

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tata cara pelaksanaan penelitian yang diuraikan menurut suatu urutan yang sistematis. Metode yang dipergunakan dalam penelitian tugas akhir ini meliputi pengumpulan data, pengolahan data dan pengujian yang akan dilakukan, sebagaimana yang akan diuraikan 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.

1. Struktur yang ditinjau menggunakan *time history* dari gempa El Centro(1940), yang diambil dari buku *Dynamics of Structures* oleh Chopra, (1995).
2. Struktur merupakan suatu model dari *shear building* dengan 5 mode dengan massa dan kekakuan yang telah ditentukan, yang diambil dari buku *Elements of Structural Dynamics* oleh Berg (1988),
3. Struktur berada diatas tanah keras.

4.2 Pengolahan Data

Setelah semua data ditentukan, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisis data dengan langkah-langkah :

1. menentukan matrik massa $[M]$ dan kekakuan kolom $[K]$ tiap tingkat,
2. membuat persamaan *eigenproblem* untuk menghitung *mode shape* (ϕ_n),
3. dengan trial dan error menentukan nilai koefisien redaman (c), sehingga didapat nilai rasio redaman untuk modal ke-1 pada struktur tanpa Magnetorheological Damper adalah sebesar 2%,
4. mengubah tata letak redaman pada tiap-tiap tingkat dan menentukan matrik redaman $[C]$,
5. menghitung matrik massa efektif $[M^*]$ dan matrik kekakuan efektif $[K^*]$,
6. menghitung matrik redaman efektif $[C^*]$, yang kemudian hanya digunakan matrik redaman diagonal efektif,
7. menghitung frekuensi sudut (ω),
8. menghitung nilai partisipasi faktor (Γ),
9. menghitung rasio redaman (ξ),
10. mencari nilai q , dan
11. menghitung simpangan horizontal $y(t)$.

4.3 Pengujian

Dalam tugas akhir ini pengujian yang dilakukan mencakup pengaruh penggunaan *Magnetorheological damper* terhadap nilai simpangan yang terjadi, sehingga dengan penggunaan alat peredam tersebut diharapkan bangunan tingkat tinggi dapat terhindar dari simpangan yang besar yang dapat mengakibatkan keruntuhan bangunan. Peredam yang digunakan pada tugas akhir ini adalah peredam ganda dengan nilai kapasitas yang berbeda yaitu nilai kapasitas 22,5 kip/(in/sec) yang selanjutnya disebut *MR Damper A* dan nilai kapasitas 7,5

kip/(in/sec) yang disebut *MR Damper B*. Variasi perletakan *MR Damper* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Pengujian data menggunakan program komputer untuk mempermudah pengujian dan ketepatan perhitungan. Program komputer yang digunakan adalah *Mat Lab* untuk mengolah data dan *Excel* untuk mengolah grafik.

Tabel 4.1 Pengujian terhadap Perletakan *Magnetorheological Damper*

Variasi Peredam	Letak Peredam	Gambar no.	Persamaan Matrik
1	Tanpa Peredam Tambahan	(4.1)	(4.1)
2	Kedua <i>MR Damper</i> pada Tingkat 1	(4.2)	(4.2)
3	Kedua <i>MR Damper</i> pada Tingkat 2	(4.3)	(4.3)
4	Kedua <i>MR Damper</i> pada Tingkat 3	(4.4)	(4.4)
5	Kedua <i>MR Damper</i> pada Tingkat 4	(4.5)	(4.5)
6	Kedua <i>MR Damper</i> pada Tingkat 5	(4.6)	(4.6)
7	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 1 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 2	(4.7)	(4.7)
8	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 1 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 3	(4.8)	(4.8)
9	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 1 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 4	(4.9)	(4.9)

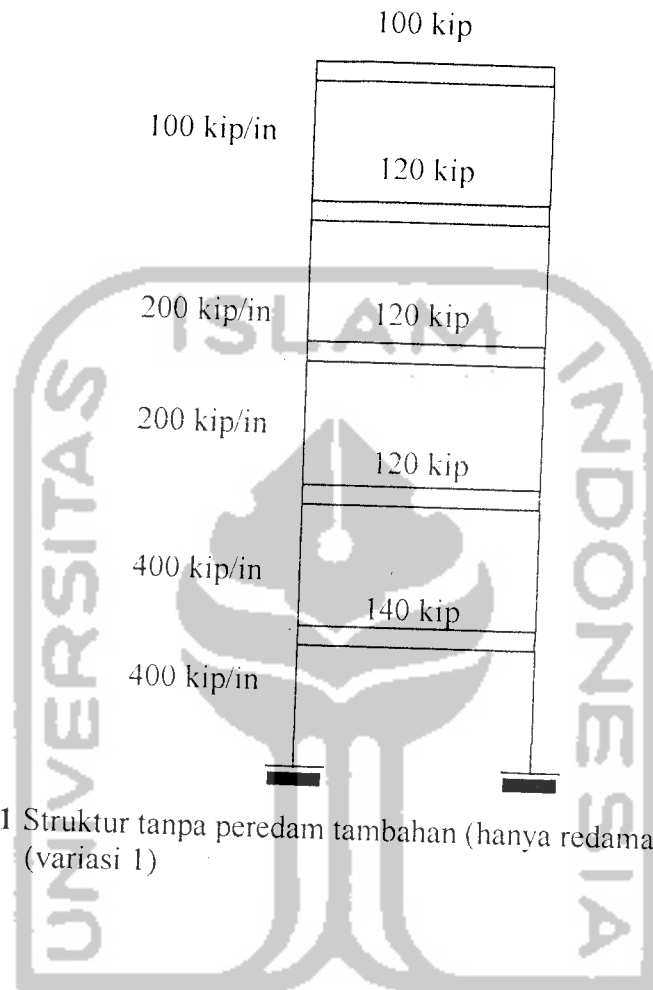
Tabel 4.1 Lanjutan

Variasi Peredam	Letak Peredam	Gambar no.	Persamaan Matrik
10	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 1 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 5	(4.10)	(4.10)
11	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 2 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 1	(4.11)	(4.11)
12	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 2 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 3	(4.12)	(4.12)
13	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 2 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 4	(4.13)	(4.13)
14	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 2 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 5	(4.14)	(4.14)
15	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 3 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 1	(4.15)	(4.15)
16	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 3 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 2	(4.16)	(4.16)
17	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 3 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 4	(4.17)	(4.17)
18	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 3 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 5	(4.18)	(4.18)

Tabel 4.1 Lanjutan

Variasi Peredam	Letak Peredam	Gambar no.	Persamaan Matrik
19	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 4 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 5	(4.19)	(4.19)
20	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 4 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 1	(4.20)	(4.20)
21	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 4 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 2	(4.21)	(4.21)
22	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 4 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 3	(4.22)	(4.22)
23	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 5 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 1	(4.23)	(4.23)
24	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 5 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 2	(4.24)	(4.24)
25	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 5 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 3	(4.25)	(4.25)
26	<i>MR Damper A</i> pada Tingkat 5 dan <i>MR Damper B</i> pada Tingkat 4	(4.26)	(4.26)

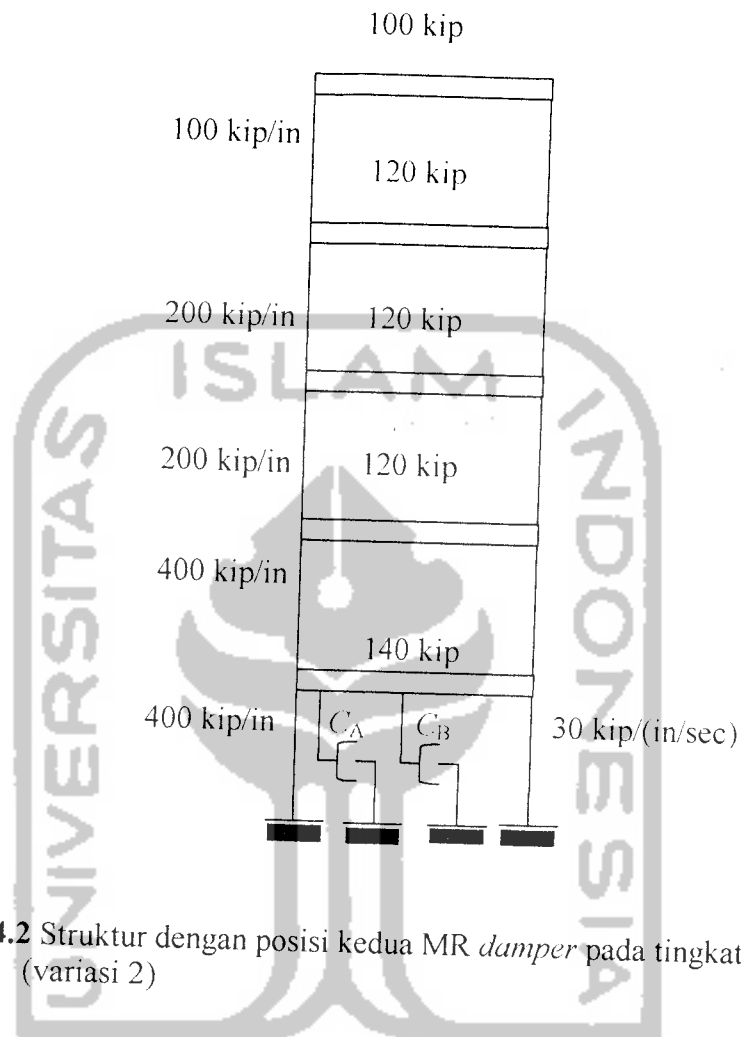
1. Posisi tanpa peredam tambahan.



