

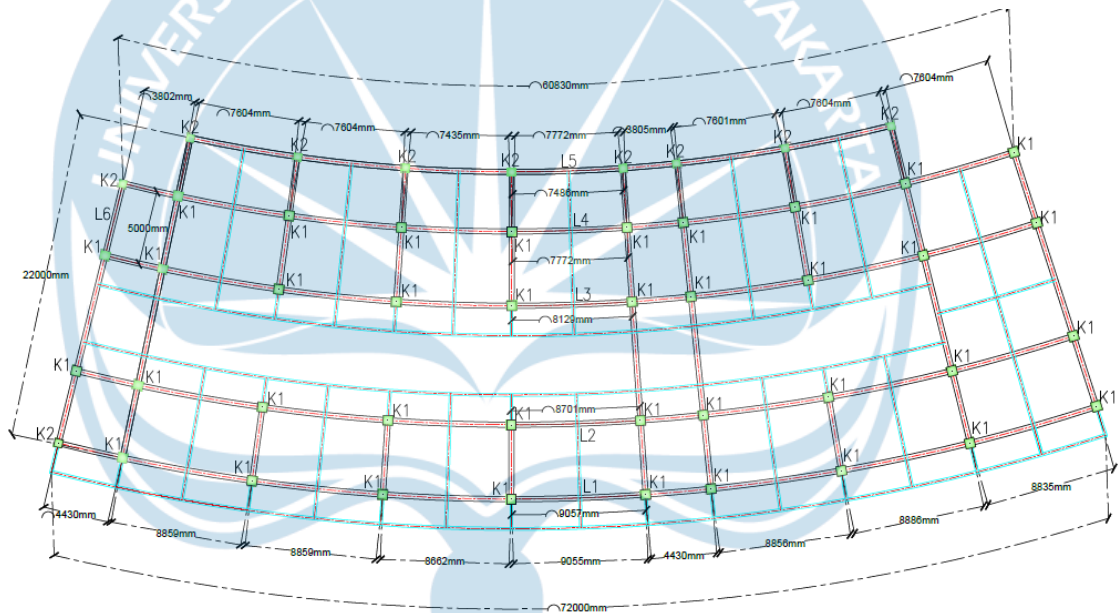
## BAB 2 PERANCANGAN STRUKTUR ATAS

### 2.1 Preliminary Design

*Preliminary Design* merupakan tahap awal dalam perencanaan yang bertujuan untuk melakukan gambaran rencana pada dimensi struktur seperti kolom, balok, dan pelat.

#### 2.1.1 Preliminary Design Kolom

Denah *Layout* bangunan Panti Rehabilitasi Narkoba di Kabupaten Bantul dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Denah Layout Bangunan Panti Rehabilitasi Narkoba

Oleh karena *layout* lantai 1, 2, 3 sama, maka perhitungan *preliminary design* kolom dihitung sekali saja. Perhitungan *Preliminary Design* berdasarkan SNI-2847-2019

- L1 = 9057 mm dengan  $L1/14 = 646,93$  mm
- L2 = 8701 mm dengan  $L2/14 = 621,50$  mm
- L3 = 8129 mm dengan  $L3/14 = 580,64$  mm
- L4 = 7772 mm dengan  $L4/14 = 555,14$  mm
- L5 = 7486 mm dengan  $L5/14 = 534,71$  mm
- L6 = 5000 mm dengan  $L6/14 = 357,14$  mm

Digunakan desain

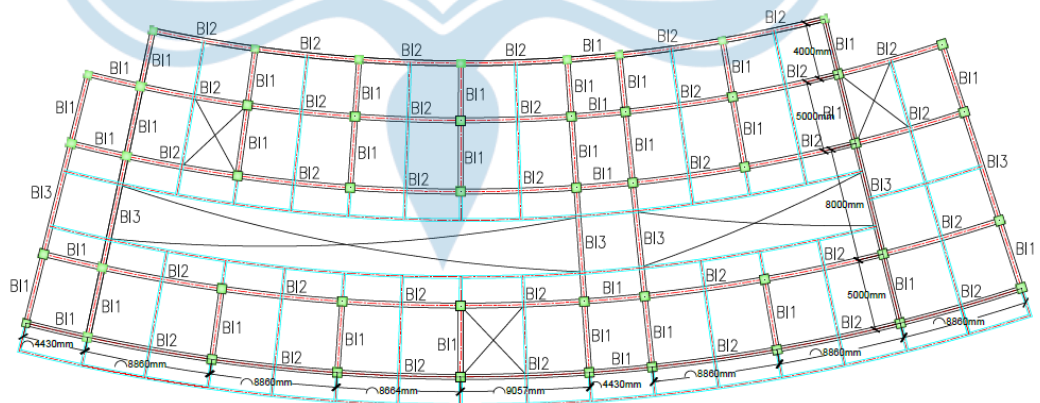
- L1 = 650 untuk K1
- L2 = 650 untuk K1
- L3 = 650 untuk K1
- L4 = 650 untuk K1
- L5 = 550 untuk K2
- L6 = 550 untuk K2

Cek dimensi

- B1 = H1 = 650, dengan  $B1/H1 = 1 > 0,4$  (Aman)
- B2 = H2 = 550, dengan  $B2/H2 = 1 > 0,4$  (Aman)
- B1 = H1 = 650 > 300 (Aman)
- B2 = H2 = 550 > 300 (Aman)

### 2.1.2 Preliminary Design Balok Induk

Detail *Layout* balok induk bangunan lantai 2 dan lantai 3 Bangunan Panti Rehabilitasi Narkoba di Kabupaten Bantul dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Detail *Layout* Balok Induk Bangunan Lantai 2 dan 3

Oleh karena layout lantai 2&3 sama, maka perhitungan preliminary desain balok induk dihitung sekali saja. Perhitungan *Preliminary Design* balok berdasarkan SNI-2847-2019 dapat dilihat pada Gambar 2.3.

- 1) Untuk balok satu, balok dengan satu ujung menerus :  $h_{\min} = L/18,5 = 7/18,5 = 0,38 \text{ m}$
- 2) Untuk balok dua, balok dengan dua ujung menerus :  $h_{\min} = L/21 = 6/21 = 0,29 \text{ m}$
- 3) Untuk balok tiga, balok dengan dua ujung menerus :  $h_{\min} = L/21 = 6/21 = 0,29 \text{ m}$
- 4) Untuk balok empat, balok dengan dua ujung menerus :  $h_{\min} = L/21 = 6,8/21 = 0,32 \text{ m}$
- 5) Untuk balok lima, balok dengan satu ujung menerus :  $h_{\min} = L/18,5 = 7/18,5 = 0,38 \text{ m}$

Dari nilai besar tinggi minimum semua balok di atas, diambil nilai yang paling besar

$h_{\min} = 0,38 \text{ m}$ , sehingga didapat nilai  $h$  yang dipakai setebal  $0,40 \text{ m}$  atau  $40 \text{ cm}$ .

Gambar 2.3 Perhitungan *Preliminary Design* Balok (Sumber: SNI 2847-2019)

Balok induk horizontal

- $L1 = 4430 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L1/18,5 = 239,46 \text{ mm}$
- $L2 = 8860 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L2/21 = 421,90 \text{ mm}$
- $L3 = 8860 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L3/21 = 421,90 \text{ mm}$
- $L4 = 8664 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L4/21 = 412,57 \text{ mm}$
- $L5 = 9057 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L5/21 = 431,29 \text{ mm}$
- $L6 = 4430 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L6/21 = 210,95 \text{ mm}$
- $L7 = 8860 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L7/21 = 421,90 \text{ mm}$
- $L8 = 8860 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L8/21 = 421,90 \text{ mm}$
- $L9 = 8860 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L9/18,5 = 478,92 \text{ mm}$
- $h_{\min \text{ use}} = 478,92 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$
- $bw_{\text{ use}} = 2/3 h = 333,33 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$
- $bw = 350 > 0,3 h_{\min}$  (Aman)
- $bw = 350 > 250$  (Aman)

Panjang bentang bersih

- $d = h_{\min} - s - \text{seengkang} - 0,5 \times \text{tulangan longitudinal} = 439 \text{ mm}$
- $Ln1 = 3830 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln2 = 8216 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln3 = 8216 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln4 = 8014 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln5 = 8407 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln6 = 3780 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln7 = 8210 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)

- $L_{n8} = 8210 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $L_{n9} = 8210 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)

Balok induk vertikal

- $L1 = 4000 \text{ mm}$ , dengan  $h \text{ min} = L1/18,5 = 216,22 \text{ mm}$
- $L2 = 5000 \text{ mm}$ , dengan  $h \text{ min} = L2/21 = 238,10 \text{ mm}$
- $L3 = 8000 \text{ mm}$ , dengan  $h \text{ min} = L3/21 = 380,95 \text{ mm}$
- $L4 = 5000 \text{ mm}$ , dengan  $h \text{ min} = L4/18,5 = 270,27 \text{ mm}$
- $h_{\text{min use}} = 380,95 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$
- $bw \text{ use} = 2/3 h = 266,67 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$
- $bw = 350 > 0,3 h \text{ min}$  (Aman)
- $bw = 350 > 250$  (Aman)

Panjang bentang bersih ( $bw \text{ K1} = 650$ ,  $bw \text{ K2} = 550$ )

Syarat Dimensi Penampang Balok SRPMK dapat dilihat pada Gambar 2.4

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,  $bw$ , tidak kurang dari 0,3 kali tinggi penampang namun tidak boleh diambil kurang dari 250 mm. ( $bw \geq 0,3h$  atau 250 mm)
3. Lebar penampang,  $bw$ , tidak boleh melebihi lebar kolom pendukung ditambah nilai terkecil dari: lebar kolom atau  $\frac{3}{4}$  kali dimensi kolom dalam arah sejajar komponen lentur

Gambar 2.4 Syarat Dimensi Penampang Balok SRPMK (Sumber: SNI 2847-2019)

- $L_{n1} = 3400 \text{ mm} > 4d$  (Aman)
- $L_{n2} = 4450 \text{ mm} > 4d$  (Aman)
- $L_{n3} = 7450 \text{ mm} > 4d$  (Aman)
- $L_{n4} = 4450 \text{ mm} > 4d$  (Aman)

Rekapitulasi:  $h_{\text{min}}$  &  $bw$  yang digunakan adalah  $h \text{ min}$  &  $bw$  terbesar antara balok.

Desain balok induk ( $h = l/12$ ,  $bw = 0,5h$ )

- $h1 = L1/12 = 369,17 \text{ mm}$  digunakan 500 mm
- $h2 = L2/12 = 738,33 \text{ mm}$  digunakan 800 mm
- $h3 = L3/12 = 738,33 \text{ mm}$  digunakan 800 mm
- $h4 = L4/12 = 722,00 \text{ mm}$  digunakan 800 mm

- $h_5 = L_5/12 = 754,75$  mm digunakan 800 mm
- $h_6 = L_6/12 = 369,17$  mm digunakan 500 mm
- $h_7 = L_7/12 = 738,33$  mm digunakan 800 mm
- $h_8 = L_8/12 = 738,33$  mm digunakan 800 mm
- $h_9 = L_9/12 = 738,33$  mm digunakan 800 mm
- $h_{10} = L_{10}/12 = 333,33$  mm digunakan 500 mm
- $h_{11} = L_{11}/12 = 416,67$  mm digunakan 500 mm
- $h_{12} = L_{12}/12 = 666,67$  mm digunakan 700 mm
- $h_{13} = L_{13}/12 = 416,67$  mm digunakan 500 mm

L1 sampai L9 merupakan bentang Balok induk horizontal

L10 sampai L13 merupakan bentang Balok induk vertikal

$h_1 = 500$  mm,  $h_2 = 800$  mm,  $h_3 = 700$  mm

Bw = lebar dimensi balok induk

- $bw_1 = 0,5 h_1 = 184,58$  mm digunakan 400 mm
- $bw_2 = 0,5 h_2 = 369,17$  mm digunakan 400 mm
- $bw_3 = 0,5 h_3 = 369,17$  mm digunakan 400 mm
- $bw_4 = 0,5 h_4 = 361,00$  mm digunakan 400 mm
- $bw_5 = 0,5 h_5 = 377,38$  mm digunakan 400 mm
- $bw_6 = 0,5 h_6 = 184,58$  mm digunakan 400 mm
- $bw_7 = 0,5 h_7 = 369,17$  mm digunakan 400 mm
- $bw_8 = 0,5 h_8 = 369,17$  mm digunakan 400 mm
- $bw_9 = 0,5 h_9 = 369,17$  mm digunakan 400 mm
- $bw_{10} = 0,5 h_{10} = 166,17$  mm digunakan 400 mm
- $bw_{11} = 0,5 h_{11} = 208,33$  mm digunakan 400 mm
- $bw_{12} = 0,5 h_{12} = 333,33$  mm digunakan 400 mm
- $bw_{13} = 0,5 h_{13} = 208,33$  mm digunakan 400 mm

L1 sampai L9 merupakan bentang Balok induk horizontal

L10 sampai L13 merupakan bentang Balok induk vertikal

$bw_1 = bw_2 = bw_3 = bw = 400$  mm



- $L9 = 4500 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L9/21 = 214,29 \text{ mm}$
- $L10 = 4500 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L10/21 = 214,29 \text{ mm}$
- $L11 = 4500 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L11/21 = 214,29 \text{ mm}$
- $L12 = 4500 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L12/21 = 214,29 \text{ mm}$
- $L13 = 4500 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L13/21 = 214,29 \text{ mm}$
- $L14 = 4500 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L14/21 = 214,29 \text{ mm}$
- $L15 = 4500 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L15/21 = 214,29 \text{ mm}$
- $L16 = 4500 \text{ mm}$ , dengan  $h_{\min} = L16/18,5 = 243,24 \text{ mm}$
- $h_{\min \text{ use}} = 243,24 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$
- $bw_{\text{ use}} = 2/3 h = 166,67 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$
- $bw = 250 > 0,3 h_{\min}$  (Aman)
- $bw = 250 \geq 250$  (Aman)

Panjang bentang bersih ( $bw_{\text{ induk}} = 400 \text{ mm}$ )

- $d = h_{\min} - s - \text{sengkang} - 0,5 \times \text{tulangan longitudinal} = 189 \text{ mm}$
- $Ln1 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln2 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln3 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln4 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln5 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln6 = 4000 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln7 = 4000 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln8 = 4300 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln9 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln10 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln11 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln12 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln13 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln14 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln15 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)
- $Ln16 = 4100 \text{ mm} > 4 d$  (Aman)

#### Balok anak vertikal

- $L1 = 5000 \text{ mm}$ , dengan  $h \text{ min} = L1/18,5 = 270,27 \text{ mm}$
- $L2 = 4000 \text{ mm}$ , dengan  $h \text{ min} = L2/21 = 190,48 \text{ mm}$
- $L3 = 4000 \text{ mm}$ , dengan  $h \text{ min} = L3/21 = 190,48 \text{ mm}$
- $L4 = 5000 \text{ mm}$ , dengan  $h \text{ min} = L4/21 = 238,10 \text{ mm}$
- $L5 = 2000 \text{ mm}$ , dengan  $h \text{ min} = L5/18,5 = 108,11 \text{ mm}$
- $h_{\text{min use}} = 270,27 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$
- $bw \text{ use} = 2/3 h = 200 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$
- $bw = 250 > 0,3 h \text{ min}$  (Aman)
- $bw = 250 \geq 250$  (Aman)

#### Panjang bentang bersih

- $Ln1 = 4600 \text{ mm} > 4d$  (Aman)
- $Ln2 = 3600 \text{ mm} > 4d$  (Aman)
- $Ln3 = 3600 \text{ mm} > 4d$  (Aman)
- $Ln4 = 4600 \text{ mm} > 4d$  (Aman)
- $Ln5 = 1600 \text{ mm} > 4d$  (Aman)

Rekapitulasi:  $h_{\text{min}}$  &  $bw$  yang digunakan adalah  $h \text{ min}$  &  $bw$  terbesar antara balok anak.

#### Desain balok anak ( $h = 1/15$ , $bw = 0,5 h$ )

- $h1 = L1/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h2 = L2/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h3 = L3/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h4 = L4/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h5 = L5/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h6 = L6/15 = 293,33 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h7 = L7/15 = 293,33 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h8 = L8/15 = 313,33 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h9 = L9/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h10 = L10/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h11 = L11/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h12 = L12/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h13 = L13/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h14 = L14/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm



- $h_{15} = L_{15}/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h_{16} = L_{16}/15 = 300 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h_{17} = L_{17}/15 = 333,33 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h_{18} = L_{18}/15 = 266,67 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h_{19} = L_{19}/15 = 266,67 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h_{20} = L_{20}/15 = 333,33 \text{ mm}$  digunakan 350 mm
- $h_{21} = L_{21}/15 = 133,33 \text{ mm}$  digunakan 350 mm

L1 sampai L16 merupakan balok anak horizontal

L17 sampai L21 merupakan balok anak vertikal

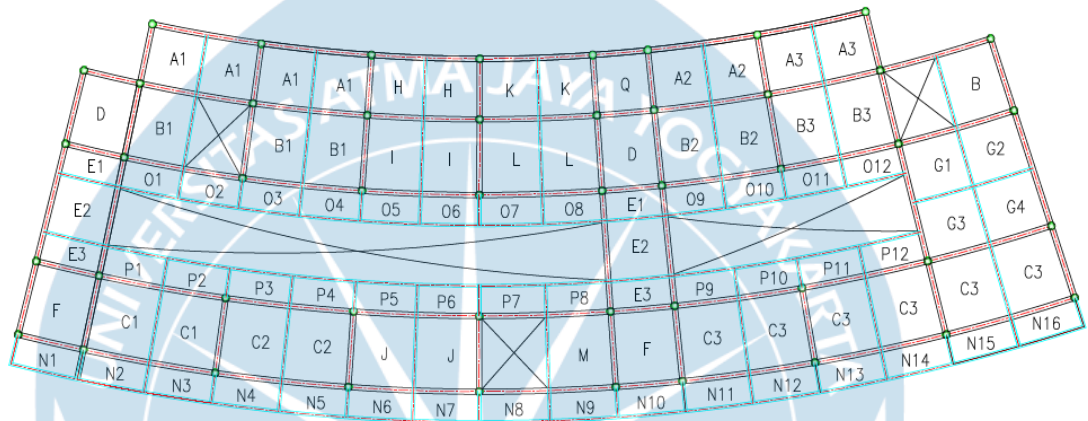
Bw = lebar dimensi balok, dan  $h = 350 \text{ mm}$

- $bw_1 = 0,5 h_1 = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_2 = 0,5 h_2 = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_3 = 0,5 h_3 = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_4 = 0,5 h_4 = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_5 = 0,5 h_5 = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_6 = 0,5 h_6 = 146,67 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_7 = 0,5 h_7 = 146,67 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_8 = 0,5 h_8 = 156,67 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_9 = 0,5 h_9 = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{10} = 0,5 h_{10} = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{11} = 0,5 h_{11} = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{12} = 0,5 h_{12} = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{13} = 0,5 h_{13} = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{14} = 0,5 h_{14} = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{15} = 0,5 h_{15} = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{16} = 0,5 h_{16} = 150 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{17} = 0,5 h_{17} = 166,67 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{18} = 0,5 h_{18} = 133,33 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{19} = 0,5 h_{19} = 133,33 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{20} = 0,5 h_{20} = 166,67 \text{ mm}$  digunakan 250 mm
- $bw_{21} = 0,5 h_{21} = 66,67 \text{ mm}$  digunakan 250 mm

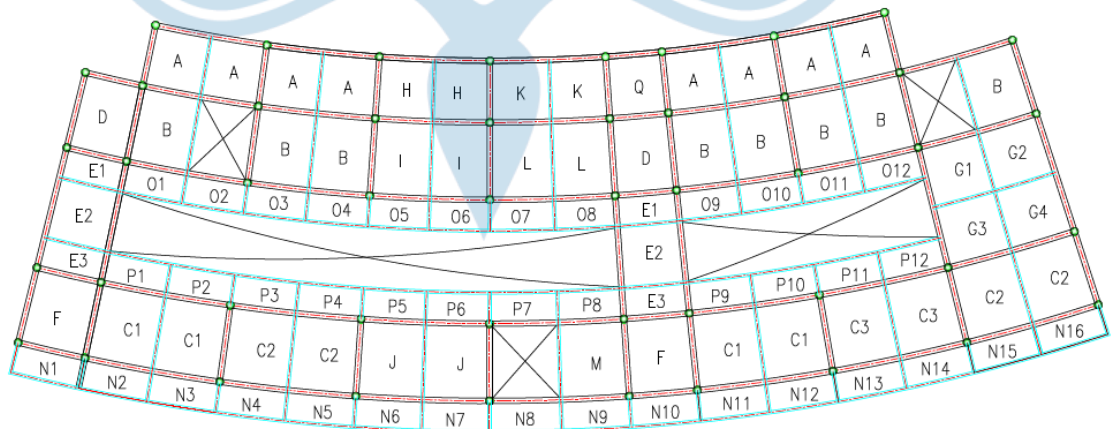
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dimensi desain balok anak yang digunakan adalah  $(250 \times 350) \text{ mm}^2$

### 2.1.4 Preliminary Design Pelat Lantai

Detail *Layout* pelat lantai bangunan lantai 2 dan lantai 3 Bangunan Panti Rehabilitasi Narkoba di Kabupaten Bantul dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.



Gambar 2.6 Detail *Layout* pelat lantai bangunan lantai 2.



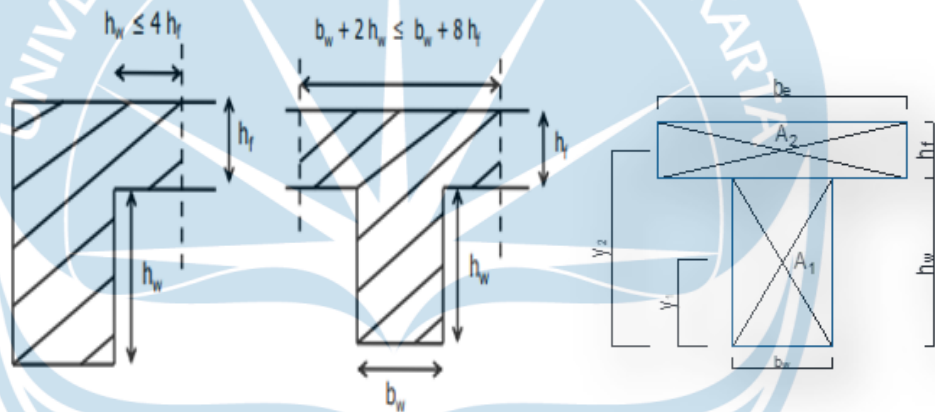
Gambar 2.7 Detail *Layout* pelat lantai bangunan lantai 3.

Dengan syarat  $bw + 2hw \leq bw + 8 hf$ ,  $hw \leq 4 hf$

Data Umum:

- $h_f = 130 \text{ mm}$
- $b_w = 400 \text{ mm}$  (lebar dimensi balok induk)
- $h_t = 500 \text{ mm}$  (tinggi dimensi balok induk)
- $h_w = 500 - 130 = 370 \text{ mm}$
- $b_w + 2 h_w = 1140 \text{ mm}$
- $b_w + 8 h_f = 1440 \text{ mm}$
- $b_w \text{ use} = 1140 \text{ mm}$
- $b_w \text{ anak} = 250 \text{ mm}$

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan balok induk tipe 1 (400x500) mm<sup>2</sup>,  
Perhitungan luasan dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Perhitungan Luasan Pada Pelat Lantai

- $y_1 = (500 - 130)/2 = 185 \text{ mm}$
- $y_2 = (130/2) + (500 - 130) = 435 \text{ mm}$
- $A_1 = 400 \times 370 = 148.000 \text{ mm}^2$
- $A_2 = 130 \times (400 + 2 \times 370) = 148.200 \text{ mm}^2$
- $Y = \frac{(250 \times 370) + (325 \times 400)}{250 + 325} = 310,084 \text{ mm}$
- $I_{\text{balok}} = 1/12 \cdot b_w \cdot h_w^3 + A_1 (Y - y_1)^2 + 1/12 \cdot b_e \cdot h_f^3 + A_2 (y_2 - Y)^2$   
 $= 6.525.271.273 \text{ mm}^4$

Desain pelat 1 arah (Menggunakan pelat tipe N)

- $L_x = 2.000 \text{ mm}$
- $L_y \text{ N6 (Terkecil)} = 4.360,8 \text{ mm}$
- $L_y/L_x = 2,18 \rightarrow L_y/L_x > 2 \rightarrow \text{Pelat 1 arah}$

Rekapitulasi *preliminary design* pelat lantai dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Rekapitulasi Preliminary Design Pelat Lantai

| Area | Lx (mm) | h min (mm) | h use (mm) |
|------|---------|------------|------------|
| N1   | 2000    | 83,33      | 130        |
| N2   | 2000    | 71,43      | 130        |
| Area | Lx (mm) | h min (mm) | h use (mm) |
| N3   | 2000    | 71,43      | 130        |
| N4   | 2000    | 71,43      | 130        |
| N5   | 2000    | 71,43      | 130        |
| N6   | 2000    | 71,43      | 130        |
| N7   | 2000    | 71,43      | 130        |
| N8   | 2000    | 71,43      | 130        |
| N9   | 2000    | 71,43      | 130        |
| N10  | 2000    | 71,43      | 130        |
| N11  | 2000    | 71,43      | 130        |
| N12  | 2000    | 71,43      | 130        |
| N13  | 2000    | 71,43      | 130        |
| N14  | 2000    | 71,43      | 130        |
| N15  | 2000    | 71,43      | 130        |
| N16  | 2000    | 83,33      | 130        |

Tabel 2.2 Ketebalan Minimum Pelat *Solid* Satu Arah Non-Prategang (Sumber: SNI 2847-2019)

| Kondisi tumpuan     | $h^{(1)}$ Minimum |
|---------------------|-------------------|
| Tumpuan sederhana   | $l/20$            |
| Satu ujung menerus  | $l/24$            |
| Kedua ujung menerus | $l/28$            |
| Kantilever          | $l/10$            |

Ketebalan minimum pelat solid satu arah dapat dilihat pada Tabel 2.2.

N1 dan N16 = Satu ujung menerus ( $L/24$ )

N2 sampai N15 = Kedua ujung menerus ( $L/28$ )

Desain pelat 2 arah (Menggunakan pelat tipe A)

- $L_y = 4.000 \text{ mm}$

- $L_x = 3.733,74 \text{ mm}$
- $L_y/L_x = 1,07$
- Berdasarkan SNI 2847:2019  $L_y/L_x < 2$  menggunakan Pelat 2 arah
- $L_{ny} = 4.000 - 400 = 3.600 \text{ mm}$
- $L_{nx} = 3.733,74 - 325 = 3.408,74 \text{ mm}$
- $L_n = L_y = 3.600 \text{ mm}$
- $I_{\text{Pelat } y} = 1/12 \times (L_x) \times (h_f^3) = 732.333.333,3 \text{ mm}^4$
- $I_{\text{Pelat } x} = 1/12 \times (L_y) \times (h_f^3) = 683.585.725,2 \text{ mm}^4$
- $L1 = I_{\text{balok}} / I_{\text{pelat } x} = 9,55$
- $L2 = I_{\text{balok}} / I_{\text{pelat } y} = 8,91$
- $\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = 9,23 > 2$
- $\beta = \frac{L_{ny}}{L_{nx}} = 1,056$
- $h_{\text{min}} = \frac{\ln(0,8 + \frac{F_y}{1,4})}{36 + 9\beta} = 87,023 \text{ mm}$
- $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$

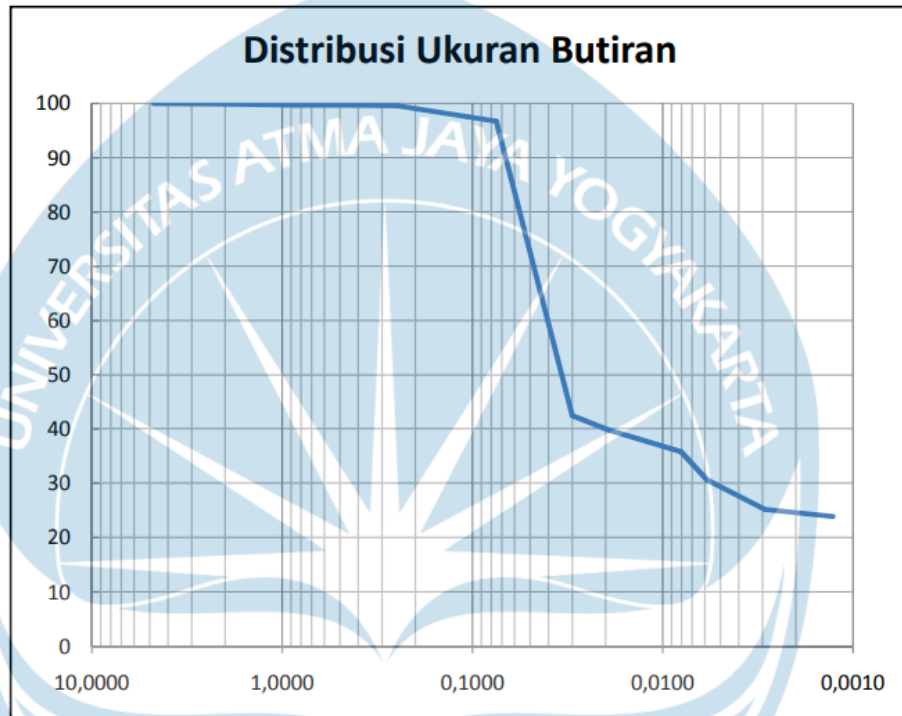
Rekapitulasi *Preliminary design* pelat lantai lainnya

- Tipe B,  $h_{\text{min}} = 106,223 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe C,  $h_{\text{min}} = 109,215 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe D,  $h_{\text{min}} = 105,735 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe E,  $h_{\text{min}} = 91,833 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe F,  $h_{\text{min}} = 108,747 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe G,  $h_{\text{min}} = 92,062 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe H,  $h_{\text{min}} = 86,565 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe I,  $h_{\text{min}} = 105,629 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe J,  $h_{\text{min}} = 108,677 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe K,  $h_{\text{min}} = 87,447 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe L,  $h_{\text{min}} = 106,883 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe M,  $h_{\text{min}} = 109,832 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe O,  $h_{\text{min}} = 83,333 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe P,  $h_{\text{min}} = 83,333 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$
- Tipe Q,  $h_{\text{min}} = 89,844 \text{ mm}$  digunakan  $h_{\text{use}} = 130 \text{ mm}$

## 2.2 Interpretasi Data Tanah dan Penentuan Kelas Situs

Langkah awal dalam perancangan struktur memerlukan klasifikasi situs yang bertujuan untuk mengetahui amplifikasi percepatan gempa pada suatu daerah. Klasifikasi kelas situs juga dipengaruhi oleh jenis tanah di lokasi.

Data tanah pada lokasi Bangunan Panti Rehabilitasi Narkoba di Kabupaten Bantul: BH1 kedalaman 3 m dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Distribusi Ukuran Butiran pada Kedalaman 3 meter.

