

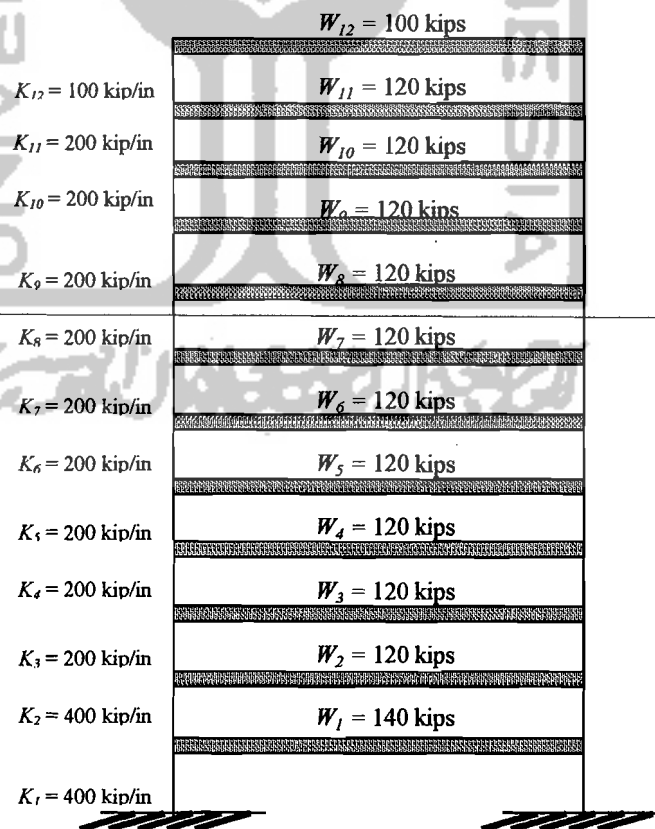
## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan untuk mendapatkan hasil dengan melakukan perhitungan berdasarkan metode penelitian sebelumnya. Hasil yang didapatkan akan digunakan dalam pembahasan, sebagaimana yang akan diuraikan berikut ini.

#### 5.1 Analisis

Analisis menggunakan model struktur yang diambil dari buku *Element of Struktural Dynamics* (Berg, 1988), yang dimodifikasi menjadi 12 lantai dengan hitungan struktur sesuai dengan lampiran 6 dan model struktur sebagai berikut :



Gambar 5.1 Model struktur Berg untuk lantai 12



$$[K] = \begin{bmatrix} 800 & -400 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -400 & 600 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -200 & 400 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 300 & -100 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -100 & 100 & 0 \end{bmatrix} \quad (5.2b)$$

Substitusi matriks massa dan matriks kekakuan ke persamaan *eigen problem*

(3.25), diperoleh

$$\{[K]-\omega^2[M]\} \{\phi\}=0$$

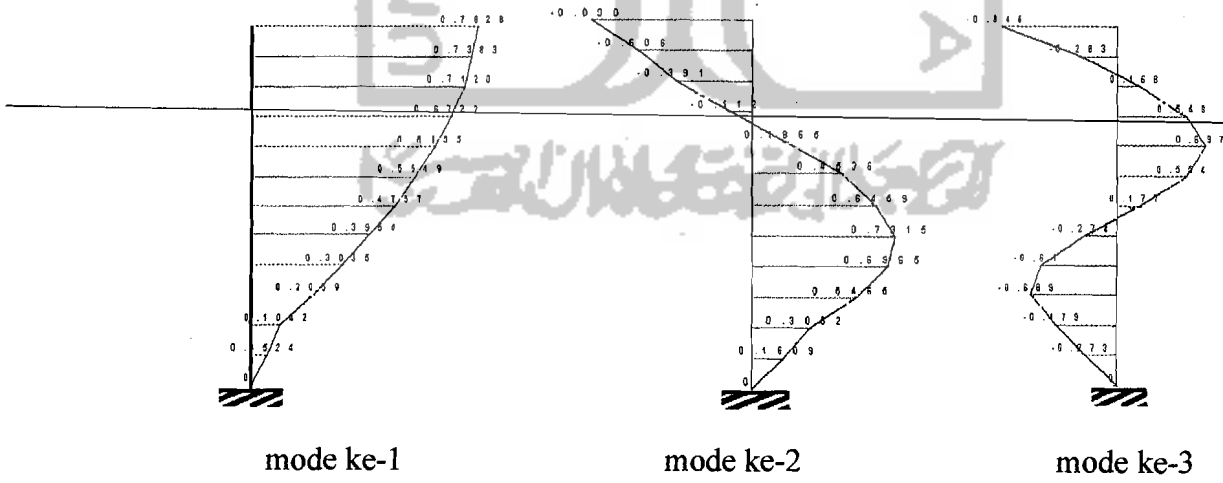
$$\begin{bmatrix} 800-0.3629\omega_1^2 & -400 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -400 & 600-0.3110\omega_2^2 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -200 & 400-0.3110\omega_3^2 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -200 & 400-0.3110\omega_4^2 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -200 & 400-0.3110\omega_5^2 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400-0.3110\omega_6^2 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400-0.3110\omega_7^2 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400-0.3110\omega_8^2 & -200 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400-0.3110\omega_9^2 & -200 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 300-0.3110\omega_{10}^2 & -100 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -100 & 100-0.2592\omega_{11}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -100 & 0 & 100-0.2592\omega_{12}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \\ \phi_5 \\ \phi_6 \\ \phi_7 \\ \phi_8 \\ \phi_9 \\ \phi_{10} \\ \phi_{11} \\ \phi_{12} \end{bmatrix} = 0 \quad (5.3)$$

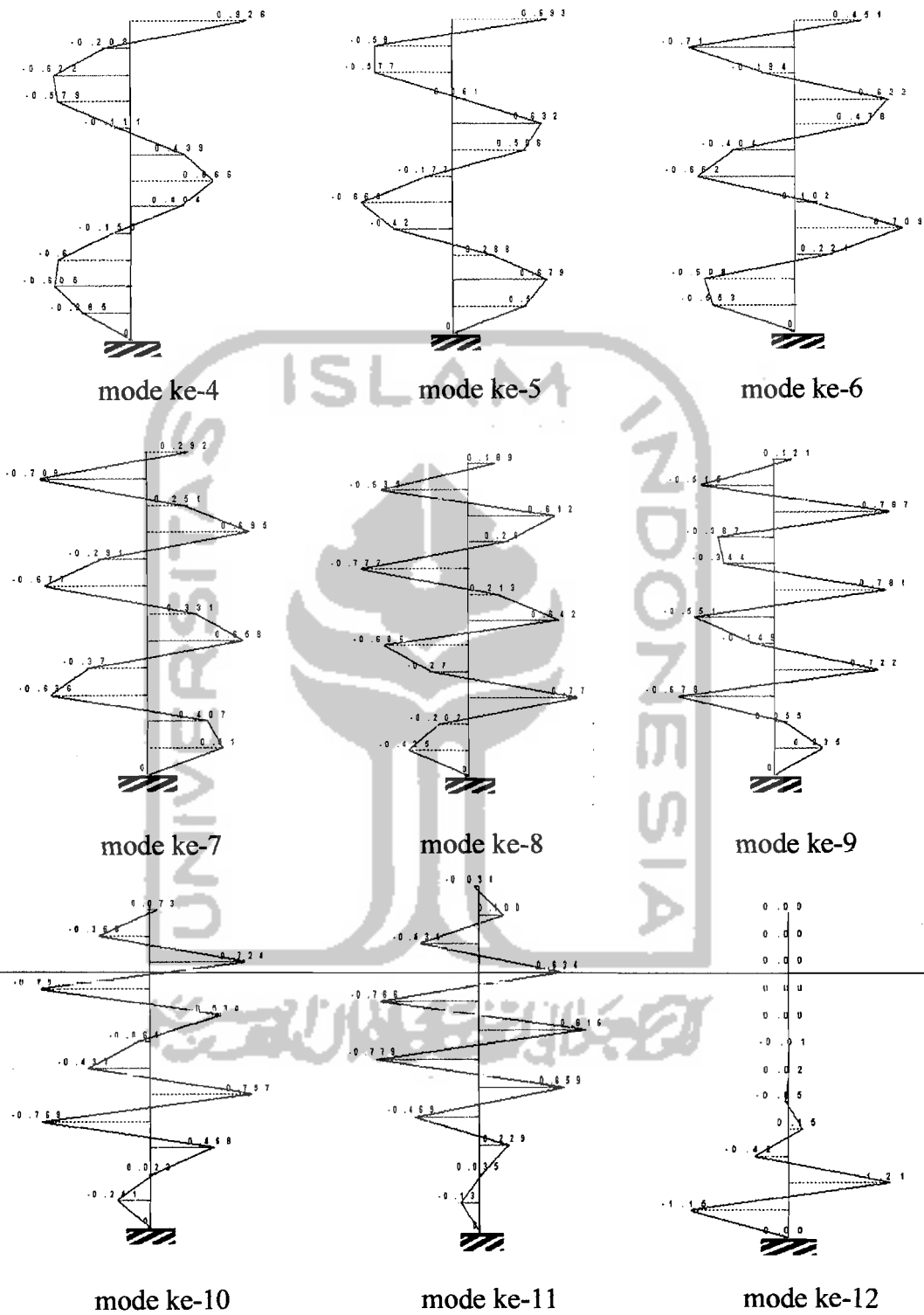
Selanjutnya program Matlab digunakan untuk mendapatkan nilai *mode shape* (Lampiran 1), yaitu suatu program komputer yang banyak digunakan untuk menyelesaikan banyak masalah perhitungan teknik, khususnya yang melibatkan matriks dan vektor (Hanselman dan Littlefield, 1997). Nilai *mode shape* yang diperoleh adalah sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \phi_1 &= \begin{bmatrix} 0.0524 \\ 0.1042 \\ 0.2058 \\ 0.3035 \\ 0.3954 \\ 0.4797 \\ 0.5549 \\ 0.6195 \\ 0.6722 \\ 0.7120 \\ 0.7383 \\ 0.7626 \end{bmatrix} &
 \phi_2 &= \begin{bmatrix} 0.1609 \\ 0.3062 \\ 0.5465 \\ 0.6965 \\ 0.7315 \\ 0.6459 \\ 0.4536 \\ 0.1865 \\ -0.1115 \\ -0.3910 \\ -0.6060 \\ -0.8359 \end{bmatrix} &
 \phi_3 &= \begin{bmatrix} -0.2728 \\ -0.4787 \\ -0.6891 \\ -0.6097 \\ -0.2738 \\ 0.1772 \\ 0.5537 \\ 0.6973 \\ 0.5476 \\ 0.1677 \\ -0.2828 \\ -0.9459 \end{bmatrix} &
 \phi_4 &= \begin{bmatrix} -0.3847 \\ -0.6046 \\ -0.6002 \\ -0.1548 \\ 0.4043 \\ 0.6663 \\ 0.4389 \\ -0.1110 \\ -0.5793 \\ -0.6221 \\ -0.2078 \\ 0.9261 \end{bmatrix} &
 \phi_5 &= \begin{bmatrix} 0.5003 \\ 0.6790 \\ 0.2882 \\ -0.4203 \\ -0.6656 \\ -0.1774 \\ 0.5062 \\ 0.6320 \\ 0.0614 \\ -0.5769 \\ -0.5795 \\ 0.6926 \end{bmatrix} &
 \phi_6 &= \begin{bmatrix} -0.5529 \\ -0.6077 \\ 0.2209 \\ 0.7085 \\ 0.1021 \\ -0.6619 \\ -0.4038 \\ 0.4778 \\ 0.6217 \\ -0.1944 \\ -0.7103 \\ 0.4514 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_7 &= \begin{bmatrix} 0.5097 \\ 0.4073 \\ -0.6361 \\ -0.3698 \\ 0.6578 \\ 0.3312 \\ -0.6773 \\ -0.2913 \\ 0.6945 \\ 0.2505 \\ -0.7092 \\ 0.2917 \end{bmatrix} &
 \phi_8 &= \begin{bmatrix} -0.4248 \\ -0.2022 \\ 0.7714 \\ -0.2704 \\ -0.6057 \\ 0.6415 \\ 0.2126 \\ -0.7718 \\ 0.2603 \\ 0.6123 \\ 0.6354 \\ 0.1894 \end{bmatrix} &
 \phi_9 &= \begin{bmatrix} 0.3351 \\ 0.0552 \\ -0.6782 \\ 0.7220 \\ -0.1492 \\ -0.5510 \\ 0.7807 \\ -0.3436 \\ -0.3869 \\ 0.7870 \\ -0.5150 \\ 0.1214 \end{bmatrix} &
 \phi_{10} &= \begin{bmatrix} -0.2410 \\ 0.0231 \\ 0.4682 \\ -0.7690 \\ 0.7568 \\ -0.4365 \\ -0.0614 \\ 0.5343 \\ -0.7898 \\ 0.7238 \\ -0.3632 \\ 0.0728 \end{bmatrix} &
 \phi_{11} &= \begin{bmatrix} -0.1304 \\ 0.0354 \\ 0.2292 \\ -0.4693 \\ 0.6594 \\ -0.7792 \\ 0.8160 \\ -0.7657 \\ 0.6339 \\ -0.4344 \\ 0.1887 \\ -0.0344 \end{bmatrix} &
 \phi_{12} &= \begin{bmatrix} -1.1494 \\ 1.2140 \\ -0.4196 \\ 0.1450 \\ -0.0501 \\ 0.0173 \\ -0.0060 \\ 0.0021 \\ -0.0007 \\ 0.0002 \\ -0.0001 \\ 0.0000 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Pola goyangan (*Mode shape*) dapat dilihat pada Gambar 5.2.





**Gambar 5.2** Mode Shape Struktur Bertingkat 12

Selanjutnya untuk menghitung matriks massa efektif dan matriks kekakuan efektif digunakan persamaan (3.37a) dan (3.37c):

$$M_n^* = \{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \quad (3.7a)$$

$$K_n^* = \{\phi\}_n^T [K] \{\phi\}_n \quad (3.7c)$$

Persamaan (3.7a) dan (3.7c) merupakan persamaan diferensial *independent/coupling* untuk mendefinisikan suatu generalisasi massa (*generalized mass*) dan kekakuan. Matrik massa efektif yang merupakan generalisasi massa struktur yang dihitung dengan menggunakan persamaan (3.37a) dan matrik kekakuan efektif yang merupakan generalisasi dari kekakuan struktur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.37c) adalah sebagai berikut ini.

$$[M^*] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ kip.sec}^2/\text{in} \quad (5.4)$$

$$[K^*] = 1.10^3 \begin{bmatrix} 0.0123 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1061 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2705 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.4724 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.7086 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9929 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3239 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.6801 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.0230 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.3105 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.5036 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.369 \end{bmatrix} \text{ kip/in} \quad (5.5)$$

Matriks massa maupun matriks kekakuan adalah matriks diagonal, sehingga sesuai dengan persamaan (3.10) maka  $\omega$  (*angular frequency*) sama dengan akar dari hasil perkalian  $[M^*]^{-1}$  dengan  $[K^*]$  adalah merupakan matriks diagonal :

$$\omega = \sqrt{[M]^{-1}[K]}$$

$$\omega = \begin{bmatrix} \omega_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \omega_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \omega_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_8 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_{10} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_{11} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_{12} \end{bmatrix} \quad (5.6a)$$

$$\omega = \begin{bmatrix} 3.5059 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10.3021 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 16.4457 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 21.7350 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 26.6200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 31.5107 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 36.3856 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 40.9888 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 44.9779 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 48.0672 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 50.0363 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 58.04 \end{bmatrix} \text{rad/sec}^2 \quad (5.6b)$$

Faktor partisipasi tiap mode dihitung dengan persamaan (3.42) :

$$\Gamma_n = \frac{P_n^*}{M_n^*} = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n}$$

Faktor partisipasi tiap mode untuk struktur bertingkat 12 dari persamaan (3.42)

adalah :

$$\Gamma_1 = 1.7051; \Gamma_2 = 0.6063; \Gamma_3 = -0.4035; \Gamma_4 = -0.3258;$$

$$\Gamma_5 = 0.2824; \Gamma_6 = -0.2227; \Gamma_7 = 0.1540; \Gamma_8 = -0.1011;$$

$$\Gamma_9 = 0.0663; \Gamma_{10} = -0.0417; \Gamma_{11} = -0.0208; \Gamma_{12} = -0.1365$$

### 5.2.2 Efek Redaman

Keseimbangan dinamik suatu massa yang ditinjau ternyata dipengaruhi oleh kekakuan, redaman dan simpangan massa sebelum dan sesudahnya. Bila matriks massa dan matriks kekakuan adalah matriks diagonal, sedangkan matriks redaman bukanlah matriks diagonal dan persamaannya masih berhubungan dengan kecepatan. Jika matriks redaman dikalikan dengan matriks massa atau dikalikan dengan matriks kekakuan atau kombinasi dari keduanya, maka matriks redaman efektif  $[C^*]$  akan menjadi matriks diagonal dan kaitan dengan kecepatan diabaikan (Berg, 1988)

Berg juga menyatakan matriks redaman  $[C]$  sangat sulit ditentukan baik secara teoritis maupun eksperimen, permasalahannya terletak pada kecepatan yang selalu berkaitan meskipun diabaikan. Oleh karena itu dengan menganggap mode tanpa redaman, kemudian memasukkan nilai redaman pada setiap persamaan modal akan dapat menyederhanakan permasalahan. Matriks redaman efektif dapat dihitung menggunakan persamaan (3.37b):

$$C_n^* = \{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n$$

Elemen matriks redaman efektif dari persamaan (3.37b) adalah :





$$[C_4^*] = \begin{bmatrix} 0.1549 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8655 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.6641 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0003 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.2918 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10.3000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 16.3286 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14.2172 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8.0693 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.9719 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5636 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 40.02 \end{bmatrix} \frac{\text{kip}}{(\text{in}/\text{sec})} \quad (5.10)$$

$$[C_5^*] = \begin{bmatrix} 0.1432 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3376 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0946 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.9750 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 7.5282 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.5656 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0633 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 16.2799 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 29.4092 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 22.9602 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7.3192 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.780 \end{bmatrix} \frac{\text{kip}}{(\text{in}/\text{sec})} \quad (5.11)$$

$$[C_6^*] = \begin{bmatrix} 0.1267 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0184 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.6917 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4.6885 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9027 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.5154 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15.8421 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.6859 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 11.3846 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 34.9183 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 19.1114 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.571 \end{bmatrix} \frac{\text{kip}}{(\text{in}/\text{sec})} \quad (5.12)$$

$$[C_7^*] = \begin{bmatrix} 0.1067 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1101 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3.0511 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0303 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3.5742 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8.7554 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.6009 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 23.3327 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.4221 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 21.3589 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 31.0461 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.068 \end{bmatrix} \frac{kip}{(in/sec)} \quad (5.13)$$

$$[C_8^*] = \begin{bmatrix} 0.0847 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5545 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2.1262 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.7760 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 7.0111 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9990 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15.2552 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.7594 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 26.6012 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.1110 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 38.1702 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.008 \end{bmatrix} \frac{kip}{(in/sec)} \quad (5.14)$$

$$[C_9^*] = \begin{bmatrix} 0.0625 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.0704 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3094 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4.5356 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2374 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 11.6597 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.2350 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14.5360 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 18.9600 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.3226 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 37.5270 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.001 \end{bmatrix} \frac{kip}{(in/sec)} \quad (5.15)$$

$$[C_{10}^*] = \begin{bmatrix} 0.0417 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.3313 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3359 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3.2903 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4.8853 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3105 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14.5760 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15.9770 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0281 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 26.2971 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 29.3835 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.000 \end{bmatrix} \frac{kip}{(in/sec)} \quad (5.16)$$

$$[C_{11}^*] = \begin{bmatrix} 0.0238 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.1719 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2.1658 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0274 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 6.1114 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9.9894 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.9569 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.8594 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 20.6698 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 34.3616 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 17.1193 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.000 \end{bmatrix} \frac{kip}{(in/sec)} \quad (5.17)$$

$$[C_{12}^*] = \begin{bmatrix} 0.01030 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.69330 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3.04420 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.57420 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.00010 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.99260 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 13.81400 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 23.35390 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 25.42700 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 17.72270 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.82450 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.000 \end{bmatrix} \frac{kip}{(in/sec)} \quad (5.18)$$

$$[C_{13}^*] = \begin{bmatrix} 0.0089 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7931 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6.5950 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 19.2848 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 24.2728 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 20.2436 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15.0261 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10.2060 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6.0742 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.8516 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.7464 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.000 \end{bmatrix} \frac{kip}{(in/sec)} \quad (5.19)$$

