

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

4.1 Umum

Preliminary Design merupakan tahap perencanaan awal dimensi struktur gedung. Tahap ini dilakukan dengan mengacu peraturan yang ada. *Preliminary Design* dilakukan terhadap komponen struktur sekunder maupun struktur primer. Lalu setelah melakukan tahap ini dilakukan perencanaan awal beban yang akan terjadi dan data data yang telah didapat dari tahap *Preliminary Design* di-input ke dalam aplikasi program analisa struktur dan akan menghasilkan gaya gaya dalam.

4.2 Perencanaan Dimensi Balok

Mengacu pada SNI 2847-2019 untuk perencanaan Balok, yaitu :

1. Bentang bersih ≥ 4 x tinggi efektif,
2. Lebar komponen $b_w > 0,3h$ dan $b_w \geq 250$ mm kemudian yang terakhir
3. Diberi jarak = Lebar penumpu c_2 atau $0,75$ x keseluruhan struktur penumpu c_1 (dimensi kolom terbesar) ditambah jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan atau lebih kecil dari :
 - a) Lebar komponen struktur penumpu c_2
 - b) $0,75$ x dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu c_1 .

Sesuai dengan **SNI 2847-2019 pasal 9.3.1.1.** menggunakan rumusan :

- 1) Tinggi balok : $h = \frac{L}{16}$
- 2) Lebar balok : $b = \frac{2}{3}h$

4.2.1 Perencanaan Balok Induk

Pada perencanaan Balok Induk, sesuai dengan gambar, diketahui terdapat 9 jenis Balok Induk dengan bentang yang berbeda-beda. Pada *Preliminary Design* balok induk ini akan diekivalenkan atau disamakan pada dimensi penampang balok.

1. Balok Induk (B1)

Bentang (L) = 450 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{450}{16} = 28,125 \text{ cm, dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm, dipakai } b = 40 \text{ cm}$$

Pada kondisi Balok Induk (B1) dihasilkan $h = 28,125$ cm, tetapi digunakan 60 cm bukan 30 cm yang di mana lebih mendekati dengan perhitungan. Hal ini dipilih oleh penulis karena setelah melakukan analisa struktur di program bantu, dihasilkan struktur yang tidak memenuhi syarat. Oleh karena itu, proses *Preliminary Design* telah berulang kali dilakukan. Setelah dilakukannya beberapa kali *Preliminary Design* didapatkan dimensi balok induk 40/60 cm dengan maksud disetarakan semua dimensi balok induk pada perencanaan struktur gedung ini. Jadi, digunakan dimensi Balok B1 adalah 40/60 cm.

2. Balok Induk (B2)

Bentang (L) = 800 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{800}{16} = 50 \text{ cm, dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm, dipakai } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok B2 adalah 40/60 cm

3. Balok Induk (B3)

Bentang (L) = 320 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{320}{16} = 20 \text{ cm, dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm, dipakai } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok B3 adalah 40/60 cm

4. Balok Induk (B4)

Bentang (L) = 620 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{620}{16} = 38,75 \text{ cm, dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm, dipakai } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok B4 adalah 40/60 cm

5. Balok Induk (B5)

Bentang (L) = 400 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{400}{16} = 25 \text{ cm, dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 60 = 36 \text{ cm, dipakai } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok B5 adalah 40/60 cm

6. Balok Induk (B6)

Bentang (L) = 600 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{600}{16} = 37,5 \text{ cm, dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 60 = 36 \text{ cm , dipakai } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok B6 adalah 40/60 cm

7. Balok Induk (B7)

$$\text{Bentang (L)} = 380 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{16} = \frac{380}{16} = 23,125 \text{ cm, dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 60 = 36 \text{ cm , dipakai } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok B7 adalah 40/60 cm

8. Balok Induk (B8)

$$\text{Bentang (L)} = 500 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{16} = \frac{500}{16} = 31,25 \text{ cm, dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 60 = 36 \text{ cm , dipakai } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok B8 adalah 40/60 cm