Persentase tanah lolos saringan pada kedalaman 3 meter dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persentase Tanah Lolos Saringan Pada Kedalaman 3 meter.

| No. <i>Sieve</i> | Ukuran Butiran | Berat Tertahan | Berat Lolos | Persen (%) |
|------------------|----------------|----------------|-------------|------------|
| 4                | 4,75           | 0              | 100         | 100        |
| 10               | 2              | 0,1            | 99,9        | 99,85      |
| 20               | 0,85           | 0,1            | 99,72       | 99,72      |
| 40               | 0,425          | 0,1            | 99,67       | 99,67      |
| 60               | 0,25           | 0,1            | 99,61       | 99,61      |
| 140              | 0,106          | 2,1            | 97,53       | 97,53      |
| 200              | 0,075          | 0,8            | 96,75       | 96,75      |
| Pan              |                | 96,75          |             |            |

Berdasarkan Gambar Distribusi BH 1 pada kedalaman 3m didapatkan:

D10 = 0,001

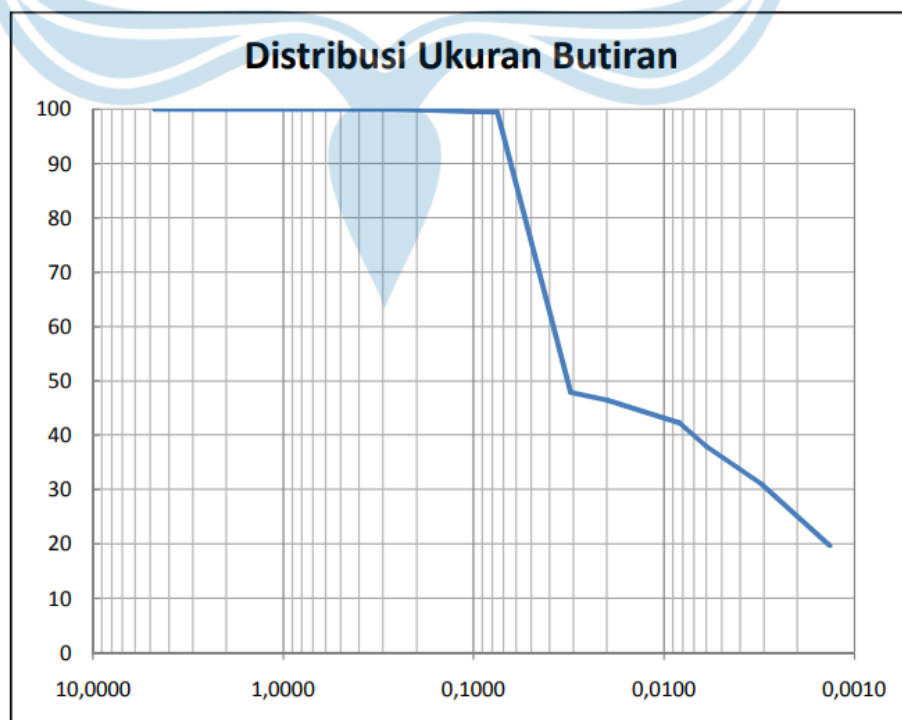
D30 = 0,0058

D60 = 0,042

Cu = 42

Cc = 0,801

BH1 kedalaman 5 m dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Distribusi Ukuran Butiran pada Kedalaman 5 meter.

Persentase tanah lolos saringan pada kedalaman 5 meter dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Persentase Tanah Lolos Saringan Pada Kedalaman 5 meter.

| No. <i>Sieve</i> | Ukuran Butiran | Berat Tertahan | Berat Lolos | Prosen |
|------------------|----------------|----------------|-------------|--------|
| 4                | 4,75           | 0              | 100         | 100    |
| 10               | 2              | 0              | 100         | 99,98  |
| 20               | 0,85           | 0              | 100         | 99,97  |
| 40               | 0,425          | 0              | 100         | 99,97  |
| 60               | 0,25           | 0              | 100         | 99,97  |
| 140              | 0,106          | 0,4            | 99,58       | 99,58  |
| 200              | 0,075          | 0,1            | 99,5        | 99,49  |
| Pan              |                | 99,5           |             |        |

Berdasarkan Diagram Distribusi BH 1 pada kedalaman 5m didapatkan:

$$D_{10} = 0,001$$

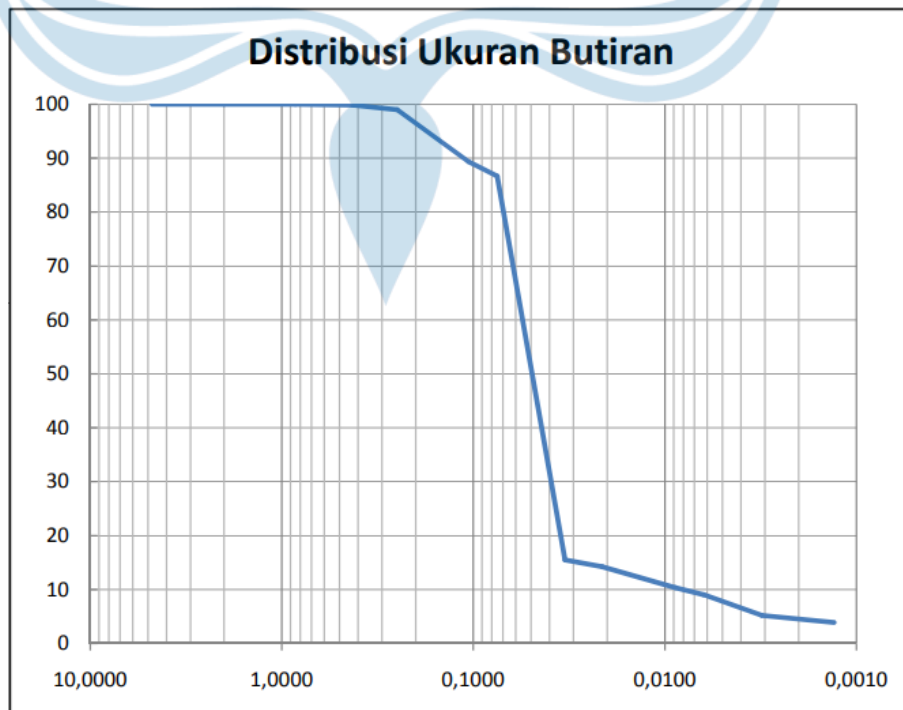
$$D_{30} = 0,003$$

$$D_{60} = 0,039$$

$$C_u = 39$$

$$C_c = 0,231$$

BH1 kedalaman 8 m dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Distribusi Ukuran Butiran pada Kedalaman 8 meter.



Persentase tanah lolos saringan pada kedalaman 8 meter dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Persentase Tanah Lolos Saringan Pada Kedalaman 8 meter.

| No. Sieve | Ukuran Butiran | Berat Tertahan | Berat Lolos | Prosen |
|-----------|----------------|----------------|-------------|--------|
| 4         | 4,75           | 0              | 100         | 100    |
| 10        | 2              | 0              | 100         | 100    |
| 20        | 0,85           | 0              | 99,99       | 99,99  |
| 40        | 0,425          | 0,2            | 99,84       | 99,84  |
| 60        | 0,25           | 0,9            | 98,97       | 98,97  |
| 140       | 0,106          | 9,6            | 89,37       | 89,37  |
| 200       | 0,075          | 2,7            | 86,68       | 86,68  |
| Pan       |                | 86,68          |             |        |

Berdasarkan Diagram Distribusi BH 1 pada kedalaman 8m didapatkan:

$$D_{10} = 0,0077$$

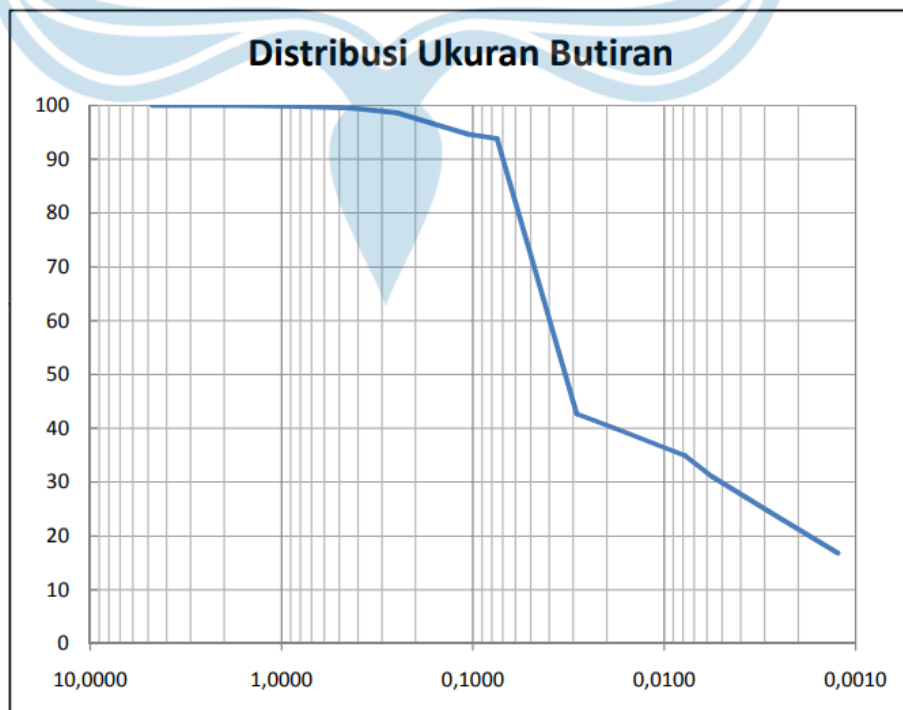
$$D_{30} = 0,039$$

$$D_{60} = 0,056$$

$$C_u = 7,27$$

$$C_c = 3,527$$

BH1 kedalaman 10 m dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Distribusi Ukuran Butiran pada Kedalaman 10 meter.

Persentase tanah lolos saringan pada kedalaman 10 meter dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Persentase Tanah Lolos Saringan Pada Kedalaman 10 meter

| No. Sieve | Ukuran Butiran | Berat Tertahan | Berat Lolos | Prosen |
|-----------|----------------|----------------|-------------|--------|
| 4         | 4,75           | 0              | 100         | 100    |
| 10        | 2              | 0              | 100         | 100    |
| 20        | 0,85           | 0,1            | 99,9        | 99,86  |
| 40        | 0,425          | 0,4            | 99,5        | 99,5   |
| 60        | 0,25           | 0,9            | 98,6        | 98,63  |
| 140       | 0,106          | 4              | 94,65       | 94,65  |
| 200       | 0,075          | 0,8            | 93,8        | 93,85  |
| Pan       |                | 93,8           |             |        |

Berdasarkan Diagram Distribusi BH 1 pada kedalaman 10m didapatkan:

D10 = 0,001

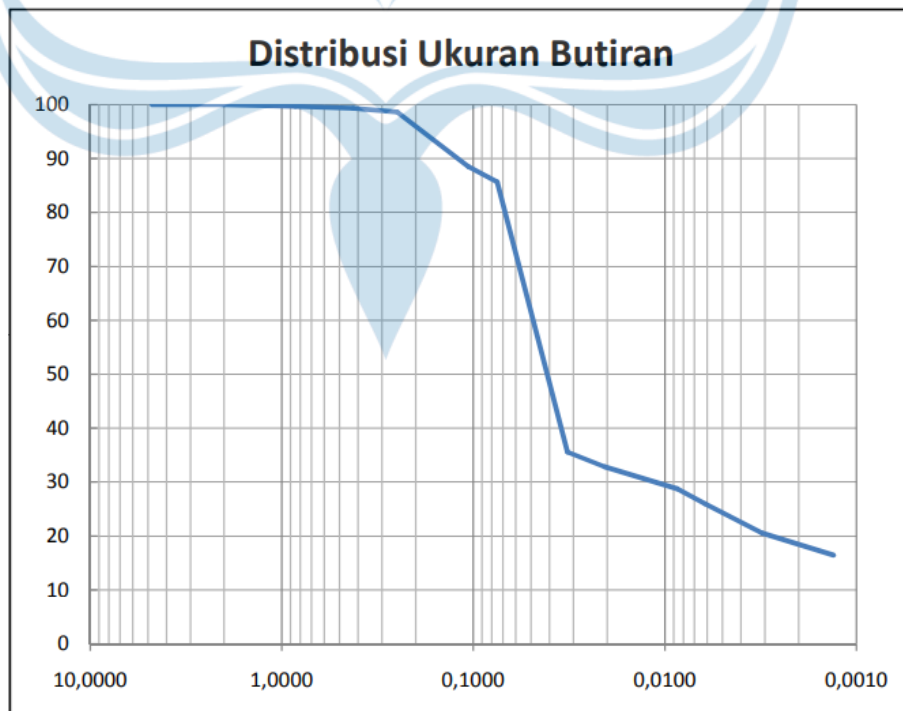
D30 = 0,005

D60 = 0,04

Cu = 40

Cc = 0,625

BH1 kedalaman 11 m dapat dilihat pada tabel 2.13.



Gambar 2.13 Distribusi Ukuran Butiran pada Kedalaman 11 meter.

Persentase tanah lolos saringan pada kedalaman 11 meter dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Persentase Tanah Lolos Saringan Pada Kedalaman 11 meter.

| No. Sieve | Ukuran Butiran | Berat Tertahan | Berat Lolos | Prosen |
|-----------|----------------|----------------|-------------|--------|
| 4         | 4,75           | 0              | 100         | 100    |
| 10        | 2              | 0              | 100         | 99,98  |
| 20        | 0,85           | 0,3            | 99,67       | 99,67  |
| 40        | 0,425          | 0,4            | 99,32       | 99,32  |
| 60        | 0,25           | 0,7            | 98,62       | 98,62  |
| 140       | 0,106          | 10,1           | 88,5        | 88,5   |
| 200       | 0,075          | 2,9            | 85,65       | 85,65  |
| Pan       |                | 85,65          |             |        |

Berdasarkan Diagram Distribusi BH 1 pada kedalaman 11m didapatkan:

$$D_{10} = 0,001$$

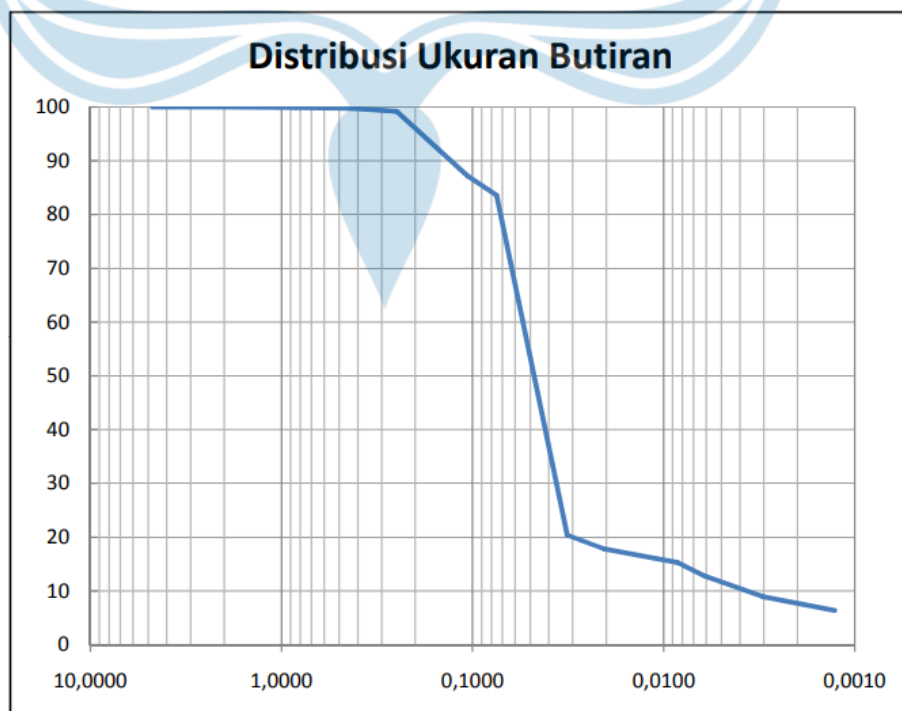
$$D_{30} = 0,011$$

$$D_{60} = 0,049$$

$$C_u = 49$$

$$C_c = 2,469$$

BH1 kedalaman 13 m dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Distribusi Ukuran Butiran pada Kedalaman 13 meter.

Persentase tanah lolos saringan pada kedalaman 13meter dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Persentase Tanah Lolos Saringan Pada Kedalaman 13 meter.

| No. Sieve | Ukuran Butiran | Berat Tertahan | Berat Lolos | Prosen |
|-----------|----------------|----------------|-------------|--------|
| 4         | 4,75           | 0              | 100         | 100    |
| 10        | 2              | 0              | 100         | 99,99  |
| 20        | 0,85           | 0,1            | 99,9        | 99,9   |
| 40        | 0,425          | 0,2            | 99,7        | 99,73  |
| 60        | 0,25           | 0,5            | 99,2        | 99,21  |
| 140       | 0,106          | 12,1           | 87,12       | 87,12  |
| 200       | 0,075          | 3,6            | 83,5        | 83,52  |
| Pan       |                | 83,5           |             |        |

Berdasarkan Diagram Distribusi BH 1 pada kedalaman 13m didapatkan:

$$D_{10} = 0,0035$$

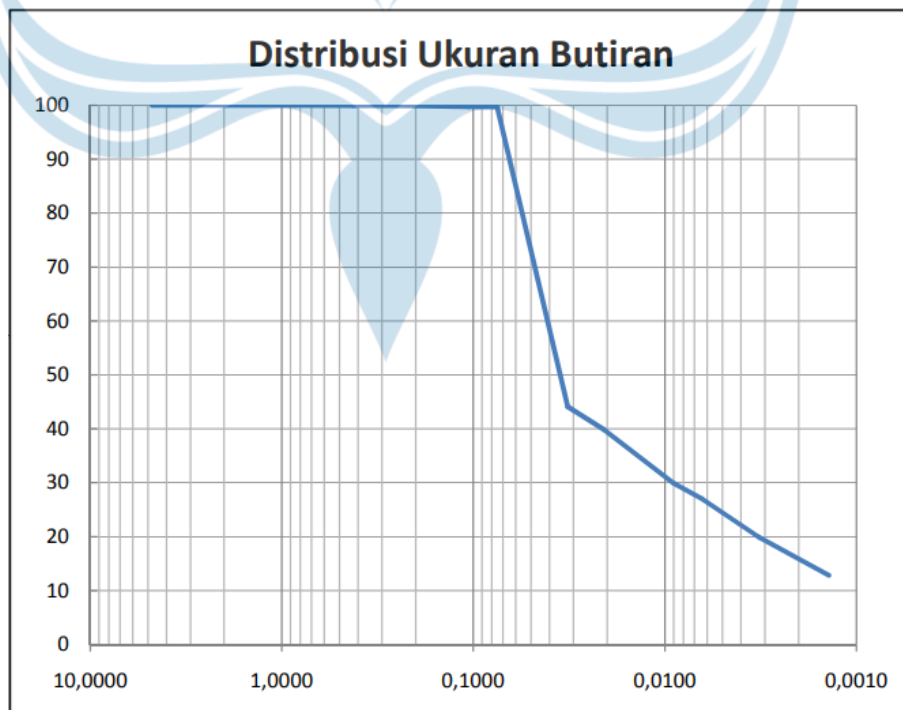
$$D_{30} = 0,037$$

$$D_{60} = 0,055$$

$$C_u = 15,714$$

$$C_c = 7,111$$

BH1 kedalaman 15 m dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Distribusi Ukuran Butiran pada Kedalaman 15 meter.

Persentase tanah lolos saringan pada kedalaman 15 meter dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Persentase Tanah Lolos Saringan Pada Kedalaman 15 meter.

| No. Sieve | Ukuran Butiran | Berat Tertahan | Berat Lolos | Prosen |
|-----------|----------------|----------------|-------------|--------|
| 4         | 4,75           | 0              | 100         | 100    |
| 10        | 2              | 0              | 100         | 99,99  |
| 20        | 0,85           | 0              | 99,97       | 99,97  |
| 40        | 0,425          | 0              | 99,96       | 99,96  |
| 60        | 0,25           | 0              | 99,94       | 99,94  |
| 140       | 0,106          | 0,2            | 99,76       | 99,76  |
| 200       | 0,075          | 0,1            | 99,68       | 99,68  |
| Pan       |                | 99,68          |             |        |

Berdasarkan Diagram Distribusi BH 1 pada kedalaman 15m didapatkan:

$$D_{10} = 0,001$$

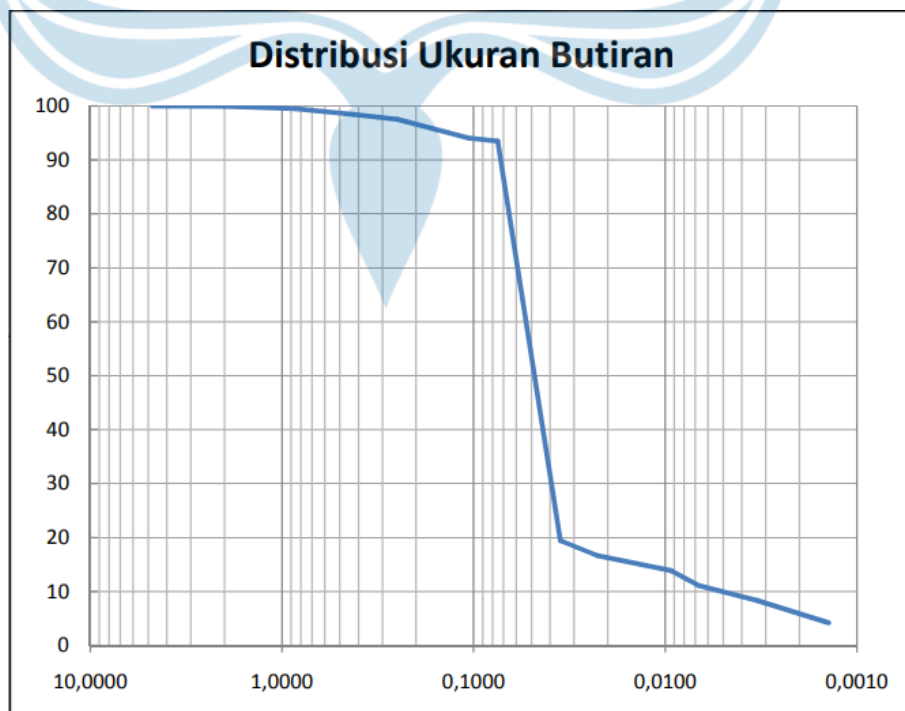
$$D_{30} = 0,005$$

$$D_{60} = 0,041$$

$$C_u = 41$$

$$C_c = 1,976$$

BH1 kedalaman 20 m dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Distribusi Ukuran Butiran pada Kedalaman 20 meter.

Persentase tanah lolos saringan pada kedalaman 20 meter dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Persentase Tanah Lolos Saringan Pada Kedalaman 20 meter.

| No. Sieve | Ukuran Butiran | Berat Tertahan | Berat Lolos | Prosen |
|-----------|----------------|----------------|-------------|--------|
| 4         | 4,75           | 0              | 100         | 100    |
| 10        | 2              | 0              | 100         | 99,95  |
| 20        | 0,85           | 0,5            | 99,5        | 99,5   |
| 40        | 0,425          | 1,1            | 98,4        | 98,43  |
| 60        | 0,25           | 0,9            | 97,5        | 97,5   |
| 140       | 0,106          | 3,4            | 94,06       | 94,06  |
| 200       | 0,075          | 0,6            | 93,5        | 93,51  |
| Pan       |                | 93,5           |             |        |

Berdasarkan Diagram Distribusi BH 1 pada kedalaman 20m didapatkan:

$$D_{10} = 0,001$$

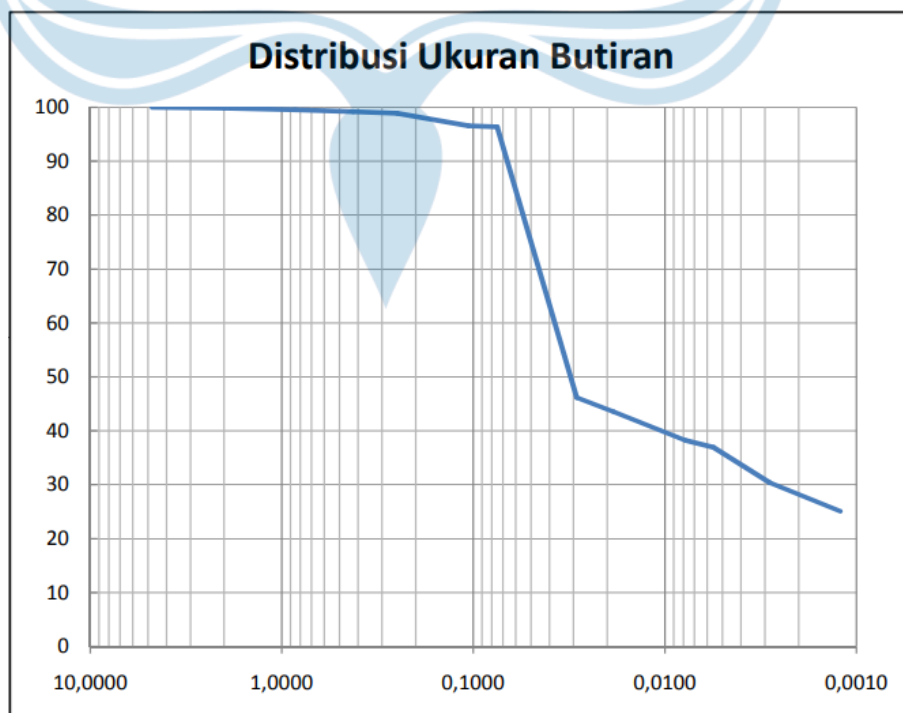
$$D_{30} = 0,0028$$

$$D_{60} = 0,038$$

$$C_u = 38$$

$$C_c = 0,206$$

BH1 kedalaman 22 m dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Distribusi Ukuran Butiran pada Kedalaman 22 meter.

Persentase tanah lolos saringan pada kedalaman 22 meter dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Persentase Tanah Lolos Saringan Pada Kedalaman 22 meter.

| No. Sieve | Ukuran Butiran | Berat Tertahan | Berat Lolos | Prosen |
|-----------|----------------|----------------|-------------|--------|
| 4         | 4,75           | 0              | 100         | 100    |
| 10        | 2              | 0,1            | 99,9        | 99,85  |
| 20        | 0,85           | 0,3            | 99,55       | 99,55  |
| 40        | 0,425          | 0,4            | 99,17       | 99,17  |
| 60        | 0,25           | 0,3            | 98,86       | 98,86  |
| 140       | 0,106          | 2,3            | 96,54       | 96,54  |
| 200       | 0,075          | 0,2            | 96,37       | 96,37  |
| Pan       |                | 96,37          |             |        |

Berdasarkan Diagram Distribusi BH 1 pada kedalaman 22m didapatkan:

$$D_{10} = 0,001$$

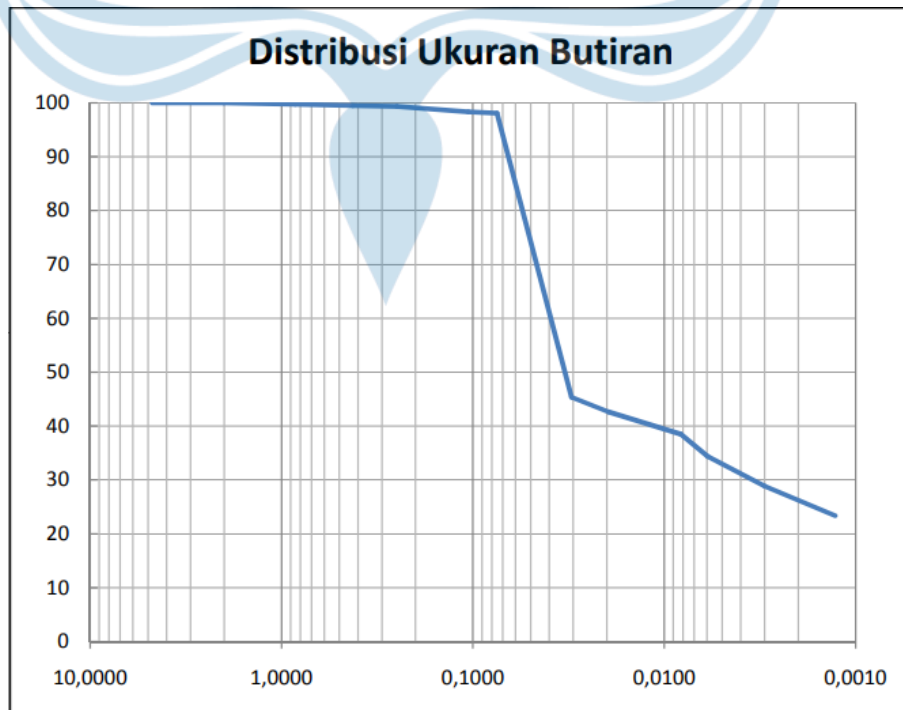
$$D_{30} = 0,0028$$

$$D_{60} = 0,038$$

$$C_u = 38$$

$$C_c = 0,206$$

BH1 kedalaman 24 m dilihat Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Distribusi Ukuran Butiran pada Kedalaman 24 meter.

Persentase tanah lolos saringan pada kedalaman 24 meter dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Persentase Tanah Lolos Saringan Pada Kedalaman 24 meter.

| No. Sieve | Ukuran Butiran | Berat Tertahan | Berat Lolos | Prosen |
|-----------|----------------|----------------|-------------|--------|
| 4         | 4,75           | 0              | 100         | 100    |
| 10        | 2              | 0              | 100         | 99,99  |
| 20        | 0,85           | 0,2            | 99,8        | 99,76  |
| 40        | 0,425          | 0,3            | 99,5        | 99,51  |
| 60        | 0,25           | 0,2            | 99,4        | 99,36  |
| 140       | 0,106          | 1              | 98,33       | 98,33  |
| 200       | 0,075          | 0,3            | 98,1        | 98,06  |
| Pan       |                | 98,1           |             |        |

Berdasarkan Diagram Distribusi BH 1 pada kedalaman 24m didapatkan:

$$D_{10} = 0,001$$

$$D_{30} = 0,0035$$

$$D_{60} = 0,039$$

$$C_u = 39$$

$$C_c = 0,314$$

Berdasarkan hasil data tanah yang diperoleh, dilakukan klasifikasi situs berdasarkan SNI 1726:2019.

