

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

4.1 Umum

Preliminary design digunakan untuk memperkirakan dimensi – dimensi struktur awal yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan bantuan program bantu komputer untuk memperoleh dimensi yang efisien dan kuat. Dimensi – dimensi yang akan dilakukan *preliminary design* antara lain balok, pelat, dan kolom. Adapun data bahan sebagai pertimbangan perhitungan *preliminary design*, yaitu:

- Fungsi gedung : Hotel
- Tinggi gedung : 40 meter
- Terdiri dari : 10 lantai + atap
- Luas bangunan : 46 m x 42 m
- Mutu beton (f'_c) : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 390 MPa

4.2 Perhitungan Dimensi Balok

Sebagai penopang vertikal, balok berfungsi sebagai komponen struktural yang membawa beban dari pelat lantai ke kolom. Sesuai dengan perencanaannya, gedung hotel ini direncanakan pada daerah dengan intensitas gempa tinggi maka dari itu sesuai dengan SNI 2847-2019 pasal 18.6.2 balok harus memenuhi:

- a. Bentang bersih, l_n , harus minimal **4d**.
- b. Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari **0,3h** dan 250 mm.
- c. Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan **0,75c₁** pada masing – masing sisi kolom.

Sesuai dengan SNI 2847-2019 pasal 9.3.1.1 tinggi minimum balok nonprategang:

1. Balok induk dianggap tertumpu sederhana sehingga menggunakan $h = \frac{l}{16}$
2. Balok anak dianggap kedua ujung menerus sehingga menggunakan $h = \frac{l}{21}$

4.2.1 Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk dengan bentang $l_n = 700 \text{ cm}$ dan $f_y = 390 \text{ MPa}$ adalah

- **Balok Induk B1**

Balok induk dengan bentang 7 meter

$$h = \frac{l}{16} = \frac{700}{16} = 43,75 \text{ cm} \text{ maka dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3(60) = 18 \text{ cm} \text{ maka dipakai } b = 50 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk B1 yang digunakan adalah **50/60 cm**

- **Balok Induk B2**

Balok induk dengan bentang 4 meter

$$h = \frac{l}{16} = \frac{400}{16} = 25 \text{ cm} \text{ maka dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3(60) = 18 \text{ cm} \text{ maka dipakai } b = 50 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk B2 yang digunakan adalah **50/60 cm**

4.2.2 Dimensi Balok Anak

Dimensi balok anak akan direncanakan dengan bentang terpanjang $l_n = 700 \text{ cm}$ dan $f_y = 390 \text{ MPa}$ adalah

- **Balok Anak Lantai**

- Balok anak lantai dengan bentang 7 meter

$$h = \frac{l}{21} = \frac{700}{21} = 33,33 \text{ cm} \text{ maka dipakai } h = 50 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3(40) = 12 \text{ cm} \text{ maka dipakai } b = 45 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok anak lantai dengan bentang 7 meter yang digunakan adalah **45/50 cm**

- Balok anak lantai dengan bentang 4 meter

$$h = \frac{l}{21} = \frac{700}{21} = 33,33 \text{ cm} \text{ maka dipakai } h = 50 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3(40) = 12 \text{ cm} \text{ maka dipakai } b = 45 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok anak lantai dengan bentang 4 meter yang digunakan adalah **45/50 cm**

- **Balok Anak Atap**

- Balok anak atap dengan bentang 7 meter

$$h = \frac{l}{21} = \frac{700}{21} = 33,33 \text{ cm} \text{ maka dipakai } h = 50 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3(40) = 12 \text{ cm} \text{ maka dipakai } b = 35 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok anak atap dengan bentang 7 meter yang digunakan adalah **35/50 cm**

- Balok anak atap dengan bentang 4 meter

$$h = \frac{l}{21} = \frac{700}{21} = 33,33 \text{ cm} \text{ maka dipakai } h = 50 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3(40) = 12 \text{ cm} \text{ maka dipakai } b = 45 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok anak atap dengan bentang 4 meter yang digunakan adalah **35/50 cm**

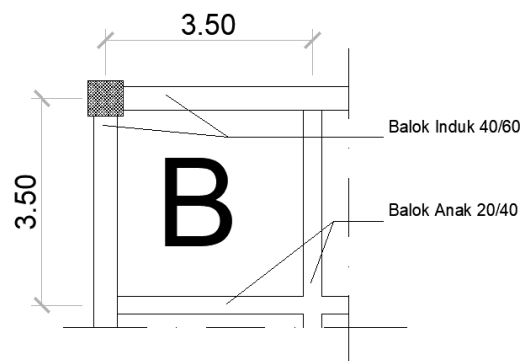
4.3 Perhitungan Dimensi Pelat

Perencanaan pelat direncanakan berdasarkan SNI 2847-2019. Perencanaan dimensi pelat direncanakan sebagai berikut:

- Tebal pelat atap : 10 cm
- Tebal pelat lantai : 12 cm

4.3.1 Dimensi Pelat Atap

Pelat direncanakan hanya menahan beban lentur. Berdasarkan SNI 2847-2019 pada tiap balok yang mengelilingi pelat, direncanakan sebagai balok – T mengikuti pasal 9.2.4 serta dalam memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi pasal 8.3.1, yaitu tebal pelat dikontrol dengan menghitung koefisien α_{fm} . Perencanaan tebal pelat atap bentang terlebar seperti pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4. 1 Perencanaan Pelat Atap

Bentang melintang (L_y) = 350 cm

Bentang memanjang (L_x) = 350 cm

Bentang bersih sumbu Y

$$L_{yn} = L_y - \left(\frac{\text{lebar BI memanjang}}{2} \right) - \left(\frac{\text{lebar BA memanjang}}{2} \right)$$

$$L_{yn} = 350 - \left(\frac{50}{2} \right) - \left(\frac{35}{2} \right)$$

$$L_{yn} = 307,5 \text{ cm}$$

Bentang bersih sumbu X

$$L_{xn} = L_x - \left(\frac{\text{lebar BI melintang}}{2} \right) - \left(\frac{\text{lebar BA melintang}}{2} \right)$$

$$L_{xn} = 350 - \left(\frac{50}{2}\right) - \left(\frac{35}{2}\right)$$

$$L_{xn} = 307,5 \text{ cm}$$

Mencari nilai $\beta = \frac{L_{yn}}{L_{xn}} = \frac{307,5}{307,5} = 1 \leq 2$ maka masuk klasifikasi pelat dua arah.

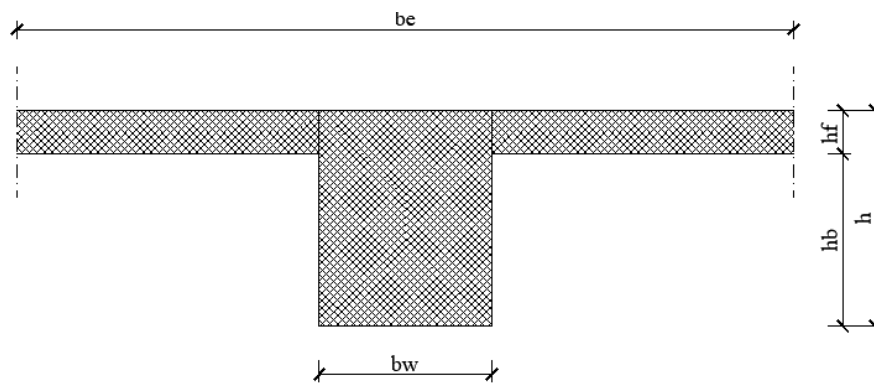
Tebal pelat atap karena tidak boleh kurang dari 125 mm jika $0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2$ dan tidak boleh kurang dari 90 mm jika nilai $\alpha_{fm} \geq 2$, maka rencana tebal pelat atap yaitu $h = 10 \text{ cm}$.

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok induk 50 x 60 cm

Pada konstruksi balok monolit, suatu balok mencakup juga bagian pelat pada tiap sisi balok sebesar proyeksi balok yang berada di atas atau di bawah pelat, sehingga menentukan lebar efektif balok (b_e) berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 9.2.4 yaitu:

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

Berikut merupakan konstruksi balok – T interior yang dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4. 2 Penampang Balok Induk Plat Atap

Dimana :

b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)

b_w = lebar balok (cm)

h_f = tebal rencana pelat (cm)

h_b = tinggi bersih balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

- Menentukan lebar efektif balok (b_e)

Dalam menentukan lebar efektif *flens* balok induk 50 x 60 cm, digunakan rumus sebagai berikut:

$$b_e = b_w + 2h_b = 50 + 2(50) = 150 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 50 + 8(10) = 130 \text{ cm}$$

Diambil nilai b_e terkecil = 130 cm

- Faktor modifikasi k

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu:

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

(LinBurns, 1996)

Sehingga momen inersia penampang:

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

Sehingga momen inersia penampang pelat:

$$I_s = \frac{1}{12} \times h \times h_f^3$$

Maka, perhitungan faktor modifikasi k, yaitu:

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{130}{50} - 1\right) \left(\frac{10}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{10}{60}\right) + 4 \left(\frac{10}{60}\right)^2 + \left(\frac{130}{50} - 1\right) \left(\frac{10}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{130}{50} - 1\right) \left(\frac{10}{60}\right)}$$

$$k = 1,45$$

Momen inersia balok penampang T:

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 50 \times 60^3 \times 1,45$$

$$I_b = 1305000 \text{ cm}^4 = 1305000000 \text{ mm}^4$$

Momen inersia penampang pelat:

$$I_s = \frac{1}{12} \times L \times h_f^3$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 350 \times 10^3$$

$$I_s = 29166,67 \text{ cm}^4 = 291666666,7 \text{ mm}^4$$

Mutu beton yang digunakan $f'_c = 35 \text{ MPa}$

- Modulus elastisitas beton

$$E_{cb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \sqrt{35} = 27805,58 \text{ MPa}$$

Sehingga rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times l_b}{E_{cs} \times l_s} = \frac{27805,58 \times 1305000000}{27805,58 \times 291666666,7} = 4,47 > 2$$

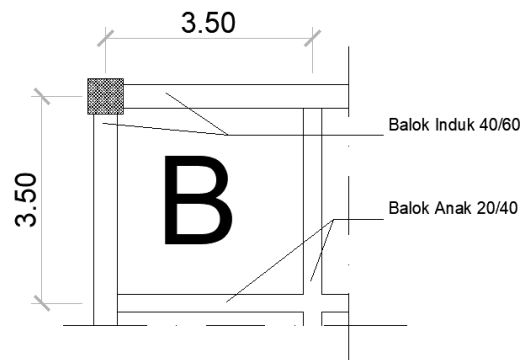
Karena $\alpha_{fm} > 2$, maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan seperti pada SNI 2847-2019 pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2.d dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{320 \left(0,8 + \frac{390}{1400} \right)}{36 + 9 \times 1} = 7,67 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat atap yang direncanakan $h_{min} = 100 \text{ mm} > h_{min} = 76,7 \text{ mm}$ (**OK**).

4.3.2 Dimensi Pelat Lantai

Perencanaan tebal pelat lantai bentang terlebar seperti pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4. 3 Perencanaan Pelat Lantai

$$\text{Bentang melintang } (L_y) = 350 \text{ cm}$$

$$\text{Bentang memanjang } (L_x) = 350 \text{ cm}$$

Bentang bersih sumbu Y

$$L_{yn} = L_y - \left(\frac{\text{lebar BI memanjang}}{2} \right) - \left(\frac{\text{lebar BA memanjang}}{2} \right)$$

$$L_{yn} = 350 - \left(\frac{50}{2} \right) - \left(\frac{45}{2} \right)$$

$$L_{yn} = 302,5 \text{ cm}$$

Bentang bersih sumbu X

$$L_{xn} = L_x - \left(\frac{\text{lebar BI melintang}}{2} \right) - \left(\frac{\text{lebar BA melintang}}{2} \right)$$

$$L_{xn} = 350 - \left(\frac{50}{2} \right) - \left(\frac{45}{2} \right)$$

$$L_{xn} = 302,5 \text{ cm}$$

Mencari nilai $\beta = \frac{L_{yn}}{L_{xn}} = \frac{302,5}{302,5} = 1 \leq 2$ maka masuk klasifikasi pelat dua arah.

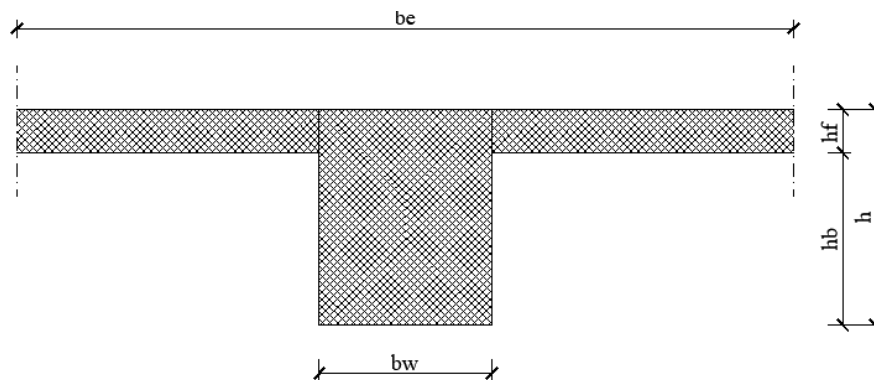
Tebal pelat lantai karena tidak boleh kurang dari 125 mm jika $0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2$ dan tidak boleh kurang dari 90 mm jika nilai $\alpha_{fm} \geq 2$, maka rencana tebal pelat atap yaitu $h = 12$ cm.

