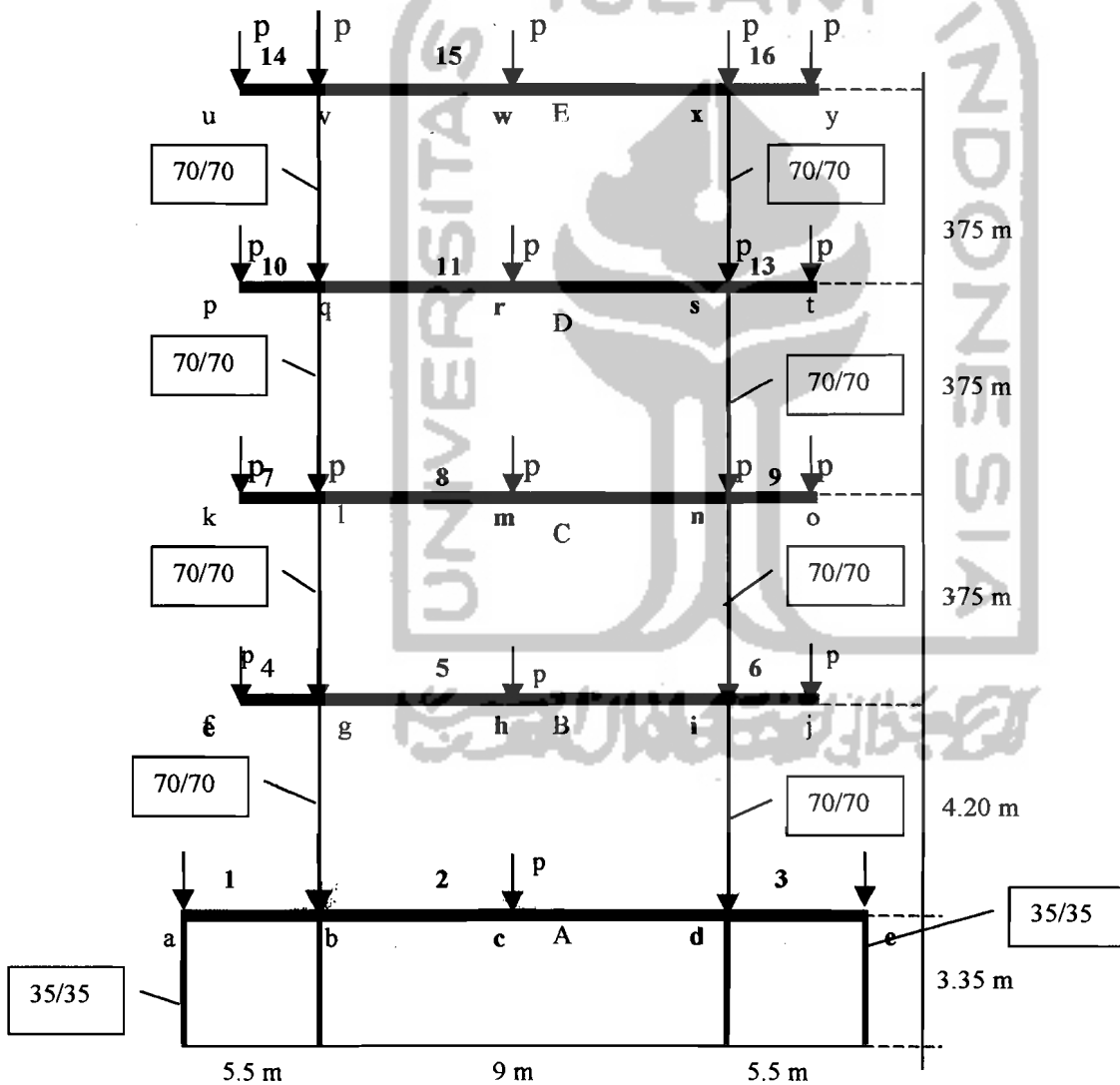


BAB V

ANALISIS PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Struktur

Data struktur yang digunakan dalam analisis ini diperoleh dari perencanaan ulang gedung Ltd. PT. Silker seperti ditunjukkan pada gambar 5.1



Gambar 5.1 Struktur bangunan PT.Silker

Dari Gambar diatas:

1. Balok lantai 1 adalah balok A
2. Balok lantai 2 adalah balok B
3. Balok lantai 3 adalah balok C
4. Balok lantai 4 adalah balok D
5. Balok lantai 5 adalah balok E

Untuk elastisitas bahan (E) = $2 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^2$

Tabel 5.1 Data pembebanan pada elemen

No	Elemen	Beban merata (kg/m^2)		Beban terpusat (kg)	
		B. Mati	B. Hidup	B. Mati	B. Hidup
1	2, 5, 8, 11	1596.67	556.0	12753.20	5596.40
2	15	1445.56	266.70	11231.2	2686.60
3	1	4296.80	1279.20	-	-
4	3	6450.00	1107.54	-	-
5	4, 7, 10	1200.00	312.50	-	-
6	14	1115.00	150.00	-	-
7	16	902.00	75.00	-	-
8	13, 9, 6	2002.50	156.25	-	-

Tabel 5.2 data pembebanan pada titik nodal

No	Nodal	Beban terpusat (kg)	
		Mati	Hidup
1	b, d	4733.40	-
2	g, i, l, n, q, s	4226.25	-
3	f, k, p	4441.20	1230.70
4	t, o, j	8346.50	815.35
5	v, x	2037.5	590.76
6	u	4839.40	495.38
	y	4571.70	2256.3

5.2 Perhitungan Masa dan Kekakuan Tingkat

5.2.1 Perhitungan masa tingkat

1. Masa balok A

$$m_a = W_a / g$$

$$\text{Beban Mati : } (4296.80 \cdot 5.5) + (1596.67 \cdot 9) + (6450 \cdot 5.5) = 73477.43$$

$$17753.20 + (4733.40 \cdot 2) = 22220$$

$$\text{Beban hidup : } (1279.20 \cdot 5.5) + (556.00 \cdot 9) + (1107.54 \cdot 5.5) = 18131.07$$

$$5596.40 = 5596.40$$

$$11924.90$$

$$m_a = \frac{119424.9}{9.81} = 12173.792 \approx 12200 \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

2. Masa balok B

$$m_b = W_b / g$$

$$\text{Beban mati : } (1596.67*9) + (1200*2) + (2002.5*2) = 20775.03$$

$$12753.20 + (4226.25*2) + 4441.20 + 8346.30 = 32993.20$$

$$\text{Beban hidup : } (556*9) + (312.5*2) + (156.25*2) = 5941.50$$

$$5596.40 + 1230.70 + 815.35 = 7642.40$$

$$68352.13$$

$$m_b = \frac{68352.13}{9.81} = 6967.597 \approx 7000 \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

3. Masa balok C

$$M_c = W_c / g$$

$$\text{Beban mati : } (1596.67*9) + (1200*2) + (2002.5*2) = 20775.03$$

$$12753.20 + 4441.2 + 8346.3 + (4226.25*2) = 3399.20$$

$$\text{beban hidup : } (556*9) + (312.5*2) + (156.25*2) = 5941.50$$

$$5596.40 + 1230.70 + 815.35 = 7642.40$$

$$68352.13$$

$$m_c = \frac{68352.13}{9.81} = 6967.597 \approx 7000 \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

4. Masa balok D

$$m_d = 7000 \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

5. Masa balok E

$$m_e = W_e / g$$

$$\text{beban mati : } (1445.56*9) + (1115*2) + (902.5*2) = 17045.04$$

$$11231.2 + 4839.40 + 4571.78 + (2037.5*2) = 24717.38$$

$$\text{beban hidup : } (266.7*9) + 150*2 + (75*2) = 2850.30$$

$$(2256.3*2) + (590.76 + 495.38 + 2686.60) = 8285.34$$

$$52898.06$$

$$m_e = \frac{52898.06}{9.81} = 5392.2589 \approx 5400 \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

5.2.2 Perhitungan nilai kekakuan tingkat

$$\text{Inersia : kolom } 70/70 \longrightarrow I_x = 1/12 * (0.7)^4 = 0.02 \text{ m}^4$$

$$35/35 \longrightarrow I_x = 1/12 * (0.35)^4 = 0.00125 \text{ m}^4$$

untuk nilai E = 200000 kg/cm² atau E = 2. 10⁹ kg/m²

$$k_1 = 12 EI/h^3 = 12 * 2.10^9 * 0.02 / 3.35^3 = 12767527.92 \text{ kg/m} \approx 13000000 \text{ kg/m}$$

$$k_1' = 12 EI/h^3 = 12 * 2.10^9 * 0.00125 / 3.35^3 = 797.970.495 \text{ kg/m} \approx 800000 \text{ kg/m}$$

$$k_2 = 12 EI/h^3 = 12 * 2.10^9 * 0.02 / 4.2^3 = 6.478.781 \text{ kg/m} \approx 6.500.000 \text{ kg/m}$$

$$k_3 = 12 EI/h^3 = 12 * 2.10^9 * 0.02 / 3.75^3 = 9.102.222,22 \text{ kg/m} \approx 9.100.000 \text{ kg/m}$$

$$k_4 = 12 EI/h^3 = 12 * 2.10^9 * 0.02 / 3.75^3 = 9.102.222,22 \text{ kg/m} \approx 9.100.000 \text{ kg/m}$$

$$k_5 = 12 EI/h^3 = 12 * 2.10^9 * 0.02 / 3.75^3 = 9.102.222,22 \text{ kg/m} \approx 9.100.000 \text{ kg/m}$$