Proyek Gedung Panti Rehabilitasi Narkoba

Lokasi = Bantul, Yogyakarta

Jenis tanah = SE – Tanah lunak

$$S_{ds} = 0,78$$

$$S_{d1} = 0,79$$

$$T_L = 20 \text{ detik}$$

Faktor keutamaan kelas III ( $I_e = 1,25$ )

$$S_{ds} (g) = 0,78$$

Kategori Risiko III kelas D

$$S_{d1} (g) = 0,79$$

Kategori Risiko III kelas D



### 2.3 Penentuan Sistem Struktur

Pembangunan struktur menggunakan rangka beton bertulang. Struktur beton bertulang memiliki komponen beton yang bertujuan untuk menahan beban tekan yang dialami oleh struktur serta tulangan baja yang memiliki kemampuan untuk menahan beban tarik oleh struktur. Sistem struktur beton bertulang memiliki parameter struktur yang diketogrikan sebagai perancangan KDS berdasarkan SNI 1726:2019 dapat dilihat pada tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Faktor  $R_s$ ,  $C_d$ ,  $\Omega$  untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik  
(Sumber: SNI 1726:2019)

| Sistem pemikul gaya seismik  | Koefisien modifikasi respons, $R^a$ | Faktor kuat lebih sistem, $\xi_{2,0}^b$ | Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$ | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>d</sup> |    |                 |                 |                 |
|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|----|-----------------|-----------------|-----------------|
|  |                                     |   |                                     | B   | C  | D <sup>e</sup>  | E <sup>e</sup>  | F <sup>f</sup>  |
| 19. Dinding geser batu bata polos didetail   | 2                                   | 2%                                      | 2                                   | TB  | Tl | Tl              | Tl              | Tl              |
| 20. Dinding geser batu bata polos biasa  | 1½                                  | 2%                                      | 1½                                  | TB  | Tl | Tl              | Tl              | Tl              |
| 21. Dinding geser batu bata prategang  | 1½                                  | 2%                                      | 1½                                  | TB  | Tl | Tl              | Tl              | Tl              |
| 22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser   | 7                                   | 2%                                      | 4%                                  | TB  | TB | 22              | 22              | 22              |
| 23. Dinding rangka ringan (baja kanal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja | 7                                   | 2%                                      | 4%                                  | TB  | TB | 22              | 22              | 22              |
| 24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dan semua material lainnya  | 2½                                  | 2%                                      | 2½                                  | TB  | TB | 10              | TB              | TB              |
| 25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk  | 8                                   | 2%                                      | 5                                   | TB  | TB | 48              | 48              | 30              |
| 26. Dinding geser pelat baja khusus  | 7                                   | 2                                       | 6                                   | TB  | TB | 48              | 48              | 30              |
| <b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>  |                                     |   |                                     |   |    |                 |                 |                 |
| 1. Rangka baja pemikul momen khusus  | 8                                   | 3                                       | 5%                                  | TB  | TB | TB              | TB              | TB              |
| 2. Rangka batang baja pemikul momen khusus   | 7                                   | 3                                       | 5%                                  | TB  | TB | 48              | 30              | Tl              |
| 3. Rangka baja pemikul momen menengah  | 4½                                  | 3                                       | 4                                   | TB  | TB | 10 <sup>g</sup> | Tl <sup>h</sup> | Tl <sup>h</sup> |
| 4. Rangka baja pemikul momen biasa   | 3½                                  | 3                                       | 3                                   | TB  | TB | Tl <sup>i</sup> | Tl <sup>i</sup> | Tl <sup>i</sup> |
| 5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>m</sup>  | 8                                   | 3                                       | 5%                                  | TB  | TB | TB              | TB              | TB              |
| 6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah   | 5                                   | 3                                       | 4%                                  | TB  | TB | Tl              | Tl              | Tl              |
| 7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa  | 3                                   | 3                                       | 2%                                  | TB  | Tl | Tl              | Tl              | Tl              |
| 8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus   | 8                                   | 3                                       | 5%                                  | TB  | TB | TB              | TB              | TB              |
| 9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah   | 5                                   | 3                                       | 4%                                  | TB  | TB | Tl              | Tl              | Tl              |
| 10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen   | 6                                   | 3                                       | 5%                                  | 48  | 48 | 30              | Tl              | Tl              |

Berdasarkan tabel 2.13 dipilih:

- $R = 8$
- $W_0 (\Omega) = 3$
- $C_d = 5,5$

Perancangan struktur digunakan sistem rangka beton bertulang pemikul momen tersebut, karena tidak memiliki batasan tinggi struktur di KDS tipe D.

### 2.4 Ketidakberaturan Struktur

Ketidakberaturan pada struktur yang berlebihan dapat mengakibatkan keruntuhan pada struktur. Ketidakberaturan struktur terdiri dari dua bagian yaitu ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal.

Ketidakberaturan Horizontal

Tipe 1a dan 1b

- $\delta L_1 = 4,66549 \text{ mm}$

- $\delta R,1 = 4,66549 \text{ mm}$
- $\delta L,2 = 9,33098 \text{ mm}$
- $\delta R,2 = 8,16461 \text{ mm}$
- $\delta L,3 = 12,3801 \text{ mm}$
- $\delta R,3 = 10,4974 \text{ mm}$

#### Lantai 1

- $\Delta L,1 = 4,66549$
- $\Delta R,1 = 4,66549$
- $\Delta_{avg} = 4,66549$
- $\Delta_{max} = 4,66549$
- $\Delta_{max}/\Delta_{avg} = 1 < 1,2$  (Tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 1a)  
 $= 1 < 1,4$  (Tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 1b)

#### Lantai 2

- $\Delta L,2 = 9,33094 - 4,66549 = 4,66549$
- $\Delta R,2 = 8,16461 - 4,66549 = 3,49912$
- $\Delta_{avg} = 4,082305$
- $\Delta_{max} = 4,66549$
- $\Delta_{max}/\Delta_{avg} = 1,14 < 1,2$  (Tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 1a)  
 $= 1,14 < 1,4$  (Tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 1b)

#### Lantai 3

- $\Delta L,3 = 12,3801 - 9,33098 = 3,04912$
- $\Delta R,3 = 10,4974 - 8,16461 = 2,33279$
- $\Delta_{avg} = 2,69095$
- $\Delta_{max} = 3,04912$
- $\Delta_{max}/\Delta_{avg} = 1,15 < 1,2$  (Tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 1a)  
 $= 1,15 < 1,4$  (Tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 1b)

#### Tipe 2

- $P_x = 0$
- $P_y = 0$
- $L_x = 72 \text{ m}$
- $L_y = 24 \text{ m}$

- $P_x = 0 < 15\%$  (72m) (Tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2)
- $P_y = 0 < 15\%$  (24m) (Tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2)

#### Tipe 3

- Luas lantai = 1.424,299 m<sup>2</sup> (Lantai 1 = 2 = 3)
- Luas void = 214,007 m<sup>2</sup> (Lantai 1 = 2 = 3)
- 214,007 < 50% (1.424,299) (Tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 3).

#### Tipe 4

Titik terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral, maka tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 4

#### Tipe 5

Tidak terdapat elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik, maka tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 5.

#### Ketidakberaturan Vertikal

##### Tipe 1a dan 1b

- $\delta_{1e} = 4,66549$  mm ;  $L_1 = 4600$  mm
- $\delta_{2e} = 9,33098$  mm ;  $L_2 = 4000$  mm
- $\delta_{3e} = 12,3801$  mm ;  $L_3 = 4000$  mm

##### Soft story drift ratio

- $\Delta_1/h_1 = 0,001014$
- $\Delta_2/h_2 = 0,001166$
- $\Delta_3/h_3 = 0,000762$
- $0,7 \Delta_2/h_2 = 0,000816 < \Delta_1/h_1$  (not soft story)
- $0,7 \Delta_3/h_3 = 0,000534 < \Delta_2/h_2$  (not soft story)

##### Tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 1a

- $0,6 \Delta_2/h_2 = 0,00070 < \Delta_1/h_1$  (not soft story)
- $0,6 \Delta_3/h_3 = 0,00046 < \Delta_2/h_2$  (not soft story)

##### Tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 1b

#### Tipe 2

- $W1 = 3.004,592 \text{ kN}$  ;  $1,5 W1 = 4.506,888 \text{ kN}$
- $W2 = 37.401,74 \text{ kN}$  ;  $1,5 W2 = 56.102,61 \text{ kN}$
- $W3 = 42.745,08 \text{ kN}$  ;  $1,5 W3 = 64.117,62 \text{ kN}$

Pada lantai 2,  $W2 > 1,5 W1$  ;  $37.401,74 \text{ kN} > 4.506,888 \text{ kN}$ , Terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 2

#### Tipe 3

- Lebar pemikul gaya lantai 1 = 72 m
- Lebar pemikul gaya lantai 2 = 72 m
- Lebar pemikul gaya lantai 3 = 72 m
- Lebar setiap lantai sama maka,  $72/72 = 1 < 1,3$
- Tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 3.

#### Tipe 4

Tidak terdapat pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen, maka tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 4.

#### Tipe 5a dan 5b

- $V_n 1 = -$
- $V_n 2 = -$
- $V_n 3 = -$

Tidak ada shear wall maka, tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 5a dan 5b.

Berdasarkan analisis ketidakberaturan struktur maka terjadi ketidakberaturan struktur vertikal tipe 2 yang menyebabkan pembebanan pada struktur menggunakan pembebanan statik ekuivalen.

### 2.5 Perencanaan Pembebanan Struktur

Pembebanan pada perancangan struktur digunakan kombinasi beban yang meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Dalam perhitungan beban struktur, dilakukan kombinasi sebagai berikut:

1.  $1.4(D)$
2.  $1.2(D) + 1.6(L)$

3.  $1.2(D) + 1.0WXP + 1.0(L)$
4.  $1.2(D) + 1.0(1.0(1.00)(R_x(RS)+R_x(ES))+0.3(1.00)(R_y(RS)+R_y(ES))) + 1.0(L)$
5.  $0.9D + 1.0WXP$
6.  $0.9(D) + 1.0(1.0(1.00)(R_x(RS)+R_x(ES))+0.3(1.00)(R_y(RS)+R_y(ES)))$

Berdasarkan seluruh kombinasi yang digunakan, dipilih kombinasi beban yang memiliki beban maksimum yaitu kombinasi  $1.2(D) + 1.6(L)$  dengan nilai 2.922,11Kn.

Perhitungan beban digunakan beban gempa statik ekuivalen yang berpengaruh terhadap struktur yang berpotensi menghancurkan suatu struktur bangunan. Pada perancangan kategori desain seismik, di rancang berdasarkan standar SNI 1726:2019.

### 2.5.1 Pembebanan Struktur

Gedung 3 tingkat

- Kelas situs = D
- Tebal pelat = 130 mm

Balok induk

- Tipe 1 =  $(500 \times 400) \text{ mm}^2$
- Tipe 2 =  $(800 \times 400) \text{ mm}^2$
- Tipe 3 =  $(700 \times 400) \text{ mm}^2$
- Balok anak =  $(350 \times 250) \text{ mm}^2$

Kolom

- Tipe 1 =  $(650 \times 650) \text{ mm}^2$
- Tipe 2 =  $(550 \times 550) \text{ mm}^2$
- Tinggi lantai = 1.300 mm
- Mutu beton = 25 MPa
- Mutu baja = 420 MPa
- Berat Jenis Beton =  $24 \text{ kN/m}^3$

Pembebanan Struktur

Semua beban pada lantai 1

- Beban Kolom (tinggi kolom  $1300 + 2000 = 3300 \text{ mm}$ )

Tipe 1  $(650 \times 650) \text{ mm}^2$  (38 kolom)

Area =  $0,4225 \text{ m}^2$

Berat satuan =  $10,14 \text{ kN/m}$

Berat = 1.001,832 kN

Tipe 2 (550 x 550) mm<sup>2</sup> (10 kolom)

Area = 0,3025 m<sup>2</sup>

Berat satuan = 7,26 kN/m

Berat = 188,76 kN

- Beban dinding (2000 mm) = 1814 kN
- Total beban = 1.001,832 + 188,76 + 1814 = 3.004,592 kN

Data rekapitulasi beban pelat lantai 2 dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Rekapitulasi Beban Pelat Lantai 2.

| Tipe | Total DL (kN/m <sup>2</sup> ) | Area (m <sup>2</sup> ) | Berat (kN) |
|------|-------------------------------|------------------------|------------|
| A    | 40                            | 14,935                 | 597,399    |
| B    | 40                            | 19,415                 | 776,611    |
| C    | 50                            | 21,663                 | 1.083,140  |
| D    | 10                            | 19,460                 | 194,602    |
| E    | 30                            | 24,696                 | 740,879    |
| F    | 10                            | 21,658                 | 216,578    |
| G    | 20                            | 16,459                 | 329,174    |
| H    | 10                            | 14,598                 | 145,979    |
| I    | 10                            | 19,015                 | 190,151    |
| J    | 10                            | 21,228                 | 212,277    |
| K    | 10                            | 15,258                 | 152,585    |
| L    | 10                            | 19,876                 | 198,763    |
| M    | 5                             | 22,180                 | 110,902    |
| N    | 79                            | 142,840                | 11284,359  |
| O    | 60                            | 96,291                 | 5.777,481  |
| P    | 60                            | 101,147                | 6.068,814  |
| Q    | 5                             | 14,919                 | 74,594     |

Total berat = 28154,286 kN

Data beban balok induk dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Data Beban Balok Induk.

| Tipe | Area (m <sup>2</sup> ) | Berat satuan (kN/m) | Berat (kN) |
|------|------------------------|---------------------|------------|
| 1    | 0,148                  | 3,552               | 598,828    |
| 2    | 0,268                  | 6,432               | 1.765,172  |
| 3    | 0,228                  | 5,472               | 262,656    |

Total berat = 2626,656 kN

Beban balok anak

Tipe 1 (300 x 550) mm<sup>2</sup>

Area = 0,126 m<sup>2</sup>

Berat satuan = 3,024 kN/m

Berat = 1.026,588 kN

Beban kolom dapat dilihat pada tabel 2.16.

Tabel 2.16 Data Beban Kolom

| Tipe | Area (m <sup>2</sup> ) | Berat Satuan (kN/m) | Berat (kN) |
|------|------------------------|---------------------|------------|
| 1    | 0,4225                 | 10,14               | 1541,280   |
| 2    | 0,3025                 | 7,26                | 290,400    |

Total berat = 1.831,680 kN

Total beban dinding (4000 mm) = 4341 kN

Total beban = 28.154,286 + 2.626,656 + 1.026,588 + 1.831,680 + 4.341

= 37.624,210 kN

Semua beban pada lantai 3

Beban atap dengan Jumlah IWF 40 buah

Berat = 1600 kN

Rekapitulasi beban pelat lantai 3 dapat dilihat pada tabel 2.17.

Tabel 2.17 Rekapitulasi Beban Pelat Lantai.

| Tipe | Total DL (kN/m <sup>2</sup> ) | Area (m <sup>2</sup> ) | Berat (kN) |
|------|-------------------------------|------------------------|------------|
| A    | 40                            | 14,935                 | 597,399    |
| B    | 40                            | 19,415                 | 776,611    |
| C    | 50                            | 21,663                 | 1.083,140  |
| D    | 10                            | 19,460                 | 194,602    |
| E    | 30                            | 24,696                 | 740,879    |
| F    | 10                            | 21,658                 | 216,578    |
| G    | 20                            | 16,459                 | 329,174    |
| H    | 10                            | 14,598                 | 145,979    |
| I    | 10                            | 19,015                 | 190,151    |
| J    | 10                            | 21,228                 | 212,277    |
| K    | 10                            | 15,258                 | 152,585    |
| L    | 10                            | 19,876                 | 198,763    |
| M    | 5                             | 22,180                 | 110,902    |
| N    | 79                            | 142,840                | 11284,359  |
| O    | 60                            | 96,291                 | 5.777,481  |
| P    | 60                            | 101,147                | 6.068,814  |
| Q    | 5                             | 14,919                 | 74,594     |

Total berat = 28154,286 kN

Data beban balok induk dapat dilihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2.18 Data Beban Balok Induk.

| Tipe | Area (m <sup>2</sup> ) | Berat satuan (kN/m) | Berat (kN) |
|------|------------------------|---------------------|------------|
| 1    | 0,148                  | 3,552               | 598,828    |
| 2    | 0,268                  | 6,432               | 1.765,172  |
| 3    | 0,228                  | 5,472               | 262,656    |



Total berat = 2626,656 kN

Beban balok anak

Tipe 1 (300 x 550) mm<sup>2</sup>

Area = 0,055 m<sup>2</sup>

Berat satuan = 1,32 kN/m

Berat = 448,114 kN

Data beban balok anak dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Data Beban Balok Anak

| Tipe | Area (m <sup>2</sup> ) | Berat Satuan (kN/m) | Berat (kN) |
|------|------------------------|---------------------|------------|
| 1    | 0,4225                 | 10,14               | 2311,920   |
| 2    | 0,3025                 | 7,26                | 435,600    |

Total berat = 2.747,520 kN

Beban dinding (4000 mm) = 7.169 kN

Total beban = 28.154,286 + 2.626,656 + 448,114 + 2.747,520 + 1.600  
+ 7.169 kN

= 42.745,076 kN

### 3 Penentuan Kategori Desain Seismik (Berdasarkan SNI 1726:2019)

Menentukan nilai  $S_s$  dan  $S_1$  pada kabupaten Bantul, Yogyakarta (Sumber: rsa.ciptakarya)

- $S_s$  = 1,3827 g
- $S_1$  = 0,5841 g

Gambar hasil rsa.ciptakarya dapat dilihat pada Gambar 2.19

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

| Kelas        | T0(detik) | Ts(detik) | Sds(g) | Sd1(g) |
|--------------|-----------|-----------|--------|--------|
| SBC - Batuan | 0.07      | 0.37      | 0.83   | 0.31   |

Rentang T(s) Value: 6

PGA MCEG: 0.5680 (g) bedrock

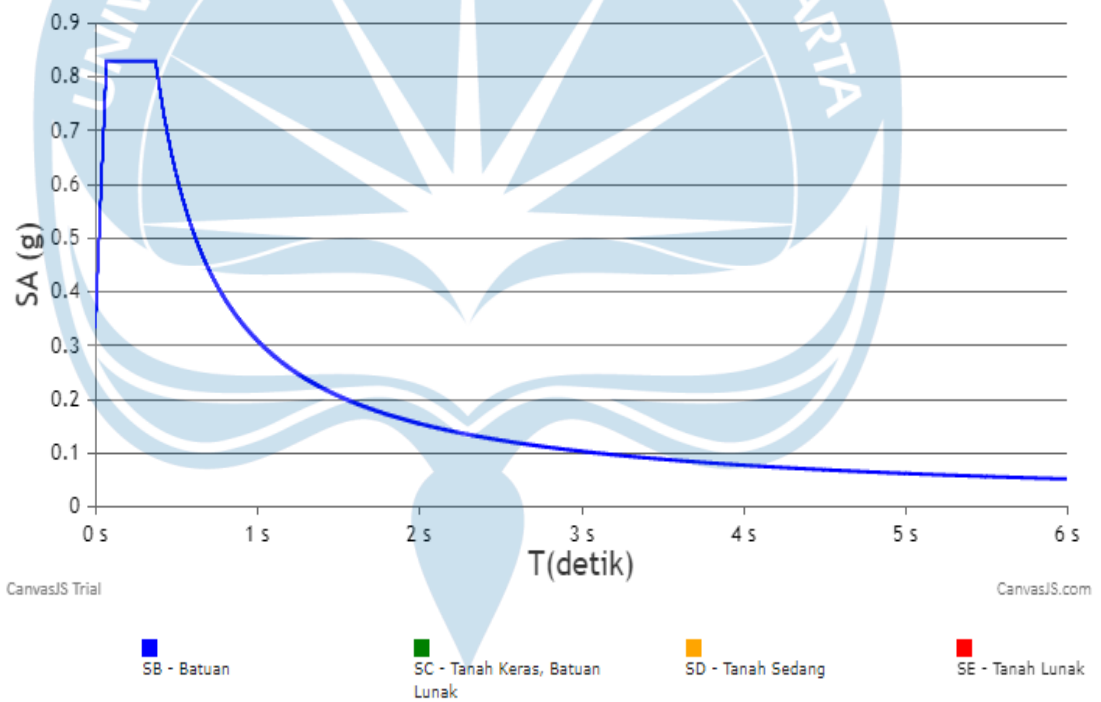
SS MCEr: 1.3827 (g) bedrock

S1 MCEr: 0.5841 (g) bedrock

TL: 20 Detik

Save

Gambar 2.19 Hasil rsa.ciptakarya  
 Dengan spektrum respon desain dapat dilihat pada Gambar 2.20



Gambar 2.20 Spektrum Respon Desain

Menentukan kelas situs berdasarkan penyelidikan tanah

Tabel 2.20 Kelas Situs Berdasarkan Hasil Penyelidikan Tanah

(SNI 1726:2019)

| 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 :<br>1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ ,<br>2. Kadar air, $w \geq 40\%$ ,<br>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:<br>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah<br>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) |                               |                   |

- Kelas situs = SE dilihat pada Tabel 2.68.

Menentukan nilai  $F_a$  dan  $F_v$

Tabel 2. 21 Koefisien Situs nilai  $F_a$

(SNI 1726:2019)

| Kelas situs | Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$ |             |              |             |              |                |
|-------------|---|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
|             | $S_s \leq 0,25$   | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s = 1,25$ | $S_s \geq 1,5$ |
| SA          | 0,8   | 0,8         | 0,8          | 0,8         | 0,8          | 0,8            |
| SB          | 0,9   | 0,9         | 0,9          | 0,9         | 0,9          | 0,9            |
| SC          | 1,3   | 1,3         | 1,2          | 1,2         | 1,2          | 1,2            |
| SD          | 1,6   | 1,4         | 1,2          | 1,1         | 1,0          | 1,0            |
| SE          | 2,4   | 1,7         | 1,3          | 1,1         | 0,9          | 0,8            |
| SF          | SS <sup>(a)</sup>   |             |              |             |              |                |

Tabel 2.22 Koefisien Situs nilai  $F_v$   
(SNI 1726:2019)

| Kelas situs | Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_I$ |             |             |             |             |                |
|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | $S_I \leq 0,1$  | $S_I = 0,2$ | $S_I = 0,3$ | $S_I = 0,4$ | $S_I = 0,5$ | $S_I \geq 0,6$ |
| SA          | 0,8   | 0,8         | 0,8         | 0,8         | 0,8         | 0,8            |
| SB          | 0,8   | 0,8         | 0,8         | 0,8         | 0,8         | 0,8            |
| SC          | 1,5   | 1,5         | 1,5         | 1,5         | 1,5         | 1,4            |
| SD          | 2,4   | 2,2         | 2,0         | 1,9         | 1,8         | 1,7            |
| SE          | 4,2   | 3,3         | 2,8         | 2,4         | 2,2         | 2,0            |
| SF          | SS <sup>(a)</sup>   |             |             |             |             |                |

- $F_a = 0,84692$  dapat dilihat pada Tabel 2.21.

- $F_v = 20,0318$  dapat dilihat pada Tabel 2.22.

Menghitung  $S_{ms}$  dan  $S_{m1}$

- $S_{ms} = F_a \times S_s = 1,17109$  (dilihat pada SNI 1726:2019 pers (7) hal 34)

- $S_{m1} = F_v \times S_1 = 1,18677$  (dilihat pada SNI 1726:2019 pers (8) hal 34)

Menghitung  $S_{Ds}$  dan  $S_{D1}$

- $S_{Ds} = 2/3 S_{ms} = 0,78069$  (dilihat pada SNI 1726:2019 pers (9) hal 35)

- $S_{D1} = 2/3 S_{m1} = 0,79118$  (dilihat pada SNI 1726:2019 pers (10) hal 35)

Menentukan batasan  $T_0$  dan  $T_s$

- $T_0 = 0,2 S_{D1}/S_{Ds} = 0,20269$  (dilihat pada SNI 1726:2019 pers 6.4 hal 35–36)

- $T_0 = S_{D1}/S_{Ds} = 1,01344$  (dilihat pada SNI 1726:2019 pers 6.4 hal 35–36)

Menentukan kategori risiko

Tabel 2. 23 Kategori Risiko Gempa  
(SNI 1726:2019)

| 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, perternakan, 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> <li>- Pabrik</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             |

Tabel 2.24 Faktor Keutamaan Gempa  
(SNI 1726:2019)

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

- Fungsi bangunan = Rumah sakit tanpa ruang bedah
- Kategori risiko = III dapat dilihat pada Tabel 2.23.
- Faktor keutamaan ( $I_e$ ) = 1,25 dapat dilihat pada Tabel 2.24.

Tabel 2.25 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek. (SNI 1726:2019)

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

Tabel 2.26 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada periode 1 detik. (SNI 1726:2019)

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

Menentukan kategori desain seismik (KDS)

- Berdasarkan  $S_{DS}$  = D dapat dilihat pada Tabel 2.25.
- Berdasarkan  $S_{D1}$  = D dapat dilihat pada Tabel 2.26.

Tabel 2.27 Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur  
(SNI 1726:2019)

| Sistem pemikul gaya seismik  | Koefisien modifikasi respons, $R^a$ | Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$ | Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$ | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>d</sup> |    |                 |                 |                 |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|----|-----------------|-----------------|-----------------|
|  |                                     |  |                                     | Kategori desain seismik   |    |                 |                 |                 |
|  |                                     |  |                                     | B   | C  | D <sup>e</sup>  | E <sup>e</sup>  | F <sup>f</sup>  |
| 19. Dinding geser batu bata polos didetail   | 2                                   | 2½                                     | 2                                   | TB  | TI | TI              | TI              | TI              |
| 20. Dinding geser batu bata polos biasa  | 1½                                  | 2½                                     | 1½                                  | TB  | TI | TI              | TI              | TI              |
| 21. Dinding geser batu bata prategang  | 1½                                  | 2½                                     | 1½                                  | TB  | TI | TI              | TI              | TI              |
| 22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser   | 7                                   | 2½                                     | 4½                                  | TB  | TB | 22              | 22              | 22              |
| 23. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja | 7                                   | 2½                                     | 4½                                  | TB  | TB | 22              | 22              | 22              |
| 24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya   | 2½                                  | 2½                                     | 2½                                  | TB  | TB | 10              | TB              | TB              |
| 25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk  | 8                                   | 2½                                     | 5                                   | TB  | TB | 48              | 48              | 30              |
| 26. Dinding geser pelat baja khusus  | 7                                   | 2                                      | 6                                   | TB  | TB | 48              | 48              | 30              |
| <b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>  |                                     |  |                                     |   |    |                 |                 |                 |
| 1. Rangka baja pemikul momen khusus  | 8                                   | 3                                      | 5½                                  | TB  | TB | TB              | TB              | TB              |
| 2. Rangka batang baja pemikul momen khusus   | 7                                   | 3                                      | 5½                                  | TB  | TB | 48              | 30              | TI              |
| 3. Rangka baja pemikul momen menengah  | 4½                                  | 3                                      | 4                                   | TB  | TB | 10 <sup>a</sup> | TI <sup>a</sup> | TI <sup>a</sup> |
| 4. Rangka baja pemikul momen biasa   | 3½                                  | 3                                      | 3                                   | TB  | TB | TI <sup>f</sup> | TI <sup>f</sup> | TI <sup>f</sup> |
| 5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>g</sup>  | 8                                   | 3                                      | 5½                                  | TB  | TB | TB              | TB              | TB              |
| 6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah   | 5                                   | 3                                      | 4½                                  | TB  | TB | TI              | TI              | TI              |
| 7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa  | 3                                   | 3                                      | 2½                                  | TB  | TI | TI              | TI              | TI              |
| 8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus   | 8                                   | 3                                      | 5½                                  | TB  | TB | TB              | TB              | TB              |
| 9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah   | 5                                   | 3                                      | 4½                                  | TB  | TB | TI              | TI              | TI              |
| 10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen   | 6                                   | 3                                      | 5½                                  | 48  | 48 | 30              | TI              | TI              |

Menentukan sistem struktur dan parameter struktur berdasarkan KDS

- $R = 8$  dapat dilihat pada Tabel 2.27 Baja khusus & Beton khusus
- $W_0 (\Omega) = 3$  dapat dilihat pada Tabel 2.27 Baja khusus & Beton khusus
- $C_d = 5,5$  dapat dilihat pada Tabel 2.27 Baja khusus & Beton khusus

Tabel 2.28 Nilai Parameter Periode  $C_t$  dan  $X$

(SNI 1726:2019)

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

Menentukan periode fundamental (T)

- Jenis struktur = Beton khusus
- Tinggi = 12 m
- $C_t$  = 0,0466 dapat dilihat pada Tabel 2.28.
- X = 0,9 dilihat pada Tabel 2.28.
- $T_a = C_t h^n$  = 0,43616 detik
- $C_u$  = 1,4
- $T_{maks}$  = 0,61063 detik
- $T_{pakai}$  = 0,43616 detik

Menentukan faktor respon gempa ( $c_s$ ) dan gaya dasar seismik

- $T \leq T_s \rightarrow C_s = \frac{SDS}{(R/I_e)} = 0,12198$  (dilihat pada SNI 1726:2019 pers (31) hal 70)
- $T \leq T_L \rightarrow C_s = \frac{SDS}{T(R/I_e)} = 0,28343$  (dilihat pada SNI 1726:2019 pers (32) hal 70)
- $T > T_s \rightarrow C_s = \frac{SD1}{T^2(R/I_e)} = 12,99657$  (dilihat pada SNI 1726:2019 pers (33) hal 70)
- diperoleh  $C_s = 0,12198$  (dilihat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.8.3 hal 73)
- $C_s \text{ min} = 0,04294$  (dilihat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.8.3 hal 73)
- $C_s \text{ min} = 0,01$  (dilihat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.8.3 hal 73)
- $C_s \text{ min pakai} = 0,04294$  (dilihat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.8.3 hal 73)
- $C_s \text{ pakai} = 0,122$  (dilihat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.8.3 hal 73)
- W = 83.151,403 kN (dilihat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.8.3 hal 73)
- V = 10.143,05 kN (dilihat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.8.3 hal 73)
- K = 1 (dilihat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.8.3 hal 73)

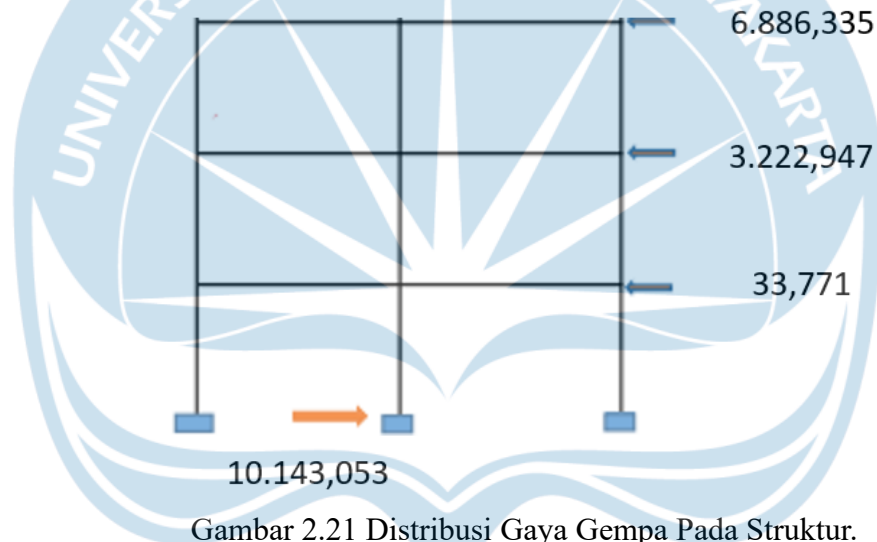


Data Perhitungan gempa dapat dilihat pada Tabel 2.29.