Gambar 4.1 Struktur tanpa peredam tambahan (hanya redaman dalam struktur) (variasi 1)

$$[C] = \begin{bmatrix} 2,08 & -1,04 & 0 & 0 & 0 \\ -1,04 & 2,08 & -1,04 & 0 & 0 \\ 0 & -1,04 & 2,08 & -1,04 & 0 \\ 0 & 0 & -1,04 & 2,08 & -1,04 \\ 0 & 0 & 0 & -1,04 & 1,04 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

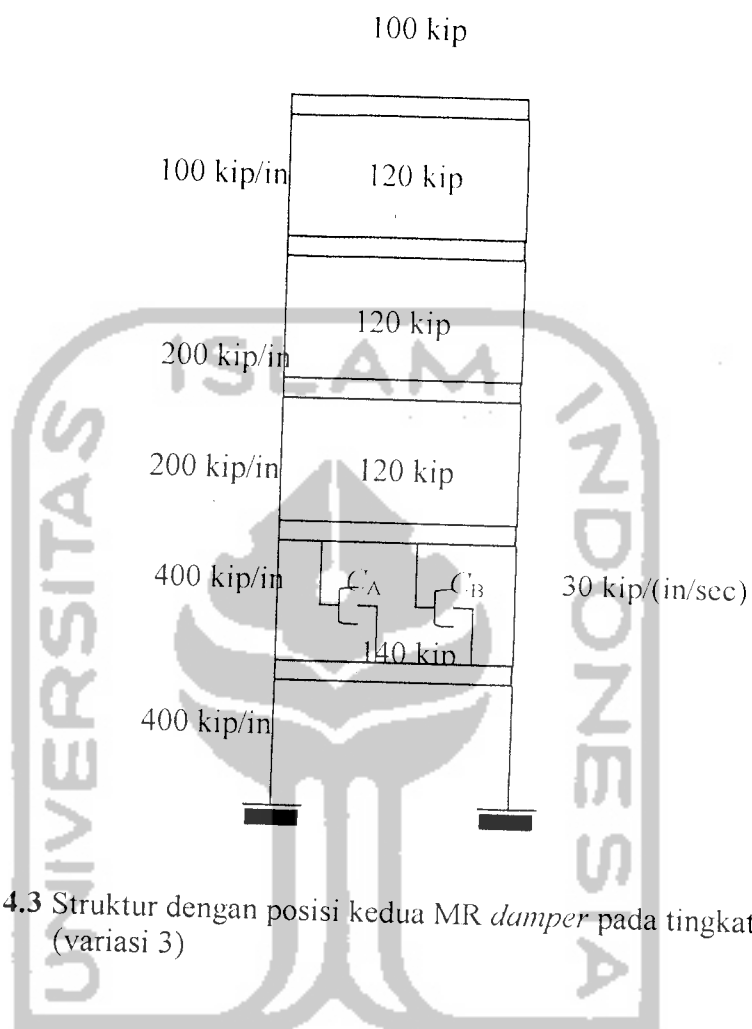
2. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat pertama



Gambar 4.2 Struktur dengan posisi kedua MR *dampers* pada tingkat pertama (variasi 2)

$$[C_2] = \begin{bmatrix} 30 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

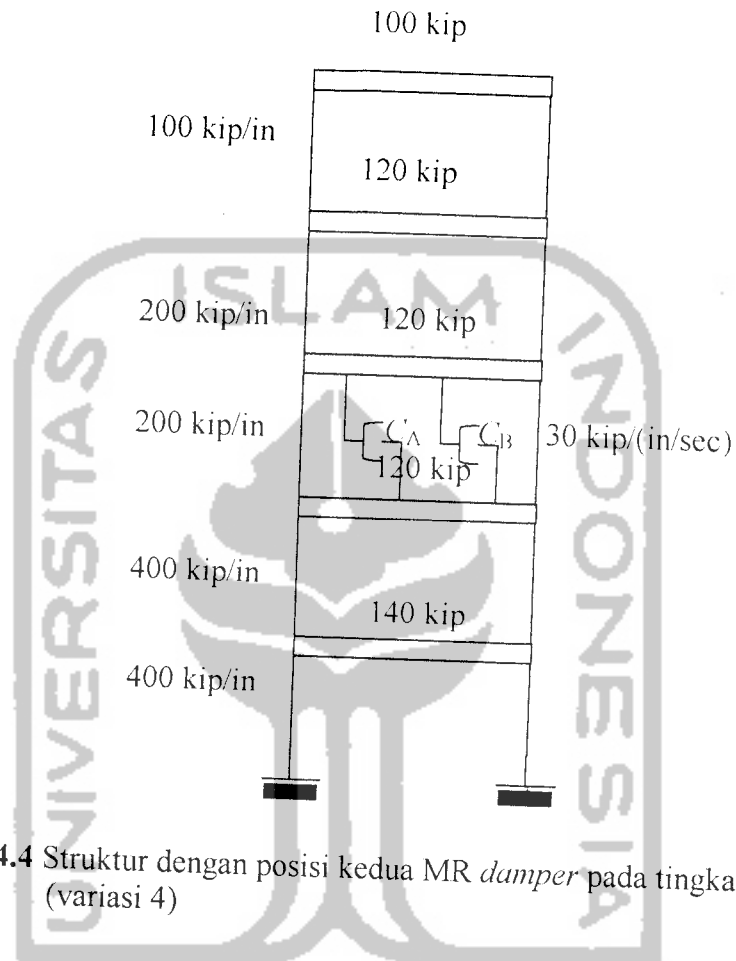
3. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat kedua



Gambar 4.3 Struktur dengan posisi kedua MR *dampers* pada tingkat kedua (variasi 3)

$$[C_3] = \begin{bmatrix} 30 & -30 & 0 & 0 & 0 \\ -30 & 30 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

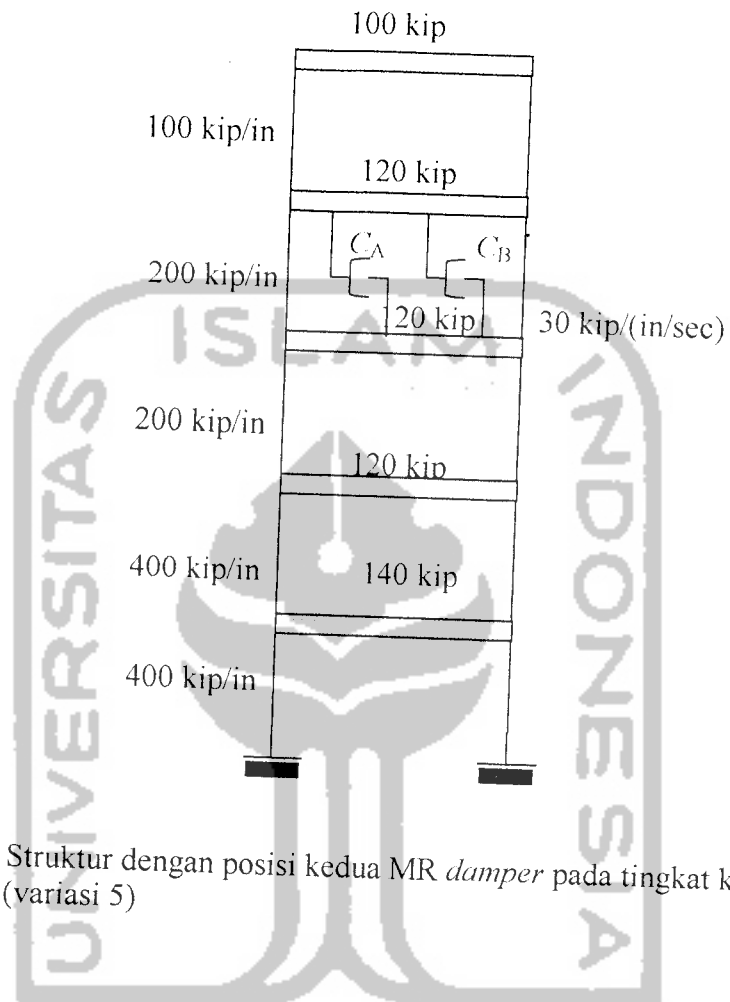
4. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat ketiga



Gambar 4.4 Struktur dengan posisi kedua MR *damper* pada tingkat ketiga (variasi 4)

$$[C_4] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 30 & -30 & 0 & 0 \\ 0 & -30 & 30 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

