lapangan Bawah	3 D19
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	2D13-50
Sengkang Lapangan	2D13-150

Tabel 2.57 Rancangan Balok Induk 6

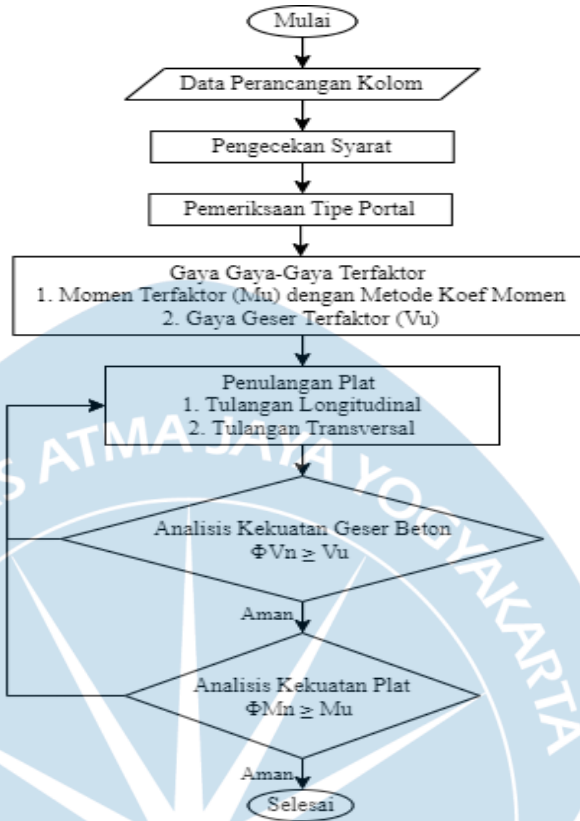
BI 6 (350x450)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Kapasitas Torsi	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	6 D19
Longitudinal Tumpuan Tengah	2 D10
Longitudinal Tumpuan Bawah	3 D19
Longitudinal Lapangan Atas	4 D19
Longitudinal Lapangan Tengah	2 D10
Longitudinal Lapangan Bawah	3 D19
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	2D13-50
Sengkang Lapangan	3D13-150



Tabel 2.58 Rancangan Balok Induk 7

BI 7 (350x450)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Kapasitas Torsi	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	6 D19
Longitudinal Tumpuan Tengah	2 D10
Longitudinal Tumpuan Bawah	3 D19
Longitudinal Lapangan Atas	2 D19
Longitudinal Lapangan Tengah	2 D10
Longitudinal Lapangan Bawah	2 D19
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	2D13-50
Sengkang Lapangan	2D13-150

## 2.14 Perencanaan Kolom SRPMK



Gambar 2.50 Flowcart Kolom

Flowcart pada bab ini dimulai dari menentukan perancangan kolom lalu dilakukan pengecekan syarat dna pemeriksaan tipe portal, setelah itu di cek gaya gaya terfaktornya, setelah itu di lakukan penulangan kolom dan di cek analisis kekuatan geser dan kekuatan kolom jika tidak aman maka di lakukan penulangan ulang.

### 2.14.1 Tulangan Longitudinal

Pada bangunan *Coworking Space* ini digunakan 6 jenis kolom. Sebagai contoh digunakan kolom K1. Data yang diperlukan dalam perhitungan tulangan kolom

Tabel 2.59 Rancangan Kolom SPRMK

Notasi	Rumus/pejelasan	Hasil
Panajng / tinggi kolom (L)		4000 mm
Ukuran kolom	b x h	800x800mm
Diameter tul. Longitudinal (db)		22 mm
Diameter tul. Senggang (ds)		40 mm
f'c		30 Mpa
fy		420 Mpa
Tinggi Balok		500 mm
Ln	L-b	3500 mm
d'	b-Cc-ds-db/2	736 mm
Pu		3863,746 kN