Tabel 2.29 Data Perhitungan Gempa  
(SNI 1726:2019)

| Lantai | w(kN)      | h(m) | w x h <sup>k</sup> | Cvx   | Fy         | Vx         |
|--------|------------|------|--------------------|-------|------------|------------|
| 3      | 42.745,076 | 8,6  | 367.607,65         | 0,679 | 6886,335   | 6.886,335  |
| 2      | 37.401,736 | 4,6  | 172.047,984        | 0,318 | 3.222,947  | 10.109,282 |
| 1      | 3.004,592  | 0,6  | 1.802,755          | 0,003 | 33,771     | 10.143,053 |
| Σ      | 83.151,403 |      | 541.458,389        | 1     | 10.143,053 |            |

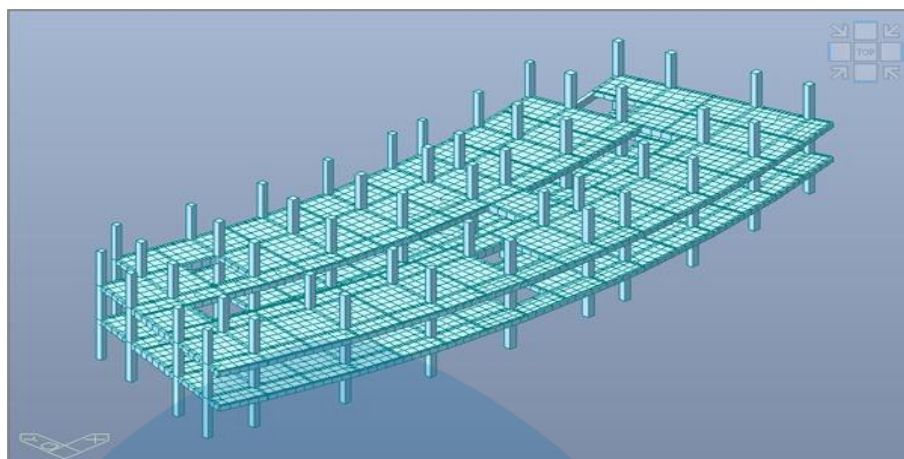
Distribusi horizontal gaya gempa pada struktur dapat dilihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Distribusi Gaya Gempa Pada Struktur.

## 2.6 Pemodelan Struktur

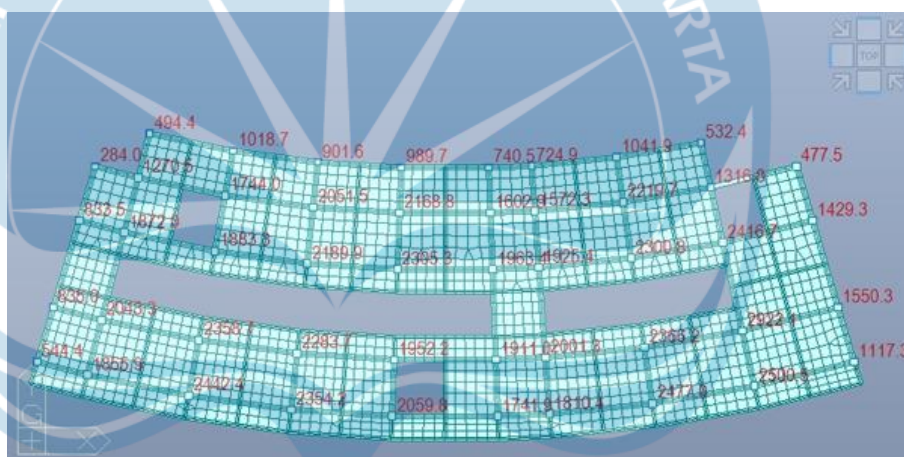
Pemodelan digunakan *MIDAS GEN V 2021* sebagai *software* untuk mengetahui pembebanan yang terjadi pada struktur dapat dilihat pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22 Pemodelan Struktur Bangunan Panti Rehabilitasi Narkoba di Kabupaten Bantul.

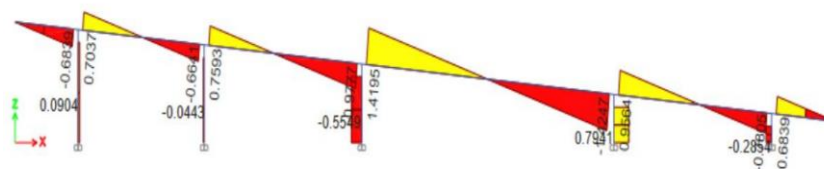
## 2.7 Interpretasi Output Pemodelan

Output interpretasi pemodelan dapat dilihat pada Gambar 2.23



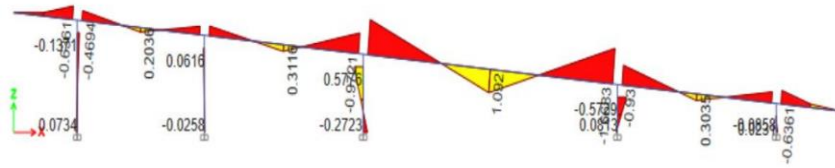
Gambar 2.23 Output Interpretasi Pemodelan Struktur Bangunan Panti Rehabilitasi Narkoba di Kabupaten Bantul.

Output SFD pada perencanaan atap dapat dilihat pada Gambar 2.24



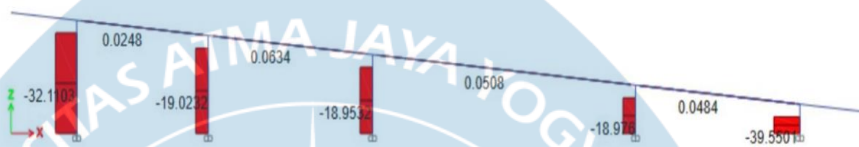
Gambar 2.24 Output SFD pada Pemodelan Atap Bangunan.

Output BMD pada perencanaan atap dapat dilihat pada Gambar 2.25



Gambar 2.25 *Output* BMD pada Pemodelan Atap Bangunan.

*Output* gaya aksial pada perencanaan tangga dapat dilihat pada Gambar 2.26



Gambar 2.26 *Output* Gaya Aksial pada Pemodelan Atap Bangunan.

## 2.8 Perancangan Struktur Atap

Pemodelan Struktur Atap menggunakan *ETABS*, perancangan atap menggunakan perhitungan *monoframe* dengan profil gording C 250 x 75 x 25 x 4,5 dan profil rangka baja IWF 300 x 150 x 6,5 x 9. Pemodelan struktur atap dapat dilihat pada Gambar 2.27.

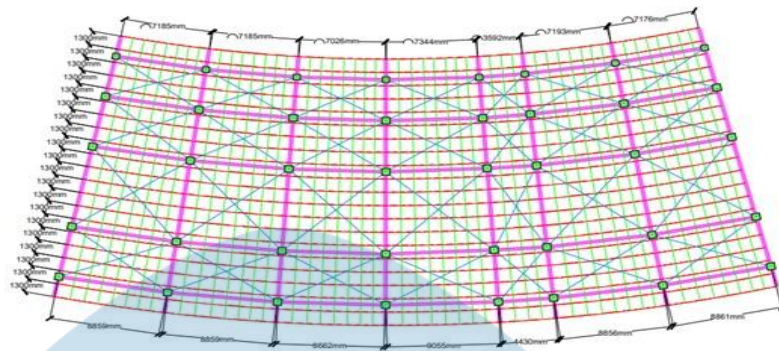


Gambar 2.27 Pemodelan Struktur Atap

### 2.8.1 Perancangan gording, sag-rod, dan kuda-kuda

Denah *layout* atap kuda-kuda baja dapat dilihat pada Gambar 2.28

Gording — Gording Profil C — 250X75X25X4,5  
 Kuda-kuda — Kuda-kuda IWF 300X150X6X9  
 Kolom — Ikatan angin — Sag-rod



Gambar 2.28 Denah *Layout* Atap Kuda-kuda Baja

### Beban Gording

Menggunakan profil C 250 x 75 x 25 x 4,5

- $Z_x = 131.000 \text{ m}^3$
- $Z_y = 21.000 \text{ m}^3$
- Jarak antar gording = 1,3 m
- Berat atap = 0,65 kN
- Berat plafon = 0,2 kN
- Kemiringan atap =  $5^\circ$
- Berat sendiri gording = 0,149 kN/m
- Berat atap = 0,8482 kN/m
- Berat plafon = 0,26kN/m
- Total DL = 1,2572 kN/m
- Total LL = 1 kN

### Momen Gording (Menggunakan Bentang Terpanjang)

- $L = 9,055 \text{ m}$
- $M_{2,D} = \frac{1 \times 1,2572 \times \cos 5 \times (9,055)^2}{8} = 12,8365 \text{ kNm}$
- $M_{2,L} = \frac{1 \times 1 \times \cos 5 \times 9,055}{4} = 2,2511 \text{ kNm}$
- $M_{u2} = 1,2 \times 12,8365 + 1,6 \times 2,2511 = 19,0120 \text{ kNm}$
- $M_{3,D} = \frac{1 \times 1,2572 \times \sin 5 \times (9,055/7)^2}{8} = 0,0229 \text{ kNm}$
- $M_{3,L} = \frac{1 \times 1 \times \sin 5 \times (9,055/7)}{4} = 0,0282 \text{ kNm}$

- $Mu3 = 1,2 \times 0,0229 + 1,6 \times 0,0282 = 0,0726 \text{ kNm}$

Tegangan Pada Gording

- $f_b = \frac{12,8365 \times 10^6}{0,9 \times 131.000} + \frac{12,8365 \times 10^6}{0,9 \times 131.000} = 165,0963 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa (Aman)}$

Dengan demikian profil gording yang digunakan adalah C 250 x 75 x 25 x 4,5 Aman terhadap tegangan akibat momen.

Defleksi Gording

- $\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{q \cos \alpha \times L^4}{EI} + \frac{1}{48} \times \frac{P \cos \alpha \times L^3}{EI} = 36,9953 \text{ mm}$
- $\delta_3 = \frac{5}{384} \times \frac{q \sin \alpha}{EI} \times \left(\frac{L}{3}\right)^4 + \frac{1}{48} \times \frac{P \sin \alpha}{EI} \times \left(\frac{L}{3}\right)^3 = 0,1013 \text{ mm}$
- $\delta = \sqrt{\delta_2^2 + \delta_3^2} \leq \frac{1}{240} L$   
 $= 36,9955 \text{ mm} \leq 37,7292 \text{ mm (Aman)}$

Dengan demikian profil gording yang digunakan adalah C 250 x 75 x 25 x 4,5 Aman terhadap defleksi yang terjadi.

Perhitungan Kebutuhan Ukuran Sag-rod

Gaya Sag-Rod

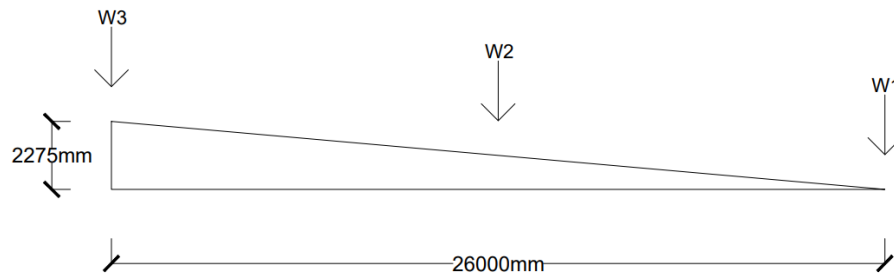
- $F_{t,D} = n \left(\frac{L}{3} \times q \times \sin \alpha\right) = 6,6147 \text{ kN}$
- $F_{t,L} = \frac{n}{2} \times P \times \sin \alpha = 0,8716 \text{ kN}$
- $F_{t,u 1} = 1,4 D = 9,2605 \text{ kN}$
- $F_{t,u 2} = 1,2 D + 1,6 L = 9,3221 \text{ kN}$

Luas kebutuhan batang Sag-rod

- $A_{sr} = \frac{F_t \times 10^3}{\phi F_y} = 43,2041 \text{ mm}^2, D_{sr} = 7,4168 \text{ mm}$
- $Use = 10 \text{ mm}$

Beban Angin

Beban angin dibagi menjadi 3 bagian berdasarkan lokasinya, beban angin dapat dilihat pada gambar 2.29.



Gambar 2.29 Pembebanan Angin Pada Struktur Atap

Perhitungan pada beban angin berdasarkan tabel koefisien tekanan atap, tabel dapat dilihat pada Tabel 2.30.

Tabel 2.30 Koefisien Tekanan Atap  
(SNI 1726:2019)

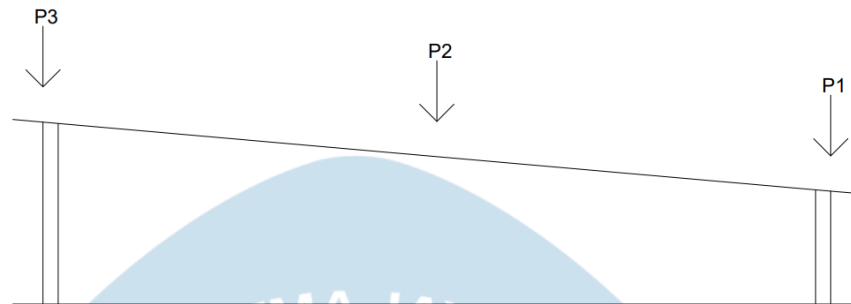
| Koefisien tekanan atap, $C_p$ , untuk digunakan dengan $q_h$  |                        |  |       |                           |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
|---|------------------------|--|-------|---------------------------|------------------|------|------------------|------------------|-------------|---------------------------|------|-----------|------|
| Arah Angin  | $h/L$                  | Di sisi angin datang                         |       |                           |                  |      |                  |                  |             | Di sisi angin pergi       |      |           |      |
|   |                        | Sudut, $\theta$ (derajat)                    |       |                           |                  |      |                  |                  |             | Sudut, $\theta$ (derajat) |      |           |      |
|   |                        | 10   | 15    | 20                        | 25               | 30   | 35               | 45               | $\geq 60^c$ | 10                        | 15   | $\geq 20$ |      |
| Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta \geq 10^b$  | $\leq 0,25$            | -0,7   | -0,5  | -0,3                      | -0,2             | -0,2 | 0,0 <sup>a</sup> | 0,4              | 0,4         | 0,010                     | -0,3 | -0,5      | -0,6 |
|   | 0,5                    | -0,9   | -0,7  | -0,4                      | -0,3             | -0,2 | -0,2             | 0,0 <sup>a</sup> | 0,010       | -0,5                      | -0,5 | -0,6      |      |
|   | $\geq 1,0$             | -0,18  | -0,18 | -0,18                     | 0,0 <sup>a</sup> | 0,2  | 0,2              | 0,4              | 0,010       | -0,7                      | -0,6 | -0,6      |      |
| Arah Angin  | $h/L$                  | Jarak horizontal dari tepi sisi angin datang |       | $C_p$                     |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
| Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta < 10^b$ sejajar bubungan untuk semua $\theta$   | $\leq 0,5$             | 0 sampai dengan $h/2$                        |       | -0,9, -0,18               |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
|   |                        | $h/2$ sampai dengan $h$                      |       | -0,9, -0,18               |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
|   |                        | $h$ sampai dengan $2h$                       |       | -0,5, -0,18               |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
|   |                        | $> 2h$                                       |       | -0,3, -0,18               |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
|   | $\geq 1,0$             | 0 sampai dengan $h/2$                        |       | -1,3 <sup>b</sup> , -0,18 |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
|   |                        | $> h/2$                                      |       | -0,7, -0,18               |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
| <sup>a</sup> Nilai disediakan untuk keperluan interpolasi.<br><sup>b</sup> Nilai dapat direduksi secara linier dengan luas yang sesuai berikut ini:<br><sup>c</sup> Untuk kemiringan atap lebih besar dari 80°, gunakan $C_p = 0,8$ |                        |  |       |                           |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
| Luas (ft <sup>2</sup> )   | Luas (m <sup>2</sup> ) | Faktor Reduksi                               |       |                           |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
| $\leq 100$  | $\leq 9,3$             | 1,0  |       |                           |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
| 250   | 23,2                   | 0,9  |       |                           |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |
| $\geq 1000$   | $\geq 92,9$            | 0,8  |       |                           |                  |      |                  |                  |             |                           |      |           |      |

Maka diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

- $a = 1,3$
- $b = 2$
- $C_{ti} = -0,3$
- $C_{is} = -0,18$
- $W1 = \frac{a+b}{2 \cos \alpha} \times C_{ti} \times L \times Q_w = -2,746 \text{ kN}$
- $W2 = \frac{a}{\cos \alpha} \times C_{ti} \times L \times Q_w = -1,2199 \text{ kN}$

- $W3 = \frac{a}{\cos \alpha} \times Cti \times L \times Q_w = -2,746 \text{ kN}$

Beban kuda-kuda dapat dilihat pada Gambar 2.30.



Gambar 2.30 Pembebanan Pada Kuda-kuda Atap.

Dengan perhitungan sebagai berikut:

- a = 1,3 m
- b = 2 m
- Berat Wf 300 x 150 x 6,5 x 9 = 0,367 kN/m
- Berat Gording = 0,149 kN/m
- Berat Plafon = 0,26 kN/m

P1 (L1 = 9,055m)

- Berat kuda-kuda =  $\frac{a}{2} \times \text{berat kuda-kuda} = 0,2386 \text{ kN}$
- Berat gording =  $L \times \text{berat gording} = 0,13492 \text{ kN}$
- Berat atap =  $\frac{\frac{a+b}{2}}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap} = 20,4316 \text{ kN}$
- Berat plafon =  $\frac{a}{2} + b \times L \times \text{berat atap} = 6,2389 \text{ kN}$
- Total P1 = 28,2582 kN

P2 (L2 = 8,2 m)

- Berat kuda-kuda =  $a \times \text{berat kuda-kuda} = 0,4771 \text{ kN}$
- Berat gording =  $L \times \text{berat gording} = 1,2218 \text{ kN}$
- Berat atap =  $\frac{a}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap} = 9,0766 \text{ kN}$
- Berat plafon =  $a \times L \times \text{berat atap} = 2,7716 \text{ kN}$
- Total P1 = 13,5471 kN

-

P3 (L3 = 7,345 m)

- Berat kuda-kuda = a x berat kuda-kuda = 0,2386 kN
- Berat gording = 2 x L x berat gording = 1,0944 kN
- Berat atap =  $\frac{a}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap} = 16,5732 \text{ kN}$
- Berat plafon =  $\frac{a}{2} + b \times L \times \text{berat atap} = 5,0607 \text{ kN}$
- Total P1 = 22,9668 kN

### 2.8.2 Perancangan *Beam-Column* atap

Profil penampang menggunakan profil IWF 300 x 150 x 6,5 x 9

Tabel 2.31 Japanese Industrial Standard G 3192  
(Japanese Industrial Standard (JIS) G 3192)

| Standard Sectional Dimension |             |          |          |         | Section Area<br>A<br>cm <sup>2</sup> | Unit Weight<br>kg/m | Informative Reference         |                       |                            |          |                       |                       |
|------------------------------|-------------|----------|----------|---------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| Nominal Dimensional<br>mm    | H x B<br>mm | t1<br>mm | t2<br>mm | r<br>mm |                                      |                     | Geometrical Moment Of Inertia |                       | Radius Of Gyration Of Area |          | Modulus Of Section    |                       |
|                              |             |          |          |         |                                      |                     | Ix<br>cm <sup>4</sup>         | Iy<br>cm <sup>4</sup> | Ix<br>cm                   | Iy<br>cm | Zx<br>cm <sup>3</sup> | Zy<br>cm <sup>3</sup> |
| 150 x 75                     | 150 x 75    | 5        | 7        | 8       | 17.85                                | 14.00               | 666                           | 50                    | 6.11                       | 1.66     | 8.88                  | 13.20                 |
| 150 x 100                    | 150 x 100   | 6        | 9        | 11      | 26.84                                | 21.10               | 1,020                         | 151                   | 6.17                       | 2.37     | 138.00                | 30.10                 |
| 200 x 100                    | 198 x 99    | 4.5      | 7        | 11      | 23.18                                | 18.20               | 1,580                         | 114                   | 8.26                       | 2.21     | 160.00                | 23.00                 |
|                              | 200 x 100   | 5.5      | 8        | 11      | 27.16                                | 21.30               | 1,840                         | 134                   | 8.24                       | 2.22     | 184.00                | 26.80                 |
| 200 x 150                    | 194 x 150   | 6        | 9        | 12      | 38.80                                | 30.60               | 2,675                         | 507                   | 8.30                       | 3.60     | 275.80                | 67.60                 |
| 250 x 125                    | 248 x 124   | 5        | 8        | 12      | 32.68                                | 25.70               | 3,540                         | 255                   | 10.40                      | 2.79     | 285.00                | 41.10                 |
|                              | 250 x 125   | 6        | 9        | 12      | 37.66                                | 29.60               | 4,050                         | 294                   | 10.40                      | 2.79     | 324.00                | 47.00                 |
| 300 x 150                    | 298 x 149   | 5.5      | 8        | 13      | 40.80                                | 32.00               | 6,320                         | 442                   | 12.40                      | 3.29     | 424.00                | 59.30                 |
|                              | 300 x 150   | 6.5      | 9        | 13      | 46.78                                | 36.70               | 7,210                         | 508                   | 12.40                      | 3.29     | 481.00                | 67.70                 |

Berdasarkan JIS G 3192 yang dapat dilihat pada Tabel 2.31 didapatkan:

- Ix = 72.100.000 mm<sup>4</sup>
- Iy = 5.080.000 mm<sup>4</sup>
- Rx = 124 mm
- Ry = 32,9 mm
- A = 4,678 mm<sup>2</sup>
- G = 77.221,3 MPa

Kapasitas Tekan

K desain = 0,65 dipakai ry = 32,9 mm (minimal)

$$\frac{K \cdot I_{cf}}{r_y} = 178,9 > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97$$

Maka



$$f_{cr} = 0,877F_e; \text{ dengan } F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot L \cdot c_y}{r_y}\right)^2} = 61,68 \text{ MPa}$$

$$f_{cr} = 54,09 \text{ MPa}$$

$$\phi P_n = 0,9 \times f_{cr} \times A_g = 227,73 \text{ kN}$$

Cek Kekompakan Penampang

Cek *Flange*

- $\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = 8,33; \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10,97; \lambda_r = \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 28,87$
- $\lambda < \lambda_p \rightarrow$  flange kompak

Cek *Web*

- $\lambda = \frac{h}{t_w} = 39,38; \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108,54; \lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 164,54$
- $\lambda < \lambda_p \rightarrow$  web kompak

Cek *Lateral Torsional Buckling (LTB)*

- $L_b = 9.055 \text{ mm} \rightarrow$  batang terpanjang
- $L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.671,54 \text{ mm}$
- $r_{ts} = \sqrt{\frac{\sqrt{I_y \times c_w}}{S_x}} = 39,21$
- $L_r = 1,95 \cdot r_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} = 4.986 \text{ mm}$

$L_b > L_r$  maka LTB terjadi secara elastis  $\rightarrow M_n = F_{cr} \times S_x \leq M_p$

Kapasitas Momen

$$M_p = F_y \cdot Z_x = 129,31 \text{ kNm}$$

Nilai  $C_b$

- $M_{max} = -1,6683 \text{ kNm}$
- $M_A = -0,3408 \text{ kNm}$
- $M_B = 1,0920 \text{ kNm}$
- $M_C = -0,3304 \text{ kNm}$

*Output ETABS* – Batang 4 – SW

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} = 1,98 \approx 2$$

- $F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{J C}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{R_{ts}}\right)^2} = 14,687 \text{ MPa}$
- $\phi M_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot S_x = 63,54 \text{ kNm}$

Persamaan Interaksi P & M

*Output ETABS* – BATANG 7 – 1,4 D ( $P_u = -39,5501 \text{ kN}$ )

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0,174 < 0,2 \rightarrow \frac{P_u}{2\phi P_n} + \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} = 0,113 < 1 \rightarrow \text{Aman}$$

Kapasitas Geser

- $h/t_w = 39,38 < 1,1 \sqrt{K_v \frac{E}{F_y}} = 73,38$   
 $k_v = 5,34$  ;  $C_v = 1$  ;  $\phi_v = 0,9$  ;  $A_w = d t_w = 1950 \text{ mm}^2$
- $\phi V_n = 0,9 \times 0,6 \times F_y \times C_v \times A_w$   
 $= 252,72 \text{ kN}$

Persamaan Interaksi V & M

*Output ETABS* – BATANG 4 – SW ( $V_u = -1,4247 \text{ kN}$ )

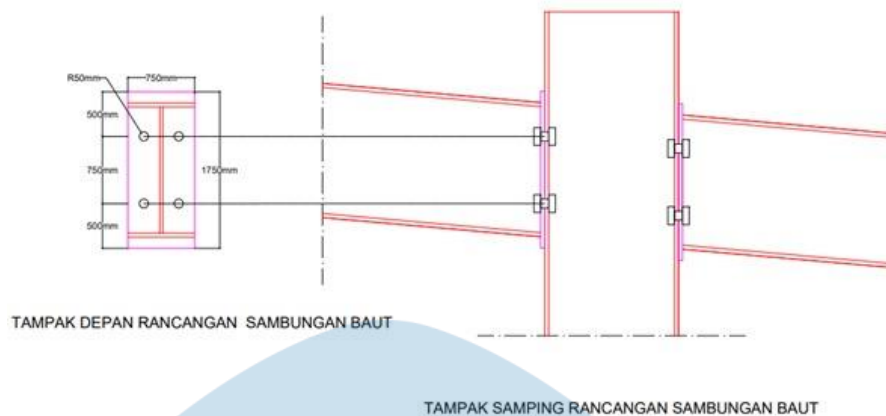
$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} = 0,3 < 1,375 \rightarrow \text{Aman}$$

Perhitungan desain dihitung pada batang dengan bentang terpanjang,  $M_u$  maks,  $V_u$  maks, dan  $P_u$  maks.

Dengan demikian semua batang yang didesain dengan menggunakan profil baja IWF 300 x 150 x 6,5 x 9 dapat dikatakan aman.

### 2.8.3 Perancangan sambungan atap

Rencana sambungan baut pada atap dapat dilihat pada Gambar 2.31.



Gambar 2.31 Rencana Sambungan Baut Pada Rangka Atap Baja.

Dengan data perancangan sebagai berikut:

- Mutu baut A307 :  $F_{nt} = 310 \text{ Mpa}$   
:  $F_{nv} = 188 \text{ MPa}$
- Diameter Baut M16 : 18 mm (lebih 2mm)
- Perencanaan Sambungan Pada Batang 4 – Kanan

*Bearing Deformation* (Untuk Semua Baut)

- $h = d_b + \text{lebih} = 20 \text{ mm}$
- $F_u = 420 \text{ MPa}$
- $t = 6,5 \text{ mm}$
- $R_n = 2,4 d \cdot t \cdot F_u = 117,94 \text{ kN}$
- $\phi R_n = 0,75 \times 117,94 = 88,45 \text{ kN}$

*Tear Out* Baut Dalam

- $S = 150 \text{ mm}$
- $h = 20 \text{ mm}$
- $l_c = S - h = 130 \text{ mm}$
- $R_n = 1,2 l_c \cdot t \cdot F_u = 425,88 \text{ kN}$
- $R_n \text{ use} = 117,94 \text{ kN} (117,94 < 425,88) \text{ (Terkecil)}$

*Tear Out* Baut Luar

- $h = 20 \text{ mm}$
- $l_e = 100 \text{ mm}$
- $l_c = l_e - h/2 = 90 \text{ mm}$

- $R_n = 1,2 l_c \cdot t \cdot F_u = 294,84 \text{ kN}$
- $R_n \text{ use} = 117,94 \text{ kN} (117,94 < 294,84) \text{ (Terkecil)}$

#### Kuat Geser Baut

- $d_b = 18 \text{ mm}$
- $A_b = \frac{1}{4} \pi 18^2 = 254,47 \text{ mm}^2$
- $F_{nv} = 188 \text{ MPa}$
- Jumlah bidang geser = 1
- $R_n = F_{nv} \cdot A_b = 47,84 \text{ kN}$
- $\phi R_n = 0,75 \times 47,84 = 35,88 \text{ kN}$

#### Kekuatan Sambungan Baut A307

- $\phi R_n \text{ (Baut dalam + luar)} = 0,75 (47,84 + 47,84) = 71,76 \text{ kN}$
- $n \text{ rencana baut} = \frac{V_u}{\phi R_n} = 0,02 \approx 1 \frac{2 \text{ baut}}{(1 \text{ dalam}, 1 \text{ luar})}$
- $n \text{ total baut} = 2 \times 2 \text{ baut} = 4 \text{ baut (2 sisi, 2 dalam, 2 luar)}$
- $\phi R_n \text{ (2x dalam + luar)} = 2 \times 71,76 = 143,52 \text{ kN}$

$\phi R_n > V_u \rightarrow$  Sambungan baut aman terhadap geser.

#### Tegangan Geser Perlu (n = 4 buah)

- $V_u = 1,4247 \text{ kN}$
- $V_u/\text{baut} = 0,356 \text{ kN/buah}$
- $F_{rv} = \frac{V_u/\text{baut}}{A_b} = 1,4 \text{ Mpa}$
- $F_{nt} = 310 \text{ MPa}$
- $\phi F_{nv} = 0,75 \times 188 = 141 \text{ MPa}$
- $F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} \cdot F_{rv} = 399,92 \text{ MPa}$

$F'_{nt} > f_{nt} \rightarrow$  maka  $F'_{nt} = 399,92 \text{ MPa}$

#### Pengaruh Momen

- $n = 2 \text{ (2 baut atas kiri-kanan)}$
- $d = 150 \text{ mm}$
- $M = n \cdot d \cdot r_t = 300 \text{ rt}$

- $\mu_u = M$

$$1.668,3 \text{ kNm} = 300 \text{ rt} \rightarrow \text{rt} = 5,56 \text{ kN}$$

Kuat Tarik

- $\phi R_n = 0,75 \cdot F'_{nt} \cdot A_b = 76,33 \text{ kN}$

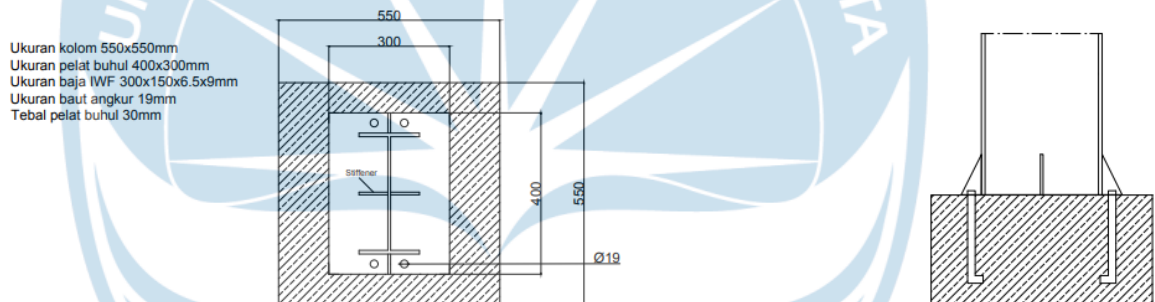
$\phi R_n > \text{rt} \rightarrow$  Sambungan baut aman terhadap tarik

Perhitungan dilakukan pada sambungan batang dengan  $\mu_u$  dan  $V_u$  terbesar.

