

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 HADIRAH
 TGL TERIMA : 9-1-2001
 NO. JUDUL :
 NO. INV. : 309/1/2001
 NO. BUKU :
 5120003350001

TUGAS AKHIR

**PENEMPATAN EFEKTIF REDAMAN GANDA DENGAN
 NILAI KAPASITAS BERBEDA UNTUK MENGURANGI
 SIMPANGAN PADA BANGUNAN TINGKAT BANYAK**



DISUSUN OLEH:

HERLINA KUSUMA WARDANI

No Mhs : 96310157

NIRM: 960051013114120135

ENDAH SULISTYANINGSIH

No Mhs : 94310297

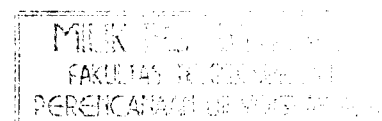
NIRM: 9400510131141200288

TA
 G24 176 2
 WAR
 P
 C1

JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2001



TUGAS AKHIR

**PENEMPATAN EFEKTIF REDAMAN GANDA
DENGAN NILAI KAPASITAS BERBEDA UNTUK
MENGURANGI SIMPANGAN PADA BANGUNAN
TINGKAT BANYAK**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil**

Oleh :

**Nama : HERLINA KUSUMA WARDHANI
No Mhs : 96 310 157
NIRM : 960051013114120135**

**Nama : ENDAH SULISTYANINGSIH
No. Mhs : 94 310 297
NIRM : 9400510131141200288**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2001

TUGAS AKHIR


PENEMPATAN EFEKTIF REDAMAN GANDA
DENGAN NILAI KAPASITAS BERBEDA UNTUK
MENGURANGI SIMPANGAN PADA BANGUNAN
TINGKAT BANYAK

Nama : HERLINA KUSUMA WARDHANI
No Mhs : 96 310 157
NIRM : 960051013114120135

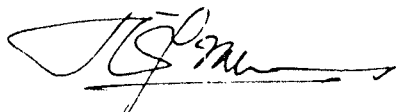
Nama : ENDAH SULISTYANINGSIH
No. Mhs : 94 310 297
NIRM : 9400510131141200288

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Sarwidi, MSc, P.hD.
Dosen Pembimbing I


Tanggal : 05/04/2021

Ir. Helmy Akbar Bale, MT.
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 05/04/2021

Karya tulis ini saya persembahkan untuk:

Ibuku tercinta (alm. Marliyah)

Ibu, maafkan Lina karena nggak bisa memenuhi harapan ibu. Lina menyelesaikan tugas akhir setelah ibu tiada. Semua dukungan, semangat dan doa ibu selama ibu sehat sangat membantu Lina dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Ya Allah, terimalah Ibu di sisi Engkau dan ampunilah dosa Ibu.

Suamiku tersayang (Edy Sutrisno)

Suamiku yang selalu menemani Lina mengerjakan TA, selalu ngasih sen angat disaat Lina lemah, selalu membantu dan memberi dukungan disaat Lina punya masalah dan kesulitan, yaah...pokoknya semua cinta dan kesetiaan mas ET.

Jagoan kecilku (Hanif)

Tawa, dan semua kelucuannya selalu membuat Lina bahagia. Anakku, cepet gedhe dan cepet pintar ya...

Bapak, dan adik-adikku (Yunus, Wahyu, dan Khairiyah)

Bapakku yang selalu ngasih semangat, dukungan dan doa sampai Lina selesai kuliah.

Temen TA-ku (mbak Endah)

Dengan semua kesabarannya, pengertiannya selama ngerjain TA. Mbak Endah ngerti kalo Lina sibuk dan banyak kerjaan.

Temen-temen seperjuangan (Fani, Eka, Seno, Andri, Latif, dan Ahmed).

Kamu semua banyak nolong Lina, dari awal sampai akhir pendadaran. Dengan penuh perjuangan akhirnya Lina selesai juga lho....

Temen-temen Mbak Endah (mbak Arie, mbak Novi, Juhartono, Mita) dan temen-temen mas-ku (mas Bagus, Bowi, Cahyono, Andin, dan Slamet)

Karya ini kupersembahkan untuk

**Kedua orangtua* atas do'a, cinta, pengertian dan dorongan serta kesabaran yang tiada batas walau ananda dalam keadaan terburuk.

