

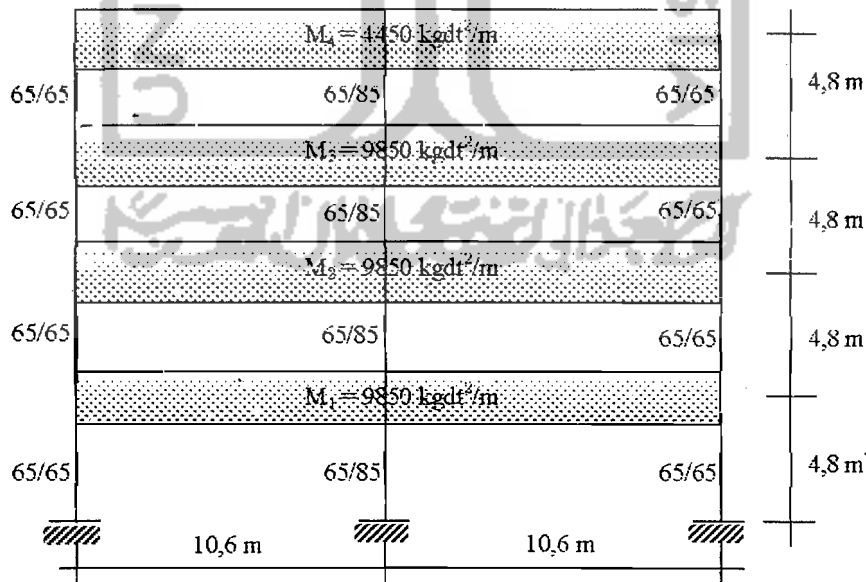
## BAB V

### HITUNGAN DAN HASIL

Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan cara memvariasikan letak dinding pengisi bata merah mutu  $70 \text{ kg/cm}^2$  dan  $90 \text{ kg/cm}^2$ . Perhitungan dilakukan dengan menggunakan kalkulator dan program bantu MATLAB (The Mathworks Inc, 1999). Hasil dari perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

#### 5.1 Model Struktur

Data struktur yang digunakan dalam analisis ini diperoleh dari perencanaan Gedung Laboratorium Teknologi X ITB. Model struktur seperti pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Portal Model Struktur

## 5.2 Perhitungan Massa Tingkat

### 1. Massa balok 1

$$m_1 = W_1/g$$

$$\text{Beban mati : } (3646 \cdot 10,6) \cdot 2 = 77295,2 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup : } (900 \cdot 10,6) \cdot 2 = 1980 \text{ kg}$$

$$m_1 = \frac{96375,2}{9,81} = 9824,1794 \approx 9850 \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

### 2. Massa balok 2

$$m_2 = W_2/g$$

$$\text{Beban mati : } (3646 \cdot 10,6) \cdot 2 = 77295,2 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup : } (900 \cdot 10,6) \cdot 2 = 1980 \text{ kg}$$

$$m_2 = \frac{96375,2}{9,81} = 9824,1794 \approx 9850 \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

### 3. Massa balok 3

$$m_3 = W_3/g$$

$$\text{Beban mati : } (3646 \cdot 10,6) \cdot 2 = 77295,2 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup : } (900 \cdot 10,6) \cdot 2 = 1980 \text{ kg}$$

$$m_3 = \frac{96375,2}{9,81} = 9824,1794 \approx 9850 \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

#### 4. Massa balok 4

$$m_4 = W_4/g$$

$$\text{Beban mati : } (1550 \cdot 10,6) \cdot 2 = 32860 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup : } (490 \cdot 10,6) \cdot 2 = 10388 \text{ kg}$$

---


$$43248 \text{ kg}$$

$$m_4 = \frac{43248}{9,81} = 4408,5626 \approx 4450 \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

#### 5.3 Variasi Letak Dinding Pengisi Bata Merah

Variasi penambahan dinding pengisi bata merah yang akan dianalisis dapat dilihat pada Tabel 5.1. Dalam analisis ini sebagai contoh perhitungan digunakan struktur portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Untuk struktur dengan variasi penambahan dinding pengisi bata merah karena menggunakan tata cara perhitungan yang sama akan ditampilkan dalam bentuk tabel-tabel selanjutnya.

**Tabel 5.1** Variasi-variasi penambahan dinding pengisi bata merah

Variasi	Letak dinding pengisi bata merah	Mutu bata merah
1	Tanpa dinding pengisi	
2	Tingkat 1	70 kg/cm <sup>2</sup>
3	Tingkat 2	70 kg/cm <sup>2</sup>
4	Tingkat 3	70 kg/cm <sup>2</sup>
5	Tingkat 4	70 kg/cm <sup>2</sup>

Variasi	Letak dinding pengisi bata merah	Mutu bata merah
6	Tingkat 1 dan 2	70 kg/cm <sup>2</sup>
7	Tingkat 1,2 dan 3	70 kg/cm <sup>2</sup>
8	Setiap tingkat	70 kg/cm <sup>2</sup>
9	Tingkat 1	90 kg/cm <sup>2</sup>
10	Tingkat 2	90 kg/cm <sup>2</sup>
11	Tingkat 3	90 kg/cm <sup>2</sup>
12	Tingkat 4	90 kg/cm <sup>2</sup>
13	Tingkat 1 dan 2	90 kg/cm <sup>2</sup>
14	Tingkat 1, 2 dan 3	90 kg/cm <sup>2</sup>
15	Setiap tingkat	90 kg/cm <sup>2</sup>

#### 5.4 Perhitungan Portal tanpa Dinding Pengisi Bata Merah

Perhitungan portal tanpa dinding pengisi bata merah dijadikan sebagai contoh untuk perhitungan yang lain karena portal ini akan dijadikan acuan pembandingan bagi variasi-variasi selanjutnya.

##### 5.4.1 Perhitungan Nilai Kekakuan

Perhitungan nilai kekakuan

Inersia untuk dimensi kolom 65/65 :

$$I_x = 1/12 (0,65)^4 = 1,488 \cdot 10^{-2} \text{ m}^4.$$

Inersia untuk dimensi kolom 65/85 :

$$I_x = 1/12 \cdot 0,65 \cdot 0,85^3 = 3,327 \cdot 10^{-2} \text{ m}^4.$$

Perhitungan kekakuan kolom dengan nilai  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 2 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^2$ .

$$K_1 = 12 E I_x / h^3 = 12 \cdot 2 \cdot 10^9 \cdot 1,488 \cdot 10^{-2} / (4,8)^3 = 3229166,667 \text{ kg/m}'$$

$$\approx 3250000 \text{ kg/m}'$$

$$K_1' = 12 E I_x / h^3 = 12 \cdot 2 \cdot 10^9 \cdot 3,327 \cdot 10^{-2} / (4,8)^3 = 7220052,083 \text{ kg/m}'$$

$$\approx 7250000 \text{ kg/m}'$$

Perhitungan kekakuan tingkat ekuivalen

$$K_1 = (3250000 + 3250000) + 7250000 = 13750000 \text{ kg/m}'.$$

$$K_2 = K_3 = K_4 = 13750000 \text{ kg/m}'.$$

Unit satuan kekakuan adalah  $10^7 \text{ kg/m}'$

#### 5.4.2 Perhitungan Matriks Massa, Matriks Kekakuan dan *Mode Shape*

Massa tingkat yang dipergunakan dalam penelitian ini seperti yang terlihat pada Gambar 5.1. Sedangkan unit satuan massa yang dipakai adalah  $1 \cdot 10^4 \text{ kgdt}^2/\text{m}'$  dan untuk unit satuan kekakuan adalah  $1 \cdot 10^7 \text{ kgdt}^2/\text{m}'$ .