Dengan demikian semua sambungan pada batang lain menggunakan sambungan baut yang berjumlah 4 baut.

### 2.8.4 Pengangkuran atap

Rencana sambungan angkur pada atap dapat dilihat pada Gambar 2.32.



Gambar 2.32 Rencana Pengangkuran Baja pada Kolom

Dengan data perancangan sebagai berikut:

- $F_{ysr} = 344,738 \text{ MPa}$
- $F_y = 240 \text{ MPa}$
- $F'_c = 25 \text{ MPa}$
- $E_s = 20.0000 \text{ MPa}$
- $E_c = 30.000 \text{ MPa}$
- $D_{\text{baut}} = 19,05 \text{ mm}$
- $A_{\text{baut}} = 285,023 \text{ mm}^2$
- $I_s = 5.080.000 \text{ mm}^4$
- $I_{sr} = 4 \times 285,023 \left( \frac{550 - 2 \times 37,5}{2} \right)^2 = 6,43083047 \times 10^7 \text{ mm}^4$
- $I_c = \frac{550 \times 550^3}{12} = 7,6255 \times 10^8 \text{ mm}^4$
- $L_c = 2,65$

## Perhitungan LRFD dan ASD

### Hitungan kolom beton

- $A_g = 550 \times 550 = 302.500 \text{ mm}^2$
- $A_c = 302.500 - 4678 - 1140,092 = 29.6681,908 \text{ mm}^2$

### Hitungan $P_{no}$ , berdasarkan AISC persamaan (I2-4)

$$\begin{aligned} P_{no} &= F_y \cdot A_s + F_{ysr} \cdot A_{sr} + 0,85 f'_c \cdot A_c \\ &= 240 \times 4.678 + 344,738 \times 1.140,092 + 0,85 \times 25 \times 296.681,908 \\ &= 7.820.243,525 \text{ N} = 7.820,2435 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Cek kekuatan beton menahan baja dan angkur, berdasarkan AISC persamaan (I2-7)

$$\begin{aligned} C1 &= 0,25 + 3 \left( \frac{4678+1140,0918}{302500} \right) \leq 0,7 \\ &= 0,3077 < 0,7 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

### Hitung $EI$ efektif, berdasarkan AISC persamaan (I2-6)

$$\begin{aligned} EI_{eff} &= 200.000 \times 5.080.000 + 0,5 \times 200.000 \times 64.308.304,7 + \\ &\quad 0,3077 \times 7,6255 \times 10^9 \times 30.000 \\ &= 77.838,0325 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$

### Hitungan $P_n$ , berdasarkan AISC persamaan (I2-5)

- $P_e = \frac{\pi^2 EI_{eff}}{L_c^2} = \frac{\pi^2 \times 7559,4487}{2,65^2} = 109.395,5982 \text{ kN}$
- $\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{7820,2435}{109395,5982} = 0,0715 < 2,25 \text{ (I2-2)}$

### Maka gunakan persamaan

- $P_n = P_{no} [0,658^{(P_{no}/P_e)}] = 7.820,2435 \times 0,658^{0,0715} = 7.589,724 \text{ kN}$

## Hitungan LRFD dan ASD

- LRFD

$$\phi_c P_n = 0,75 \times 7.589,724 = 5.692,2931 \text{ kN}$$

- ASD

$$P_n / \Omega_c = 7.589,724 / 2 = 3.794,8621 \text{ kN}$$

#### Periksa Gaya Tarik Pada Angkur Baut

- $T_{u1} = \frac{P_u}{n} = \frac{39550}{4} = 9.887,5 \text{ N}$
- $F_{ub} = 344,738 \text{ MPa}$
- $A_{baut} = 285,023 \text{ mm}^2$
- $T_n = 0,75 \cdot A_b \cdot f_{ub} = 73.693,6831 \text{ N}$
- $\phi_t T_n = 0,9 \times 73.693,6831 = 66.324,3148 \text{ N}$

$$\phi_t T_n > T_{u1} \text{ (Aman)}$$

#### Periksa Gaya Geser Angkur Baut

- $V_{u1} = \frac{V_u}{n} = \frac{1424,7}{4} = 356,175 \text{ N}$
- $A_b = 285,023 \text{ mm}^2$
- Jumlah penampang geser,  $m = 1$
- Faktor pengaruh ulir pada bidang geser  $r_1 = 0,4$
- $V_n = r_1 \cdot m \cdot A_b \cdot f_{ub} = 39,3033 \text{ kN}$
- $\phi_t V_n = 0,75 \times 39,3033 \text{ kN} = 29,4775 \text{ kN}$

$$\phi_t V_n > V_{u1} \text{ (Aman)}$$

#### Periksa Gaya Tumpu Pada Angkur Baut

- $R_{u1} = V_{u1} = 356,175 \text{ N} = 0,3562 \text{ kN}$
- $R_n = 2,4 \cdot d \cdot t \cdot f_u \text{ pelat}$   
 $= 2,4 \times 19,05 \times 30 \times 420$   
 $= 576,072 \text{ kN}$
- $\phi_f R_n = 0,75 \times 576,072 = 432,054 \text{ kN}$

$$\phi_f R_n > R_{u1} \text{ (Aman)}$$

#### Periksa Kombinasi Geser dan Tarik

Konstanta tegangan untuk baut mutu tinggi

- $f_1 = 807 \text{ MPa}$
- $f_2 = 621 \text{ MPa}$

Faktor pengaruh ulir pada bidang geser

- $r_2 = 1,9$

Tegangan geser akibat beban berfaktor

- $F_{uv} = \frac{V_u}{n \cdot A_b} = \frac{1424,7}{4 \times 285,023} = 1,25 \text{ MPa}$

Kuat geser angkur baut

- $\phi_f \cdot r_1 \cdot m \cdot f_{ub} = 0,75 \times 0,4 \times 1 \times 344,738 \text{ MPa} = 103,42 \text{ MPa}$

$\phi_f \cdot r_1 \cdot m \cdot f_{ub} > f_{uv}$  (Aman)

Gaya tarik akibat beban berfaktor

- $T_{u1} = 9.887,5 \text{ N}$

Tahanan tarik angkur baut

- $\phi_f \cdot T_n = \phi_f \cdot f_1 \cdot A_b = 172,5101 \text{ kN}$

$\phi_f \cdot f_1 \cdot A_b > T_{u1}$  (Aman)

Kuat tarik angkur baut

- $f_t = 0,75 \cdot f_{ub} = 0,75 \times 344,738 = 258,5535 \text{ MPa}$

Batas tegangan kombinasi

- $f_1 - r_2 \cdot f_{uv} = 807 - 1,9 \times 1,25 = 804,6257 \text{ MPa}$

$f_1 - r_2 \cdot f_{uv} > f_t$  (Aman)

## 2.9 Perancangan Balok

Balok merupakan struktur bangunan yang menerima beban dari pelat lantai dan disalurkan kepada kolom. Balok terdiri dari balok induk dan balok anak, dimana balok anak merupakan balok yang dipasang pada balok induk yang bertujuan untuk mengurangi defleksi pada pelat lantai.

### 2.9.1 Perancangan Balok Anak

Data Umum

- $b_w = 300 \text{ mm}$
- $h = 550 \text{ mm}$
- $D \text{ tul longi} = 22 \text{ mm}$



- D tul pol = 10 mm
- Selimut = 40 mm
- d = 489 mm
- F'c = 25 MPa
- Fy = 420 Mpa
- Fyt = 280 MPa

#### Output Midas Gen

- Vu lapangan = 203,91 kN
- Vu tumpuan = -218,69 kN
- Mu lapangan = 112,09 kNm
- Mu tumpuan = -184,97 kNm

#### Perancangan Tulangan Longitudinal Tumpuan

- $\beta_1 = 0,85$
- $a = 489 - \sqrt{489^2 - \frac{2 \times 184,87 \times 10^6}{0,9 \times 0,85 \times 25 \times 300}} = 71,055 \text{ mm}$
- $c = \frac{a}{\beta_1} = 83,594 \text{ mm} \rightarrow c \text{ max} = 0,375 d = 183,375 \text{ mm}$

$\rightarrow \phi = 0,9$

- $A_s = \frac{184,87 \times 10^6}{0,9 \times 420 \times (489 - \frac{71,055}{2})} = 1.078,508 \text{ mm}^2$
- Cek as min =  $\frac{1,4}{F_y} b_w \cdot d = 489 \text{ mm}^2$
- Cek as max =  $0,36 \cdot \beta_1 \cdot f'c \cdot b \cdot d / f_y = 2.672,036 \text{ mm}^2$

As min < As < As max

- As use = 1.078,508 mm<sup>2</sup>
- $n = \frac{A_s \text{ use}}{0,25 \pi 22^2} = 2,837 \approx 3 \text{ buah}$
- Spasi =  $\frac{b - 2 \times \text{selimut} - 2d \text{ sengkang} - D \text{ longi}}{n - 1} = 89 \text{ mm (as-as)}$

$\rightarrow 89 > 25 \text{ mm (ok)}$

$\rightarrow 89 > db (22 \text{ mm}) \text{ (ok)}$

$\rightarrow \text{Spasi max} = 380 \left( \frac{280}{\frac{2}{3} \times 420} \right) - 2,5 \times 40 = 280 \text{ mm}$

### Perancangan Tulangan Longitudinal Lapangan

- $\beta_1 = 0,85$
- $a = 489 - \sqrt{489^2 - \frac{2 \times 112,09 \times 10^6}{0,9 \times 0,85 \times 25 \times 300}} = 41,732 \text{ mm}$
- $c = \frac{a}{\beta_1} = 49,097 \text{ mm} \rightarrow c \text{ max} = 0,375 d = 183,375 \text{ mm}$

$\rightarrow \phi = 0,9$

- $A_s = \frac{112,09 \times 10^6}{0,9 \times 420 \times (489 - \frac{71,055}{2})} = 633,434 \text{ mm}^2$
- Cek as min  $= \frac{1,4}{F_y} b_w \cdot d = 489 \text{ mm}^2$
- Cek as max  $= 0,36 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot b \cdot d / f_y = 2.672,036 \text{ mm}^2$

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

- $A_s \text{ use} = 633,439 \text{ mm}^2$
- $n = \frac{A_s \text{ use}}{0,25 \pi 22^2} = 1,6667 \approx 2 \text{ buah}$
- Spasi  $= \frac{b - 2 \times \text{selimut} - 2d \text{ sengkang} - D \text{ longi}}{n - 1} = 89 \text{ mm (as-as)}$

$\rightarrow 89 > 25 \text{ mm (ok)}$

$\rightarrow 89 > db (22 \text{ mm}) \text{ (ok)}$

$\rightarrow \text{Spasi max} = 380 \left( \frac{280}{\frac{2}{3} \times 420} \right) - 2,5 \times 40 = 280 \text{ mm}$

### Perancangan Tulangan Geser Tumpuan

- $\phi V_c = \phi 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} b_w \cdot d = 93,521 \text{ kN}$

$\phi V_c < V_u$  maka perlu tulangan geser

- $\phi Y_s = 216,36 - 93,521 = 122,839 \text{ kN}$
- $V_s = \frac{125,169}{0,75} = 166,892 \text{ kN}$
- $0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 484.110 \text{ N}$
- $V_s = 166,892 \times 100 = 166.891 \text{ N}$

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

### Percobaan 2 kaki

- $S = \frac{A_v f_y t d}{v_s} = 128,87 \text{ mm}$
- $0,33 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 242.055 \text{ N}$
- $V_s = 166.892 \text{ N}$

$V_s < 242.055 \text{ N}$

- $S < d/2$  (244,5 mm) (ok)

Digunakan 2D10–100 mm

Perancangan Tulangan Geser Lapangan

- $\phi V_c = \phi 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 93,521 \text{ kN}$

$\phi V_c < V_u$  maka perlu tulangan geser

- $\phi Y_s = 216,36 - 93,521 = 122,839 \text{ kN}$

- $V_s = \frac{125,169}{0,75} = 163,785 \text{ kN}$

- $0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 484.110 \text{ N}$

- $V_s = 163,785 \times 1000 = 166.891 \text{ N}$

$V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$

Percobaan 2 kaki

- $S = \frac{A_v f_{yt} d}{v_s} = 131,314 \text{ mm}$

- $0,33 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 242.055 \text{ N}$

- $V_s = 163.785 \text{ N}$

$V_s < 242.055 \text{ N}$

- $S < d/2$  (244,5 mm) (ok)

Digunakan 2D10–130 mm

Rencana gambar penampang balok anak dapat dilihat pada Gambar 2.33

| Code: BA<br>Balok Anak | Ukuran 300X550 |            |            |
|------------------------|----------------|------------|------------|
|                        | Tumpuan        | Lapangan   | Tumpuan    |
| Penampang Melintang    |                |            |            |
| Tulangan Atas          | 3D22           | 2D22       | 3D22       |
| Tulangan Bawah         | 2D22           | 2D22       | 2D22       |
| Tulangan Puntir        | 2D22           | 2D22       | 2D22       |
| Sengkang               | 2D10 - 100     | 2D10 - 130 | 2D10 - 100 |

Gambar 2.33 Rencana Penampang Balok Anak.

## 2.9.2 Perancangan Balok Induk

Data Umum

Balok Induk I (400 x 500) mm<sup>2</sup>

- $M_u$  tumpuan ( $M^-$ ) = -236,65 kNm
- $M_u$  lapangan ( $M^+$ ) = 154,55 kNm
- $V_u$  tumpuan = 222,21 kN
- $V_u$  lapangan = 219,39 kN
- $M_n$  req tumpuan = 0259,611 kNm
- $M_n$  req lapangan = 181,722 kNm
- $f'_c$  = 25 MPa
- $f_y$  = 420 MPa
- $F_{yt}$  = 280 MPa
- $h$  = 500 mm
- $b_w$  = 400 mm
- selimut = 40 mm
- $D$  sengkang = 13mm
- $D$  longitudinal = 25mm

- $d = 434,5 \text{ mm}$
- $\beta_1 = 0,85$

Perancangan *Longitudinal* Tumpuan M –

- $a = 434,5 - \sqrt{434,5^2 - \frac{2 \times |-259,6111| \times 10^6}{0,9 \times 0,85 \times 25 \times 400}} = 77,141 \text{ mm}$
- $c = \frac{a}{\beta_1} = 90,754 \text{ mm}$
- $\epsilon_s = 0,003 \times \left(\frac{434,5 - 90,754}{90,754}\right) = 0,01136 \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_s > 0,005 \text{ (terkendali tarik)}$
- $As_{req} = 1561,192 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan = 3,18 buah
- Digunakan 4D25
- $As_{new} = 4 \times 0,25 \times \pi \times 25^2 = 1963 \text{ mm}^2$
- $a/d = 0,375 \beta_1$
- $0,17554 < 0,31875$
- $a/d < 0,375 \beta_1 \text{ (under-reinforced)}$

Hitung kebutuhan tulangan

- $As_{min 1} = \frac{1,4}{F_y} b_w \cdot d = 579,333 \text{ mm}^2$
- $As_{min 2} = 0,25 \times \sqrt{\frac{25}{420 \times 400 \times 434,5}} = 517,262 \text{ mm}^2$
- $As_{min use} = 579,333 \text{ mm}^2$
- $As_{max} = 3.365,643 \text{ mm}^2$

$As_{min} < As_{use} < As_{max} \text{ (ok)}$

Cek spasi

- $S = \frac{b - 2 \times \text{selimut beton} - 2d \text{ sengkang} - D}{n - 1} = 65 \text{ mm}$
- $S_{min1} = S > 25 \text{ (ok)}$
- $S_{min2} = S > db \text{ (ok)}$
- $S_{max} = 280 \text{ mm}$

Cek keamanan

- $a = 4 \times 0,25 \times \pi \times 25^2 \times \frac{420}{(0,85 \times 25 \times 400)} = 97,02 \text{ mm}$
- $c = \frac{a}{\beta_1} = 114,141 \text{ mm}$
- $\epsilon_s = 0,003 \times \left(\frac{434,5 - 114,141}{114,141}\right) = 0,0489 \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_s > 0,005 \text{ (terkendali tarik)}$

- $\phi M_n = 286,482 \text{ kNm}$
- $\phi M_n > M_u$  (ok)

#### Perancangan Longitudinal Lapangan M +

- $a = 434,5 - \sqrt{434,5^2 - \frac{2 \times |171,722| \times 10^6}{0,9 \times 0,85 \times 25 \times 400}} = 49,292 \text{ mm}$
- $c = 57,991 \text{ mm}$
- $\epsilon_s = 0,01948 \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_s > 0,005$  (terkendali tarik)
- $A_s \text{ req} = 997,571 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan = 2,032 buah
- Digunakan 3D25
- $A_s \text{ new} = 1.473 \text{ mm}^2$

#### Hitung kebutuhan tulangan

- $A_s \text{ min 1} = 579,333 \text{ mm}^2$
- $A_s \text{ min 2} = 517,262 \text{ mm}^2$
- $A_s \text{ min use} = 579,333 \text{ mm}^2$
- $A_s \text{ max} = 3.165,643 \text{ mm}^2$

$A_s \text{ min} < A_s \text{ use} < A_s \text{ max}$  (ok)

#### Cek spasi

- $S = 230 \text{ mm}$
- $S \text{ min1} = S > 25$  (ok)
- $S \text{ min2} = S > d_b$  (ok)
- $S \text{ max} = 280 \text{ mm}$

#### Cek keamanan

- $a = 72,765 \text{ mm}$
- $c = 85,606 \text{ mm}$
- $\epsilon_s = 0,01223 \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_s > 0,005$  (terkendali tarik)
- $\phi M_n = 221,613 \text{ kNm}$
- $\phi M_n > M_u$  (ok)

#### Cek syarat tulangan longitudinal

- $0,5 M_n - \text{joint} = 159,157 \text{ kNm}$
- $M_n + \text{joint} = 246,236 \text{ kNm}$

$M_n + \text{joint} > 0,5 M_n - \text{joint}$  (ok)

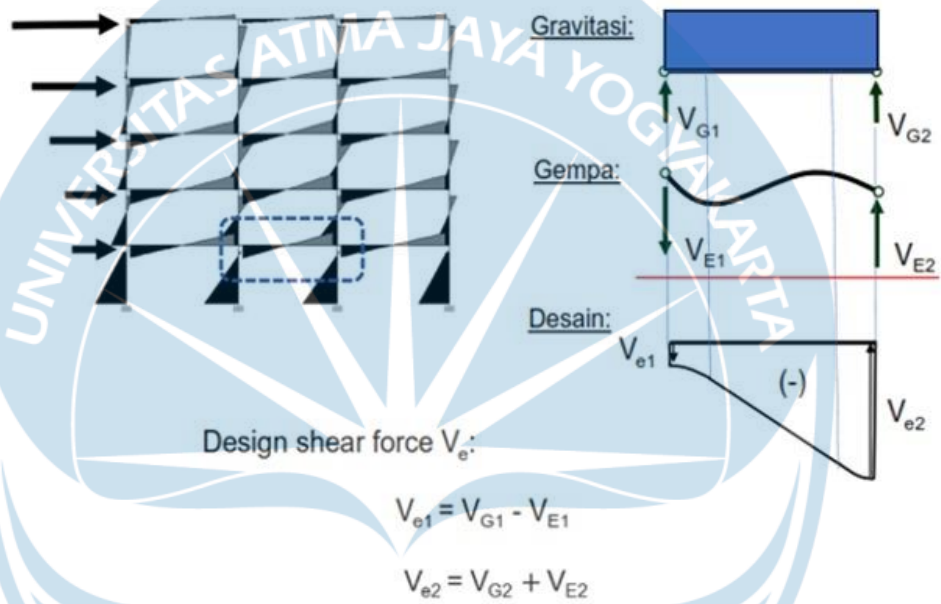
- $0,25 M_n \text{ max joint} = 79,578 \text{ kNm}$
- $M_n + = 246,236 \text{ kNm}$

$M_n + > 0,25 M_n \text{ max joint (ok)}$

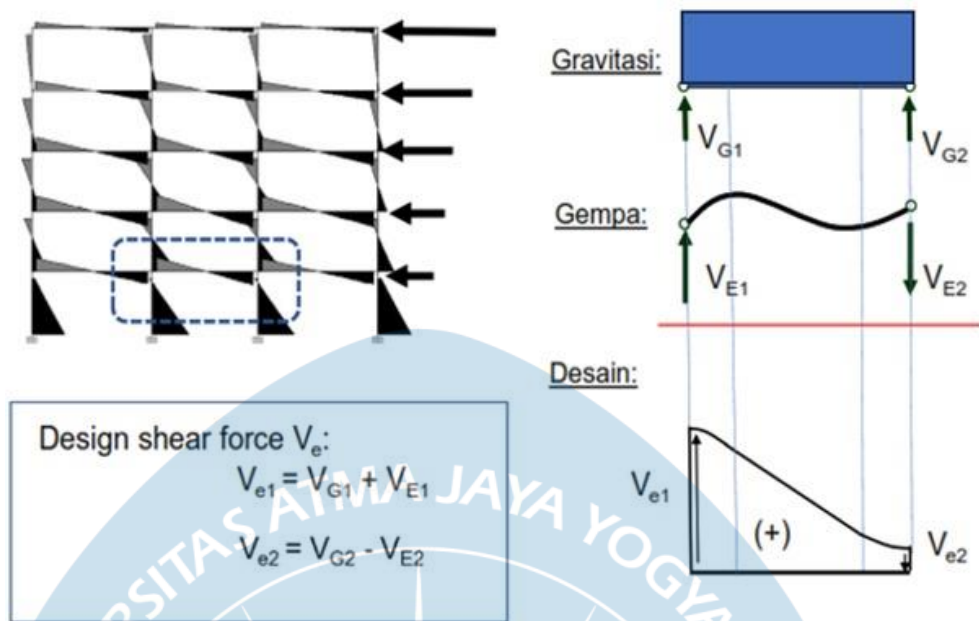
- $M_n - = 318,314 \text{ kNm}$

$M_n - > 0,25 M_n \text{ max joint (ok)}$

Saat keadaan gempa maka balok mengalami geser ke arah kiri atau kanan, gaya yang terjadi pada balok dapat dilihat pada Gambar 2.34 dan Gambar 2.35.



Gambar 2.34 Gaya Gempa Arah Kiri pada Balok Induk.



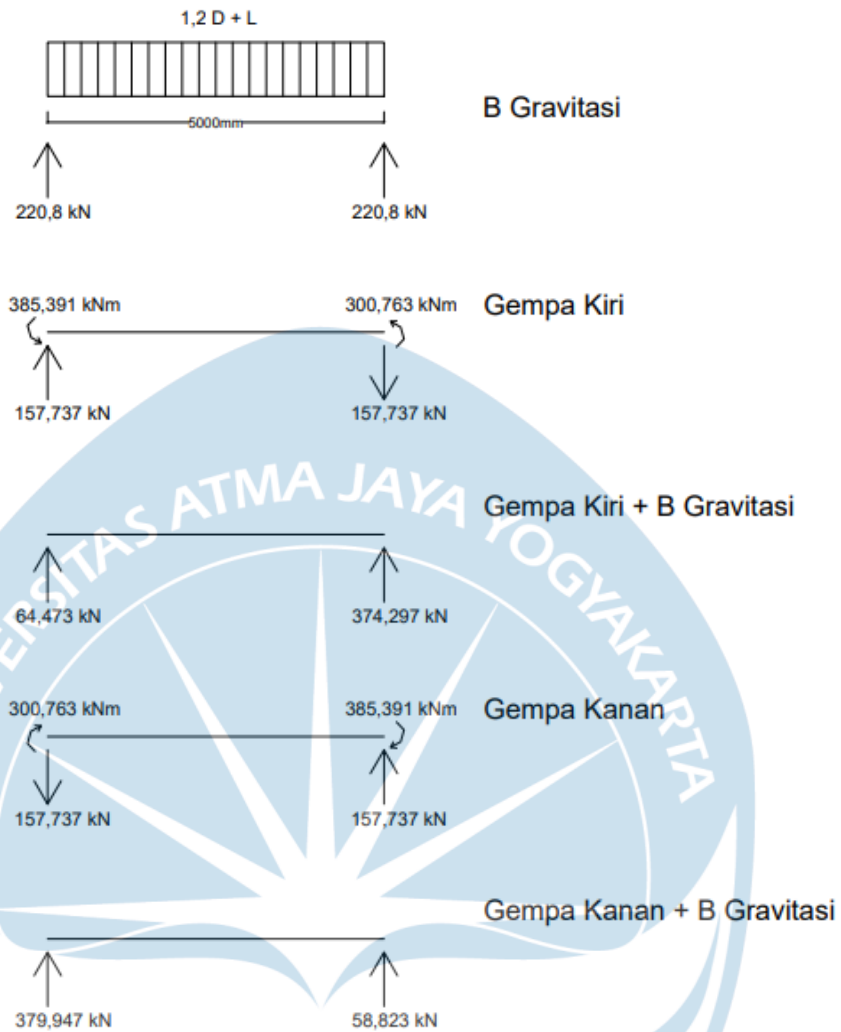
Gambar 2.35 Gaya Gempa Arah Kanan pada Balok Induk.

Perancangan Sengkang Tumpuan:

- $apr\ 1 = \frac{1,25 f_y \cdot As1}{0,85 f'c \cdot b} = 121,275\ mm$
- $mpr\ 1 = 1,25 f_y \cdot As1 \left( d - \frac{apr\ 1}{2} \right) = 385,391\ kNm$
- $apr\ 2 = \frac{1,25 f_y \cdot As2}{0,85 f'c \cdot b} = 90,956\ mm$
- $mpr\ 2 = 1,25 f_y \cdot As2 \left( d - \frac{apr\ 2}{2} \right) = 300,763\ kNm$
- $bw\ kolom = 650\ mm$
- $L = 5000\ mm$
- $ln = 4,35\ m$
- $Vg\ kiri = 222,21\ kN$
- $Vg\ kanan = 216,56\ kN$
- $VE\ kiri = \frac{Mpr\ x\ 2}{ln} = 157,737\ kN$
- $VE\ kanan = \frac{Mpr\ x\ 2}{ln} = 157,737\ kN$
- $Ve\ 1\ gempa\ kiri = VG\ kiri - VE\ kiri = 64,473\ kN$
- $Ve\ 2\ gempa\ kiri = VG\ kanan + VE\ kanan = 374,297\ kN$
- $Ve\ 1\ gempa\ kanan = VG\ kiri + VE\ Kiri = 379,947\ kN$
- $Ve\ 2\ gempa\ kanan = VG\ kanan - VE\ kanan = 58,828\ kN$

Gaya MPR pada balok dapat dilihat pada Gambar 2.36





Gambar 2.36 Gaya Gempa yang Bekerja pada Balok.

Hitung kebutuhan tulangan

- $P_u = 776 \text{ kN}$
- $A_g \cdot f'_c / 20 = \frac{(h \times b_w \times \frac{f'_c}{20})}{1000} = 250 \text{ kN}$

→  $P_u > A_g \cdot f'_c / 20$  (Di hitung  $V_c$ )

- $V_e = 379,947 \text{ kN}$
- $0,5 V_u = 111,105 \text{ kN}$

$V_e > 0,5 V_u$

Jika  $V_c$  tidak 0

- $V_c = 147,73 \text{ kN}$
- $V_s = 384,805 \text{ kN}$
- $S = 125,894 \text{ mm}$
- $S_{\text{use}} = 100 \text{ mm}$

Digunakan 3D13–100 mm

Cek spasi

- $V_s > 0,33 \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d$
- $S < d/4 = 108,625 \text{ mm (ok)}$

$S < 600 \text{ mm (ok)}$

Perancangan Senggang Lapangan

- $V_e \text{ lapangan g ki} = \frac{\ln - 2h}{\ln} (V_e \text{ gki max} - V_e \text{ gki min}) + V_e \text{ gki min} = 303,083 \text{ kN}$
- $V_e \text{ lapangan g ka} = \frac{\ln - 2h}{\ln} (V_e \text{ gka max} - V_e \text{ gka min}) + V_e \text{ gka min} = 306,125 \text{ kN}$
- $V_e \text{ lapangan} = 306,125 \text{ kN}$
- $V_c = 0,17 \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d = 147,730 \text{ kN}$
- $V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = 260,437 \text{ kN}$

Hitung kebutuhan senggang

Coba 3D13

- $A_v = 398,197 \text{ mm}^2$
- $S = 186,013 \text{ mm}$
- $S_{use} = 150 \text{ mm}$

Digunakan 3D13–150 mm

Cek spasi

- $V_s < 0,33 \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d = 147,730 \text{ kN}$
- $S < d/2 = 217,25 \text{ mm (ok)}$
- $S < 600 \text{ mm (ok)}$

Cek Torsi

- $A_{cp} = 400 \times 500 = 200.000 \text{ mm}^2$
- $P_{cp} = 2 (400 + 500) = 1800 \text{ mm}$
- $\phi T_{th} = 0,75 (0,083 \pi) \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} = 6,916 \text{ kNm}$
- $T_u = 34,07 \text{ kNm} \rightarrow \text{dari Midas Gen}$

$\phi T_{th} < T_u \rightarrow \text{puntir tidak diabaikan}$

Memeriksa batasan dimensi penampang

- $d = 500 - 40 - 13 - \frac{1}{2} \times 25 = 434,5 \text{ mm}$
- $V_c = 0,17 \pi \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 147,73 \text{ kN}$
- $\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 A_{oh^2}}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66\sqrt{f'_c}\right)$   
 $\sqrt{4,779 + 3,360} \leq 0,75 (0,85 + 3,3)$

$2,853 \leq 3,113 \rightarrow$  Dimensi penampang memenuhi syarat

Hitung kebutuhan total sengkang

$\rightarrow$  Dengan mengulang perhitungan yang sama sebelumnya didapat :

- $1/8 P h = 178,5 \text{ mm} \rightarrow$  digunakan  $S = 150 \text{ mm}$  ( $S < 300$ )
- $A_s \text{ min sengkang} = 75 \text{ mm}^2$
- $A_s k_{use} = 2 \pi \times \frac{1}{4} \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$

$A_s k_{use} > A_s \text{ min sengkang} \rightarrow$  Ok

Tentukan tulangan longitudinal torsi tambahan

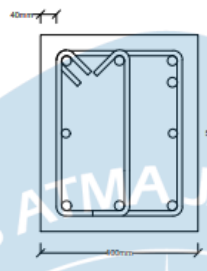
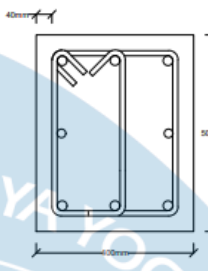
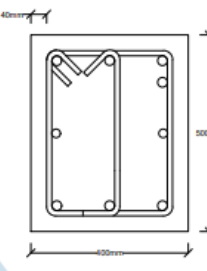
- $A_l = 727,123 \text{ mm}^2$
- $A_l \text{ min} = 272,877 \text{ mm}^2$

Coba 2 buah tul. D22

- $2 A_s l \text{ D22} = 2 \pi \times \frac{1}{4} \times 22^2 = 760,265 \text{ mm}^2$

$A_s \text{ use} > A_l \rightarrow$  Ok

Tulangan puntir disebar di sisi samping balok, 1 di sisi kiri dan 1 di sisi kanan balok, gambar penampang balok dapat dilihat pada Gambar 2.37.

| Code: BI 1<br>Balok Induk | Ukuran 400X500  |  |   |
|---------------------------|---|--|---|
|                           | Tumpuan   | Lapangan   | Tumpuan   |
| Penampang Melintang       |  |  |  |
| Tulangan Atas             | 4D25  | 3D25   | 4D25  |
| Tulangan Bawah            | 3D25  | 3D25   | 3D25  |
| Tulangan Puntir           | 2D22  | 2D22   | 2D22  |
| Sengkang                  | 3D13 - 100  | 3D13 - 150   | 3D13 - 100  |

Gambar 2.37 Rencana penampang balok ukuran 400 x 500

Data rekapitulasi penulangan balok induk dapat dilihat tabel 2.32.