**Ka' Ifan* (sorry Ka' Dewi disewa dulu), *adikku Ita* (thank's for perhatian dan semangatnya), *adikku Priyo* (thank's for ngobrol bola tawa do'a pengertian serta kepercayaannya. "*adik-adikku*" (*Anggi, Mitha, Indri*) thank's for penginapan, driver dan nemenin nonton bola.

**Eyang putri, Bude, Pakde serta sepupuku di Magelang* thank's untuk pengertian, do'a kasih, perhatian.

Bulek, Om serta sepupu di Jakarta thank's untuk do'a dan perhatian serta haaa....heee....nya

Keluargaku di Yogya thank's atas segalanya

**Aa' Delphi* thank's untuk permainan terbaiknya, ayo berjuang terus untuk menjadi scudetto musim ini.

**Teman-terbaikku* yang selalu ada, *Novi* (thank's for pengetahuan dan kepercayaan), *Maya* (thank's for driver dan kegilaannya), *Ari* (thank's for kesabran memberitahuku), *Ani* (thank's for pengertiannya), *Ninik* (thank's for driver dan kesabaran), *Mba' wiwi'* (thank's for masukannya), *Hera* (thank's for pulang bareng keJakarta), *Ida* (thank's for driver dan kesabaran), *Yayuk* (thank's for kepercayaan), *Eem, Wati dan Dina* (thank's for menemaniku tidur)

Without so many thing that happen in my life for imagine years, be arround all friend and family that always be in my side good time or even in my bad time, i am only nothing

MOTTO

"Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku dan matiku hanyalah untuk Allah, Tuhan semesta alam " (QS Al An'aam 162)

"Dan Kami perintahkan kepada manusia (untuk berbuat baik) kepada kedua orang tua, ibu, bapak..."(QS Luqman 14)

"Hai, orang-orang yang beriman jadikanlah sholat dan sabar sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar "(QS Al Baqarah 153)

"Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya..."(QS Al Baqarah 286)

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu pasti ada kemudahan."
(QS Alam Nasroh 6)

"Barang siapa menempuh jalan untuk menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan jalan ke surga" (Hadits Rasulullah SAW)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullah wabarakatuh

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan ketekunan dan kesabaran sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam senantiasa tercurah pada Rasulullah SAW beserta para keluarga, sahabat serta pengikutnya sampai akhir jaman.

Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan kuliah pada jenjang strata 1 (S-1), fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir yang berjudul "Penempatar Efektif Redaman Ganda dengan Kapasitas Berbeda untuk Mengurangi Simpangan pada Bangunan Bertingkat Banyak", telah dilakukan usaha yang semaksimal mungkin untuk memperoleh hasil sebaik-baiknya sesuai dengan kemampuan dan pengetahuan yang telah dimiliki, berdasarkan pada buku referensi dan pedoman yang ada. Disadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan yang ada, untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan untuk kesempurnaan Tugas akhir.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini telah banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik moril maupun spirituil. Untuk itu terima kasih sebanyak-banyaknya dihaturkan kepada:

1. bapak Ir. H. Widodo, MScE, PhD, selaku Dekan fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. bapak Ir. H. Tadjuddin BM Aris, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. bapak Ir. H. Sarwidi MSc. Ph.D, selaku dosen pembimbing I
4. bapak Ir. Helmi Akbar Bale, MT, selaku dosen pembimbing II,
5. bapak, ibu (alm) dan suami tercinta, terima kasih atas do'a dan dorongan,
6. semua teman-teman yang telah banyak membantu, mbak Endah, Arie, Juhartono, Seno, Andri, Fani, Eka, Latif, dan Ahmed.
7. almamater Universitas Islam Indonesia, atas segala fasilitas dan kerja samanya, serta
8. semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Tidak ada yang dapat diberikan selain ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan yang telah diberikan, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Amin.

Wassamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, maret 2001

penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
ABSTRAKSI.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Pendekatan Masalah.....	4

1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Umum	7
2.2 <i>Magnethereological Damper</i>	8
2.3 Peneliutian Sejenis Sebelumnya	11
2.4 Pembahasan	13
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Sistem Berderajat Kebebasan Tunggal	14
3.2 Sistem Berderajat Kebebasan Banyak	16
3.3 <i>Mode Shape</i> dan Frekuensi	18
3.4 Persamaan Gerak Akibat Beban Gempa	21
3.5 Jenis-jenis Simpangan dan Efeknya Terhadap Kerusakan	23
3.6 Persamaan Differensial Independen (<i>Unclouping</i>)	25
3.7 Respon Struktur Terhadap Beban Gempa	29
BAB IV METODE PENELITIAN	32
4.1 Data yang Diperlukan	32
4.2 Pengolahan Data	32
4.3 Pengujian	33
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	63
5.1 Analisis	63
5.1.1 Ragam Bentuk (<i>Mode Shape</i>) dan Frekuensi Natural	64
5.1.2 Efek Redaman	67
5.1.3 Respon terhadap Beban Gempa Bumi	71