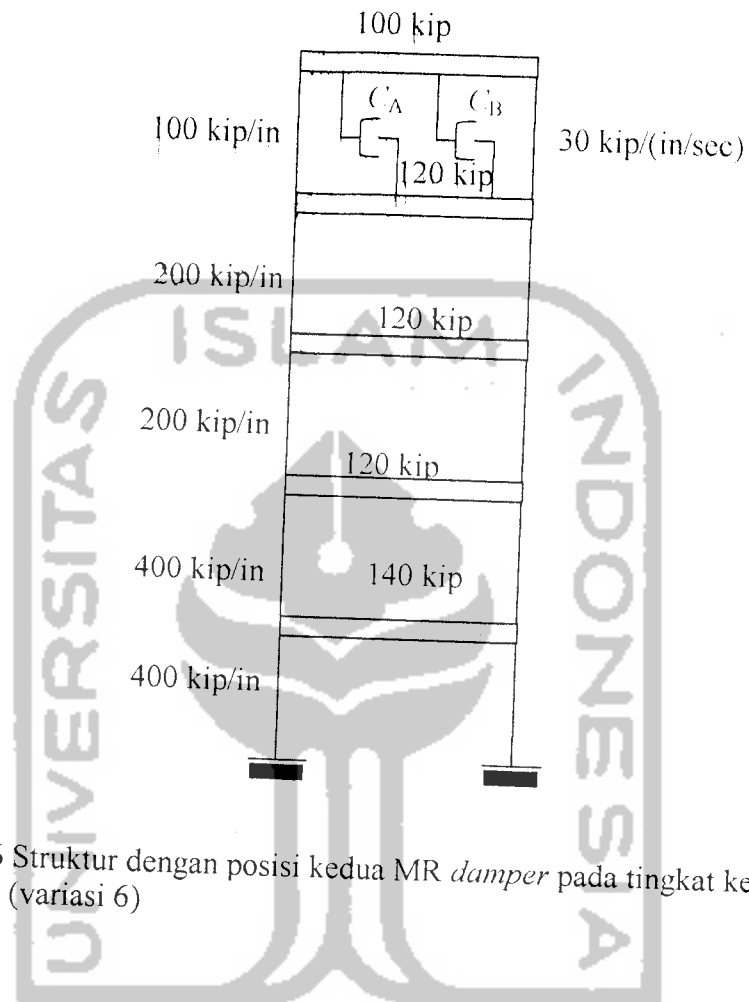
5. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat keempat



Gambar 4.5 Struktur dengan posisi kedua MR *damper* pada tingkat keempat (variasi 5)

$$[C_5] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 30 & -30 & 0 \\ 0 & 0 & -30 & 30 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

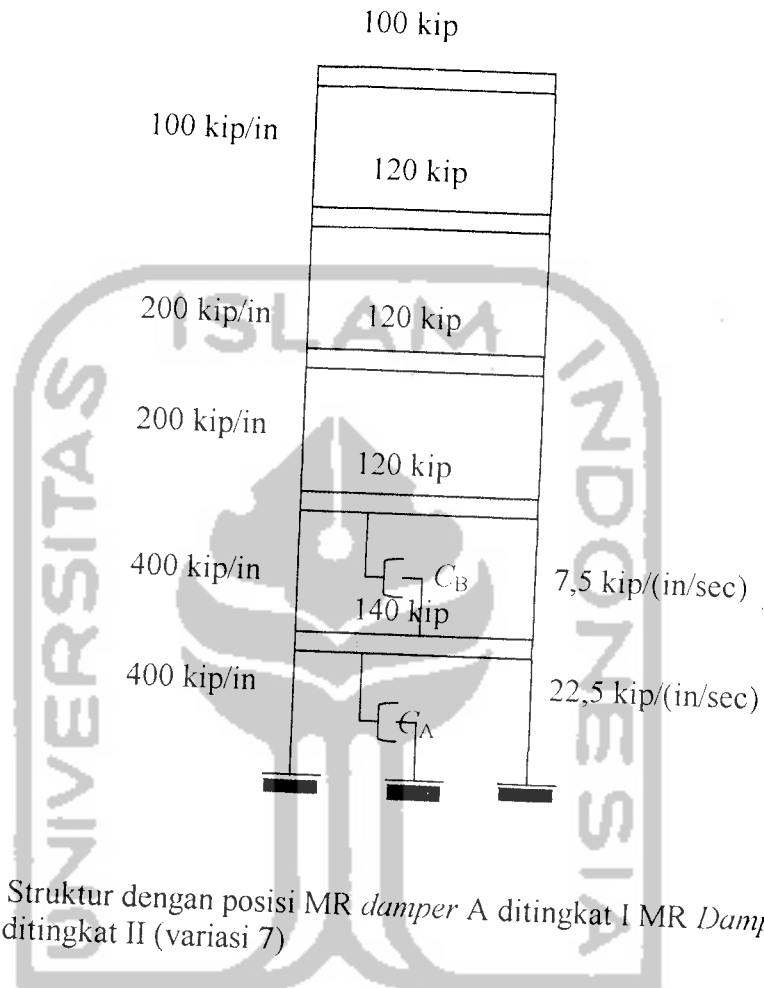
6. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat kelima



Gambar 4.6 Struktur dengan posisi kedua MR *damper* pada tingkat kelima (variasi 6)

$$[C_6] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 30 & -30 \\ 0 & 0 & 0 & -30 & 30 \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

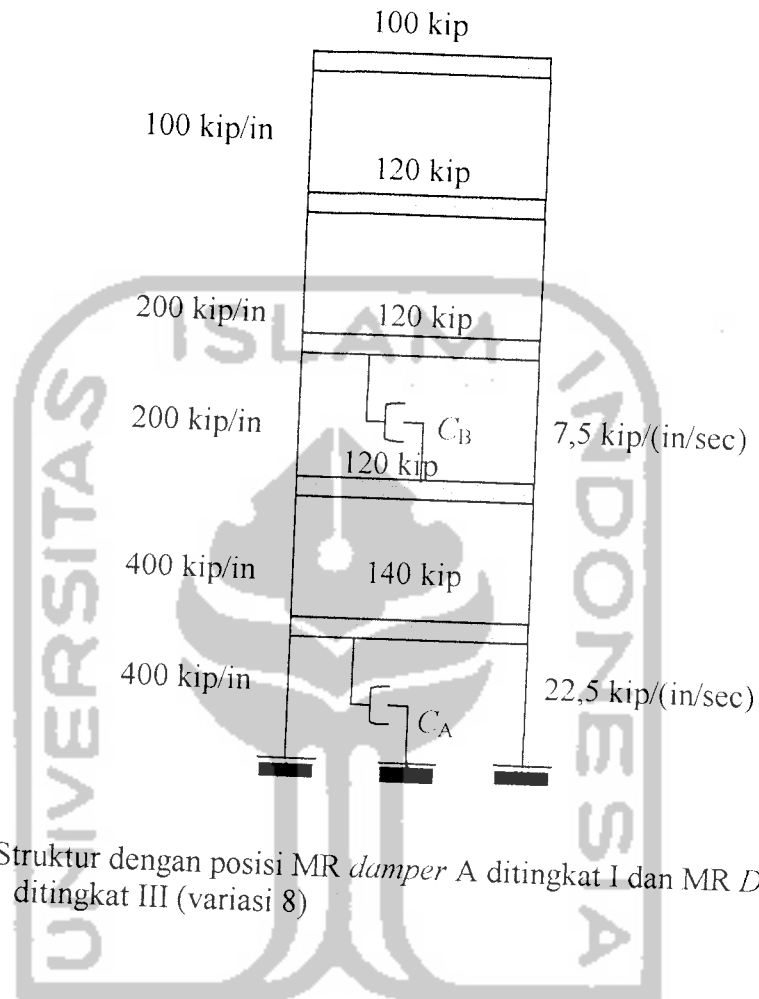
7. Posisi *Magnetorheological Damper A* di tingkat I dan *MR Damper B* ditingkat II



Gambar 4.7 Struktur dengan posisi *MR damper A* ditingkat I *MR Damper B* ditingkat II (variasi 7)

$$[C_7] = \begin{bmatrix} 30 & -7,5 & 0 & 0 & 0 \\ -7,5 & 7,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

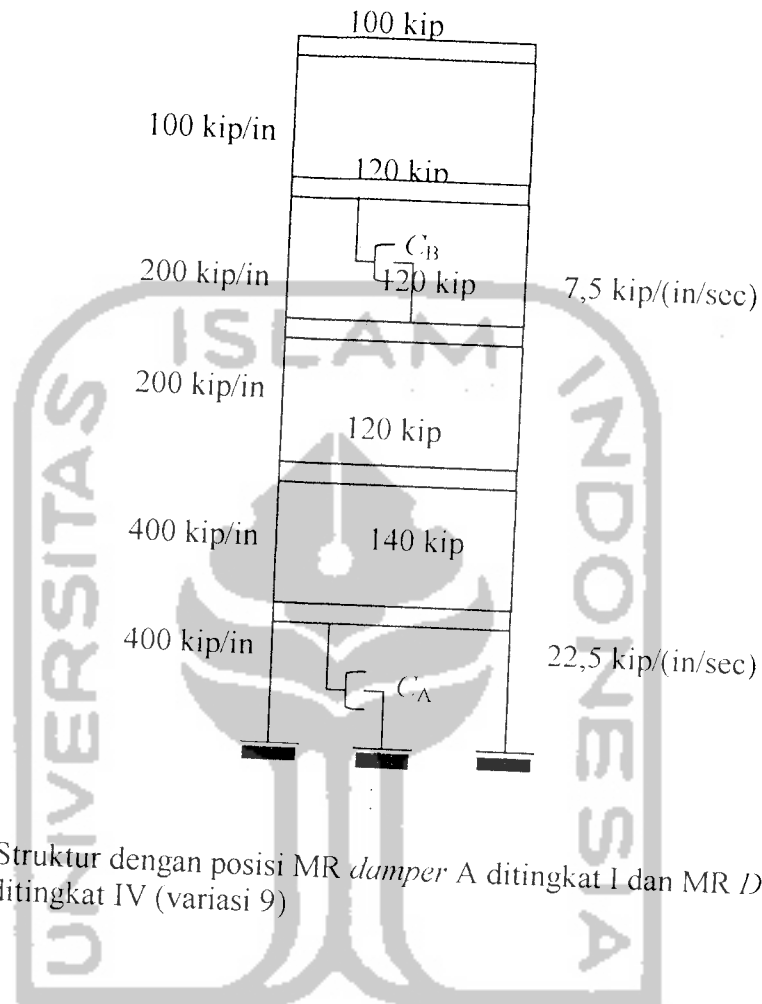
8. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat I dan *MR Damper B* ditingkat III