Tabel 2.32 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

|                         | Balok Induk I<br>(400 x 500) mm <sup>2</sup> | Balok Induk II<br>(400 x 800) mm <sup>2</sup> | Balok Induk III<br>(400 x 700) mm <sup>2</sup> |
|-------------------------|--|---|--|
| Mu tumpuan (M-)         | -233,65 kNm                                  | -557,25 kNm                                   | -442,07 kNm                                    |
| Mu lapangan<br>(M+)     | 154,55 kNm                                   | 428,25 kNm                                    | 428,25 kNm                                     |
| Vu tumpuan              | 222,21 kN                                    | 546,89 kN                                     | 546,89 kN                                      |
| Vu lapangan             | 219,39 kN                                    | 543,05 kN                                     | 543,05 kN                                      |
| Mn req tumpuan          | -259,611 kNm                                 | -619,167 kNm                                  | -491,189 kNm                                   |
| Mn req lapangan         | 171,722 kNm                                  | 475,833 kNm                                   | 475,833 kNm                                    |
| D sengkang              | 13 mm  | 13 mm   | 13 mm  |
| D longitudinal          | 25 mm  | 25 mm   | 25 mm  |
| d                       | 434,5 mm                                     | 734,5 mm                                      | 634,5 mm                                       |
| Longitudinal tumpuan M- |  |   |  |

Tabel 2.32 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

|                          | Balok Induk I<br>(400 x 500) mm <sup>2</sup> | Balok Induk II<br>(400 x 800) mm <sup>2</sup> | Balok Induk III<br>(400 x 700) mm <sup>2</sup> |
|--------------------------|--|---|--|
| a                        | 77,141 mm                                    | 106,962 mm                                    | 98,761 mm                                      |
| c                        | 90,754 mm                                    | 125,838 mm                                    | 116,189 mm                                     |
| εs                       | 0,01136                                      | 0,01451                                       | 0,01338  |
| As req                   | 1.561,192 mm <sup>2</sup>                    | 2.164,707 mm <sup>2</sup>                     | 1998,732 mm <sup>2</sup>                       |
| Jumlah tulangan          | 3,18   | 4,41  | 4,072  |
| Digunakan                | 4D25   | 5D25  | 5D25   |
| As new                   | 1.963 mm <sup>2</sup>                        | 2.454 mm <sup>2</sup>                         | 2454 mm <sup>2</sup>                           |
| S                        | 65 mm  | 42 mm   | 42 mm  |
| φMn                      | 286,482 kNm                                  | 625,177 kNm                                   | 532,402 kNm                                    |
| Longitudinal lapangan M+ |  |   |  |
| a                        | 49,292 mm                                    | 80,643 mm                                     | 95,399 mm                                      |
| c                        | 57,991 mm                                    | 94,24 mm                                      | 112,235 mm                                     |
| εs                       | 0,01948                                      | 0,02023                                       | 0,01396  |
| As req                   | 997,581 mm <sup>2</sup>                      | 1.632,053 mm <sup>2</sup>                     | 1.930,702 mm <sup>2</sup>                      |
| Jumlah tulangan          | 2,032 buah                                   | 3,325 buah                                    | 3,933 buah                                     |
| Digunakan                | 3D25   | 4D25  | 4D25   |
| As new                   | 1.473 mm <sup>2</sup>                        | 1.963 mm <sup>2</sup>                         | 1.963 mm <sup>2</sup>                          |
| S                        | 110 mm                                       | 65 mm   | 65 mm  |
| φMn                      | 221,613 kNm                                  | 509,143 kNm                                   | 434,923 kNm                                    |
| Mn- joint                | 318,314 kNm                                  | 694,641 kNm                                   | 591,558 kNm                                    |
| Mn+ joint                | 246,236 kNm                                  | 565,714 kNm                                   | 483,247 kNm                                    |
| Sengkang tumpuan         |  |   |  |
| apr 1                    | 121,275 mm                                   | 151,593 mm                                    | 151.593 mm                                     |
| Mpr 1                    | 385,391 kNm                                  | 848 kNm                                       | 719,914 kNm                                    |
| apr 2                    | 90,956 mm                                    | 121,275 mm                                    | 121,275 mm                                     |
| Mpr 2                    | 300,763 kNm                                  | 694,641 kNm                                   | 591,558 kNm                                    |
| Vg kiri                  | 222,21 kN                                    | 546,89 kN                                     | 195,895 kN                                     |
| Vg kanan                 | 216,56 kN                                    | 539,2 kN                                      | 195,895 kN                                     |
| Ve kiri                  | 157,737 kN                                   | 200,892 kN                                    | 190,203 kN                                     |

Tabel 2.32 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

|                   | Balok Induk I<br>(400 x 500) mm <sup>2</sup> | Balok Induk II<br>(400 x 800) mm <sup>2</sup> | Balok Induk III<br>(400 x 700) mm <sup>2</sup> |
|-------------------|--|---|--|
| Ve kanan          | 157,737 kN                                   | 200,892 kN                                    | 190,203 kN                                     |
| Ve1 gempa kiri    | 64,473 kN                                    | 345,998 kN                                    | 161,965 kN                                     |
| Ve2 gempa kiri    | 374,297 kN                                   | 740,092 kN                                    | 545,845 kN                                     |
| Ve1 gempa kanan   | 379,947 kN                                   | 747,782 kN                                    | 553,755 kN                                     |
| Ve2 gempa kanan   | 58,823 kN                                    | 338,308 kN                                    | 154,055 kN                                     |
| Pu                | 776 kN                                       | 1.137,89 kN                                   | 769,86 kN                                      |
| Ag fc'/20         | 250 kN                                       | 400 kN  | 350 kN   |
| Ve                | 379,947 kN                                   | 747,782 kN                                    | 553,755 kN                                     |
| 0,5 Vu            | 111,105 kN                                   | 273,445 kN                                    | 178,93 kN                                      |
| Vc                | 147,730 kN                                   | 249,73 kN                                     | 215,73 kN                                      |
| Vs                | 384,805 kN                                   | 747,312 kN                                    | 522,61 kN                                      |
| S                 | 125,894 mm                                   | 146,11 mm                                     | 180,488 mm                                     |
| Digunakan         | 3D13–100 mm                                  | 4D13–100 mm                                   | 4D13–100 mm                                    |
| Sengkang lapangan |  |   |  |
| Ve lapangan g ki  | 303,073 kN                                   | 665,471 kN                                    | 472,725 kN                                     |
| Ve lapangan g ka  | 306,125 kN                                   | 670,248 kN                                    | 477,622 kN                                     |
| Ve lapangan       | 306,125 kN                                   | 670,248 kN                                    | 477,725 kN                                     |
| Vc                | 147,730 kN                                   | 249,73 kN                                     | 215,73 kN                                      |
| Vs                | 260,437 kN                                   | 643,934 kN                                    | 421,099 kN                                     |
| Digunakan         | 3D13   | 4D13  | 4D13   |
| S                 | 186,013 mm                                   | 169,567 mm                                    | 169,568 mm                                     |
| Digunakan         | 3D13–150 mm                                  | 4D13–150 mm                                   | D13–150 mm                                     |

### 2.9.3 Perancangan Sloof

Perancangan pada sloof dilakukan sesuai dengan cara balok induk. Berdasarkan perhitungan balok induk maka diperoleh perencanaan sloof sebagai berikut:

- Ukuran balok sloof = 300 x 400
- Tulangan Longitudinal atas = 3D19
- Tulangan Longitudinal bawah = 3D19

- Tulangan Sengkang Tumpuan = 3D13-125
- Tulangan Sengkang Lapangan = 3D13-125
- Tulangan Puntir = 4D19

Gambar rencana penulangan balok sloof dapat dilihat pada Gambar 2.38.

| Code: S 1<br>Sloof  | Ukuran 300X400 |            |            |
|---------------------|----------------|------------|------------|
|                     | Tumpuan        | Lapangan   | Tumpuan    |
| Penampang Melintang |                |            |            |
| Tulangan Atas       | 3D19           | 3D19       | 3D19       |
| Tulangan Bawah      | 3D19           | 3D19       | 3D19       |
| Tulangan Puntir     | 4D19           | 4D19       | 4D19       |
| Sengkang            | 3D13 - 125     | 3D13 - 125 | 3D13 - 125 |

Gambar 2.38 Gambar Penampang Sloof

## 2.10 Perancangan Kolom

Kolom merupakan struktur bangunan yang menerima seluruh beban dari semua bagian struktur yang disalurkan ke fondasi. Perancangan kolom melalui diagram interaksi kolom menggunakan *software* SPCOLUMN.

Perhitungan pada tulangan *Longitudinal* kolom:

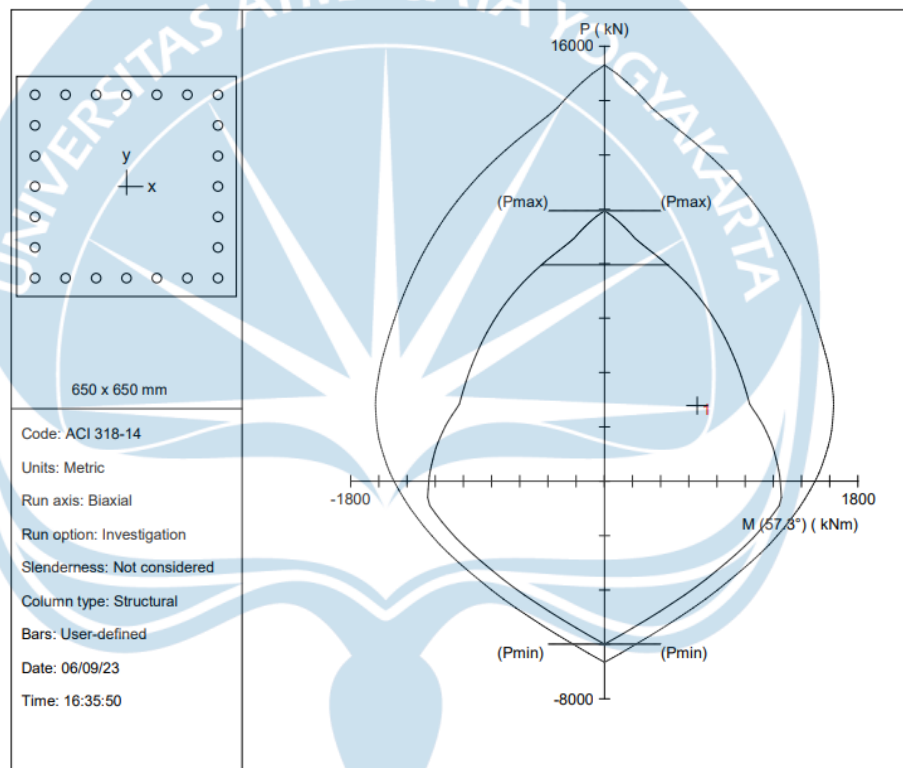
Data balok

- $M_{nb\ ka} (-) = 694,641\text{ kNm}$
- $M_{nb\ ki} (+) = 431,786\text{ kNm}$

Data kolom 650 x 650 lantai 1

- $P_u = 2.922,11 \text{ kN}$
- $M_{ux} = 390,25 \text{ kNm}$
- $M_{uy} = 590,86 \text{ kNm}$
- $\phi M_{nx} = 563,61 \text{ kNm}$
- $\phi M_{ny} = 853,33 \text{ kNm}$
- $M_{nx} = 867,092 \text{ kNm}$
- $M_{ny} = 1.312,815 \text{ kNm}$

Hasil *output* kolom 650 x 650 lantai 1 dapat dilihat pada Gambar 2.39.



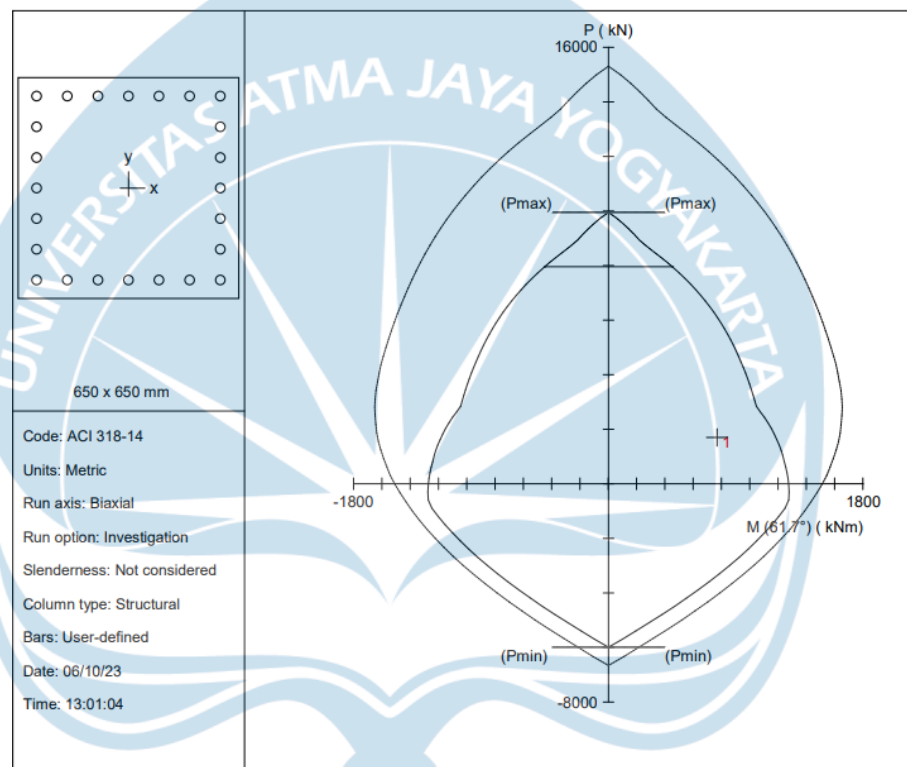
Gambar 2.39 Diagram Interaksi Kolom 650 x 650 pada lantai 1 oleh SPCOLUMN.

Data kolom 650 x 650 lantai 2

- $P_u = 1.697,05 \text{ kN}$
- $M_{ux} = 363,31 \text{ kNm}$
- $M_{uy} = 675,47 \text{ kNm}$
- $\phi M_{nx} = 559,88 \text{ kNm}$
- $\phi M_{ny} = 1.040,93 \text{ kNm}$
- $M_{nx} = 779,777 \text{ kNm}$
- $M_{ny} = 1.449,763 \text{ kNm}$



Hasil *output* kolom 650 x 650 dapat dilihat pada Gambar 2.40



Gambar 2.40 Diagram Interaksi Kolom 650 x 650 pada lantai 2 (SPCOLUMN)

#### Rekapitulasi

- $M_{nc}$  lantai 1 = 867,092 kNm
- $M_{nc}$  lantai 2 = 779,777 kNm

#### Jumlah tulangan longitudinal terpasang

- $\rho = 3,75 \% < 4 \% \rightarrow \text{Ok}$

#### Cek strong column weak beam

- $\Sigma M_{nc} > 1,2 \Sigma M_{nb}$

- $(967,092 + 779,777) > 1,2 (694,641 + 431,786)$
- $1.646,869 > 1.351,713 \rightarrow \text{Ok}$

#### Data kolom & balok

- h balok = 800 mm
- b kolom = 650 mm
- h kolom = 650 mm
- $f'c$  = 25 MPa
- $F_y$  = 420 MPa
- $F_{yt}$  = 280 MPa
- $P_u \text{ min}$  = 1.697,05 kN
- $P_u \text{ max}$  = 2.922,11 kN
- $V_u$  = 226,36 kN
- Selimut = 40 mm
- $M_{nb \text{ ka}} (-)$  = 694,641 kNm
- $M_{nb \text{ ki}} (+)$  = 431,786 kNm
- $h_1$  (lantai 1) = 4,6 m
- $h_2$  (lantai 2) = 4 m
- $I_1$  =  $1,5 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $I_2$  =  $1,5 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $K_1$  = 0,535
- $K_2$  = 0,465

#### Berdasarkan kuat geser kolom

- Hitung  $M_{pr}$  kolom
- $M_{prb \text{ ki}} (-)$  =  $1,25 \times 694,641 = 868,302 \text{ kNm}$
- $M_{prb \text{ ki}} (+)$  =  $1,25 \times 431,786 = 539,733 \text{ kNm}$
- $M_{prb \text{ ka}} (-)$  =  $1,25 \times 694,641 = 868,302 \text{ kNm}$
- $M_{prb \text{ ka}} (+)$  =  $1,25 \times 431,786 = 539,733 \text{ kNm}$
- $M_{prkb \ 1}$  =  $0,535 \times (868,302 + 539,733) = 753,13 \text{ kNm}$
- $M_{prkb \ 2}$  =  $0,465 \times (868,302 + 539,733) = 654,90 \text{ kN}$

#### Hitung gaya geser kolom

- $L_n$  = 4,2 m

- $M_{prk 1} = 753,13 \text{ kNm}$
- $M_{prk 2} = 654,90 \text{ kNm}$
- $V_e = \frac{(753,13+654,90)}{4,2} = 335,246 \text{ kN}$

$V_u < V_e \rightarrow V_u \text{ dipakai} = V_e = 335,246 \text{ kN}$

$V_e > \frac{1}{2} V_u, P_u > \frac{1}{20} A_g f'_c$

- $V_c = 0,17 \pi \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 321.831,25 \text{ N}$
- $V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = 125.163,88 \text{ N}$
- $d = 650 - 40 - 13 - 29/2 = 582,5 \text{ mm}$
- $A_{v/s} = \frac{V_s}{F_{yt} \cdot d} = 0,767 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Berdasarkan pengekanan inti beton

- $P_u = 2.922,110 \text{ N}$
- $0,3 f'_c \cdot A_g = 3.168.750 \text{ N}$
- $F'_c = 25 \text{ MPa} \rightarrow f'_c < 70 \text{ MPa}$
- $b_c = 650 - 2 \times 40 = 570 \text{ mm}$
- $A_g = 650 \times 650 = 422.500 \text{ mm}^2$
- $A_{ch} = (650 - 2 \times 40) (650 - 2 \times 40) = 324.900 \text{ mm}^2$
- $A_{sh/s} = 0,3 b_c \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{F'_c}{F_{yt}} = 4,586 \text{ mm}^2/\text{mm}$
- $A_{sh/s} = 0,09 b_c \frac{F'_c}{F_{yt}} = 4,580 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Digunakan kebutuhan yang terbesar untuk daerah  $I_o = 4,586 \text{ mm}^2/\text{mm}$

- Misal gunakan  $s = 100 \text{ mm}$
- $A_{sh} = 4,586 \times 100 = 458,647 \text{ mm}^2$
- Digunakan sengkang D13
- $A_v \text{ 1 kaki} = \frac{1}{4} \pi 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2$
- $n \text{ tulangan} = 3,455 \approx 4 \text{ buah}$
- Maka digunakan 4D13–100 mm

Cek spasi sengkang di daerah  $I_o$

- $\frac{1}{4} \times 650 = 162,5 \text{ mm}$
- $6 \text{ db} = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$
- $n \text{ tul vertikal} = 7 \text{ buah}$

- $S = \frac{650 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 0,5 \times 29}{7 - 1} = 85,83 \text{ mm}$
- $hx = 2 \times 85,83 = 171,667 \text{ mm}$
- $So = 100 + \left(\frac{350 - 171,667}{3}\right) = 159,444 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} < So < 150 \text{ mm} \rightarrow \text{ok}$

Kebutuhan sengkang di luar daerah Io

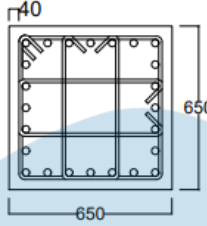
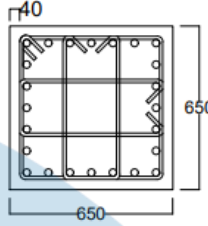
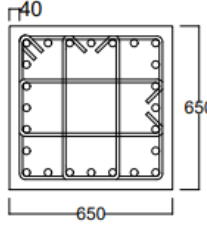
- $d = 582,5 \text{ mm}$
- $V_u = 335,246 \text{ kN}$
- $V_c = 321,831 \text{ kN}$
- Misal gunakan jarak sengkang  $S = 150 \text{ mm}$
- Coba 2 kaki
- $A_v \text{ 1 kaki} = 132,732 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{2 A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{V_s} = 345,925 \text{ mm}$
- $A_v \text{ min} = 0,062 \sqrt{25} \frac{650 \times 345,925}{280} = 107,946 \text{ mm}^2$
- $A_v \text{ min} = 0,35 \frac{650 \times 345,925}{280} = 121,875 \text{ mm}^2$

Dapat digunakan 2D13–150 mm

Cek spasi sengkang di luar daerah Io

- $6 db = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$
- $S \text{ max} = 150 \text{ mm} \rightarrow \text{ok}$

Rencana penulangan pada kolom 650 x 650 dapat dilihat pada Gambar 2.41.

| Code: K1 L1<br>Kolom Lantai 1 | Ukuran 650X650  |  |   |
|-------------------------------|---|--|---|
|                               | Tumpuan   | Lapangan   | Tumpuan   |
| Penampang Melintang           |  |  |  |
| Tulangan Kolom                | 24D29   | 24D29  | 24D29   |
| Sengkang                      | 4D13 - 100  | 4D13 - 150   | 4D13 - 100  |

Gambar 2.41 Rencana Penulangan pada Kolom 650 x 650.

Kebutuhan tulangan longitudinal lantai 3 diteruskan sama dengan kebutuhan tulangan longitudinal pada kolom di bawahnya lantai 1 & lantai 2.

Kebutuhan tulangan sengkang pada lantai 3 juga disamakan dengan kolom di bawahnya.

Data rekapitulasi perancangan tulangan kolom K1 (650 x 650) mm<sup>2</sup> dapat dilihat Tabel 2.33.

Tabel 2.33 Rekapitulasi Perancangan Tulangan Kolom K1.

| Gaya dalam | Lantai 1    | Lantai 2    | Lantai 3  |
|------------|-------------|-------------|-----------|
| Pu max     | 2.922,11 kN | 1.697,05 kN | 111,69 kN |
| Mux max    | 390,25 kNm  | 363,31 kNm  | 39,56 kNm |
| Muy max    | 590,86 kNm  | 675,47 kNm  | 45,5 kNm  |
| Vu max     | 226,36 kN   | 302,17 kN   | 11,3 kN   |

Gaya dalam lantai 1 > Gaya dalam lantai 2 > Gaya dalam lantai 3

Data penulangan longitudinal balok dapat dilihat pada Tabel 2.34.

Tabel 2.34 Penulangan Longitudinal Balok.

| Longitudinal balok | Lantai 1    | Lantai 2    | Lantai 3 |
|--------------------|-------------|-------------|----------|
| Mn +               | 431,786 kNm | 565,714 kNm | –        |
| Mn –               | 694,641 kNm | 694,641 kNm | –        |
| Tumpuan            | 5D25        | 5D25        | –        |
| Lapangan           | 3D25        | 4D25        | –        |

Data penulangan longitudinal kolom dapat dilihat pada Tabel 2.35.

Tabel 2.35 Penulangan Longitudinal Kolom.

| Longitudinal kolom | Lantai 1 | Lantai 2 | Lantai 3 |
|--------------------|----------|----------|----------|
| Tumpuan            | 24D29    | 24D29    | 24D29    |
| Lapangan           | 24D29    | 24D29    | 24D29    |

Data penulangan sengkang kolom dapat dilihat pada Tabel 2.36.

Tabel 2.36 Penulangan Sengkang Kolom.

| Sengkang kolom | Lantai 1 | Lantai 2 | Lantai 3 |
|----------------|----------|----------|----------|
| Tumpuan        | 4D13–100 | 4D13–100 | 4D13–100 |
| Lapangan       | 4D13–150 | 4D13–150 | 4D13–150 |

Data rekapitulasi perancangan tulangan kolom K2 (550 x 550) mm<sup>2</sup> dapat dilihat Tabel 2.37.

Tabel 2.37 Rekapitulasi Perancangan Tulangan Kolom K2.

| Gaya dalam | Lantai 1    | Lantai 2   | Lantai 3  |
|------------|-------------|------------|-----------|
| Pu max     | 1.203,63 kN | 676,79 kN  | 95,87 kN  |
| Mux max    | 218,9 kNm   | 188,68 kNm | 39,91 kNm |
| Muy max    | 248,44 kNm  | 204,79 kNm | 49,74 kNm |
| Vu max     | 95,24 kN    | 91,17 kN   | 12,36 kN  |

Gaya dalam lantai 1 > Gaya dalam lantai 2 > Gaya dalam lantai 3

Data penulangan longitudinal balok dapat dilihat pada Tabel 2.38.

Tabel 2.38 Penulangan Longitudinal Balok.

| Longitudinal balok | Lantai 1    | Lantai 2    | Lantai 3 |
|--------------------|-------------|-------------|----------|
| Mn +               | 292,858 kNm | 292,858 kNm | –        |
| Mn –               | 431,786 kNm | 431,786 kNm | –        |
| Tumpuan            | 3D25        | 3D25        | –        |
| Lapangan           | 2D25        | 2D25        | –        |

Data penulangan longitudinal kolom dapat dilihat pada Tabel 2.39.

Tabel 2.39 Penulangan Longitudinal Kolom.

| Longitudinal kolom | Lantai 1 | Lantai 2 | Lantai 3 |
|--------------------|----------|----------|----------|
| Tumpuan            | 16D25    | 16D25    | 16D25    |
| Lapangan           | 16D25    | 16D25    | 16D25    |

Data penulangan sengkang kolom dapat dilihat pada tabel 2.40.

Tabel 2.40 Penulangan Sengkang Kolom.

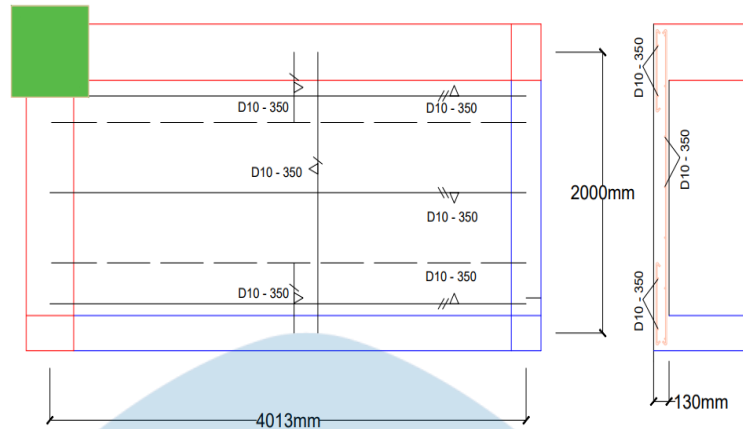
| Sengkang kolom | Lantai 1 | Lantai 2 | Lantai 3 |
|----------------|----------|----------|----------|
| Tumpuan        | 4D13–100 | 4D13–100 | 4D13–100 |
| Lapangan       | 4D13–150 | 4D13–150 | 4D13–150 |

## 2.11 Perancangan Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan bagian struktur yang menerima beban dari aktivitas manusia yang akan disalurkan kepada balok. Pelat lantai terdiri dari dua jenis berdasarkan arah momen pelat yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Untuk mengetahui arah momen dari pelat tersebut dapat dilakukan pengukuran dimensi panjang pelat dibagi dimensi pendek pelat dimana  $L_y/L_x \geq 2$  akan dikategorikan sebagai pelat satu arah, sedangkan  $L_y/L_x < 2$  akan dikategorikan sebagai pelat dua arah.

### 2.11.1 Perancangan Pelat Satu Arah

Data umum menggunakan pelat tipe N11-N15, contoh penampang pelat dapat dilihat pada Gambar 2.42.



Gambar 2.42 Penampang Pelat Satu Arah.

- $b_w$  induk = 400 mm
- $b_w$  anak = 250 mm
- $b_w$  = 325 mm
- $L_y/L_x$  = 2,23
- $h$  min = 130 mm
- $l_n$  =  $l_x - b_w = 1675$  mm

#### Analisis pembebanan

- Berat sendiri =  $4,8/4,8 \times 130/1000 \times 24 = 3,12$  kN/m<sup>2</sup>
- Berat *finishing* =  $0,05 \times 22 = 1,1$  kN/m<sup>2</sup>
- Berat plafon = 0,2 kN/m<sup>2</sup>
- Berat instalasi ME = 0,5 kN/m<sup>2</sup>
- Total DL = 0,5 kN/m<sup>2</sup>

$$LL = 4,79 \text{ kN/m}^2 \rightarrow LL < 2DL \text{ (Aman)}$$

- $qu_1$  =  $1,4 \times \text{total DL} = 6,888$  kN/m<sup>2</sup>
- $qu_2$  =  $1,2 \times \text{total DL} + 1,6 \times LL = 13,568$  kN/m<sup>2</sup>
- $Max qu$  = 13,568 kN/m<sup>2</sup> (Dipilih yang terbesar)
- $M (-)$  Tumpuan =  $-0,1 \times 13,568 \times 1.675^2 = -3.606.682$  Nmm
- $M (+)$  Lapangan =  $0,0625 \times 13,568 \times 1.675^2 = 2.379.179$  Nmm

#### Kuat geser beton

- $b$  pelat = 1000 mm
- $h$  pelat = 130 mm
- selimut = 20 mm
- $D$  tulangan = 10 mm
- $f'_c$  = 25 MPa



- $F_y = 420 \text{ MPa}$
  - $d_s = h \text{ pelat} - \text{selimut} - dtulangan/2 = 105 \text{ mm}$
  - $\phi V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{2,5} \times 1000 \times d_s = 66.937,5 \text{ N}$
- $\phi V_c > V_u$  (Aman)

Koefisien tahanan lentur

- $K_1 = 0,384$  (Tumpuan)
- $K_2 = 0,24$  (Lapangan)

Rasio penulangan

- $\beta_1 = 0,85$
- $\rho$  (tumpuan)  $= \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 K}{0,85 f'_c}} \right) = 0,000922$
- $\rho$  maks  $= 0,36 \times \frac{0,85 f'_c \beta_1}{f_y} = 0,015482$
- $\rho$  lapangan  $= 0,00574$
- $\rho$  maks  $= 0,015482$

Kebutuhan tulangan – tumpuan

- $A_s = 0,000922 \times 1000 \times 105 = 96,782 \text{ mm}^2$
- $A_s \text{ min } 1 = 0,0018 \times 420 / 420 \times 1000 \times 105 = 189 \text{ mm}^2$
- $A_s \text{ min } 2 = 0,0014 \times 1000 \times 105 = 147 \text{ mm}^2$
- $A_s \text{ min use} = 189 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \pi 10^2 1000}{189} = 415,55 \text{ mm}$
- $S \text{ use} = 400 \text{ mm}$

$S \text{ use} < 3h = 3 \times 130 = 390 \text{ mm}$  (Tidak aman)

- Digunakan D10–350 (Tulangan bagi)

Kebutuhan tulangan – lapangan

- $A_s = 0,00574 \times 1000 \times 105 = 60,286 \text{ mm}^2$
- $A_s \text{ min } 1 = 0,0018 \times 420 / 420 \times 1000 \times 105 = 189 \text{ mm}^2$
- $A_s \text{ min } 2 = 0,0014 \times 1000 \times 105 = 147 \text{ mm}^2$
- $A_s \text{ min use} = 189 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \pi 10^2 1000}{189} = 415,55 \text{ mm}$
- $S \text{ use} = 400 \text{ mm}$

$S \text{ use} < 3h = 3 \times 130 = 390 \text{ mm}$  (Tidak aman)

- Digunakan D10–350 (Tulangan tarik)

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe N11-N16 dapat dilihat pada tabel 2.41.