9. Balok Induk (B9)

$$\text{Bentang (L)} = 180 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{16} = \frac{180}{16} = 11,25 \text{ cm, dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 60 = 36 \text{ cm , dipakai } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok B9 adalah 40/60 cm

Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Tabel 4.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

| No | Nama Balok | Dimensi (b/h) |
|----|------------|---------------|
| 1 | B1 | 40/60 |
| 2 | B2 | 40/60 |
| 3 | B3 | 40/60 |
| 4 | B4 | 40/60 |
| 5 | B5 | 40/60 |
| 6 | B6 | 40/60 |
| 7 | B7 | 40/60 |
| 8 | B8 | 40/60 |
| 9 | B9 | 40/60 |

4.2.2 Perencanaan Balok Anak

Pada perencanaan Balok Anak, sesuai dengan gambar, diketahui terdapat 4 jenis Balok Anak dengan bentang yang berbeda-beda.

1. Balok Anak (BA 1)

Bentang (L) = 400 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{400}{16} = 25 \text{ cm, dipakai } h = 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 30 = 20 \text{ cm, dipakai } b = 20 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok BA 1 adalah 20/30 cm

2. Balok Anak (BA 2)

Bentang (L) = 300 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{300}{16} = 18,75 \text{ cm, dipakai } h = 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 30 = 20 \text{ cm, dipakai } b = 20 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok BA 2 adalah 20/30 cm

3. Balok Anak (BA 3)

Bentang (L) = 310 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{310}{16} = 19,375 \text{ cm, dipakai } h = 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 30 = 20 \text{ cm, dipakai } b = 20 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok BA 3 adalah 20/30 cm

4. Balok Anak (BA 4)

Bentang (L) = 500 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{500}{16} = 31,25 \text{ cm, dipakai } h = 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 30 = 20 \text{ cm, dipakai } b = 20 \text{ cm}$$

Jadi, digunakan dimensi Balok BA 4 adalah 20/30 cm

Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Tabel 4.2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

| No | Nama Balok | Dimensi (b/h) |
|----|------------|---------------|
| 1 | BA 1 | 20/30 |
| 2 | BA 2 | 20/30 |
| 3 | BA 3 | 20/30 |
| 4 | BA 4 | 20/30 |

4.3 Perencanaan Pelat

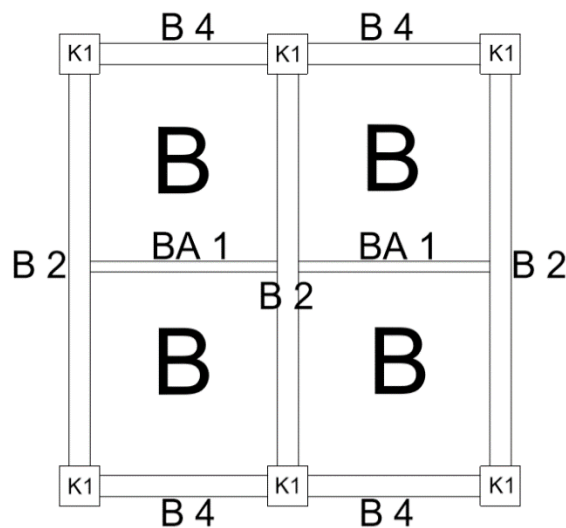
Pada perencanaan struktur Apartemen “Multiple Block Up” ini terdapat 9 tipe Pelat Lantai dan 10 tipe pelat atap. Perhitungan pelat dilakukan dengan memilih dimensi pelat terbesar agar dapat mengetahui pelat yang paling berpengaruh pada struktur.

4.3.1 Perencanaan Pelat Atap

Pelat atap direncanakan untuk menahan beban lentur. Beban-beban yang akan ditahan oleh pelat, yaitu beban mati dan beban hidup pelat. Adapun standar yang dipedomankan dalam perencanaan pelat ini, yaitu SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.2. Hal ini juga dilakukan pada perencanaan pelat lantai.

1. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Pelat yang akan direncanakan yaitu pelat B dengan ukuran 4 m x 4 m merupakan pelat dua arah. Tebal pelat dua arah ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019.



Gambar 4.1 Pelat Atap B

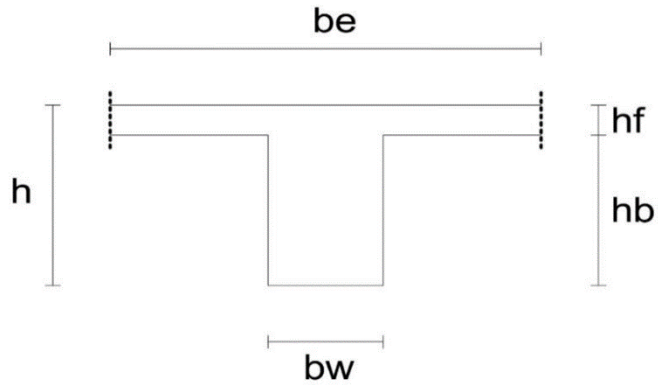
Balok-balok di sekitar daerah tinjauan :

$$B2 = 40/60$$

$$B4 = 40/60$$

$$BA 1 = 20/30$$

$$BA 2 = 20/30$$



Gambar 4.2 Penampang T Balok Induk Pelat Atap

Menentukan Lebar Efektif (Be)

$$Be_1 = bw + 2hb = 400 + 2(600 - 100) = 1400 \text{ mm}$$

$$Be_2 = bw + 8hf = 400 + 8(100) = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan Be} = 1200 \text{ mm}$$

$$Ln = 4000 - 2\left(\frac{1}{2} \times 400\right) = 3600 \text{ mm}$$

$$Sn = 4000 - 2\left(\frac{1}{2} \times 400\right) = 3600 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{3800}{3800} = 1 < 2 \text{ (Pelat Dua Arah)}$$

Mencari Momen Inersia Balok Penampang

$$A_1 = 400 \times 500 = 200.000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 1200 \times 100 = 120.000 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{total}} = 320.000 \text{ mm}^2 = 3200 \text{ cm}^2$$

$$Y_1 = \frac{hb}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$Y_2 = hb + \frac{hf}{2} = 500 + \frac{100}{2} = 550 \text{ mm}$$

$$Y_a = \frac{(A_1 \times Y_1) + (A_2 \times Y_2)}{A_{\text{Total}}}$$

$$Y = \frac{(200.000 \times 250) + (120.000 \times 550)}{320.000}$$

$$Y = 362,5 \text{ mm}$$

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot bw \cdot hb^3 + A_1(y - y_1)^2 + \frac{1}{12} \cdot be \cdot hf^3 + A_2(y_2 - y)^2$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 500^3 + 200.000 (362,5 - 250)^2 + \frac{1}{12} \cdot 1200 \cdot 100^3 + 120.000 (550 - 362,5)^2$$

$$= 1,10167 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

Mutu Beton yang Digunkana adalah $f'c = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{35} = 27805,57 \text{ Mpa}$$

Momen Inersia Pelat Bentang Terpanjang

$$I_s = \frac{1}{12} x b h^3$$

$$I_s = \frac{1}{12} x 4000 x 100^3$$

$$I_s = 3,3333333 x 10^8 \text{ mm}^4$$

Kuat Lentur Penampang Balok Terhadap Kuat Lentur Pelat Bentang Terpanjang

$$af1 = \frac{E_{cb}.I_b}{E_{ca}.I_s} = \frac{27805,57 \cdot 1,10167 \times 10^{10}}{27805,57 \cdot 3,3333333 \times 10^8} = 33,05$$