Matriks massa  $[M]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[K] = \begin{bmatrix} 2,75 & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 2,75 & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375 \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

Persamaan *eigen problem*

$$\begin{bmatrix} 2,75-0,985\omega^2 m & -1,375k & 0 & 0 \\ -1,375k & 2,75-0,985\omega^2 m & -1,375k & 0 \\ 0 & -1,375k & 2,75-0,985\omega^2 m & -1,375k \\ 0 & 0 & -1,375k & 1,375-0,445\omega^2 m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.3)$$

dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks diatas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 2,75-0,985\lambda & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.4)$$

Fungsi  $[\phi_i]$  persamaannya dinormalisasikan menjadi :

$$\phi_1 = 1 \quad (5.5)$$

$$\phi_2 = 2 - 0,71636\lambda \quad (5.6)$$

$$\phi_3 = 3 - 2,86545\lambda + 0,51318\lambda^2 \quad (5.7)$$

$$\phi_4 = 4 - 7,16364\lambda + 3,07906\lambda^2 - 0,36762\lambda^3 \quad (5.8)$$

Persamaan akhir yang diperoleh adalah :

$$0,16359\lambda^4 - 1,87566\lambda^3 + 6,71591\lambda^2 - 7,69\lambda + 1,375 = 0 \quad (5.9)$$

Dengan menggunakan metode setengah interval, didapat nilai akar-akarnya :

$$\lambda_1 = 0,217738 \quad ; \quad \lambda_3 = 3,955622$$

$$\lambda_2 = 1,765852 \quad ; \quad \lambda_4 = 5,526404 \quad (5.10)$$

Dari nilai-nilai tersebut, maka diperoleh nilai frekuensi sudut seperti berikut ini :

$$\omega_1 = \sqrt{\lambda_1 \frac{k}{m}} = \sqrt{0,217738 \frac{10E7}{10E4}} = 14,75663 \text{ rad/dt}, \quad T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 0,42579 \text{ dt} \quad (5.11)$$

$$\omega_2 = \sqrt{\lambda_2 \frac{k}{m}} = \sqrt{1,765852 \frac{10E7}{10E4}} = 42,02204 \text{ rad/dt}, T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 0,14952 \text{ dt} \quad (5.12)$$

$$\omega_3 = \sqrt{\lambda_3 \frac{k}{m}} = \sqrt{3,955622 \frac{10E7}{10E4}} = 62,89374 \text{ rad/dt}, T_3 = \frac{2\pi}{\omega_3} = 0,0999 \text{ dt} \quad (5.13)$$

$$\omega_4 = \sqrt{\lambda_4 \frac{k}{m}} = \sqrt{5,526404 \frac{10E7}{10E4}} = 74,33979 \text{ rad/dt}, T_4 = \frac{2\pi}{\omega_4} = 0,08452 \text{ dt} \quad (5.14)$$

Nilai koefisien gempa dasar didapat dari grafik hubungan antara periode ( $T$ ) dengan koefisien gempa dasar ( $C$ ) pada buku Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1981 dengan wilayah gempa 2 dan tanah keras.

$$T_1 = 0,42579 \text{ dt}, \quad \text{maka } C_1 = 0,07 \quad (5.15)$$

$$T_2 = 0,14952 \text{ dt}, \quad \text{maka } C_2 = 0,07 \quad (5.16)$$

$$T_3 = 0,0999 \text{ dt}, \quad \text{maka } C_3 = 0,07 \quad (5.17)$$

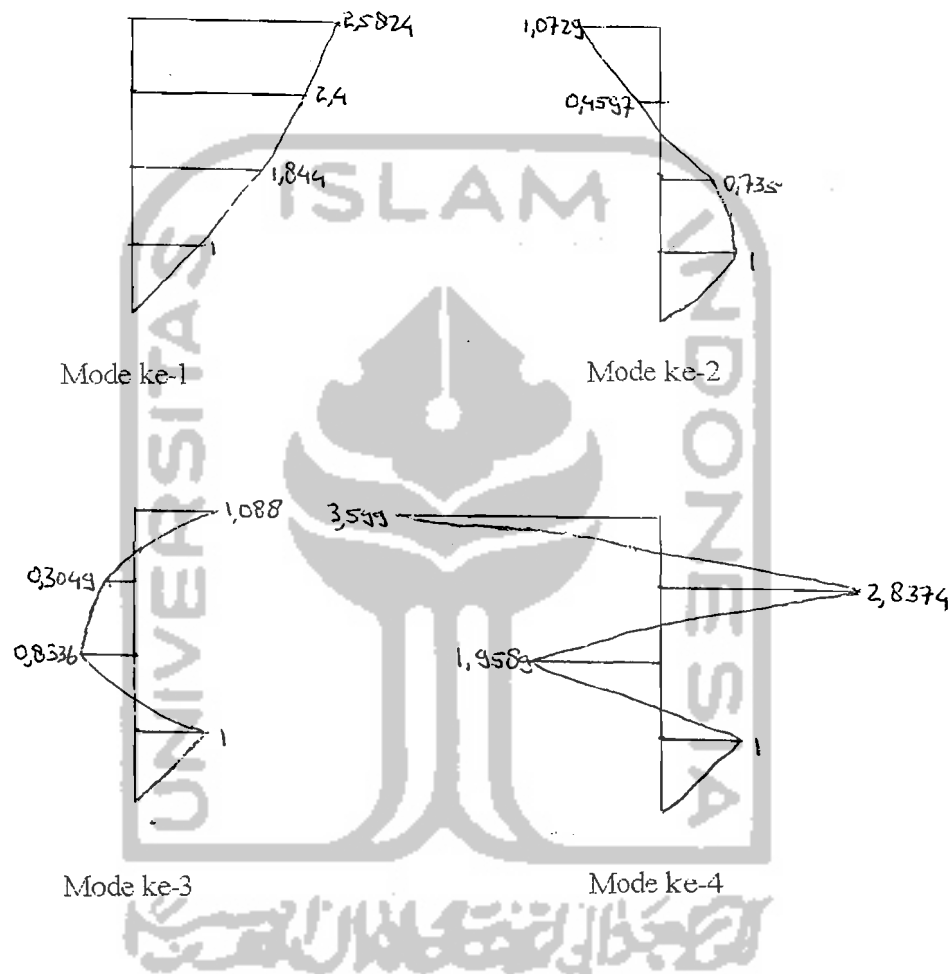
$$T_4 = 0,08452 \text{ dt}, \quad \text{maka } C_4 = 0,07 \quad (5.18)$$

*Mode shape* didapatkan dengan mensubstitusikan akar-akar tersebut ke fungsi  $\phi_i$

$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,844020 \\ 2,400412 \\ 2,582386 \end{Bmatrix}; \quad \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,735014 \\ -0,459746 \\ -1,072941 \end{Bmatrix};$$

$$\{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,833649 \\ -0,304938 \\ 1,087979 \end{Bmatrix}; \quad \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,958895 \\ 2,837468 \\ -3,599053 \end{Bmatrix} \quad (5.19)$$

Nilai-nilai tersebut selanjutnya digambar seperti pada Gambar 5.2 di bawah ini. Maksud penggambaran adalah untuk mengetahui pola/ragam goyangan untuk struktur yang bersangkutan.