5.2 Pembahasan.....	74
5.2.1 Simpangan Relatif.....	75
5.2.2 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum.....	83
5.2.2.1 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 1.....	83
5.2.2.2 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 2.....	85
5.2.2.3 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 3.....	87
5.2.2.4 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 4.....	89
5.2.2.5 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 5.....	91
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	93
6.1 Kesimpulan.....	93
6.2 Saran.....	94

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Skema *Magnetorological Damper*
- Gambar 2.2 Skema Pemasangan *Magnetorological Damper*
- Gambar 3.1 Model Sistem SDOF Akibat Beban Dinamik
- Gambar 3.2 Model Sistem MDOF Akibat Beban Dinamik
- Gambar 3.3 Percepatan tanah Gempa El Centro, 1940
- Gambar 3.4 Model Sistem SDOF Akibat Gempa
- Gambar 3.5 Model Simpangan
- Gambar 4.1 Struktur Tanpa Peredam Tambahan
- Gambar 4.2 Struktur Dengan Posisi Kedua *MR Damper* Pada Tingkat Pertama
- Gambar 4.3 Struktur Dengan Posisi Kedua *MR Damper* Pada Tingkat Ke Dua
- Gambar 4.4 Struktur Dengan Posisi Kedua *MR Damper* Pada Tingkat Ke Tiga
- Gambar 4.5 Struktur Dengan Posisi Kedua *MR Damper* Pada Tingkat Ke Empat
- Gambar 4.6 Struktur Dengan Posisi Kedua *MR Damper* Pada Tingkat Ke Lima
- Gambar 4.7 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 1 dan *MR Damper* B ditingkat 2
- Gambar 4.8 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 1 dan *MR Damper* B ditingkat 3
- Gambar 4.9 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 1 dan *MR Damper* B ditingkat 4
- Gambar 4.10 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 1 dan *MR Damper* B ditingkat 5

- Gambar 4.11 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 2 dan *MR Damper* B ditingkat 1
- Gambar 4.12 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 2 dan *MR Damper* B ditingkat 3
- Gambar 4.13 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 2 dan *MR Damper* B ditingkat 4
- Gambar 4.14 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 2 dan *MR Damper* B ditingkat 5
- Gambar 4.15 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 3 dan *MR Damper* B ditingkat 1
- Gambar 4.16 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 3 dan *MR Damper* B ditingkat 2
- Gambar 4.17 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 3 dan *MR Damper* B ditingkat 4
- Gambar 4.18 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 3 dan *MR Damper* B ditingkat 5
- Gambar 4.19 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 4 dan *MR Damper* B ditingkat 5
- Gambar 4.20 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 4 dan *MR Damper* B ditingkat 1
- Gambar 4.21 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 4 dan *MR Damper* B ditingkat 2

- Gambar 4.22 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 4 dan *MR Damper* B ditingkat 3
- Gambar 4.23 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 4 dan *MR Damper* B ditingkat 1
- Gambar 4.24 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 5 dan *MR Damper* B ditingkat 2
- Gambar 4.25 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 5 dan *MR Damper* B ditingkat 3
- Gambar 4.26 Struktur Dengan Posisi *MR Damper* A ditingkat 5 dan *MR Damper* B ditingkat 4
- Gambar 5.1 Model Bangunan Geser
- Gambar 5.2 Simpangan Lantai 1
- Gambar 5.3 Simpangan Lantai 2
- Gambar 5.4 Simpangan Lantai 3
- Gambar 5.5 Simpangan Lantai 4
- Gambar 5.6 Simpangan Lantai 5
- Gambar 5.7 Simpangan Maksimum
- Gambar 5.8 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 1
- Gambar 5.9 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 2
- Gambar 5.10 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 3
- Gambar 5.11 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 4
- Gambar 5.12 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 5
- Gambar 6.1 Model Bangunan

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengujian Terhadap Perletakan *MR Damper*