Mencari Momen Inersia Pelat Bentang Terpendek

$$I_s = \frac{1}{12} x b h^3$$

$$I_s = \frac{1}{12} x 4000 x 100^3$$

$$I_s = 3,3333333 x 10^8 \text{ mm}^4$$

Kuat Lentur Penampang Balok Terhadap Kuat Lentur Pelat Bentang Terpendek

$$af2 = \frac{E_{cb}.I_b}{E_{ca}.I_s} = \frac{27805,57 \cdot 1,10167 \times 10^{10}}{27805,57 \cdot 3,3333333 \times 10^8} = 33,05$$

$$afm = \frac{af1 + af2}{2}$$

$$afm = \frac{33,05 + 33,05}{2} = 33,05 (> 2)$$

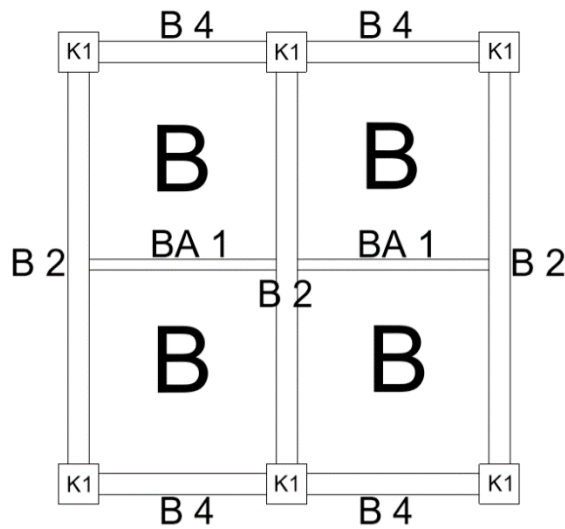
Nilai $afm > 2,0$ maka mencari ketebalan minimum pelat

$$H_{\min} = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta} = \frac{3600(0,8 + (\frac{420}{1400}))}{36 + 9 \cdot (1,35)} = 110,31 = 120 \text{ mm}$$

4.3.2 Perencanaan Pelat Lantai

1. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Pelat yang akan direncanakan yaitu pelat B dengan ukuran 4 m x 4 m merupakan pelat dua arah. Tebal pelat dua arah ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019.



Gambar 4.3 Pelat Lantai B

Balok-balok di sekitar daerah tinjauan :

$B2 = 40/60$

$B4 = 40/60$

$BA 1 = 20/30$

$BA 2 = 20/30$

$Be_1 = bw + 2hb = 400 + 2(600 - 120) = 1360 \text{ mm}$

$Be_2 = bw + 8hf = 400 + 8(120) = 1360 \text{ mm}$

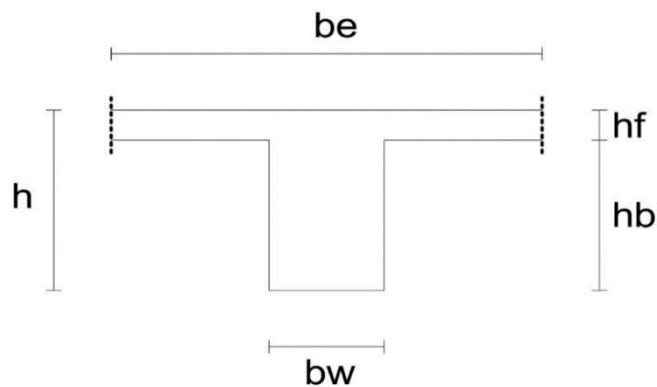
Digunakan $Be = 1360 \text{ mm}$

$Ln = 4000 - 2(\frac{1}{2} \times 400) = 3600 \text{ mm}$

$Sn = 4000 - 2(\frac{1}{2} \times 400) = 3600 \text{ mm}$

$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{3800}{3600} = 1 < 2 \text{ (Pelat Dua Arah)}$

Mencari Lebar Efektif (Be)