### 5.2.3 Respon Terhadap Beban Gempa Bumi

Setelah matriks redaman efektif diketahui untuk setiap posisi redaman. Selanjutnya rasio redaman kritis dihitung dengan menggunakan persamaan (3.40a) :

$$\xi_n = \frac{C_n^*}{C_{cr}^*} = \frac{C_n^*}{2M_n^* \omega_n}$$

sebagai contoh hitungan digunakan variasi 1 dan 4. dari hasil perhitungan dengan menggunakan program Matlab yang perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 1 diperoleh nilai rasio redaman ( $\xi_1$ ) untuk mode ke-1 pada variasi ke-1 (struktur tanpa redaman MRD) sebesar 0,02. selanjutnya untuk variasi ke-4 (struktur dengan redaman MRD) diperoleh nilai rasio redaman ( $\xi_1$ ) untuk mode ke-1 sebesar 0,0221. Nilai rasio redaman efektif yang digunakan pada mode ke-1 variasi ke-3 adalah :

$$(\xi_1) = 0,02 + 0,0221 = 0.0421$$

selanjutnya hasil hitungan yang diperoleh untuk setiap variasi penempatan MRD ditampilkan pada Tabel 5.1

**Tabel 5.1** Nilai Rasio Redaman Kritis ( $\xi$ ) pada Tiap Perubahan Letak MRD

Rasio Redaman Kritis ( $\xi$ )													
	var-1	var-2	var-3	var-4	var-5	var-6	var-7	var-8	var-9	var-10	var-11	var-12	var-13
	tanpa MRD	tk 1	tk 2	tk 3	tk 4	Tk 5	tk 6	Tk 7	tk 8	tk 9	tk 10	tk 11	tk-12
ξ1	0.0200	0.0259	0.0257	0.0421	0.0404	0.0381	0.0352	0.0321	0.0289	0.0259	0.0234	0.0215	0.0213
ξ2	0.0616	0.0675	0.0673	0.0837	0.0820	0.0797	0.0768	0.0737	0.0705	0.0675	0.0650	0.0631	0.0629
ξ3	0.1102	0.1161	0.1159	0.1323	0.1306	0.1283	0.1254	0.1223	0.1191	0.1161	0.1136	0.1117	0.1115
ξ4	0.1609	0.1668	0.1666	0.1830	0.1813	0.1790	0.1761	0.1730	0.1698	0.1668	0.1643	0.1624	0.1622
ξ5	0.1903	0.1962	0.1960	0.2124	0.2107	0.2084	0.2055	0.2024	0.1992	0.1962	0.1937	0.1918	0.1916
ξ6	0.2106	0.2165	0.2163	0.2327	0.2310	0.2287	0.2258	0.2227	0.2195	0.2165	0.2140	0.2121	0.2119
ξ7	0.2344	0.2403	0.2401	0.2565	0.2548	0.2525	0.2496	0.2465	0.2433	0.2403	0.2378	0.2359	0.2357
ξ8	0.2585	0.2644	0.2642	0.2806	0.2789	0.2766	0.2737	0.2706	0.2674	0.2644	0.2619	0.2600	0.2598
ξ9	0.2803	0.2862	0.2860	0.3024	0.3007	0.2984	0.2955	0.2924	0.2892	0.2862	0.2837	0.2818	0.2816
ξ10	0.2984	0.3043	0.3041	0.3205	0.3188	0.3165	0.3136	0.3105	0.3073	0.3043	0.3018	0.2999	0.2997
ξ11	0.3110	0.3169	0.3167	0.3331	0.3314	0.3291	0.3262	0.3231	0.3199	0.3169	0.3144	0.3125	0.3123
ξ12	0.2132	0.2191	0.2189	0.2353	0.2336	0.2313	0.2284	0.2253	0.2221	0.2191	0.2166	0.2147	0.2145

Setelah nilai rasio redaman diketahui untuk setiap posisi redaman pada tiap-tiap *mode*. Selanjutnya dihitung nilai  $a$ ,  $b$ ,  $k$  dengan menggunakan persamaan (3.53), yang perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 2. Kemudian dihitung nilai  $q$  untuk tiap-tiap variasi penempatan redaman dengan persamaan (3.54) sampai dengan persamaan (3.56), yang contoh perhitungannya pada lampiran. Setelah diperoleh nilai  $q$  selanjutnya simpangan struktur dihitung dengan menggunakan persamaan (3.57), yang contoh perhitungannya dapat dilihat pada lampiran. Selanjutnya hasil perhitungan simpangan ditampilkan dalam grafik. Pada struktur bertingkat 12 grafik simpangan dapat dilihat pada Gambar 5.3 sampai dengan Gambar 5.11.

Contoh hitungan digunakan variasi 4:

$$a = \left[ \frac{4}{\Delta t} + 4\xi\omega \right] = \left[ \frac{4}{0,01} + 4 \cdot 0,0421 \cdot 3,5059 \right] = 400,5903936$$

$$b = 2$$

$$\hat{k} = \left[ \omega^2 + \frac{4\xi\omega}{\Delta t} + \frac{4}{\Delta t^2} \right] = \left[ 3,5059^2 + \frac{4 \cdot 0,0421 \cdot 3,5059}{0,01} + \frac{4}{0,01^2} \right]$$

$$\hat{k} = 40071,94668$$

Untuk asumsi awal iterasi dipakai anggapan bahwa

$$q_0 = 0$$

$$\dot{q}_0 = 0$$

$$\ddot{q}_0 = 0$$

maka

$$q_{n+1} = q_n + \Delta q_n$$

$$\dot{q}_{n+1} = \dot{q}_n + \Delta \dot{q}_n$$

$$\ddot{q}_{n+1} = \ddot{q}_n + \Delta \ddot{q}_n$$

Nilai  $\Delta q_0$  dihitung dengan menggunakan persamaan (3.52) :

$$\Delta q_n = \frac{\Delta y_n + a \cdot \dot{q}_n + b \cdot \ddot{q}_n}{\hat{k}}$$

$$\Delta q_n = \frac{-0,7713 + 400,5903936 \cdot 0 + 2 \cdot 0}{40071,94668} = -1,6 \cdot 10^{-5}$$

Nilai  $\Delta q_0$  dihitung dengan menggunakan persamaan (3.56b) :

$$\Delta \dot{q}_0 = \frac{2}{\Delta t} \Delta q_n - 2 \dot{q}_n$$

$$\Delta \dot{q}_0 = \frac{2}{0,01} (-0,000016) - 2,0 = -0,00319$$

Nilai  $\Delta \ddot{q}_0$  dihitung dengan menggunakan persamaan (3.56c) :

$$\Delta \ddot{q}_0 = \frac{4}{(\Delta t)^2} (\Delta q_n - \Delta t \dot{q}_n) - 2 \ddot{q}_n$$

$$\Delta \ddot{q}_0 = \frac{4}{(0,01)^2} (-0,000016 - 0,01 \cdot 0) - 2,0 = -0,63845$$

Nilai  $q_1$  dihitung dengan menggunakan persamaan (3.55a) :

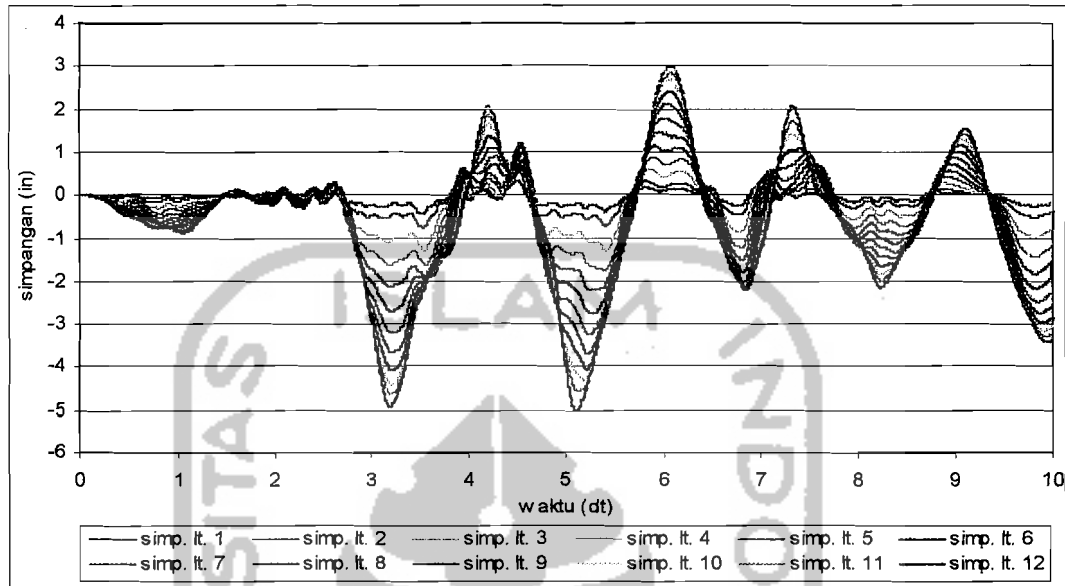
$$q_{n+1} = q_n + \Delta q_n$$

Setelah diperoleh nilai  $q$  selanjutnya simpangan struktur dihitung dengan menggunakan persamaan (3.57), yang contoh perhitungannya disajikan pada Lampiran 3 dan Lampiran 4. Gambar 5.3 sampai Gambar 5.11 adalah grafik simpangan relatif struktur pada posisi tanpa MRD dan MRD di lantai 3 serta gambar simpangan antar tingkat pada posisi MRD di lantai 3. Untuk hasil perhitungan simpangan dengan berbagai variasi letak redaman ditampilkan dalam bentuk grafik simpangan yang dapat dilihat pada Lampiran 5.

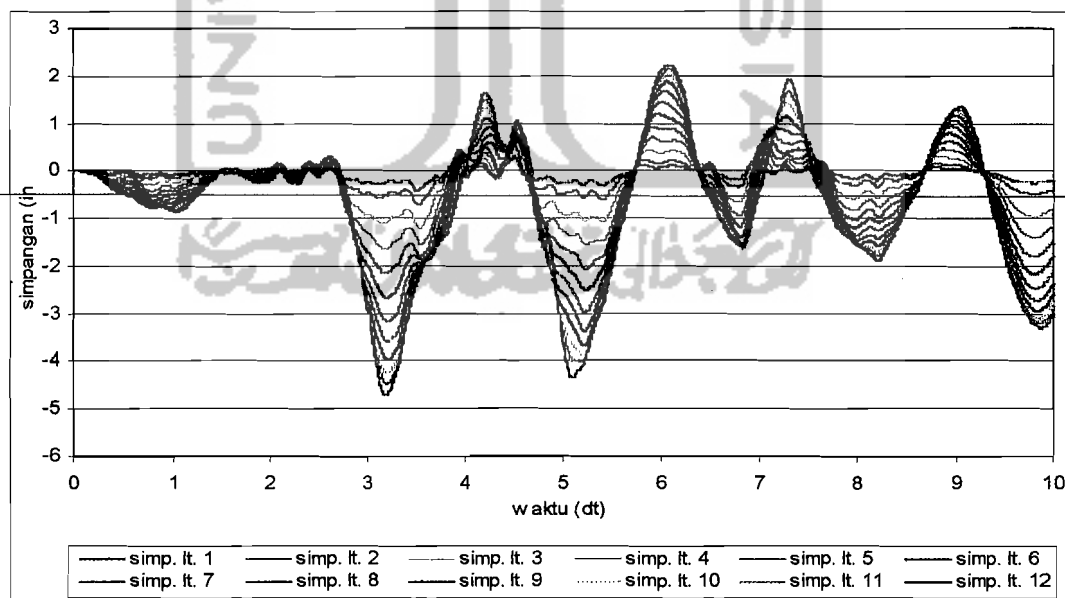


# 1. Grafik Simpangan Struktur Bertingkat 12 dengan Beban Gempa Koyna.

## a. Grafik Simpangan Relatif Gempa Koyna

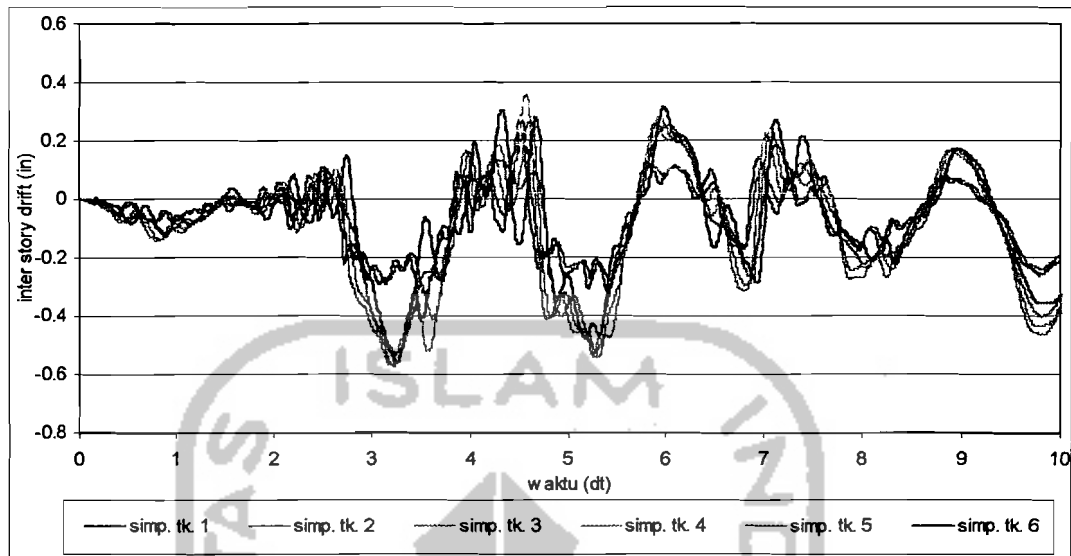


**Gambar 5.3** Grafik Simpangan Relatif Struktur Bertingkat 12 Tanpa MRD  
(G. Koyna)

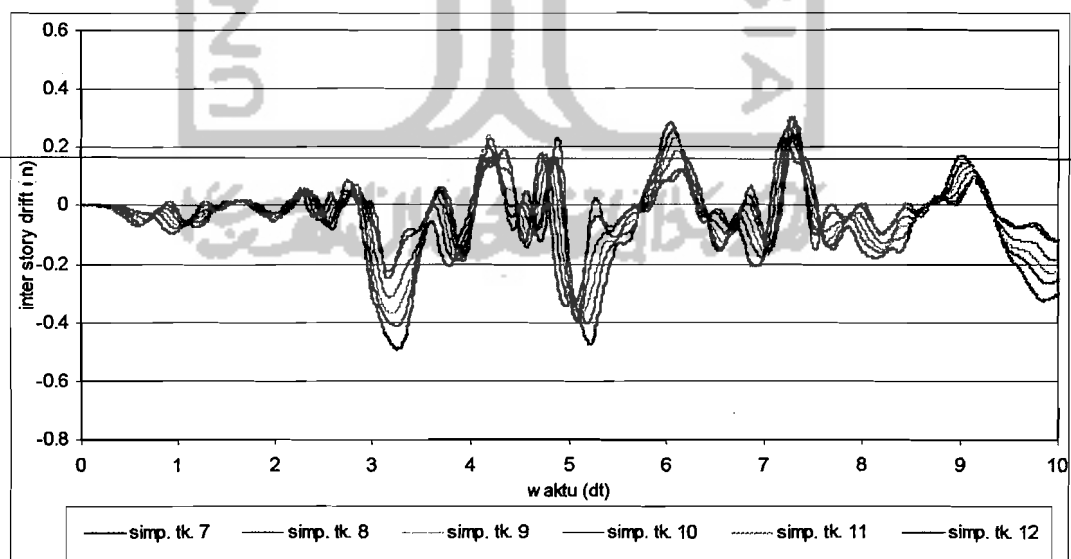


**Gambar 5.4** Grafik Simpangan Relatif Struktur Bertingkat 12, MRD Tingkat 3  
(G. Koyna)

b. Simpangan Antar Tingkat (*Inter Story Drift*) Gempa Koyna



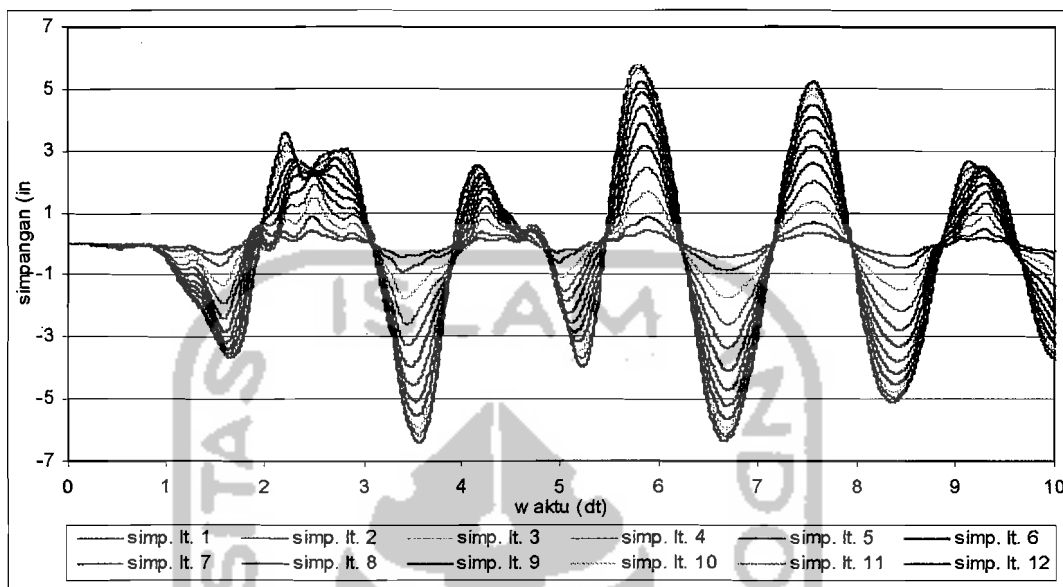
**Gambar 5.5a** Grafik Simpangan Antar Tingkat Struktur Bertingkat 12,  
MRD Tingkat 3 (G. Koyna)