Gambar 4.8 Struktur dengan posisi *MR damper A* ditingkat I dan *MR Damper B* ditingkat III (variasi 8)

$$[C_8] = \begin{bmatrix} 22,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7,5 & -7,5 & 0 & 0 \\ 0 & -7,5 & 7,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

9. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat I dan MR Damper B ditingkat IV

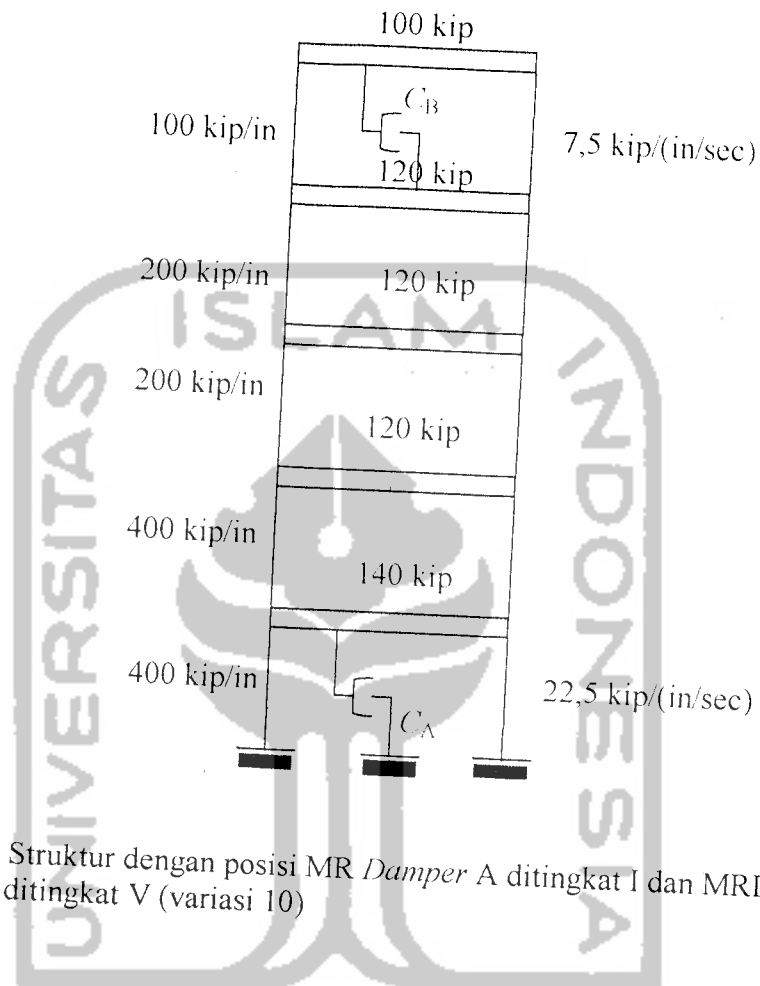


Gambar 4.9 Struktur dengan posisi MR damper A ditingkat I dan MR Damper B ditingkat IV (variasi 9)

$$[C_9] = \begin{bmatrix} 22,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7,5 & -7,5 & 0 \\ 0 & 0 & -7,5 & 7,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.9)$$



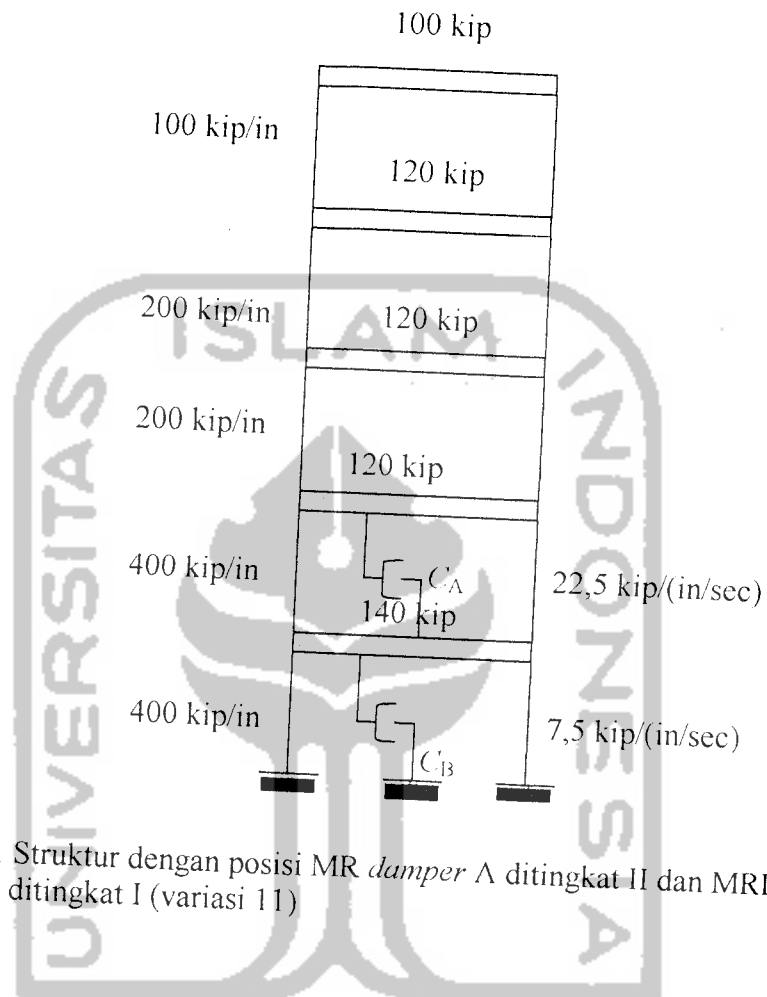
10. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat I dan *MR Damper B* ditingkat V



Gambar 4.10 Struktur dengan posisi *MR Damper A* ditingkat I dan *MR Damper B* ditingkat V (variasi 10)

$$[C_{10}] = \begin{bmatrix} 22,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7,5 & -7,5 \\ 0 & 0 & 0 & -7,5 & 7,5 \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

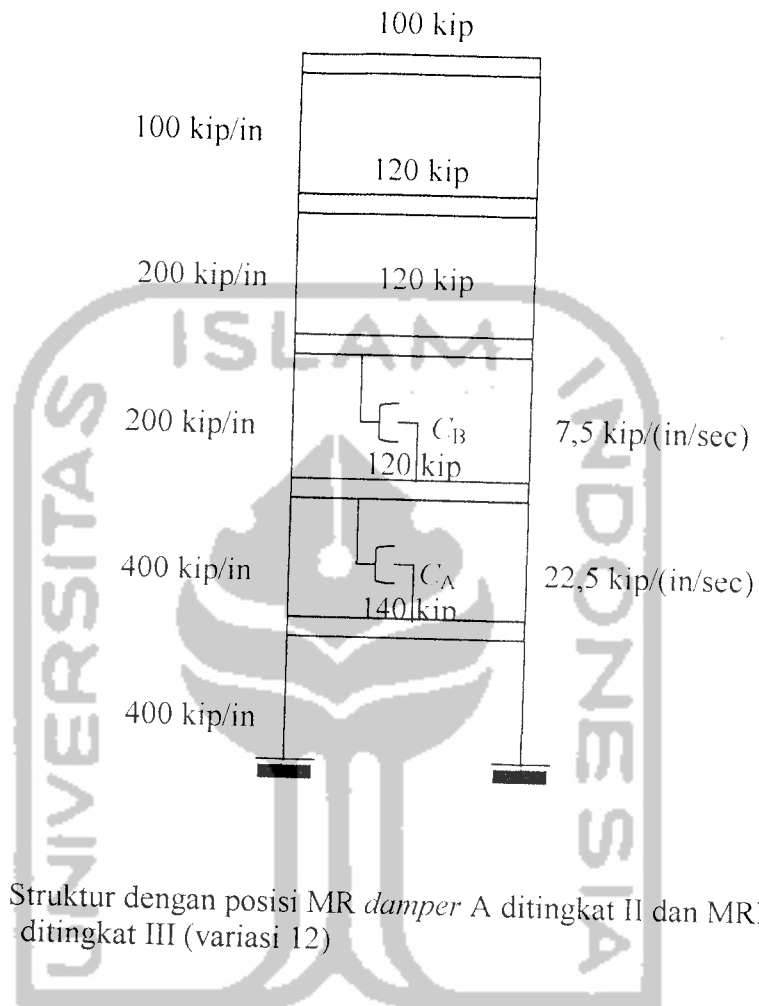
11. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat II dan MR *Damper B* ditingkat I



Gambar 4.11 Struktur dengan posisi MR *damper A* ditingkat II dan MR *Damper B* ditingkat I (variasi 11)

$$[C_{11}] = \begin{bmatrix} 30 & -22,5 & 0 & 0 & 0 \\ -22,5 & 22,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