Gambar 4.4 Penampang T Balok Induk Pelat Lantai

Mencari Momen Inersia Balok PenuMPang

$$A_1 = 400 \times 500 = 200.000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 400 \times 480 = 192.000 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{total}} = 392.000 \text{ mm}^2 = 3920 \text{ cm}^2$$

$$Y_1 = \frac{hf}{2} = \frac{480}{2} = 240 \text{ mm}$$

$$Y_2 = hb + \frac{hf}{2} = 480 + \frac{120}{2} = 540 \text{ mm}$$

$$Y_a = \frac{(A_1 \times Y_1) + (A_2 \times Y_2)}{A_{\text{Total}}}$$

$$Y = \frac{(200.000 \times 240) + (192.000 \times 540)}{392.000}$$

$$Y = 386,93 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_b &= \frac{1}{12} \cdot bw \cdot hb^3 + A_1(y - y_1)^2 + \frac{1}{12} \cdot be \cdot hf^3 + A_2(y_2 - y)^2 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 480^3 + 200.000 (386,93 - 240)^2 + \frac{1}{12} \cdot 1360 \cdot 120^3 + \\ &\quad 192.000 (540 - 386,93)^2 \\ &= 1,2698566560 \times 10^{10} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Mutu Beton yang Digunkana adalah $f'c = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{35} = 27805,57 \text{ Mpa}$$

Momen Inersia Pelat Bentang Terpanjang

$$I_s = \frac{1}{12} x b h^3$$

$$I_s = \frac{1}{12} x 4000 x 100^3$$

$$I_s = 3,3333333 x 10^8 \text{ mm}^4$$

Kuat Lentur Penampang Balok Terhadap Kuat Lentur Pelat Bentang Terpanjang

$$af1 = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{ca} \cdot I_s} = \frac{27805,57 \cdot 1,2698 \times 10^{10}}{27805,57 \cdot 3,3333333 \times 10^8} = 38,09$$

Mencari Momen Inersia Pelat Bentang Terpendek

$$I_s = \frac{1}{12} x b h^3$$

$$I_s = \frac{1}{12} x 4000 x 100^3$$

$$I_s = 3,3333333 x 10^8 \text{ mm}^4$$

Kuat Lentur Penampang Balok Terhadap Kuat Lentur Pelat Bentang Terpendek

$$af2 = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{ca} \cdot I_s} = \frac{27805,57 \cdot 1,2698 \times 10^{10}}{27805,57 \cdot 3,3333333 \times 10^8} = 38,09$$

$$afm = \frac{af1 + af2}{2}$$

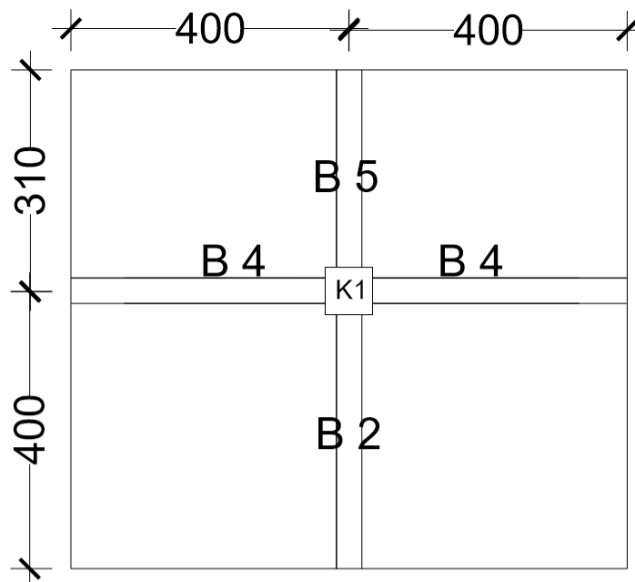
$$afm = \frac{38,09 + 38,09}{2} = 38,09 (> 2)$$