Perhitungan kekakuan tingkat ekivalen

$$k_{eq1} = (13.000.000*2) + (800.000*2) = 27.600.000 \text{ kg/m}$$

$$k_{eq2} = (6.500.000*2) = 13.000.000 \text{ kg/m}$$

$$k_{eq3} = (9.100.000*2) = 18.200.000 \text{ kg/m}$$

$$k_{eq4} = (9.100.000*2) = 18.200.000 \text{ kg/m}$$

$$k_{eq5} = (9.100.000*2) = 18.200.000 \text{ kg/m}$$

Nilai Periode Getar (T) pada grafik respon spektra, sebaiknya masuk ke dalam garis yang miring. Hal ini dimaksudkan agar nilai koefisien gempa dasar yang didapat tidak konstan, sehingga perhitungan lebih bervariasi, maka dalam penelitian ini masa yang telah didapat diperbesar dengan faktor pengali 24.218, sedangkan kekakuan tingkat di kurangi sebesar satu juta tiap tingkatnya.

Adapun masa dan kekakuan yang di anggap ideal dan memenuhi syarat tersebut adalah :

$$m_1 = 12200 * 24.218 = 295460 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad k_{eq1} = 26600000 \text{ kg/m}$$

$$m_2 = 7000 * 24.218 = 170100 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad k_{eq2} = 17200000 \text{ kg/m}$$

$$m_3 = 7000 * 24.218 = 170100 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad k_{eq3} = 17200000 \text{ kg/m}$$

$$m_4 = 7000 * 24.218 = 170100 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad k_{eq4} = 17200000 \text{ kg/m}$$

$$m_5 = 5400 * 24.218 = 131220 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad k_{eq5} = 17200000 \text{ kg/m}$$

5.3 Contoh perhitungan secara manual pada masa standar

Untuk menyederhanakan hitungan, maka masa dan kekakuan dibuat dalam bentuk unit, untuk unit massa (Um) = 100000 dan unit kekakuan (Uk) = 10000000

$$[M]=\begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix}$$

$$[K]=\begin{bmatrix} 2.66 & -1.72 & 0 & 0 & 0 \\ -1.72 & 4.38 & -1.72 & 0 & 0 \\ 0 & -1.72 & 3.44 & -1.72 & 0 \\ 0 & 0 & -1.72 & 3.44 & -1.20 \\ 0 & 0 & 0 & -1.20 & 1.20 \end{bmatrix}$$

dengan memperhatikan matrik di atas, maka persamaan *eigen problem* yang dapat disusun adalah sebagai berikut,

$$\begin{bmatrix} 2.66k-2.9546\omega^2 m & -1.72k & 0 & 0 & 0 \\ -1.72k & 4.38k-1.701\omega^2 m & -1.72k & 0 & 0 \\ 0 & -1.72k & 3.44k-1.701\omega^2 m & -1.72k & 0 \\ 0 & 0 & -1.72k & 3.44k-1.701\omega^2 m & -1.20k \\ 0 & 0 & 0 & -1.20k & 1.20k-1.3122\omega^2 m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \\ \phi_5 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 2.66-2.9546\frac{\omega^2}{k/m} & -1.72 & 0 & 0 & 0 \\ -1.72 & 4.38-1.701\frac{\omega^2}{k/m} & -1.72 & 0 & 0 \\ 0 & -1.72 & 3.44-1.701\frac{\omega^2}{m} & -1.72 & 0 \\ 0 & 0 & -1.72 & 3.44-1.701\frac{\omega^2}{m} & -1.20 \\ 0 & 0 & 0 & -1.20 & 1.20-1.3122\frac{\omega^2}{m} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \\ \phi_5 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

dengan $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$, maka persamaan menjadi :

$$\begin{bmatrix} 2.66-2.9546\lambda & -1.72 & 0 & 0 & 0 \\ -1.72 & 4.38-1.701\lambda & -1.72 & 0 & 0 \\ 0 & -1.72k & 3.44-1.701\lambda & -1.72 & 0 \\ 0 & 0 & -1.72 & 3.44-1.701\lambda & -1.20 \\ 0 & 0 & 0 & -1.20 & 1.20-1.3122\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \\ \phi_5 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

karena nilai persamaan simultan homogen diatas tidak dapat menghasilkan nilai-nilai eksak/pasti tetapi hanya menghasilkan perbandingan antara satu dengan yang lainnya, maka diambil asumsi $\phi_1 = 1$, kemudian didapatkan :

$$\phi_1 = 1$$

$$\phi_2 = 2.546512 + (-1.717791) \lambda$$

$$\phi_3 = 4.093023 + (-5.953963) \lambda + (1.698815) \lambda^2$$

$$\phi_4 = 5.639535 + (-14.23795) \lambda + (9.285823) \lambda^2 + (-1.680049) \lambda^3$$

$$\phi_5 = 7.856201 + (-34.10569) \lambda + (40.34282) \lambda^2 + (-17.25077) \lambda^3 + (2.381469) \lambda^4$$

Persamaan akhir didapat adalah :

$$-3.124964 \lambda^5 + (25.49423) \lambda^4 + (-71.62271) \lambda^3 + (82.02188) \lambda^2 + (-34.1502) \lambda + 2.66 = 0$$

dengan cara metode setengah interval, didapat:

$$\lambda_1 = 0.099803$$

$$\lambda_2 = 0.703793$$

$$\lambda_3 = 1.435375$$

$$\lambda_4 = 2.396861$$

$$\lambda_5 = 3.522416$$

dari nilai lamda (λ) di atas didapat frekwensi sudut dan periode getar struktur

$$\omega = \sqrt{\lambda_1 \frac{k}{m}} = \sqrt{0.099803 \frac{10^5}{10^7}} = 3.159161 \text{ rad/dt} \quad T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2\pi}{3.159161} = 1.988878 \text{ dt}$$

$$\omega = \sqrt{\lambda_2 \frac{k}{m}} = \sqrt{0.703793 \frac{10^5}{10^7}} = 8.389219 \text{ rad/dt} \quad T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = \frac{2\pi}{8.389219} = 0.748959 \text{ dt}$$

$$\omega = \sqrt{\lambda_3 \frac{k}{m}} = \sqrt{1.435375 \frac{10^5}{10^7}} = 11.980714 \text{ rad/dt} \quad T_3 = \frac{2\pi}{\omega_3} = \frac{2\pi}{11.980714} = 0.524442 \text{ dt}$$

$$\omega = \sqrt{\lambda_4 \frac{k}{m}} = \sqrt{2.396861 \frac{10^5}{10^7}} = 15.481799 \text{ rad/dt} \quad T_4 = \frac{2\pi}{\omega_4} = \frac{2\pi}{15.481799} = 0.405843 \text{ dt}$$

$$\omega = \sqrt{\lambda_5 \frac{k}{m}} = \sqrt{3.522416 \frac{10^5}{10^7}} = 18.768101 \text{ rad/dt} \quad T_5 = \frac{2\pi}{\omega_5} = \frac{2\pi}{18.768101} = 0.334780 \text{ dt}$$

Dengan menggunakan *respon spektra* untuk wilayah gempa 2, maka didapat nilai koefisien gempa (C) sebagai berikut :

$$C_1 = 0.035271$$

$$C_2 = 0.06419$$

$$C_3 = 0.069429$$

$$C_4 = 0.07$$

$$C_5 = 0.07$$

$$\phi_1 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 2.375071 \\ 3.515721 \\ 4.309367 \\ 4.837279 \end{Bmatrix}; \phi_2 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1.337543 \\ 0.744131 \\ -0.3672093 \\ -1.593791 \end{Bmatrix}; \phi_3 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 8.0837710^{-2} \\ -0.9530749 \\ -0.63408 \\ 1.113277 \end{Bmatrix}; \phi_4 = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1.570794 \\ -0.4182024 \\ 1.725693 \\ -1.064529 \end{Bmatrix}; \phi_5 = \begin{Bmatrix} 1 \\ -3.504262 \\ 4.198593 \\ -2.724373 \\ 0.9555359 \end{Bmatrix}$$