**Gambar 5.2** Pola goyangan atau *mode shape*

#### 5.4.3 Simpangan Horisontal Tiap Mode

- Kontribusi mode ke-1



$$P_1^* = \{\phi_1\}^T [M] \{1\} = \begin{bmatrix} 1 & 1,84402 & 2,400412 & 2,582386 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$= 6,31493 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad (5.20)$$

$$M_1^* = \{\phi_1\}^T [M] \{\phi_1\} = \begin{bmatrix} 1 & 1,84402 & 2,400412 & 2,582386 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1,84402 \\ 2,400412 \\ 2,582386 \end{bmatrix}$$

$$= 12,97753 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad (5.21)$$

Partisipasi mode ke-1  $\Gamma_1 = \frac{P_1^*}{M_1^*} = \frac{6,31493}{12,97753} = 0,4866$  (5.22)

$$\{v\}_1 = \{\phi_1\} \frac{P_1^* C g}{M_1^* \omega^2} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1,844020 \\ 2,400412 \\ 2,582386 \end{bmatrix} \frac{6,31493 \cdot 0,07 \cdot 9,81}{12,97753 \cdot 14,75663^2} = \begin{bmatrix} 1,5245 \\ 2,8296 \\ 3,6834 \\ 3,9627 \end{bmatrix} 10^{-3} \text{ m} \quad (5.23)$$

- Kontribusi mode ke-2

$$P_2^* = \{\phi_2\}^T [M] \{1\} = \begin{bmatrix} 1 & 0,735014 & -0,459746 & -1,072941 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$= 0,77868 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad (5.24)$$

$$M_2^* = \{\phi_2\}^T [M] \{\phi_2\} = \begin{bmatrix} 1 & 0,735014 & -0,459746 & -1,072941 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0,735014 \\ -0,459746 \\ -1,072941 \end{bmatrix}$$

$$= 2,23762 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad (5.25)$$

$$\text{Partisipasi mode ke-2 } \Gamma_2 = \frac{P_2^*}{M_2^*} = \frac{0,77868}{2,23762} = 0,34799 \quad (5.26)$$

$$\{y\}_2 = \{\phi\}_2 \frac{P_2^* C g}{M_2^* \omega^2} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,735014 \\ -0,459746 \\ -1,072941 \end{Bmatrix} \frac{0,77868 \cdot 0,07 \cdot 9,81}{2,23762 \cdot 42,02204^2} = \begin{Bmatrix} 13,5325 \\ 9,9466 \\ -6,2215 \\ -14,5196 \end{Bmatrix} 10^{-5} \text{ m} \quad (5.27)$$

- Kontribusi mode ke-3

$$P_3^* = |\phi_3^T [M] \{1\}| = \begin{vmatrix} 1 & -0,833649 & -0,304938 & 1,087979 \end{vmatrix} \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

$$= 0,34764 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad (5.28)$$

$$M_3^* = |\phi_3^T [M] \{\phi\}_3| = \begin{vmatrix} 1 & -0,833649 & -0,304938 & 1,087979 \end{vmatrix} \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,833649 \\ -0,304938 \\ 1,087979 \end{Bmatrix}$$

$$= 2,28788 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad (5.29)$$

$$\text{Partisipasi mode ke-3 } = \Gamma_3 = \frac{P_3^*}{M_3^*} = \frac{0,34764}{2,28788} = 0,15195 \quad (5.30)$$

$$\{y\}_3 = \{\phi\}_3 \frac{P_3^* C g}{M_3^* \omega^2} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,833649 \\ -0,304938 \\ 1,087979 \end{Bmatrix} \frac{0,34764 \cdot 0,07 \cdot 9,81}{2,28788 \cdot 62,89374^2} = \begin{Bmatrix} 26,379 \\ -21,991 \\ -8,044 \\ 28,699 \end{Bmatrix} 10^{-6} \text{ m} \quad (5.31)$$

- Kontribusi mode ke-4

$$P_4^* = \{\phi\}_4^T [M] \{1\} = \begin{bmatrix} 1 & -1,958895 & 2,837468 & -3,599053 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

$$= 0,24882 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad (5.32)$$

$$M_4^* = \{\phi\}_4^T [M] \{\phi\}_4 = \begin{bmatrix} 1 & -1,958895 & 2,837468 & -3,599053 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,958895 \\ 2,837468 \\ -3,599053 \end{Bmatrix}$$

$$= 18,45933 \text{ kg dt}^2/\text{m} \quad (5.33)$$

$$\text{Partisipasi mode ke-4} = \Gamma_4 = \frac{P_4^*}{M_4^*} = \frac{0,24882}{18,45933} = 0,01348 \quad (5.34)$$

$$\{y\}_4 = \{\phi\}_4 \frac{P_4^* C g}{M_4^* \omega^2} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,958895 \\ 2,837468 \\ -3,599053 \end{Bmatrix} \frac{0,24882 \cdot 0,07 \cdot 9,81}{18,45933 \cdot 74,33979^2} = \begin{Bmatrix} 1,675 \\ -3,281 \\ 4,753 \\ -6,028 \end{Bmatrix} 10^{-6} \text{ m} \quad (5.35)$$

#### 5.4.4 Gaya Horizontal Tiap Mode

- Mode ke-1

$$F_1 = [M] \{\phi\}_1 \frac{P_1^*}{M_1^*} C g = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,84402 \\ 2,400412 \\ 2,582386 \end{Bmatrix} 0,4866 \cdot 0,07 \cdot 9,81 = \begin{Bmatrix} 0,3291 \\ 0,6069 \\ 0,79 \\ 0,3839 \end{Bmatrix} \text{ kg}$$

$$(5.36)$$

- Mode ke-2

$$F_2 = [M] \{\phi\}_2 \frac{P_2^*}{M_2^*} C g = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,735014 \\ -0,459746 \\ -1,072941 \end{Bmatrix} 0,34799 \cdot 0,07 \cdot 9,81 = \begin{Bmatrix} 0,2354 \\ 0,1730 \\ -0,1082 \\ -0,1141 \end{Bmatrix} \text{ kg}$$

$$(5.37)$$

- Mode ke-3

$$F_3 = [M]\{\phi\}_3 \frac{P_3^*}{M_3} C g = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,833649 \\ -0,304938 \\ 1,087979 \end{Bmatrix} \cdot 0,15195 \cdot 0,07 \cdot 9,81 = \begin{Bmatrix} 0,1028 \\ -0,0857 \\ -0,0314 \\ 0,0505 \end{Bmatrix} \text{ kg}$$