Tabel 5.1 Nilai Rasio Redaman Pada Tiap Perubahan Posisi *MR Damper*

Tabel 5.2 Prosentase Perubahan Simpangan Relatif Maksimum Lantai 1

Tabel 5.3 Prosentase Perubahan Simpangan Relatif Maksimum Lantai 2

Tabel 5.4 Prosentase Perubahan Simpangan Relatif Maksimum Lantai 3

Tabel 5.5 Prosentase Perubahan Simpangan Relatif Maksimum Lantai 4

Tabel 5.6 Prosentase Perubahan Simpangan Relatif Maksimum Lantai 5

DAFTAR LAMPIRAN

1. Kartu Peserta Tugas Akhir
2. Perhitungan *Mode Shape*, Partisipasi Faktor dan Rasio Redaman
3. Perhitungan Nilai a dan k
4. Contoh Perhitungan Nilai q
5. Contoh Perhitungan Nilai Simpangan

DAFTAR NOTASI

a	percepatan
c	redaman
$[C]$	matrik redaman
C_n^*	matrik redaman efektif mode ke $-n$
F	gaya gesek
K	kekakuan
$[K]$	matrik Kekakuan
K_n^*	matik kekakuan efektif mode ke $-n$
M	massa
$[M]$	matrik massa
M_n^*	matrik massa efektif mode ke $-n$
$P(t)$	gaya luar
P_n^*	vektor beban efektif mode ke $-n$
$\{P(t)\}$	vektor beban
q	simpangan
\dot{q}	kecepatan
\ddot{q}	percepatan
t	waktu
Δt	perbedaan waktu
y	simpangan
\dot{y}	kecepatan
\ddot{y}	percepatan
\ddot{y}_g	percepatan tanah
y_g	perpindahantanah
y_{tot}	perpindahan total

$\{y\}$	vektor simpangan
$\{\dot{y}\}$	vektor kecepatan
$\{\ddot{y}\}$	vektor percepatan
$z(t)$	generalisasi perpindahan
\dot{z}	generalisasi percepatan
Z_n	modal amplitudo mode ke $- n$
\dot{Z}	turunan pertama modal amplitudo mode ke $- n$
\ddot{Z}	turunan kedua modal amplitudo mode ke $- n$
ω_n	frekuensi sudut mode ke $- n$
ϕ_n	mode shape/ragam bentuk ke $- n$
ξ_n	ratio redaman mode ke $- n$

ABSTRAKSI

Gempa bumi yang kuat berpotensi menimbulkan bencana, karena dapat menimbulkan kerusakan, baik kerusakan struktur tanah maupun bangunan yang berada di atasnya. Kerusakan - kerusakan struktur bangunan akibat gempa dapat dikurangi dengan mendesain struktur sesuai dengan prinsip-prinsip bangunan tahan gempa. Selain itu, kerusakan struktur dapat dikurangi dengan menggunakan alat peredam tambahan , karena peredam dapat mengurangi simpangan, dimana simpangan yang besar cenderung merusakkan struktur. Dalam penelitian ini digunakan peredam tambahan Magnetherheological Damper (MR Damper) ganda dengan nilai kapasitas berbeda , yaitu 22,5 kip (in sec) atau 75% dan 7,5 kip (in sec) atau 25% dengan kapasitas total 30 kip (in sec) atau 100%. Untuk mendapatkan penempatan posisi yang paling efektif adalah dengan melakukan percobaan 26 variasi perletakan MR Damper pada bangunan tingkat 5, kemudian membandingkan dengan struktur tanpa peredam tambahan (hanya redaman dalam struktur). Metode perhitungan yang digunakan adalah dengan simulasi komputer, yaitu program Matlab untuk mengolah data dan microsoft excel untuk mengolah grafik. Pada penelitian ini penempatan MR Damper yang paling efektif untuk bangunan 5 lantai akibat beban time history gempa El Centro adalah ketika MR Damper dengan nilai kapasitas 22,5 kip (in sec) dipasang pada lantai 1 dan MR Damper dengan nilai kapasitas 7,5 kip (in sec) dipasang pada lantai 5.

BAB I

PENDAHULUAN

Bab I Pendahuluan ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, pendekatan masalah serta sistematika penulisan, sebagaimana yang akan diuraikan berikut ini.