Nilai $afm > 2,0$ maka mencari ketebalan minimum pelat

$$H_{\min} = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta} = \frac{3600(0,8 + (\frac{420}{1400}))}{36 + 9.1} = 119 \text{ mm} = 120 \text{ mm}$$

4.4 Perencanaan Kolom

Pada tahap *preliminary design* pada kolom, ditentukan dengan menggunakan *tributary area* seperti gambar 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.5 Kolom yang Ditinjau

4.4.1 Distribusi Pembebanan Kolom

Untuk merencanakan awal dimensi kolom, dapat dilakukan dengan menghitung seluruh beban lantai dari bawah hingga atas.

Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati pada pelat atap :

| | | | |
|----------------|-------------------------------|-------------|----|
| Pelat | = 8 x 4 x 12 x 2400 x 18 | = 165.888 | kg |
| Balok Induk B2 | = 0,6 x 0,4 x 4 x 2400 x 18 | = 41.472 | kg |
| Balok Induk B4 | = 0,6 x 0,4 x 8 x 2400 x 18 | = 82.944 | kg |
| Balok Induk B5 | = 0,6 x 0,4 x 3,1 x 2400 x 18 | = 32.140 | kg |
| | | | + |
| | | <hr/> | |
| | Total | = 322.444,8 | kg |

Pelat Atap

| | | | | |
|------------|--------------|---|-------|----|
| Plumbing | = 8 x 4 x 10 | = | 320 | kg |
| Plafond | = 8 x 4 x 18 | = | 576 | kg |
| Aspal | = 8 x 4 x 14 | = | 448 | kg |
| Spesi | = 8 x 4 x 42 | = | 1.344 | kg |
| Ducting AC | = 8 x 4 x 20 | = | 640 | kg |

Pelat Lantai

| | | | | |
|------------|-------------------|---|-------|----|
| Plumbing | = 8 x 4 x 10 x 17 | = | 320 | kg |
| Plafond | = 8 x 4 x 18 x 17 | = | 576 | kg |
| Aspal | = 8 x 4 x 14 x 17 | = | 448 | kg |
| Spesi | = 8 x 4 x 42 x 17 | = | 1.344 | kg |
| Ducting AC | = 8 x 4 x 20 x 17 | = | 640 | kg |

Total Beban Mati = 382.348,8 kg

Beban Hidup (Live Load)

| | | | | |
|---------------|--------------------|---|---------|----|
| Lantai Atap | = 8 x 4 x 100 | = | 3.200 | kg |
| Lantai 1 | = 8 x 4 x 400 | = | 12.800 | kg |
| Lantai 2 – 18 | = 8 x 4 x 250 x 16 | = | 128.000 | kg |

Total Beban Hidup = 144.000 kg

Beban Ultiimit :

$$P_u = 1,2 D + 1,6 L$$

$$P_u = 1,2 (382.348,8) + 1,6 (144.000)$$

$$P_u = 689.219 \text{ kg}$$

$$P_u = 6.892.186 \text{ N}$$

Luas Penampang Kolom

$$A = \frac{P_u}{0,3 f_c'}$$

$$A = \frac{6.892.186}{0,3 \cdot 35} = 656.399 \text{ mm}^2$$

4.4.2 Menentukan Dimensi Kolom

$$B^2 = A$$

$$B = (656.399)^{\frac{1}{2}}$$

$$B = 810,18 \text{ mm}$$

Berdasarkan Pasal 18.7.2.1 SNI 2847-2019, dimensi penampang kolom harus memenuhi persyaratan berikut :

$$B \geq 300 \text{ mm, dipakai } 750 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm (OK)}$$

$$\frac{b}{h} \geq 0,4 ; \frac{750}{750} = 1 \geq 0,4 \text{ (OK)}$$

Dari persyaratan di atas kolom dengan dimensi kolom 750 x 750 mm, telah **memenuhi** persyaratan sehingga dapat digunakan.