### A. Syarat Gaya Dan Geometri

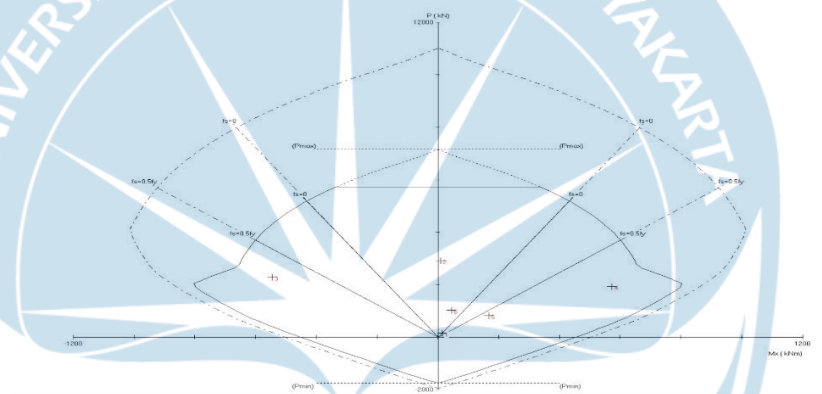
$$\begin{aligned}\text{Syarat gaya aksial} &= p_u > 0,1 \cdot A_g \cdot f_c \\ &= -3863,746 > 0,1 \cdot 800 \cdot 800 \cdot 30 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat sisi terpendek} &= b \geq 300 \text{ mm} \\ &= 800 \geq 300 \text{ mm} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat rasio dimensi} &= b/h \geq 0,4 \\ \text{penampang} &= 800/800 \geq 0,4 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

### B. Perhitungan Tulangan Lentur

Menggunakan program SP Column dengan memasukkan hasil analisis ETABS



Tabel 2.60 SP Column

Jumlah tulangan yang direncanakan adalah  $n=20$  buah, kemudian luas tulangan longitudinal dicari dengan persamaan

$$\begin{aligned}A_s &= n \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot d_b^2 = 20 \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot 22^2 \\ &= 7602,7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Rasio tulangan didapatkan dengan cara

$$\begin{aligned}\text{Ratio tulangan } \rho &= A_s / b \times h = 7602,7 / 800 \times 800 \\ &= 1,19 \%\end{aligned}$$

$$\text{Cek } \rho_{min} \text{ dan } \rho_{max} = 1\% \leq \rho_{max} \leq 6\% = 1\% \leq 1,19\% \leq 6\% \quad (\text{OK})$$

### C. Pengecekan *Strong Column-Weak Beam* (SCWB)

$$\text{Momen nominal kolom } m_{nc} = 1374,58 \text{ kNm}$$

$$M_n^- \text{ tumpuan balok} = 243,466 \text{ kNm}$$

$$M_n^+ \text{ tumpuan balok} = 386,253 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek SCWB} = 2 \cdot M_{nc} \geq 1,2 \cdot (M_n^- + M_n^+)$$

Karena momen nominal kolom mnc lebih besar maka pengecekan SCWB aman. Sehingga didapatkan tulangan longitudinal 20D22

### 2.14.2 Tulangan Transversal Kolom

Berdasarkan SNI 847:2019 Ps. 18.7.5.1, tulangan hoops dipasang pada jarak  $l_o$ , yang merupakan nilai maksimum dari ketentuan berikut:

1. Tinggi kolom pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi
2. Seperenam tinggi bersih kolom
3. 450 mm

$$I_{o1} = h = 800 \text{ mm}$$

$$I_{o2} = l_n/b = 3500/6 = 583,3 \text{ mm}$$

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

Didapatkan nilai terbesar  $l_o$  pakai adalah  $I_{o1} = 800 \text{ mm}$

#### A. Tulangan Transversal Tumpuan

$$\text{Jumlah kaki sisi pendek } n_1 = 40 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah kaki sisi pendek } n_2 = 4 \text{ buah}$$