1.1 Latar Belakang Masalah

Gempa bumi yang kuat berpotensi menimbulkan bencana alam karena dapat membuat kerusakan, baik kerusakan struktur tanah maupun bangunan yang berada di atasnya. Korban yang ditimbulkan tidak hanya harta benda tetapi juga jiwa manusia mulai dari luka-luka sampai korban jiwa. Jenis kerusakan bangunan yang pernah tercatat akibat gempa antara lain adalah efek perlemahan tingkat (*soft storey effects*), efek dari perilaku kolom dan balok pendek (*short column and beam effect/ shear failure*), perbesaran rotasi total join (*beam column joint*), puntir (*torsi*) dan benturan antara bangunan yang berdekatan (*structural pounding*).

Struktur tanah yang rusak dapat berakibat pada kestabilan bangunan yang berada pada tanah atau berada di atas tanah yang bersangkutan. Kadang-kadang rusaknya struktur tanah justru yang mengakibatkan kerugian materi yang paling besar. Kerusakan struktur tanah akibat gempa bumi antara lain batu bejatuhan (*rockfalls*), slip pada batuan (*rockslides*), penurunan permukaan tanah

(*settlement*), tanah longsor (*landslides*), hilangnya daya dukung pasir jenuh (*liquefaction*) dan segala jenis kerusakan sipil (Widodo, 1996).

Kerusakan-kerusakan struktur bangunan akibat gempa dapat dikurangi dengan mendesain struktur sesuai dengan prinsip-prinsip bangunan tahan gempa. Selain itu, kerusakan struktur dapat dikurangi dengan menggunakan alat peredam tambahan yang dapat mengontrol getaran-getaran yang dialami oleh struktur dan dapat mengurangi simpangan pada suatu struktur. Dengan demikian pengurangan simpangan akan sangat mendukung terhadap kestabilan struktur, karena simpangan yang besar cenderung akan merusakkan struktur.

1.2 Rumusan Masalah

Nilai simpangan akan bertambah seiring dengan bertambahnya tingkat struktur, sehingga bagian teratas akan memiliki simpangan yang paling besar. Salah satu cara untuk mengatasi simpangan yang terjadi pada bangunan bertingkat banyak adalah dengan memberi alat peredam tambahan yang berfungsi untuk memperkecil simpangan. Posisi perletakan alat peredam dengan memperhatikan nilai kapasitas redaman, yaitu memvariasikan nilai kapasitas redaman (besar dan kecil) sangat penting, karena penggunaan peredam pada semua tingkat tidak praktis. Oleh karena itu perlu dicari posisi perletakan redaman yang paling efektif, sehingga dapat mengurangi simpangan maksimum yang dapat mengakibatkan keruntuhan bangunan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. analisa struktur yang digunakan adalah Prinsip Bangunan Geser (*Shear Building*),
2. metode analisa dinamika menggunakan *time history* dari gempa El Centro 1940 (Chopra, 1995),
3. massa struktur dianggap mengggumpal pada satu lantai (*Lumped Masses*),
4. struktur bangunan yang ditinjau adalah model bangunan geser bertingkat 5 yang diambil dari buku *Element of Structural Dynamics* (Berg, 1998),
5. analisa dinamika struktur dibatasi pada kondisi *linear elastis*,
6. struktur dianggap mempunyai dukungan jepit penuh,
7. matrik redaman efektif dianggap sebagai matrik diagonal,
8. digunakan dua model perilaku, yaitu model tanpa redaman dan model dengan *Magnetorheological Damper (MR Damper)*,
9. simpangan yang ditinjau pada struktur adalah simpangan relatif ,
10. redaman tambahan struktur diambil redaman ganda dengan nilai kapasitas total 30 kips / (in/sec) terdiri atas 22,5 kips / (in/sec) atau 75% dan 7,5 kips / (in/sec) atau 25%,
11. nilai ratio redaman pada keadaan struktur tanpa peredam tambahan untuk modal ke-1 adalah sebesar 2%, dan
12. perhitungan mekanis menggunakan program Matlab dan *Microsoft Excel* .

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian dalam tugas akhir ini adalah mendapatkan posisi yang paling efektif dari dua buah *Magnetorheological Damper* yang mempunyai nilai kapasitas berbeda untuk mengurangi simpangan pada bangunan bertingkat tinggi yang dapat mengakibatkan keruntuhan bangunan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. memperluas pengetahuan tentang dinamika struktur terutama untuk mempelajari respon struktur akibat gaya gempa pada struktur bangunan bertingkat lima,
2. ikut menyebarkan penggunaan *Magnetorheological Damper* sebagai salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengurangi respon struktur terhadap beban gempa,
3. menambah wawasan tentang bangunan tahan gempa, dan
4. memberikan alternatif solusi pada perancangan bangunan tahan gempa, terutama dalam penempatan posisi redaman ganda dengan nilai kapasitas yang berbeda untuk mengurangi simpangan.