**Gambar 5.5b** Grafik Simpangan Antar Tingkat Struktur Bertingkat 12,  
MRD tingkat 3 (G. Koyna)

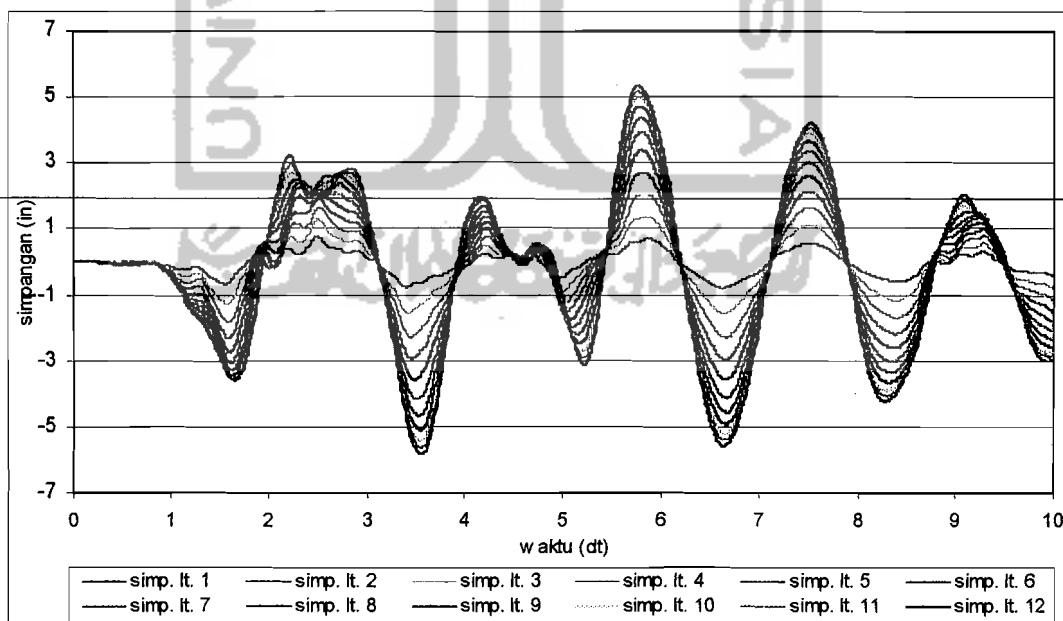
## 2. Grafik Simpangan Struktur Bertingkat 12 dengan Beban Gempa Elcentro

### a. Simpangan Relatif Gempa El Centro



**Gambar 5.6** Grafik Simpangan Relatif Struktur Bertingkat 12, Tanpa MRD

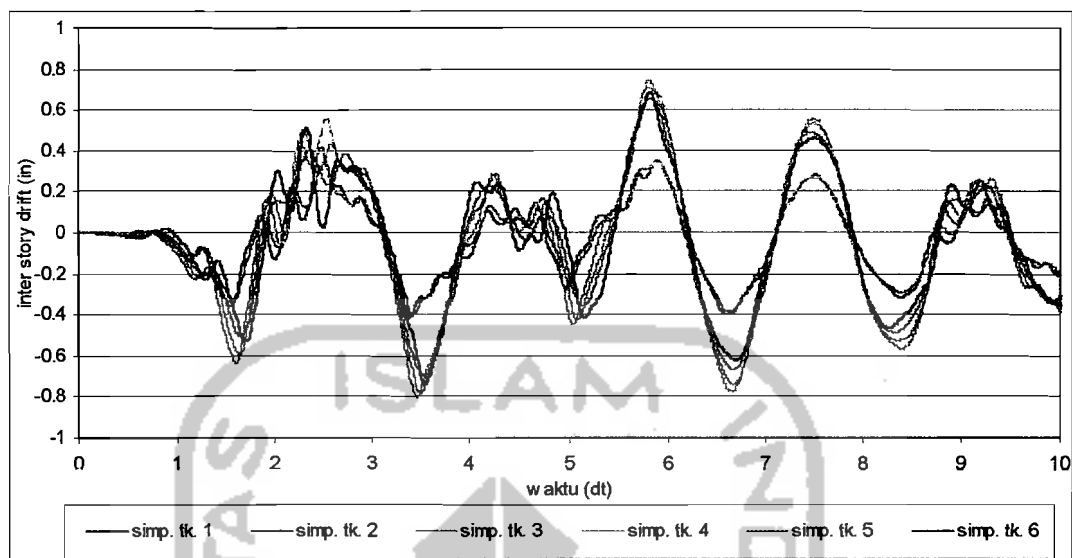
(G. El Centro)



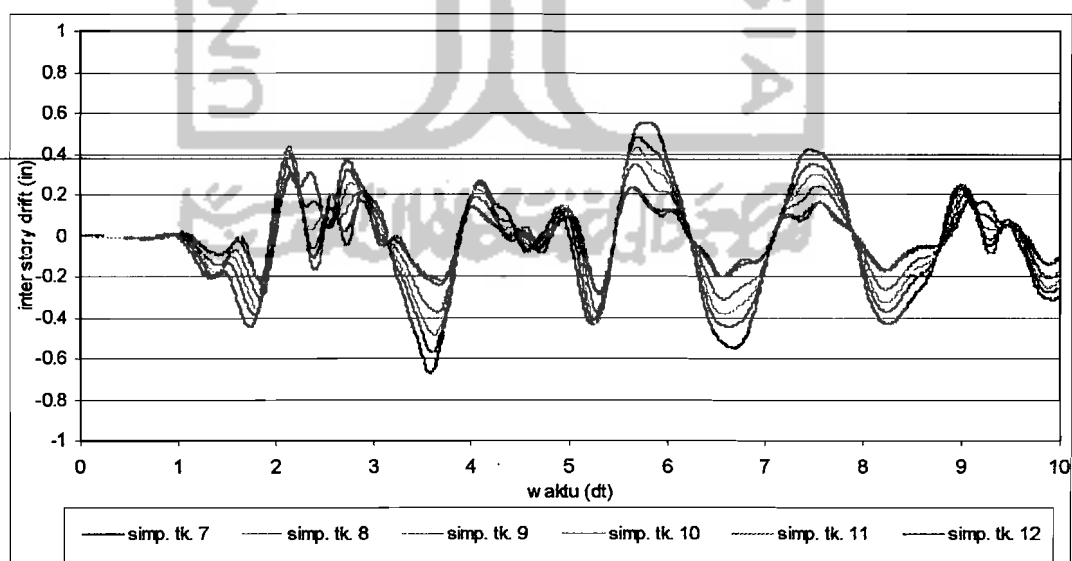
**Gambar 5.7** Grafik Simpangan Relatif Struktur Bertingkat 12, MRD tingkat 3

(G. El Centro)

b. Simpangan Antar Tingkat (*Inter Story Drift*) Gempa El Centro



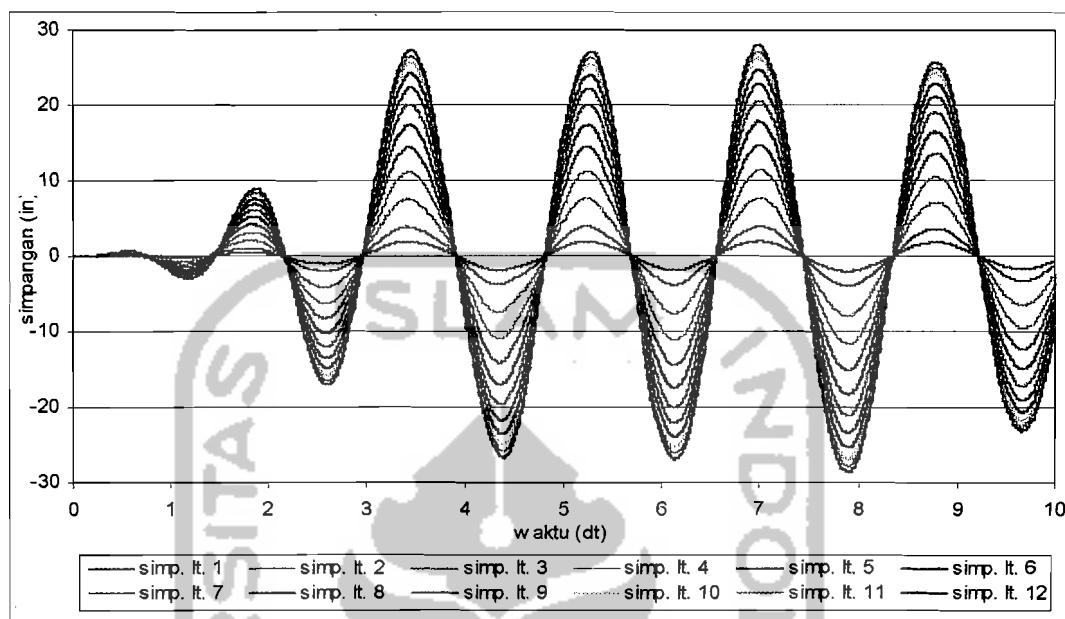
**Gambar 5.8a** Grafik Simpangan Antar Tingkat Struktur Bertingkat 12,  
MRD tingkat 3 (G. El Centro)



**Gambar 5.8b** Grafik Simpangan Antar Tingkat Struktur Bertingkat 12,  
MRD Tingkat 3 (G. El Centro)

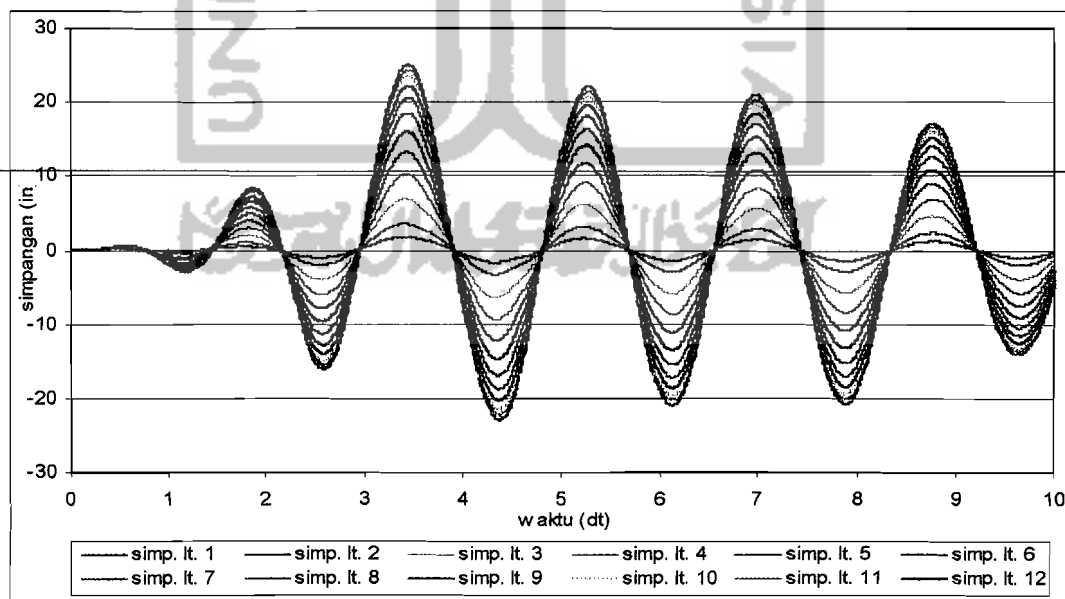
### 3. Grafik Simpangan Struktur Bertingkat 12 dengan Beban Gempa Bucharest.

#### a. Simpangan Relatif Gempa Bucharest



**Gambar 5.9** Grafik Simpangan Relatif Struktur Bertingkat 12, Tanpa MRD

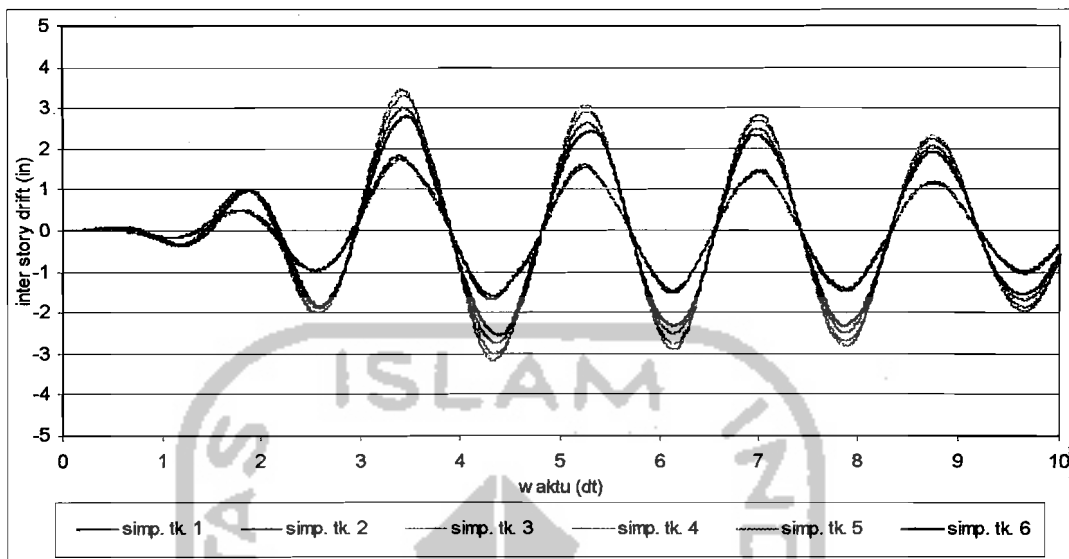
(G. Bucharest)



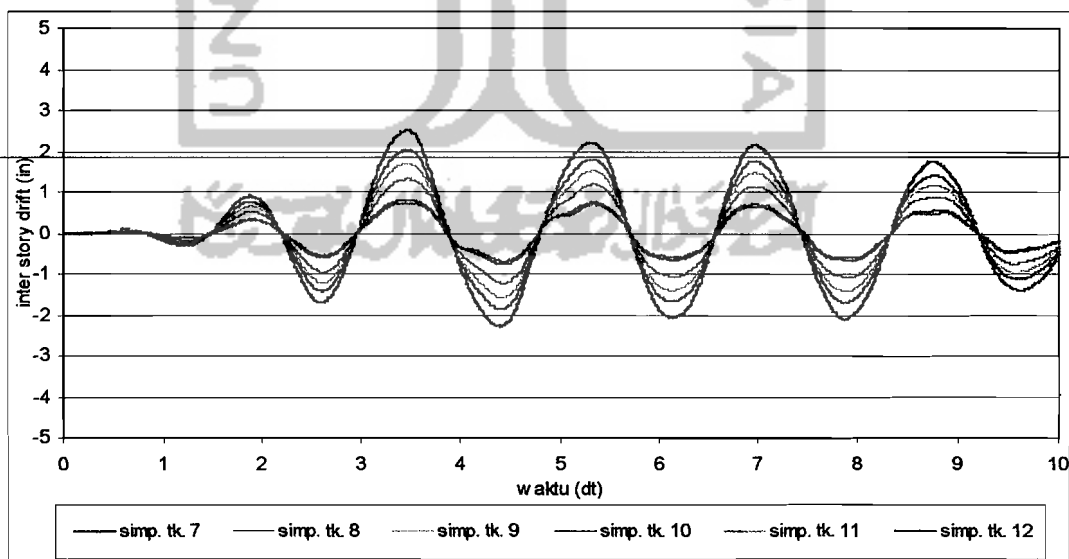
**Gambar 5.10** Grafik Simpangan Relatif Struktur Bertingkat 12, MRD Tingkat 3

(G. Bucharest)

b. Simpangan Antar Tingkat (*Inter Story Drift*) Gempa Bucharest



**Gambar 5.11a** Grafik Simpangan Antar Tingkat Struktur Bertingkat 12,  
MRD Tingkat 3 (G. Bucharest)



**Gambar 5.11b** Grafik Simpangan Antar Tingkat Struktur Bertingkat 12,  
MRD Tingkat 3 (G. Bucharest)

## 5.2 Pembahasan

Analisis yang dilakukan memberikan hasil bahwa pada struktur bangunan bertingkat 12, perilaku struktur yang dapat kita amati menunjukkan simpangan struktur dapat dikurangi dengan pemasangan *Magneto Rheological Damper* (MRD) dengan kapasitas 15 kip.sec/in. Pemasangan MRD akan memberikan pengurangan simpangan maksimum secara signifikan apabila ditempatkan pada tingkat yang tepat. Pada keadaan tertentu, penempatan peredam tambahan pada tingkat yang tidak tepat justru akan memperbesar simpangan struktur.

Hasil penelitian kami menunjukkan bahwa penempatan redaman tunggal untuk mengurangi *structural pounding* yakni dengan melihat nilai simpangan relatif maksimum dengan kapasitas redaman alat 15 kip.sec/in pada struktur bertingkat 12 yang merupakan model struktur Berg yang telah dimodifikasi terletak di tingkat 3 untuk frekuensi sedang (gempa El Centro) dan frekuensi rendah (gempa Bucharest). Sedangkan untuk frekuensi tinggi (gempa Koyna) tidak dapat ditentukan letak redaman efektif pada tingkat tertentu, hal ini ditunjukkan bahwa simpangan relatif pada lantai bawah (1, 2, dan 3) perletakan redaman efektif pada tingkat atas (12), untuk simpangan relatif lantai tengah (4, 5, 6, 7, dan 8) perletakkkan redaman efektif pada tingkat tengah (4 dan 5), dan untuk simpangan relatif lantai atas (9, 10, 11 dan 12) perletakan redaman efektif kecenderungan pada tingkat bawah (3) hal ini dapat dilihat pada tabel prosentase simpangan relatif maksimum lantai.