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

$$\text{Spasi kaki terbesar } x_{imax} = 300 \text{ mm}$$

Direncanakan 4 D 13 untuk tulangan hoops :

$$\begin{aligned} \text{Ash}_1 &= n \cdot 0,25 \pi \cdot d_s^2 = 4 \cdot 0,25 \pi \cdot 13^2 \\ &= 530,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash}_2 &= n \cdot 0,25 \pi \cdot d_s^2 = 4 \cdot 0,25 \pi \cdot 13^2 \\ &= 530,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash/s}_1 &= 530,929/100 \\ &= 5,309 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash/s} &= 530,929/100 \\ &= 5,309 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Maka yang dipakai adalah yang terbear yaitu  $\text{Ash/s}$  pakai =  $5,309 \text{ mm}^2/\text{mm}$ . Panjang efektif  $h$  dan  $b$  kolom didapatkan dengan cara

$$\begin{aligned} bc' &= b - 2Cc = 800 - 2 \cdot 40 \\ &= 720 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$hc' = h - 2Cc = 800 - 2 \cdot 40$$

$$= 720 \text{ mm}$$

Untuk luas kolom dihasilkan :

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

Luas efektif kolom

$$\begin{aligned} A_{ch} &= b_c \cdot h_c &= 720 \times 720 \\ &= 518400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### B. Sumbu Lemah = Sumbu Kuat

Berdasarkan SNI 2847:2019, total luas penampang hoops tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar :

$$\begin{aligned} A_{sh}/S_{min,1} &= 0,3 \cdot (b_c \cdot f'_c/f_y) \cdot (A_g/A_{ch}-1) \\ &= 0,3 \cdot (720 \cdot 30/420) \cdot (640000/518400 - 1) \\ &= 3,619 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh}/S_{min,2} &= 0,09 \cdot (b_c \cdot f'_c/f_y) \\ &= 0,09 \cdot (720 \cdot 30/420) \\ &= 4,629 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Digunakan batas  $A_{sh}/S_{min,2} = 4,629 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Berdasarkan SNI 2847:2019 Ps. 18.7.5.3, spasi maksimum untuk hoops adalah yang terkecil di antara :

1. Seperempat dimensi terkecil penampang kolom =  $\frac{1}{4} (800) = 200 \text{ mm}$
2. Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil =  $6(22) = 132 \text{ mm}$
3.  $S_o$  yang dihitung dengan

$S_o = 100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right)$  dimana nilai  $S_o$  tidak melebihi 150mm dan tidak lebih kecil dari 100mm.

$$\begin{aligned} H_x &= (\text{dimensi kecil} - (2 \times C_c) - (2 \times \text{tulangan geser}) - \text{tulangan lentur})/3 \\ &= 800 - (2 \times 40) - (2 \times 40) - 22 / 3 = 206 \text{ mm} \end{aligned}$$

Didapatkan  $S_o = 148 \text{ mm}$  dimana  $100 \leq S_o = 148 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$

Sehingga didapatkan spasi yang terkecil yaitu 132mm, maka didapatkan jarak 100mm. sehingga didapatkan tulangan 4D13-100.

### C. Kuat Geser Zona Sendi Plastis

$$\text{MPR Kolom} = 2448,98 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} V_{u1} &= 2 \cdot \text{MprKolom} / L_n = 2 \cdot 2448,98 / 3500 \\ &= 1399419,78 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser hasil analisis struktur

$$V_{u2} \text{ sumbu lemah} = 179484 \text{ N}$$

$$V_{u2} \text{ sumbu kuat} = 271394 \text{ N}$$

Tahanan geser beton sumbu lemah

$$V_v = M_{dx} (V_{v1}, V_{v2}) = 1399419,78 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f_c')^{0.5} h d \\ &= 0.17 (1 + 0,0846 / (14 \cdot 64000)) (30)^{0.5} 800 \cdot 736 \\ &= 548254 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ Perlu} &= V_u / \phi - V_c = 1399419,78 / 0,75 - 548254 \\ &= 1317639 \text{ N} \end{aligned}$$

