

BAB V

PERHITUNGAN STRUKTUR

Salah satu cara yang digunakan dalam perhitungan gaya horisontal untuk analisis dinamis ialah dengan menggunakan program MATLAB. Hasil yang diperoleh dari program MATLAB ialah pola goyangan (*mode shapes*), frekuensi angular (ω) dan gaya horisontal tingkat yang disimulasikan pada struktur. Untuk data struktur diolah menggunakan rumus-rumus yang telah dijabarkan dalam bab-bab sebelumnya dan disederhanakan lagi urutan setiap langkahnya, guna memudahkan perhitungan selanjutnya. Setelah gaya horisontal diperoleh dari program MATLAB dan data struktur diketahui, maka untuk menghitung gaya-gaya dalam pada struktur digunakan program SAP'90. Gaya gempa merupakan gerakan tanah secara bolak-balik bisa datang dari segala arah, maka pada analisis dinamis harus dianalisis secara 3D. Sebelum masuk ke program MATLAB harus dilakukan asumsi dimensi dinding geser untuk mendapatkan berat bangunan total per lantai.

Perhitungan selanjutnya yaitu menyusun matriks massa dan matriks kekakuan agar dapat diproses pada program MATLAB untuk mendapatkan gaya horisontal tiap tingkat. Hasil keluaran dari MATLAB berupa gaya horisontal, selanjutnya akan diproses pada program SAP'90 untuk mendapatkan simpangan relatif, gaya geser, momen lentur, dan gaya torsi pada dinding geser. Untuk contoh perhitungan diambil variasi II yang



memiliki loncatan bidang muka sebesar 67%B. Perhitungan variasi yang lain secara keseluruhan sama pada contoh variasi II.

5.1 Asumsi Dimensi Dinding Geser Kiri Variasi II

Asumsi dimensi dinding geser merupakan perhitungan sementara untuk mendapatkan pembebanan pada struktur. Untuk mendapatkan dimensi dinding geser harus dihitung tebal dinding (b_w) dengan menggunakan persamaan (3.44), perhitungan panjang dinding geser (l_w) dapat digunakan persamaan (3.45), dan menghitung luas *Boundary Elements* mengacu pada persamaan (3.46), persamaan (3.47) dan persamaan (3.48).

1. Perhitungan Tebal Dinding Geser (b_w)

Untuk menghindari bahaya tekuk dinding geser dapat diperlakukan sebagai kolom yang ketebalannya perlu dibatasi. Batasan tebal dinding geser dapat dihitung dengan persamaan,

$$b_w = \frac{h_1}{20} \geq 150 \text{ mm},$$

$$b_w = \frac{4}{20} = 0,200 \text{ m} = 200 \text{ mm}, \text{ dipakai tebal dinding geser } (b_w) = 300 \text{ mm}.$$

2. Syarat Keamanan Dimensi Dinding Geser

Untuk menjamin agar dinding geser tetap berperilaku geser, maka perbandingan antara tinggi total bangunan dan lebar dinding geser harus memenuhi persamaan perencanaan panjang dinding geser (l_w).

$$l_w \leq \frac{h_w}{9} = \frac{48}{9} = 5,33 \text{ m} \approx 5,5 \text{ m},$$

$$\leq \frac{h_w}{l_w} = \frac{48}{5,5} = 8,7 \text{ m}$$

dari Gambar 3.9.a dengan anggapan daktilitas penuh ($\mu_s = 4$), diperoleh rasio daktilitas (μ_ϕ) = 11.

Gaya geser pada dinding geser seringkali mencapai keadaan kritis khususnya apabila hanya dipakai tulangan yang terdistribusi secara seragam, sehingga harus diketahui batasan tebal dinding geser kritis (b_c) yang nilainya menurut persamaan,

$$b_c = 0,017 \cdot l_w \sqrt{\mu_\phi} = 0,017 \cdot 5,5 \sqrt{11} = 0,310 \text{ m.}$$

3. Perhitungan luas *boundary elements*

Untuk menghitung luas *Boundary elements* mengacu pada persamaan (3.46), (3.47) dan (3.48) sebagai berikut.

1. $b \geq b_w$, dengan $b_w = 0,300$ m, maka $b = 0,300$ m.

$$b_l \geq \frac{b_c \cdot l_w}{10b} \text{ dengan } b_c = 0,310 \text{ m, } l_w = 5,5 \text{ m maka } b_l = \frac{0,310 \cdot 5,5}{10 \cdot 0,3} = 0,568 \text{ m,}$$

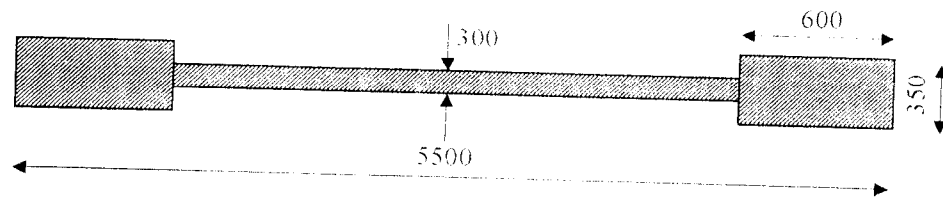
2. $b \geq b_c$, dengan $b_c = 0,310$ m, maka diambil $b = 0,310$ m.

$$b_l \geq \frac{b_c^2}{b} = \frac{0,310^2}{0,310} = 0,310 \text{ m,}$$

3. $b \geq \frac{h_1}{16}$, dengan $h_1 = 4$ m, maka $b = 0,25$ m.

$$b_l \geq \frac{h_1}{16}, \text{ maka } b_l \geq \frac{4}{16} = 0,25 \text{ m}$$

Dari ketiga persamaan diatas diambil nilai b dan b_l terbesar yaitu $b = 0,310$ m dan nilai $b_l = 0,568$ m. Nilai b dan b_l yang dipakai adalah $b = 0,350$ m dan $b_l = 0,600$ m. Hasil dari perhitungan dimensi dinding geser kiri didapat tebal dinding geser (b_w) 300 mm, panjang dinding geser (l_w) 5500 mm, dan luas *Boundary Elements* = $b \times b_l = 350 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$, sehingga dimensi yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Dimensi Dinding Geser kiri

5.2 Asumsi Dimensi Dinding Geser Kanan Variasi II

Komponen struktur dinding geser pada bangunan yang dianalisis terdapat dua yaitu dinding geser kiri dan kanan. Pada dinding geser kiri untuk setiap variasi sama, sehingga selanjutnya akan dihitung dinding geser kanan yang setiap variasinya berbeda, akibat dari adanya loncatan bidang muka. Cara perhitungan dimensi dinding geser kanan sama pada perhitungan dimensi dinding geser kiri.

