

---

---

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tata cara pelaksanaan penelitian yang diuraikan menurut suatu urutan yang sistematis. Metode yang dipergunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagaimana yang terlihat pada penjelasan berikut ini.

#### 4.1 Data yang Diperlukan

Penelitian tugas akhir ini menggunakan suatu model *shear building* yang paling sederhana, untuk mempermudah melihat perbedaan hasil yang akan diteliti. Pengumpulan data, tata letak dan fungsi struktur meliputi:

1. struktur yang ditinjau menggunakan *time history* dari gempa El Centro 1940 yang diambil dari buku *Dynamics of Structures* oleh Chopra, 1995 dan gempa Koyuna 1967 yang diambil dari Widodo, 1997,
2. struktur merupakan suatu model dari 2 buah *shear building* berbeda ketinggian yang masing-masing dengan 5 dan 6 mode dengan massa dan kekakuan yang telah ditentukan, dan
3. struktur berada di atas tanah keras.

Data di atas merupakan suatu model dua bangunan yang berdekatan, untuk mengetahui jarak minimal yang dapat dipakai sebagai jarak pemisah antara dua model struktur tersebut, dibandingkan dengan jarak pemisah yang telah ditetapkan pada PPTGIUG 1981.

## 4.2 Pengolahan Data

Setelah semua data ditentukan, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisa data dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. menentukan matriks massa  $[M]$  dan kekakuan kolom  $[K]$  tiap tingkat,
2. membuat persamaan *eigenproblem* untuk menghitung *mode shape*  $\{\phi_j\}$ , mengubah tata letak redaman pada tiap-tiap tingkat dan menentukan matriks redaman  $[C]$ ,
3. menghitung matriks massa efektif  $[M^*]$  dan matrik kekakuan efektif  $[K^*]$ ,
4. menghitung matrik redaman efektif  $[C^*]$ , yang kemudian hanya digunakan matrik redaman diagonal efektif,
5. menghitung frekuensi sudut ( $\omega$ ),
6. menghitung nilai partisipasi faktor ( $\Gamma$ ),
7. menghitung rasio redaman ( $\xi$ ),
8. mencari nilai  $q$ ,
9. menghitung simpangan horisontal  $y(i)$ , dan
10. menghitung jarak antar bangunan.

## 4.3 Pengujian

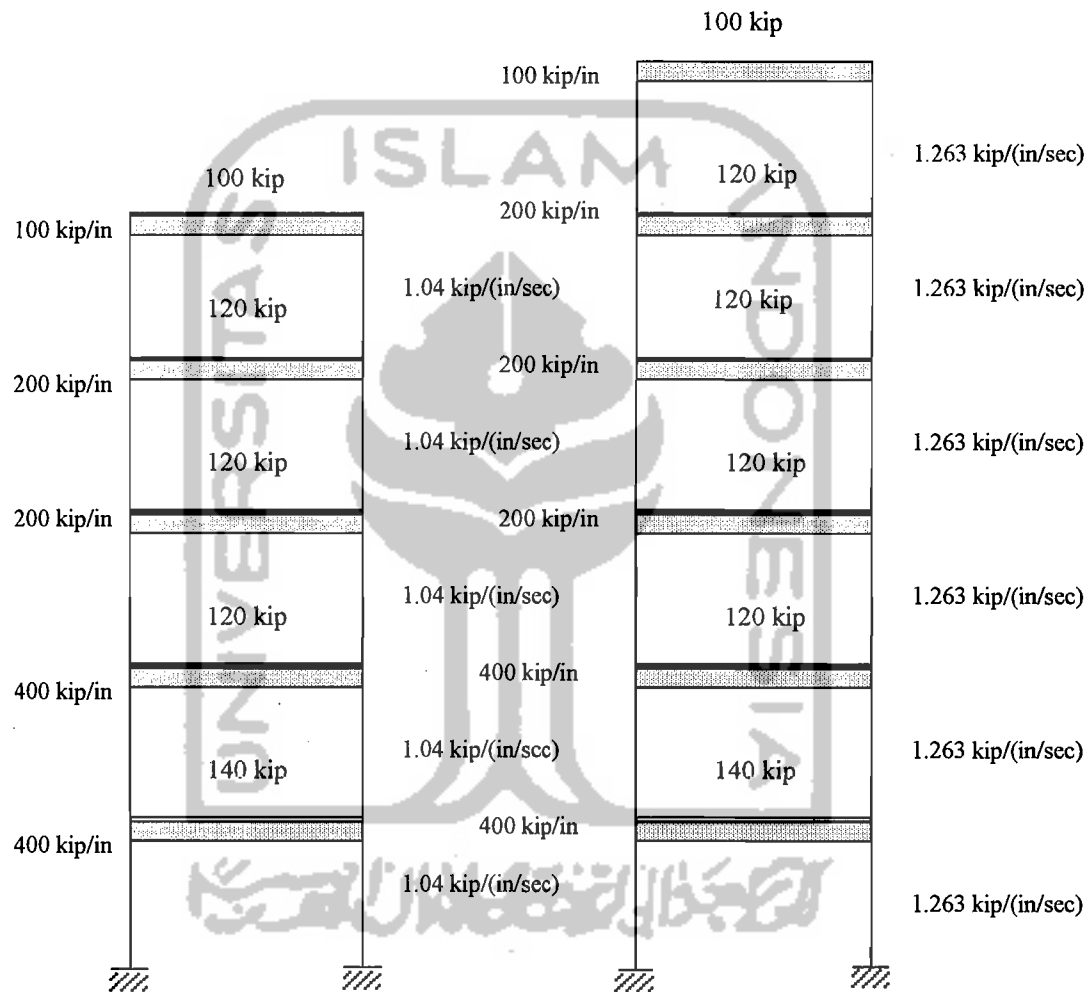
Dalam tugas akhir ini pengujian yang dilakukan mencakup pengaruh penggunaan *Magnetorheological Damper* terhadap nilai simpangan yang terjadi, sehingga jarak antara model struktur yang ditinjau dapat diminimumkan. Peredam yang digunakan pada tugas akhir ini adalah peredam ganda yaitu sebesar 7,5 kips/(in/sec) untuk satu buah redaman.

#### 4.4 Pemodelan Struktur

Pemodelan penempatan redaman pada masing-masing model struktur

dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.22.

##### 1. Bangunan tanpa peredam tambahan

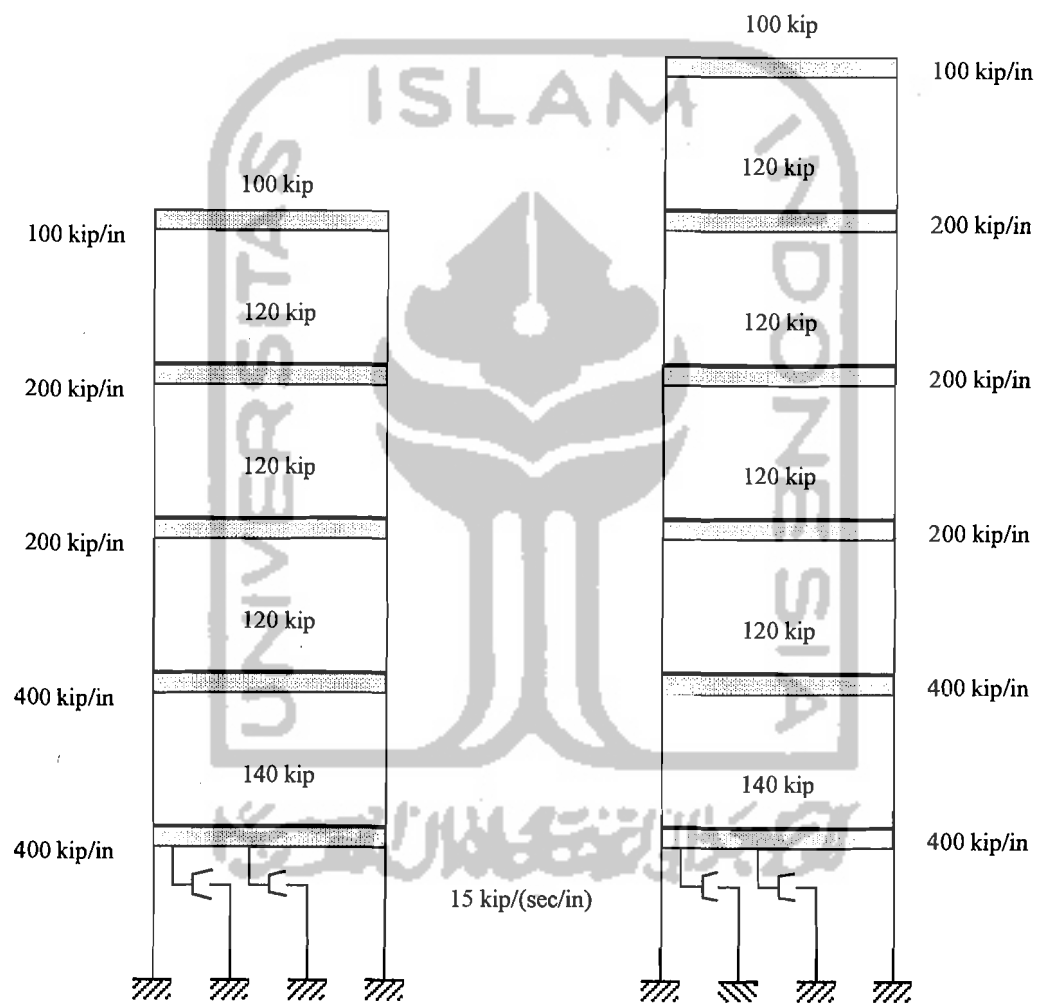


**Gambar 4.1** Struktur tanpa peredam tambahan

$$[C_0] = \begin{bmatrix} 2.08 & -1.04 & 0 & 0 & 0 \\ -1.04 & 2.08 & -1.04 & 0 & 0 \\ 0 & -1.04 & 2.08 & -1.04 & 0 \\ 0 & 0 & -1.04 & 2.08 & -1.04 \\ 0 & 0 & 0 & -1.04 & 1.04 \end{bmatrix}, \quad (4.1a)$$

$$[C_0] = \begin{bmatrix} 2.526 & -1.263 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1.263 & 2.526 & -1.263 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1.263 & 2.526 & -1.263 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1.263 & 2.526 & -1.263 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1.263 & 2.526 & -1.263 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1.263 & 1.263 \end{bmatrix} \quad (4.1b)$$