### D. Luas Penampang

Untuk mencari luas penampang maka di lakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_s / s \text{ Perlu} &= V_s / (f_y \cdot d) = 1317639 / (30 \cdot 736) \\ &= 4,2626 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s / s \text{ Min 1} &= 0.062 (f_c')^{0.5} h / f_y = 0.062 (30)^{0.5} 800 / 420 \\ &= 0,6468 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s / s \text{ Min 2} &= 0.35 h / f_y = 0.35 \cdot 800 / 420 \\ &= 0,6667 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

$$\text{Cek } A_s / s = A_s / s_1 \geq \text{Max} (A_s / s \text{ Perlu}, A_s / s \text{ Min}) \text{ (OK)}$$

### E. Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat

Untuk mencari tahanan geser beton sumbu kuat maka di lakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_s / s \text{ Perlu} &= V_s / (f_y \cdot d) = 1317639 / (30 \cdot 736) \\ &= 4,2626 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s / s \text{ Min 1} &= 0.062 (f_c')^{0.5} h / f_y = 0.062 (30)^{0.5} 800 / 420 \\ &= 0,6468 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As/s \text{ Min } 2 &= 0.35 h / f_y &&= 0.35 \cdot 800 / 420 \\ &= 0,6667 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

### F. Tulangan Transversal Lapangan

Direncanakan jumlah tulangan  $n_1 = 2$  buah dan  $n_2 = 2$ . Dengan jarak 100mm

Kuat geser dari tulangan transversal lapangan didapatkan

$$\begin{aligned} A_v \text{ sumbu kuat} &= n \cdot \pi/4 \cdot d_b &&= 2 \cdot \pi/4 \cdot 22^2 \\ &= 265,465 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v \text{ sumbu lemah} &= n \cdot \pi/4 \cdot d_b &&= 2 \cdot \pi/4 \cdot 22^2 \\ &= 265,465 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi :

$$\text{Spasi } max1 = 6d_b = 132 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi } max2 = 150 \text{ mm}$$

Digunakan spasi terkecil adalah 132mm. Sehingga digunakan spasi 100mm.

Tulangan trasversal lapangan menggunakan 2D13-100.

Untuk penulangan pada kolom lainnya didapatkan sebagai berikut :

Tabel 2.61 Rancangan Kolom 2

K2 (600x600)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal	20 D22
Tulangan Transversal/Sengkang Tumpuan	
Sumbu Lemah	4D13-50
Sumbu Kuat	4D13-50
Tulangan Transversal/Sengkang Lapangan	
Sumbu Lemah	2D13-100
Sumbu Kuat	2D13-100

Tabel 2.62 Rancangan Kolom 3

K3 (500x500)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal	20 D22
Tulangan Transversal/Senggang Tumpuan	
Sumbu Lemah	4D13-50
Sumbu Kuat	4D13-50
Tulangan Transversal/Senggang Lapangan	
Sumbu Lemah	2D13-100
Sumbu Kuat	2D13-100

Tabel 2.63 Rancangan Kolom 4

K4 (300x300)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal	20 D16
Tulangan Transversal/Senggang Tumpuan	
Sumbu Lemah	4D19-50
Sumbu Kuat	4D19-50
Tulangan Transversal/Senggang Lapangan	
Sumbu Lemah	2D19-50
Sumbu Kuat	2D19-50

Tabel 2.64 Rancangan Kolom 5

K5 (500x500)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal	16 D16
Tulangan Transversal/Senggang Tumpuan	
Sumbu Lemah	3D13-50
Sumbu Kuat	3D13-50
Tulangan Transversal/Senggang Lapangan	
Sumbu Lemah	2D13-100
Sumbu Kuat	2D13-100



Tabel 2.65 Rancangan Kolom 6

K6 (700x700)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal	20 D25
Tulangan Transversal/Senggang Tumpuan	
Sumbu Lemah	4D13-100
Sumbu Kuat	4D13-100
Tulangan Transversal/Senggang Lapangan	
Sumbu Lemah	2D13-100
Sumbu Kuat	2D13-100

### 2.15 Hubungan Antara Balok Kolom

Pertemuan kolom dan balok atau biasa disebut sebagai joint adalah daerah yang harus diperhatikan karena mempengaruhi kekangan joint tersebut.