1. Perhitungan Tebal Dinding Geser (b_w)

Untuk menghindari bahaya tekuk dinding geser dapat diperlakukan sebagai kolom yang ketebalannya perlu dibatasi. Batasan tebal dinding geser dapat dihitung dengan persamaan,

$$b_w = \frac{h_l}{20} \geq 150 \text{ mm},$$

$$b_w = \frac{4}{20} = 0,200 \text{ m} = 200 \text{ mm. dipakai tebal dinding geser } (b_w) = 300 \text{ mm.}$$

2. Syarat Keamanan Dimensi Dinding Geser

Untuk menjamin agar dinding geser tetap berperilaku geser, maka perbandingan antara tinggi total bangunan dan lebar dinding geser harus memenuhi persamaan perencanaan panjang dinding geser (l_w).

$$l_w \leq \frac{h_w}{9} = \frac{32}{9} = 3,55 \text{ m} \approx 4 \text{ m.}$$

$$\leq \frac{h_w}{l_w} = \frac{32}{4} = 8 \text{ m}$$

dari Gambar 3.9.a dengan anggapan daktilitas penuh ($\mu_s = 4$), di dapat rasio daktilitas (μ_e)=11.

Gaya geser pada dinding geser sering kali mencapai keadaan kritis khususnya apabila hanya dipakai tulangan yang terdistribusi secara seragam, sehingga harus diketahui batasan tebal dinding geser kritis (b_c) yang nilainya menurut persamaan,

$$b_c = 0,017 \cdot l_w \sqrt{\mu_e} = 0,017 \cdot 4 \sqrt{11} = 0,225 \text{ m.}$$

3. Perhitungan luas *boundary elements*

Untuk menghitung luas *boundary elements* mengacu pada persamaan (3.46), (3.47), dan (3.48) sebagai berikut,

a. $b \geq b_w$, dengan $b_w = 0,300 \text{ m}$, maka $b = 0,300 \text{ m}$,

$$b_l \geq \frac{b_c \cdot l_w}{10b} \text{ dengan } b_c = 0,225 \text{ m, } l_w = 4 \text{ m maka } b_l = \frac{0,255 \cdot 4}{10 \cdot 0,3} = 0,3 \text{ m,}$$

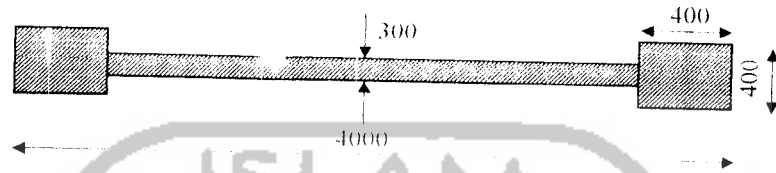
b. $b \geq b_c$, dengan $b_c = 0,225 \text{ m}$, maka diambil $b = 0,225 \text{ m}$,

$$b_l \geq \frac{b_c^2}{b} = \frac{0,225^2}{0,225} = 0,225 \text{ m.}$$

c. $b \geq \frac{h_s}{16}$, dengan $h_s = 4 \text{ m}$, maka $b = 0,25 \text{ m}$,

$$b_l \geq \frac{h_s}{16}, \text{ maka } b_l \geq \frac{4}{16} = 0,25 \text{ m}$$

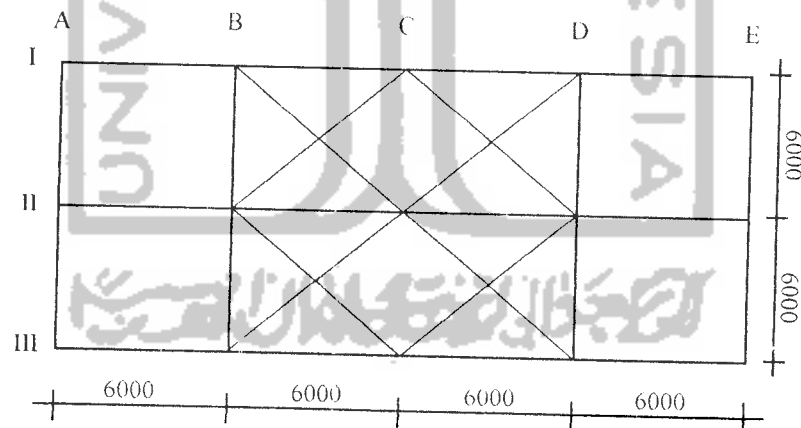
Dari ketiga persamaan di atas diambil nilai b dan b_f terbesar yaitu $b = 0,300$ m dan nilai $b_f = 0,300$. Nilai b dan b_f yang dipakai adalah $b = 0,400$ m dan $b_f = 0,400$ m. Hasil dari perhitungan dimensi dinding geser kanan diperoleh tebal dinding geser (b_w) = 300 mm, panjang dinding geser (l_w), dan luas *boundary element* = $b \times b_f = 400 \times 400$ mm, dimensi yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Dimensi Dinding Geser Kanan

5.3 Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan ditentukan berdasarkan (Yayasan LPMB, 1991) dan (Yayasan LPMB, 1983). Perhitungan pembebanan didasarkan pada kondisi penempatan metode pembebanan pada portal sebagai berikut ini.



Gambar 5.3 Pembagian pembebanan pada salah satu portal

5.3.1 Pembebanan beban atap dan lantai

1. Beban atap,

- | | | |
|---------------------|----------------------|------------------------|
| a. berat plat 12 cm | $= 0,12 \cdot 2400$ | $= 288 \text{ kg/m}^2$ |
| b. berat plafon | $= 11 + 7$ | $= 18 \text{ kg/m}^2$ |
| | | <hr/> |
| | | 306 kg/m^2 |
| c. beban hidup | 100 kg/m^2 | |

2. Beban lantai

- | | | |
|--|----------------------|------------------------|
| a. berat plat 12 cm | $0,12 \cdot 2400$ | 288 kg/m^2 |
| b. berat plafon | $11 + 7$ | 18 kg/m^2 |
| c. berat tegel, 2 cm | $= 0,02 \cdot 2400$ | $= 48 \text{ kg/m}^2$ |
| d. berat pasir, 3 cm | $= 0,03 \cdot 1600$ | $= 48 \text{ kg/m}^2$ |
| e. berat spesi, 2 cm | $= 0,02 \cdot 2100$ | $= 42 \text{ kg/m}^2$ |
| | | <hr/> |
| | | 492 kg/m^2 |
| f. beban hidup lantai untuk hotel | | $= 250 \text{ kg/m}^2$ |
| 3. Berat tembok $\frac{1}{2}$ bata | | $= 250 \text{ kg/m}^2$ |
| 4. Dimensi balok arah - X dan arah - Y | $350/700 \text{ mm}$ | |
| 5. Dimensi kolom | $500/700 \text{ mm}$ | |

5.3.2 Berat Bangunan Total pada Variasi II

Berat bangunan total diperoleh dengan akumulasi perhitungan berat elevasi setiap lantai sebagai berikut ini:

A. Berat atap

1. Beban tetap (mati)

- | | | |
|---------------|---------------------------|----------------------|
| a. berat plat | $= 12 \cdot 12 \cdot 306$ | $= 44064 \text{ kg}$ |
|---------------|---------------------------|----------------------|

b. berat <i>shear walls</i>	= 5,5. 2. 0,3. 2400	= 7920 kg
c. berat tembok ½ bata	= 60. 2. 250	= 30000 kg
d. berat kolom	= 8. 2. 0,5. 0,7. 2400	= 13440 kg
e. berat balok	= 72. 0,350. 0,700. 2400	= 42336 kg
		<hr/>
		$W_D = 137760$ kg