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok induk 50 x 60 cm

Pada konstruksi balok monolit, suatu balok mencakup juga bagian pelat pada tiap sisi balok sebesar proyeksi balok yang berada di atas atau di bawah pelat, sehingga menentukan lebar efektif balok (b_e) berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 9.2.4 yaitu:

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

Berikut merupakan konstruksi balok – T interior yang dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Penampang Balok Induk Plat Lantai

Dimana :

b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)

b_w = lebar balok (cm)

h_f = tebal rencana pelat (cm)

h_b = tinggi bersih balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

- Menentukan lebar efektif balok (b_e)

Dalam menentukan lebar efektif *flens* balok induk 50 x 60 cm, digunakan rumus sebagai berikut:

$$b_e = b_w + 2h_b = 50 + 2(50) = 150 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 50 + 8(10) = 130 \text{ cm}$$

Diambil nilai b_e terkecil = 130 cm

- Faktor modifikasi k

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu:

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

(LinBurns, 1996)

Sehingga momen inersia penampang:

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

Sehingga momen inersia penampang pelat:

$$I_s = \frac{1}{12} \times h \times h_f^3$$

Maka, perhitungan faktor modifikasi k, yaitu:

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{130}{50} - 1\right) \left(\frac{10}{60}\right) \left[4 - 6\left(\frac{10}{60}\right) + 4\left(\frac{10}{60}\right)^2 + \left(\frac{130}{50} - 1\right) \left(\frac{10}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{130}{50} - 1\right) \left(\frac{10}{60}\right)}$$

$$k = 1,45$$

Momen inersia balok penampang T:

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 50 \times 60^3 \times 1,45$$

$$I_b = 1305000 \text{ cm}^4 = 1305000000 \text{ mm}^4$$

Momen inersia penampang pelat:

$$I_s = \frac{1}{12} \times L \times h_f^3$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 350 \times 10^3$$

$$I_s = 29166,67 \text{ cm}^4 = 291666666,7 \text{ mm}^4$$

Mutu beton yang digunakan $f'_c = 35 \text{ MPa}$

- Modulus elastisitas beton

$$E_{cb} = E_{cs} = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{35} = 27805,58 \text{ MPa}$$

Sehingga rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 1305000000}{27805,58 \times 291666666,7} = 4,47 > 2$$

Karena $\alpha_{fm} > 2$, maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan seperti pada SNI 2847-2019 pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2.d dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{320 \left(0,8 + \frac{390}{1400} \right)}{36 + 9 \times 1} = 7,67 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

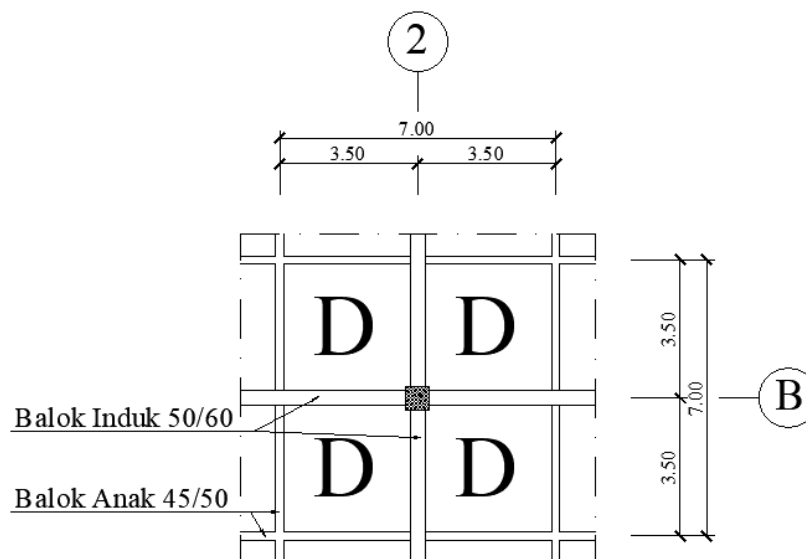
Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat lantai yang direncanakan $h_{min} = 120 \text{ mm} > h_{min} = 76,7 \text{ mm}$ (OK).