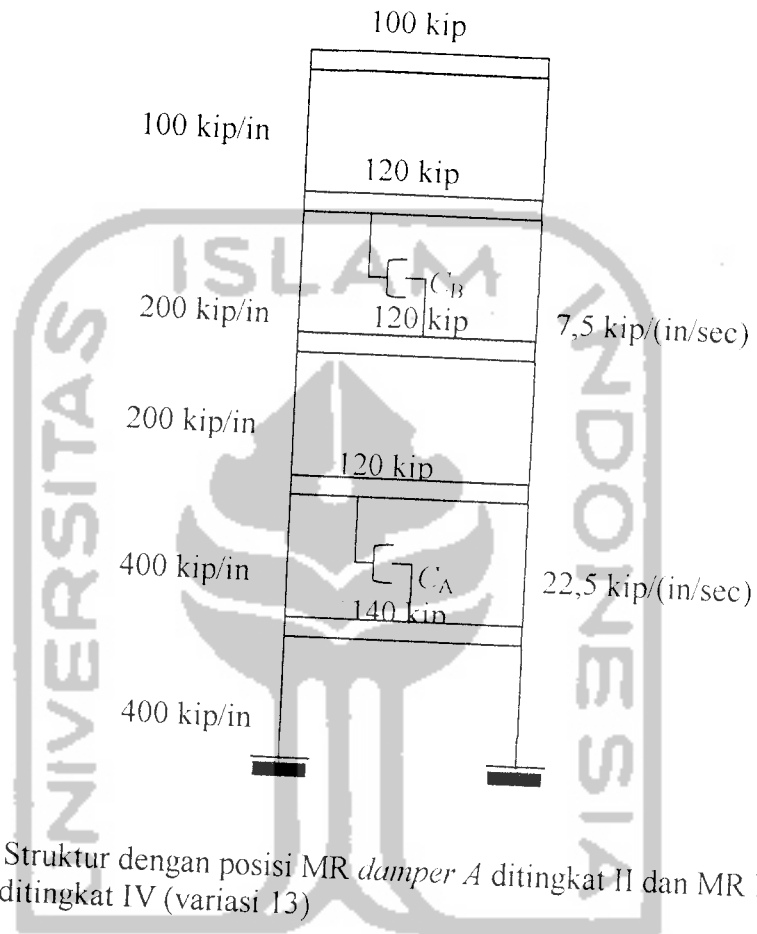
12. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat II dan *MR Damper B* ditingkat III



Gambar 4.12 Struktur dengan posisi MR *damper A* ditingkat II dan MR *Damper B* ditingkat III (variasi 12)

$$[C_{12}] = \begin{bmatrix} 22,5 & -22,5 & 0 & 0 & 0 \\ -22,5 & 30 & -7,5 & 0 & 0 \\ 0 & -7,5 & 7,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

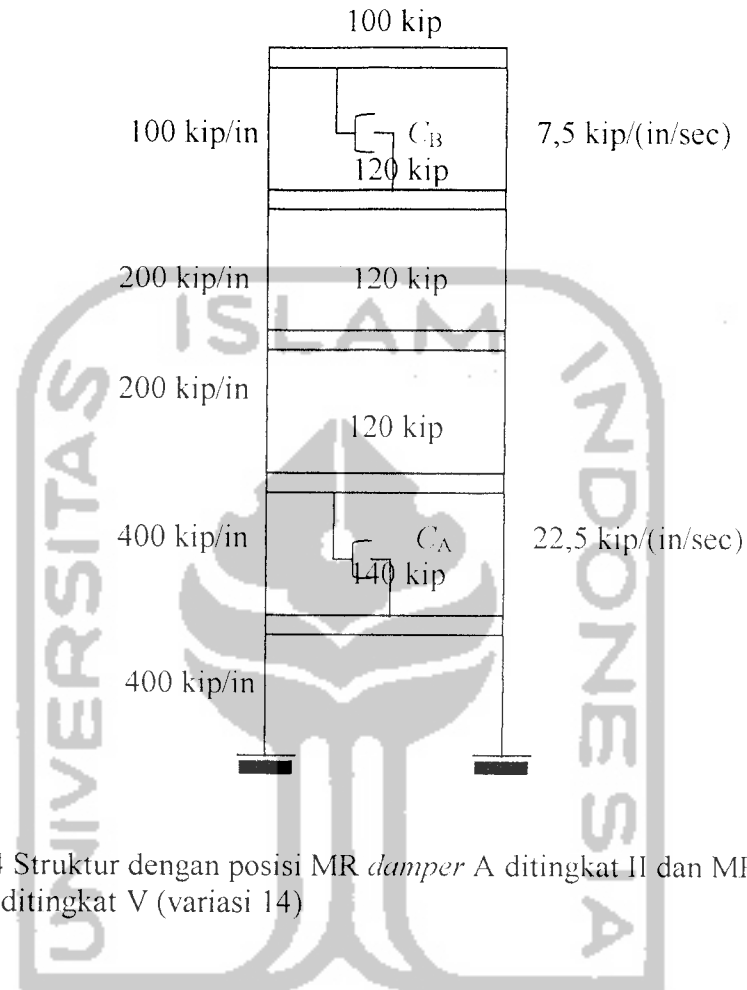
13. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat II dan MR Damper B ditingkat IV



Gambar 4.13 Struktur dengan posisi MR *damper A* ditingkat II dan MR Damper ditingkat IV (variasi 13)

$$[C_{13}] = \begin{bmatrix} 22,5 & -22,5 & 0 & 0 & 0 \\ -22,5 & 22,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7,5 & -7,5 & 0 \\ 0 & 0 & -7,5 & 7,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

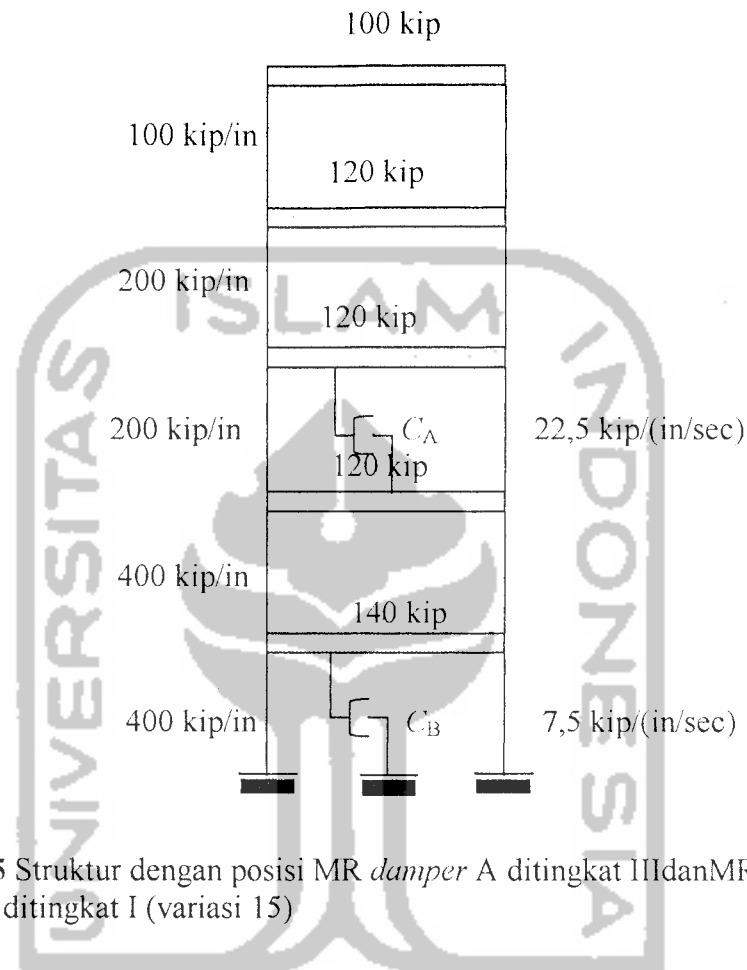
14. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat II dan MR Damper B ditingkat V



Gambar 4.14 Struktur dengan posisi MR *damper A* ditingkat II dan MR Damper B ditingkat V (variasi 14)

$$[C_{14}] = \begin{bmatrix} 22,5 & -22,5 & 0 & 0 & 0 \\ -22,5 & 22,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7,5 & -7,5 \\ 0 & 0 & 0 & -7,5 & 7,5 \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

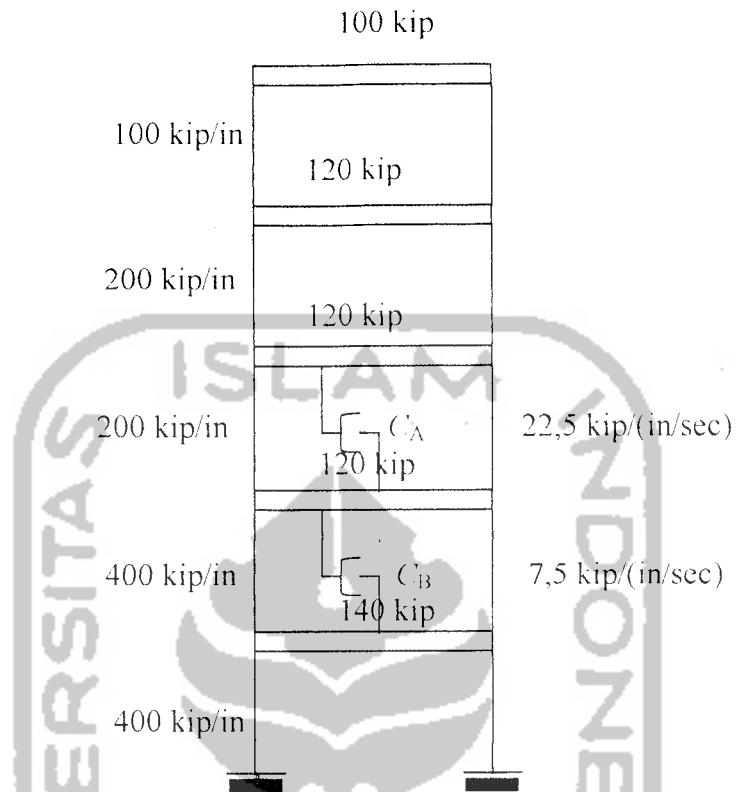
15. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat III dan *MR Damper B* ditingkat I



Gambar 4.15 Struktur dengan posisi *MR damper A* ditingkat III dan *MR Damper B* ditingkat I (variasi 15)

$$[C_{15}] = \begin{bmatrix} 7,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 22,5 & -22,5 & 0 & 0 \\ 0 & -22,5 & 22,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