## 2. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 1

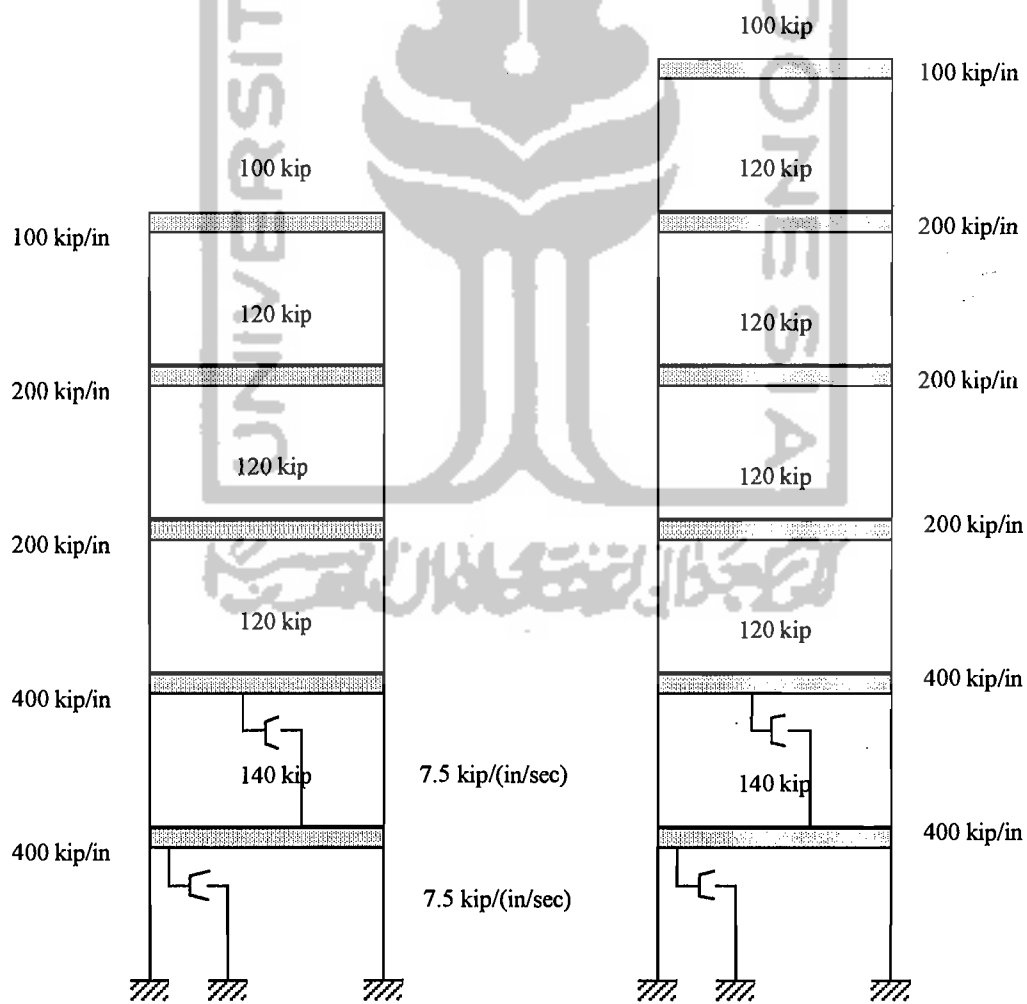


**Gambar 4.2** struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 1

$$[C_1] = \begin{bmatrix} 15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (4.2a)$$

$$[C_1] = \begin{bmatrix} 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (4.2b)$$

3. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 1 dan 2

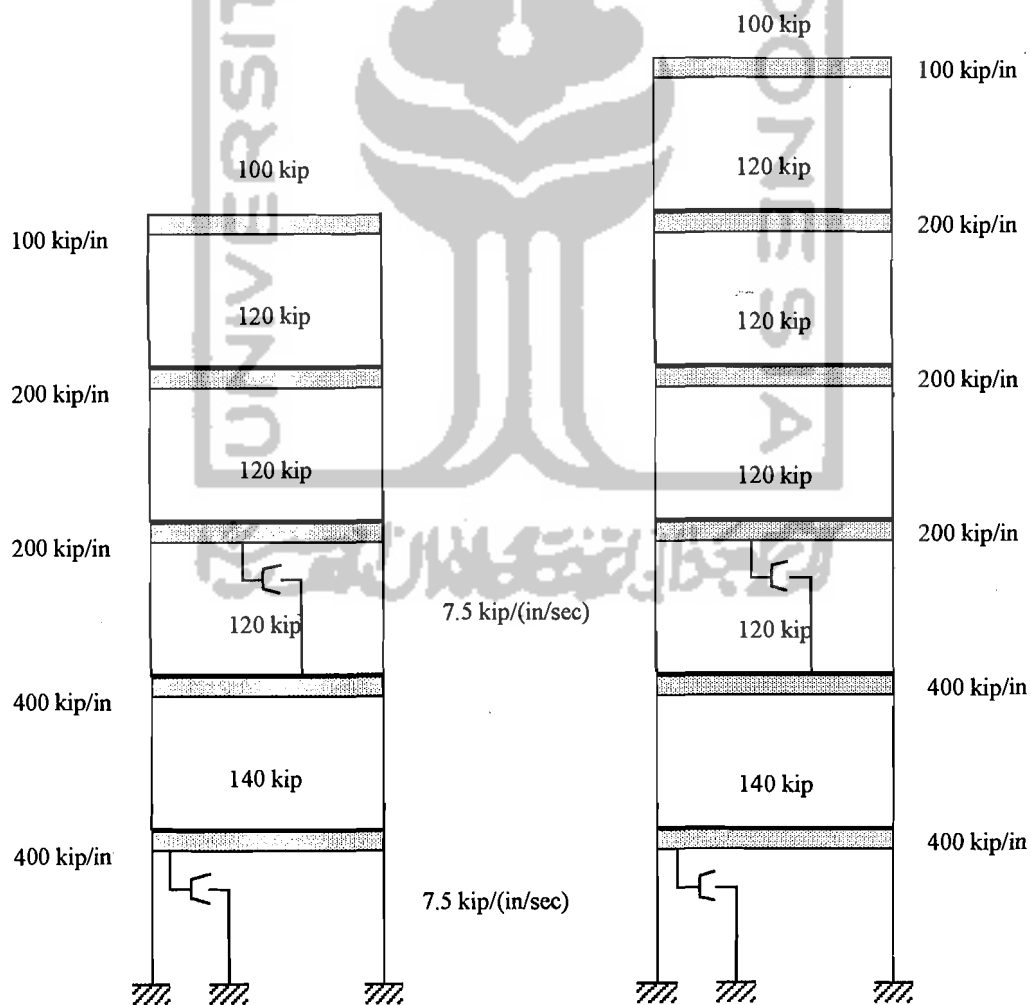


**Gambar 4.3** struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 1 dan 2

$$[C_2] = \begin{bmatrix} 15 & -7.5 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.3a)$$

$$[C_2] = \begin{bmatrix} 15 & -7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.3b)$$

4. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 1 dan 3

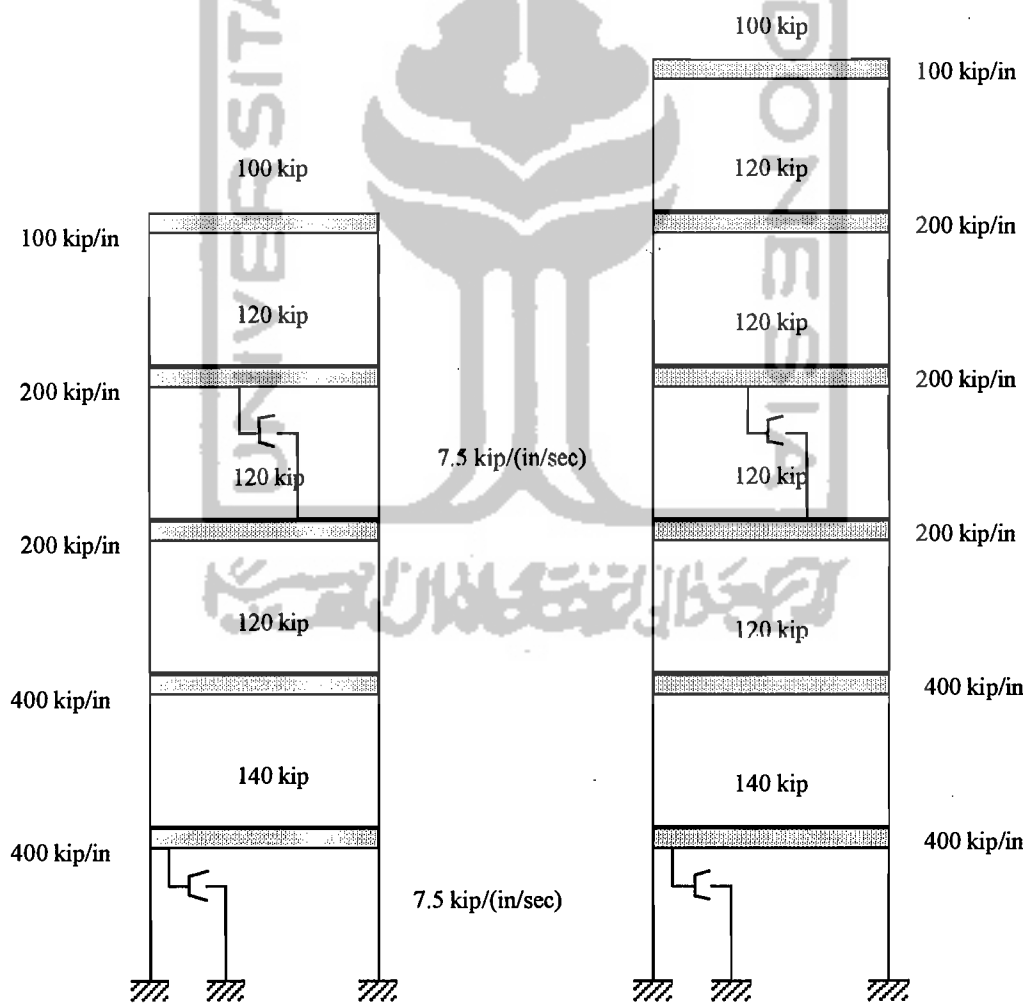


Gambar 4.4 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 1 dan 3

$$[C_3] = \begin{bmatrix} 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.4a)$$