5.3.1 Simpangan horisontal dari kontribusi mode ke-j

$$z_j = \frac{P_j}{M_j^*} \frac{Cg}{\omega_j^2}$$

$$P_j^* = \{\phi\}_j^T [M]_j \{1\}$$

$$P_1^* = \{1 \ 2.375 \ 3.5164 \ 3.094 \ 8.37\} \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

$$= 26.6519 \text{ kg}$$

$$P_2^* = \{1 \ 1.337 \ 0.744 \ -0.367 \ -1.594\} \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

$$= 3.778 \text{ kg}$$

$$P_3^* = \{1 \ 0.081 \ -0.953 \ -0.634 \ 1.113\} \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

$$= 1.8534 \text{ kg}$$

$$P_4^* = \{1 \ -1.571 \ -0.418 \ 1.726 \ -1.604\} \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

$$= 2.103 \text{ kg}$$

$$P_5^* = \{1 \quad -3.504 \quad 4.198 \quad -2.724 \quad 0.955\} \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

$$= 0.755 \text{ kg}$$

$$M_j^* = \{\phi\}_j^T [M]_j \{\phi\}_j$$

$$M_1^* = \{1 \quad 2.375 \quad 3.516 \quad 4.309 \quad 4.837\} \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 2.375 \\ 3.516 \\ 4.309 \\ 4.837 \end{Bmatrix}$$

$$= 95.876 \text{ kg dt}^2/\text{cm}$$

$$M_2^* = \{1 \quad 1.337 \quad 0.744 \quad -0.367 \quad -1.594\} \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1.337 \\ 0.744 \\ -0.367 \\ -1.594 \end{Bmatrix}$$

$$= 10.500 \text{ kg dt}^2/\text{cm}$$

$$M_3^* = \{1 \quad 0.081 \quad -0.953 \quad -0.634 \quad 1.113\} \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 0.081 \\ -0.853 \\ -0.634 \\ 1.113 \end{Bmatrix}$$

$$= 6.8198 \text{ kg dt}^2/\text{cm}$$

$$M_4^* = \{1 \quad -1.571 \quad -0.418 \quad 1.726 \quad -1.604\} \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ -1.571 \\ -0.418 \\ 1.726 \\ -1.064 \end{Bmatrix}$$

$$= 14.003 \text{ kg dt}^2/\text{cm}$$

$$M_5^* = \{1 \quad -3.504 \quad 4.198 \quad -2.724 \quad 0.955\} \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ -3.504 \\ 4.198 \\ -2.724 \\ 0.955 \end{Bmatrix}$$

$$= 67.635 \text{ kg dt}^2/\text{cm}$$

5.3.2 Partisipasi setiap mode (Γ)

$$\Gamma_j = \frac{P_j^*}{M_j^*}$$

$$\Gamma_1 = \frac{26.6519}{95.876} = 0.27798 \text{ cm/dt}^2$$

$$\Gamma_2 = \frac{3.778}{10.500} = 0.3598 \text{ cm/dt}^2$$

$$\Gamma_3 = \frac{1.8534}{6.8198} = 0.27177 \text{ cm/dt}^2$$

$$\Gamma_4 = \frac{2.103}{14.003} = 0.1501 \text{ cm/dt}^2$$

$$\Gamma_5 = \frac{0.755}{67.635} = 0.0112 \text{ cm/dt}^2$$

$$Z_i = \Gamma_i \frac{cg}{\omega_i^2}$$

$$Z_1 = 0.27798 \frac{0.0359 * 9.81}{3.203^2} = 0.009543 \text{ m}$$

$$Z_2 = 0.3598 \frac{0.06419 * 9.81}{8.389237^2} = 0.003822 \text{ m}$$

$$Z_3 = 0.27177 \frac{0.069429 * 9.81}{11.9807^2} = 0.0012896 \text{ m}$$

$$Z_4 = 0.1501 \frac{0.007 * 9.81}{18.217^2} = 3.1059 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$Z_5 = 0.0112 \frac{0.007 * 9.81}{22.071^2} = 1057885 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

5.3.3 Simpangan horisontal, kontribusi tiap mode

$$y_j = \{\phi\}_j Z_1$$

$$y_1 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 2.375 \\ 3.516 \\ 4.309 \\ 4.837 \end{Bmatrix} 0.009543 = \begin{Bmatrix} 0.009543 \\ 0.022665 \\ 0.033552 \\ 0.041120 \\ 0.046159 \end{Bmatrix}$$

$$y_2 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1.337 \\ 0.744 \\ -0.367 \\ -1.594 \end{Bmatrix} 0.003822 = \begin{Bmatrix} 0.003822 \\ 0.005110 \\ 0.002844 \\ -0.001403 \\ -0.006092 \end{Bmatrix}$$

$$y_3 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0.081 \\ -0.853 \\ -0.634 \\ 1.113 \end{Bmatrix} 0.0012896 = \begin{Bmatrix} 0.0012896 \\ 0.0001045 \\ -0.00110 \\ -0.0008176 \\ 0.0014353 \end{Bmatrix}$$

$$y_4 = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1.571 \\ -0.418 \\ 1.726 \\ -1.064 \end{Bmatrix} 3.1059 \cdot 10^{-5} = \begin{Bmatrix} 0.000031059 \\ -0.00004879 \\ -0.00001298 \\ 0.000053608 \\ -0.00003305 \end{Bmatrix}$$

$$y_5 = \begin{Bmatrix} 1 \\ -3.504 \\ 4.198 \\ -2.724 \\ 0.955 \end{Bmatrix} 1057885 \cdot 10^{-6} = \begin{Bmatrix} 0.000001057885 \\ -0.000003706829 \\ 0.000004441001 \\ -0.000002881678 \\ 0.000001010281 \end{Bmatrix}$$

5.3.4 Gaya horisontal, kontribusi tiap mode

$$F_j = [M] \{ \phi \}_j \frac{P_j^*}{M_j^*} \text{c.g}$$

$$F_1 = \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 2.375 \\ 3.516 \\ 4.309 \\ 4.837 \end{Bmatrix} 0.27798 * 0.035271 * 9.81 = \begin{Bmatrix} 0.0097 \\ 0.0133 \\ 0.0197 \\ 0.0242 \\ 0.0205 \end{Bmatrix}$$

$$F_2 = \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1.337 \\ 0.744 \\ -0.367 \\ -1.594 \end{Bmatrix} 0.3598 * 0.06419 * 9.81 = \begin{Bmatrix} 0.6694 \\ 0.5145 \\ 0.2863 \\ -0.141 \\ -0.473 \end{Bmatrix}$$

$$F_3 = \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0.081 \\ -0.853 \\ -0.634 \\ 1.113 \end{bmatrix} \cdot 0.27177 \cdot 0.06943 \cdot 9.81 = \begin{bmatrix} 0.5469 \\ 0.0255 \\ -0.268 \\ -0.199 \\ 0.2703 \end{bmatrix}$$

$$F_4 = \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -1.571 \\ -0.418 \\ 1.726 \\ -1.064 \end{bmatrix} \cdot 0.1501 \cdot 0.07 \cdot 9.81 = \begin{bmatrix} 0.3045 \\ -0.275 \\ -0.073 \\ 0.3026 \\ -0.143 \end{bmatrix}$$

$$F_5 = \begin{bmatrix} 2.9546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.701 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.701 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.701 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3122 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -3.504 \\ 4.198 \\ -2.724 \\ 0.955 \end{bmatrix} \cdot 0.0112 \cdot 0.07 \cdot 9.81 = \begin{bmatrix} 0.0227 \\ -0.045 \\ 0.0545 \\ -0.035 \\ 0.0096 \end{bmatrix}$$

5.3.5 Simpangan horisontal menurut konsep *Upperbound/Absolute response*

tingkat ke-5, $y_5 = 4.62 \cdot 10^{-2} + 6.092 \cdot 10^{-3} + 1.43 \cdot 10^{-3} + 3.305 \cdot 10^{-5} + 1.013 \cdot 10^{-6} = 0.0535$ m

tingkat ke-4, $y_4 = 4.11 \cdot 10^{-2} + 1.403 \cdot 10^{-3} + 8.176 \cdot 10^{-4} + 5.361 \cdot 10^{-5} + 2.88 \cdot 10^{-6} = 0.0440$ m

tingkat ke-3, $y_3 = 3.35 \cdot 10^{-2} + 2.84 \cdot 10^{-3} + 1.10 \cdot 10^{-3} + 1.298 \cdot 10^{-5} + 4.44 \cdot 10^{-6} = 0.03770$ m

tingkat ke-2, $y_2 = 2.26 \cdot 10^{-2} + 5.11 \cdot 10^{-3} + 1.046 \cdot 10^{-3} + 4.879 \cdot 10^{-5} + 3.71 \cdot 10^{-6} = 0.02774$ m

tingkat ke-1, $y_1 = 9.543 \cdot 10^{-2} + 3.82 \cdot 10^{-3} + 1.289 \cdot 10^{-3} + 3.11 \cdot 10^{-5} + 1.06 \cdot 10^{-6} = 0.01439$ m