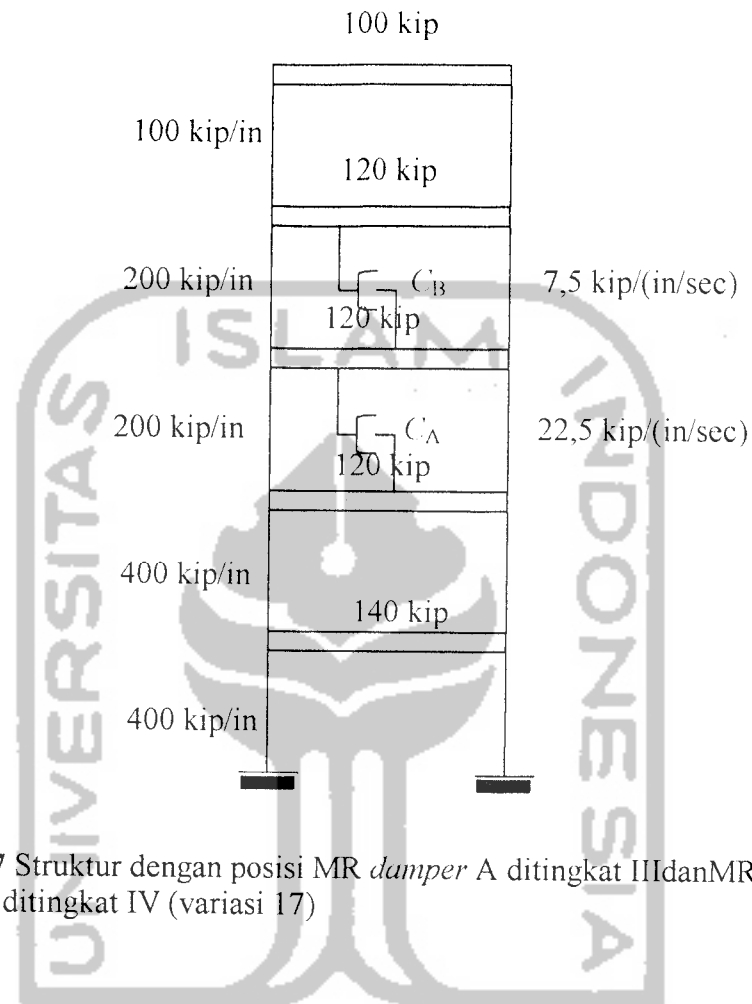
16. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat III dan MR Damper B ditingkat II



Gambar 4.16 Struktur dengan posisi MR *damper A* ditingkat III dan MR *damper B* ditingkat II (variasi 16)

$$[C_{16}] = \begin{bmatrix} 7,5 & -7,5 & 0 & 0 & 0 \\ -7,5 & 30 & -22,5 & 0 & 0 \\ 0 & -22,5 & 22,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

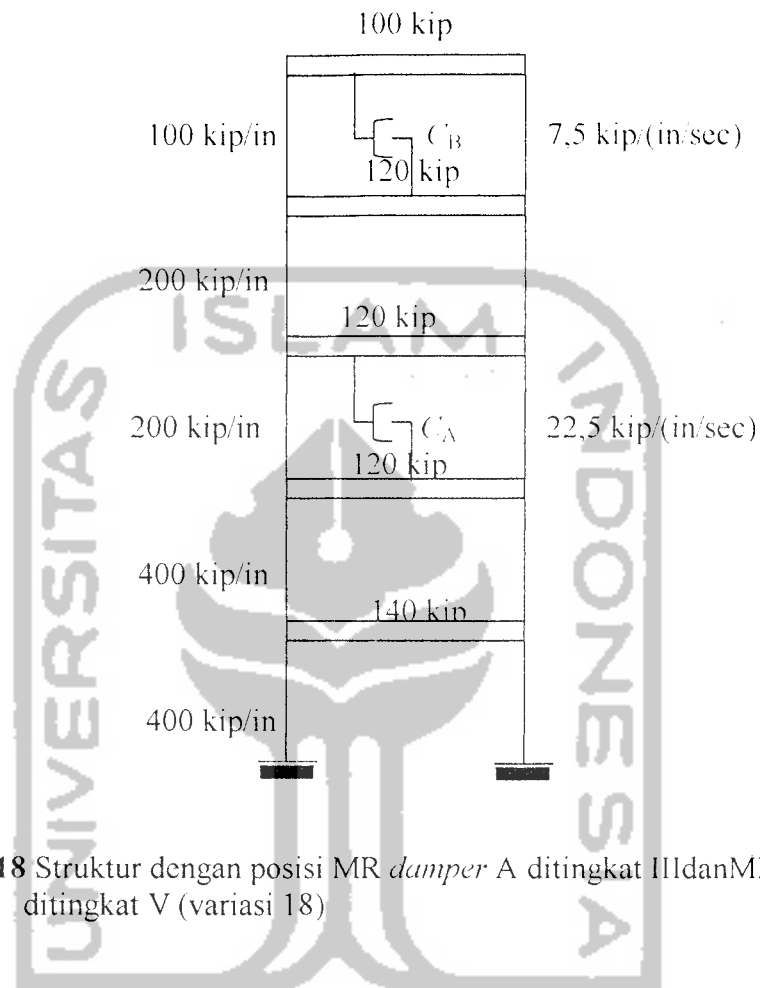
17. Posisi *Magnetorheological Damper* A ditingkat III dan MR Damper B ditingkat IV



Gambar 4.17 Struktur dengan posisi MR *damper* A ditingkat III dan MR Damper B ditingkat IV (variasi 17)

$$[C_{17}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 22,5 & -22,5 & 0 & 0 \\ 0 & -22,5 & 30 & -7,5 & 0 \\ 0 & 0 & -7,5 & 7,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

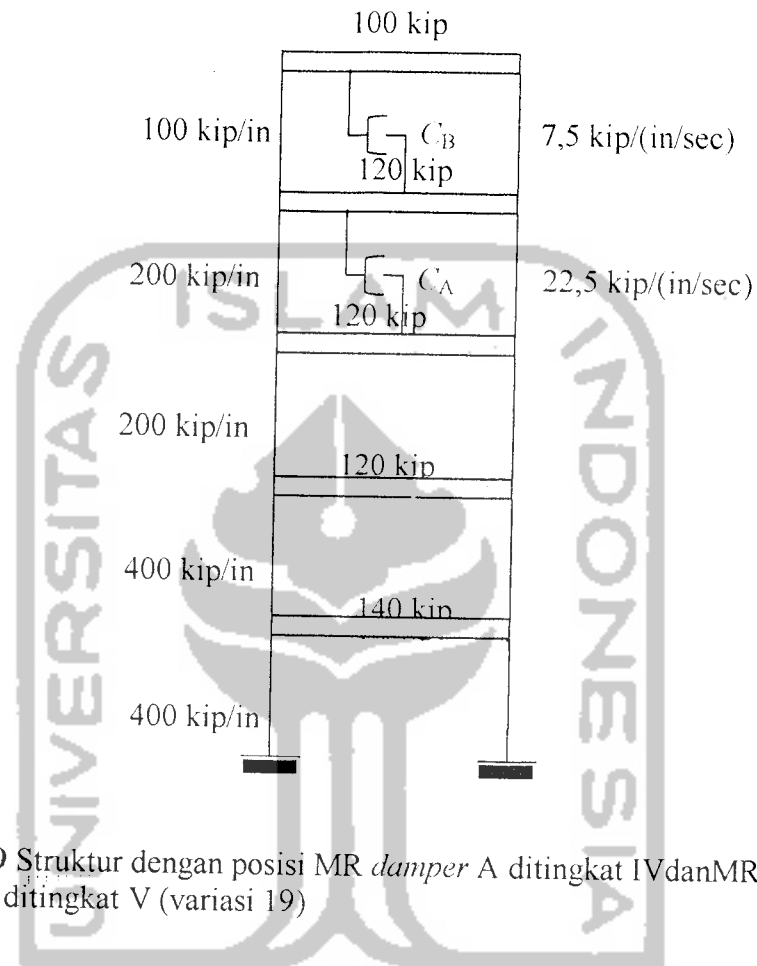
18. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat III dan MR Damper B ditingkat V



Gambar 4.18 Struktur dengan posisi MR *dampers* A ditingkat III dan MR Damper B ditingkat V (variasi 18)

$$[C_{18}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 22,5 & -22,5 & 0 & 0 \\ 0 & -22,5 & 22,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7,5 & -7,5 \\ 0 & 0 & 0 & -7,5 & 7,5 \end{bmatrix} \quad (4.18)$$