1.6 Pendekatan Masalah

Pendekatan masalah yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. penelitian dengan analisa pada model struktur bertingkat 5,
2. dibuat variasi letak peredam ganda dengan nilai kapasitas yang berbeda pada tiap model struktur,

3. kemudian diteliti besarnya pengaruh posisi redaman terhadap simpangan relatif struktur, dan
4. dalam model struktur yang diteliti, dikombinasikan antara redaman dalam struktur dengan *Magnetorheological damper*.

1.7 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini ditulis dalam 6 bab dan lampiran sebagai rincian seperti berikut ini.

BAB I Pendahuluan berisi mengenai Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Pendekatan Masalah dan Sistematika Penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka berisi mengenai Tinjauan Umum dan Pengenalan *Magnetorheological Damper*, Penelitian yang dilakukan sebelumnya.

BAB III Landasan Teori memuat Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF), Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Banyak (MDOF), Ragam Bentuk (*Mode Shape*) dan Frekuensi, Persamaan Gerak akibat Beban Gempa, Jenis Simpangan dan Efeknya Terhadap Kerusakan, Persamaan Differensial Independen (*Uncoupling*) dan Respon terhadap Beban Gempa.

BAB IV Metodologi Penelitian berisi Data yang diperlukan, Pengolahan Data dan Pengujian.

BAB V Analisa dan Pembahasan pada bab ini menjelaskan tentang Analisa yang meliputi Ragam Bentuk (*Mode Shape*) dan Frekuensi, Efek Redaman, Respon terhadap Gempa Bumi, sedangkan pada pembahasan memuat Simpangan Relatif, yang terdiri dari Simpangan Lantai 1, Simpangan Lantai 2, Simpangan Lantai 3,

Simpangan Lantai 4 dan Simpangan Lantai 5, dan Prosentase Perubahan Simpangan Terhadap Tanpa Peredam Tambahan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran berisi Kesimpulan dan Saran yang merupakan pemikiran hasil dari pengamatan dan pembahasan dimuka.

Lampiran, meliputi Perhitungan *Mode Shape*, Partisipasi Faktor dan Rasio Redaman, Perhitungan Nilai α , dan, Perhitungan Nilai q serta Perhitungan Nilai Simpangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan suatu kumpulan informasi yang berupa buku-buku, brosur-brosur, hasil penelitian sebelumnya dan sebagainya yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas. Selain hal-hal tersebut, acuan sebuah alat yang digunakan untuk mengurangi respon struktur akibat beban gempa juga akan diuraikan sebagaimana berikut ini.

2.1 Tinjauan Umum

Gaya gempa bekerja secara simultan pada arah vertikal maupun arah horisontal, bahkan gaya gempa dapat berupa putaran (Hu, Liu, dan Dong, 1996). Gaya gempa vertikal maupun horisontal menyerang titik-titik lemah pada struktur yang kekuatannya tidak memadai dan akan langsung menyebabkan keruntuhan (Muto, 1987). Banyak bangunan-bangunan gedung yang rusak akibat gempa yang disebabkan oleh tidak jelasnya prinsip disain bangunan tahan gempa yang dipakai. Hal ini yang dikategorikan sebagai kesalahan yang sangat mendasar. Prinsip disain ini adalah suatu hal yang sangat vital di dalam era modern disain dan pelaksanaan bangunan tahan gempa. Prinsip ini dimulai dari bagaimana menentukan/mendisain beban gempa, bagaimana menentukan konfigurasi bangunan yang tepat bagaimana menentukan mekanisme goyangan (*Sway Mechanism*) yang dipakai, bagaimana mengoptimalkan prinsip pelepasan energi

(*Energy Dissipation*) pada elemen-elemen struktur dan bagaimana memilih bahan dan melaksanakan pembangunan sehingga diperoleh bahan tepat serta perilaku elemen struktur yang daktail.

Pada umumnya, struktur mempunyai kemampuan untuk menyerap/melesapkan energi. Optimalisasi disipasi energi sangat penting agar sebagian input energi dapat dilepaskan dengan baik sehingga respon struktur dapat dikendalikan.