5.3.6 Simpangan antar tingkat

Simpangan antar tingkat diperoleh dengan mengurangkan tingkat atas dengan tingkat di bawahnya

tingkat 1 (Δ_1) = 0.01439 m

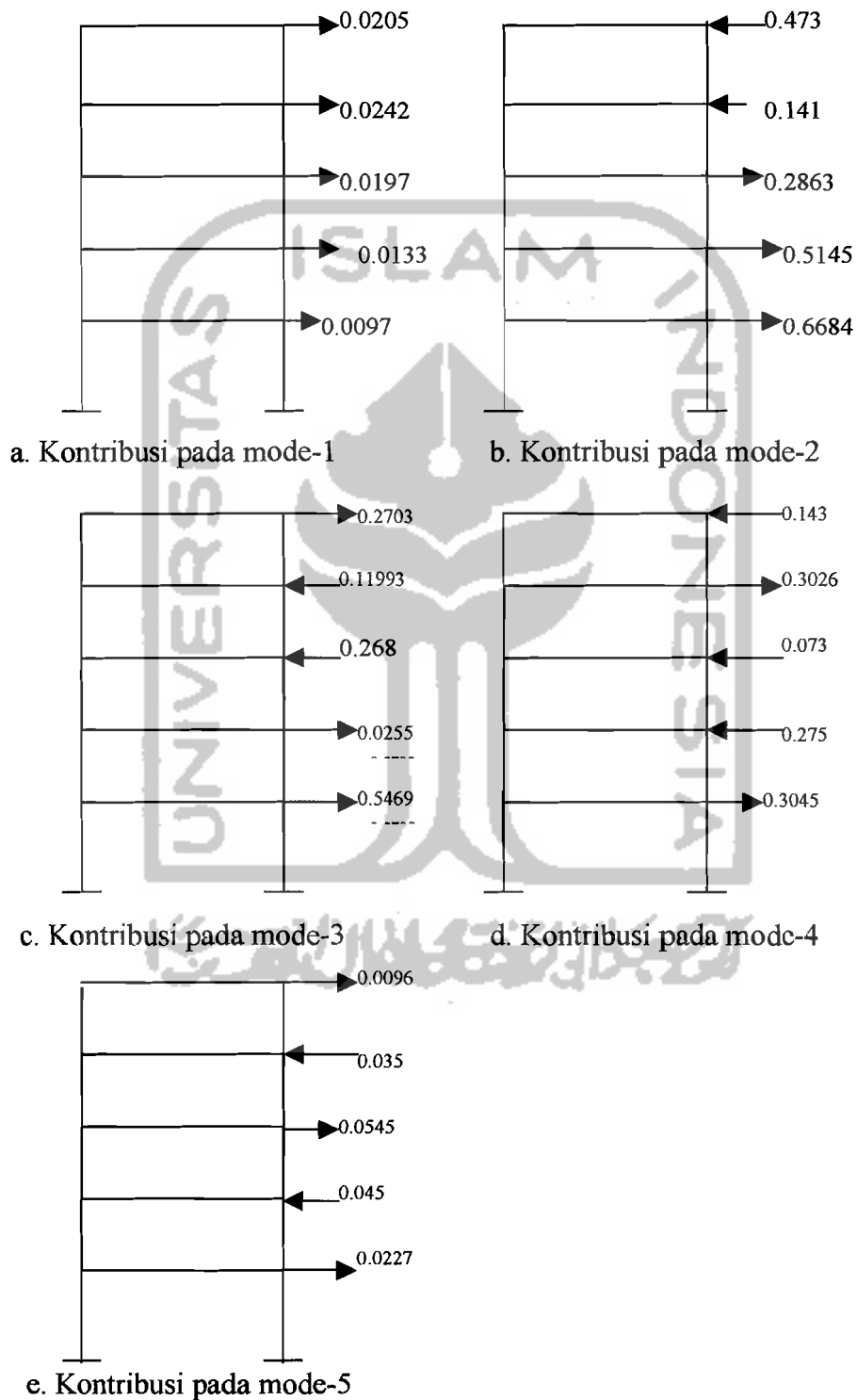
tingkat 2 (Δ_2) = 0.01334 m

tingkat 3 (Δ_3) = 0.0097 m

tingkat 4 (Δ_4) = 0.00632 m

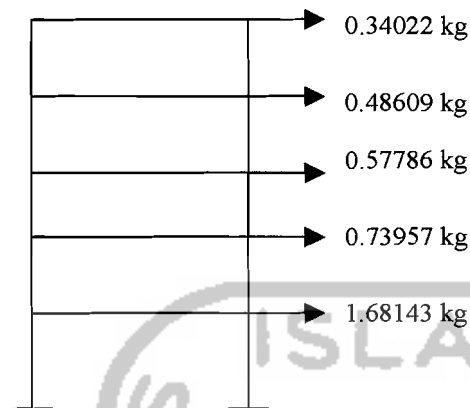
tingkat 5 (Δ_5) = 0.00945 m

5.3.7 Gaya geser tingkat dan gaya geser dasar



Gambar 5.2 Gaya horisontal lantai, kontribusi tiap mode

Dari penjumlahan gaya horisontal kontribusi tiap mode, maka didapat gaya horisontal lantai, geser tingkat, dan gaya geser dasar



Gambar 5.3 Gaya horisontal lantai



Gambar 5.4 Gaya geser tingkat dan gaya geser dasar

5.3.8 Perhitungan Momen Guling

Momen guling pada gedung bertingkat didapat dari hasil kali gaya geser tingkat (di kalikan unit masa) dengan adalah :

$$M_{b_n} = \sum h_n \cdot F_n$$

maka momen guling untuk perhitungan gedung bertingkat lima diatas adalah;

$$M_{b_5} = 34022 \cdot 3.75 = 127582.5 \text{ kg.m}$$

$$M_{b_4} = 34022 \cdot 7.5 + 48609 \cdot 3.75 = 182309.2665 \text{ kg.m}$$

$$M_{b_3} = 34022 \cdot 11.25 + 48609 \cdot 7.5 + 57786 \cdot 3.75 = 964012.5 \text{ kg.m}$$

$$M_{b_2} = 34022 \cdot 15.45 + 48609 \cdot 11.7 + 57786 \cdot 7.95 + 73957 \cdot 4.2 = 1864383.3 \text{ kg.m}$$

$$M_{b_1} = 34022 \cdot 18.8 + 48609 \cdot 15.05 + 57786 \cdot 11.3 + 73957 \cdot 7.55 + 382517 \cdot 3.35$$

$$= 3863968.15 \text{ kg.m}$$

5.4 pemindahan masa lantai 1 dan 2

Tabel 5.4.1 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=140%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.2488	1.9330	0.0366	0.2733
Mode 2	8.4583	0.7425	0.0643	0.5981
Mode 3	11.2966	0.5559	0.0687	0.1215
Mode 4	16.6291	0.3777	0.0700	0.0046
Mode 5	27.3424	0.2297	0.0700	0.0025

Tabel 5.4.2 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=140%

Tingkat	Drift Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01522	232613
Tingkat 2	0.01085	23588
Tingkat 3	0.01031	61083
Tingkat 4	0.00593	51684
Tingkat 5	0.01012	35917

Tabel 5.4.3 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=120%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.2042	1.9599	0.0359	0.2757
Mode 2	8.5059	0.7383	0.0644	0.4831
Mode 3	11.5370	0.5443	0.0690	0.2119
Mode 4	16.1138	0.3897	0.0700	0.0204
Mode 5	20.5766	0.3052	0.0700	0.0088

Tabel 5.4.4 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=120%

Tingkat	Drift Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01484	200707
Tingkat 2	0.01218	49310
Tingkat 3	0.0135	59408
Tingkat 4	0.00574	50233
Tingkat 5	0.01010	34973

Tabel 5.4.5 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=100%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.1587	1.9882	0.0353	0.2780
Mode 2	8.3929	0.7482	0.0642	0.3593
Mode 3	11.9750	0.5244	0.0694	0.2715
Mode 4	15.4852	0.4055	0.0700	0.0786
Mode 5	18.7673	0.3346	0.0700	0.0111

Tabel 5.4.6 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=100%

Tingkat	Drift Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01439	168143
Tingkat 2	0.01334	73957
Tingkat 3	0.00997	57786
Tingkat 4	0.00632	48609
Tingkat 5	0.00945	34022

Tabel 5.4.7 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=80%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.1139	2.0168	0.0350	0.2801
Mode 2	8.1580	0.7698	0.0637	0.2633
Mode 3	12.4654	0.5038	0.0699	0.2137
Mode 4	15.4098	0.4075	0.0700	0.2278
Mode 5	18.2112	0.3448	0.0700	0.0150

Tabel 5.4.8 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=80%

Tingkat	Drif Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01402	135696
Tingkat 2	0.01487	98093
Tingkat 3	0.00919	57083
Tingkat 4	0.00713	48313
Tingkat 5	0.00869	33871

Tabel 5.4.9 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=60%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.0686	2.0465	0.0350	0.2820
Mode 2	7.8839	0.79656	0.0631	0.1966
Mode 3	12.5913	0.4988	0.0700	0.0867
Mode 4	17.1875	0.38654	0.0700	0.0078
Mode 5	17.4753	0.3594	0.0700	0.0228