2. Beban hidup

a. beban hidup atap	= 100 kg.m ²	
b. koefisien reduksi	= 0,3	
c. beban hidup	= 0,3. 12. 12. 100	= 4320 kg
maka berat total atap	= 137760 + 4320	= 142080 kg

B. Lantai (9 – 11) tipikal 4 m

1. Beban mati

a. pelat lantai	= 12. 12. 492	= 70848 kg
b. berat <i>shear walls</i>	= 5,5. 4. 0,3. 2400	= 15840 kg
c. berat tembok ½ bata	= 60. 4. 250	= 60000 kg
d. berat kolom	= 8. 4. 0,5. 0,700. 2400	= 26880 kg
e. berat balok	= 72. 0,350. 0,700. 2400	= 42336 kg
		<hr/>
		$W_D = 215904$ kg

2. Beban hidup

a. beban hidup	= 0,3. 12. 12. 250	= 10800 kg
----------------	--------------------	------------

maka berat total lantai 9 – 11 = 215904 + 10800 = 226704 kg

C. Berat lantai 8 (lantai + atap)

1. Berat atap untuk beban mati

a. berat plat	= 12. 12. 306	= 44064 kg
---------------	---------------	------------

b. berat <i>shear walls</i>	= 2. 4. 0,3. 2400	= 5760 kg
c. berat tembok ½ bata	= 60. 2. 250	= 30000 kg
d. berat kolom	= 7. 2. 0,5. 0,7. 2400	= 11760 kg
e. berat balok	= 66. 0,350. 0,700. 2400	= 38808 kg
		<hr/>
		$W_D = 130392 \text{ kg}$

2. Berat atap beban hidup

a. beban hidup	0,3. 12. 12. 100	4320 kg
maka berat total atap	$130392 + 4320$	134712 kg

3. Berat lantai untuk beban mati

a. berat plat	12. 12. 492	70848 kg
b. berat <i>shear walls</i>	= 5.5. 4. 0,3. 2400	= 15840 kg
c. berat tembok ½ bata	60. 2. 250	30000 kg
d. berat kolom	= 8. 4. 0,5. 0,7. 2400	= 26880 kg
e. berat balok	= 72. 0,350. 0,700. 2400	= 42336 kg
		<hr/>
		$W_D = 185904 \text{ kg}$

1. Berat lantai untuk beban hidup

a. beban hidup	= 0,3. 12. 12. 250	= 10800 kg
berat total plat lantai	= 185904 + 10800	= 196704 kg
maka berat total lantai 8	= berat plat lantai + berat plat atap	
	= 134712 kg + 196704 kg	
	= 331416 kg	

D. Berat lantai (1 – 7) tipikal

1. Beban mati

a. plat lantai	= 12. 24. 492	= 141696 kg
----------------	---------------	-------------

- b. berat *shear walls* kiri = $5,5 \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 2400 = 15840 \text{ kg}$
- c. berat *shear walls* kanan = $4 \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 2400 = 11520 \text{ kg}$
- d. berat dinding $\frac{1}{2}$ bata = $120 \cdot 4 \cdot 250 = 120000 \text{ kg}$
- e. berat kolom = $13 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 2400 = 43680 \text{ kg}$
- f. berat balok = $120 \cdot 0,35 \cdot 0,70 \cdot 2400 = 70560 \text{ kg}$
- $W_{71} = 403296 \text{ kg}$

2. Beban hidup

- a. beban hidup = $0,3 \cdot 12 \cdot 24 \cdot 250 = 21600 \text{ kg}$

maka berat total lantai (1 - 7) = $403296 \text{ kg} + 21600 \text{ kg} = 424896 \text{ kg}$

Tabel 5.1 Berat tiap lantai

Tingkat	Berat Total Tingkat (kg)
1	424896
2	424896
3	424896
4	424896
5	424896
6	424896
7	424896
8	331416
9	226704
10	226704
11	226704
Atap	142080
Jumlah	4127880

5.4 Membentuk Matriks Massa dan Matriks Kekakuan tiap Lantai Variasi II

Perhitungan matriks massa dan matriks kekakuan pada portal 3D harus ditinjau arah-X dan arah-Y. Untuk matriks massa tiap lantai dapat dihitung dengan persamaan (3.7), maka perhitungan matriks massa dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Massa tiap lantai variasi II

Tingkat	Berat total (kg)	Massa Total(kgdet2/m)
1	424896	43312.53823
2	424896	43312.53823
3	424896	43312.53823
4	424896	43312.53823
5	424896	43312.53823
6	424896	43312.53823
7	424896	43312.53823
8	331416	33783.48624
9	226704	23109.48012
10	226704	23109.48012
11	226704	23109.48012
Atap	142080	14483.18043
	$\Sigma = 4127880$	$\Sigma = 420782.87$

Struktur gedung yang dianalisis mempunyai dua belas tingkat, sehingga matriks massa $[M]$ terdiri dari 12×12 . Massa tiap lantai pada Tabel 5.2 dapat ditulis dalam bentuk matriks massa sebagai berikut:

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}$$

Matriks massa untuk arah-X dan arah-Y sama, maka selanjutnya membentuk matriks massa $[M]$ terdiri dari 12×12 dan dapat ditulis sebagai berikut:

$$[M] = \begin{bmatrix} 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 33783 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 23109 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 23109 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 23109 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14483 \end{bmatrix}$$

Perhitungan matriks kekakuan pada portal n tingkat, yang berarti mempunyai n kali n derajat kebebasan. Kolom yang digunakan berdimensi $70/50$ cm, maka untuk perhitungan kekakuannya memakai persamaan (3.8). Untuk perhitungan kekakuan arah-X adalah sebagai berikut ini.

$$I_{kolom} = 1/12 \cdot 50 \cdot 70^3 = 1,429 \cdot 10^6 \text{ cm}^4$$

$$K_{kolom} = (12 \cdot 2,7810^5 \cdot 1,429 \cdot 10^6) / 400^3 = 7,44810^4 \text{ kg/cm} = 7,448 \cdot 10^3 \text{ t/m.}$$

$$k_{x1} = k_{x2} = \dots = k_{x8} = 5 \cdot (7,448 \cdot 10^3) = 37,24 \cdot 10^3 \text{ t/m.}$$

$$k_{x9} = k_{x10} = k_{x11} = k_{x12} = 3 \cdot (7,448 \cdot 10^3) = 22,344 \cdot 10^3 \text{ t/m.}$$

untuk perhitungan kekakuan arah-Y adalah sebagai berikut ini.

$$k_{y1} = k_{y2} = \dots = k_{y12} = 3 \cdot (7,448 \cdot 10^3) = 22,344 \cdot 10^3 \text{ t/m.}$$

Setelah matriks massa $[M]$ dan matriks kekakuan $[K]$ terbentuk, untuk perhitungan selanjutnya diproses pada program MATLAB guna mendapatkan gaya horizontal. Langkah-langkah perhitungan gaya horizontal pada program MATLAB dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, dan untuk proses pengerjaannya dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 3. Dari proses MATLAB hasil gaya horizontal untuk tiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Gaya horisontal tiap variasi