Berdasarkan hasil penelitian yang kami lakukan, simpangan relatif mempunyai efek yang berpengaruh terhadap *structural pounding*, hal ini dapat

menyebabkan kerusakan yang fatal pada bangunan bahkan dapat menyebabkan kerusakan total. Pada penelitian ini gempa frekuensi rendah (gempa Bucharest) memberikan data simpangan struktur besar dibandingkan simpangan struktur akibat beban gempa frekuensi tinggi (gempa Koyna) dan gempa frekuensi sedang (gempa El Centro), dengan kata lain semakin rendah frekuensi gempa maka simpangan struktur akan semakin besar.

Percepatan maksimum tanah sebagai parameter untuk menyatakan kekuatan (*strength*) suatu gempa bumi ternyata memiliki kelemahan. Kelemahan ini terletak pada karakter umum percepatan tanah akibat gempa yang umumnya mempunyai kandungan frekuensi tinggi bahwa percepatan maksimum akan berhubungan erat dengan gaya maksimum yang hanya berpengaruh besar pada sistem struktur dengan frekuensi tinggi dan pengaruhnya akan semakin melemah pada struktur dengan frekuensi rendah atau struktur yang semakin fleksibel. Dalam penelitian ini dapat disampaikan bahwa percepatan tanah maksimum paling besar (gempa Koyna) tidak menunjukkan simpangan struktur yang lebih besar dibandingkan dengan simpangan yang diakibatkan oleh gempa El Centro maupun gempa Bucharest, justru pada percepatan tanah maksimum gempa terkecil (gempa Bucharest) menunjukkan simpangan struktur terbesar, dengan demikian parameter percepatan maksimum tanah akibat gempa telah mengabaikan kandungan frekuensi pada gempa yang bersangkutan. Dari hasil diatas efek kandungan frekuensi gempa terhadap respon struktur sangat dominan dan oleh karenanya frekuensi gempa menjadi salah satu parameter yang perlu diperhatikan. Grafik percepatan maksimum ketiga gempa dapat dilihat pada Lampiran 7.



Percepatan tanah yang merambat kemassa struktur akan menimbulkan gaya. Bila durasi gerakan tanah semakin lama maka energi yang dilepaskan oleh tanah akan semakin besar, sehingga akan menimbulkan kerusakan dan bertambah pula energi yang harus diserap oleh struktur.

Dalam penelitian ini dapat dilihat bahwa energi kecepatan ekivalen untuk gempa Koyna lebih besar dari gempa El Centro dan gempa Bucharest, ditunjukkan pada grafik energi kecepatan ekivalen lawan waktu pada Lampiran 7. Hal ini menunjukkan bahwa gempa dengan frekuensi tinggi akan menyebabkan input energi yang lebih besar dibanding dengan gempa frekuensi rendah. Padahal input energi yang lebih besar akan memberikan kemungkinan merusakkan struktur yang lebih besar pula. Pada penelitian ini pengaruh energi menjadi tidak dominan terhadap model struktur bertingkat 12, hal ini menunjukkan bahwa efek kandungan frekuensi gempa sangat dominan dan perlu diperhatikan.

Kedekatan antara frekuensi gempa dengan frekuensi struktur berpengaruh terhadap besarnya nilai simpangan dengan kecenderungan mengakibatkan resonansi yang akan mengakibatkan respon struktur menjadi sangat besar. Hal ini dapat dilihat pada grafik perbandingan frekuensi gempa dan frekuensi struktur pada Lampiran 7 yang menunjukkan bahwa frekuensi gempa El Centro dan Bucharest berdekatan dengan frekuensi struktur bertingkat 12 sehingga menyebabkan simpangan yang lebih besar dibandingkan dengan struktur bertingkat 12 dengan beban gempa Koyna, karena frekuensi gempa Koyna jauh dengan frekuensi struktur bertingkat 12. Dalam penelitian ini, didapatkan hasil bahwa semakin rendah kandungan frekuensi gempa maka menghasilkan

simpangan pada struktur bertingkat 12 yang semakin besar, hal ini dipengaruhi oleh kedekatan antara frekuensi gempa dan frekuensi struktur

Pada bangunan tinggi dengan beban gempa frekuensi tinggi kecenderungan letak redaman sulit ditentukan secara pasti karena dimungkinkan oleh :

1. kekakuan tingkat dan massa lantai yang tidak seragam,
2. penempatan peredam pada lantai yang mempunyai nilai simpangan yang besar, sehingga kemampuan alat peredam menjadi berkurang, dan
3. kedekatan antara frekuensi gempa dan frekuensi struktur relatif berjauhan.

Hasil penelitian terhadap simpangan antar tingkat untuk mengetahui kerusakan struktur pada struktur bertingkat 12 dengan ketiga beban gempa dengan kandungan frekuensi tinggi, sedang dan rendah menunjukkan bahwa simpangan antar tingkat terbesar berada pada tingkat 3 hal ini disebabkan adanya suatu tingkat yang lemah karena pendistribusian kekakuan secara vertikal yang tidak merata yaitu perubahan kekakuan dari tingkat 2 ke tingkat 3. Semakin tinggi kandungan frekuensi gempa maka nilai simpangan antar tingkat akan semakin kecil.

Penempatan peredam tambahan ternyata tidak dapat digeneralisasi pada tingkat tertentu namun harus dihitung sesuai dengan struktur yang direncanakan. Hal ini dibuktikan bahwa pengaruh peredam tambahan dalam mengurangi simpangan struktur dipengaruhi oleh kemampuan/kapasitas peredam itu sendiri, properti struktur (kekakuan dan massa), tinggi struktur/jumlah tingkat dan

kandungan frekuensi beban gempa yang bekerja, frekuensi tinggi, frekuensi sedang, maupun frekuensi rendah.

Hasil analisis berdasarkan simpangan relatif maksimum lantai dan simpangan antar tingkat (*inter story drift*) pada masing-masing perubahan letak redaman dibandingkan dengan simpangan tanpa peredam dalam bentuk prosentase. Pada penelitian ini nilai simpangan relatif maksimum lantai dan simpangan antar tingkat (*inter story drift*) serta prosentase terhadap posisi tanpa redaman ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik berikut ini beserta pembahasannya.

### 5.2.1 Prosentase Simpangan Lantai 1

Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 1 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.2, Tabel 5.3, Gambar 5.12 dan Gambar 5.13.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa Koyna dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan relatif pada beban gempa El Centro bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam pada tingkat 1, 2, 5, 6, 11, dan 12 hal ini menunjukkan bahwa letak pemasangan redaman tidak efektif. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa Koyna pada tingkat 12 dengan prosentase simpangan relatif lantai 1 mencapai 84.4509% dari tanpa peredam. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban

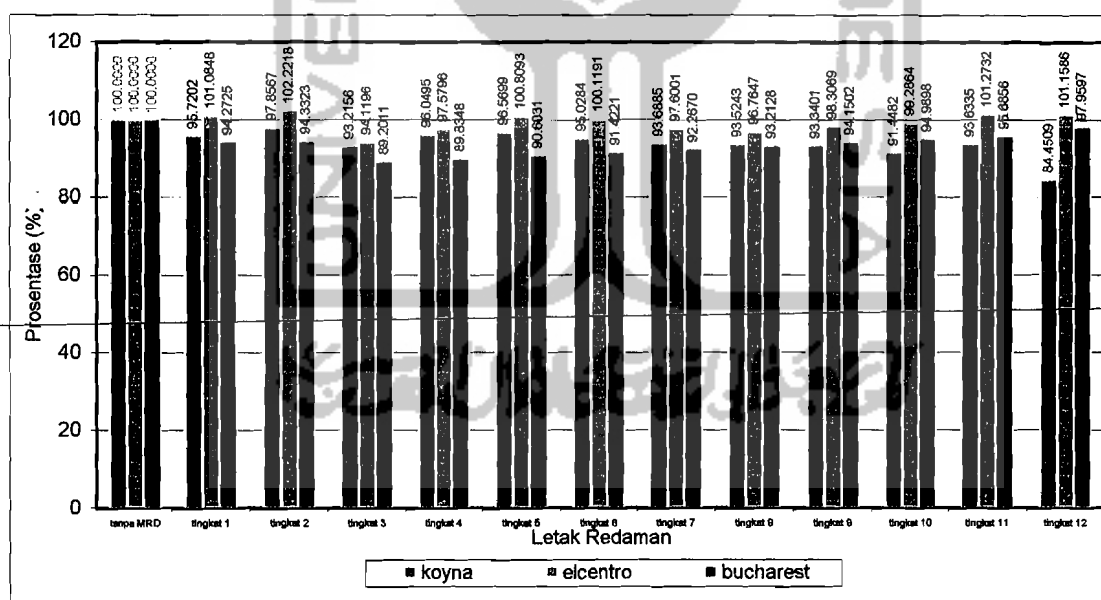
gempa El Centro dan Bucharest pada tingkat 3 dengan prosentase simpangan relatif lantai 1 masing-masing mencapai 94,1196% dan 89,2011% dari tanpa peredam.

Simpangan antar tingkat beban gempa Koyna dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan antar tingkat pada beban gempa El Centro, bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam pada tingkat 1, 2, 5, 6, 11, dan 12. Nilai prosentase simpangan antar tingkat tingkat 1 terkecil gempa Koyna pada posisi redaman di tingkat 12 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 84.4424% dari tanpa peredam. Nilai prosentase simpangan antar tingkat tingkat 1 terkecil gempa El Centro dan Bucharest pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase masing-masing mencapai 94,1230% dan 89,1994% dari tanpa peredam.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN

Tabel 5.2 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 1 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

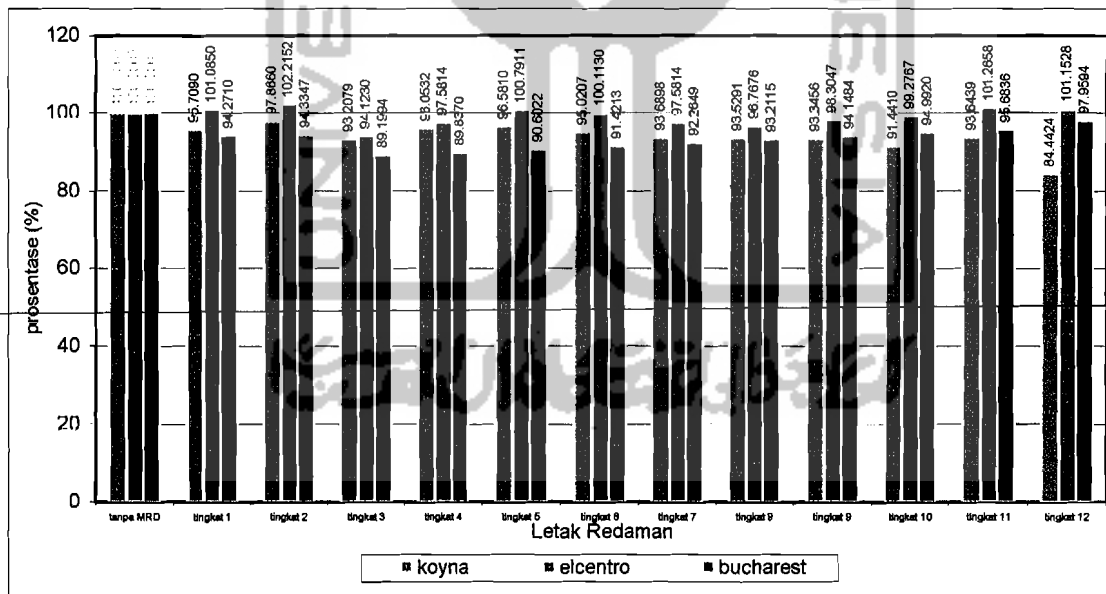
variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.4358	100.0000	0.4424	100.0000	2.0388	100.0000
2	tingkat 1	0.4171	95.7202	0.4472	101.0848	1.9220	94.2725
3	tingkat 2	0.4265	97.8567	0.4522	102.2218	1.9233	94.3323
4	tingkat 3	0.4062	93.2156	0.4164	94.1196	1.8186	89.2011
5	tingkat 4	0.4186	96.0495	0.4317	97.5796	1.8316	89.8348
6	tingkat 5	0.4209	96.5699	0.4459	100.8093	1.8472	90.6031
7	tingkat 6	0.4141	95.0284	0.4429	100.1191	1.8639	91.4221
8	tingkat 7	0.4083	93.6885	0.4317	97.6001	1.8811	92.2670
9	tingkat 8	0.4076	93.5243	0.4281	96.7647	1.9004	93.2128
10	tingkat 9	0.4068	93.3401	0.4349	98.3069	1.9195	94.1502
11	tingkat 10	0.3985	91.4482	0.4392	99.2864	1.9367	94.9898
12	tingkat 11	0.4081	93.6335	0.4480	101.2732	1.9508	95.6856
13	tingkat 12	0.3680	84.4509	0.4475	101.1586	1.9972	97.9597



Gambar 5.12 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 1 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.2)

Tabel 5.3 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 1 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.4358	100.0000	0.4424	100.0000	2.0388	100.0000
2	tingkat 1	0.4171	95.7090	0.4472	101.0850	1.9220	94.2710
3	tingkat 2	0.4265	97.8660	0.4522	102.2152	1.9233	94.3347
4	tingkat 3	0.4062	93.2079	0.4164	94.1230	1.8186	89.1994
5	tingkat 4	0.4186	96.0532	0.4317	97.5814	1.8316	89.8370
6	tingkat 5	0.4209	96.5810	0.4459	100.7911	1.8472	90.6022
7	tingkat 6	0.4141	95.0207	0.4429	100.1130	1.8639	91.4213
8	tingkat 7	0.4083	93.6898	0.4317	97.5814	1.8811	92.2649
9	tingkat 8	0.4076	93.5291	0.4281	96.7676	1.9004	93.2115
10	tingkat 9	0.4068	93.3456	0.4349	98.3047	1.9195	94.1484
11	tingkat 10	0.3985	91.4410	0.4392	99.2767	1.9367	94.9920
12	tingkat 11	0.4081	93.6439	0.4480	101.2658	1.9508	95.6836
13	tingkat 12	0.3680	84.4424	0.4475	101.1528	1.9972	97.9594



Gambar 5.13 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 1 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.3)

### 5.2.2 Prosentase Simpangan Lantai 2

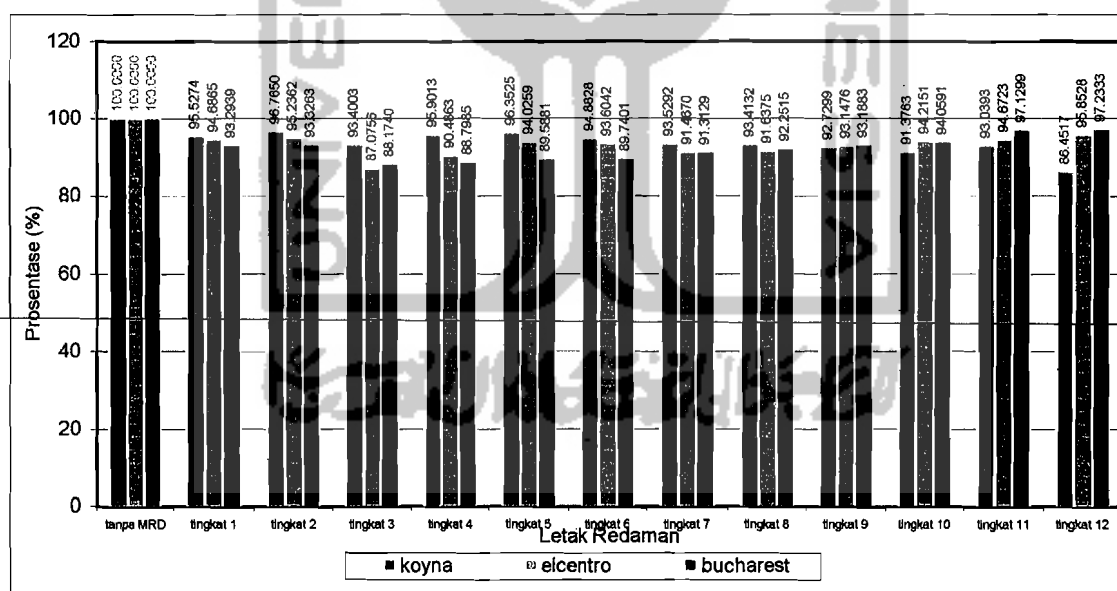
Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 2 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, Gambar 5.14 dan Gambar 5.15.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa Koyna, gempa El Centro, dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa Koyna pada tingkat 12 dengan prosentase simpangan relatif lantai 2 mencapai 86,4550% dari tanpa peredam. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa El Centro dan Bucharest pada tingkat 3 dengan prosentase simpangan relatif lantai 2 masing-masing mencapai 87,0724% dan 88,1969% dari tanpa peredam.

Simpangan antar tingkat beban gempa Koyna, gempa Elcentro, dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Nilai prosentase simpangan antar tingkat tingkat 2 terkecil gempa Koyna pada posisi redaman di tingkat 12 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 80,0528% dari tanpa peredam. Nilai prosentase simpangan antar tingkat tingkat 2 terkecil gempa El Centro dan Bucharest pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase masing-masing mencapai 80,5328% dan 87,1628% dari tanpa peredam.