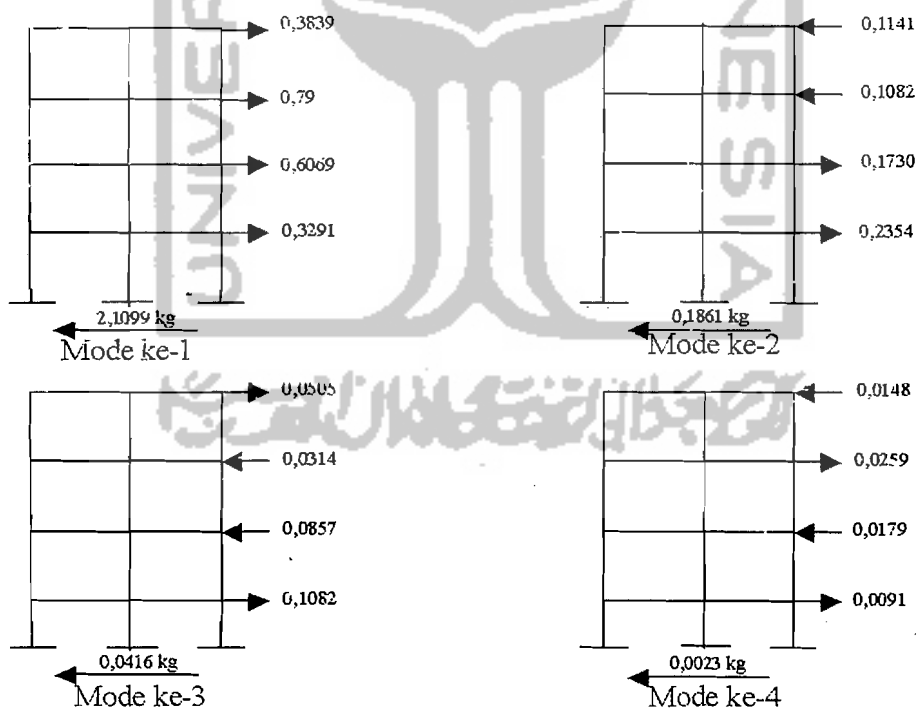
(5.38)

- Mode ke-4

$$F_4 = [M]\{\phi\}_4 \frac{P_4^*}{M_4} C g = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,958895 \\ 2,837468 \\ -3,599053 \end{Bmatrix} \cdot 0,01348 \cdot 0,07 \cdot 9,81 = \begin{Bmatrix} 0,0091 \\ -0,0179 \\ 0,0259 \\ -0,0148 \end{Bmatrix} \text{ kg}$$

(5.39)

Apabila hasil gaya horisontal digambar maka akan diperoleh Gambar 5.3.



**Gambar 5.3** Gaya Geser Tingkat Untuk Tiap Mode

#### 5.4.5. Simpangan Relatif tiap Lantai

Simpangan relatif, menurut konsep *Upper Bound / Absolute Response*

$$\bullet \quad y_1 = 1,5345 \cdot 10^{-3} + 13,5325 \cdot 10^{-5} + 26,379 \cdot 10^{-6} + 1,675 \cdot 10^{-6} = 1,69788 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad (5.40)$$

$$\bullet \quad y_2 = 2,8296 \cdot 10^{-3} + 9,9466 \cdot 10^{-5} + 21,991 \cdot 10^{-6} + 3,281 \cdot 10^{-6} = 2,95434 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad (5.41)$$

$$\bullet \quad y_3 = 3,6834 \cdot 10^{-3} + 6,2215 \cdot 10^{-5} + 8,044 \cdot 10^{-6} + 4,753 \cdot 10^{-6} = 3,7584 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad (5.42)$$

$$\bullet \quad y_4 = 3,9627 \cdot 10^{-3} + 14,5196 \cdot 10^{-5} + 28,699 \cdot 10^{-6} + 6,028 \cdot 10^{-6} = 4,14262 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad (5.43)$$

#### 5.4.6 Gaya Geser Tingkat dan Gaya Geser Dasar

Dari penjumlahan gaya geser horisontal kontribusi tiap mode, maka didapat gaya geser tingkat dan gaya geser dasar. Hasil perhitungan gaya horisontal tiap mode pada sub bab 5.4.4 merupakan hasil sebelum dikalikan dengan unit satuan massa sebesar  $1 \cdot 10^4$ . Sehingga gaya horisontal tingkat yang sebenarnya harus dikalikan dengan  $1 \cdot 10^4$ . Gaya geser tingkat ( $F$ ) yang dihasilkan sebesar

$$F = \begin{Bmatrix} 0,6764 \\ 0,6763 \\ 0,6763 \\ 0,3055 \end{Bmatrix} 10^4 \text{ kg} \quad (5.44)$$

Gaya geser dasar ( $V$ )

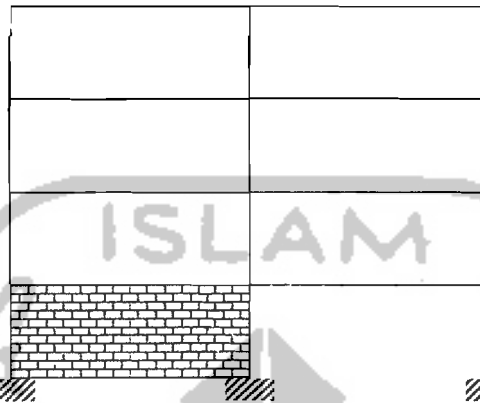
$$V = (0,6764 + 0,6763 + 0,6763 + 0,3055) \cdot 1 \cdot 10^4 = 2,3345 \cdot 10^4 \text{ kg} \quad (5.45)$$

#### 5.4.7 Perhitungan Momen Guling

Momen guling pada gedung beringkat didapat :

$$\begin{aligned} M_b &= (0,6764 \cdot 10^4 \cdot 4,8) + (0,6763 \cdot 10^4 \cdot 9,6) + (0,6763 \cdot 10^4 \cdot 14,4) + (0,3055 \cdot 10^4 \cdot 19,2) \\ &= 25,34352 \cdot 10^4 \text{ kg m} \end{aligned} \quad (5.46)$$

### 5.5 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah pada Tingkat 1 (Variasi 2)



Gambar 5.4 Struktur Dengan Variasi 2

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 1 ( variasi 2 ) seperti Gambar 5.4 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu  $70 \text{ kg/cm}^2$ :

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 70 = 4921,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K_{bata} &= E_{bata} (L^2 / (L^2 + H^2)) (w/d) \cdot 5 \cdot t \\ &= 4921,49 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\ &= 86009,820025 \text{ kg/cm} \approx 0,861 \cdot 10^7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Penyusunan matrik massa dan matrik kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix}$$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[K] = \begin{bmatrix} 3,611 & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 2,75 & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375 \end{bmatrix}$$

Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi

$$\begin{bmatrix} 3,611-0,985\lambda & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

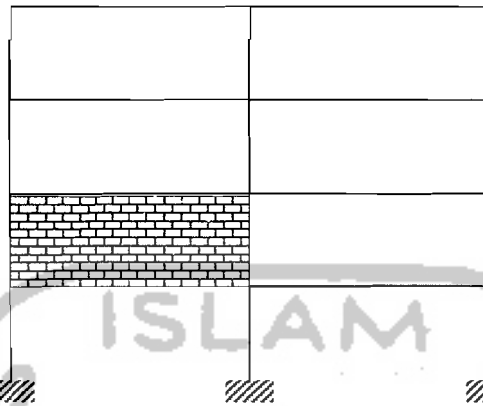
$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 2,435446 \\ 3,406363 \\ 3,727578 \end{Bmatrix}; \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,127612 \\ -0,434584 \\ -1,345515 \end{Bmatrix}; \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,514375 \\ -0,413253 \\ 0,985847 \end{Bmatrix}; \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,383667 \\ 1,781109 \\ -2,195800 \end{Bmatrix} \quad (5.47)$$

Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada variasi 2

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,00104416 m	0,00231146 m	0,00309462 m	0,00353675 m
<b>Gaya geser dasar</b>	$2,3348 \cdot 10^4$ kg			
<b>Momen guling</b>	$25,34736 \cdot 10^4$ kg m			

### 5.6 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah pada Tingkat 2 (Variasi 3)



Gambar 5.5 Struktur Dengan Variasi 3

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 2 (variasi 3) seperti Gambar 5.5 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 70 kg/cm<sup>2</sup>:

$$\begin{aligned}
 E_{bata} &= 70,307 \cdot 70 = 4921,49 \text{ kg/cm}^2 \\
 K_{bata} &= E_{bata} \cdot (I^2 / (I^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t \\
 &= 4921,49 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\
 &= 86009,820025 \text{ kg/cm} \approx 0,861 \cdot 10^7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Penyusunan matrik massa dan matrik kekakuan.

Matriks massa  $[M]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix}$$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[K] = \begin{bmatrix} 3,611 & -2,236 & 0 & 0 \\ -2,236 & 3,611 & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375 \end{bmatrix}$$





Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 3,611-0,985\lambda & -2,236 & 0 & 0 \\ -2,236 & 3,611-0,985\lambda & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

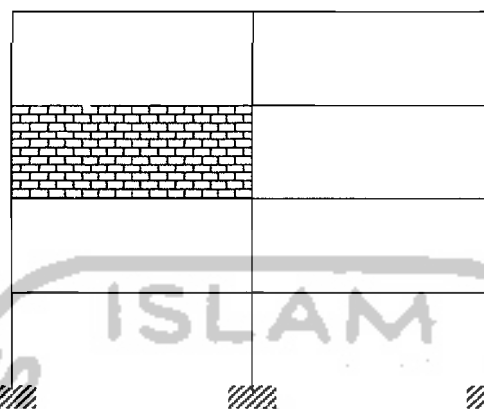
$$\{\phi_1\} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1,504532 \\ 2,054863 \\ 2,236250 \end{bmatrix}, \{\phi_2\} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,829888 \\ -0,506186 \\ -1,196043 \end{bmatrix}, \{\phi_3\} = \begin{bmatrix} 1 \\ -0,492155 \\ -1,232263 \\ 2,250463 \end{bmatrix}, \{\phi_4\} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1,203324 \\ 0,728520 \\ -0,677336 \end{bmatrix} \quad (5.48)$$

Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada variasi 3

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,0016981 m	0,0024656 m	0,0032923 m	0,0036647 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3347 $10^4$ kg			
<b>Momen guling</b>	25,34928 $10^4$ kg m			

### 5.7 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah pada Tingkat 3 (Variasi 4)



Gambar 5.5 Struktur Dengan Variasi 4

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 3 (variasi 4) seperti Gambar 5.5 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 70 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 70 = 4921,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K_{bata} &= E_{bata} \cdot (L^2 / (L^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t \\ &= 4921,49 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\ &= 86009,820025 \text{ kg/cm} \approx 0,861 \cdot 10^7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Penyusunan matrik massa dan matrik kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \quad [K] = \begin{bmatrix} 2,75 & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 3,611 & -2,236 & 0 \\ 0 & -2,236 & 3,611 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375 \end{bmatrix}$$

Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 2,75-0,985\lambda & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 3,611-0,985\lambda & -2,236 & 0 \\ 0 & -2,236 & 3,611-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

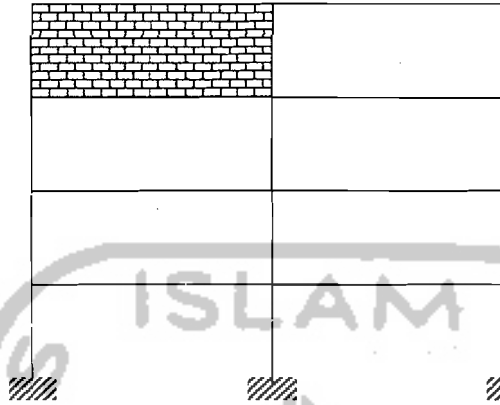
$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,83476 \\ 2,161652 \\ 2,336041 \end{Bmatrix}, \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,447374 \\ -0,319607 \\ -1,070571 \end{Bmatrix}, \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,885305 \\ -0,448117 \\ 1,562735 \end{Bmatrix}, \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -2,862466 \\ 3,321458 \\ -2,771805 \end{Bmatrix} \quad (5.49)$$

Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada variasi 4

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,0016801 m	0,0029427 m	0,0034023 m	0,0038048 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3346.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,34592.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.8 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah pada Tingkat 4 (Variasi 5)



Gambar 5.7 Struktur Dengan Variasi 5

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 4 (variasi 5) seperti Gambar 5.7 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 70 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 70 = 4921,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_{bata} = E_{bata} (L^2 / (L^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t$$

$$= 4921,49 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13$$

$$= 86009,820025 \text{ kg/cm} \approx 0,861 \cdot 10^7 \text{ kg/m}$$

Penyusunan matriks massa dan matriks kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix}$$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[K] = \begin{bmatrix} 2,75 & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 2,75 & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 3,611 & -2,236 \\ 0 & 0 & -2,236 & 2,236 \end{bmatrix}$$

Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 2,75-0,985\lambda & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 3,611-0,985\lambda & -2,236 \\ 0 & 0 & -2,236 & 2,236-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

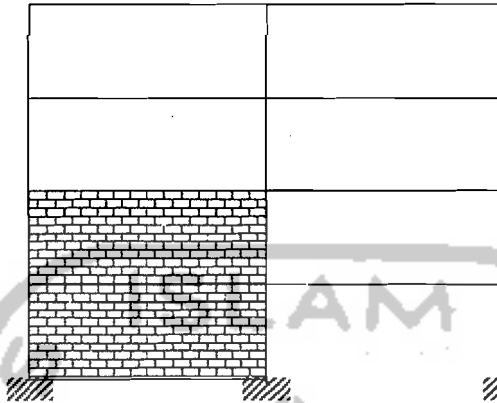
$$\{\phi_1\} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1,843069 \\ 2,396902 \\ 2,506167 \end{bmatrix}; \{\phi_2\} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,679559 \\ -0,538189 \\ -0,849994 \end{bmatrix}; \{\phi_3\} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1,046533 \\ 0,095340 \\ 0,619328 \end{bmatrix}; \{\phi_4\} = \begin{bmatrix} 1 \\ -3,701600 \\ 12,702294 \\ -24,74362 \end{bmatrix} \quad (5.50)$$

Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada variasi 5

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,0016979 m	0,0029531 m	0,003765 m	0,00398715 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3347.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,34688.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.9 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah pada Tingkat 1&2 (Variasi 6)