Tabel 5.4.10 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=60%

Tingkat	Drif Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01280	59093
Tingkat 2	0.01656	142467
Tingkat 3	0.00908	64236
Tingkat 4	0.00736	37629
Tingkat 5	0.00842	32441

Tabel 5.4.11 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=40%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.0235	2.0771	0.0350	0.2836
Mode 2	7.6039	0.8259	0.0624	0.1523
Mode 3	12.6300	0.4972	0.0700	0.0337
Mode 4	17.6254	0.3563	0.0700	0.0314
Mode 5	17.8284	0.3522	0.0700	0.0087

Tabel 5.4.12 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=40%

Tingkat	Drif Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01250	28513
Tingkat 2	0.01767	169090
Tingkat 3	0.00912	46943
Tingkat 4	0.00788	55331
Tingkat 5	0.00783	32204

5.5 Pemindahan masa lantai 1 dan 3

Tabel 5.5.1 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=140%

mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.3953	1.8496	0.0385	0.2954
Mode 2	7.9852	0.7865	0.0633	0.5541
Mode 3	12.3571	0.5082	0.0698	0.1168
Mode 4	15.1072	0.4157	0.0700	0.0337
Mode 5	27.8859	0.2252	0.0700	0.0001

Tabel 5.5.2 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=140%

Tingkat	Drif Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0,01570	231195
Tingkat 2	0,01262	75379
Tingkat 3	0,00636	19395
Tingkat 4	0,00836	53980
Tingkat 5	0,00996	37772

Tabel 5.5.3 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=120%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.2736	1.9184	0.0369	0.2863
Mode 2	8.2280	0.7632	0.0639	0.4743
Mode 3	12.0681	0.5204	0.0695	0.1862
Mode 4	15.2569	0.4116	0.0700	0.0516
Mode 5	21.0224	0.2987	0.0700	0.0016

Tabel 5.5.4 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=120%

Tingkat	Drift Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0,01509	200086
Tingkat 2	0,01322	74516
Tingkat 3	0,00814	39542
Tingkat 4	0,00715	51334
Tingkat 5	0,00986	35882

Tabel 5.5.5 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=80%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.0523	2.0574	0.0350	0.2705
Mode 2	8.4348	0.7445	0.0643	0.2403
Mode 3	12.1661	0.5162	0.0696	0.3285
Mode 4	15.7779	0.3980	0.0700	0.1029
Mode 5	17.9812	0.3493	0.0700	0.0578

Tabel 5.5.6 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=80%

Tingkat	Drift Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01402	136893
Tingkat 2	0.01469	74904
Tingkat 3	0.01095	77465
Tingkat 4	0.00625	49116
Tingkat 5	0.00875	34613

Tabel 5.5.7 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=60%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	2.9530	2.1267	0.0350	0.2637
Mode 2	8.3809	0.7493	0.0642	0.1500
Mode 3	12.5572	0.5001	0.0700	0.3092
Mode 4	15.9503	0.3937	0.0700	0.0690
Mode 5	18.4578	0.3402	0.0700	0.2082

Tabel 5.5.8 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=60%

Tingkat	Drift Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01368	104164
Tingkat 2	0.01594	76312
Tingkat 3	0.01179	97933
Tingkat 4	0.00651	49951
Tingkat 5	0.00792	35573



Tabel 5.5.9 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-1=40%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	2.8606	2.1954	0.0350	0.2576
Mode 2	8.2730	0.7591	0.0640	0.0938
Mode 3	12.9878	0.4835	0.0700	0.2297
Mode 4	15.8750	0.3956	0.0700	0.0300
Mode 5	20.9207	0.3002	0.0700	0.4076

Tabel 5.5.10 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=40%

Tingkat	Drift Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01333	71571
Tingkat 2	0.01704	76416
Tingkat 3	0.01266	119351
Tingkat 4	0.00677	50513
Tingkat 5	0.00726	37547

5.5 Pemindahan masa lantai 2 dan 3

Tabel 5.6.1 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-2=140%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.2340	1.9419	0.0364	0.2901
Mode 2	8.0162	0.7834	0.0634	0.3475
Mode 3	12.5478	0.5005	0.0700	0.2338
Mode 4	14.6542	0.4285	0.0700	0.1277
Mode 5	21.1177	0.2974	0.0700	0.0010

Tabel 5.6.2 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=140%

Tingkat	Drift Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01469	167946
Tingkat 2	0.01422	101835
Tingkat 3	0.00774	35575
Tingkat 4	0.00794	50145
Tingkat 5	0.00930	35132

Tabel 5.6.3 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-2=120%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.1967	1.9645	0.0358	0.2839
Mode 2	8.2099	0.7649	0.0638	0.3592
Mode 3	12.2635	0.5121	0.0697	0.2425
Mode 4	15.0375	0.4176	0.0700	0.1106
Mode 5	19.4561	0.3228	0.0700	0.0038

Tabel 5.6.4 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=120%

Tingkat	Drif Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01455	168141
Tingkat 2	0.01376	87946
Tingkat 3	0.00886	46827
Tingkat 4	0.00714	49481
Tingkat 5	0.00938	34600

Tabel 5.6.5 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-2=80%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.1215	2.0118	0.0350	0.2723
Mode 2	8.5407	0.7353	0.0645	0.3448
Mode 3	11.7344	0.5352	0.0692	0.3198
Mode 4	15.8196	0.3970	0.0700	0.0416
Mode 5	19.0272	0.3301	0.0700	0.0215

Tabel 5.6.6 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=80%

Tingkat	Drif Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.01432	169023
Tingkat 2	0.01302	59840
Tingkat 3	0.01101	69194
Tingkat 4	0.00562	48792
Tingkat 5	0.00958	34041

Tabel 5.6.9 Hasil perhitungan frekuensi sudut, periode getar, koefisien gempa dasar dan partisipasi mode pada persentase masa lantai ke-2=40%

Mode	Frekwensi sudut ω (rad/dt)	Periode getar T (dt)	Koefisien gempa C	Partisipasi mode Γ
Mode 1	3.0463	2.0615	0.0350	0.2617
Mode 2	8.7108	0.7209	0.0648	0.2648
Mode 3	11.4244	0.5497	0.0688	0.4551
Mode 4	15.8406	0.3964	0.0700	0.0076
Mode 5	24.0154	0.2615	0.0700	0.0107

Tabel 5.6.10 Hasil perhitungan simpangan antar tingkat (drift) dan gaya geser tingkat pada prosentase masa lantai ke-1=40%

Tingkat	Drif Δ (m)	Gaya geser tingkat (kg)
Tingkat 1	0.0129	170866
Tingkat 2	0.01243	30883
Tingkat 3	0.01281	93462
Tingkat 4	0.00508	49917
Tingkat 5	0.00946	35006

5.7 Pembahasan

Struktur akan bergoyang bila terkena beban gempa. Goyangan yang dihasilkan beban gempa tersebut dapat dianggap sama dengan goyangan yang diakibatkan oleh gaya lateral/horisontal, sehingga dengan demikian beban gempa dapat dinyatakan sebagai gaya lateral.

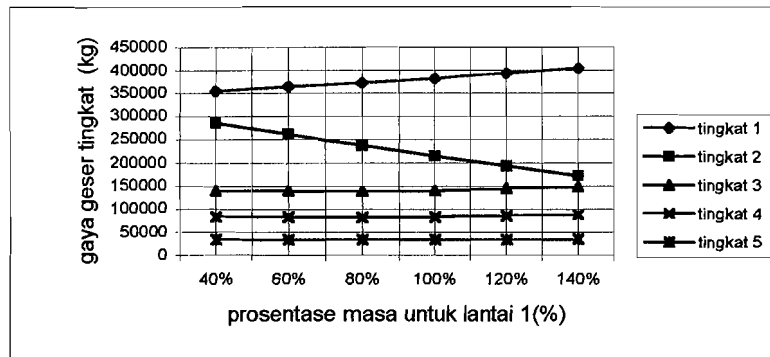
Suatu struktur bangunan gedung bertingkat yang mempunyai masa lantai tidak terdistribusi secara merata akan berbahaya bila mendapat beban gempa. Masa lantai struktur yang terdistribusi secara merata, dimulai masa yang besar pada lantai paling bawah, selanjutnya mengecil atau sama ke lantai atasnya relatif aman dalam menerima gaya gempa.

Dari penelitian ini dapat dibahas hal-hal seperti berikut ini:

5.7.1 Gaya geser dasar.

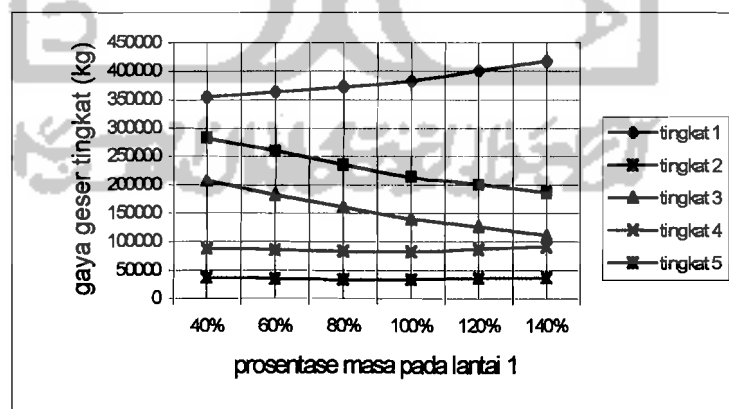
Dalam penelitian ini, gaya geser tingkat diperoleh dengan cara menjumlahkan gaya horisontal lantai dari lantai paling atas ke lantai di bawahnya sampai didapatkan gaya geser dasar.