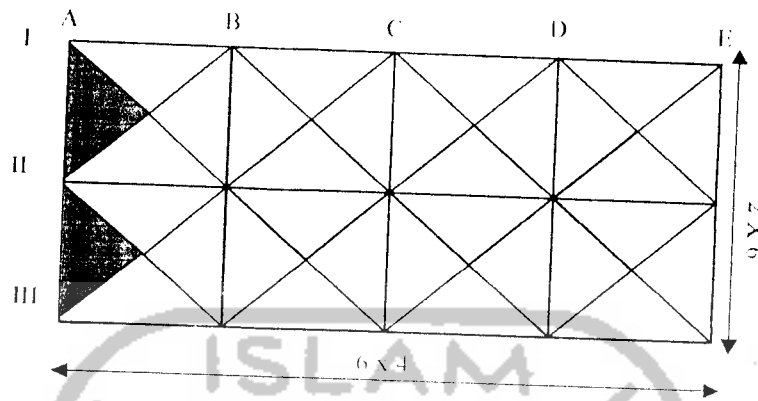
Lantai	Variasi Nol (ton)		Variasi I (ton)		Variasi II (ton)		Variasi III (ton)		Variasi IV (ton)	
	Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y
1	0.65722	0.813967	0.77878	0.9102	0.86518	1.119367	0.82912	1.275567	0.66172	1.3021
2	1.3041	1.615133	1.54142	1.8033	1.71244	2.2124	1.63788	2.516933	1.30902	2.563667
3	1.92904	2.389133	2.27466	2.660467	2.51896	3.2547	2.40596	3.6921	1.92426	3.7489
4	2.52042	3.121533	2.96234	3.4646	3.26846	4.221967	3.11468	4.7669	1.94456	3.763033
5	3.07046	3.802767	3.59124	4.2003	3.94462	5.0899	3.74712	5.7116	1.79606	3.086867
6	3.56886	4.420033	4.14962	4.852167	4.52956	5.8402	3.34328	5.0726	2.22092	3.551267
7	4.00788	4.963767	4.62572	5.432	5.01184	6.452633	2.69402	3.820533	2.59792	3.958467
8	4.37974	5.4243	5.0107	5.858167	4.19642	5.3952	3.04232	4.115167	2.91936	4.303267
9	4.678	5.7937	5.29576	6.1918	3.11306	3.871233	3.32366	4.351367	3.17922	4.580667
10	4.89752	6.065567	4.27278	4.9937	3.29214	4.003233	3.53172	4.525467	3.37158	4.784233
11	5.03438	6.235067	3.009	3.476133	3.40516	4.086533	3.6629	4.6338	3.49296	4.911467
12	3.1738	3.930767	1.90694	2.1929	2.16134	2.5808	2.32796	2.930833	2.2186	3.109267

5.5 Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi

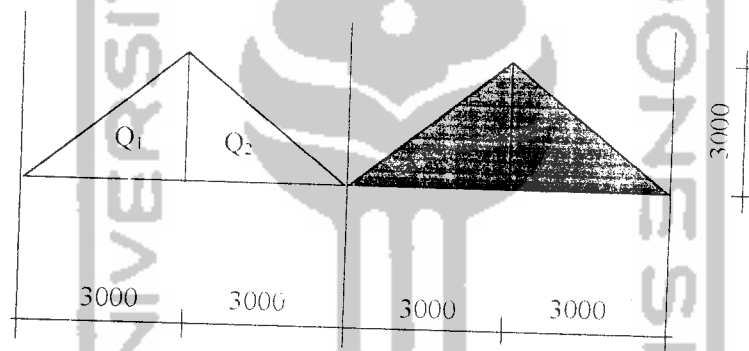
Perhitungan pembebanan ditentukan berdasarkan (Yayasan LPMB,1991) dan (Yayasan LPMB,1991). Pembagian pembebanan pada setiap portal menggunakan metode amplop sehingga perhitungan pembebanan untuk masing-masing portal dapat dilihat pada penyelesaian berikut ini.

5.5.1 Beban merata ekuivalen untuk portal arah-Y

a. Portal as - A



Gambar 5.4 Pembagian beban merata portal as-A



Gambar 5.5 Perhitungan beban merata ekuivalen portal as-A

Pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 dapat dihitung beban merata ekuivalen portal as-A sebagai berikut ini.

$$Q_1 = 1/2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot q = 4,5q$$

$$R = Q_1 = 4,5q$$

$$M = R \cdot 1/2 \cdot l - Q \cdot 1/3 \cdot 3$$

$$= 4,5q \cdot 1/2 \cdot 6 - 4,5q \cdot 1/3 \cdot 3$$

$$= 9q$$

$$W = 8ML^2 = 8 \cdot 9q/6^2 = 2q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap as - A - as - E

a. beban mati tiap m

1. plat = $2 \cdot 1 \cdot 0,12 \cdot 2400 = 576 \text{ kg/m}$

2. plafon = $2 \cdot 1 \cdot 18 = 36 \text{ kg/m}$

3. balok arah y = $0,35 \cdot 0,700 \cdot 2400 = 588 \text{ kg/m}$

$$W_D = 1200 \text{ kg/m}$$

b. beban hidup tiap m as - A - as - E

1. beban hidup atap = 100 kg/m

2. koefisien reduksi = $0,75$

3. beban hidup ekivalen, $W_L = 2 \cdot 0,75 \cdot 100 \cdot 1 = 510 \text{ kg/m}$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 1 - 11 as - A - lantai 1 - 7 pada as - E

a. beban mati tiap m

1. plat = $2 \cdot 1 \cdot 0,14 \cdot 2400 = 672 \text{ kg/m}$

2. plafon = $2 \cdot 1 \cdot 18 = 36 \text{ kg/m}$

3. spesi = $2 \cdot 1 \cdot 0,02 \cdot 2100 = 84 \text{ kg/m}$

4. pasir = $2 \cdot 1 \cdot 0,03 \cdot 1600 = 96 \text{ kg/m}$

5. tegel = $2 \cdot 1 \cdot 0,02 \cdot 2400 = 96 \text{ kg/m}$

6. balok arah Y = $0,35 \cdot 0,70 \cdot 2400 = 588 \text{ kg/m}$

7. dinding = $2 \cdot 250 = 500 \text{ kg/m}$

$$W_D = 2072 \text{ kg/m}$$

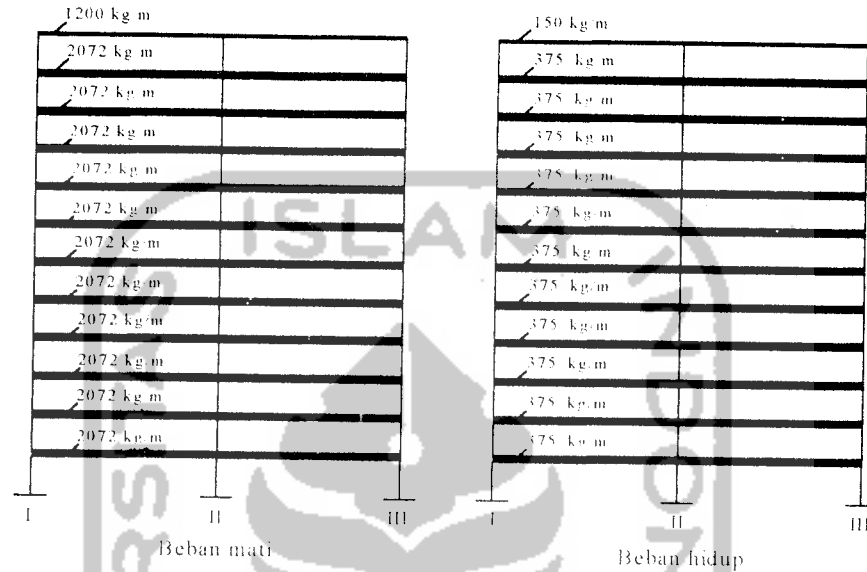
b. beban hidup tiap m as - A - lantai 1 - 7 as - E