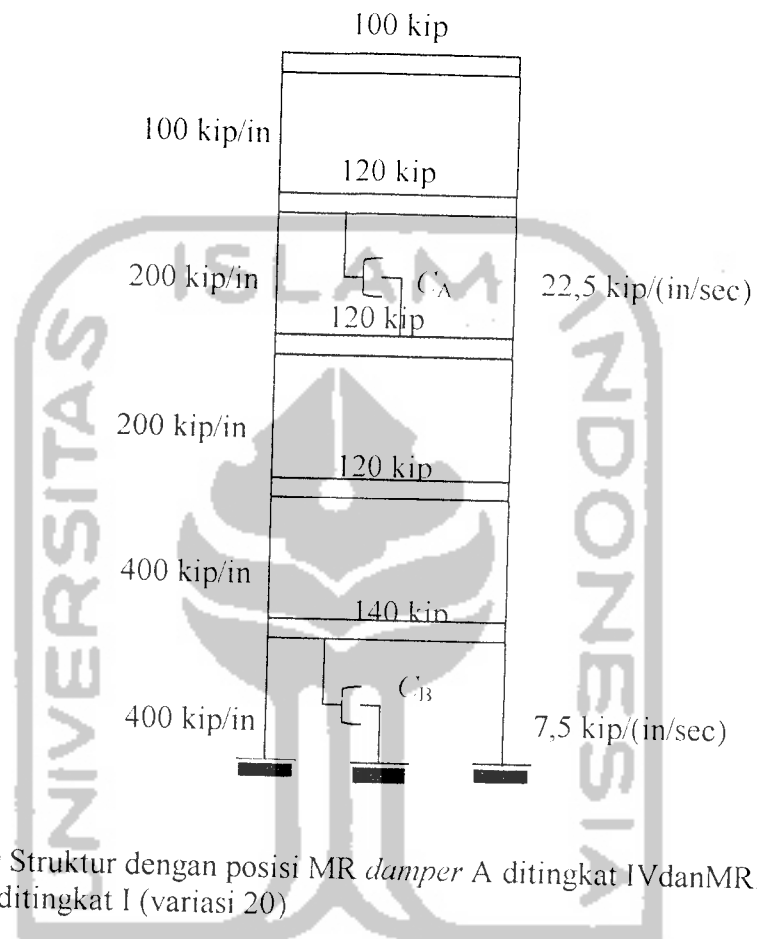
19. Posisi *Magnetorheological Damper* A ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat V



Gambar 4.19 Struktur dengan posisi MR *damper* A ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat V (variasi 19)

$$[C_{19}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 22,5 & -22,5 & 0 \\ 0 & 0 & -22,5 & 30 & -7,5 \\ 0 & 0 & 0 & -7,5 & 7,5 \end{bmatrix} \quad (4.19)$$

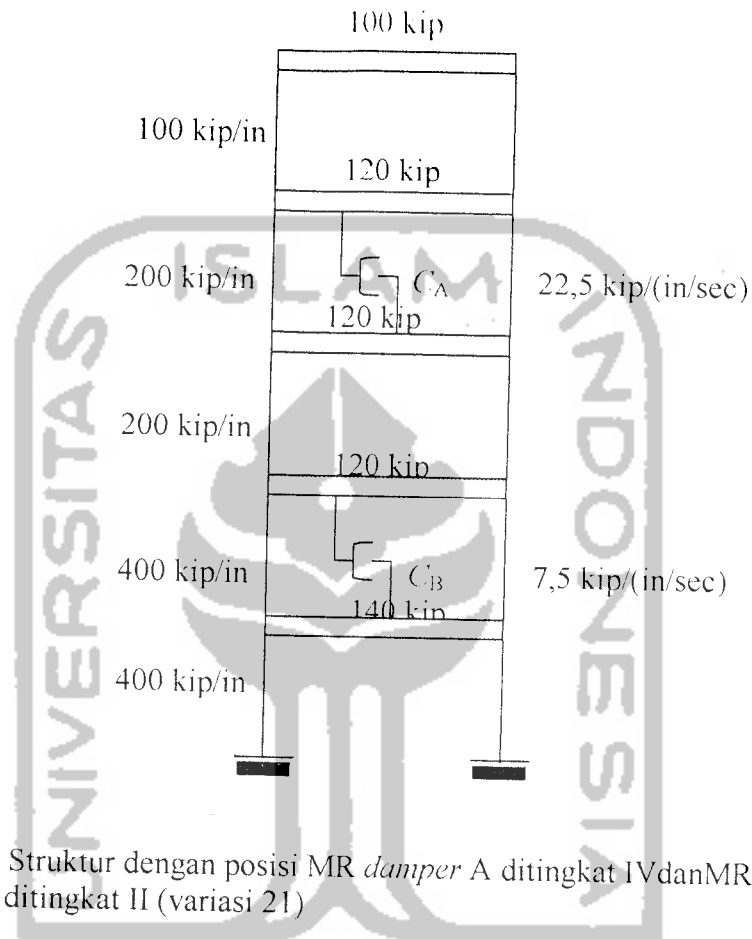
20. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat I



Gambar 4.20 Struktur dengan posisi MR *damper A* ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat I (variasi 20)

$$[C_{20}] = \begin{bmatrix} 7,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 22,5 & -22,5 & 0 \\ 0 & 0 & -22,5 & 22,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.20)$$

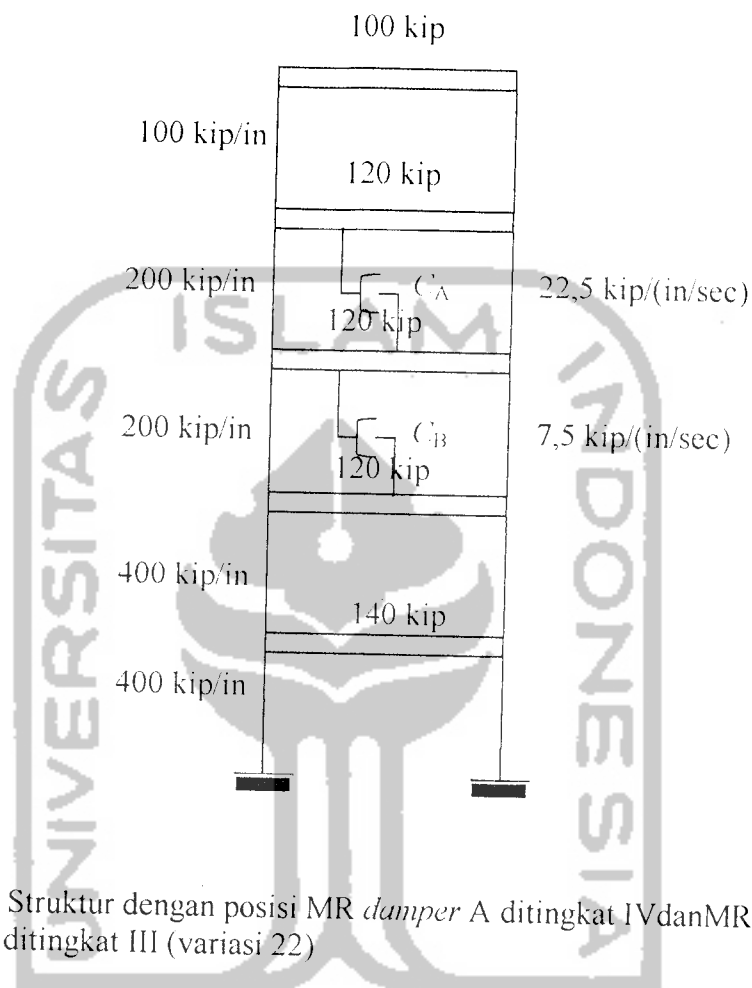
21. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat II



Gambar 4.21 Struktur dengan posisi MR damper A ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat II (variasi 21)

$$[C_{21}] = \begin{bmatrix} 7,5 & -7,5 & 0 & 0 & 0 \\ -7,5 & 7,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 22,5 & -22,5 & 0 \\ 0 & 0 & -22,5 & 22,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.21)$$

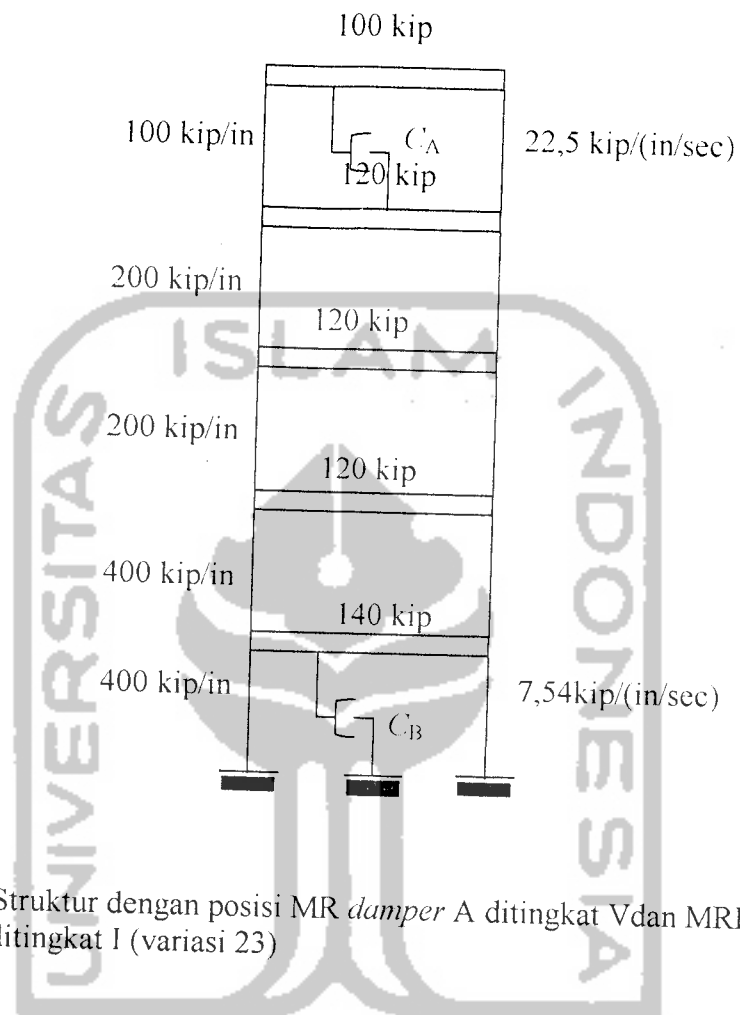
22. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat III