Dari hasil penelitian yang kami lakukan ternyata pengaruh pemindahan masa lantai tidak menunjukkan kecenderungan grafik yang sama terhadap gaya geser tingkat. Hal ini dapat dilihat pada grafik berikut ini :



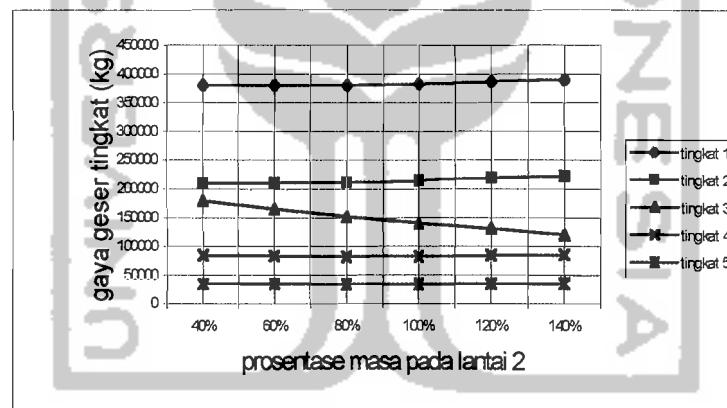
Gambar 5.7.1a Grafik spektrum gaya geser tingkat dan gaya geser dasar pada pemindahan masa lantai 1 dan 2

- Gambar 5.7.1a pemindahan masa lantai 1 dan 2, menunjukkan bahwa pada lantai 3, 4 dan 5 grafik gaya geser naik mulai dari prosentase 100%-140% dan menurun pada prosentase masa 100%-40%. Pada lantai 2 terjadi keganjilan dimana gaya gesernya naik dari prosentase 100%-40%, sedangkan pada prosentase 100%-140% grafik gaya gesernya menurun. Pada lantai 1 grafik gaya geser dasar naik dari prosentase 100%-140% dan turun pada prosentase 100%-40%.



Gambar 5.7.1b Grafik spektrum gaya geser tingkat dan gaya geser dasar pada pemindahan masa lantai 1 dan 3

2. Gambar 5.7.1b pemindahan masa lantai 1 dan 3 menunjukkan bahwa pada lantai 2 dan lantai 3 grafik gaya geser tingkat menunjukkan kecenderungan naik 100% - 40 %, dengan interval 20% dan menunjukkan grafik yang menurun pada prosentase masa lantai 1 (100%-140%). Kenaikkan dan penurunan pada kedua lantai ini sangat jelas terlihat. Sedangkan pada lantai 4 dan 5 grafik gaya gesernya menunjukkan pola kecenderungan sama dengan lantai 2 dan 3 hanya saja nilai gaya geser pada kedua lantai ini mempunyai perbedaan yang sangat kecil sehingga grafiknya terlihat lurus. Pada lantai 1 atau gaya geser dasar grafiknya terlihat menurun pada prosentase masa lantai 1 (100% s/d 40%) dan naik pada prosentase (100% s/d 140%).



Gambar 5.7.1c Grafik spektrum gaya geser tingkat dan gaya geser dasar pada pemindahan masa lantai 2 dan 3

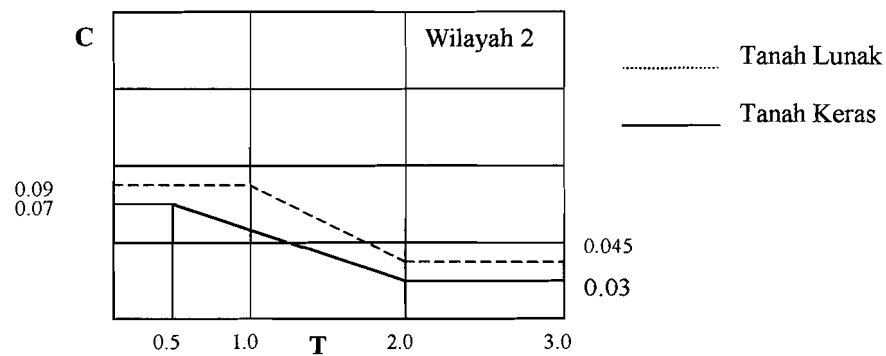
3. Gambar 5.7.1c terjadi perbedaan/keganjilan gaya geser pada tingkat ke-3 dimana grafik gaya geser pada tingkat ini cenderung naik dari prosentase masa lantai 2 (100%-40%) dan cenderung turun dari prosentase masa lantai 2 (100%-140%). Sedangkan pada lantai lainnya grafik gaya geser tingkat

prosentase masa lantai 2 (100% - 40%) dan naik pada prosentase masa lantai 2 (100% s/d 140%). Keganjilan-keganjilan di atas dimungkinkan karena masa yang divariasi besarnya beragam.

Besarnya gaya geser dasar yang terjadi akibat pemindahan masa lantai seperti pada gambar 5.7.1a, 5.7.1b, dan 5.7.1c menunjukkan bahwa grafik gaya geser dasar cenderung menurun, walaupun dari gaya-gaya geser tingkatnya terjadi fenomena-fenomena unik seperti diatas.

Dengan bertambahnya masa dan berkurangnya kekakuan tingkat maka nilai frekuensi sudut (ω) akan berkurang atau periode getar (T) akan bertambah, namun pola ini tidak berlaku lagi sepenuhnya ketika kita menentukan nilai koefisien gempa dasar (C) karena grafik nilai C yang kita peroleh dari buku "Pedoman perencanaan struktur beton bertulang biasa dan struktur tembok bertulang untuk gedung 1983", bukanlah grafik spektrum respon yang sesungguhnya, akan tetapi merupakan grafik desain spektrum menurut daerah gempa, jenis tanah dasar dan periode getar struktur (T), yang merupakan penyederhanaan dari grafik spektrum respon yang sesungguhnya. Pada desain spektrum respon untuk wilayah gempa 2 dengan tanah keras memiliki periode 0-3 dt, dimana periodenya dibagi dalam tiga daerah yaitu :

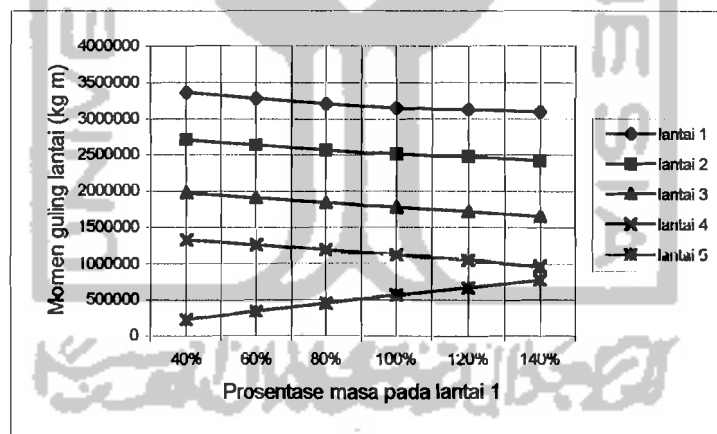
1. untuk T dari 0-0.5 dt mempunyai nilai C sebesar 0.07
2. untuk T dari 0.5-2 dt mempunyai nilai C antara 0.07-0.035
3. untuk T dari 2-3 dt mempunyai nilai C sebesar 0.035



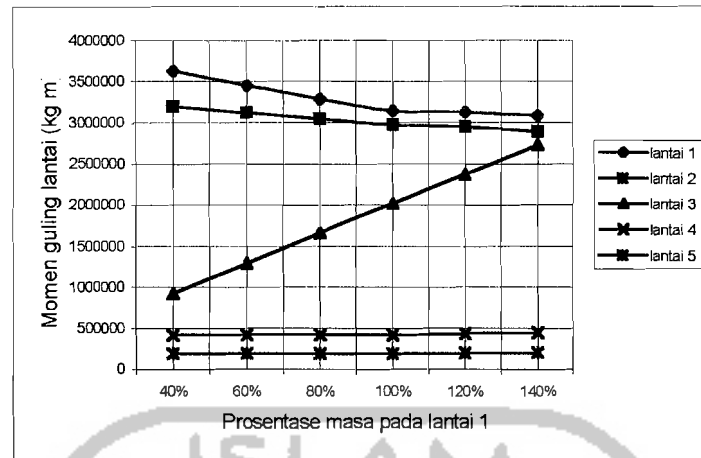
Gambar 5.7.1d Grafik respon spektra wilayah gempa 2

Dengan berubahnya pola kecenderungan ini, maka bertambah dan berkurangnya gaya geser dasar yang seiring dengan bertambah dan berkurangnya masa tiap tingkat tidak berlaku lagi sepenuhnya, karena gaya geser dasar berbanding lurus dengan nilai C yang mempunyai grafik tidak linier sepenuhnya.