1. beban hidup lantai = 250 kg/m^2

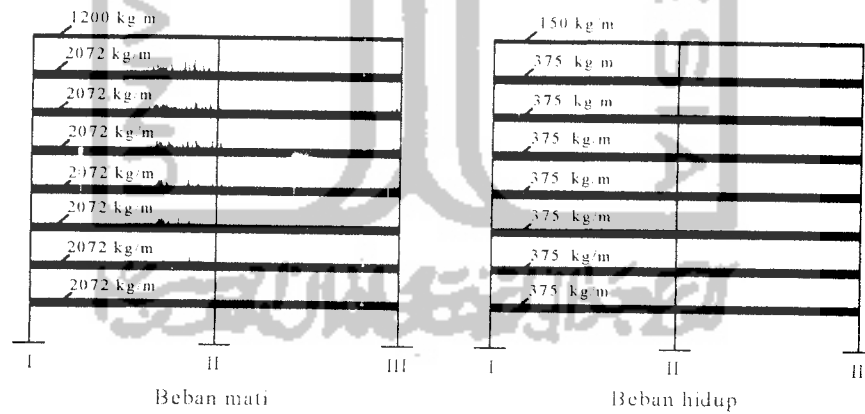
2. koefisien reduksi = $0,75$

3. beban hidup ekivalen = $2 \cdot 0,75 \cdot 250 = 375 \text{ kg/m}$

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-A dapat dilihat pada Gambar 5.6, sedangkan untuk portal as-E dapat dilihat pada Gambar 5.7

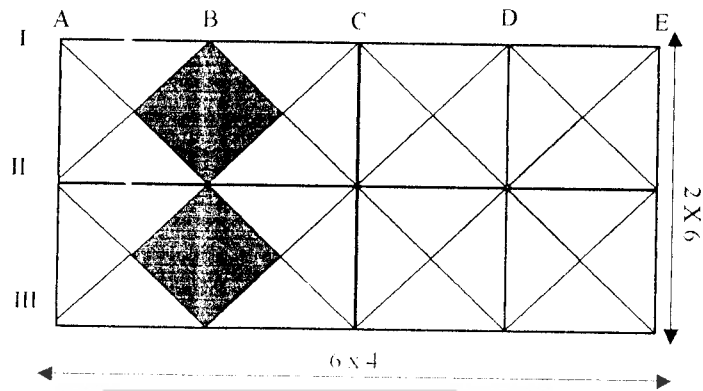


Gambar 5.6 Beban mati dan beban hidup portal as-A



Gambar 5.7 Beban mati dan beban hidup portal as-E

b. Portal as – B



Gambar 5.8 Pembagian pembebanan pada portal as-B

Pada Gambar 5.8 dapat dilihat luas lantai portal as-B dua kali luas lantai portal as-A sehingga $q_{eq} = 2 \times 2q = 4q$

1. Beban gravitasi pada balok atap as – B – as – D

a. Beban mati tiap m

1. plat	$= 4 \cdot 1,0 \cdot 12 \cdot 2400$	$= 1152 \text{ kg/m}$
2. plafon	$= 4 \cdot 1,18$	$= 72 \text{ kg/m}$
3. balok	$= 0,35 \cdot 0,75 \cdot 2400$	$= 588 \text{ kg/m}$
		$W_D = 1812 \text{ kg/m}$

b. beban hidup tiap m as – B – as – D

1. beban hidup atap $= 100 \text{ kg/m}^2$
2. koefisien reduksi $= 0,75$
3. beban hidup ekuivalen, $W_L = 4 \cdot 0,75 \cdot 100 = 300 \text{ kg/m}$

2. Beban gravitasi pada balok lantai I – II as – B – as – D

a. beban mati tiap m

1. plat	$4 \cdot 1,0 \cdot 14 \cdot 2400$	1344 kg/m
---------	-----------------------------------	---------------------

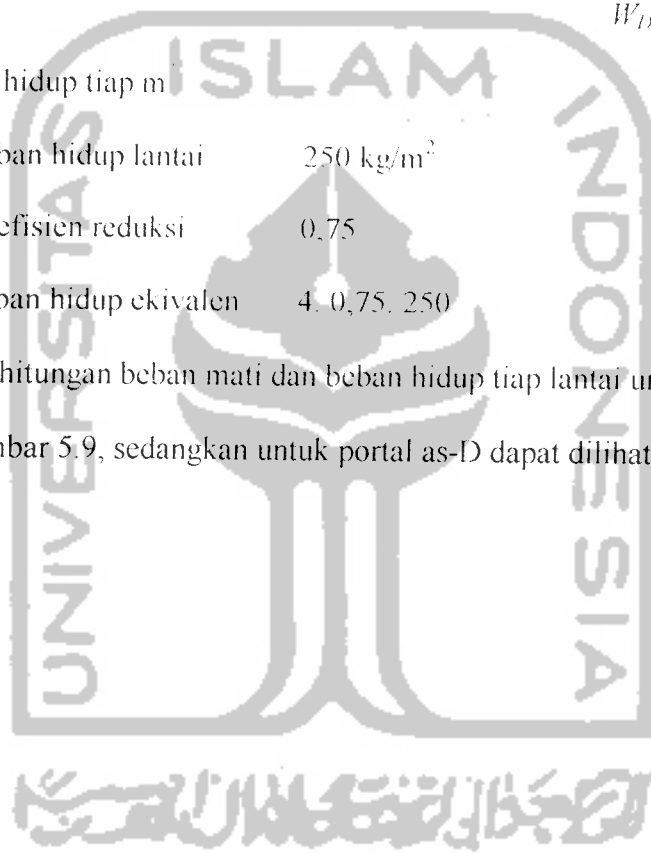
2. plafon	= 4. 1. 18	= 72 kg/m
3. spesi	= 4. 1. 0,02. 2100	= 168 kg/m
4. pasir	= 4. 1. 0,03. 1600	= 192 kg/m
5. tegel	= 4. 1. 0,02. 2400	= 192 kg/m
6. balok arah – y	= 0,35. 0,700. 2400	= 630 kg/m
7. dinding	= 4. 250	= 1000 kg/m