Data yang diketahui untuk merencanakan hubungan balok kolom :

Tabel 2.66 Rancangan Hubungan Balok Kolom

Notasi	Rumus/penjelasan	Hasil
Ukuran balok		400x500 mm
Ukuran kolom		800x800 mm
Tulangan Kolom		20D22
Tulangan Balok		3D22
Ash/s1		5,309 mm <sup>2</sup> /mm
As	Bxh=800x800	560000 mm <sup>2</sup>
h		800mm
x	800 .400/2	200 mm

$$\begin{aligned} \text{Lebar efektif} &= b+h \leq b+2x = 400+800 \leq 400+2 \cdot 200 \\ &= 1200 \geq 800 \end{aligned}$$

Lebar balok 400 mm menutupi  $\frac{3}{4}$  lebar kolom

$$\frac{3}{4} \cdot 800 = 600 \text{ mm}$$

Jarak tulangan transversal diambil 100 mm

$$\begin{aligned} \text{Ash} &= 100 \cdot 5,309 \\ &= 530,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan 4 kaki D13(531 mm<sup>2</sup>) dengan jarak 100 mm

$$M_{pr} \cdot 5D22 = 386,254 \text{ kNm}$$

$$M_{pr} \cdot 3D22 = 243,466 \text{ kNm}$$

$$M_c = 0,5 (386,254 + 243,466) = 314,8595 \text{ kNm}$$

### 2.15.1 Gaya geser dan kolom sebelah atas

$$V_{\text{goyangan}} = \frac{386,254 + 243,466}{3,5} = 179,9197 \text{ kNm}$$

$$A_s \text{ 5D22} = 1901 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = 1,25 (1901)420 = 998,025 \text{ kN}$$

### 2.15.2 Gaya tekan beton dari sisi kiri joint

$$C_1 = T_1 = 998,025 \text{ kN}$$

$$A_s \text{ 3D22} = 1140 \text{ mm}^2$$

$$= 1,25 (1140)420 = 598,5 \text{ kN}$$

$$C_2 = T_2 = 598,5 \text{ kN}$$

$$V_s = T_1 + C_2 - V_{\text{goyangan}} = 998,025 + 598,5 - 179,9197 = 1416,605 \text{ kN}$$

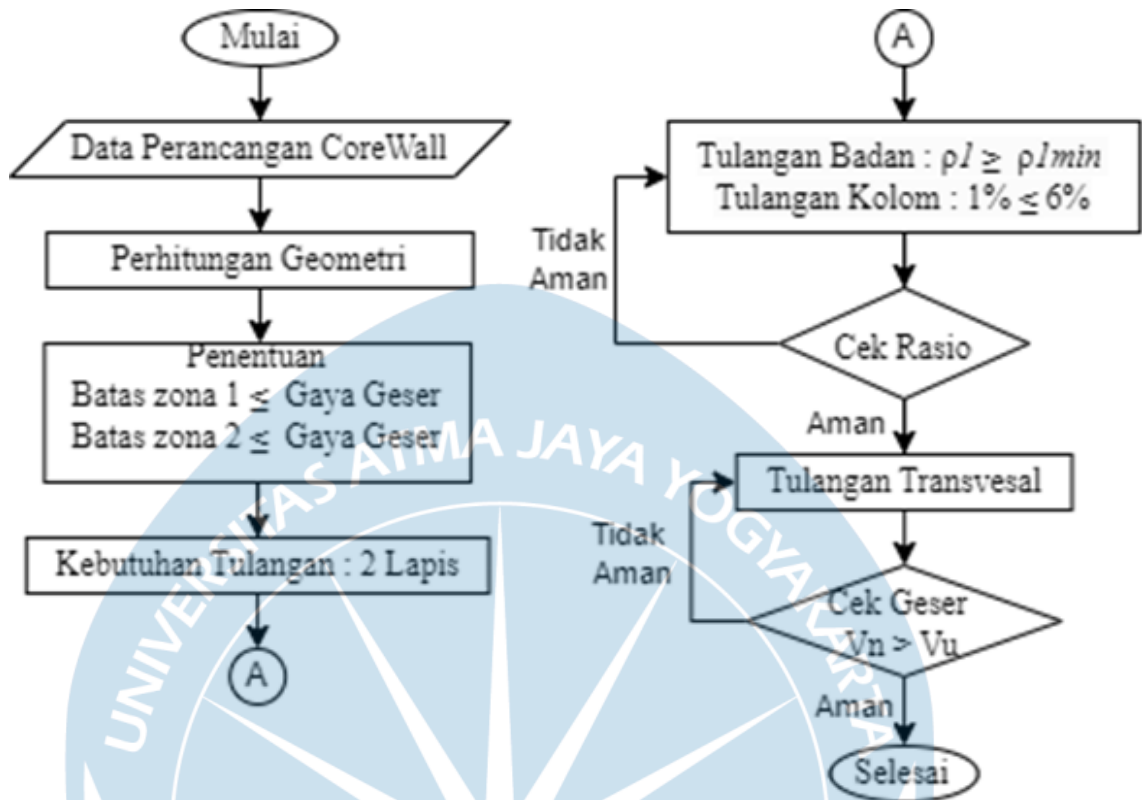
### 2.15.3 Kuat geser joint di kekang 4 sisi