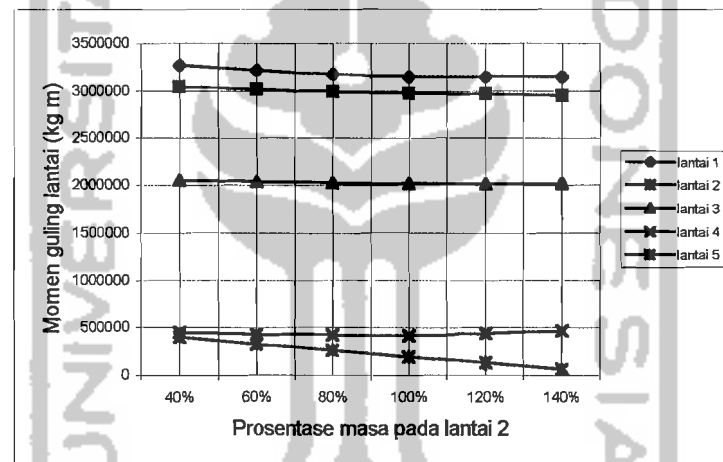
5.7.2 Momen guling



Gambar 5.7.2a Grafik spektrum momen guling pada pemindahan masa lantai 1 dan 2



Gambar 5.7.2b Grafik spektrum momen guling pada pemindahan masa lantai 1 dan 3



Gambar 5.7.2c Grafik spektrum momen guling pada pemindahan masa lantai 2 dan 3

Penelitian pada momen guling lantai akan memiliki pola yang sama dengan gaya geser tingkat karena momen guling lantai didapat dari hasil kali antara gaya lantai dengan tinggi bangunan. Tetapi ada perbedaan antara momen guling total dengan gaya geser dasar setelah dilakukan pemindahan masa lantai. Grafik momen guling total ternyata turun dari prosentase 40%-140%, sedangkan gaya geser dasar ternyata naik dari prosentase 40%-140%. Ini terjadi baik pada

pemindahan masa lantai 1 dan 2, 1 dan 3 maupun 2 dan 3. Hal ini dimungkinkan oleh pengaruh pemindahan masa lantai dengan prosentase yang beragam. Semakin besar prosentase penambahan masa pada pemindahan masa lantai yang ditinjau semakin kecil momen guling, sebaliknya semakin kecil prosentase pengurangan masa pada pemindahan masa lantai yang ditinjau semakin besar momen guling yang didapatkan. Jadi bila ingin memvariasi masa lantai dengan prosentase penambahan dan pengurangan pada masa lantai, sebaiknya diusahakan agar masa lantai yang paling atas jangan sampai terlalu besar atau prosentase masa lantai yang ditinjau jangan terlalu kecil, karena hal ini akan menimbulkan momen guling yang besar. Nilai momen guling yang besar akan berpengaruh pada pembuatan pondasi, karena agar gedung terhindar dari bahaya guling, maka pondasi harus dibuat lebih kuat, sehingga hal ini akan memerlukan biaya yang relatif lebih mahal.

Tabel 5.7.2a Gaya geser dasar dan momen guling untuk pemindahan masa lantai 1 dan 2

m_1 %	m_2 %	m_3 %	m_4 %	m_5 %	Gaya geser Dasar (kg)	Momen Guling (kg.m)
140	30.521	100	100	100	404884.12	310065
120	65.2604	100	100	100	394631	312946
100	100	100	100	100	382516.81	314582
80	134.7396	100	100	100	373056.4	320410,6
60	169.479	100	100	100	364190.74	328233,93
40	204.219	100	100	100	352332.01	333398,79

Tabel 5.7.2b Gaya geser dasar dan momen guling untuk pemindahan masa lantai 1 dan 3

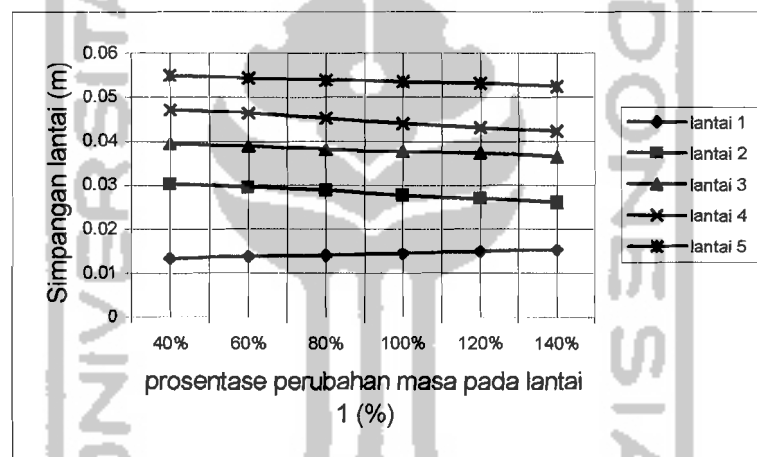
m_1 %	m_2 %	m_3 %	m_4 %	m_5 %	Gaya geser Dasar (kg)	Momen Guling (kg.m)
140	100	30.521	100	100	417721	308528
120	100	65.2604	100	100	401360	312687
100	100	100	100	100	372990.46	324582
80	100	134.7396	100	100	372990	328939
60	100	169.479	100	100	363933	345228
40	100	204.219	100	100	35539.36	363148,2

Tabel 5.7.2c Gaya geser dasar dan momen guling untuk pemindahan masa lantai 2 dan 3

m_1 %	m_2 %	m_3 %	m_4 %	m_5 %	Gaya geser Dasar (kg)	Momen Guling (kg.m)
100	140	60	100	100	390634	314864
100	120	80	100	100	386995	315160
100	100	100	100	100	382516.81	314582
100	80	120	100	100	380889.99	317420,34
100	60	140	100	100	380607.73	322285,69
100	40	160	100	100	380133.5	327104,99

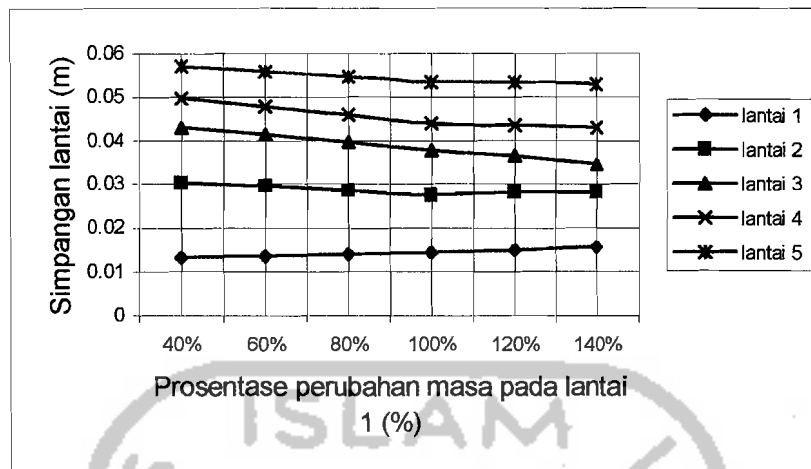
5.7.3 Simpangan Lantai

Untuk mendapatkan simpangan horisontal tingkat, dalam penelitian ini kami menggunakan metode *Upperbound/absolute response*. Simpangan horisontal tiap tingkat menurut *Upperbound/Absolute response* didapat dengan cara menjumlahkan nilai absolut simpangan horisontal kontribusi setiap mode, dimana simpangan tersebut dapat berupa positif atau negatif. Untuk lebih jelas dalam menganalisa hasil dari hitungan kemudian dibuat grafik spektrum simpangan setiap lantai. Hal ini dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



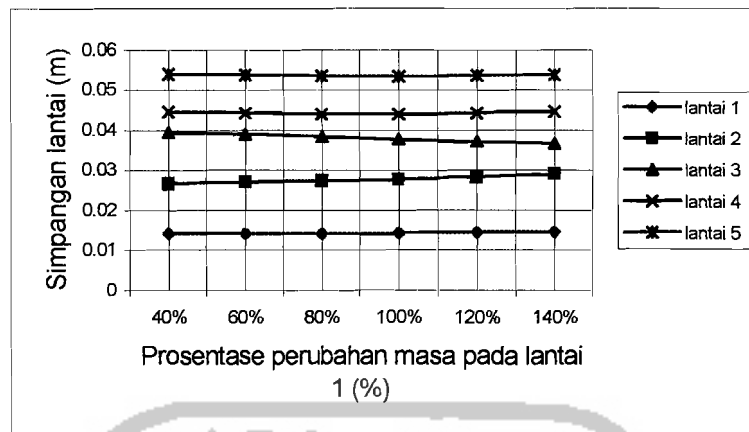
Gambar 5.7.3a Grafik spektrum simpangan lantai pada pemindahan masa lantai 1 dan 2

1. Gambar 5.7.3a simpangan lantai pada pemindahan masa lantai 1 dan 2 menunjukkan bahwa pada lantai 1 simpangannya cenderung membesar bila prosentase masa pada lantai tersebut diperbesar. Sebaliknya simpangan akan cenderung mengecil jika prosentasenya diperkecil. Tetapi hal ini tidak berlaku bagi lantai-lantai di atasnya dimana simpangan cenderung membesar dari prosentase 140% ,120%,100%,80%,60% dan 40%.