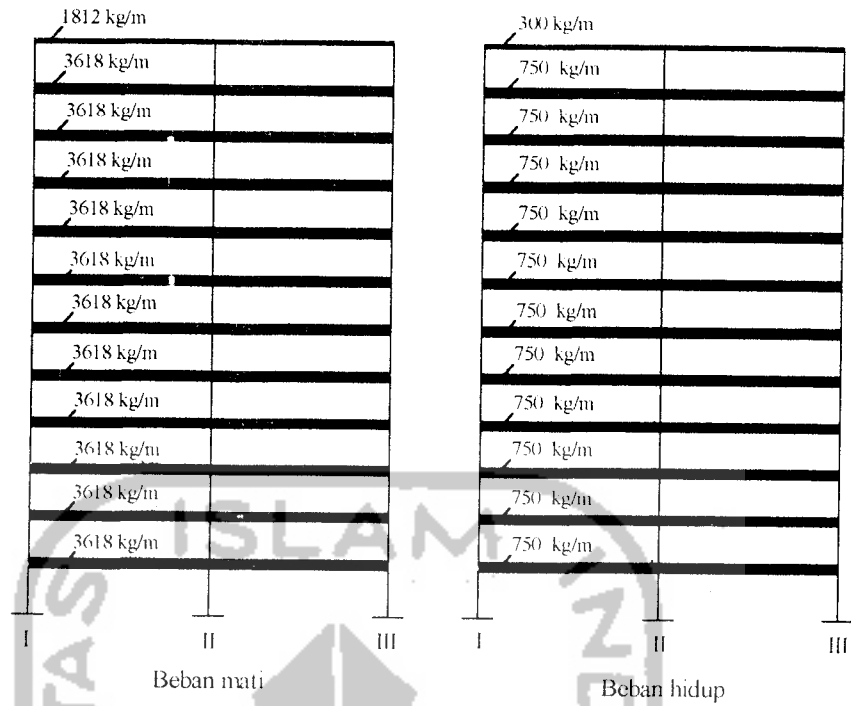
$$W_D = 3618 \text{ kg/m}$$

b. beban hidup tiap m

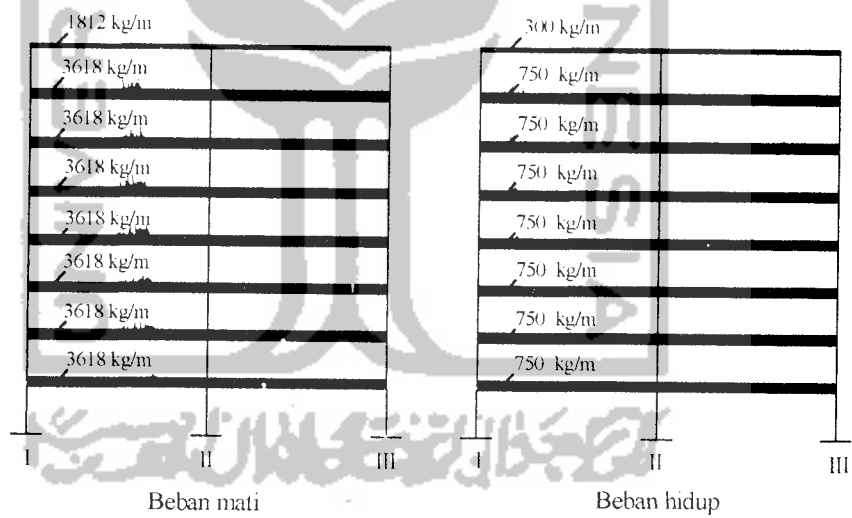
1. beban hidup lantai	250 kg/m ²	
2. koefisien reduksi	0,75	
3. beban hidup ekuivalen	4. 0,75. 250	750 kg/m

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-B dapat dilihat pada Gambar 5.9, sedangkan untuk portal as-D dapat dilihat pada Gambar 5.10.



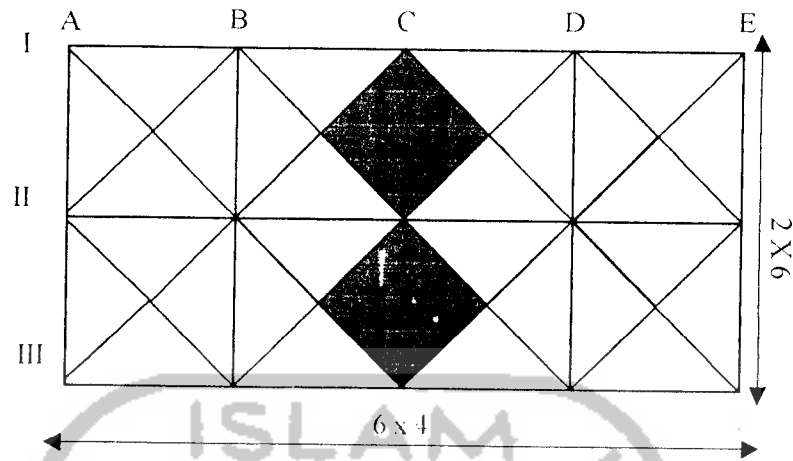


Gambar 5.9 Beban mati dan beban hidup portal as-B



Gambar 5.10 Beban mati dan beban hidup portal as-D

c. Portal as – C



Gambar 5.11 Per-bagian beban merata pada portal as-C

1. beban gravitasi pada lantai atap as – C = as – A
 - a. beban mati tiap m $W_D = 1200 \text{ kg/m}$
 - b. beban hidup tiap m $W_L = 150 \text{ kg/m}$
2. beban gravitasi pada lantai 9 – 11 as – C = as – A
 - a. beban mati $W_D = 2072 \text{ kg/m}$
 - b. beban hidup $W_L = 375 \text{ kg/m}$
3. beban gravitasi pada lantai 8
 - a. beban mati tiap m = beban mati tiap lantai + beban mati atap
 $= 2072 \text{ kg/m} + 1200 \text{ kg/m}$
 $= 3272 \text{ kg/m}$
 - b. beban hidup tiap m = beban hidup tiap lantai + beban hidup atap
 $= 375 \text{ kg/m} + 150 \text{ kg/m}$
 $= 525 \text{ kg/m}$
4. beban gravitasi pada lantai 1 – 7 as – C = as – B

a. beban mati tiap lantai = 3618 kg/m

c. beban hidup tiap lantai = 750 kg/m

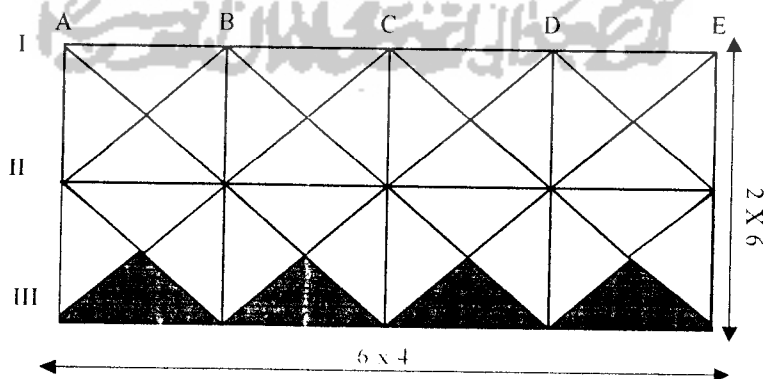
Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-C dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.12 Beban mati dan beban hidup portal as-C