Tabel 5.4 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 2 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

Variasi	Posisi	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		MRD	Simpangan	Prosentase	Simpangan	Prosentase	Simpangan
		(in)	(%)	(in)	(%)	(in)	(%)
1	tanpa MRD	0.7757	100.0000	0.9190	100.0000	4.0270	100.0000
2	tingkat 1	0.7410	95.5274	0.8702	94.6865	3.7569	93.2939
3	tingkat 2	0.7506	96.7650	0.8752	95.2362	3.7583	93.3263
4	tingkat 3	0.7245	93.4003	0.8002	87.0756	3.5508	88.1740
5	tingkat 4	0.7439	95.9013	0.8316	90.4863	3.5759	88.7985
6	tingkat 5	0.7474	96.3525	0.8641	94.0259	3.6077	89.5881
7	tingkat 6	0.7360	94.8828	0.8602	93.6042	3.6138	89.7401
8	tingkat 7	0.7255	93.5292	0.8406	91.4670	3.6772	91.3129
9	tingkat 8	0.7246	93.4132	0.8421	91.6375	3.7150	92.2515
10	tingkat 9	0.7193	92.7299	0.8560	93.1476	3.7527	93.1883
11	tingkat 10	0.7088	91.3763	0.8658	94.2151	3.7878	94.0591
12	tingkat 11	0.7217	93.0393	0.8700	94.6723	3.9114	97.1299
13	tingkat 12	0.6706	86.4517	0.8809	95.8528	3.9156	97.2333

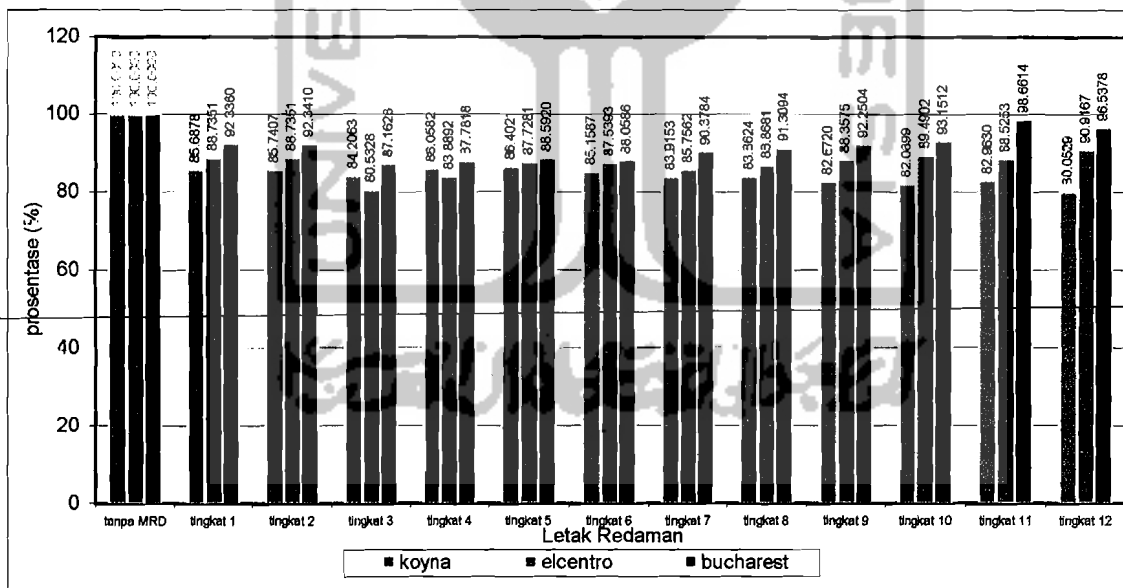


Gambar 5.14 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 2 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.4)



Tabel 5.5 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 2 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

Variasi	Posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.3399	100.0000	0.4767	100.0000	1.9872	100.0000
2	tingkat 1	0.3239	85.6878	0.4230	88.7351	1.8349	92.3360
3	tingkat 2	0.3241	85.7407	0.4230	88.7351	1.8350	92.3410
4	tingkat 3	0.3183	84.2063	0.3839	80.5328	1.7321	87.1628
5	tingkat 4	0.3253	86.0582	0.3999	83.8892	1.7444	87.7818
6	tingkat 5	0.3266	86.4021	0.4182	87.7281	1.7605	88.5920
7	tingkat 6	0.3219	85.1587	0.4173	87.5393	1.7499	88.0586
8	tingkat 7	0.3172	83.9153	0.4088	85.7562	1.7960	90.3784
9	tingkat 8	0.3170	83.8624	0.4141	86.8681	1.8145	91.3094
10	tingkat 9	0.3125	82.6720	0.4212	88.3575	1.8332	92.2504
11	tingkat 10	0.3103	82.0899	0.4266	89.4902	1.8511	93.1512
12	tingkat 11	0.3136	82.9630	0.4220	88.5253	1.9606	98.6614
13	tingkat 12	0.3026	80.0529	0.4334	90.9167	1.9184	96.5378



Gambar 5.15 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 2 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.5)

### 5.2.3 Prosentase Simpangan Lantai 3

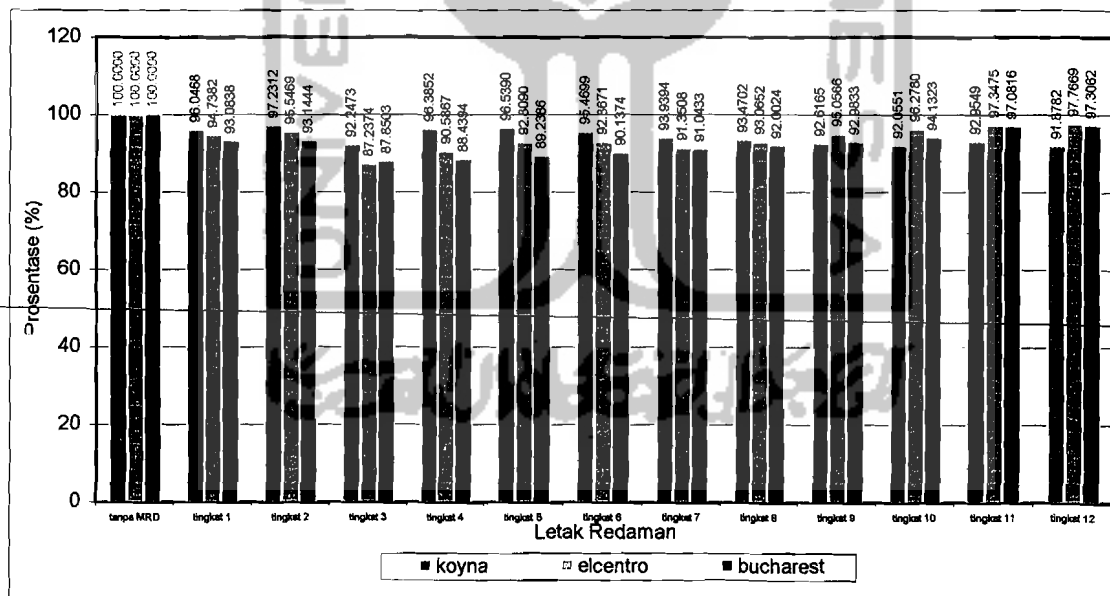
Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 3 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.6, Tabel 5.7, Gambar 5.16 dan Gambar 5.17.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa Koyna, gempa Elcentro, dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa Koyna pada tingkat 12 dengan prosentase simpangan relatif lantai 3 mencapai 91,8770% dari tanpa peredam. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa El Centro dan Bucharest pada tingkat 3 dengan prosentase simpangan relatif lantai 3 masing-masing mencapai 87,2374% dan 87,8503% dari tanpa peredam.

Simpangan antar tingkat beban gempa Koyna, gempa Elcentro, dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Untuk gempa Koyna terjadi perbesaran pada posisi redaman di tingkat 12 dan gempa El Centro terjadi perbesaran pada posisi redaman di tingkat 11. Nilai prosentase simpangan antar tingkat tingkat 3 gempa Koyna terkecil pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 90,5243% dari tanpa peredam. Nilai prosentase simpangan antar tingkat tingkat 3 terkecil gempa El Centro dan Bucharest pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase masing-masing mencapai 87,4099% dan 87,4955% dari tanpa peredam.

Tabel 5.6 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 3 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

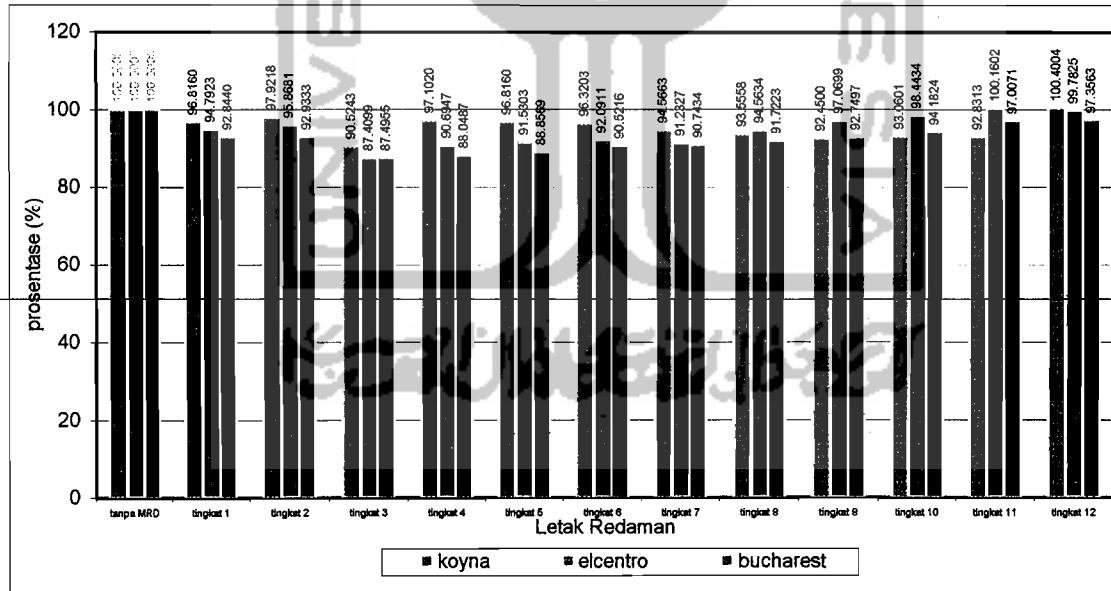
variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	1.3002	100.0000	1.7927	100.0000	7.9486	100.0000
2	tingkat 1	1.2488	96.0468	1.6984	94.7382	7.3989	93.0838
3	tingkat 2	1.2642	97.2312	1.7129	95.5469	7.4037	93.1444
4	tingkat 3	1.1994	92.2473	1.5639	87.2374	6.9829	87.8503
5	tingkat 4	1.2532	96.3852	1.6239	90.5867	7.0297	88.4394
6	tingkat 5	1.2552	96.5390	1.6638	92.8090	7.0932	89.2386
7	tingkat 6	1.2413	95.4699	1.6648	92.8671	7.1647	90.1374
8	tingkat 7	1.2214	93.9394	1.6376	91.3508	7.2367	91.0433
9	tingkat 8	1.2153	93.4702	1.6684	93.0652	7.3129	92.0024
10	tingkat 9	1.2042	92.6165	1.7041	95.0566	7.3909	92.9833
11	tingkat 10	1.1969	92.0551	1.7260	96.2780	7.4822	94.1323
12	tingkat 11	1.2086	92.9549	1.7451	97.3475	7.7166	97.0816
13	tingkat 12	1.1946	91.8782	1.7527	97.7669	7.7345	97.3062



Gambar 5.16 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 3 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.6)

Tabel 5.7 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 3 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.5245	100.0000	0.8737	100.0000	3.9226	100.0000
2	tingkat 1	0.5078	96.8160	0.8282	94.7923	3.6419	92.8440
3	tingkat 2	0.5136	97.9218	0.8376	95.8681	3.6454	92.9333
4	tingkat 3	0.4748	90.5243	0.7637	87.4099	3.4321	87.4955
5	tingkat 4	0.5093	97.1020	0.7924	90.6947	3.4538	88.0487
6	tingkat 5	0.5078	96.8160	0.7997	91.5303	3.4855	88.8569
7	tingkat 6	0.5052	96.3203	0.8046	92.0911	3.5508	90.5216
8	tingkat 7	0.4960	94.5663	0.7971	91.2327	3.5595	90.7434
9	tingkat 8	0.4907	93.5558	0.8262	94.5634	3.5979	91.7223
10	tingkat 9	0.4849	92.4500	0.8481	97.0699	3.6382	92.7497
11	tingkat 10	0.4881	93.0601	0.8601	98.4434	3.6944	94.1824
12	tingkat 11	0.4869	92.8313	0.8751	100.1602	3.8052	97.0071
13	tingkat 12	0.5266	100.4004	0.8718	99.7825	3.8189	97.3563



Gambar 5.17 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 3 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.7)

#### 5.2.4 Prosentase Simpangan Lantai 4

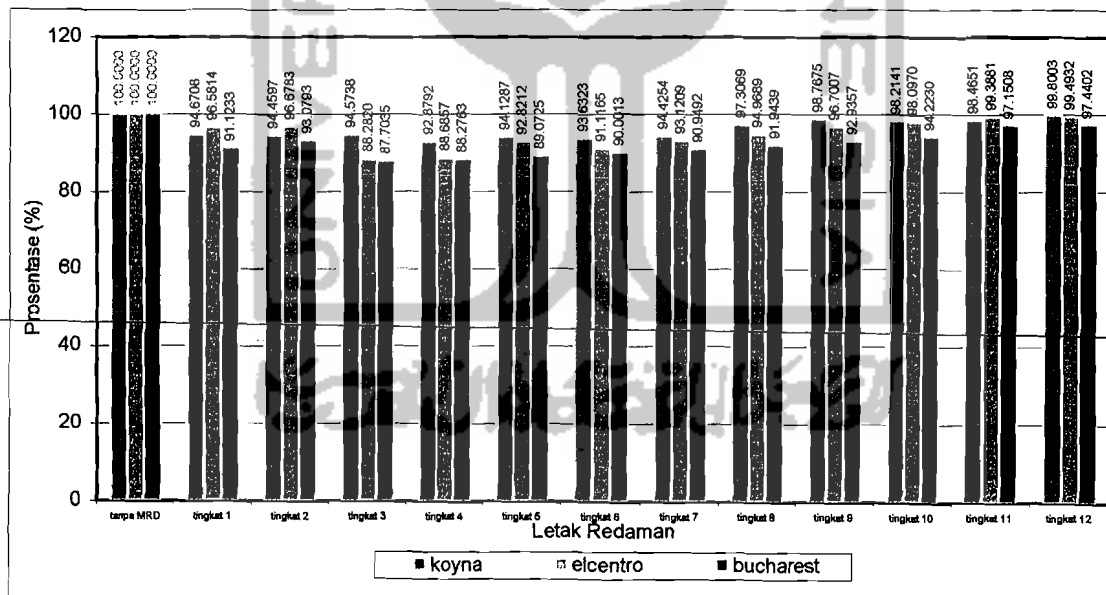
Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 4 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.8, Tabel 5.9, Gambar 5.18 dan Gambar 5.19.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa Koyna, gempa Elcentro, dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa Koyna pada tingkat 4 dengan prosentase simpangan relatif lantai 4 mencapai 92,8804% dari tanpa peredam. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa El Centro dan Bucharest pada tingkat 3 dengan prosentase simpangan relatif lantai 3 masing-masing mencapai 88,2820% dan 87,7035% dari tanpa peredam.

Simpangan antar tingkat beban gempa Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan pada beban gempa Koyna dan gempa El Centro bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam pada tingkat 3, 8, 9, 10, 11, dan 12 untuk gempa Koyna dan pada tingkat 9, 10, 11, dan 12 untuk gempa El Centro. Pada gempa Koyna nilai simpangan antar tingkat terkecil pada posisi redaman di tingkat 4 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 82,8211% dari tanpa peredam. Nilai simpangan antar tingkat tingkat 4 terkecil gempa El Centro posisi redaman di tingkat 4 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 84,4621% dan Bucharest pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase mencapai 87,3925%.

Tabel 5.8 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 4 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

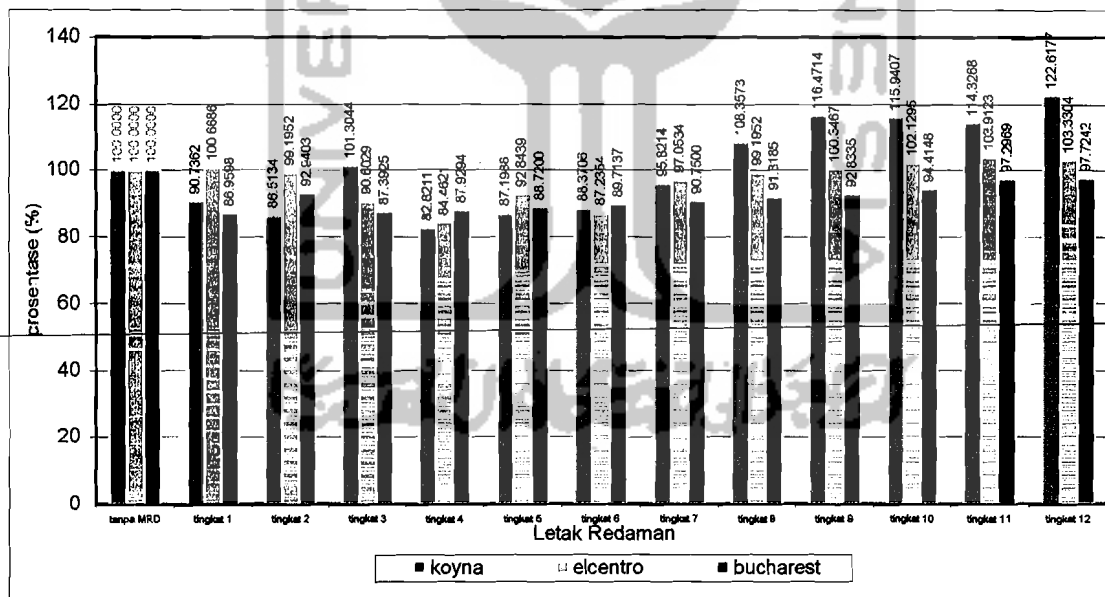
variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	1.7526	100.0000	2.6004	100.0000	11.6924	100.0000
2	tingkat 1	1.6592	94.6708	2.5115	96.5814	10.6545	91.1233
3	tingkat 2	1.6555	94.4597	2.5140	96.6783	10.8832	93.0793
4	tingkat 3	1.6575	94.5738	2.2957	88.2820	10.2546	87.7035
5	tingkat 4	1.6278	92.8792	2.3062	88.6857	10.3216	88.2763
6	tingkat 5	1.6497	94.1287	2.4137	92.8212	10.4147	89.0725
7	tingkat 6	1.6410	93.6323	2.3694	91.1165	10.5233	90.0013
8	tingkat 7	1.6549	94.4254	2.4215	93.1209	10.6341	90.9492
9	tingkat 8	1.7054	97.3069	2.4696	94.9689	10.7505	91.9439
10	tingkat 9	1.7310	98.7675	2.5146	96.7007	10.8664	92.9357
11	tingkat 10	1.7213	98.2141	2.5509	98.0970	11.0169	94.2230
12	tingkat 11	1.7257	98.4651	2.5845	99.3881	11.3593	97.1508
13	tingkat 12	1.7491	99.8003	2.5872	99.4932	11.3931	97.4402



Gambar 5.18 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 4 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.8)

Tabel 5.9 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 4 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.4523	100.0000	0.8077	100.0000	3.7438	100.0000
2	tingkat 1	0.4104	90.7362	0.8131	100.6686	3.2556	86.9598
3	tingkat 2	0.3913	86.5134	0.8012	99.1952	3.4795	92.9403
4	tingkat 3	0.4582	101.3044	0.7318	90.6029	3.2718	87.3925
5	tingkat 4	0.3746	82.8211	0.6822	84.4621	3.2919	87.9294
6	tingkat 5	0.3944	87.1988	0.7499	92.8439	3.3215	88.7200
7	tingkat 6	0.3997	88.3706	0.7046	87.2354	3.3587	89.7137
8	tingkat 7	0.4334	95.8214	0.7839	97.0534	3.3975	90.7500
9	tingkat 8	0.4901	108.3573	0.8012	99.1952	3.4375	91.8185
10	tingkat 9	0.5268	116.4714	0.8105	100.3467	3.4755	92.8335
11	tingkat 10	0.5244	115.9407	0.8249	102.1295	3.5347	94.4148
12	tingkat 11	0.5171	114.3268	0.8393	103.9123	3.6426	97.2969
13	tingkat 12	0.5546	122.6177	0.8346	103.3304	3.6586	97.7242



Gambar 5.19 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 4 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.9)

### 5.2.5 Prosentase Simpangan Lantai 5

Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 5 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, Gambar 5.20 dan Gambar 5.21.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa Elcentro dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan relatif pada beban gempa Koyna bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam pada tingkat 9, 10, 11, dan 12, hal ini menunjukkan bahwa letak pemasangan redaman tidak efektif. Pada beban gempa Koyna letak redaman efektif pada tingkat 5 dengan prosentase simpangan relatif lantai 5 mencapai 94,3413% dari tanpa peredam. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa El Centro dan Bucharest pada tingkat 3 dengan prosentase simpangan relatif lantai 5 masing-masing mencapai 87,8760% dan 87,5351% dari tanpa peredam.