Gambar 4.22 Struktur dengan posisi MR *damper A* ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat III (variasi 22)

$$[C_{22}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7,5 & -7,5 & 0 & 0 \\ 0 & -7,5 & 30 & -22,5 & 0 \\ 0 & 0 & -22,5 & 22,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.22)$$

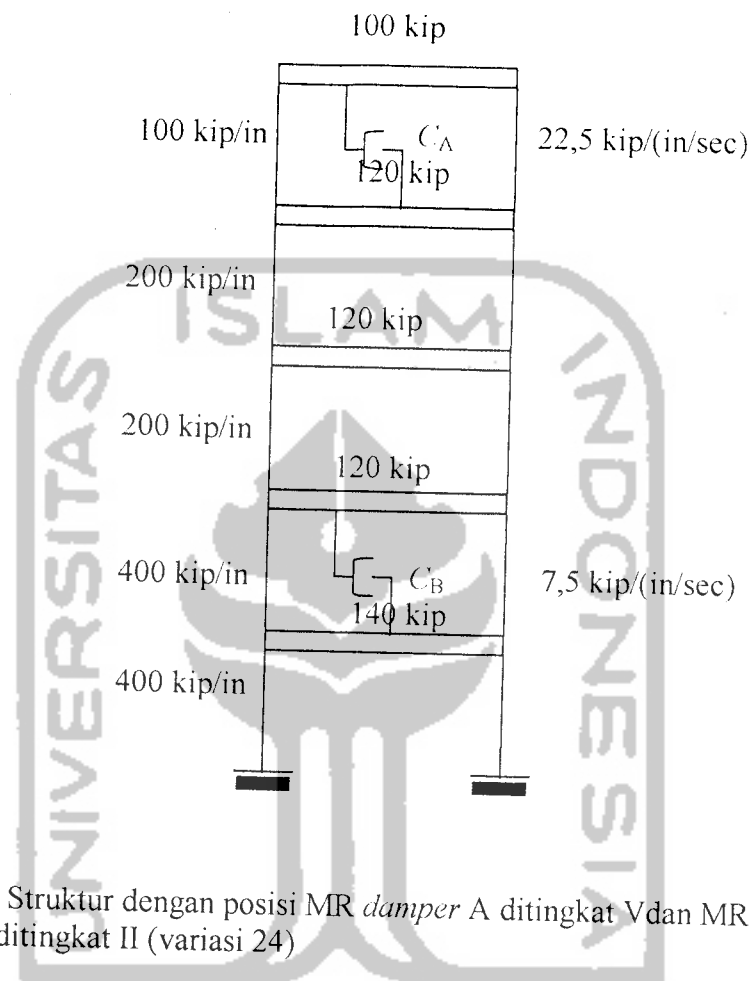
23. Posisi *Magnetorheological Damper* A ditingkat V dan MR Damper B ditingkat I



Gambar 4.23 Struktur dengan posisi MR *dampers* A ditingkat V dan MR Damper B ditingkat I (variasi 23)

$$[C_{23}] = \begin{bmatrix} 7,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 22,5 & -22,5 \\ 0 & 0 & 0 & -22,5 & 22,5 \end{bmatrix} \quad (4.23)$$

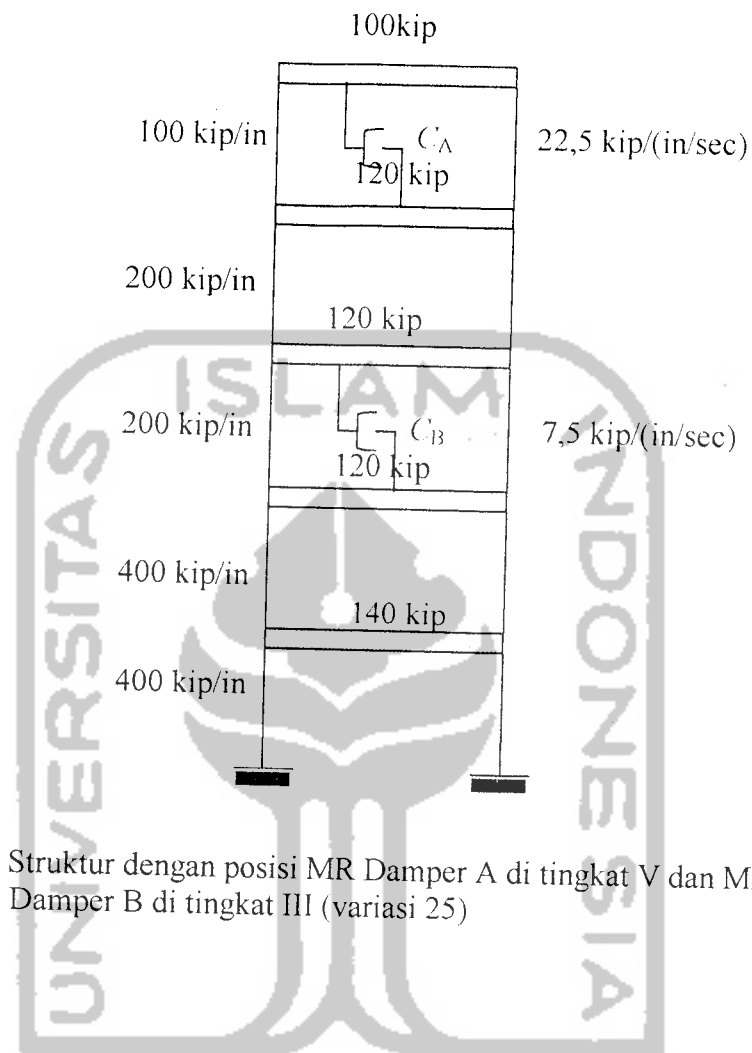
24. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat V dan MR Damper B ditingkat II



Gambar 4.24 Struktur dengan posisi MR *damper A* ditingkat V dan MR Damper B ditingkat II (variasi 24)

$$[C_{24}] = \begin{bmatrix} 7,5 & -7,5 & 0 & 0 & 0 \\ -7,5 & 7,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 22,5 & -22,5 \\ 0 & 0 & 0 & -22,5 & 22,5 \end{bmatrix} \quad (4.24)$$

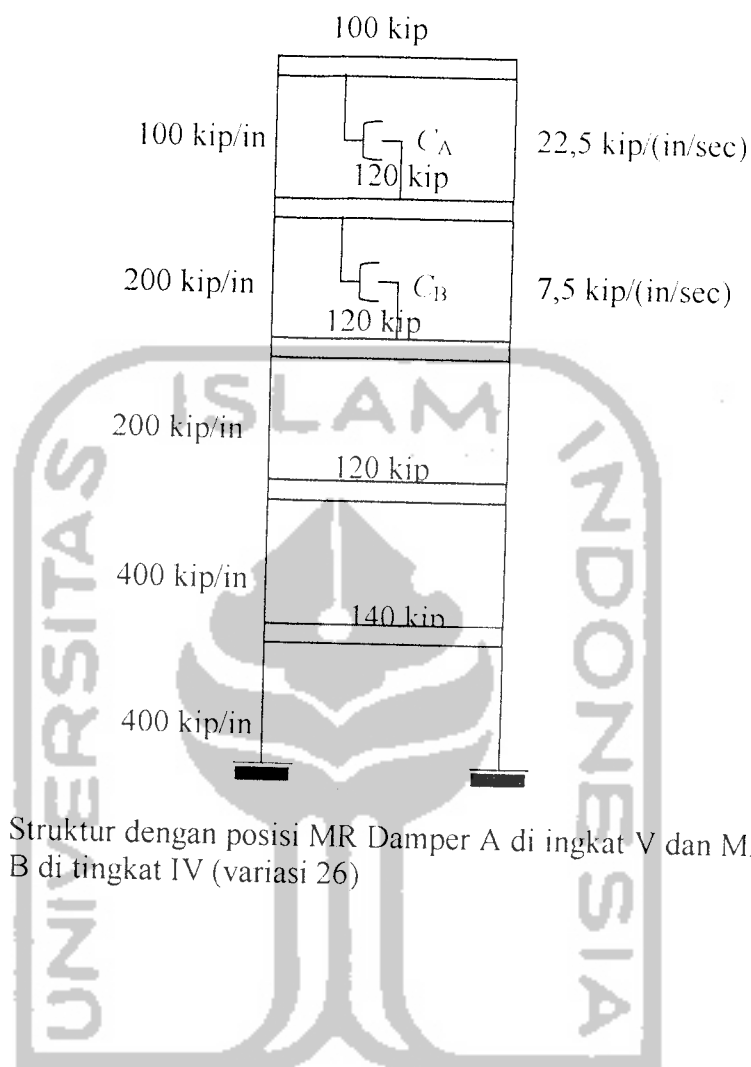
25. Posisi MR Damper A di tingkat V dan MR Damper B di tingkat III



Gambar 4.25 Struktur dengan posisi MR Damper A di tingkat V dan MR Damper B di tingkat III (variasi 25)

$$[C_{25}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7,5 & -7,5 & 0 & 0 \\ 0 & -7,5 & 7,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 225 & -225 \\ 0 & 0 & 0 & -225 & 225 \end{bmatrix} \quad (4.25)$$

26. Posisi MR Damper A di tingkat V dan MR Damper B di tingkat IV



Gambar 4.26 Struktur dengan posisi MR Damper A di tingkat V dan MR Damper B di tingkat IV (variasi 26)

$$[C_{26}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7,5 & -7,5 & 0 \\ 0 & 0 & -7,5 & 30 & -225 \\ 0 & 0 & 0 & -225 & 225 \end{bmatrix} \quad (4.26)$$