5.5.2 Beban merata ekuivalen untuk portal arah - X

a. Portal as - III

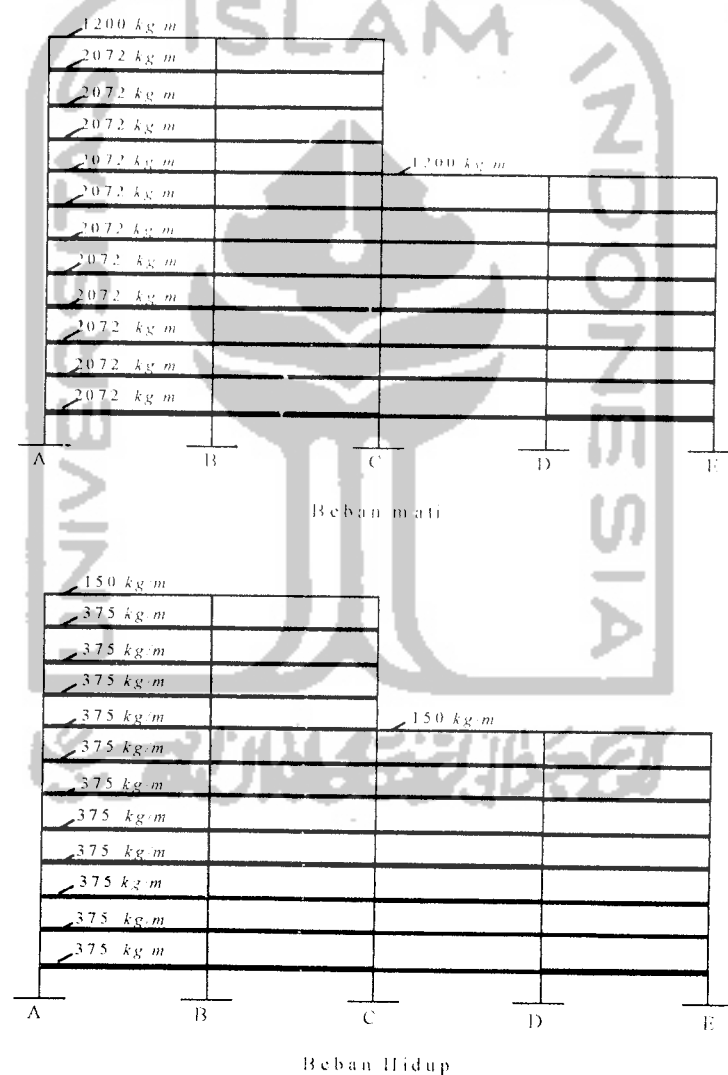


Gambar 5.13 pembagian beban merata pada portal as - III

1. Beban gravitasi pada balok atap as - III = as - I = as - A

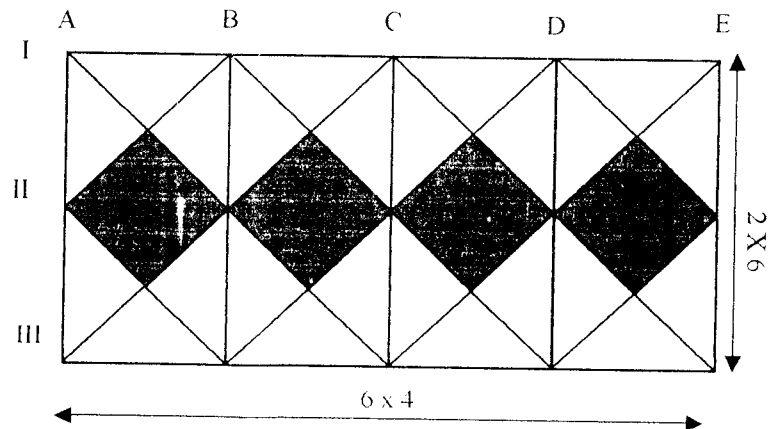
- a. beban mati tiap m $W_D = 1200 \text{ kg/m}$
- b. beban hidup tiap m $W_L = 150 \text{ kg/m}$
2. beban gravitasi pada balok lantai as – III = as – I = as – A
- a. beban mati tiap m $W_D = 2072 \text{ kg/m}$
- b. beban hidup tiap m $W_L = 375 \text{ kg/m}$

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-III dan portal as-I dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Beban mati dan beban hidup pada portal as-I & as-III