Gambar 5.8 Struktur Dengan Variasi 6

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 1 dan 2 (variasi 6) seperti Gambar 5.8 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 70 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 70 = 4921,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K_{bata} &= E_{bata} \cdot (L^2 / (L^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t \\ &= 4921,49 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\ &= 86009,820025 \text{ kg/cm} \approx 0,861 \cdot 10^7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Penyusunan matrik massa dan matrik kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix}$$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[K] = \begin{bmatrix} 4,472 & -2,236 & 0 & 0 \\ -2,236 & 3,611 & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 2,236 \end{bmatrix}$$

Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 4,472-0,985\lambda & -2,236 & 0 & 0 \\ -2,236 & 3,611-0,985\lambda & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,859530 \\ 2,832508 \\ 3,158456 \end{Bmatrix}, \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,077277 \\ -0,413529 \\ -1,283784 \end{Bmatrix}, \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,17876 \\ -1,462327 \\ 2,435717 \end{Bmatrix}, \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,963945 \\ 0,488348 \\ -0,411973 \end{Bmatrix} \quad (5.51)$$

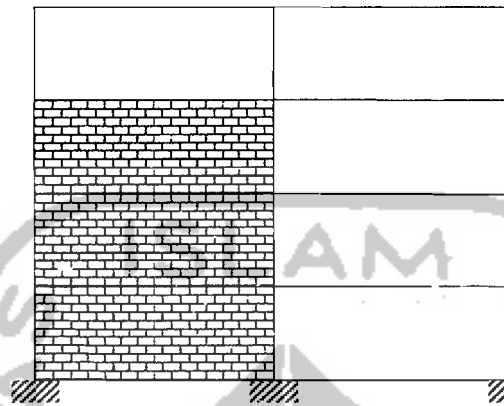
Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada variasi 6

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,00104424 m	0,00181936 m	0,00262744 m	0,00303154 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3349.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,3488.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.10 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah pada Tingkat 1, 2 & 3

(Variasi 7)



Gambar 5.9 Struktur Dengan Variasi 7

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 1, 2 dan 3 ( variasi 7 ) seperti Gambar 5.9 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 70 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 70 = 4921,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K_{bata} &= E_{bata} \cdot (L^2 / (L^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t \\ &= 4921,49 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\ &= 86009,820025 \text{ kg/cm} \approx 0,861 \cdot 10^7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Penyusunan matrik massa dan matrik kekakuan :

Matriks massa  $[M]$  .

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix}$$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[K] = \begin{bmatrix} 4,472 & -2,236 & 0 & 0 \\ -2,236 & 4,472 & -2,236 & 0 \\ 0 & -2,236 & 3,611 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375 \end{bmatrix}$$



Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 4,472-0,985\lambda & -2,236 & 0 & 0 \\ -2,236 & 4,472-0,985\lambda & -2,236 & 0 \\ 0 & -2,236 & 3,611-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

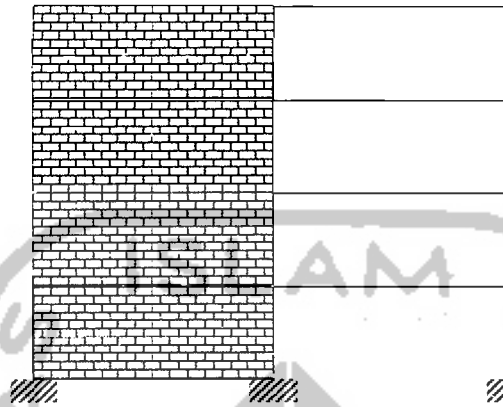
$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,845636 \\ 2,406371 \\ 2,714171 \end{Bmatrix}, \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,860143 \\ -0,260139 \\ -1,599864 \end{Bmatrix}, \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,26193 \\ -0,931337 \\ 1,405079 \end{Bmatrix}, \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,420173 \\ 1,017021 \\ -0,67825 \end{Bmatrix} \quad (5.52)$$

Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada variasi 7

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,001044i m	0,00181399m	0,0023047 m	0,00271389m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3351.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,34928.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.11 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah Penuh (Variasi 8)



Gambar 5.10 Struktur Dengan Variasi 8

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah setiap tingkat (variasi 8) seperti Gambar 5.10 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 70 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 70 = 4921,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_{bata} = E_{bata} \cdot \left( \frac{L^2}{L^2 + H^2} \right) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t$$

$$= 4921,49 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13$$

$$= 86009,820025 \text{ kg/cm} \approx 0,861 \cdot 10^7 \text{ kg/m}$$

Penyusunan matrik massa dan matrik kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix}$$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[K] = \begin{bmatrix} 4,472 & -2,236 & 0 & 0 \\ -2,236 & 4,472 & -2,236 & 0 \\ 0 & -2,236 & 4,472 & -2,236 \\ 0 & 0 & -2,236 & 2,236 \end{bmatrix}$$

Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 4,472-0,985\lambda & -2,236 & 0 & 0 \\ -2,236 & 4,472-0,985\lambda & -2,236 & 0 \\ 0 & -2,236 & 4,472-0,985\lambda & -2,236 \\ 0 & 0 & -2,236 & 2,236-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

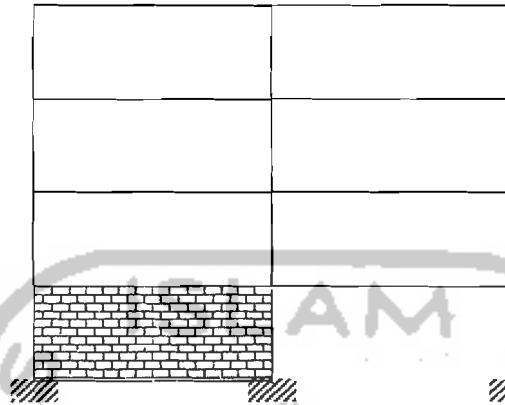
$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,84402 \\ 2,400409 \\ 2,582384 \end{Bmatrix}, \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,734971 \\ -0,459799 \\ -1,073041 \end{Bmatrix}, \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,833191 \\ -0,305705 \\ 1,086775 \end{Bmatrix}, \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,959576 \\ 2,840111 \\ -3,608627 \end{Bmatrix} \quad (5.53)$$

Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada variasi 8

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,001041 m	0,0018178 m	0,0023114 m	0,0025475 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3352.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,34976.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.12 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah pada Tingkat 1 (Variasi 9)



Gambar 5.11 Struktur Dengan Variasi 9

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 1 (variasi 9) seperti Gambar 5.11 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 90 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 90 = 6327,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K_{bata} &= E_{bata} \cdot (L^2 / (L^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t \\ &= 6327,63 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\ &= 110584,405 \text{ kg/cm} \approx 1,11 \cdot 10^7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Penyusunan matriks massa dan matriks kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \quad [K] = \begin{bmatrix} 3,86 & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 2,75 & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375 \end{bmatrix}$$

Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 3,86-0,985\lambda & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 2,60978 \\ 3,70417 \\ 4,06702 \end{Bmatrix}; \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,25680 \\ -0,43502 \\ -1,45237 \end{Bmatrix}; \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,43050 \\ -0,46703 \\ 1,00874 \end{Bmatrix}; \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,22778 \\ 1,49878 \\ -1,82197 \end{Bmatrix} \quad (5.54)$$