Salah satu kerusakan yang mungkin terjadi pada sebuah struktur adalah akibat adanya simpangan yang besar. Dimana salah satu cara memperkecil simpangan adalah dengan memberi peredam. Chopra (1995) menyatakan bahwa peredaman adalah proses pelepasan energi (*Energy Dissipation*) oleh beberapa mekanisme yang bekerja secara bersamaan. Karena redaman berfungsi melesapkan energi maka hal tersebut akan mengurangi respon struktur.

Nilai redaman struktur yang melekat pada struktur relatif kecil, sehingga untuk mengurangi respon gempa dipasang peredam tambahan (Chopra, 1995). Penggunaan peredam pada semua tingkat tidak praktis. Oleh karena itu digunakan satu peredam pada satu tingkat, yang memiliki efek hampir sama jika peredam tersebut dipasang pada semua tingkat (Gluck dan kawan-kawan, 1996).

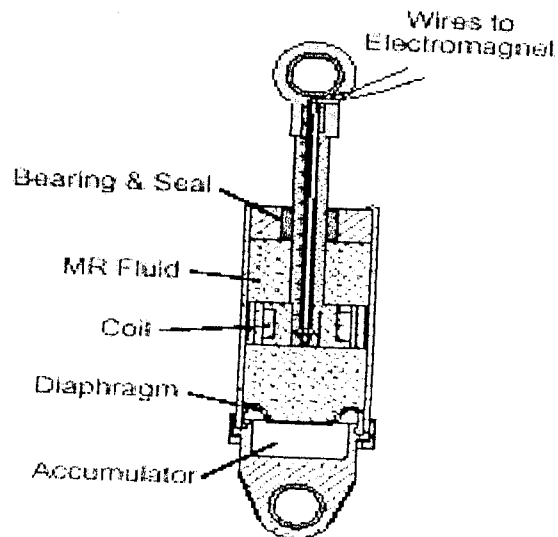
2.2 Magnetorheological Damper

Sebuah studi memperlihatkan bahwa respon struktur terhadap gempa bumi dapat dikurangi secara signifikan seiring dengan bertambahnya nilai peredaman. Hasil tes juga memperlihatkan bahwa meskipun peredam dapat mengurangi

respon struktur terhadap gempa, tetapi alat tersebut juga sangat tergantung pada temperatur lingkungan sekitar (Chang dan kawan-kawan, 1995).

Magnetorheological Damper adalah sebuah alat kontrol struktur yang dapat mengurangi respon struktur akibat beban gempa, dikembangkan oleh *Lord Corporation*. *Magnetorheological Damper* menggunakan *MR fluids* yang terdiri dari *silicone oil*. Jika sebuah gaya magnet bekerja maka partikel yang berada pada cairan tersebut akan membentuk suatu rantai partikel dan cairan tersebut akan menjadi semi solid, memperlihatkan perilaku plastis.

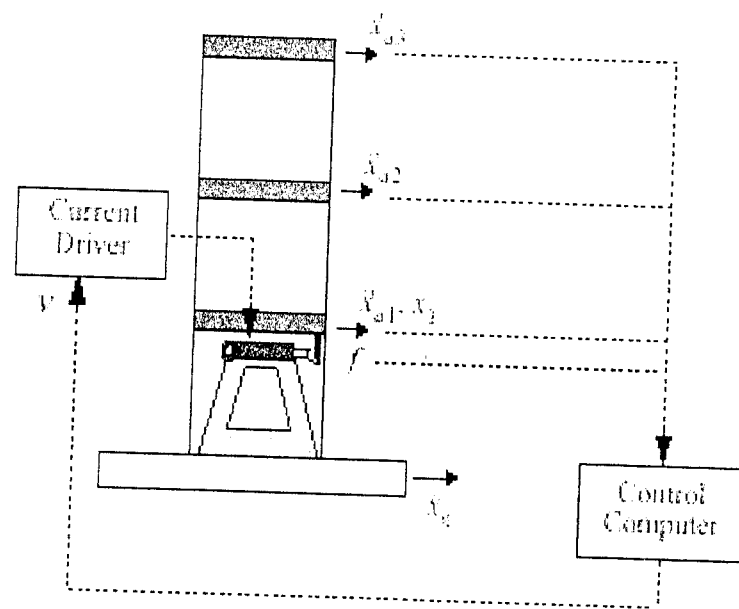
Magnetorheological Damper panjangnya 21,5 cm, dan memiliki silinder dengan diameter 3,8 cm. Silinder utama adalah berbentuk sebuah penghisap, terdiri dari magnet, *accumulator* dan *MR fluids* sebanyak 50 ml. Skema MR Damper ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema *MR Damper*
(Spencer dan kawan-kawan, 1996)