Tabel 2.41 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe N11-N16

| Tipe N11 – N16            | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,384        | 0,240     | 0,384         |
| Mu (Nmm)                  | -3.806.672   | 2.379.170 | -3.806.672    |
| $\rho$                    | 0,000922     | 0,000574  | 0,000922      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 96,792       | 60,286    | 96,792        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10–350      | D10–350   | D10–350       |
| Digunakan (bagi)          | D10–350      | –         | D10–350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe N1-N2 dapat dilihat pada Tabel 2.42.

Tabel 2. 42 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe N1-N2

| Tipe N1 – N2              | Tumpuan Kiri | Lapangan      | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|---------------|---------------|
| K                         | 0,254        | 0,181         | 0,254         |
| Mu (Nmm)                  | -2.518.329   | 1.798.806,429 | -2.518.329    |
| $\rho$                    | 0,000608     | 0,000433      | 0,000608      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 63,833       | 45,516        | 63,833        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189           | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400           | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10–350      | D10–350       | D10–350       |
| Digunakan (bagi)          | D10–350      | –             | D10–350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe N3 dapat dilihat pada Tabel 2.43.

Tabel 2.43 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe N3

| Tipe N3                   | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,384        | 0,240     | 0,384         |
| Mu (Nmm)                  | -3.806.672   | 2.379.170 | -3.806.672    |
| $\rho$                    | 0,000922     | 0,000574  | 0,000922      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 96,792       | 60,286    | 96,792        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10-350      | D10-350   | D10-350       |
| Digunakan (bagi)          | D10-350      | -         | D10-350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe N4-N5 dapat dilihat pada Tabel 2.44.

Tabel 2.44 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe N4-N5

| Tipe N4 – N5              | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,254        | 0,159     | 0,254         |
| Mu (Nmm)                  | -2.518.329   | 1.573.955 | -2.518.329    |
| $\rho$                    | 0,000608     | 0,000379  | 0,000608      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 63,833       | 39,805    | 63,833        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10-350      | D10-350   | D10-350       |
| Digunakan (bagi)          | D10-350      | -         | D10-350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe N6-N7 dapat dilihat pada Tabel 2.45.

Tabel 2.45 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe N6-N7

| Tipe N6 – N7              | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,254        | 0,159     | 0,254         |
| Mu (Nmm)                  | -2.518.329   | 1.573.955 | -2.518.329    |
| $\rho$                    | 0,000608     | 0,000379  | 0,000608      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 63,833       | 39,805    | 63,833        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10–350      | D10–350   | D10–350       |
| Digunakan (bagi)          | D10–350      | –         | D10–350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe N8-N9 dapat dilihat pada Tabel 2.46.

Tabel 2.46 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe N8-N9

| Tipe N8 – N9              | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,254        | 0,159     | 0,254         |
| Mu (Nmm)                  | -2.518.329   | 1.573.955 | -2.518.329    |
| $\rho$                    | 0,000608     | 0,000379  | 0,000608      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 63,833       | 39,805    | 63,833        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10–350      | D10–350   | D10–350       |
| Digunakan (bagi)          | D10–350      | –         | D10–350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe N10 dapat dilihat pada Tabel 2.47.

Tabel 2.47 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe N10

| Tipe N10                  | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,254        | 0,159     | 0,254         |
| Mu (Nmm)                  | -2.518.329   | 1.573.955 | -2.518.329    |
| $\rho$                    | 0,000608     | 0,000379  | 0,000608      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 63,833       | 39,805    | 63,833        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10-350      | D10-350   | D10-350       |
| Digunakan (bagi)          | D10-350      | -         | D10-350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe O1-O4 dapat dilihat pada Tabel 2.48.

Tabel 2.48 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe O1-O4

| Tipe O1 – O4              | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,34         | 0,243     | 0,34          |
| Mu (Nmm)                  | -3.375.728   | 2.411.234 | -3.375.728    |
| $\rho$                    | 0,000817     | 0,000582  | 0,000817      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 85,744       | 61,103    | 85,744        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10-350      | D10-350   | D10-350       |
| Digunakan (bagi)          | D10-350      | -         | D10-350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe O7-O8 dapat dilihat pada Tabel 2.49.

Tabel 2.49 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe O7-O8

| Tipe O7 – O8              | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,34         | 0,243     | 0,34          |
| Mu (Nmm)                  | -3.375.728   | 2.411.234 | -3.375.728    |
| $\rho$                    | 0,000817     | 0,000582  | 0,000817      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 85,744       | 61,103    | 85,744        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10–350      | D10–350   | D10–350       |
| Digunakan (bagi)          | D10–350      | –         | D10–350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe O9-O12 dapat dilihat pada Tabel 2.50.

Tabel 2.50 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe O9-O12

| Tipe O9 – O12             | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,34         | 0,243     | 0,34          |
| Mu (Nmm)                  | -3.375.728   | 2.411.234 | -3.375.728    |
| $\rho$                    | 0,000817     | 0,000582  | 0,000817      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 85,744       | 61,103    | 85,744        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10–350      | D10–350   | D10–350       |
| Digunakan (bagi)          | D10–350      | –         | D10–350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe E1&E3 dapat dilihat pada Tabel 2.51.

Tabel 2.51 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe E1&E3

| Tipe E1& E3               | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,384        | 0,274     | 0,384         |
| Mu (Nmm)                  | -3.806.672   | 2.819.051 | -3.806.672    |
| $\rho$                    | 0,000922     | 0,000657  | 0,000922      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 96,792       | 68,955    | 96,792        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10-350      | D10-350   | D10-350       |
| Digunakan (bagi)          | D10-350      | -         | D10-350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe E2 dapat dilihat pada Tabel 2.52.

Tabel 2.52 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe E2

| Tipe E2                   | Tumpuan Kiri | Lapangan   | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|------------|---------------|
| K                         | 1,923        | 1,202      | 1,923         |
| Mu (Nmm)                  | -19.086.000  | 11.925.000 | -19.086.000   |
| $\rho$                    | 0,004807     | 0,002947   | 0,004807      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 504,699      | 309,467    | 504,699       |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189        | 189           |
| S (mm)                    | 150          | 250        | 150           |
| Digunakan (tarik)         | D10-150      | D10-250    | D10-150       |
| Digunakan (bagi)          | D10-150      | -          | D10-150       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe P1-P4 dapat dilihat pada Tabel 2.53.

Tabel 2.53 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe P1-P4

| Tipe P1 – P4              | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,34         | 0,243     | 0,34          |
| Mu (Nmm)                  | -3.375.728   | 2.411.234 | -3.375.728    |
| $\rho$                    | 0,000817     | 0,000582  | 0,000817      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 85,744       | 61,103    | 85,744        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10–350      | D10–350   | D10–350       |
| Digunakan (bagi)          | D10–350      | –         | D10–350       |

Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe P5-P6 dapat dilihat pada Tabel 2.54.

Tabel 2.54 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe P5-P6

| Tipe P5 – P6              | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,34         | 0,243     | 0,34          |
| Mu (Nmm)                  | -3.375.728   | 2.411.234 | -3.375.728    |
| $\rho$                    | 0,000817     | 0,000582  | 0,000817      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 85,744       | 61,103    | 85,744        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10–350      | D10–350   | D10–350       |
| Digunakan (bagi)          | D10–350      | –         | D10–350       |



Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe P7-P8 dapat dilihat pada Tabel 2.55.

Tabel 2.55 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe P7-P8

| Tipe P7 – P8              | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,34         | 0,243     | 0,34          |
| Mu (Nmm)                  | -3.375.728   | 2.411.234 | -3.375.728    |
| $\rho$                    | 0,000817     | 0,000582  | 0,000817      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 85,744       | 61,103    | 85,744        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10–350      | D10–350   | D10–350       |
| Digunakan (bagi)          | D10–350      | –         | D10–350       |

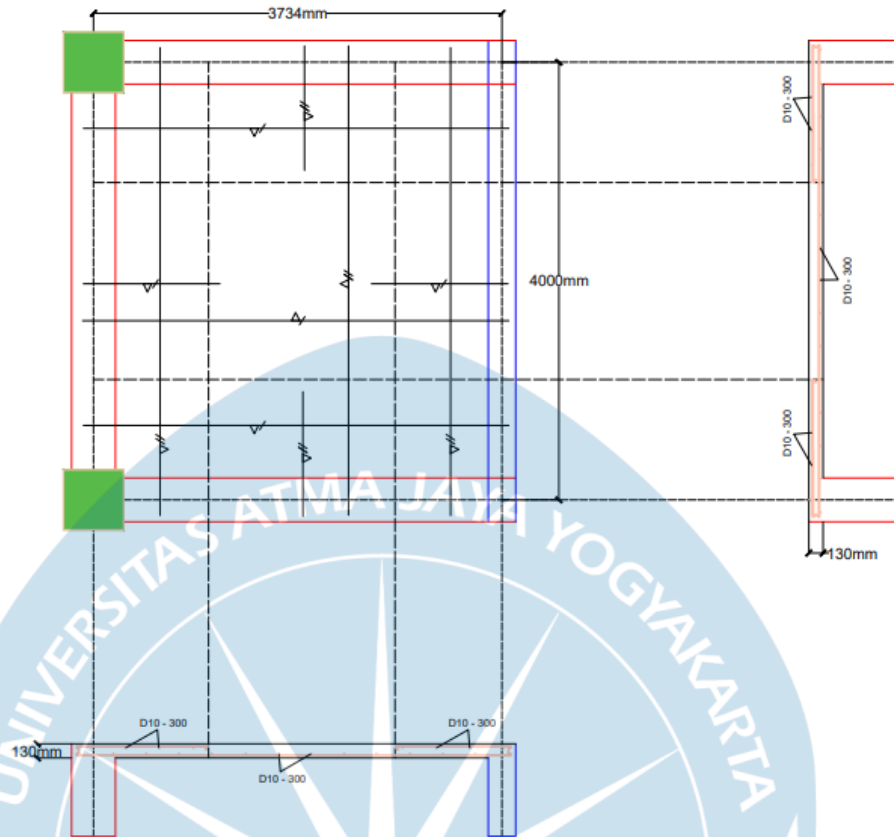
Data rekapitulasi penulangan pelat satu arah tipe P9-P12 dapat dilihat pada Tabel 2.56.

Tabel 2.56 Data Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Tipe P9-P12

| Tipe P9 – P12             | Tumpuan Kiri | Lapangan  | Tumpuan Kanan |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| K                         | 0,34         | 0,243     | 0,34          |
| Mu (Nmm)                  | -3.375.728   | 2.411.234 | -3.375.728    |
| $\rho$                    | 0,000817     | 0,000582  | 0,000817      |
| As (mm <sup>2</sup> )     | 85,744       | 61,103    | 85,744        |
| As min (mm <sup>2</sup> ) | 189          | 189       | 189           |
| S (mm)                    | 400          | 400       | 400           |
| Digunakan (tarik)         | D10–350      | D10–350   | D10–350       |
| Digunakan (bagi)          | D10–350      | –         | D10–350       |

### 2.11.2 Perancangan Pelat Dua Arah

Pembebanan pelat menggunakan pelat tipe A1, contoh penampang pelat dapat dilihat pada Gambar 2.43.



Gambar 2.43 Penampang Pelat Dua Arah.

- Berat sendiri = 3,72 kN/m<sup>2</sup>
- Berat *finishing* = 1,1 kN/m<sup>2</sup>
- Berat plafon = 0,2 kN/m<sup>2</sup>
- Berat instalasi ME = 0,5 kN/m<sup>2</sup>
- Total DL = 4,92 kN/m<sup>2</sup>
- LL = 1,92 kN/m<sup>2</sup> (ruang pasien) dengan LL < 2 DL (Aman)
- qu 1 = 1,4 x DL = 6,888 kN/m<sup>2</sup>
- qu 2 = 1,2 DL + 1,6 LL = 8,976 kN/m<sup>2</sup>
- qu = 8,976 kN/m<sup>2</sup>
- M0l =  $\frac{qu \cdot l1 \cdot l1^2}{8} = \frac{8,976 \times 3,73 \cdot (4-0,4)^2}{8} = 54,293 \text{ kNm}$
- M0s =  $\frac{qu \cdot l2 \cdot l2^2}{8} = \frac{8,976 \times 4 \cdot (3,73-0,4)^2}{8} = 52,148 \text{ kNm}$

Arah memanjang

- L1/L2 = 3,73/4 = 0,933
- $\alpha_{fm}$  = 9,228
- $\alpha_{fm} \cdot L1/L2$  = 8,614

Koefisien lajur kolom

Koefisien (+ x -) = 0,77; Koefisien lajur tengah = 0,23

- $0,65 \times M01 \times 0,77 = 27,172 \text{ kNm}$  (M- lajur kolom)
- $0,35 \times M01 \times 0,77 = 14,631 \text{ kNm}$  (M+ lajur kolom)
- $0,65 \times M01 \times 0,23 = 8,118 \text{ kNm}$  (M- lajur tengah)
- $0,36 \times M01 \times 0,23 = 4,371 \text{ kNm}$  (M+ lajur tengah)

Data rekapitulasi perancangan pelat dua arah memanjang dapat dilihat pada Tabel 2.57.

Tabel 2.57 Rekapitulasi Perancangan Pelat Dua Arah Memanjang

| Rekap           | Negatif (kNm) | Positif (kNm) |
|-----------------|---------------|---------------|
| M balok         | 23,097        | 12,437        |
| M pelat         | 4,076         | 2,195         |
| M balok + pelat | 27,172        | 14,631        |
| M lajur tengah  | 8,118         | 4,371         |

Arah memendek

- $L2/L1 = 4/3,73 = 1,071$
- $\alpha_{fm} = 9,228$
- $\alpha_{fm} \cdot L2/L1 = 9,886$

Koefisien lajur kolom

Koefisien (+ x -) = 0,73; Koefisien lajur tengah = 0,27

- $0,65 \times M01 \times 0,73 = 24,697 \text{ kNm}$  (M- lajur kolom)
- $0,35 \times M01 \times 0,73 = 13,298 \text{ kNm}$  (M+ lajur kolom)
- $0,65 \times M01 \times 0,27 = 9,199 \text{ kNm}$  (M- lajur tengah)
- $0,36 \times M01 \times 0,27 = 4,953 \text{ kNm}$  (M+ lajur tengah)

Data rekapitulasi perancangan pelat dua arah memendek dapat dilihat pada Tabel 2.58.

Tabel 2.58 Rekapitulasi Perancangan Pelat Dua Arah Memendek

| Rekap           | Negatif (kNm) | Positif (kNm) |
|-----------------|---------------|---------------|
| M balok         | 24,697        | 11,304        |
| M pelat         | 3,705         | 1,995         |
| M balok + pelat | 24,697        | 13,208        |
| M lajur tengah  | 9,199         | 4,953         |

Hitungan pelat arah memanjang (-)

- b pelat = 1000 mm

- t pelat = 130 mm
- d tulangan = 10 mm
- selimut = 20 mm
- $d_y$  = 95 mm
- $f'_c$  = 25 MPa
- $F_y$  = 420 MPa
- $\mu$  (lt -) = 8.117.848
- $\rho$  = 0,0024383
- $A_s$  = 231,64 mm<sup>2</sup>
- $A_{s \text{ min } 1}$  = 234 mm<sup>2</sup>
- $A_{s \text{ min } 2}$  = 182 mm<sup>2</sup>
- $A_{s \text{ min } use}$  = 234 mm<sup>2</sup>
- $S$  = 335,64 mm<sup>2</sup>
- $S_{use}$  = 300 mm

$S_{use} < 3h$  (Aman)

- Digunakan D10–300

Rumus

- $d_y = h - \text{selimut} - \phi \text{ lg} - \phi \text{ lg}/2$
- $\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4 h.v}{1,7 \phi f'_c b.d^2}} \right)$
- $s = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s}$
- $A_s = \rho . b . d$
- $A_{s \text{ min } 1} = \frac{0,0018 \times 420 \times A_g}{f_y}$
- $A_{s \text{ min } 2} = 0,0014 . A_g$

Data penulangan pelat tipe A1 dapat dilihat Tabel 2.59.

Tabel 2.59 Data Penulangan Pelat Tipe A1

| Pelat<br>tipe<br>A1 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|---------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                     | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                     | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu                  | 8,118          | 4,371        | 4,076        | 2,195        | 9,199         | 4,953        | 3,705        | 1,995        |
| P                   | 0,0024         | 0,0013       | 0,0012       | 0,0006       | 0,0023        | 0,0012       | 0,0009       | 0,0005       |
| As                  | 231,64         | 123,31       | 114,88       | 61,51        | 214,49        | 114,28       | 85,20        | 45,69        |
| As<br>min           | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S                   | 300            | 300          | 300          | 300          | 300           | 300          | 300          | 300          |
| Use                 | D10 –<br>300   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe A2 dapat dilihat Tabel 2.60.

Tabel 2.60 Data Penulangan Pelat Tipe A2

| Pelat<br>tipe<br>A2 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|---------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                     | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                     | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu                  | 12,271         | 6,607        | 6,161        | 3,317        | 13,905        | 7,488        | 5,600        | 3,015        |
| P                   | 0,0037         | 0,0019       | 0,0018       | 0,0009       | 0,0035        | 0,0018       | 0,0014       | 0,0007       |
| As                  | 354,81         | 187,66       | 174,75       | 93,29        | 328,19        | 173,83       | 129,39       | 69,23        |
| As<br>min           | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S                   | 200            | 300          | 300          | 300          | 200           | 300          | 300          | 300          |
| Use                 | D10 –<br>200   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>200  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe A3 dapat dilihat Tabel 2.61.

Tabel 2.61 Data Penulangan Pelat Tipe A3

| Pelat<br>tipe<br>A3 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|---------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                     | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                     | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu                  | 8,812          | 4,745        | 4,425        | 2,382        | 9,986         | 5,377        | 4,022        | 2,165        |
| P                   | 0,0027         | 0,0014       | 0,0013       | 0,0007       | 0,0025        | 0,0013       | 0,0009       | 0,0005       |
| As                  | 252,01         | 134,01       | 124,83       | 66,81        | 233,31        | 124,18       | 92,57        | 49,62        |
| As<br>min           | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S                   | 300            | 300          | 300          | 300          | 300           | 300          | 300          | 300          |
| Use                 | D10 –<br>300   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe B1 dapat dilihat Tabel 2.62.

Tabel 2.62 Data Penulangan Pelat Tipe B1

| Pelat<br>tipe<br>B1 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|---------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                     | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                     | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu                  | 10,965         | 5,904        | 7,344        | 3,954        | 15,525        | 8,359        | 4,596        | 2,475        |
| P                   | 0,0033         | 0,0017       | 0,0022       | 0,0012       | 0,0039        | 0,0020       | 0,0611       | 0,00059      |
| As                  | 315,71         | 167,33       | 209,05       | 111,41       | 367,98        | 154,49       | 105,93       | 56,75        |
| As<br>min           | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S                   | 200            | 300          | 300          | 300          | 200           | 300          | 300          | 300          |
| Use                 | D10 –<br>200   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>200  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe B2 dapat dilihat Tabel 2.63.

Tabel 2.63 Data Penulangan Pelat Tipe B2

| Pelat tipe B2 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|---------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|               | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|               | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu            | 16,574         | 8,925        | 11,101       | 5,977        | 23,467        | 12,636       | 6,947        | 3,741        |
| P             | 0,0051         | 0,0027       | 0,0034       | 0,0018       | 0,0060        | 0,0031       | 0,0017       | 0,0009       |
| As            | 486,14         | 255,31       | 319,76       | 169,44       | 568,57        | 297,24       | 161,06       | 86,64        |
| As min        | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S             | 150            | 300          | 200          | 300          | 100           | 250          | 300          | 300          |
| Use           | D10 –<br>150   | D10 –<br>300 | D10 –<br>200 | D10 –<br>300 | D10 –<br>100  | D10 –<br>250 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe B3 dapat dilihat Tabel 2.64.

Tabel 2.64 Data Penulangan Pelat Tipe B3

| Pelat tipe B3 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|---------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|               | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|               | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu            | 11,903         | 6,409        | 7,972        | 4,293        | 16,853        | 9,075        | 4,989        | 2,686        |
| P             | 0,0036         | 0,0019       | 0,0024       | 0,0013       | 0,0042        | 0,0022       | 0,0012       | 0,0006       |
| As            | 343,76         | 181,93       | 227,38       | 121,06       | 400,89        | 211,52       | 115,11       | 61,63        |
| As min        | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S             | 200            | 300          | 300          | 300          | 150           | 300          | 300          | 300          |
| Use           | D10 –<br>200   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>150  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe C1 dapat dilihat Tabel 2.65.

Tabel 2.65 Data Penulangan Pelat Tipe C1

| Pelat<br>tipe<br>C1 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|---------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                     | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                     | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu                  | 15,239         | 8,205        | 8,601        | 4,631        | 18,832        | 10,14        | 6,712        | 3,614        |
| $\rho$              | 0,0047         | 0,0025       | 0,0026       | 0,0014       | 0,0047        | 0,0025       | 0,0016       | 0,0009       |
| As                  | 449,95         | 234,2        | 245,81       | 130,75       | 450,39        | 237          | 155,51       | 83,10        |
| As<br>min           | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S                   | 150            | 300          | 300          | 300          | 150           | 300          | 300          | 300          |
| Use                 | D10 –<br>150   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>150  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe C2 dapat dilihat Tabel 2.66.

Tabel 2.66 Data Penulangan Pelat Tipe C2

| Pelat<br>tipe<br>C2 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|---------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                     | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                     | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu                  | 14.307         | 7,559        | 7,923        | 4,266        | 17,348        | 9,341        | 6,183        | 3,329        |
| $\rho$              | 0,0043         | 0,0023       | 0,0024       | 0,0013       | 0,0043        | 0,0023       | 0,0015       | 0,0008       |
| As                  | 408,24         | 215,31       | 225,96       | 120,31       | 413,22        | 217,88       | 143,06       | 76,50        |
| As<br>min           | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S                   | 150            | 300          | 300          | 300          | 150           | 300          | 300          | 300          |
| Use                 | D10 –<br>150   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>150  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |



Data penulangan pelat tipe C3 dapat dilihat tabel 2.67.

Tabel 2.67 Data Penulangan Pelat Tipe C3

| Pelat<br>tipe<br>C3 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|---------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                     | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                     | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu                  | 21,219         | 11,426       | 11,977       | 6,449        | 26,223        | 14,12        | 9,345        | 5,032        |
| $\rho$              | 0,0067         | 0,0035       | 0,0036       | 0,0019       | 0,0068        | 0,0035       | 0,0023       | 0,0012       |
| As                  | 632,51         | 329,46       | 345,98       | 183,08       | 640,43        | 333,44       | 217,98       | 116,11       |
| As<br>min           | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S                   | 100            | 200          | 200          | 300          | 100           | 200          | 300          | 300          |
| Use                 | D10 –<br>100   | D10 –<br>200 | D10 –<br>200 | D10 –<br>300 | D10 –<br>100  | D10 –<br>200 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe D dapat dilihat Tabel 2.68.

Tabel 2.68 Data Penulangan Pelat Tipe D

| Pelat<br>tipe D | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|-----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                 | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                 | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu              | 16,662         | 8,972        | 11,119       | 5,987        | 22,544        | 12,139       | 6,701        | 3,608        |
| $\rho$          | 0,0051         | 0,0027       | 0,0033       | 0,0018       | 0,0057        | 0,0030       | 0,0016       | 0,0009       |
| As              | 488,84         | 256,69       | 320,31       | 169,72       | 544,78        | 285,18       | 155,25       | 82,96        |
| As<br>min       | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S               | 150            | 300          | 200          | 300          | 100           | 250          | 300          | 300          |
| Use             | D10 –<br>150   | D10 –<br>300 | D10 –<br>200 | D10 –<br>300 | D10 –<br>100  | D10 –<br>250 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe O5-O6 dapat dilihat Tabel 2.69.

Tabel 2.69 Data Penulangan Pelat Tipe O5-O6

| Pelat<br>tipe<br>O5-O6 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                        | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                        | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu                     | 2,713          | 1,461        | 3,538        | 1,905        | 5,777         | 3,111        | 0,745        | 0,401        |
| $\rho$                 | 0,0008         | 0,0004       | 0,0010       | 0,0005       | 0,0014        | 0,0008       | 0,0002       | 0,0061       |
| As                     | 76,15          | 40,86        | 99,57        | 53,35        | 133,56        | 71,45        | 17,02        | 9,16         |
| As<br>min              | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S                      | 300            | 300          | 300          | 300          | 300           | 300          | 300          | 300          |
| Use                    | D10 –<br>300   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe F dapat dilihat Tabel 2.70.

Tabel 2.70 Data Penulangan Pelat Tipe F

| Pelat<br>tipe F | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|-----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                 | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                 | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu              | 14,03          | 7,555        | 7,922        | 4,266        | 16,701        | 8,993        | 5,95         | 3,204        |
| $\rho$          | 0,0043         | 0,0023       | 0,0024       | 0,0013       | 0,0042        | 0,0022       | 0,0014       | 0,0008       |
| As              | 408,02         | 215,2        | 225,92       | 120,3        | 397,1         | 209,56       | 137,59       | 73,59        |
| As<br>min       | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S               | 150            | 300          | 300          | 300          | 150           | 300          | 300          | 300          |
| Use             | D10 –<br>150   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>150  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe G1-G4 dapat dilihat Tabel 2.71.

Tabel 2.71 Data Penulangan Pelat Tipe G1-G4

| Pelat<br>tipe<br>G1-G4 | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                        | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                        | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu                     | 15,303         | 8,240        | 7,204        | 3,879        | 15,842        | 8,531        | 6,813        | 3,668        |
| $\rho$                 | 0,0048         | 0,0025       | 0,0022       | 0,0012       | 0,0039        | 0,0021       | 0,0017       | 0,0009       |
| As                     | 446,92         | 235,22       | 204,98       | 109,26       | 375,83        | 198,56       | 157,90       | 84,37        |
| As<br>min              | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S                      | 150            | 300          | 300          | 300          | 200           | 300          | 300          | 300          |
| Use                    | D10 –<br>150   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>200  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe H dapat dilihat Tabel 2.72.

Tabel 2.72 Data Penulangan Pelat Tipe H

| Pelat<br>tipe H | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|-----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                 | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|                 | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu              | 11,664         | 6,281        | 6,071        | 3,269        | 13,588        | 7,317        | 5,272        | 2,839        |
| $\rho$          | 0,0035         | 0,0019       | 0,0018       | 0,0010       | 0,0034        | 0,0018       | 0,0013       | 0,0007       |
| As              | 336,61         | 178,21       | 172,16       | 91,92        | 320,43        | 169,79       | 121,72       | 65,15        |
| As<br>min       | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S               | 200            | 300          | 300          | 300          | 200           | 300          | 300          | 300          |
| Use             | D10 –<br>200   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>200  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe I dapat dilihat Tabel 2.73.

Tabel 2.73 Data Penulangan Pelat Tipe I

| Pelat tipe I | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|              | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|              | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu           | 10,457         | 5,631        | 7,235        | 3,896        | 15,493        | 8,181        | 4,338        | 2,336        |
| $\rho$       | 0,0032         | 0,0017       | 0,0022       | 0,0012       | 0,0038        | 0,0020       | 0,0011       | 0,0006       |
| As           | 300,60         | 159,45       | 205,88       | 109,73       | 359,79        | 190,25       | 99,92        | 53,54        |
| As min       | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S            | 250            | 300          | 300          | 300          | 200           | 300          | 300          | 300          |
| Use          | D10 –<br>250   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>200  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe J dapat dilihat Tabel 2.74.

Tabel 2.74 Data Penulangan Pelat Tipe J

| Pelat tipe J | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|              | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|              | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu           | 13,413         | 7,223        | 7,816        | 4,208        | 17            | 9,154        | 5,857        | 3,154        |
| $\rho$       | 0,0041         | 0,0022       | 0,0023       | 0,0012       | 0,00022       | 0,0022       | 0,0014       | 0,0008       |
| As           | 389,29         | 205,53       | 222,81       | 118,66       | 404,56        | 213,41       | 135,43       | 72,44        |
| As min       | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S            | 200            | 300          | 300          | 300          | 150           | 300          | 300          | 300          |
| Use          | D10 –<br>200   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>150  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe K dapat dilihat Tabel 2.75.

Tabel 2.75 Data Penulangan Pelat Tipe K

| Pelat tipe K | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|              | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|              | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu           | 12,867         | 6,929        | 6,245        | 3,363        | 14,207        | 7,650        | 5,924        | 3,190        |
| $\rho$       | 0,0039         | 0,0021       | 0,0019       | 0,0010       | 0,0035        | 0,0019       | 0,0015       | 0,0008       |
| As           | 372,77         | 196,98       | 177,17       | 94,57        | 335,58        | 177,67       | 136,98       | 73,27        |
| As min       | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S            | 200            | 300          | 300          | 300          | 200           | 300          | 300          | 300          |
| Use          | D10 –<br>200   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>200  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe L dapat dilihat Tabel 2.76.

Tabel 2.76 Data Penulangan Pelat Tipe L

| Pelat tipe L | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|              | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|              | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu           | 17,981         | 9,415        | 11,287       | 6,078        | 24,041        | 12,945       | 7,410        | 3,990        |
| $\rho$       | 0,0054         | 0,0028       | 0,0034       | 0,0019       | 0,0061        | 0,0032       | 0,0018       | 0,0010       |
| As           | 514,32         | 269,69       | 325,33       | 172,34       | 583,43        | 364,75       | 172          | 91,84        |
| As min       | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S            | 150            | 250          | 200          | 300          | 100           | 250          | 300          | 300          |
| Use          | D10 –<br>150   | D10 –<br>250 | D10 –<br>200 | D10 –<br>300 | D10 –<br>100  | D10 –<br>250 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe M dapat dilihat Tabel 2.77.