$$V_n = 1,7 \sqrt{f'_c} \cdot A_s = 1,7 \sqrt{30} \cdot 560000 = 5214,319 \text{ kN}$$

$$\Phi V_n = 0,75 \cdot 5214,319$$

$$= 4432,171 \text{ kN} > V_s \text{ (OK)}$$

## 2.16 Core Wall



Gambar 2.51 Flowcart Corewall

Flowcart pada bab ini dimulai dari penentuan perancangan Corewall lalu penghitungan geometri detelah itu dilakukan penentuan batas zona, lalu kebutuhan tulangan dak di lakukan pengecekan, jika tidak aman maka di lakukan penulangan ulang.

Pemasangan *Core Wall* dilakukan pada dinding lift bangunan *Coworking Space*.

Tabel 2.67 Rancangan CoreWall

Notasi	Hasil
Tebal dinding geser (tw)	250 mm
Panjang As ke As (L)	5200 mm
Panjang Kolom (Hk)	800 mm
Lebar Kolom (bk)	800 mm
Tinggi dinding geser (hw)	2400 mm
Diameter tulangan longitudinal (dc)	16 mm
Diameter tulangan transversal (dt)	16 mm
Diameter tulangan kolom (db)	22 mm
f'c	30 Mpa
fy	420 Mpa

### 2.16.1 Perhitungan Geometri

$$\begin{aligned} \text{Panjang total (Lw)} &= L+hk &= 5200+800 \\ & &= 6000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bersih (Ln)} &= L-hk &= 5200-800 \\
 & &= 4400 \text{ mm} \\
 \text{Luas penampang melintang Acu} &= t_w \cdot L_w \\
 &= 250 \cdot 6000 \\
 &= 1500000 \text{ mm}^2 \\
 \text{Luas total dinding geser, Aw} &= t_w \cdot L_n + 2(bk \cdot hk) \\
 &= 250 \cdot 4400 + 2(800 \cdot 800) \\
 &= 2380000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### 2.16.2 Kebutuhan Tulangan Minimum

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya geser} &= V_v / \Phi &= 3527,72 / 0,75 \\
 &= 47036274 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batas zona 1} &= 0,083 \cdot A_{cu} \cdot \sqrt{f_c} \\
 &= 0,083 \cdot 150000 \cdot \sqrt{30} \\
 &= 1396693 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kesimpulan zona} = \text{Gaya Geser} \leq \text{zona 1}$$

$$\text{Gaya Geser} \leq \text{zona 2}$$

Zona 3 (OK)