Simpangan antar tingkat beban gempa El Centro dan gempa Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan antar tingkat pada beban gempa Koyna bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam kecuali pada posisi peredam di tingkat 5. Pada gempa Koyna nilai simpangan antar tingkat tingkat 5 terkecil pada posisi redaman di tingkat 5 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 95,1143% dari tanpa peredam. Pada gempa El Centro nilai simpangan antar tingkat tingkat 5 terkecil pada posisi redaman di



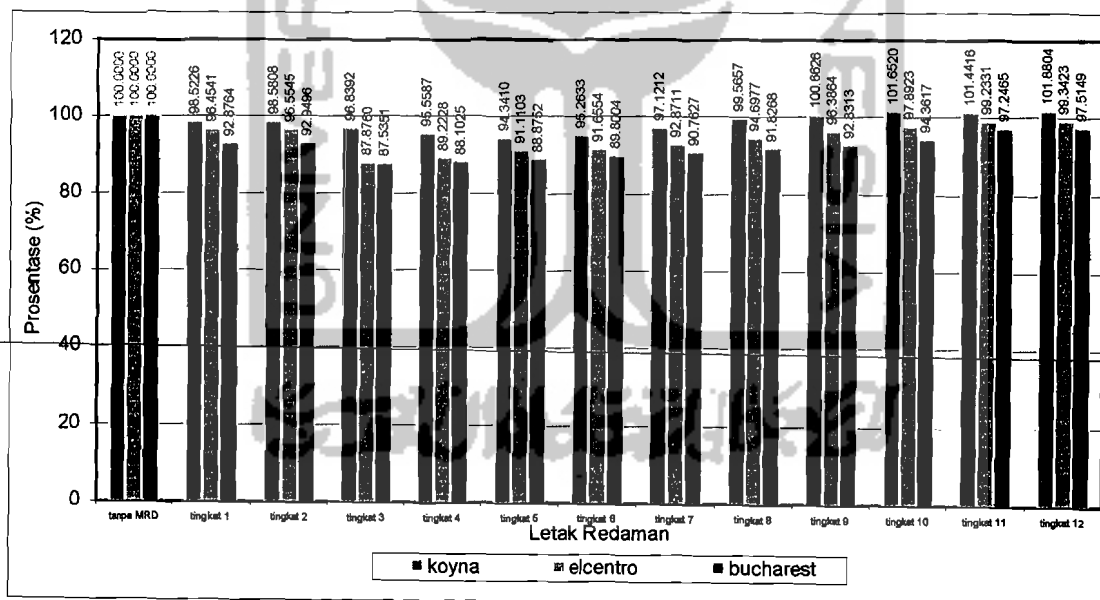
tingkat 5 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 85,3045% dari tanpa peredam dan untuk beban gempa Bucharest nilai simpangan antar tingkat tingkat 5 terkecil pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 86,9660% dari tanpa peredam.



جامعة الإسلام في إندونيسيا

Tabel 5.10 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 5 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

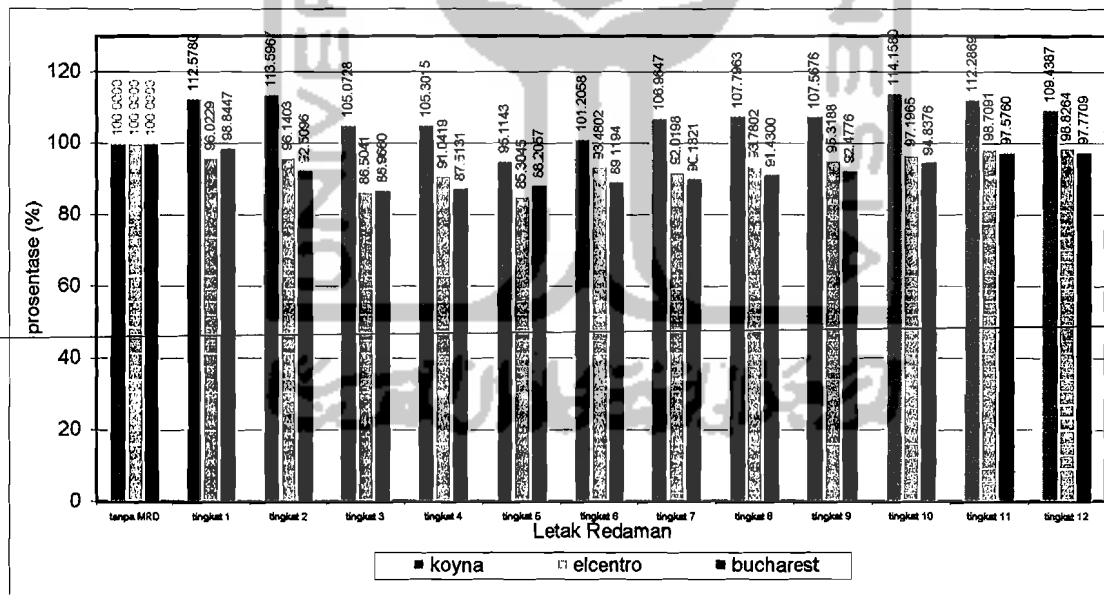
variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	2.2336	100.0000	3.3673	100.0000	15.1289	100.0000
2	tingkat 1	2.2006	98.5226	3.2479	96.4541	14.0512	92.8764
3	tingkat 2	2.2019	98.5808	3.2513	96.5545	14.0623	92.9496
4	tingkat 3	2.1630	96.8392	2.9590	87.8760	13.2431	87.5351
5	tingkat 4	2.1344	95.5587	3.0044	89.2228	13.3289	88.1025
6	tingkat 5	2.1072	94.3410	3.0680	91.1103	13.4458	88.8752
7	tingkat 6	2.1278	95.2633	3.0863	91.6554	13.5858	89.8004
8	tingkat 7	2.1693	97.1212	3.1272	92.8711	13.7314	90.7627
9	tingkat 8	2.2239	99.5657	3.1888	94.6977	13.8924	91.8268
10	tingkat 9	2.2484	100.6626	3.2456	96.3864	14.0444	92.8313
11	tingkat 10	2.2705	101.6520	3.2963	97.8923	14.2759	94.3617
12	tingkat 11	2.2658	101.4416	3.3415	99.2331	14.7123	97.2465
13	tingkat 12	2.2756	101.8804	3.3452	99.3423	14.7529	97.5149



Gambar 5.20 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 5 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.10)

Tabel 5.11 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 5 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.4810	100.0000	0.7669	100.0000	3.4364	100.0000
2	tingkat 1	0.5415	112.5780	0.7364	96.0229	3.3967	98.8447
3	tingkat 2	0.5464	113.5967	0.7373	96.1403	3.1790	92.5096
4	tingkat 3	0.5054	105.0728	0.6634	86.5041	2.9885	86.9660
5	tingkat 4	0.5065	105.3015	0.6982	91.0419	3.0073	87.5131
6	tingkat 5	0.4575	95.1143	0.6542	85.3045	3.0311	88.2057
7	tingkat 6	0.4868	101.2058	0.7169	93.4802	3.0625	89.1194
8	tingkat 7	0.5145	106.9647	0.7057	92.0198	3.0973	90.1321
9	tingkat 8	0.5185	107.7963	0.7192	93.7802	3.1419	91.4300
10	tingkat 9	0.5174	107.5676	0.7310	95.3188	3.1779	92.4776
11	tingkat 10	0.5491	114.1580	0.7454	97.1965	3.2590	94.8376
12	tingkat 11	0.5401	112.2869	0.7570	98.7091	3.3531	97.5760
13	tingkat 12	0.5264	109.4387	0.7579	98.8264	3.3598	97.7709



Gambar 5.21 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 5 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.11)

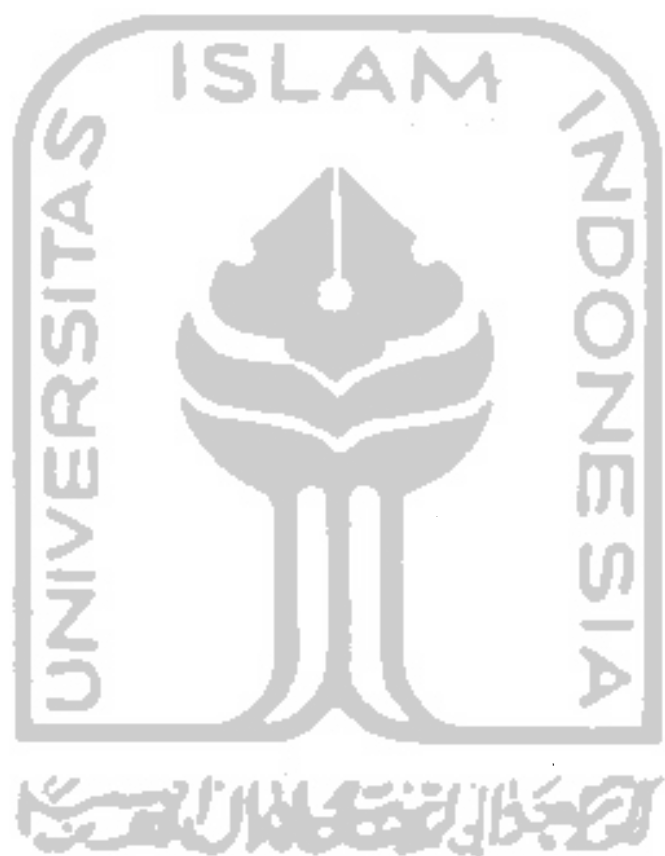
### 5.2.6 Prosentase Simpangan Lantai 6

Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 4 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.12, Tabel 5.13, Gambar 5.22 dan Gambar 5.23.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa Elcentro dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan relatif pada beban gempa Koyna bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam pada tingkat 9, 10, 11, dan 12, hal ini menunjukkan bahwa letak pemasangan redaman tidak efektif. Pada beban gempa Koyna letak redaman efektif pada posisi redaman di tingkat 5 dengan prosentase simpangan relatif lantai 6 mencapai 96,1139% dari tanpa peredam. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa El Centro dan Bucharest pada tingkat 3 dengan prosentase simpangan relatif lantai 6 masing-masing mencapai 87,6032% dan 87,4184% dari tanpa peredam.

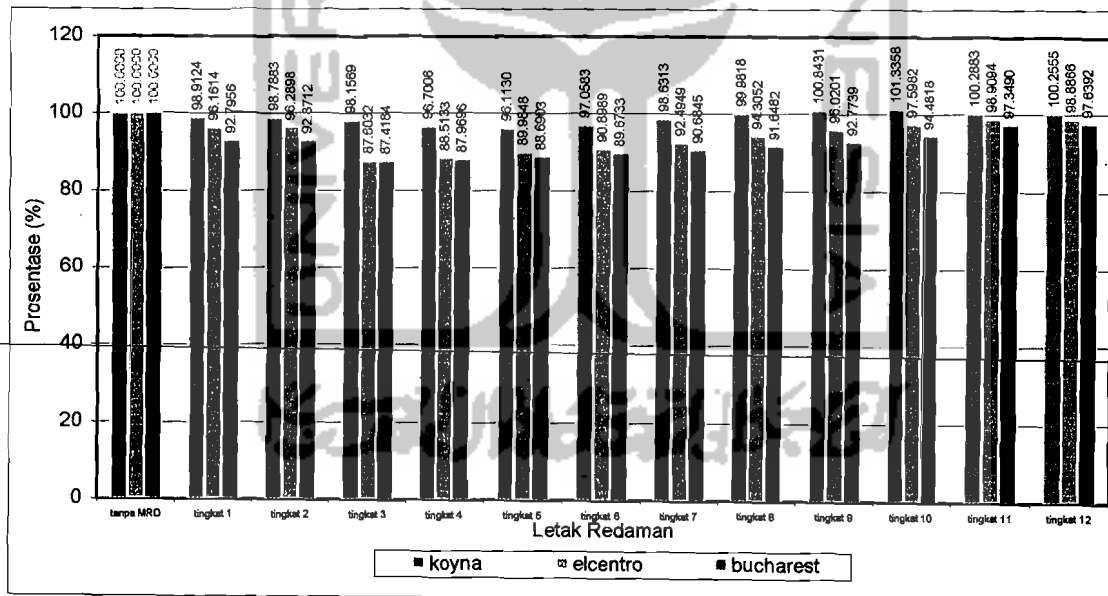
Simpangan antar tingkat beban gempa Elcentro dan gempa Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan antar tingkat pada beban gempa Koyna bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni kecuali pada posisi peredam pada tingkat 2, 10, 11, dan 12. Pada gempa Koyna nilai simpangan antar tingkat tingkat 6 terkecil pada posisi redaman di tingkat 12 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 93,0871% dari tanpa peredam. Pada gempa El Centro nilai simpangan antar tingkat tingkat 6 terkecil

pada posisi redaman di tingkat 5 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 84,7607% dari tanpa peredam dan untuk beban gempa Bucharest nilai simpangan antar tingkat tingkat 6 terkecil pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 86,8614% dari tanpa peredam.



Tabel 5.12 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 6 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

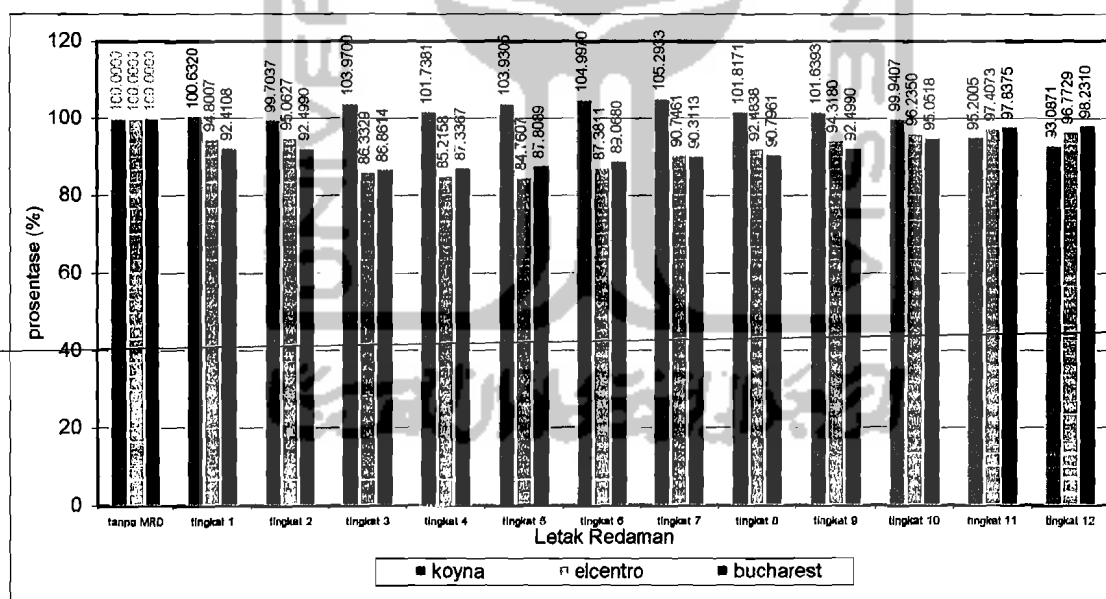
variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	2.7399	100.0000	4.0924	100.0000	18.3058	100.0000
2	tingkat 1	2.7101	98.9124	3.9353	96.1614	16.9870	92.7956
3	tingkat 2	2.7067	98.7883	3.9406	96.2898	17.0008	92.8712
4	tingkat 3	2.6894	98.1569	3.5851	87.6032	16.0026	87.4184
5	tingkat 4	2.6495	96.7006	3.6223	88.5133	16.1035	87.9696
6	tingkat 5	2.6334	96.1130	3.6825	89.9848	16.2355	88.6903
7	tingkat 6	2.6593	97.0583	3.7199	90.8989	16.4154	89.6733
8	tingkat 7	2.7024	98.6313	3.7853	92.4949	16.6005	90.6845
9	tingkat 8	2.7394	99.9818	3.8593	94.3052	16.7769	91.6482
10	tingkat 9	2.7630	100.8431	3.9295	96.0201	16.9830	92.7739
11	tingkat 10	2.7765	101.3358	3.9941	97.5982	17.2956	94.4818
12	tingkat 11	2.7478	100.2883	4.0478	98.9094	17.8205	97.3490
13	tingkat 12	2.7469	100.2555	4.0468	98.8866	17.8736	97.6392



Gambar 5.22 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 6 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.12)

Tabel 5.13 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 6 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.5063	100.0000	0.7251	100.0000	3.1769	100.0000
2	tingkat 1	0.5095	100.6320	0.6874	94.8007	2.9358	92.4108
3	tingkat 2	0.5048	99.7037	0.6893	95.0627	2.9386	92.4990
4	tingkat 3	0.5264	103.9700	0.6260	86.3329	2.7595	86.8614
5	tingkat 4	0.5151	101.7381	0.6179	85.2158	2.7746	87.3367
6	tingkat 5	0.5262	103.9305	0.6146	84.7607	2.7896	87.8089
7	tingkat 6	0.5316	104.9970	0.6336	87.3811	2.8296	89.0680
8	tingkat 7	0.5331	105.2933	0.6580	90.7461	2.8691	90.3113
9	tingkat 8	0.5155	101.8171	0.6706	92.4838	2.8845	90.7961
10	tingkat 9	0.5146	101.6393	0.6839	94.3180	2.9386	92.4990
11	tingkat 10	0.5060	99.9407	0.6978	96.2350	3.0197	95.0518
12	tingkat 11	0.4820	95.2005	0.7063	97.4073	3.1082	97.8375
13	tingkat 12	0.4713	93.0871	0.7017	96.7729	3.1207	98.2310



Gambar 5.23 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 6 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.13)

### 5.2.7 Prosentase Simpangan Lantai 7

Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 7 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.14, Tabel 5.15, Gambar 5.24 dan Gambar 5.25.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa El Centro dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan relatif pada beban gempa Koyna bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam pada tingkat 10 dan 12, hal ini menunjukkan bahwa letak pemasangan redaman tidak efektif. Pada beban gempa Koyna letak redaman efektif pada posisi redaman di tingkat 5 dengan prosentase simpangan relatif lantai 7 mencapai 96,5258% dari tanpa peredam. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa El Centro dan Bucharest pada tingkat 3 dengan prosentase simpangan relatif lantai 7 masing-masing mencapai 88,2209% dan 87,2982% dari tanpa peredam.