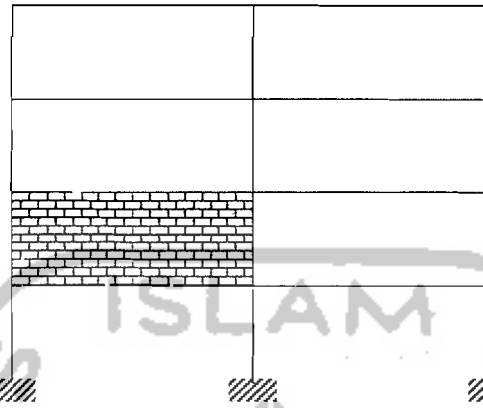
Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.9** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen

Guling pada variasi 9

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,00939526 m	0,02206272 m	0,02988742 m	0,03402483 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3349.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,34832.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.13 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah pada Tingkat 2 (Variasi 10)



Gambar 5.12 Struktur Dengan Variasi 10

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 2 (variasi 10) seperti Gambar 5.12 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 90 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 90 = 6327,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K_{bata} &= E_{bata} \cdot (L^2 / (L^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t \\ &= 6327,63 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\ &= 110584,405 \text{ kg/cm} \approx 1,11 \cdot 10^7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Penyusunan matriks massa dan matriks kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \quad [K] = \begin{bmatrix} 3,86 & -2,485 & 0 & 0 \\ -2,485 & 3,86 & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375 \end{bmatrix}$$

Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 3,86-0,985\lambda & -2,485 & 0 & 0 \\ -2,485 & 3,86-0,985\lambda & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

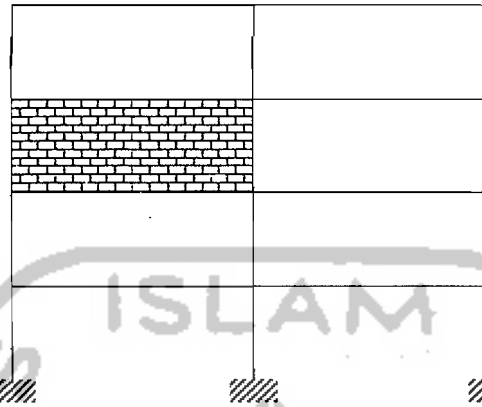
$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,45157 \\ 2,00076 \\ 2,18203 \end{Bmatrix}; \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,84593 \\ -0,51401 \\ -1,21678 \end{Bmatrix}; \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,37788 \\ -1,54928 \\ 2,68869 \end{Bmatrix}; \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,14435 \\ 0,55928 \\ -0,46292 \end{Bmatrix} \quad (5.55)$$

Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.10.

**Tabel 5.10** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada variasi 10

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,01698022 m	0,02387314 m	0,032148 m	0,03585347 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3349.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,34736.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.14 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah pada Tingkat 3 (Variasi 11)



Gambar 5.13 Struktur Dengan Variasi 11

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 3 (variasi 11) seperti Gambar 5.13 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 90 kg/cm<sup>2</sup>:

$$\begin{aligned}
 E_{bata} &= 70,307 \cdot 90 = 6327,63 \text{ kg/cm}^2 \\
 K_{bata} &= E_{bata} \cdot (L^2 / (L^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t \\
 &= 6327,63 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\
 &= 110584,405 \text{ kg/cm} \approx 1,11 \cdot 10^7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Penyusunan matriks massa dan matriks kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \quad [K] = \begin{bmatrix} 2,75 & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 3,86 & -2,485 & 0 \\ 0 & -2,485 & 3,86 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375 \end{bmatrix}$$



Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 2,75-0,985\lambda & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 3,86-0,985\lambda & -2,485 & 0 \\ 0 & -2,485 & 3,86-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

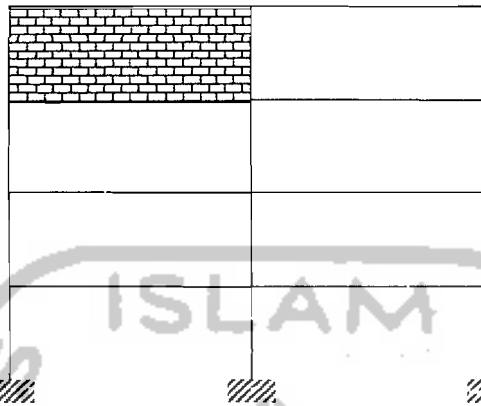
$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,83324 \\ 2,12514 \\ 2,29828 \end{Bmatrix}; \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,39396 \\ -0,29149 \\ -1,06206 \end{Bmatrix}; \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,89399 \\ -0,51044 \\ 1,66018 \end{Bmatrix}; \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -3,16122 \\ 3,56414 \\ -2,67584 \end{Bmatrix} \quad (5.56)$$

Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.11.

**Tabel 5.11** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada variasi 11

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,01697957 m	0,02940103 m	0,03380893 m	0,03756509 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3347.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,3464.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.15 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah pada Tingkat 4 (Variasi 12)



Gambar 5.14 Struktur Dengan Variasi 12

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 4 (variasi 12) seperti Gambar 5.14 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 90 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 90 = 6327,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K_{bata} &= E_{bata} \cdot (L^2 / (L^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t \\ &= 6327,63 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\ &= 110584,405 \text{ kg/cm} \approx 1,11 \cdot 10^7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Penyusunan matriks massa dan matriks kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \quad [K] = \begin{bmatrix} 2,75 & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 2,75 & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 3,86 & -2,485 \\ 0 & 0 & -2,485 & 2,485 \end{bmatrix}$$

Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi

$$\begin{bmatrix} 2,75-0,985\lambda & -1,375 & 0 & 0 \\ -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 3,86-0,985\lambda & -2,485 \\ 0 & 0 & -2,485 & 2,485-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,84292 \\ 2,39635 \\ 2,49429 \end{Bmatrix}, \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,67231 \\ -0,54798 \\ -0,82062 \end{Bmatrix}, \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,06614 \\ -0,13677 \\ 0,57050 \end{Bmatrix}, \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -4,25567 \\ 17,11124 \\ -30,2920 \end{Bmatrix} \quad (5.57)$$

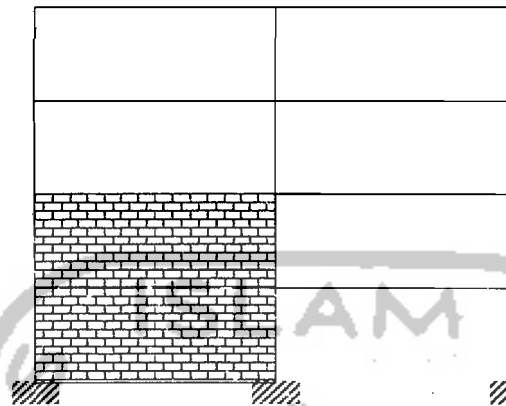
)2 horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.12.