$$\text{Rasio tulangan minimal} = 0,0025 \text{ (P.L) Longitudinal}$$

$$\text{Rasio tulangan minimal} = 0,0025 \text{ (P.L) Transversal}$$

Jumlah tulangan 2 lapis

#### A. Bagian Badan

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

$$s \leq s_{max} = s \leq 450 \text{ mm (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_1 &= n \cdot \text{lapis} \cdot (\pi \cdot 0,25 \cdot d_1^2) / (t_w \cdot s) &= 2 \cdot (\pi \cdot 0,25 \cdot 16^2) / (250 \cdot 400) \\
 &= 0,402 \%
 \end{aligned}$$

$$\text{Cek Ratio} = \rho_1 \geq \rho_{1min}$$

#### B. Bagian Kolom

$$n = 20$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= n \cdot (\pi \cdot 0,25 \cdot d_1^2) / (t_w \cdot s) &= 20 \cdot (\pi \cdot 0,25 \cdot 22^2) / (800 \cdot 800) \\
 &= 1,188 \%
 \end{aligned}$$

$$\text{Cek rasio tulangan} = 1\% \leq \rho \leq 6\%$$

Pengecekan kapasitas geser

$$h/Lw = 4 \leq (\geq 1,5 = 0,25); (\leq 2 = 0,17)$$

$$= 0,17$$

= oke

$$\alpha_c = 0,17$$

$$s \text{ transversal} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{ratio tulangan } P_{\text{transversal}} = n_{\text{lapis}} \cdot (\pi \cdot 0,25 \cdot d_t^2) / (t_w \cdot s)$$

$$= 20 \cdot (\pi \cdot 0,25 \cdot 16^2) / (250 \cdot 300)$$

$$= 0,536 \%$$

$$\text{Cek ratio tulangan miniman} = \rho_t \geq \rho_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

$$\text{Kuat dinding } V_n = A_{cv}(\alpha_c \cdot \sqrt{f'_c} + \rho_t \cdot f_y)$$

$$= 1500000 (0,17 \cdot \sqrt{30} + 0,536 \% \cdot 420)$$

$$= 4774533 \text{ N}$$

$$\text{Batas Kuat Geser, } V_{n\text{max}} = 0,66 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} = 0,66 \cdot 1500000 \cdot \sqrt{30}$$

$$= 5422453 \text{ N}$$

$$\text{Kuat Geser pakai, } V_n \text{ pakai} = \text{Min } V_n, V_{n\text{max}}$$

$$= 4774533 \text{ N}$$

$$V_{n\text{pakai}} \geq V_u / \Phi \text{ (OK)}$$

## 2.17 Hasil Perhitungan BAB II

Pada bab 1 ini, dilakukan perencanaan struktur atas dari bangunan. Perencanaan atap menggunakan profil C150 x 50 x 20 dengan tebal 3mm, *sag-rod* digunakan berdiameter 6mm, kuda-kuda menggunakan baja profil *Double Angel*. Berdasarkan hasil pemeriksaan, profil baja aman terhadap defleksi dan tegangan. Untuk sambungan yang digunakan adalah sambungan baut. Baut yang digunakan A325-M16 dengan jumlah baut sebanyak 3 baut. Hasil dari pemeriksaan, *design* sambungan baut terhadap kuat geser, kuat *Fracture*, kondisi block share. Untuk perencanaan tangga menggunakan *optrade* 200mm dan *antrade* 300mm, tebal plat yang digunakan adalah 140mm dan selimut beton 20mm. Tulangan Tarik lapangan dan tumpuan yang digunakan untuk tangga adalah D13-200 dan tulangan bagi P13-200. Bordes tangga menggunakan ukuran 3200 x 1500 mm. Tulangan penulangan lentur tumpuan negative dan positif menggunakan tulangan 6D-10. Penulangan lentur lapangan positif menggunakan tulangan 3D-10 dan penulangan lentur

lapangan negative menggunakan tulangan 4D-10. Tulangan geser yang digunakan untuk border adalah 2P8-75.

Rencana plat lantai menggunakan plat satu arah dan dua arah.