Simpangan antar tingkat beban gempa Koyna, gempa Elcentro dan gempa Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Pada gempa Koyna nilai simpangan antar tingkat tingkat 7 terkecil pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 93,4334% dari tanpa peredam. Pada gempa El Centro nilai simpangan antar tingkat tingkat 7 terkecil pada posisi redaman di tingkat 5 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 88,7908% dari tanpa peredam dan

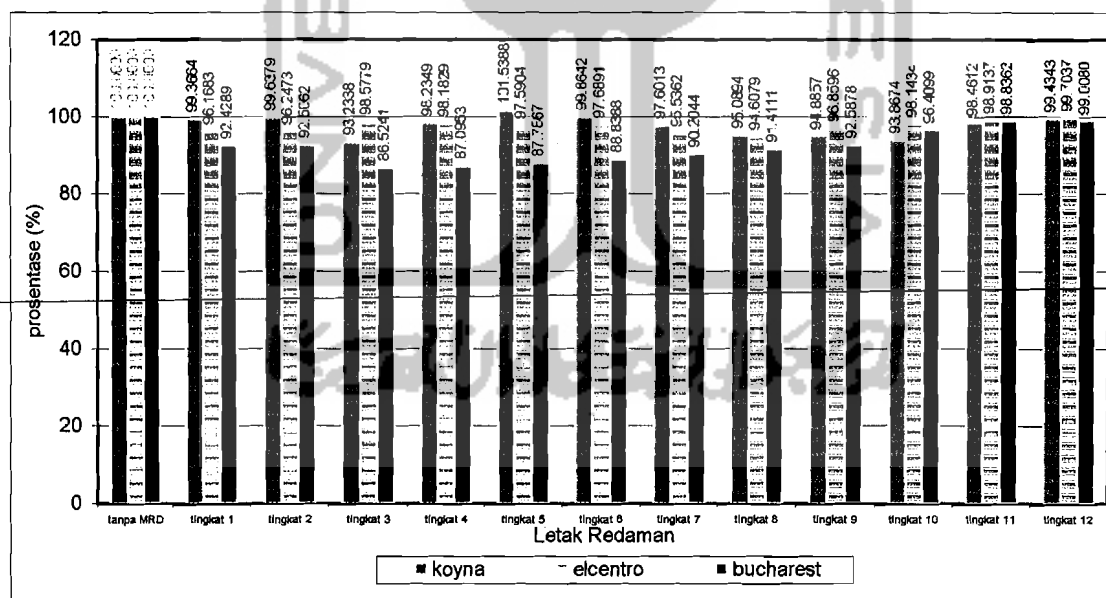


untuk beban gempa Bucharest nilai simpangan antar tingkat tingkat 7 terkecil pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 86,5318% dari tanpa peredam.



Tabel 5.17 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 8 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.4419	100.0000	0.5063	100.0000	2.3286	100.0000
2	tingkat 1	0.4391	99.3664	0.4869	96.1683	2.1523	92.4289
3	tingkat 2	0.4403	99.6379	0.4873	96.2473	2.1541	92.5062
4	tingkat 3	0.4120	93.2338	0.4991	98.5779	2.0148	86.5241
5	tingkat 4	0.4341	98.2349	0.4971	98.1829	2.0281	87.0953
6	tingkat 5	0.4487	101.5388	0.4941	97.5904	2.0442	87.7867
7	tingkat 6	0.4413	99.8642	0.4946	97.6891	2.0687	88.8388
8	tingkat 7	0.4313	97.6013	0.4837	95.5362	2.1005	90.2044
9	tingkat 8	0.4202	95.0894	0.4790	94.6079	2.1286	91.4111
10	tingkat 9	0.4193	94.8857	0.4904	96.8596	2.1560	92.5878
11	tingkat 10	0.4148	93.8674	0.4969	98.1434	2.2450	96.4099
12	tingkat 11	0.4351	98.4612	0.5008	98.9137	2.3015	98.8362
13	tingkat 12	0.4394	99.4343	0.5048	99.7037	2.3055	99.0080



Gambar 5.27 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 8 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.17)

### 5.2.9 Prosentase Simpangan Lantai 9

Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 9 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.8, Tabel 5.9, Gambar 5.28 dan Gambar 5.29.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa Elcentro dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan relatif pada beban gempa Koyna bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam pada tingkat 12, hal ini menunjukkan bahwa letak pemasangan redaman tidak efektif. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa Koyna, El Centro dan Bucharest pada tingkat 3 dengan prosentase simpangan relatif lantai 9 masing-masing mencapai 96,9328%, 90,1971% dan 87,2113% dari tanpa peredam.

Simpangan antar tingkat beban gempa gempa Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan relatif pada beban gempa Koyna dan gempa Elcentro bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam pada tingkat 1, 2, 4, 5, 6, 7, 11, dan 12 untuk gempa Koyna dan di tingkat 3, 4, 5, 6, 7, dan 8. Pada gempa Koyna nilai simpangan antar tingkat tingkat 9 terkecil pada posisi redaman di tingkat 10 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 96,5064% dari tanpa peredam. Pada gempa El Centro nilai simpangan antar tingkat tingkat 9 terkecil pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 92,4578% dari

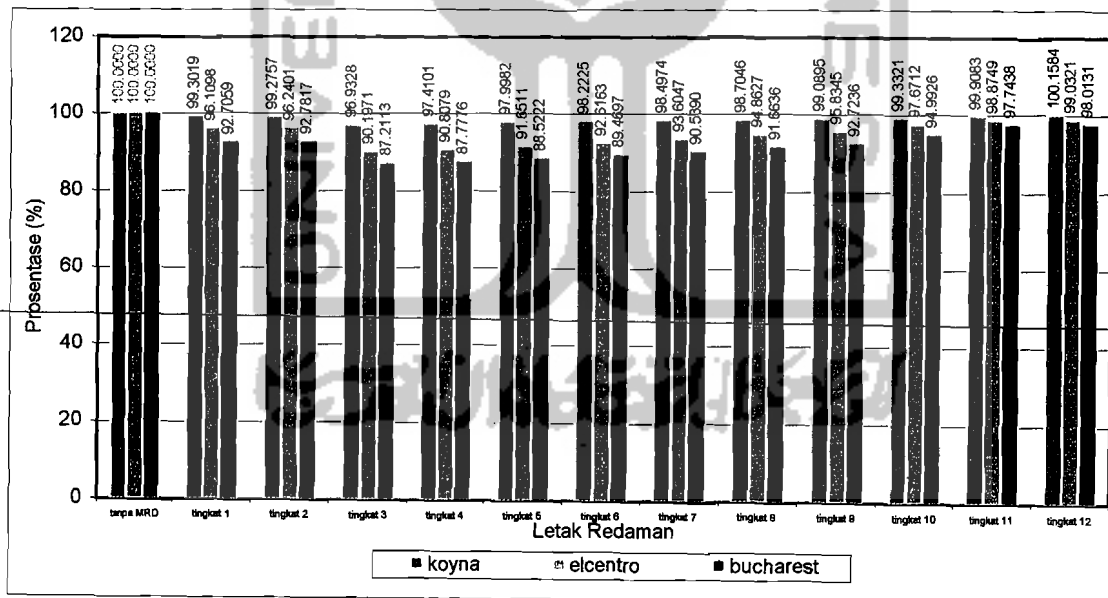
tanpa peredam dan untuk beban gempa Bucharest nilai simpangan antar tingkat tingkat 9 terkecil pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 87,0931% dari tanpa peredam.



جامعة الإسلام في إندونيسيا

Tabel 5.18 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 9 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

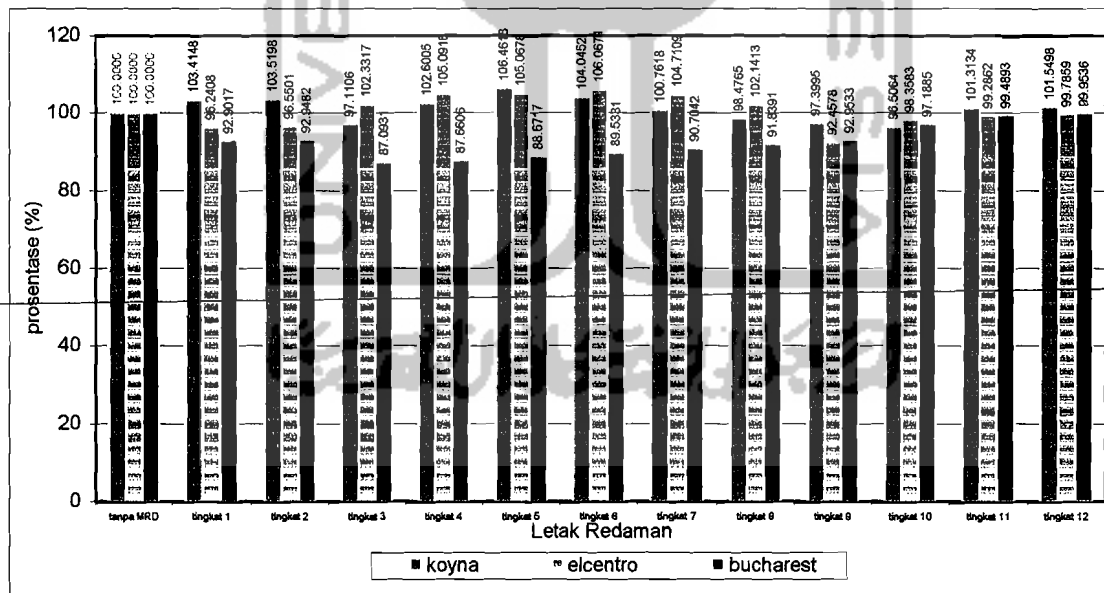
variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	4.0756	100.0000	5.6534	100.0000	25.4457	100.0000
2	tingkat 1	4.0471	99.3019	5.4335	96.1098	23.5897	92.7059
3	tingkat 2	4.0461	99.2757	5.4408	96.2401	23.6090	92.7817
4	tingkat 3	3.9506	96.9328	5.0992	90.1971	22.1915	87.2113
5	tingkat 4	3.9700	97.4101	5.1337	90.8079	22.3356	87.7776
6	tingkat 5	3.9940	97.9982	5.1814	91.6511	22.5251	88.5222
7	tingkat 6	4.0032	98.2225	5.2360	92.6163	22.7662	89.4697
8	tingkat 7	4.0144	98.4974	5.2918	93.6047	23.0383	90.5390
9	tingkat 8	4.0228	98.7046	5.3630	94.8627	23.3244	91.6636
10	tingkat 9	4.0385	99.0895	5.4179	95.8345	23.5942	92.7236
11	tingkat 10	4.0484	99.3321	5.5217	97.6712	24.1715	94.9926
12	tingkat 11	4.0719	99.9083	5.5898	98.8749	24.8716	97.7438
13	tingkat 12	4.0821	100.1584	5.5987	99.0321	24.9401	98.0131



Gambar 5.28 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 9 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.18)

Tabel 5.19 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 9 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.3807	100.0000	0.4203	100.0000	1.9385	100.0000
2	tingkat 1	0.3937	103.4148	0.4045	96.2408	1.8009	92.9017
3	tingkat 2	0.3941	103.5198	0.4058	96.5501	1.8018	92.9482
4	tingkat 3	0.3697	97.1106	0.4301	102.3317	1.6883	87.0931
5	tingkat 4	0.3906	102.6005	0.4417	105.0916	1.6993	87.6606
6	tingkat 5	0.4053	106.4618	0.4416	105.0678	1.7189	88.6717
7	tingkat 6	0.3961	104.0452	0.4458	106.0671	1.7356	89.5331
8	tingkat 7	0.3836	100.7618	0.4401	104.7109	1.7583	90.7042
9	tingkat 8	0.3749	98.4765	0.4293	102.1413	1.7803	91.8391
10	tingkat 9	0.3708	97.3995	0.3886	92.4578	1.8019	92.9533
11	tingkat 10	0.3674	96.5064	0.4134	98.3583	1.8840	97.1885
12	tingkat 11	0.3857	101.3134	0.4173	99.2862	1.9286	99.4893
13	tingkat 12	0.3866	101.5498	0.4194	99.7859	1.9376	99.9536



Gambar 5.29 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 9 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.19)

### 5.2.10 Prosentase Simpangan Lantai 10

Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 10 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.8, Tabel 5.9, Gambar 5.30 dan Gambar 5.31.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa Koyna, Elcentro dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa El Centro dan Bucharest pada redaman di tingkat 3 dengan prosentase simpangan relatif lantai 10 masing-masing mencapai 96,4376%, 90,9235% dan 87,2443% dari tanpa peredam.

Simpangan antar tingkat beban gempa Koyna menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan antar tingkat pada beban gempa El Centro dan gempa Bucharest bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam kecuali pada tingkat 10, 11, dan 12 untuk gempa El Centro dan terjadi perbesaran di tingkat 11 dan 12 untuk gempa Bucharest. Pada gempa Koyna nilai simpangan antar tingkat tingkat 10 terkecil pada posisi redaman di tingkat 9 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 88,2646% dari tanpa peredam. Pada gempa El Centro nilai simpangan antar tingkat tingkat 10 terkecil pada posisi redaman di tingkat 10 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 96,9454% dari tanpa peredam dan untuk beban gempa Bucharest nilai simpangan antar tingkat tingkat 10 terkecil pada posisi redaman di

tingkat 3 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 87,8119% dari tanpa peredam.

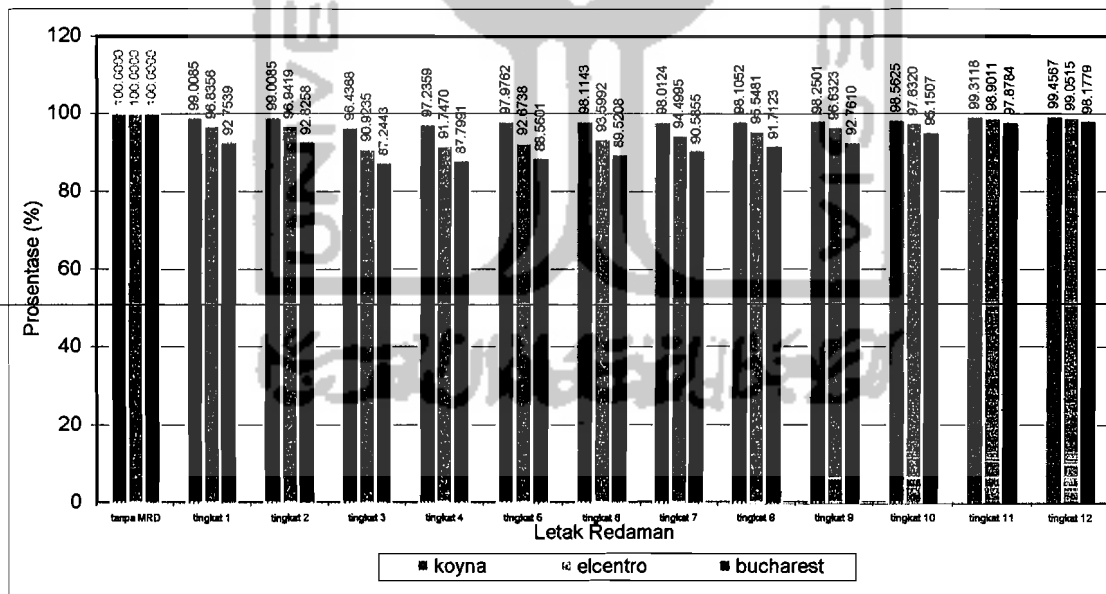


جامعة الإسلام في إندونيسيا



Tabel 5.20 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 10 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

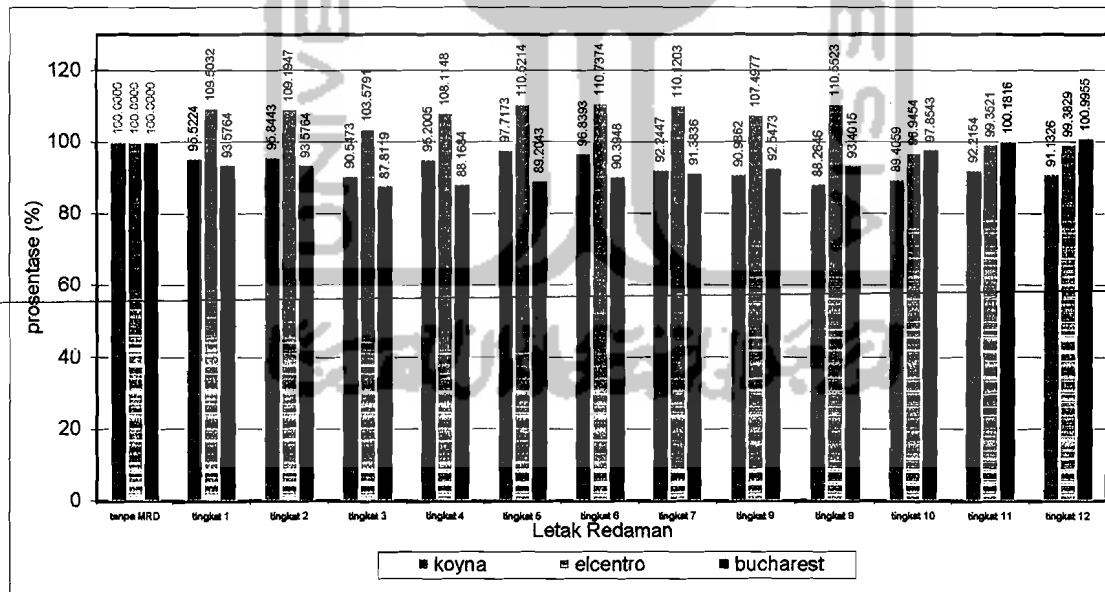
variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	4.4174	100.0000	5.9775	100.0000	26.9324	100.0000
2	tingkat 1	4.3736	99.0085	5.7884	96.8356	24.9808	92.7539
3	tingkat 2	4.3736	99.0085	5.7947	96.9419	25.0002	92.8258
4	tingkat 3	4.2600	96.4368	5.4350	90.9235	23.4970	87.2443
5	tingkat 4	4.2953	97.2359	5.4842	91.7470	23.6464	87.7991
6	tingkat 5	4.3280	97.9762	5.5396	92.6738	23.8513	88.5601
7	tingkat 6	4.3341	98.1143	5.5949	93.5992	24.1101	89.5208
8	tingkat 7	4.3296	98.0124	5.6487	94.4995	24.3969	90.5855
9	tingkat 8	4.3337	98.1052	5.7114	95.5481	24.7003	91.7123
10	tingkat 9	4.3401	98.2501	5.7762	96.6323	24.9828	92.7610
11	tingkat 10	4.3539	98.5625	5.8360	97.6320	25.6264	95.1507
12	tingkat 11	4.3870	99.3118	5.9118	98.9011	26.3610	97.8784
13	tingkat 12	4.3934	99.4567	5.9208	99.0515	26.4417	98.1779