Tabel 2.77 Data Penulangan Pelat Tipe M

| Pelat tipe M | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|              | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|              | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu           | 14,798         | 7,968        | 8,049        | 4,334        | 17,116        | 9,216        | 6,343        | 3,415        |
| $\rho$       | 0,0045         | 0,0024       | 0,0024       | 0,0013       | 0,0043        | 0,0022       | 0,0015       | 0,0068       |
| As           | 431,45         | 227,26       | 229,63       | 122,25       | 407,43        | 214,89       | 146,83       | 78,50        |
| As min       | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S            | 150            | 300          | 300          | 300          | 150           | 300          | 300          | 300          |
| Use          | D10 –<br>150   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>150  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

Data penulangan pelat tipe Q dapat dilihat Tabel 2.78.

Tabel 2.78 Data Penulangan Pelat Tipe Q

| Pelat tipe Q | Arah Memanjang |              |              |              | Arah memendek |              |              |              |
|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|              | Lajur Tengah   |              | Lajur Kolom  |              | Lajur Tengah  |              | Lajur Kolom  |              |
|              | M-             | M+           | M-           | M+           | M-            | M+           | M-           | M+           |
| Mu           | 12,241         | 6,592        | 6,157        | 3,315        | 13,285        | 7,154        | 5,341        | 2,876        |
| $\rho$       | 0,0037         | 0,0020       | 0,0018       | 0,0010       | 0,0033        | 0,00175      | 0,0013       | 0,0007       |
| As           | 353,92         | 187,20       | 174,62       | 93,22        | 313,04        | 165,93       | 123,32       | 66,01        |
| As min       | 234            | 234          | 234          | 234          | 234           | 234          | 234          | 234          |
| S            | 200            | 300          | 300          | 300          | 250           | 300          | 300          | 300          |
| Use          | D10 –<br>200   | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>250  | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 | D10 –<br>300 |

## 2.12 Perancangan Tangga

Tangga merupakan struktur bangunan yang menghubungkan lantai bawah ke lantai di atasnya. Tangga ditumpu pada balok bawah dan atas yang akan dibuat pada ruang kosong (*void area*).

Rencana Tangga

- h<sub>tg</sub> = 4 m
- O<sub>prade</sub> = 0,2 m
- n<sub>tg</sub> =  $\frac{h_{tg}}{o_{prade}} = \frac{4}{0,2} = 20$  buah

- Antrede = 0,3 m
- Itg =  $(0,5 \times \text{ntg} - 1) \times \text{antrede} = 2,7 \text{ m}$
- $\alpha = 33,69^\circ$
- L1 = 2,5 m
- Lbordes =  $L1 / 2 = 1,25 \text{ m}$
- t plat tangga = 0,15 m
- H lantai = 4 m
- $\gamma_{RC} = 24 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{\text{ubin| Spesi}} = 21 \text{ kN/m}^3$

#### Pembebanan Tangga

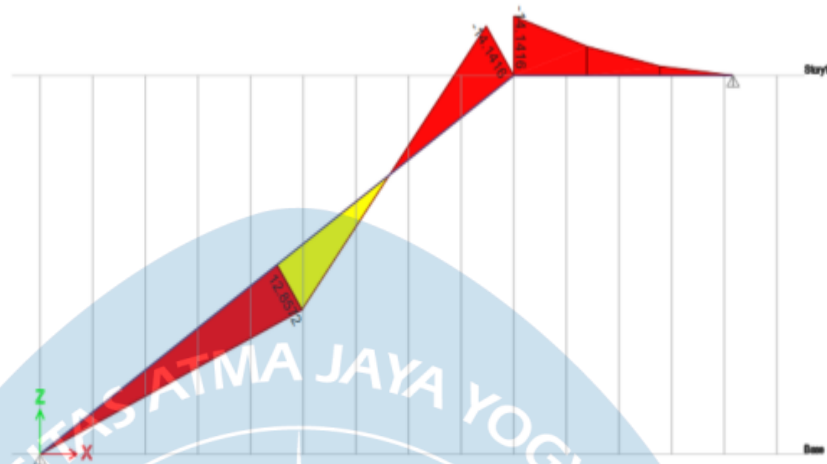
##### Beban qtg

- Berat sendiri tangga =  $\frac{t \text{ plat tangga}}{\cos \alpha} \times \text{berat volume beton} = 4,33 \text{ kN/m}^2$
- Berat anak tangga =  $\frac{1}{2} \times \text{optrede} \times \text{berat volume beton} = 2,4 \text{ kN/m}^2$
- Berat ubin| Spesi =  $0,05 \times \text{berat volume ubin} = 1,05 \text{ kN/m}^2$
- Berat railing =  $1 \text{ kN/m}^2$
- Beban qtg =  $8,7767 \text{ kN/m}^2$

##### Beban qbd

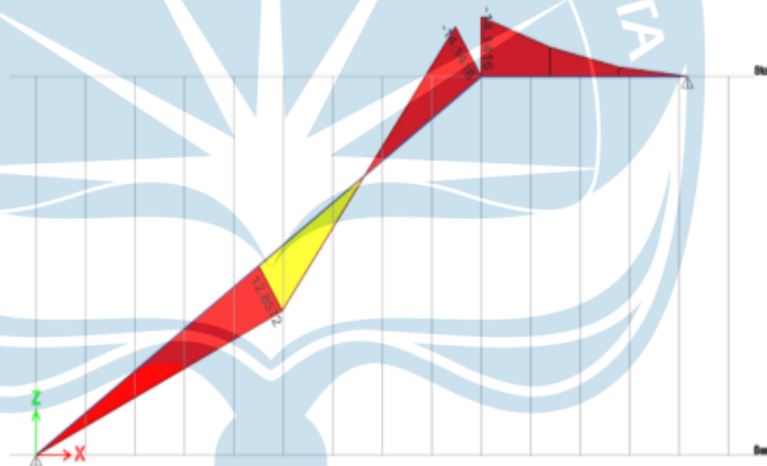
- Berat sendiri tangga =  $t \text{ plat tangga} \times \gamma_{\text{ubin| Spesi}} = 3,6 \text{ kN/m}^2$
- Berat ubin| Spesi =  $0,05 \times \gamma_{\text{ubin| Spesi}} = 1,05 \text{ kN/m}^2$
- Berat railing =  $1 \text{ kN/m}^2$
- Beban qbd =  $5,65 \text{ kN/m}^2$

Output pemodelan tangga oleh *Etabs* dapat dilihat pada Gambar 2.44.



Gambar 2.44 *Output Output SFD* pada Pemodelan Tangga.

*Output BMD* pada perencanaan tangga dapat dilihat pada gambar 2.45



Gambar 2.45 *Output BMD* pada Pemodelan Tangga.

Tangga Tumpuan

Rencana penulangan tangga tumpuan

- $M_{ur} = 14,14 \text{ kNm}$
- $V_{ur} = 28,92 \text{ kN}$
- $M_{ux} = M_{ur} \times 10^6 = 14.141.600 \text{ Nmm}$

Direncanakan

- Tulangan pokok = D13,  $A_s = 132,73 \text{ mm}^2$
- Tulangan susut = D10,  $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$
- $F_y$  tulangan pokok = 420 MPa
- $F_y$  tulangan susut = 280 MPa



- $F'_c = 25 \text{ MPa}$
- $b = 1000 \text{ mm}$
- Selimut tangga = 20 mm
- $\beta_1 = 0,85$
- $htg = t \text{ pelat tangga} \times 1000 = 150 \text{ mm}$
- $ds = htg - \text{selimut tangga} - \left(\frac{D13}{2}\right) = 123,5 \text{ mm}$
- $\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4Mu}{1,7 \phi f'_c b d^2}}\right] = 0,0025154$

Kebutuhan tulangan pokok

- $As \text{ min } 1 = 0,0018 \times \frac{420}{420} \times 150 \times 100 = 270 \text{ mm}^2$
- $As \text{ min } 2 = 0,0014 \times htg \times b = 210 \text{ mm}^2$
- $As \text{ req} = \rho \times b \times ds = 310,65 \text{ mm}^2$
- $S = 0,25 \times \pi \times D13^2 \times \left(\frac{b}{As \text{ perlu}}\right) = 427,27 \text{ mm}$

S pakai = 400 mm; Digunakan D13-400

Cek gaya geser

- $V_u = 28,92 \text{ kN}$
- $V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times ds / 1000 = 104,98 \text{ kN}$
- $\phi V_c = 0,75 \times v_c = 78,73 \text{ kN}$

$\phi V_c > V_u$  (Aman)

Kebutuhan tulangan susut

- $As \text{ min } 1 = 270 \text{ mm}^2$
- $S = 0,25 \times \pi \times D10^2 \times \left(\frac{b}{As \text{ min } 1}\right) = 290,89 \text{ mm}^2$

Digunakan D10-250

Tangga Lapangan

Rencana penulangan tangga lapangan

- $M_{ur} = 14,14 \text{ kNm}$
- $M_{ux} = 0,8 \times M_{ur} = 12,8218 \text{ kNm}$

Direncanakan

- Tulangan pokok = D13,  $As = 132,73 \text{ mm}^2$

- Tulangan susut = D10 ,  $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$
- $F_y$  tulangan pokok = 420 MPa
- $F_y$  tulangan susut = 280 MPa
- $F'_c$  = 25 MPa
- $b$  = 1000 mm
- Selimut tangga = 20 mm
- $\beta_1$  = 0,85
- $h_{tg}$  =  $t$  pelat tangga  $\times 1000 = 150 \text{ mm}$
- $d_s$  =  $h_{tg} - \text{selimut tangga} - \left(\frac{D_{13}}{2}\right) = 123,5 \text{ mm}$
- $\rho$  =  $\frac{0,85 f_{rc}}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4M_u}{1,7 \phi f_c b d^2}} \right] = 0,0022751$

Kebutuhan tulangan pokok

- $A_{s \text{ min } 1}$  =  $0,0018 \times \frac{420}{420} \times 150 \times 100 = 270 \text{ mm}^2$
- $A_{s \text{ req}}$  =  $\rho \times b \times d_s = 280,97 \text{ mm}^2$
- $S$  =  $0,25 \times \pi \times D_{13}^2 \times \left(\frac{b}{A_{s \text{ perlu}}}\right) = 472,4 \text{ mm}$

$S$  pakai = 450 mm; Digunakan D13–450

Cek gaya geser

- $V_u$  = 28,92 kN
- $V_c$  =  $0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d_s / 1000 = 104,98 \text{ kN}$
- $\phi V_c$  =  $0,75 \times v_c = 78,73 \text{ kN}$

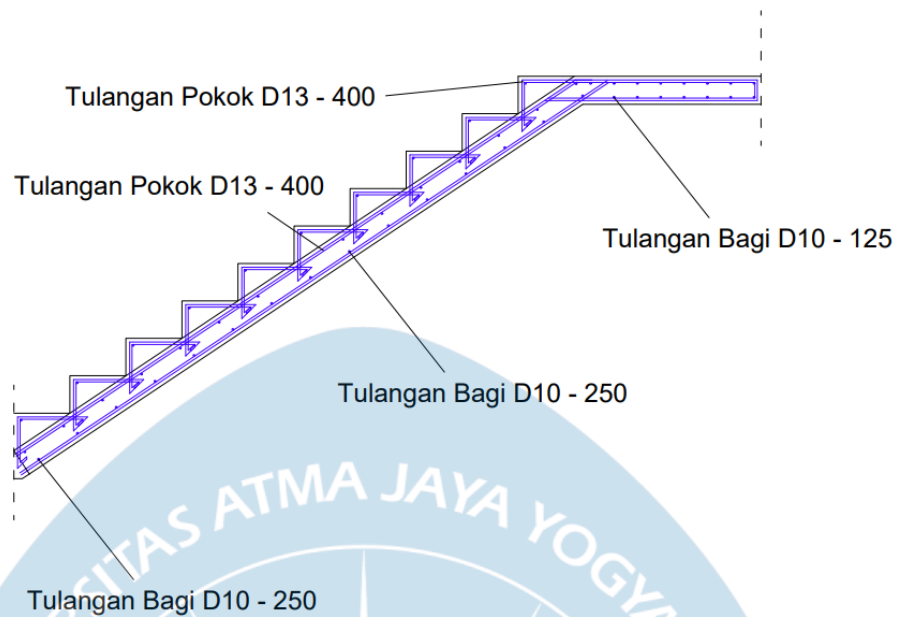
$\phi V_c > V_u \rightarrow$  Aman

Kebutuhan tulangan susut

- $A_{s \text{ min } 1}$  = 270  $\text{mm}^2$
- $S$  =  $0,25 \times \pi \times D_{10}^2 \times \left(\frac{b}{A_{s \text{ min } 1}}\right) = 290,89 \text{ mm}^2$

Digunakan D10–250

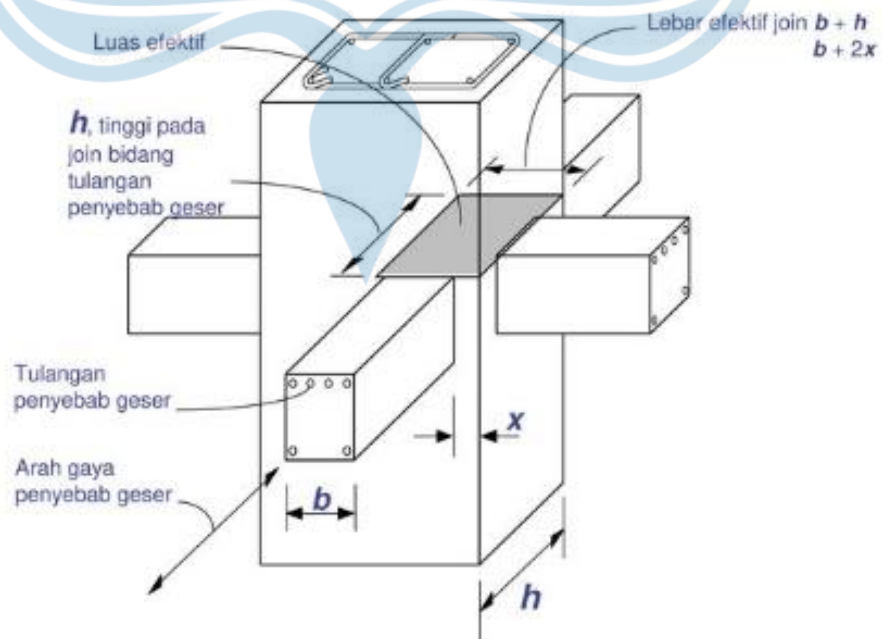
Rencana penulangan tangga dapat dilihat pada Gambar 2.46.



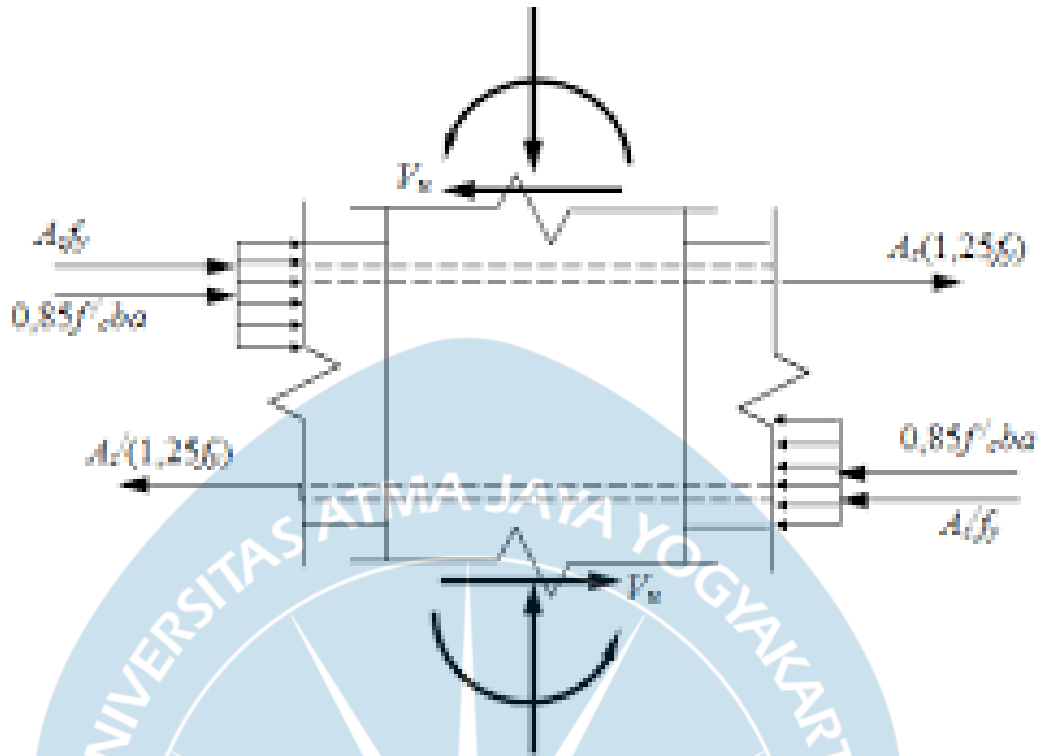
Gambar 2.46 Rencana Penulangan pada Tangga.

### 2.13 Hubungan Balok Kolom

Perancangan kolom dan balok memiliki gaya internal masing-masing yang akan dipertemukan pada *joint*. Dalam pertemuan balok dengan kolom terdapat kemungkinan terjadi keruntuhan pada *joint* akibat gaya yang berlebihan pada pertemuan *joint*. Skema hubungan balok kolom dapat dilihat pada Gambar 2.47 dan Gambar 2.48.

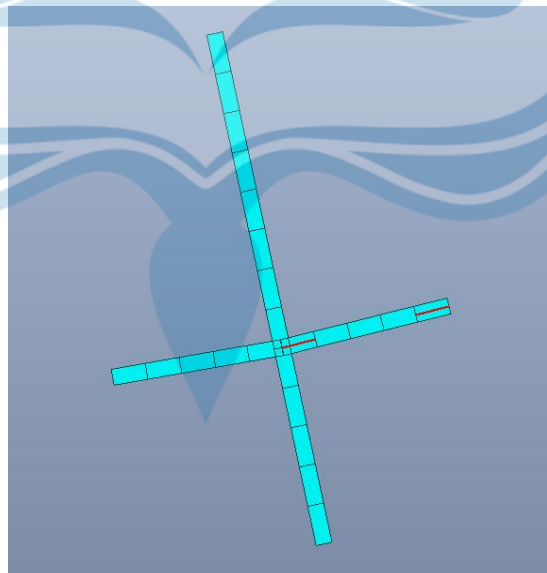


Gambar 2.47 Skema Hubungan Balok Kolom



Gambar 2.48 Hubungan Balok-Kolom pada SPRMK.

Perhitungan hubungan balok kolom terkekang oleh balok-balok pada 4 sisi dapat dilihat pada Gambar 2.49.



Gambar 2.49 Hubungan Balok Kolom Terkekang Oleh Balok-balok pada 4 Sisi.

Data balok

- Tumpuan kiri = 5D25
- Lapangan = 3D25
- Tumpuan kanan = 5D25

Data kolom

- b kolom = 650 mm
- h kolom = 650 mm
- H1 = 4,6 m
- H2 = 4 m
- Ln = 4,6 – 0,5 x 800/1000 = 4,2 m
- f'c = 25 MPa
- Fy = 420 MPa

Penentuan Dimensi *Joint*, cek syarat dimensi kolom

- n tulangan = 24 buah
- D tulangan = 29 mm
- 20 db = 20 x 29 = 580 mm → 20 db < 650 (ok)

Tinggi *joint*

- h kolom = 650 mm
- h balok = 800 mm
- Tinggi efektif = 650 mm → h kolom > h balok

Lebar efektif

- b balok + h kolom = 400 + 650 = 1050 mm
- x = 0,5 x (650 – 400) = 125 mm
- b balok + 2 x = 650 mm
- lebar efektif = 650 mm

Luas efektif

- Tinggi efektif = 650 mm
- Lebar efektif = 650 mm
- Luas efektif (Aj) = 422500 mm<sup>2</sup>
- H1 = 4,6 x 1000 = 4600 mm
- I1 = 1/12 x 650 x 650<sup>3</sup> = 1,5 x 10<sup>10</sup> mm<sup>4</sup>
- H2 = 4 x 1000 = 4000 mm
- I2 = 1/12 x 650 x 650<sup>3</sup> = 1,5 x 10<sup>10</sup> mm<sup>4</sup>
- K1 = I2/H1 = 3.233.809 mm<sup>3</sup>
- K2 = I1/H2 = 3.718.880 mm<sup>3</sup>
- $\frac{k1}{(k1+k2)} = 0,465$
- $\frac{k1}{(k1+k2)} = 0,535$

### Perhitungan Gaya Geser Pada *Joint*

#### Hitung $M_e$

- $M_{pr-} = 848,7681 \text{ kNm}$
- $M_{pr+} = 532,7010 \text{ kNm}$
- $M_{prk1} = 0,465 \times (848,7681 + 532,701) = 642,5438 \text{ kNm}$
- $M_{prk2} = 0,535 \times (848,7681 + 532,701) = 738,9253 \text{ kNm}$
- $M_e = \frac{642,5438 + 738,9253}{2} = 690,7346 \text{ kNm}$

#### Hitung $V_e$

- $M_e = 690,7346 \text{ kNm}$
- $L_n = 4,2 \text{ kNm}$
- $V_e = \frac{690,7346 \times 2}{4,2} = 328,9212 \text{ kN}$

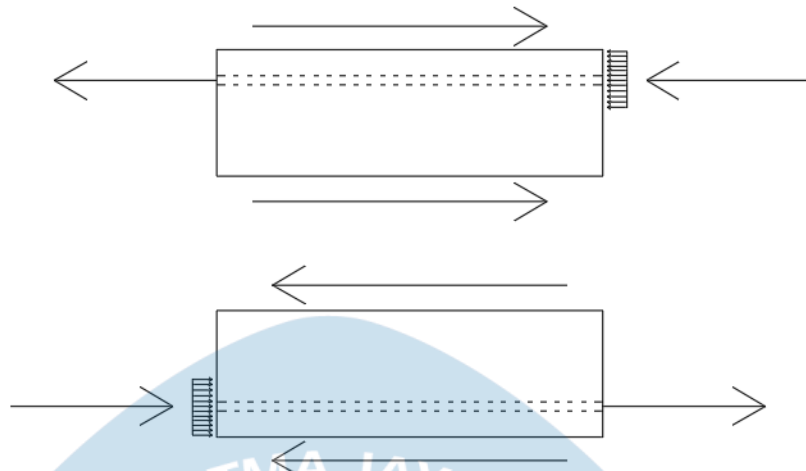
#### Tarik tulangan dan tekan beton kanan

- $n \text{ tulangan} = 3 \text{ buah}$
- $D \text{ tulangan} = 25 \text{ mm}$
- $A_s \text{ 3D25} = 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 1.472,62 \text{ mm}^2$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- $T_1 = C_1 = 1,25 \times 1.472,62 \times 420/1000 = 773,626 \text{ kN}$

#### Tarik tulangan dan tekan beton kiri

- $n \text{ tulangan} = 5 \text{ buah}$
- $D \text{ tulangan} = 25 \text{ mm}$
- $A_s \text{ 5D25} = 5 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 2454,37 \text{ mm}^2$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- $T_2 = C_2 = 1,25 \times 2.454,37 \times 420/1000 = 1.258,57 \text{ kN}$

Perhitungan gaya geser pada joint, gambar gaya yang bekerja pada kolom diatas joint dapat dilihat pada Gambar 2.50, dengan perhitungan kekuatan geser nominal joint dapat dilihat pada Tabel 2.79.



Gambar 2.50 Gaya yang Bekerja Pada Kolom diatas Joint

Tabel 2.79 Kekuatan Geser Nominal Joint

(Berdasarkan SNI 2847:2019)

| Konfigurasi Joint  | $V_n$                                     |
|--|---|
| Untuk <i>joint</i> yang terkekang oleh balok-balok pada keempat sisinya <sup>[1]</sup>                       | $1,7\lambda\sqrt{f_c'}A_j$ <sup>[2]</sup> |
| Untuk <i>joint</i> yang terkekang oleh balok-balok pada tiga sisinya atau dua sisi berlawanan <sup>[1]</sup> | $1,2\lambda\sqrt{f_c'}A_j$ <sup>[2]</sup> |
| Untuk kasus-kasus lainnya  | $1,0\lambda\sqrt{f_c'}A_j$ <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup>Mengacu pada 18.8.4.2

<sup>[2]</sup>  $\lambda$  diambil 0,75 untuk beton ringan dan 1,0 untuk beton normal. Nilai  $A_j$  berdasarkan 18.8.4.3

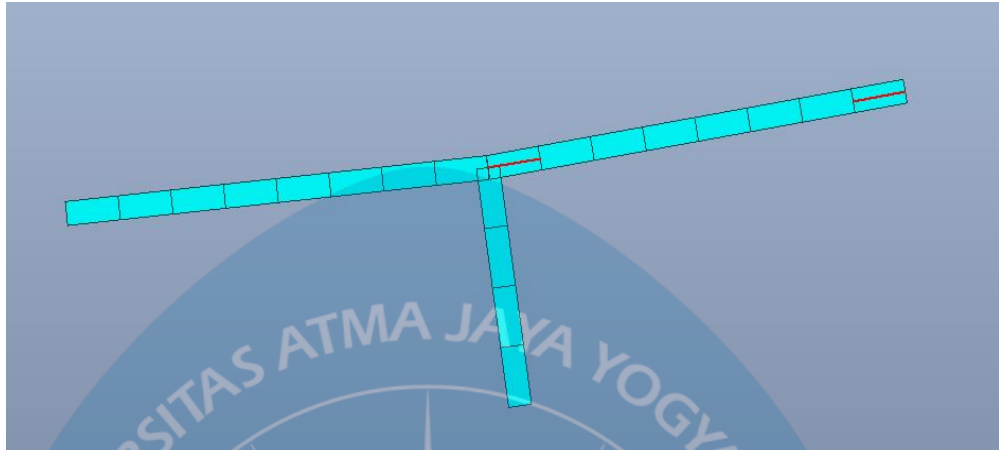
- $V_e = 328,921 \text{ kN}$
- $T_2 = 1.288,54 \text{ kN}$
- $C_1 = 773,126 \text{ kN}$
- $V_j = 328,921 - 1.288,54 - 773,126 = -1.732,75 \text{ kN}$

Kekuatan Geser *joint* terkekang 4 sisi

- $\phi V_n = 0,75 \times 1,7 \times 1 \times \sqrt{25} \times 425.500/1000 = 2.693,44 \text{ kN}$
- $V_j = 1.732,75 \text{ kN}$

$$\phi V_n > V_j \text{ (ok)}$$

Perhitungan hubungan balok kolom terkekang oleh balok-balok pada 3 sisi dapat dilihat pada Gambar 2.51



Gambar 2.51 Hubungan Balok Kolom Terkekang Oleh Balok-balok pada 3 Sisi.

Data balok

- Tumpuan kiri = 3D25
- Lapangan = 2D25
- Tumpuan kanan = 3D25

Data kolom

- b kolom = 550 mm
- h kolom = 550 mm
- H1 = 4,6 m
- H2 = 4 m
- Ln =  $4,6 - 0,5 \times 800/1000 = 4,2$  m
- $f'_c = 25$  MPa
- $F_y = 420$  MPa

Penentuan Dimensi *Joint*, cek syarat dimensi kolom

- n tulangan = 16 buah
- D tulangan = 25 mm
- 20 db =  $20 \times 25 = 500$  mm  $\rightarrow 20 \text{ db} < 500$  (ok)

Tinggi *joint*

- h kolom = 550 mm
- h balok = 800 mm
- Tinggi efektif = 550 mm  $\rightarrow h \text{ kolom} > h \text{ balok}$



### Lebar efektif

- $b \text{ balok} + h \text{ kolom} = 400 + 550 = 950 \text{ mm}$
- $x = 0,5 \times (550 - 400) = 75 \text{ mm}$
- $b \text{ balok} + 2x = 550 \text{ mm}$
- lebar efektif = 550 mm

### Luas efektif

- Tinggi efektif = 550 mm
- Lebar efektif = 550 mm
- Luas efektif ( $A_j$ ) = 302500 mm<sup>2</sup>
- $H_1 = 4,6 \times 1000 = 4600 \text{ mm}$
- $I_1 = 1/12 \times 550 \times 550^3 = 7,63 \times 10^9 \text{ mm}^4$
- $H_2 = 4 \times 1000 = 4000 \text{ mm}$
- $I_2 = 1/12 \times 550 \times 550^3 = 7,63 \times 10^9 \text{ mm}^4$
- $K_1 = I_2/H_1 = 1.657.722 \text{ mm}^3$
- $K_2 = I_1/H_2 = 1.906.380 \text{ mm}^3$
- $\frac{k_1}{(k_1+k_2)} = 0,465$
- $\frac{k_2}{(k_1+k_2)} = 0,535$

### Perhitungan Gaya Geser Pada *Joint*

#### Hitung $M_e$

- $M_{pr-} = 532,701 \text{ kNm}$
- $M_{pr+} = 362,9474 \text{ kNm}$
- $M_{prk1} = 0,465 \times (532,701 + 362,9474) = 416,5807 \text{ kNm}$
- $M_{prk2} = 0,535 \times (532,701 + 362,9474) = 479,0678 \text{ kNm}$
- $M_e = \frac{642,5438 + 738,9253}{2} = 447,8242 \text{ kNm}$

#### Hitung $V_e$

- $M_e = 447,8242 \text{ kNm}$
- $L_n = 4,2 \text{ kNm}$
- $V_e = \frac{447,8242 \times 2}{4,2} = 213,2496 \text{ kN}$

### Tarik tulangan dan tekan beton kanan

- $n \text{ tulangan} = 2 \text{ buah}$
- $D \text{ tulangan} = 25 \text{ mm}$

- $A_s 2D25 = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 981,7477 \text{ mm}^2$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- $T1 = C1 = 1,25 \times 981,7477 \times 420/1000 = 515,4175 \text{ kN}$

Tarik tulangan dan tekan beton kiri

- $n \text{ tulangan} = 3 \text{ buah}$
- $D \text{ tulangan} = 25 \text{ mm}$
- $A_s 3D25 = 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 1.472,622 \text{ mm}^2$
- $F_y = 420 \text{ MPa}$
- $T2 = C2 = 1,25 \times 1.472,622 \times 420/1000 = 773,1263 \text{ kN}$

Gaya geser pada joint, gambar gaya yang bekerja pada kolom diatas joint dapat dilihat pada Gambar 2.46, dengan perhitungan kekuatan geser nominal joint dapat dilihat pada

Tabel 2.

- $V_e = 213,2496 \text{ kN}$
- $T2 = 773,1263 \text{ kN}$
- $C1 = 515,4175 \text{ kN}$
- $V_j = 213,2496 - 773,1263 - 515,4175 = -1.075,29 \text{ kN}$

Kekuatan Geser *joint* terkekang 3 sisi

- $\phi V_n = 0,75 \times 1,2 \times 1 \times \sqrt{25} \times 302.500 /1000 = 1.361,25 \text{ kN}$
- $V_j = 1.075,29 \text{ kN}$

$\phi V_n > V_j$  (ok)

## 2.14 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan struktur atas yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Material perancangan digunakan secara minimal dan mampu memenuhi kekuatan nominal minimal.
2. Pembebanan pada struktur digunakan beban statik ekuivalen.
3. Jenis struktur yang digunakan adalah rangka beton bertulang pemikul momen khusus.