4.4 Dimensi Kolom

Kolom merupakan penahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua atap atau lantai serta momen maksimum dari beban terfaktor pada suatu bentang atap atau lantai bersebelahan yang ditinjau. Kolom akan menerima beban dari pelat dan balok yang kemudian akan diteruskan ke tanah melalui pondasi. Perencanaan dimensi kolom menggunakan metode sistem rangka pemikul momen khusus ini harus memenuhi persyaratan pada SNI 2847-2019 pasal 18.7.2, yaitu:

- Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, $b_w < 300 \text{ mm}$.
- Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya $\frac{b_w}{h} > 0,4$.

Pembebanan yang digunakan pada perencanaan kolom ini sesuai dengan SNI 1727-2020. Perencanaan kolom dihitung dengan cara beban yang dipikul dari pelat dan balok hanya setengah dari bentang dan mengambil area terluas, metode ini disebut dengan *triburary area*. Perhitungan pembebanan pada kolom dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Perhitungan Pembebanan pada Kolom

4.4.1 Ditribusi Pembebanan Kolom

Beban pada perencanaan awal dimensi kolom yang dihitung meliputi beban mati (*dead load*) dan beban hidup (*live load*).

Beban Mati (*Dead Load*)

- Beban mati pada pelat atap

Pelat	$= 7 \times 7 \times 0,10 \times 2400$	$= 11760 \text{ kg}$
Balok induk	$= 0,50 \times (0,60 - 0,10) \times 2400 \times 15$	$= 9000 \text{ kg}$
Balok anak	$= 0,30 \times (0,50 - 0,10) \times 2400 \times 18$	$= 5184 \text{ kg}$
Ducting AC	$= 7 \times 7 \times 20$	$= 980 \text{ kg}$
Plafond	$= 7 \times 7 \times 18$	$= 882 \text{ kg}$
Aspal	$= 7 \times 7 \times 14$	$= 686 \text{ kg}$
Spesi 2 cm	$= 7 \times 7 \times (21 \times 2)$	$= 2058 \text{ kg}$
Plumbing	$= 7 \times 7 \times 10$	$= \underline{490 \text{ kg}} +$
Beban mati pelat atap		$= \mathbf{31040 \text{ kg}}$

- Beban mati pada pelat lantai 1 – 10

Pelat	$= 7 \times 7 \times 0,12 \times 2400$	$= 14112 \text{ kg}$
Balok induk	$= 0,50 \times (0,60 - 0,12) \times 2400 \times 15 \times 10$	$= 86400 \text{ kg}$
Balok anak	$= 0,45 \times (0,50 - 0,12) \times 2400 \times 18 \times 10$	$= 73872 \text{ kg}$
Ducting AC	$= 7 \times 7 \times 20$	$= 980 \text{ kg}$
Plafond	$= 7 \times 7 \times 18$	$= 882 \text{ kg}$
Keramik	$= 7 \times 7 \times 24$	$= 1176 \text{ kg}$
Spesi 2 cm	$= 7 \times 7 \times (21 \times 2)$	$= 2058 \text{ kg}$
Plumbing	$= 7 \times 7 \times 10$	$= \underline{490 \text{ kg}} +$
Beban mati pelat lantai		$= \mathbf{179970 \text{ kg}}$

Total beban mati (*dead load*) = beban mati pelat atap + beban mati pelat lantai
 $= 31040 + 179970$
 $= \mathbf{211010 \text{ kg}}$

Beban Hidup (*Live Load*)

Pelat atap	$= 7 \times 7 \times 100 \times 1$	$= 4900 \text{ kg}$
Air hujan pada pelat atap	$= 7 \times 7 \times 50$	$= 2450 \text{ kg}$
Pelat lantai 1 – 10	$= 7 \times 7 \times 250 \times 10$	$= \underline{122500 \text{ kg}} +$
Total beban hidup (<i>live load</i>)		$= \mathbf{129850 \text{ kg}}$

Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}q_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2 (211010) + 1,6 (129850) \\ &= 460972 \text{ kg} \\ &= \mathbf{460972 \text{ N}}\end{aligned}$$

4.4.2 Menentukan Dimensi Kolom

Faktor kekuatan reduksi (Φ) = 0,3

Mutu beton (f'_c) = 35 MPa

$$\text{Dimensi } A = \frac{q_u}{\Phi \times f'_c} = \frac{460972}{0,3 \times 35} = 439021 \text{ mm}^2$$

Kolom berbentuk segi empat maka $A = b^2$

$$b^2 = 439021$$

$$b = 662,59 \text{ mm}$$

Maka untuk dimensi kolom sendiri menggunakan 70 x 70 cm