$$[C_3] = \begin{bmatrix} 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.4b)$$

5. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 1 dan 4



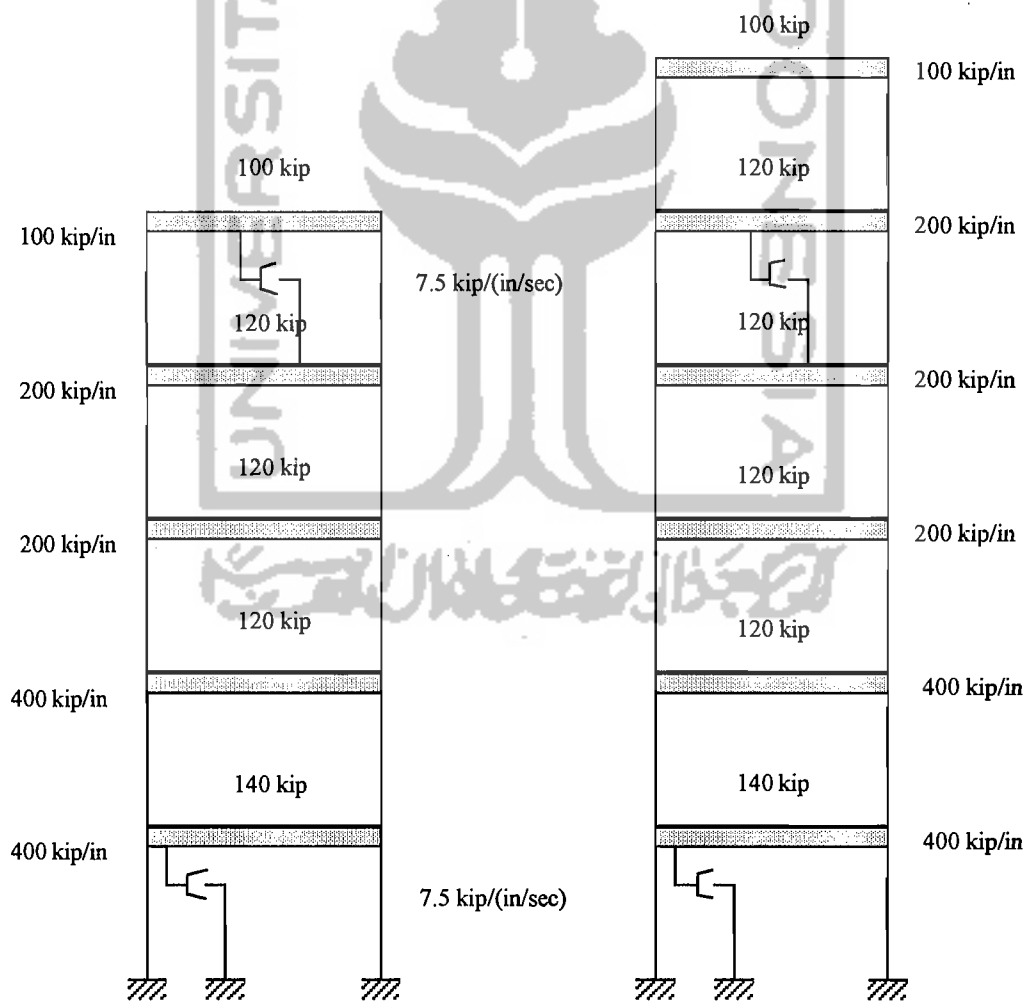
Gambar 4.5 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 1 dan 4



$$[C_4] = \begin{bmatrix} 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.5a)$$

$$[C_4] = \begin{bmatrix} 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.5b)$$

6. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 1 dan 5



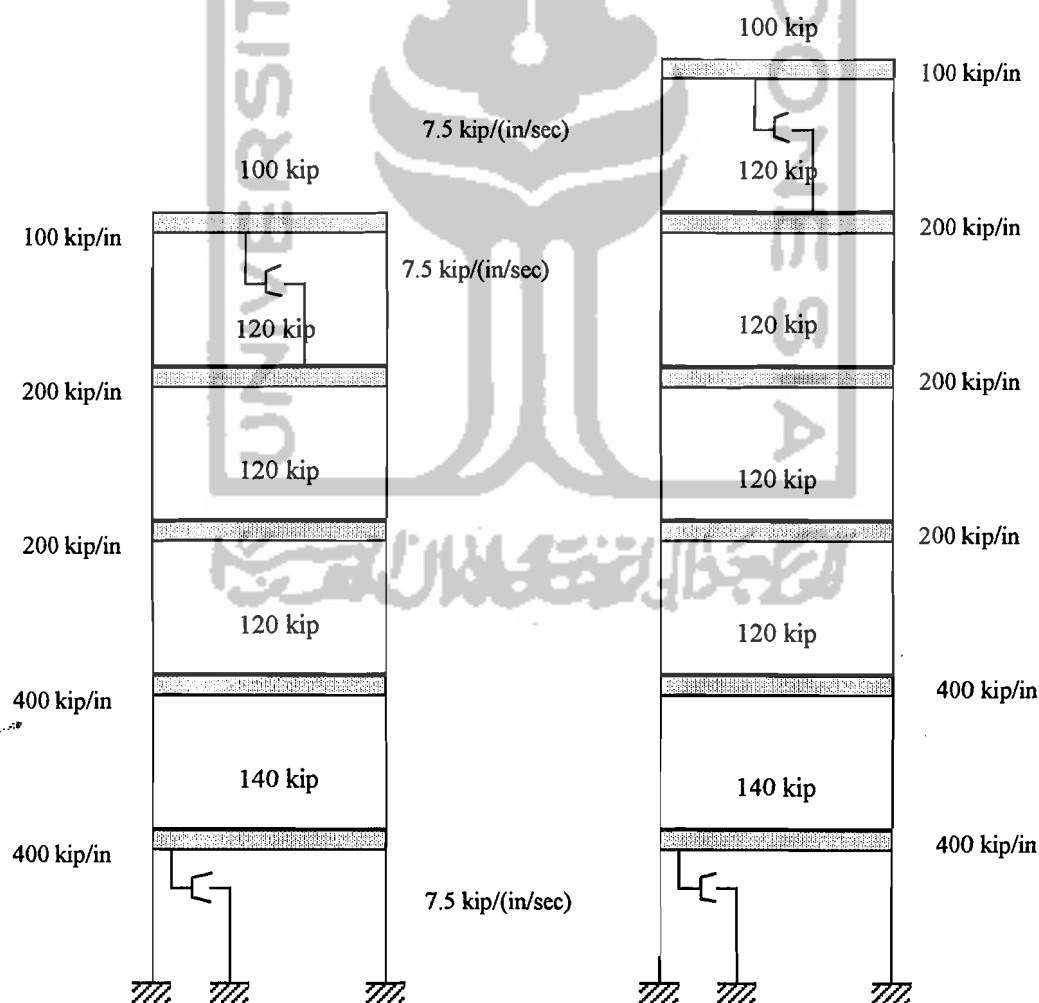
**Gambar 4.6** struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 1 dan 5



$$[C_5] = \begin{bmatrix} 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix} \quad (4.6a)$$

$$[C_5] = \begin{bmatrix} 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.6b)$$

7. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 1 dan 6

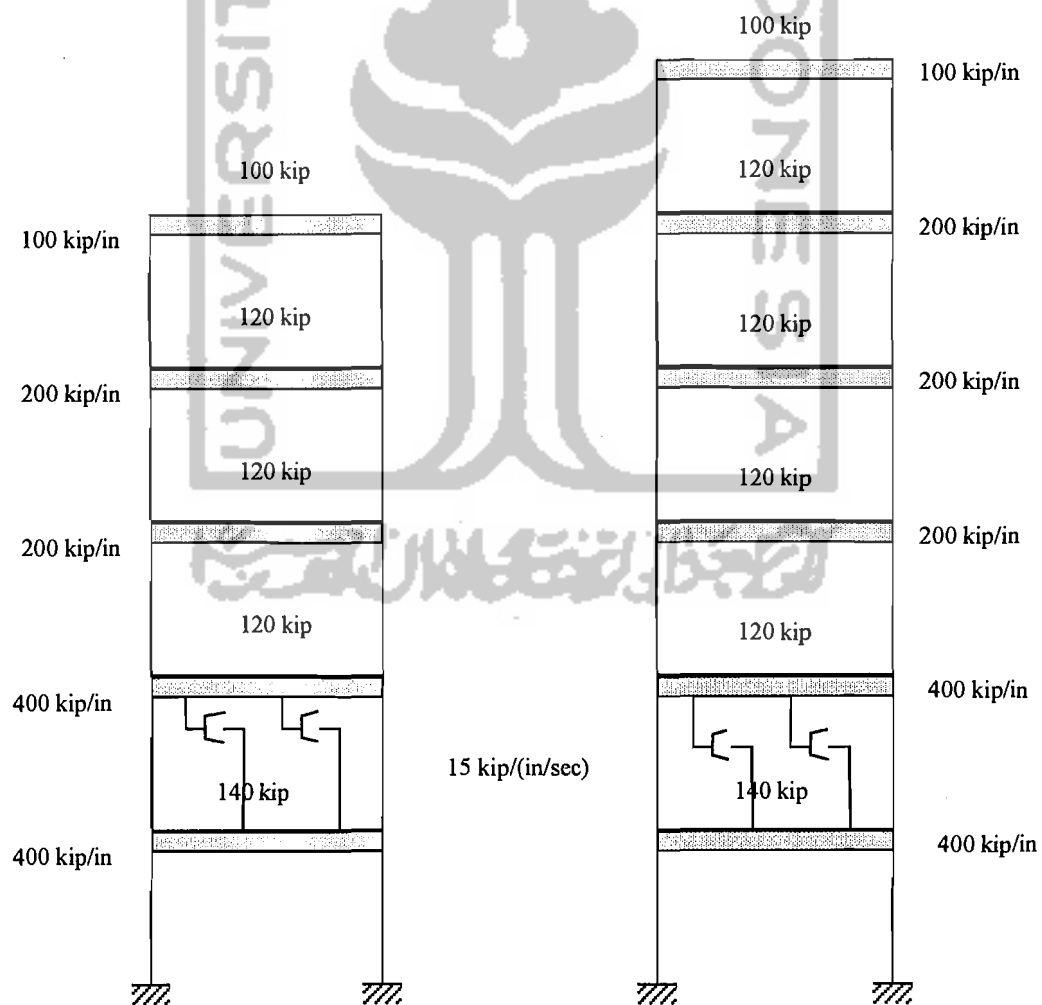


Gambar 4.7 struktur dengan posisi MR Damper pada lantai 1 dan 6

$$[C_6] = \begin{bmatrix} 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix}, \quad (4.7a)$$

$$[C_6] = \begin{bmatrix} 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix}. \quad (4.7b)$$

8. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 2 dan 2

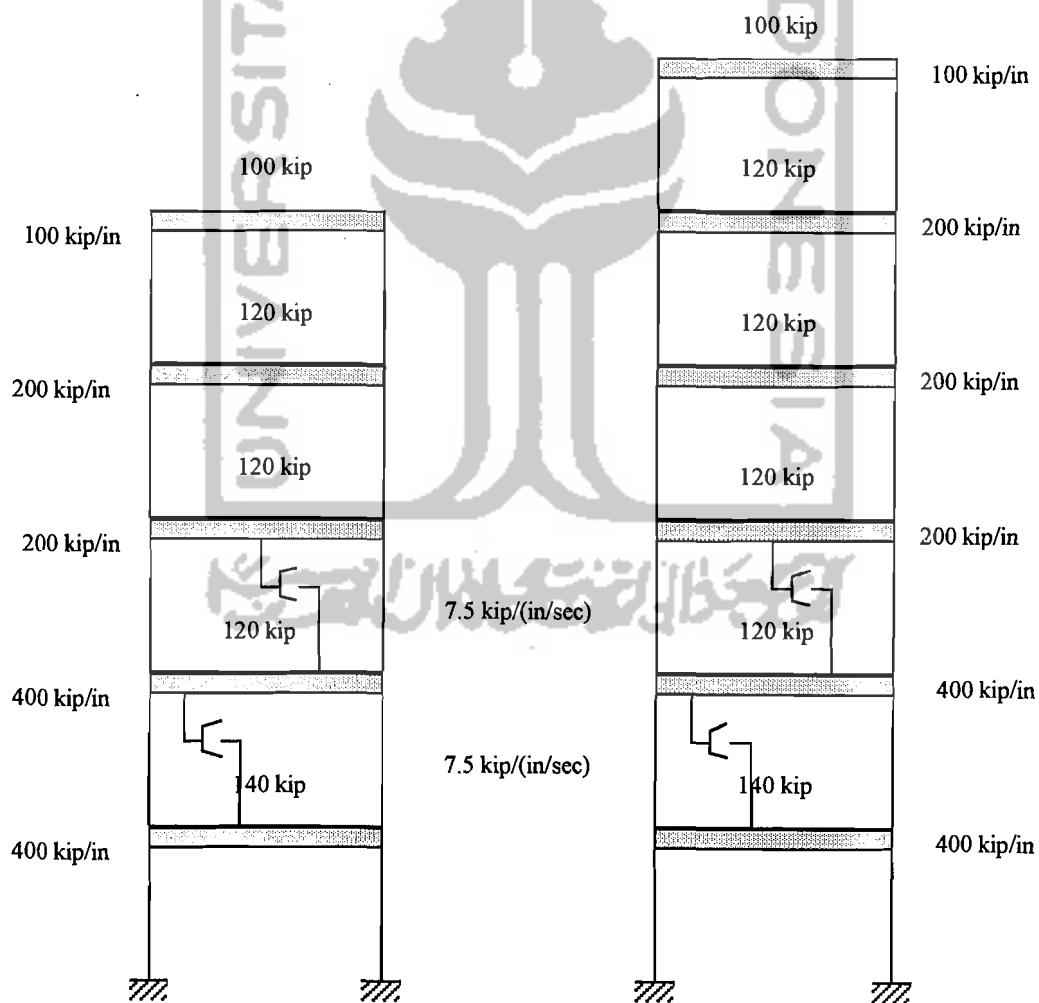


**Gambar 4.8** struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 2 dan 2

$$[C_7] = \begin{bmatrix} 15 & -15 & 0 & 0 & 0 \\ -15 & 15 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (4.8a)$$

$$[C_7] = \begin{bmatrix} 15 & -15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -15 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.8b)$$

9. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 2 dan 3

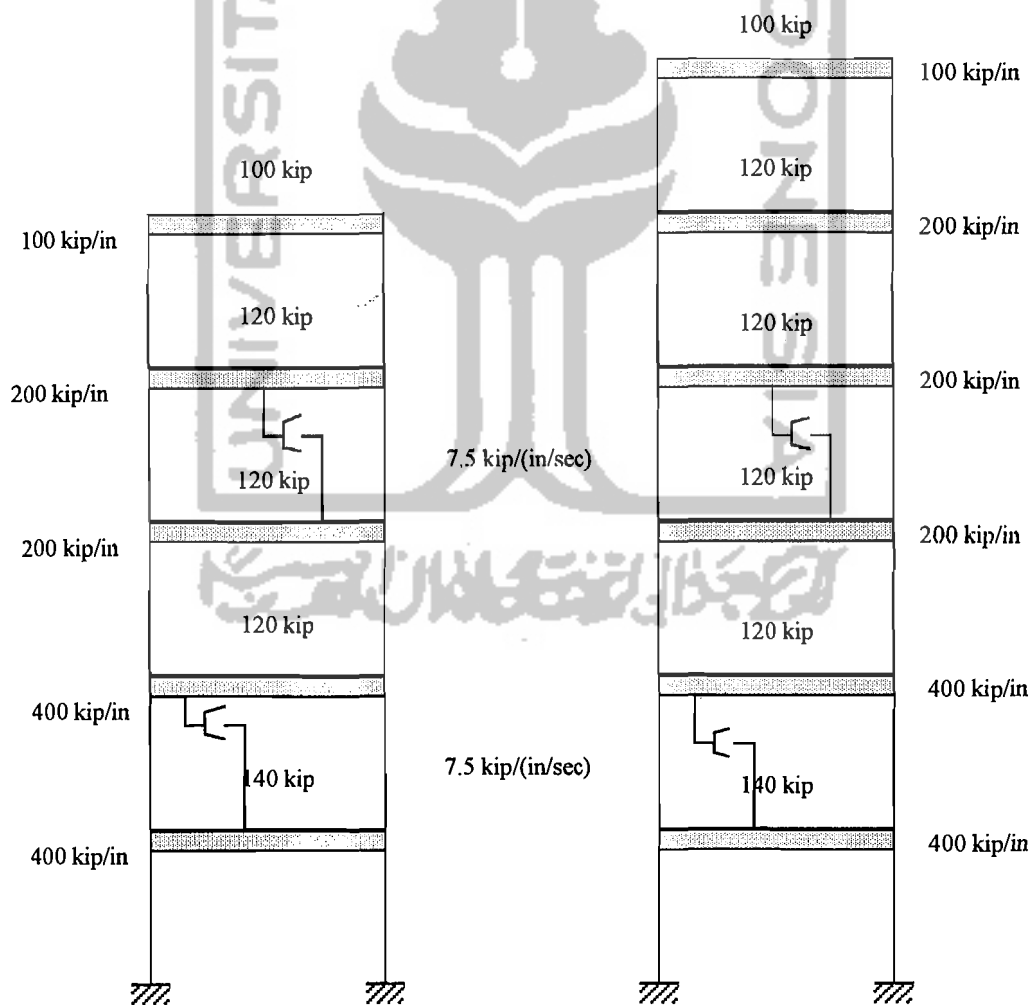


Gambar 4.9 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 2 dan 3

$$[C_8] = \begin{bmatrix} 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 15 & -7.5 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.9a)$$

$$[C_8] = \begin{bmatrix} 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 15 & -7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.9b)$$

10. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 2 dan 4

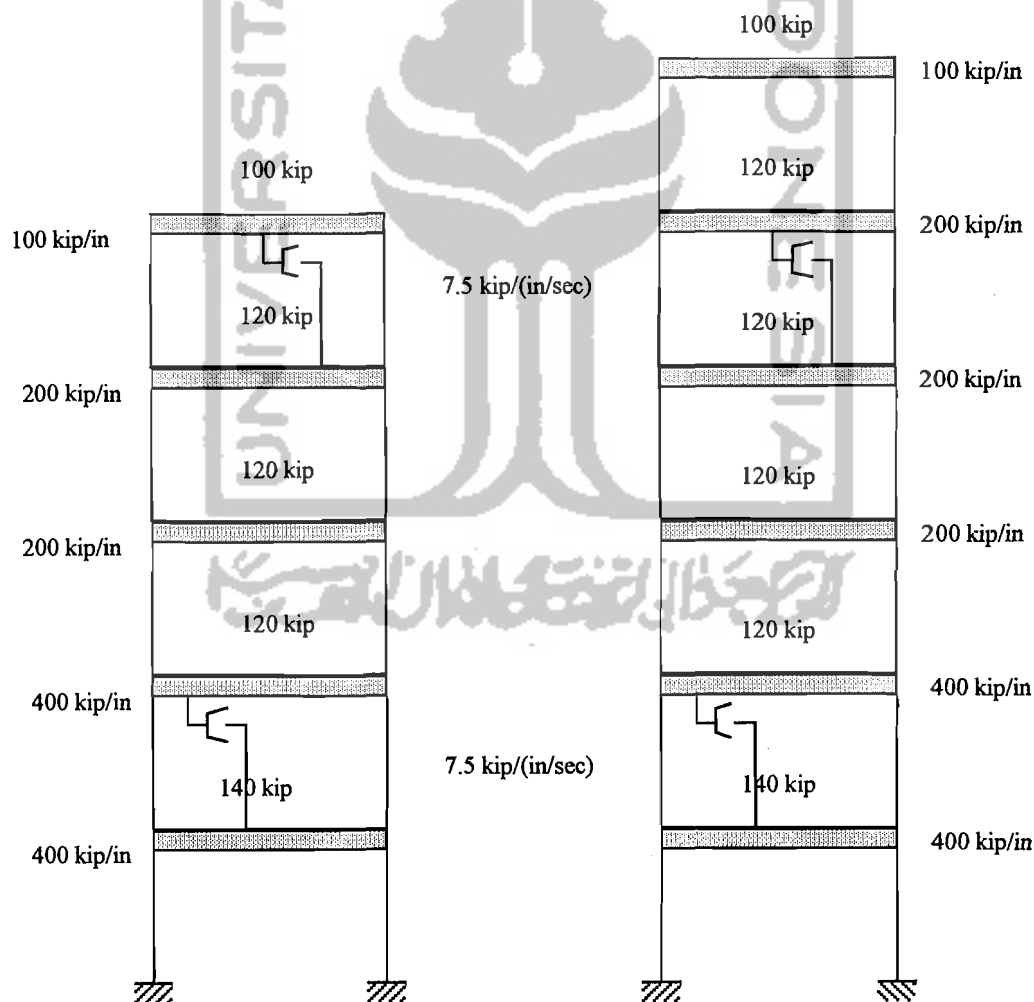


**Gambar 4.10** struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 2 dan 4

$$[C_9] = \begin{bmatrix} 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.10a)$$

$$[C_9] = \begin{bmatrix} 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.10b)$$

11. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 2 dan 5

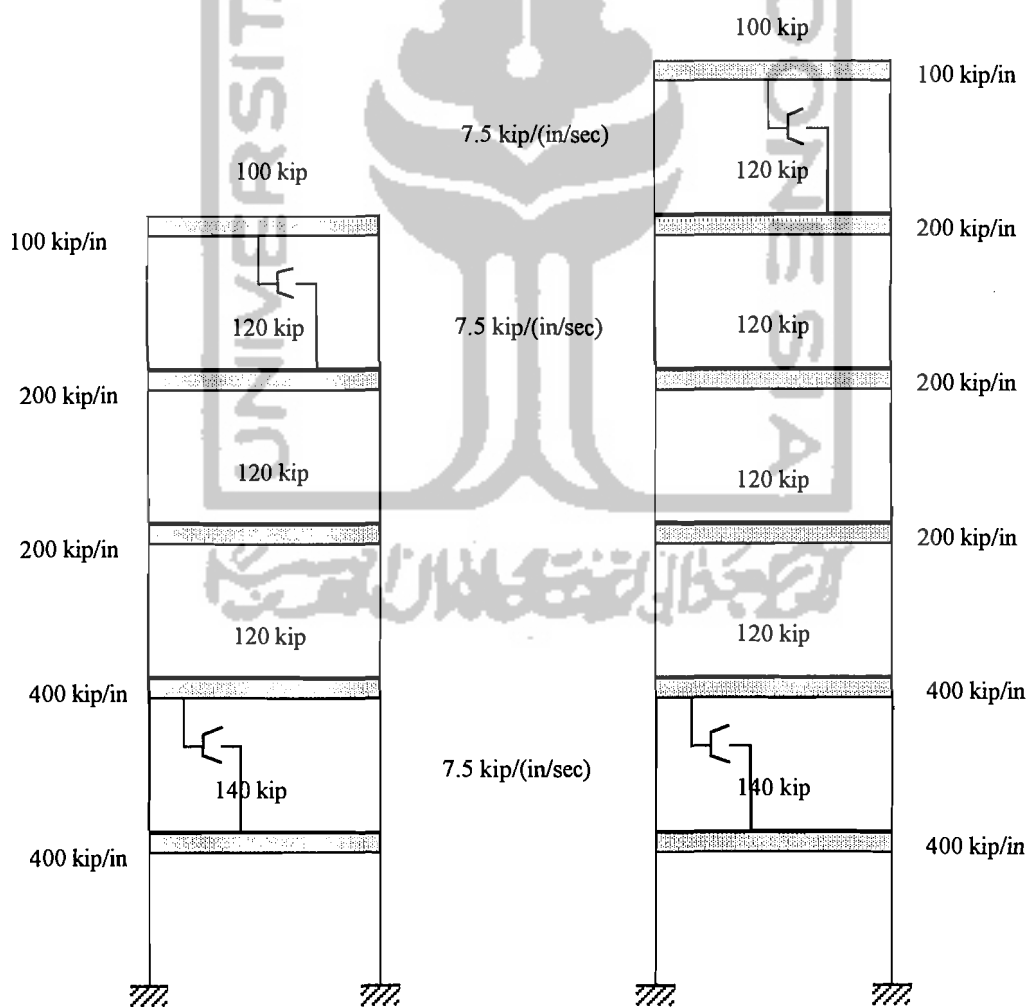


Gambar 4.11 struktur dengan posisi MR Damper pada lantai 2 dan 5

$$[C_{10}] = \begin{bmatrix} 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix} \quad (4.11a)$$

$$[C_{10}] = \begin{bmatrix} 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.11b)$$

12. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 2 dan 6

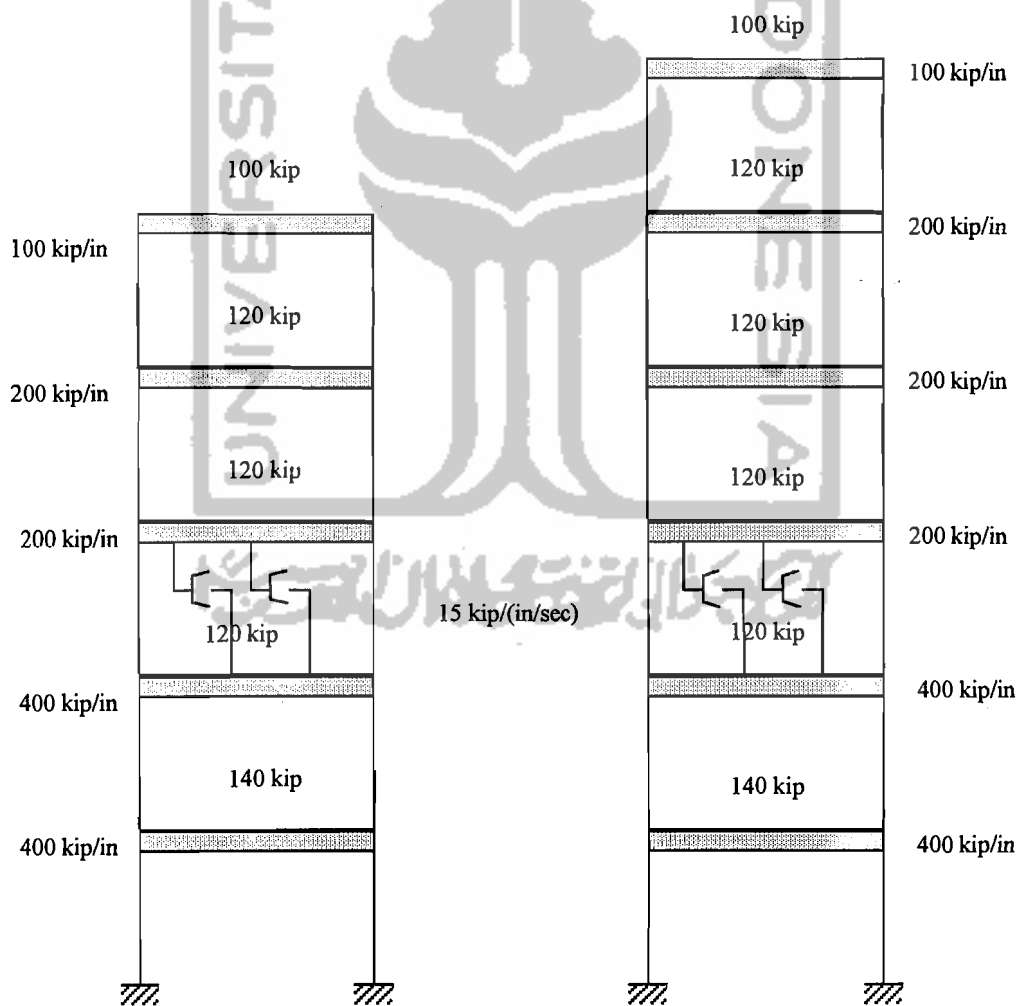


Gambar 4.12 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 2 dan 6

$$[C_{11}] = \begin{bmatrix} 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix} \quad (4.12a)$$

$$[C_{11}] = \begin{bmatrix} 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix} \quad (4.12b)$$

13. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 3

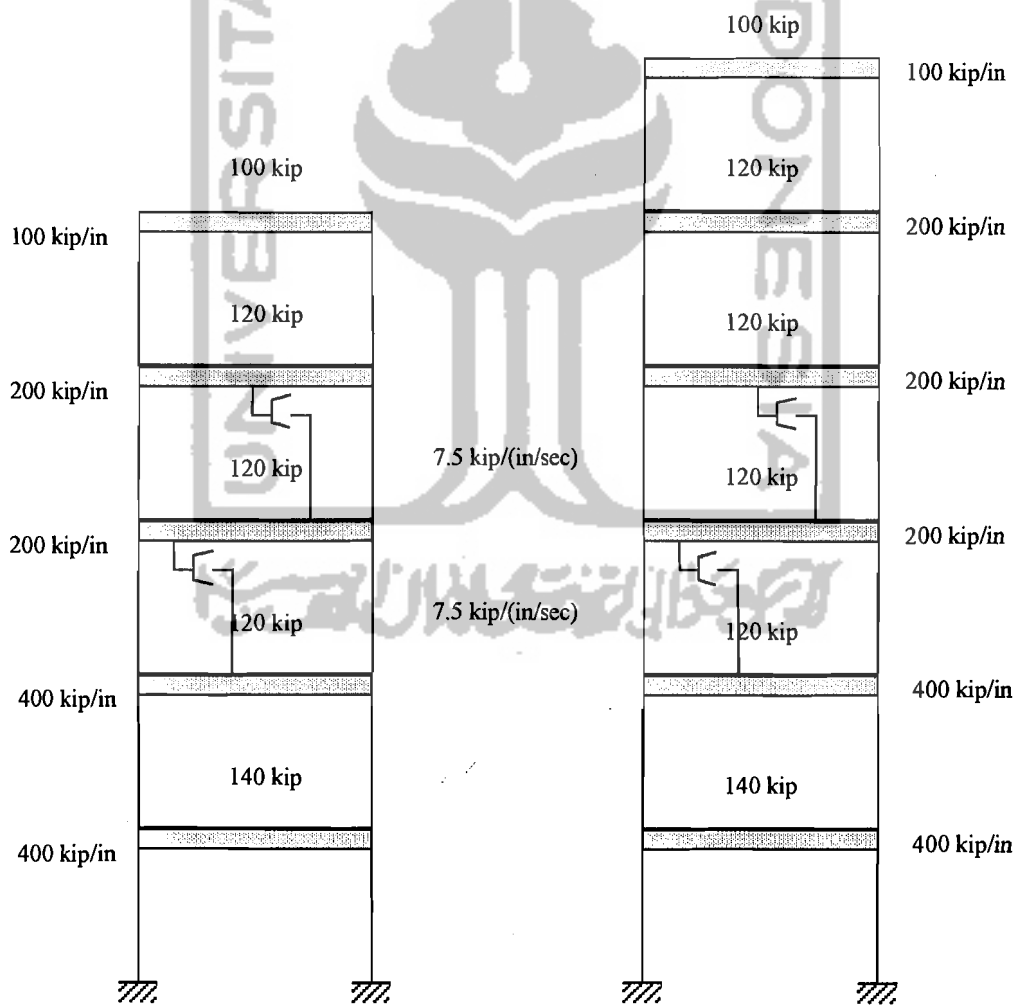


Gambar 4.13 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 3

$$[C_{12}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 15 & -15 & 0 & 0 \\ 0 & -15 & 15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (4.13a)$$

$$[C_{12}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 15 & -15 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -15 & 15 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (4.13b)$$

14. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 3 dan 4



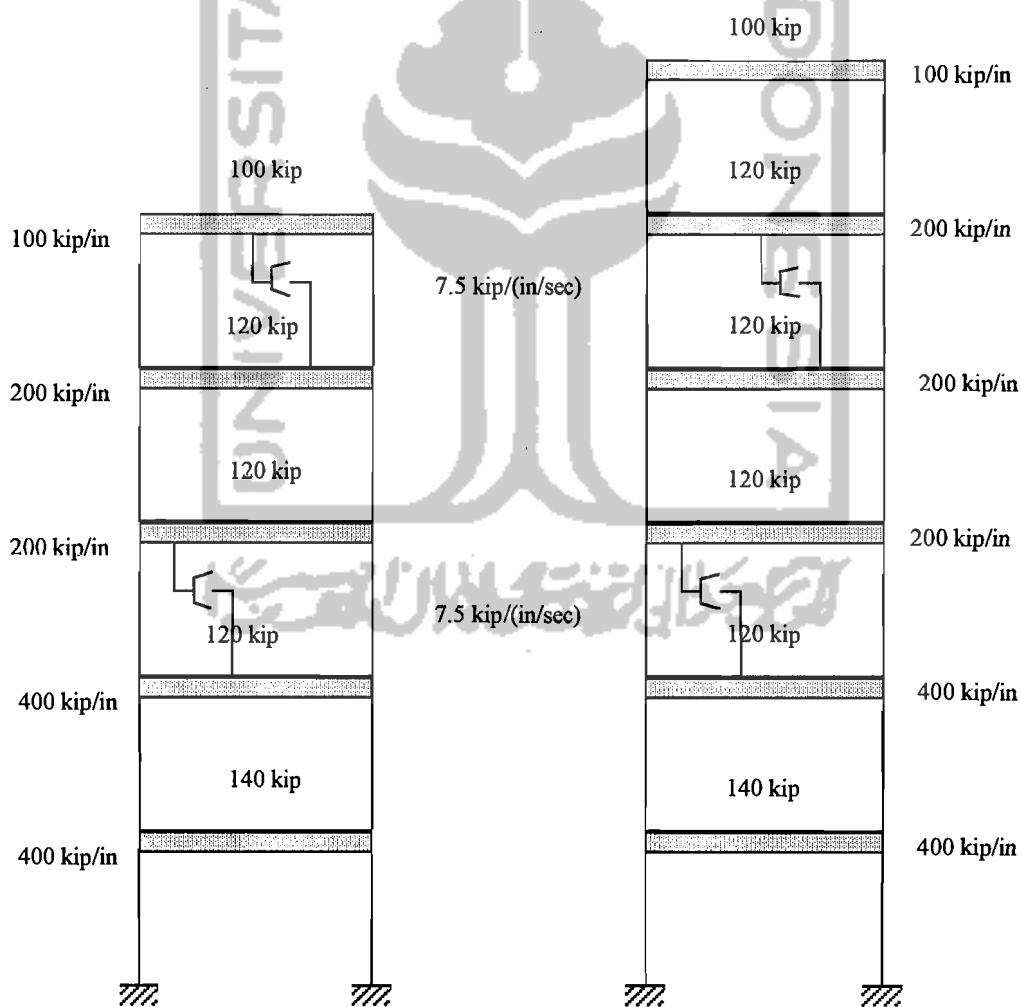
Gambar 4.14 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 3 dan 4



$$[C_{13}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5 & 15 & -7.5 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (4.14a)$$

$$[C_{13}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5 & 15 & -7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (4.14b)$$

15. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 3 dan 5

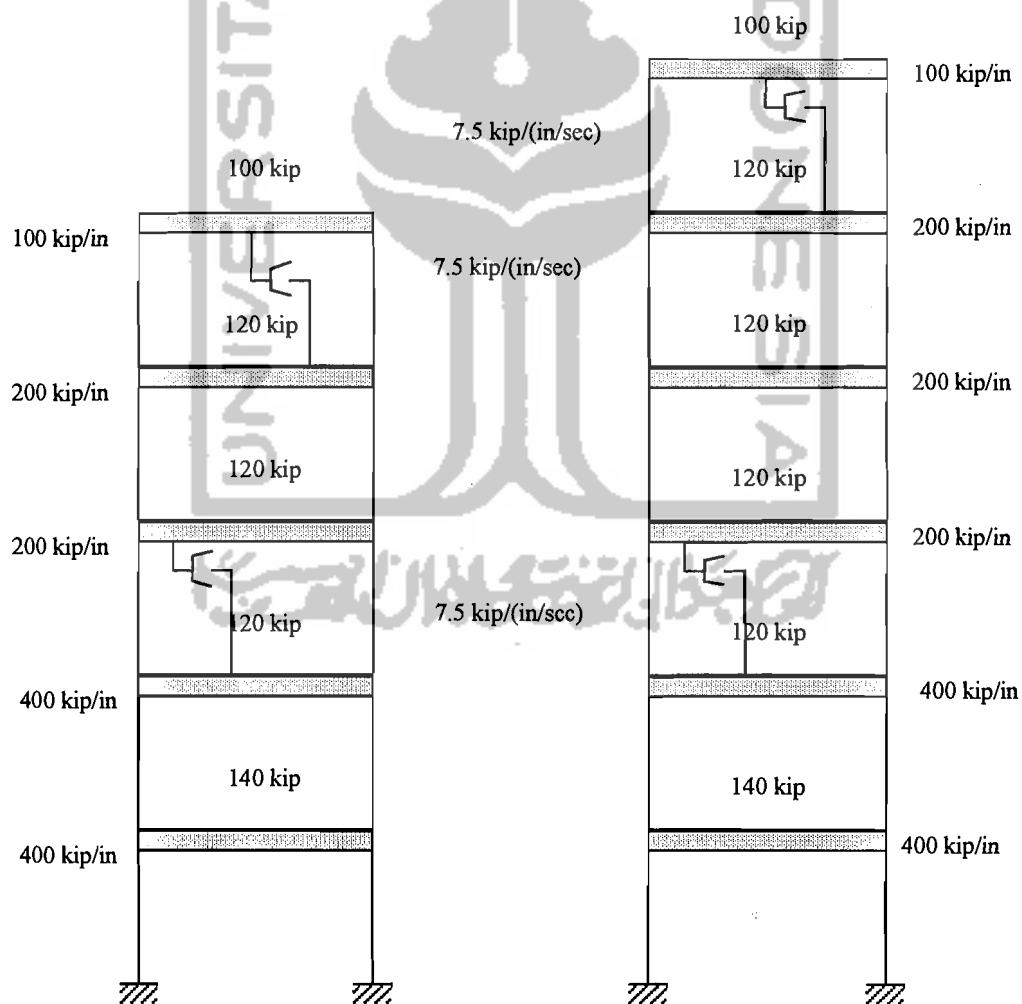


Gambar 4.15 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 3 dan 5

$$[C_{14}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix} \quad (4.15a)$$

$$[C_{14}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.15b)$$

16. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 3 dan 6

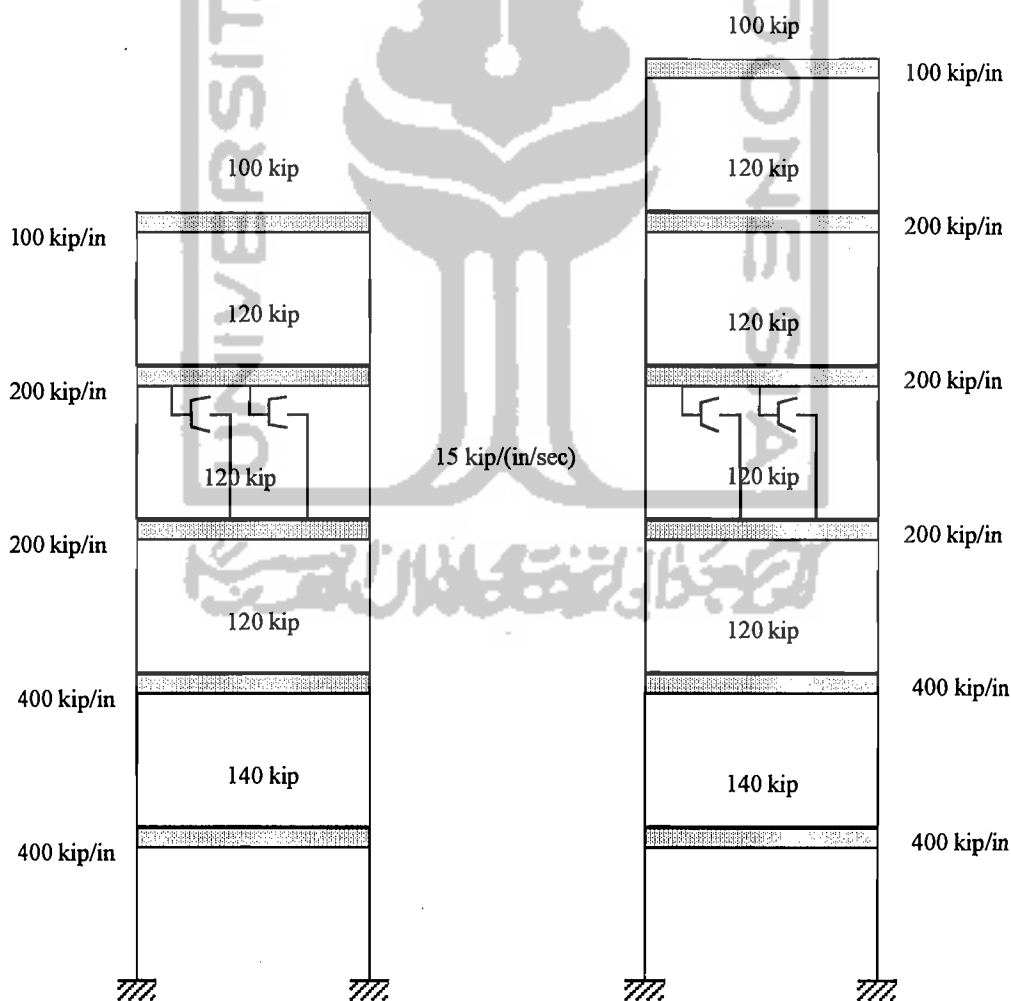


Gambar 4.16 struktur dengan posisi MR Damper pada lantai 3 dan 6

$$[C_{15}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix} \quad (4.16a)$$

$$[C_{15}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix} \quad (4.16b)$$

17. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 4

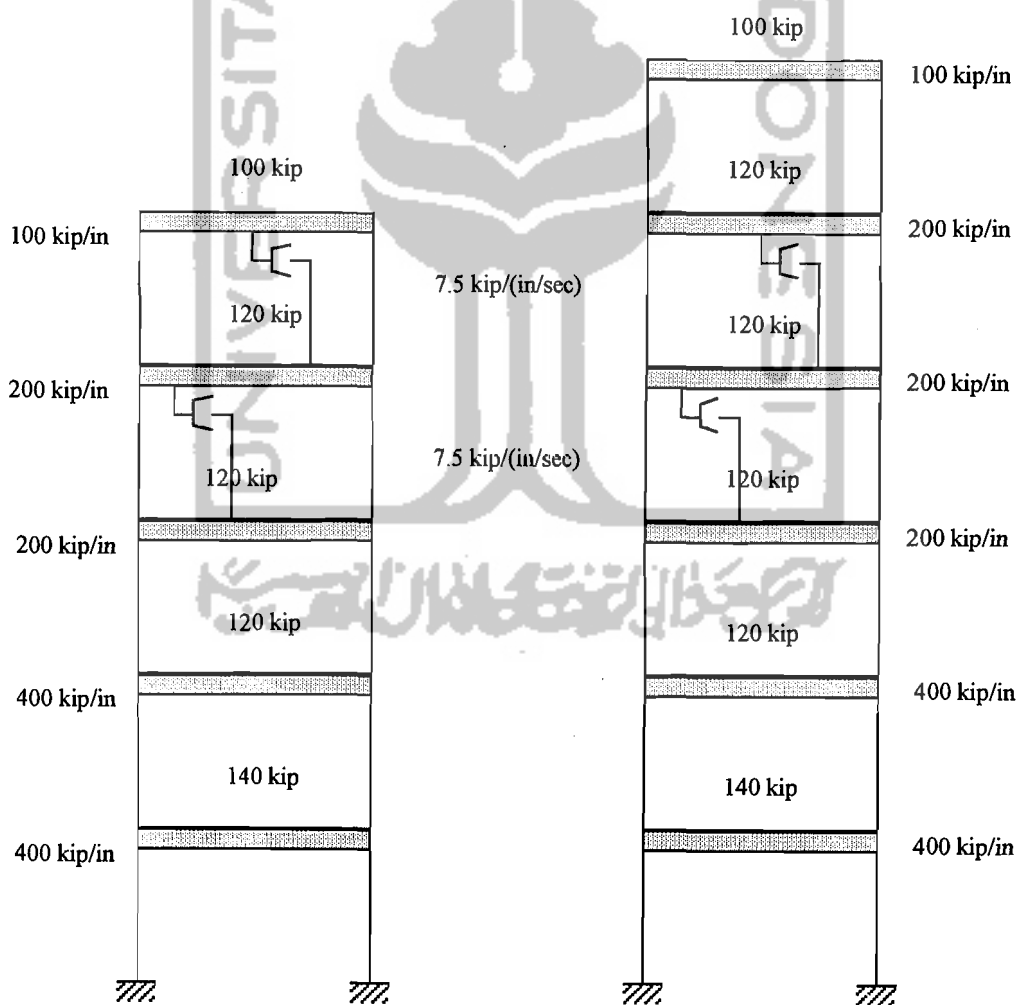


Gambar 4.17 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 4

$$[C_{16}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 15 & -15 & 0 \\ 0 & 0 & -15 & 15 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (4.17a)$$

$$[C_{16}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 15 & -15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -15 & 15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.17b)$$

18. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 4 dan 5

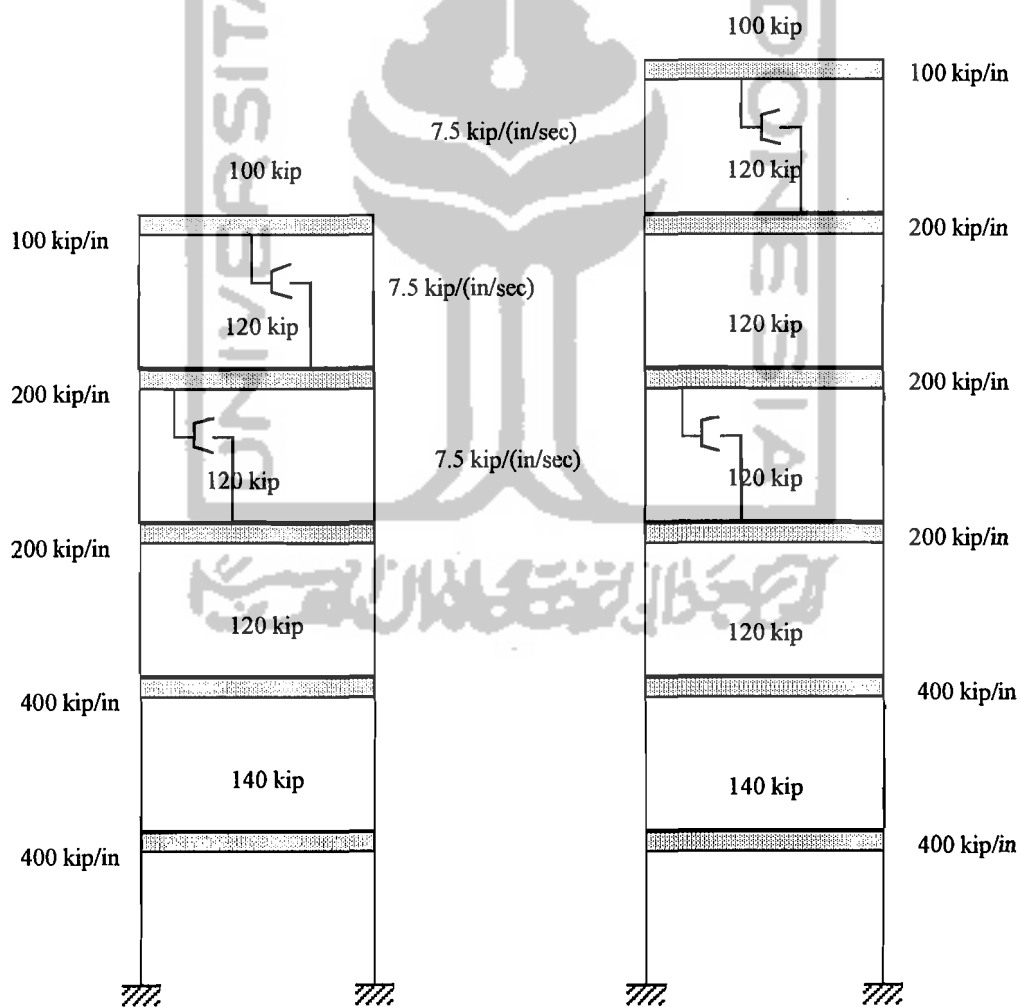


Gambar 4.18 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 4 dan 5

$$[C_{17}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5 & 15 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix} \quad (4.18a)$$

$$[C_{17}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5 & 15 & -7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.18b)$$

19. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 4 dan 6

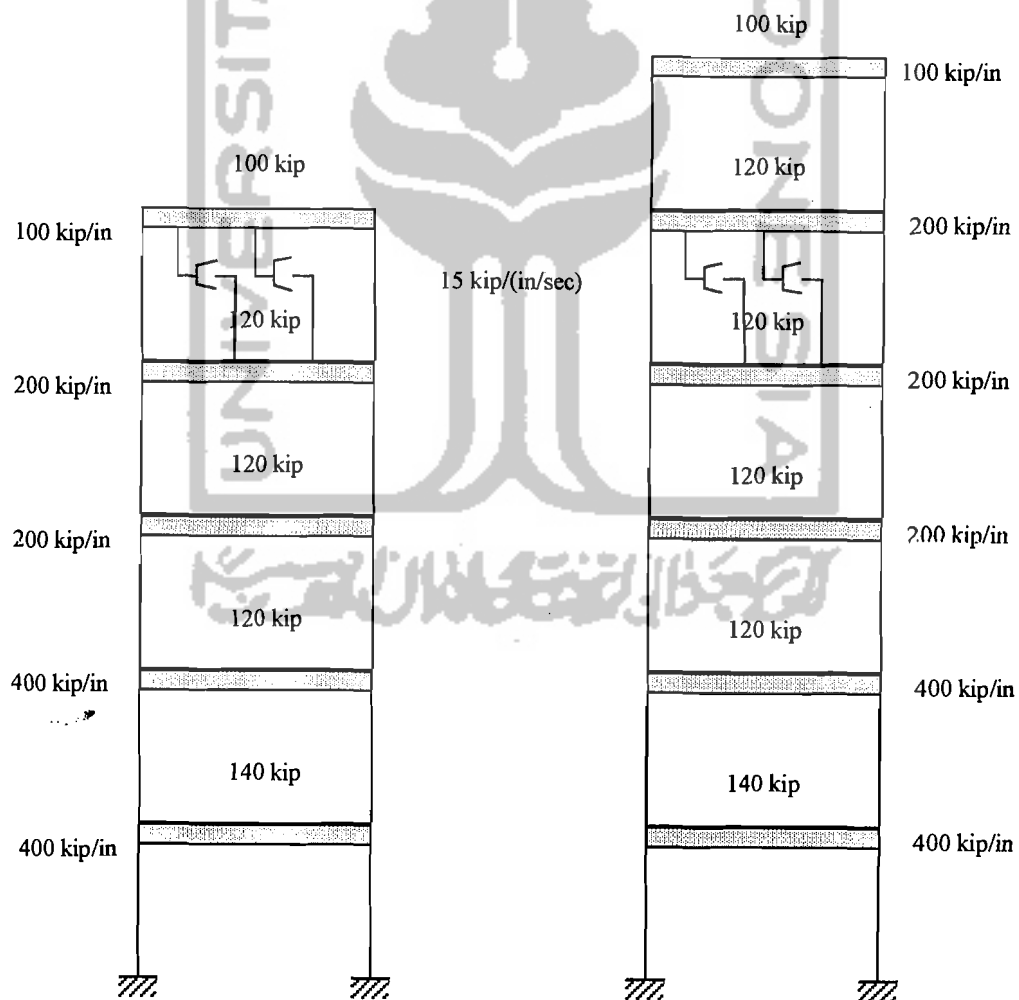


Gambar 4.19 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 4 dan 6

$$[C_{18}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix} \quad (4.19a)$$

$$[C_{18}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7.5 & -7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5 & 7.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 7.5 & -7.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -7.5 & 7.5 \end{bmatrix} \quad (4.19b)$$

20. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 5

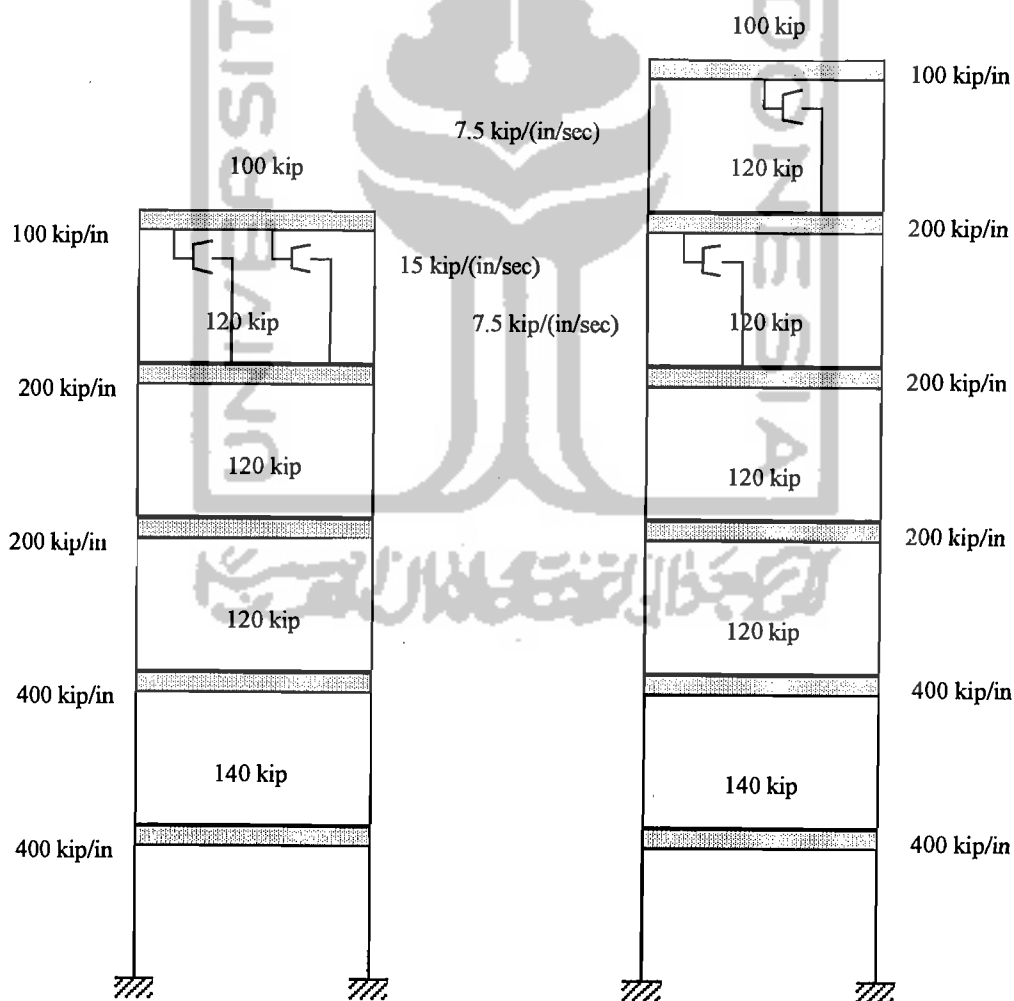


Gambar 4.20 struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 5

$$[C_{19}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 15 & -15 \\ 0 & 0 & 0 & -15 & 15 \end{bmatrix}, \quad (4.20a)$$

$$[C_{19}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 15 & -15 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -15 & 15 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (4.20b)$$

21. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* pada lantai 5 dan 6



**Gambar 4.21** struktur dengan posisi *MR Damper* pada lantai 5 dan 6