**Tabel 5.12** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen

Guling pada variasi 12

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,01698275 m	0,02953058 m	0,0376147 m	0,03965232 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3348.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,34736.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.16 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah Tingkat 1 & 2 (Variasi 13)



Gambar 5.15 Struktur Dengan Variasi 13

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 1 dan 2 (variasi 13) seperti Gambar 5.15 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 90 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 90 = 6327,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K_{bata} &= E_{bata} \cdot (I^2 / (I^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t \\ &= 6327,63 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\ &= 110584,405 \text{ kg/cm} \approx 1,11 \cdot 10^7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Penyusunan matrik massa dan matrik kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \quad [K] = \begin{bmatrix} 4,97 & -2,485 & 0 & 0 \\ -2,485 & 3,86 & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375 \end{bmatrix}$$

Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 4,97-0,985\lambda & -2,485 & 0 & 0 \\ -2,485 & 3,86-0,985\lambda & -1,375 & 0 \\ 0 & -1,375 & 2,75-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan dipeoleh *mode shape* :

$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,86370 \\ 2,96556 \\ 3,33692 \end{Bmatrix}; \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,13753 \\ -0,38701 \\ -1,30829 \end{Bmatrix}; \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,00774 \\ -1,81345 \\ 2,89490 \end{Bmatrix}; \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,89363 \\ 0,35725 \\ -0,25966 \end{Bmatrix} \quad (5.58)$$

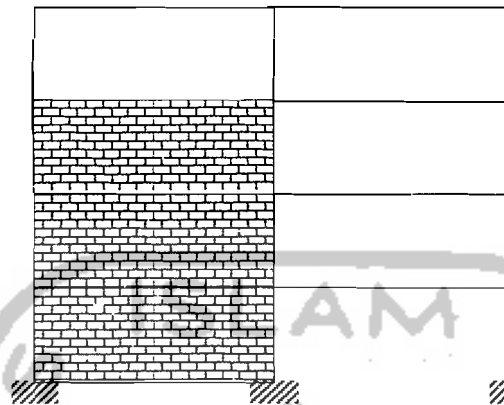
Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.13.

**Tabel 5.13** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen

Guling pada variasi 13

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,00931966 m	0,01636635 m	0,02426101 m	0,02827538 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3351.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,35024.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.17 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah Tingkat 1, 2, 3 (Variasi 14)



Gambar 5.16 Struktur Dengan Variasi 14

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 1,2, dan 3 (variasi 14) seperti Gambar 5.16 akan dijejaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 90 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 90 = 6327,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K_{bata} &= E_{bata} \cdot (L^2 / (L^2 + H^2)) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot t \\ &= 6327,63 \cdot (1060^2 / (1060^2 + 480^2)) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\ &= 110584,405 \text{ kg/cm} \approx 1,11 \cdot 10^7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Penyusunan matrik massa dan matrik kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \quad [K] = \begin{bmatrix} 4,97 & -2,485 & 0 & 0 \\ -2,485 & 4,97 & -2,485 & 0 \\ 0 & -2,485 & 3,86 & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375 \end{bmatrix}$$

Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 4,97-0,985\lambda & -2,485 & 0 & 0 \\ -2,485 & 4,97-0,985\lambda & -2,485 & 0 \\ 0 & -2,485 & 3,86-0,985\lambda & -1,375 \\ 0 & 0 & -1,375 & 1,375-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,84612 \\ 2,40816 \\ 2,75420 \end{Bmatrix}; \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,90258 \\ -0,18530 \\ -1,78388 \end{Bmatrix}; \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,14445 \\ -0,97899 \\ 1,30740 \end{Bmatrix}; \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,38480 \\ 0,90966 \\ -0,50639 \end{Bmatrix} \quad (5.59)$$

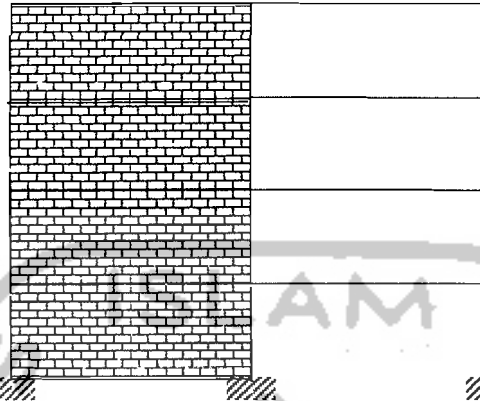
Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.14.

**Tabel 5.14** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen

Guling pada variasi 14

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,00976516 m	0,01697891 m	0,02157566 m	0,02577201 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3352.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,3512.10 <sup>4</sup> kg m			

### 5.18 Struktur Dengan Dinding Pengisi Bata Merah penuh (Variasi 15)



Gambar 5.16 Struktur Dengan Variasi 15

Perhitungan struktur dengan dinding pengisi bata merah pada tingkat 1,2,3, dan 4 (variasi 15) seperti Gambar 5.16 akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Perhitungan kekakuan dinding bata merah mutu 90 kg/cm<sup>2</sup>:

$$E_{bata} = 70,307 \cdot 90 = 6327,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K_{bata} &= E_{bata} \cdot \left( \frac{L^2}{L^2 + 12I^2} \right) \cdot (w/d) \cdot 5 \cdot l \\ &= 6327,63 \cdot \left( \frac{1060^2}{1060^2 + 480^2} \right) \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 13 \\ &= 110584,405 \text{ kg/cm} \approx 1,11 \cdot 10^7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Penyusunan matriks massa dan matriks kekakuan :

Matriks massa  $[M]$

Matriks kekakuan  $[K]$

$$[M] = \begin{bmatrix} 0,985 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,985 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,985 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,445 \end{bmatrix} \quad [K] = \begin{bmatrix} 4,97 & -2,485 & 0 & 0 \\ -2,485 & 4,97 & -2,485 & 0 \\ 0 & -2,485 & 4,97 & -2,485 \\ 0 & 0 & -2,485 & 2,485 \end{bmatrix}$$



Persamaan *eigen problem* dengan  $\lambda = \frac{\omega^2}{k/m}$ ; maka matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 4,97-0,985\lambda & -2,485 & 0 & 0 \\ -2,485 & 4,97-0,985\lambda & -2,485 & 0 \\ 0 & -2,485 & 4,97-0,985\lambda & -2,485 \\ 0 & 0 & -2,485 & 2,485-0,445\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Setelah melalui proses perhitungan diperoleh *mode shape* :

$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,84402 \\ 2,40041 \\ 2,59175 \end{Bmatrix}; \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,73493 \\ -0,45981 \\ -0,99704 \end{Bmatrix}; \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,83200 \\ -0,30756 \\ 1,25728 \end{Bmatrix}; \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,96150 \\ 2,84788 \\ -3,38818 \end{Bmatrix} \quad (5.60)$$

Perhitungan selanjutnya sama seperti perhitungan pada portal tanpa penambahan dinding pengisi bata merah. Sedangkan hasil perhitungan simpangan horisontal, gaya geser dasar dan momen guling dapat dilihat pada Tabel 5.15.

**Tabel 5.15** Hasil Perhitungan Simpangan Horisontal, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada variasi 15

	lantai 1	lantai 2	lantai 3	lantai 4
<b>Simpangan horisontal</b>	0,00970386 m	0,0165957 m	0,02089515 m	0,02333968 m
<b>Gaya geser dasar</b>	2,3353.10 <sup>4</sup> kg			
<b>Momen guling</b>	25,35264.10 <sup>4</sup> kg m			