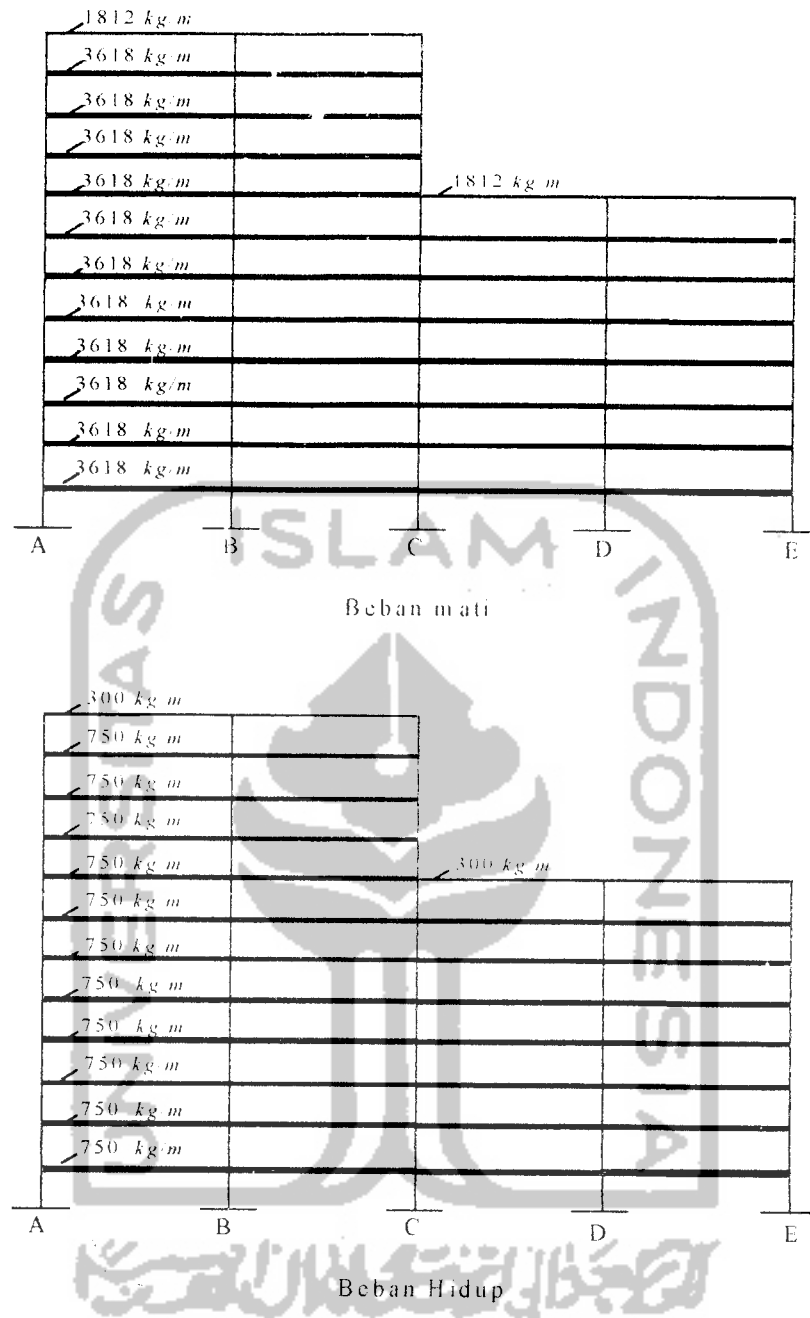
- b. Portal as – II



Gambar 5.15. Pembagian beban merata pada portal as-II

1. Beban gravitasi pada lantai atap as II as B
 - a. beban mati tiap m $W_D = 1812 \text{ kg/m}$
 - b. beban hidup tiap m $W_L = 300 \text{ kg/m}$
2. beban gravitasi pada lantai as II as B
 - a. beban mati tiap m $W_D = 3618 \text{ kg/m}$
 - b. beban hidup tiap m $W_L = 750 \text{ kg/m}$

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-II dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Beban mati dan beban hidup pada portal as-II

5.6. Proses dan Hasil SAP'90

Setelah beban gravitasi dan gaya horizontal didapat selanjutnya diproses dalam program SAP'90, maka akan diperoleh simpangan relatif, gaya geser, momen torsi, dan momen lentur. Langkah-langkah pengerjaan program SAP'90 dapat dilihat pada

Gambar 4.4, dan untuk proses pengerjaannya dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil proses program SAP⁹⁰ berupa simpangan arah-X dan arah-Y dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Lampiran 7 serta ditunjukkan pada Tabel 5.4a, dan Tabel 5.4b.

Tabel 5.4a Simpangan relatif dinding geser arah – X

Lantai	variasi nol (cm)	variasi I (cm)	variasi II (cm)	variasi III (cm)	variasi IV (cm)
1	0.353	0.338	0.352	0.346	0.221
2	0.893	0.847	0.876	0.8544	0.6131
3	1.444	1.36	1.396	1.351	1.05
4	1.976	1.846	1.879	1.8033	1.5139
5	2.476	2.292	2.31	2.1938	2.1491
6	2.935	2.689	2.676	2.5435	2.803
7	3.345	3.027	2.968	3.04	3.3914
8	3.699	3.299	3.202	3.5682	3.8934
9	3.991	3.499	3.524	4.0277	4.2965
10	4.216	3.639	3.847	4.3972	4.5896
11	4.371	3.819	4.09	4.672	4.7612
12	4.464	3.99	4.276	4.864	4.8046

Tabel 5.4b Simpangan relatif dinding geser arah - Y

Lantai	variasi nol (cm)	variasi I (cm)	variasi II (cm)	variasi III (cm)	variasi IV (cm)
1	0.0793	0.0816	0.0764	0.086	0.0516
2	0.2465	0.252	0.2349	0.2854	0.1693
3	0.4718	0.479	0.445	0.563	0.3322
4	0.733	0.741	0.686	0.8919	0.5234
5	1.014	1.012	0.9396	1.2496	0.7294
6	1.302	1.298	1.1942	1.6187	0.9398
7	1.587	1.572	1.441	1.9867	1.1464
8	1.863	1.831	1.6749	2.345	1.3435
9	2.125	2.074	1.8937	2.6908	1.5277
10	2.37	2.299	2.097	3.0201	1.6981
11	2.602	2.508	2.288	3.335	1.8561
12	2.821	2.706	2.4699	3.64	2.005

Hasil proses program SAP'90 berupa momen torsi, momen lentur, dan gaya geser dapat dilihat pada Lampiran 5 serta ditunjukkan pada Tabel 5.5, Tabel 5.6, dan Tabel 5.7.

Tabel 5.5 Momen torsi pada dinding geser

Tingkat	variasi nol (kg-m)	variasi I (kg-m)	variasi II (kg-m)	variasi III (kg-m)	variasi IV (kg-m)
1	13.985	127.13	-191.848	-536.23	-1178.26
2	15.687	179.092	-263.206	-690.28	-1445.53
3	22.146	185.398	-265.148	-675.74	-1513.85
4	21.161	166.654	-261.027	-545.8	-1519.75
5	15.314	134.215	-254.708	-343.84	-1555.602
6	8.252	95.423	-235.55	-102.69	-1497.506
7	1.751	55.809	-191.046	82.39	-1353.531
8	-3.276	21.128	-135.92	219.62	-1152.18
9	-5.832	-2.376	-165.198	242.75	-913.084
10	-4.043	-31.544	-100.769	213.05	-648.274
11	-2.555	-123.186	-27.656	154.99	-371.681
12	-14.935	-54.93	32.105	76.07	-118.088

Tabel 5.6 Momen lentur pada dinding geser

Tingkat	variasi nol (kg-m)	variasi I (kg-m)	variasi II (kg-m)	variasi III (kg-m)	variasi IV (kg-m)
1	-933163	-955901	-891930	-1.08E+06	-638454
2	-678484	-686442	-635992	-821239.9	-484615.6
3	-484313	-479882	-439214	-591753.9	-342753.4
4	-335606	-321086	-288036	-396493.86	-223813.3
5	-219492	-197158	-170906	-236400.12	-127662
6	-127794	-100102	-80802.1	-111496	-52010.91
7	-55535.2	-25238.3	-13754.8	-21070.356	6235.071
8	-184.731	29609.25	31967.76	39505.695	47599.901
9	38892.46	64740.05	56500.63	76557.93	72166.992
10	60773	79074.24	63505.8	90390.596	79882.686
11	63241.6	70692.99	57651.48	81262.138	70488.018
12	42332.9	41485.08	35952.06	51258.584	44191.622

Tabel 5.7 Gaya geser pada dinding geser

Tingkat	variasi nol (kg-m)	variasi I (kg-m)	variasi II (kg-m)	variasi III (kg-m)	variasi IV (kg-m)
1	81714.89	86101.52	81536.5	67860.591	41620.131
2	76498.54	80500.19	76122.22	63475.381	40484.571
3	70359.21	73692.65	69325.63	56577.059	36105.072
4	64036.17	66472.47	61972.63	48718.271	31238.554
5	57414.94	58747.5	54026.43	40287.539	26541.872
6	50429.98	50496.41	45536.02	31618.039	22310.639
7	43021.73	41720.91	36576.8	23842.632	17976.849
8	35168.18	32485.64	27337.15	17492.536	13510.675
9	26899.43	22934.27	19225.56	11158.488	8954.241
10	18309.89	13378.79	12752.89	4913.957	4317.28
11	9705.619	5537.474	6484.674	-576.081	-108.669
12	468	-908.779	-197.659	-6814.102	-5375.548