Tabel 2.68 Plat

Plat 1 Arah		Plat A	Plat B	Plat C			
Tulangan Utama		P10-300	P10-300	P10-300			
Tulangan Susut		D10-400	D10-400	D10-400			
Plat 2 Arah	Plat D	Plat E	Plat F	Plat G	Plat H	Plat I	Plat J
Moment Lapangan Arah X	D10-350	D8-450	D8-450	D10-450	D8-450	D8-450	D10-450
Moment Lapangan Arah Y	D8-250	D8-450	D8-450	D10-450	D8-450	D8-450	D10-450
Moment Tumpuan Arah X	D13-250	D12-200	D12-250	D12-250	D12-200	D12-250	D12-250
Moment Tumpuan Arah Y	D13-250	D12-200	D12-200	D12-200	D12-200	D12-250	D12-250
	Plat K	Plat L	Plat M	Plat N	Plat O	Plat P	Plat Q
Moment Lapangan Arah X	D8-450	D8-450	D8-450	D8-450	D8-450	D8-450	D8-450
Moment Lapangan Arah Y	D8-450	D8-450	D8-450	D8-450	D8-450	D8-450	D8-450
Moment Tumpuan Arah X	D10-350	D10-250	D10-300	D10-300	D10-250	D10-300	D10-300
Moment Tumpuan Arah Y	D10-300	D10-250	D10-250	D10-250	D10-200	D10-250	D10-250

. Penulangan plat meliputi penulangan lapangan dan tumpuan . Direncanakan menggunakan 7 jenis balok yaitu :

Tabel 2.69 Balok

Balok Induk	BI 1 400x500	BI 2 400x500	BI 3 350x450	BI 4 300x400
Longitudinal				
Tumpuan Atas	5 D22	6 D22	6 D22	3 D22
Tumpuan Tengah	2 D10	2 D10	2 D10	4 D10
Tumpuan Bawah	3 D22	4 D22	3 D22	3 D22
Lapangan Atas	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Lapangan Tengah	2 D10	2 D10	2 D10	2 D10
Lapangan Bawah	3 D22	3 D22	3 D22	2 D22
Tranversal				
Sengkang Tumpuan	2D13-100	3D13-100	2D13-100	2D13-100
Sengkang Lapangan	2D13-150	2D13-150	2D13-150	2D13-150
Balok Induk	BI 5 350x450	BI 6 350x450	BI 7 350x450	BA 250x450
Longitudinal				
Tumpuan Atas	6 D19	6 D19	6 D19	2D19
Tumpuan Tengah	2 D10	2 D10	2 D10	
Tumpuan Bawah	3 D19	3 D19	3 D19	2D19
Lapangan Atas	4 D19	4 D19	2 D19	2D19
Lapangan Tengah	2 D10	2 D10	2 D10	
Lapangan Bawah	3 D19	3 D19	2 D19	2D19
Transversal				
Sengkang Tumpuan	2D13-50	2D13-50	2D13-50	P10-600
Sengkang Lapangan	2D13-150	3D13-150	2D13-150	P10-300

Untuk balok anak menggunakan. Kolom yang digunakan terdapat 7 jenis kolom yaitu

Tabel 2.70 Kolom

Kolom	K1 (800x800)	K2 (600x600)	K3 (500x500)
Longitudinal	20 D22	20 D22	20 D22
Transversal			
Tumpuan Sumbu Lemah	4D13-100	4D13-50	4D13-50
Tumpuan Sumbu Kuat	4D13-100	4D13-50	4D13-50
Lapangan Sumbu Lemah	2D13-100	2D13-100	2D13-100
Lapangan Sumbu Kuat	2D13-100	2D13-100	2D13-100
Kolom	K4 (300x300)	K5 (500x500)	K6 (700x700)
Longitudinal	20 D16	16 D16	20 D25
Trasnversal			
Tumpuan Sumbu Lemah	4D19-50	3D13-50	4D13-100
Tumpuan Sumbu Kuat	4D19-50	3D13-50	4D13-100
Lapangan Sumbu Lemah	2D19-50	2D13-100	2D13-100
Lapangan Sumbu Kuat	2D19-50	2D13-100	2D13-100

Pada dinding lift menggunakan *corewall* dengan ukuran tulangan longitudinal dan transversal menggunakan tulangan D16-400.