Gambar 5.30 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 10 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.20)

Tabel 5.21 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 10 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.3417	100.0000	0.3241	100.0000	1.4867	100.0000
2	tingkat 1	0.3264	95.5224	0.3549	109.5032	1.3912	93.5764
3	tingkat 2	0.3275	95.8443	0.3539	109.1947	1.3912	93.5764
4	tingkat 3	0.3094	90.5473	0.3357	103.5791	1.3055	87.8119
5	tingkat 4	0.3253	95.2005	0.3504	108.1148	1.3108	88.1684
6	tingkat 5	0.3339	97.7173	0.3582	110.5214	1.3262	89.2043
7	tingkat 6	0.3309	96.8393	0.3589	110.7374	1.3439	90.3948
8	tingkat 7	0.3152	92.2447	0.3569	110.1203	1.3586	91.3836
9	tingkat 8	0.3109	90.9862	0.3484	107.4977	1.3759	92.5473
10	tingkat 9	0.3016	88.2646	0.3583	110.5523	1.3886	93.4015
11	tingkat 10	0.3055	89.4059	0.3142	96.9454	1.4548	97.8543
12	tingkat 11	0.3151	92.2154	0.3220	99.3521	1.4894	100.1816
13	tingkat 12	0.3114	91.1326	0.3221	99.3829	1.5015	100.9955



Gambar 5.31 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 10 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.21)

### 5.2.11 Prosentase Simpangan Lantai 11

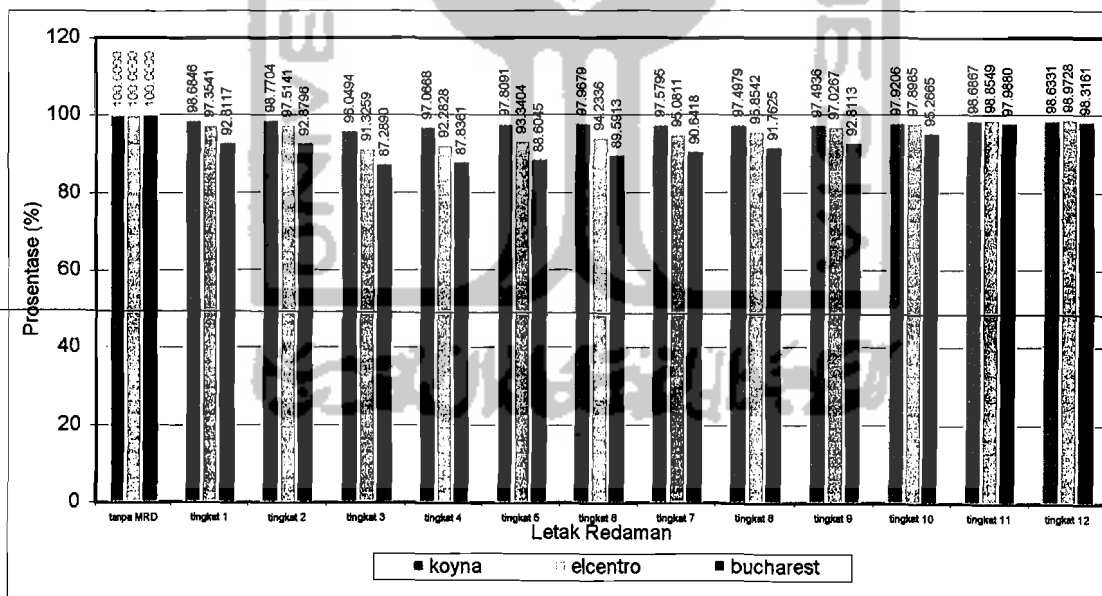
Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 11 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.8, Tabel 5.9, Gambar 5.32 dan Gambar 5.33.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa Koyna, Elcentro dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa El Centro dan Bucharest pada redaman di tingkat 11 dengan prosentase simpangan relatif lantai 11 masing-masing mencapai 96,0505%, 91,3259% dan 87,2890% dari tanpa peredam.

Simpangan antar tingkat beban gempa Koyna dan gempa Elcentro menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan relatif pada beban gempa Bucharest bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam pada tingkat 11 dan 12. Pada gempa Koyna nilai simpangan antar tingkat tingkat 11 terkecil pada posisi redaman di tingkat 12 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 83,6424% dari tanpa peredam. Pada gempa El Centro nilai simpangan antar tingkat tingkat 11 terkecil pada posisi redaman di tingkat 12 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 79,9674% dari tanpa peredam dan untuk beban gempa Bucharest nilai simpangan antar tingkat tingkat 11 terkecil pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 88,6253% dari tanpa peredam.

Tabel 5.22 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 11 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

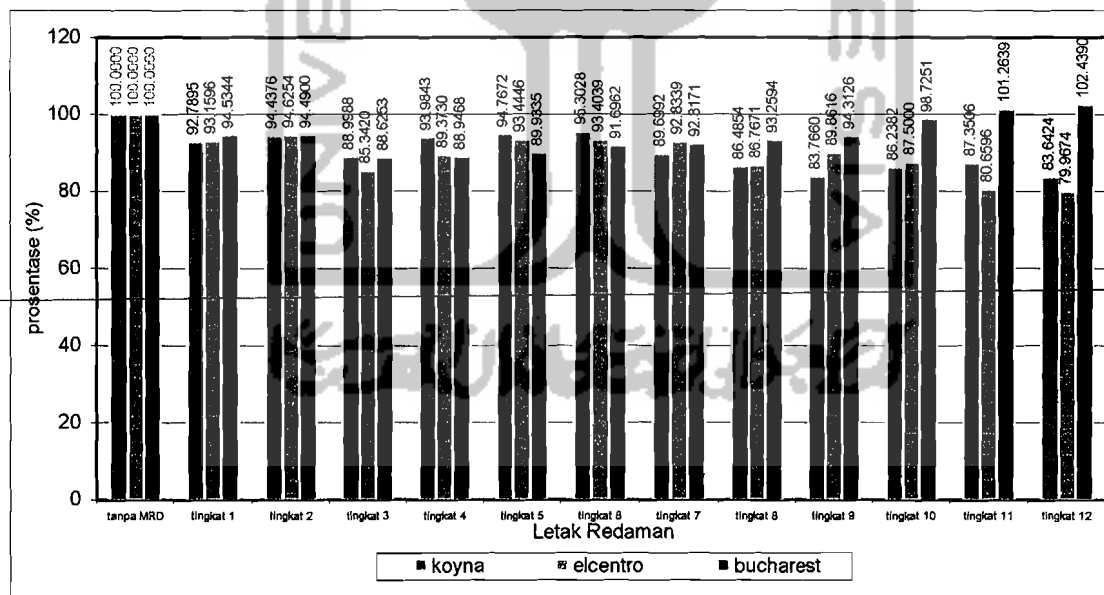
variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	4.6601	100.0000	6.1807	100.0000	27.8344	100.0000
2	tingkat 1	4.5988	98.6846	6.0172	97.3541	25.8336	92.8117
3	tingkat 2	4.6028	98.7704	6.0271	97.5141	25.8525	92.8796
4	tingkat 3	4.4760	96.0494	5.6446	91.3259	24.2964	87.2890
5	tingkat 4	4.5234	97.0666	5.7037	92.2828	24.4487	87.8361
6	tingkat 5	4.5580	97.8091	5.7691	93.3404	24.6625	88.6045
7	tingkat 6	4.5654	97.9679	5.8243	94.2336	24.9372	89.5913
8	tingkat 7	4.5473	97.5795	5.8767	95.0811	25.2296	90.6418
9	tingkat 8	4.5435	97.4979	5.9245	95.8542	25.5415	91.7625
10	tingkat 9	4.5433	97.4936	5.9969	97.0267	25.8335	92.8113
11	tingkat 10	4.5632	97.9206	6.0508	97.8985	26.5169	95.2665
12	tingkat 11	4.5989	98.6867	6.1099	98.549	27.2744	97.9880
13	tingkat 12	4.5964	98.6331	6.1172	98.9728	27.3657	98.3161



Gambar 5.32 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 11 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.22)

Tabel 5.23 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 11 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.2427	100.0000	0.2033	100.0000	0.9020	100.0000
2	tingkat 1	0.2252	92.7895	0.2288	93.1596	0.8527	94.5344
3	tingkat 2	0.2292	94.4376	0.2324	94.6254	0.8523	94.4900
4	tingkat 3	0.2160	88.9988	0.2096	85.3420	0.7994	88.6253
5	tingkat 4	0.2281	93.9843	0.2195	89.3730	0.8023	88.9468
6	tingkat 5	0.2300	94.7672	0.2295	93.4446	0.8112	89.9335
7	tingkat 6	0.2313	95.3028	0.2294	93.4039	0.8271	91.6962
8	tingkat 7	0.2177	89.6992	0.2280	92.8339	0.8327	92.3171
9	tingkat 8	0.2099	86.4854	0.2131	86.7671	0.8412	93.2594
10	tingkat 9	0.2033	83.7660	0.2207	89.8616	0.8507	94.3126
11	tingkat 10	0.2093	86.2382	0.2149	87.5000	0.8905	98.7251
12	tingkat 11	0.2120	87.3506	0.1981	80.6596	0.9134	101.2639
13	tingkat 12	0.2030	83.6424	0.1964	79.9674	0.9240	102.4390



Gambar 5.33 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 11 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.23)

### 5.2.12 Prosentase Simpangan Lantai 12

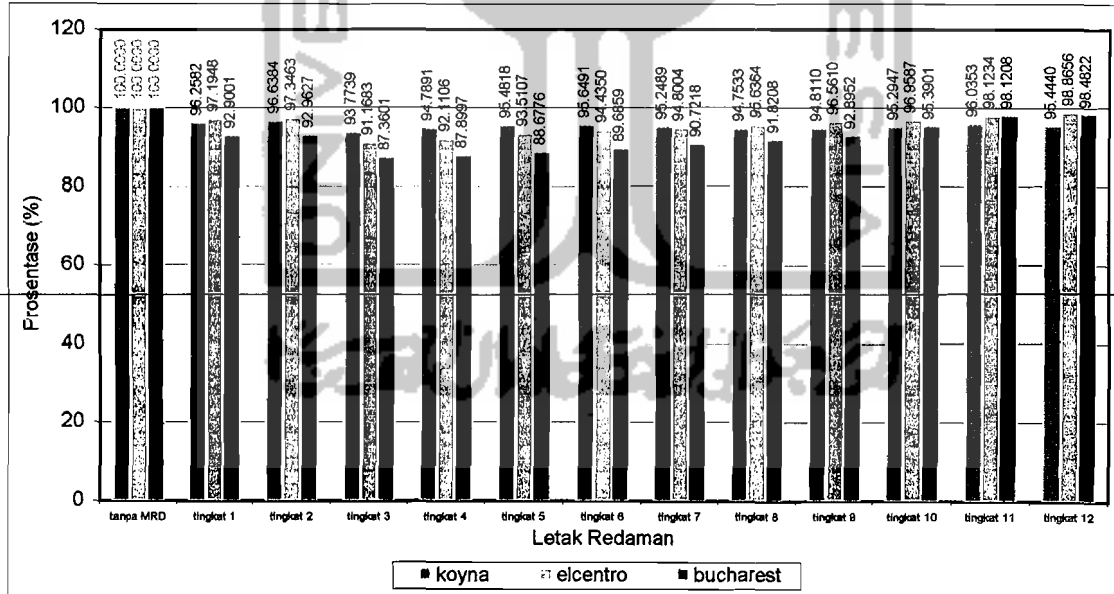
Nilai dan prosentase simpangan relatif dan simpangan antar tingkat tingkat 12 akibat gempa Koyna, El Centro dan Bucharest ditunjukkan pada Tabel 5.8, Tabel 5.9, Gambar 5.34 dan Gambar 5.35.

Dari hasil yang ditunjukkan, dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif untuk beban gempa Koyna, Elcentro dan Bucharest menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Letak paling efektif penempatan posisi redaman untuk beban gempa El Centro dan Bucharest pada redaman di tingkat 12 dengan prosentase simpangan relatif lantai 12 masing-masing mencapai 93,7732%, 91,1683% dan 87,3601% dari tanpa peredam.

Simpangan antar tingkat beban gempa Koyna dan gempa Elcentro menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, bila dibandingkan dengan struktur tanpa redaman. Namun terjadi perbesaran nilai simpangan relatif pada beban gempa Bucharest bila dibandingkan dengan struktur tanpa peredam yakni pada posisi peredam pada tingkat 11 dan 12. Pada gempa Koyna nilai simpangan antar tingkat tingkat 12 terkecil pada posisi redaman di tingkat 12 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 54,5405% dari tanpa peredam. Pada gempa El Centro nilai simpangan antar tingkat tingkat 12 terkecil pada posisi redaman di tingkat 10 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 71,2644% dari tanpa peredam dan untuk beban gempa Bucharest nilai simpangan antar tingkat tingkat 12 terkecil pada posisi redaman di tingkat 3 dengan prosentase simpangan antar tingkat mencapai 89,7849% dari tanpa peredam.

Tabel 5.24 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 12 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

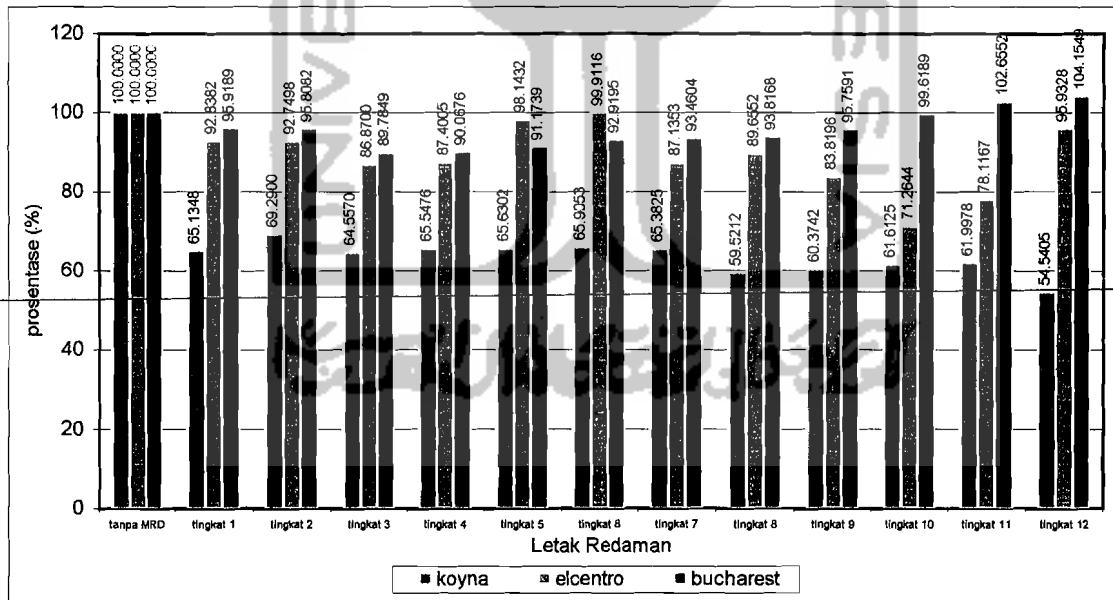
variasi	posisi	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
	MRD	Simpangan	Prosentase	Simpangan	Prosentase	Simpangan	Prosentase
		(in)	(%)	(in)	(%)	(in)	(%)
1	tanpa MRD	5.0235	100.0000	6.4069	100.0000	28.6479	100.0000
2	tingkat 1	4.8355	96.2582	6.2272	97.1948	26.6139	92.9001
3	tingkat 2	4.8546	96.6384	6.2369	97.3463	26.6318	92.9627
4	tingkat 3	4.7107	93.7739	5.8410	91.1683	25.0268	87.3601
5	tingkat 4	4.7617	94.7891	5.9014	92.1106	25.1814	87.8997
6	tingkat 5	4.7965	95.4818	5.9911	93.5107	25.4042	88.6776
7	tingkat 6	4.8049	95.6491	6.0503	94.4350	25.6931	89.6859
8	tingkat 7	4.7848	95.2489	6.0737	94.8004	25.9899	90.7218
9	tingkat 8	4.7599	94.7533	6.1273	95.6364	26.3047	91.8208
10	tingkat 9	4.7628	94.8110	6.1865	96.5610	26.6125	92.8952
11	tingkat 10	4.7871	95.2947	6.2120	96.9587	27.3272	95.3901
12	tingkat 11	4.8243	96.0353	6.2867	98.1234	28.1095	98.1208
13	tingkat 12	4.7946	95.4440	6.3342	98.8656	28.2130	98.4822



Gambar 5.34 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 12 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.24)

Tabel 5.25 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 12 Terhadap Struktur Tanpa Redaman

variasi	posisi MRD	Gempa Koyna		Gempa Elcentro		Gempa Bucharest	
		Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)	Simpangan (in)	Prosentase (%)
1	tanpa MRD	0.3634	100.0000	0.2262	100.0000	0.8135	100.0000
2	tingkat 1	0.2367	65.1348	0.2100	92.8382	0.7803	95.9189
3	tingkat 2	0.2518	69.2900	0.2098	92.7498	0.7794	95.8082
4	tingkat 3	0.2346	64.5570	0.1965	86.8700	0.7304	89.7849
5	tingkat 4	0.2382	65.5476	0.1977	87.4005	0.7327	90.0676
6	tingkat 5	0.2385	65.6302	0.2220	98.1432	0.7417	91.1739
7	tingkat 6	0.2395	65.9053	0.2260	99.9116	0.7559	92.9195
8	tingkat 7	0.2376	65.3825	0.1971	87.1353	0.7603	93.4604
9	tingkat 8	0.2163	59.5212	0.2028	89.6552	0.7632	93.8168
10	tingkat 9	0.2194	60.3742	0.1896	83.8196	0.7790	95.7591
11	tingkat 10	0.2239	61.6125	0.1612	71.2644	0.8104	99.6189
12	tingkat 11	0.2253	61.9978	0.1767	78.1167	0.8351	102.6552
13	tingkat 12	0.1982	54.5405	0.2170	95.9328	0.8473	104.1549



Gambar 5.35 Prosentase Simpangan Antar Tingkat Tingkat 12 Terhadap Struktur Tanpa Redaman (Sesuai Tabel 5.25)