Gambar 5.7.3b Grafik spektrum simpangan lantai pada pemindahan masa lantai 1 dan 3

2. Gambar 5.7.3b simpangan lantai pada pemindahan masa lantai 1 dan 3 menunjukkan bahwa pada lantai 1, grafik simpangan lantainya cenderung turun dari prosentase masa 100% sampai dengan 40% dan cenderung naik pada prosentase 100% sampai dengan 140%. Pada lantai 2 terlihat ada keganjilan dimana simpangan pada prosentase masa 100% sampai dengan 40% grafik simpangan naik, sedangkan pada 100% sampai dengan 140% laju grafik simpangan lantainya juga menunjukkan kenaikan. Pada lantai 3, 4, dan 5 simpangan terlihat seperti lantai 3, 4, dan 5 pada gambar 5.7.3b

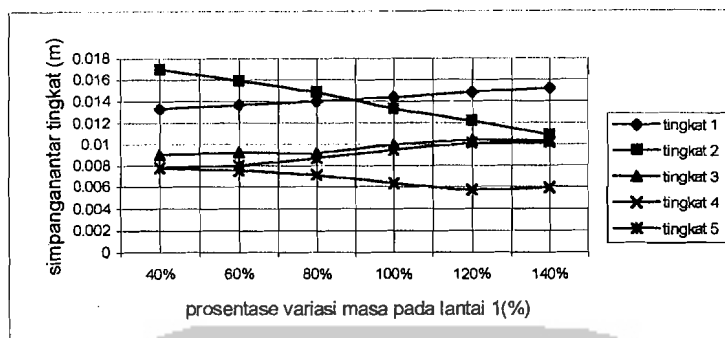


Gambar 5.7.3c Grafik spektrum simpangan lantai pada pemindahan masa lantai 2 dan 3

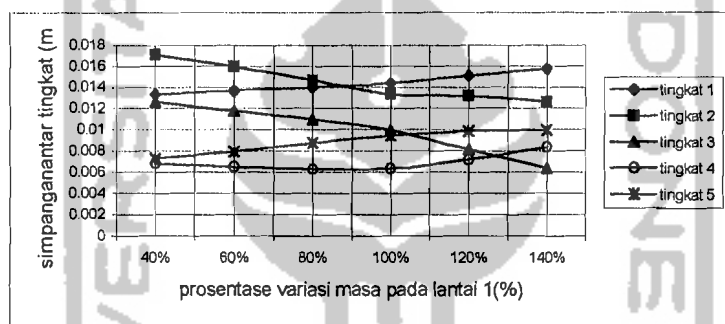
3. Gambar 5.7.3c simpangan lantai pada pemindahan masa lantai 2 dan 3 menunjukkan bahwa pada lantai 1 dan 2 grafik simpangan lantainya naik dari prosentase masa 40%-140% atau turun pada prosentase masa lantai 2 (100% s/d 40%) dan naik pada prosentase masa lantai 2 (100% s/d 140%). Pada lantai 3 simpangan lantai cenderung menurun bila prosentase masa diperbesar dari 100%-140%, tetapi simpangan akan naik bila prosentase masa diperkecil dari 100%-40%. Hal ini dimungkinkan akibat pola goyangan dengan prosentase yang beragam sehingga mempengaruhi simpangan lantai seperti penjelasan diatas.

Nilai-nilai simpangan horisontal tingkat ini dapat kita lihat pada tabel 5.7.4a, tabel 5.7.4b dan tabel 5.7.4c

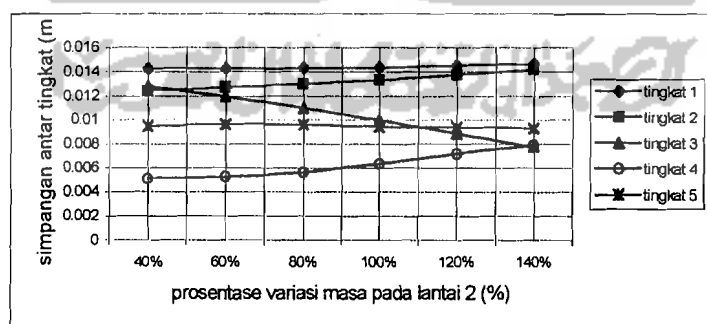
5.7.4 Simpangan antar tingkat (drift)



Gambar 5.7.4a Grafik spektrum simpangan antar tingkat pada pemindahan masa lantai 1 dan 2



Gambar 5.7.4b Grafik spektrum simpangan antar tingkat pada pemindahan masa lantai 1 dan 3



Gambar 5.7.4c Grafik spektrum simpangan antar tingkat pada pemindahan masa lantai 2 dan 3

Pada simpangan antar tingkat (Δ_n), pemindahan masa lantai yang beragam sangat mempengaruhi besar atau kecil simpangan antar tingkat (*drift*) tersebut. Bisa dilihat dari perbandingan yang ditunjukkan oleh gambar 5.7.4a, 5.7.4b dan gambar 5.7.4c. Pada gambar 5.7.4a (pemindahan masa lantai 1 dan 2), gambar 5.7.4b (pemindahan masa lanatai 1 dan 3,) dan gambar 5.7.4c (pemindahan masa lanatai 2 dan 3).

1. Gambar 5.7.4a terjadi patah tingkat kemungkinan besar pada tingkat ke-1 dan tingkat ke-2 terutama pada persentase 140% dan 40%.
2. Gambar 5.7.4b terjadi patah tingkat kemungkinan terjadi pada tingkat ke-4 dan tingkat ke-5, karena nilai simpangan antar tingkat pada kedua tingkat ini lebih besar dibandingkan tingkat yang lain terjadi pada prosentase masa 40% dan 140%.
3. Gambar 5.7.4c kemungkinan patah tingkat terjadi pada tingkat ke-4 dan tingkat ke-5. Hal ini dimungkinkan karena perbedaan masa yang terlalu mencolok antar tingkat yang satu dengan tingkat yang lain, dimana nilai (Δ_n) didapat dengan mengurangkan nilai simpangan tingkat atas dengan nilai simpangan tingkat di bawahnya sehingga ketika terjadi pengurangan, nilai simpangan pada prosentase tersebut cenderung lebih besar dibandingkan pada prosentase yang lainnya. Kalau kita cermati ternyata penambahan dan pengurangan masa lantai pada tingkat yang dikenakan variasi adalah dominan dalam mempengaruhi simpangan antar tingkat.

Tabel 5.7.4a Simpangan horisontal tingkat untuk pemindahan masa lantai 1 dan 2

m_1 %	m_2 %	m_3 %	m_4 %	m_5 %	Simpangan (m)
140	30.521	100	100	100	0.01522 0.02607 0.03638 0.04231 0.05243
120	65.2604	100	100	100	0.01484 0.02701 0.03736 0.04311 0.05320
100	100	100	100	100	0.01440 0.02775 0.03772 0.04401 0.05348
80	134.7396	100	100	100	0.01402 0.02889 0.03808 0.04521 0.05390
60	169.479	100	100	100	0.01280 0.02936 0.03844 0.04580 0.05422
40	204.219	100	100	100	0.01250 0.03017 0.03929 0.04717 0.05501

Tabel 5.7.4b Simpangan untuk pemindahan masa lantai 1 dan 3

m_1 %	m_2 %	m_3 %	m_4 %	m_5 %	Simpangan (m)
140	100	30.521	100	100	0.01570 0.02833 0.03469 0.04305 0.05301
120	100	65.260	100	100	0.01509 0.02830 0.03645 0.04360 0.05346
100	100	100	100	100	0.01440 0.02775 0.03772 0.04401 0.05348
80	100	134.74	100	100	0.01402 0.02871 0.03966 0.04591 0.05466
60	100	169.48	100	100	0.01368 0.02962 0.04141 0.04792 0.05583
40	100	204.22	100	100	0.01330 0.03035 0.04302 0.04971 0.05783

Tabel 5.7.4c Simpangan untuk pemindahan

m_1 %	m_2 %	m_3 %	m_4 %	m %	
100	140	60	100	1	
100	120	80	100	100	0.02001 0.03716 0.04430 0.05369
100	100	100	100	100	0.01440 0.02775 0.03772 0.04401 0.05348
100	80	120	100	100	0.01432 0.02734 0.03834 0.04397 0.05354
100	60	140	100	100	0.01431 0.02704 0.03902 0.04425 0.05388
100	40	160	100	100	0.01429 0.02672 0.03953 0.04461 0.05407