Alat ini mempunyai beberapa karakter yang atraktif, tegangan leleh tinggi, elastisitas yang rendah dan dapat bekerja dengan baik pada temperatur -40° - 150° , sehingga *Magnetorheological Damper* dapat dipasang di luar struktur (misalnya jembatan dan menara) atau di dalam struktur (misalnya gedung)

Alat ini digerakkan melalui sebuah elektromagnetik pada kepala penghisap yang kemudian dihubungkan dengan sumber energi. Energi yang diperlukan untuk menggerakkan alat ini kurang dari 10 watt, sehingga dapat dioperasikan dengan sebuah baterai yang kecil. Pemasangan *MR Damper* pada bangunan bertingkat dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema pemasangan *MR Damper*

(Spencer dan kawan-kawan, 1996)

2.3 Penelitian Sejenis Sebelumnya

Pada penelitian ini digunakan tinjauan pustaka penelitian meliputi

1. Penelitian Suprapti dan Novitasari (1999)

Topik yang diambil oleh kedua peneliti ini adalah “Penempatan Posisi Efektif Redaman Tunggal Untuk Mengurangi Resiko *Struktural Pounding* Pada Bangunan Bertingkat Lima”. Dalam penelitian tersebut peneliti mencoba mengurangi simpangan maksimum struktur untuk mengurangi resiko *structural pounding*. Beban gempa El Centro berupa riwayat waktu dipakai sebagai input getaran dengan menggunakan peredam tunggal. Penelitian ini menggunakan sebuah alat peredam yang dinamakan *Magnetorheological Damper*, kemudian dilakukan variasi letak yang paling efektif dari alat peredam tersebut dan hasil yang diperoleh dari penggunaan alat ini adalah penempatan posisi *MR Damper* pada tingkat ketiga merupakan letak yang paling efektif dibandingkan dengan variasi-variasi yang lain.

2. Penelitian Elfira dan Juhartono (1999)

Topik yang diambil adalah “Penempatan Posisi Efektif Redaman Ganda (Kembar) Untuk Mengurangi Simpangan Pada Bangunan Tingkat Tinggi”. Pada penelitian tersebut peneliti memvariasikan posisi redaman ganda untuk mengurangi simpangan maksimum yang terjadi pada struktur dengan alat *Magnetorheological Damper* dan hasil yang diperoleh dari penggunaan alat ini adalah penempatan posisi *MR Damper* pada tingkat ketiga dan tingkat kelima merupakan letak yang paling efektif dibandingkan dengan variasi-variasi yang lain.

3. Penelitian Khoir dan Arifin (200)

Topik yang diambil adalah “Pengaruh Perubahan Kekakuan Tingkat Secara Serentak Terhadap Simpangan, Gaya Geser Dasar, dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Lima Menggunakan Eksitasi Gempa Berupa *Time History*”. Pada penelitian ini peneliti menganalisa seberapa besar pengaruh perubahan kekakuan secara serentak terhadap simpangan, gaya geser dasar, dan momen guling dengan memvariasikan kekakuan tingkat 1-5 secara serentak dengan prosentase penambahan kekakuan dari 100%-180% dan penurunan kekakuan dari 100%-20% dengan interval 10%. Analisis dinamika struktur yang digunakan pada awalnya adalah *Metode Central Difference*, namun didapat hasil berupa simpangan yang sangat besar, sehingga dilakukan perubahan terhadap metode yang digunakan, yaitu menggunakan *Metode Newmark's Acceleration* yang bersifat *Unconditionally Stable*.

4. Penelitian Pramulanto dan Nurianawati (2000)

Topik yang diambil adalah “Pengaruh Variasi Massa *Baliho* Terhadap Simpangan, Gaya Geser, dan Momen Guling Pada Bangunan Bertingkat Lima”. Pada penelitian ini peneliti menganalisa besarnya simpangan, gaya geser, dan momen guling pada struktur tingkat lima akibat variasi massa *baliho*. Hasilnya adalah pemasangan *baliho* pada variasi massa $m_b = 0,0010 \omega_t$ dengan kekakuan sesuai periode 100% T_s , merupakan kondisi yang paling menguntungkan. Analisa dinamika struktur yang digunakan adalah *Metode Central Difference* yang bersifat *Conditionally Stable*. Ditemukan hasil berupa simpangan imajiner pada variasi massa *baliho* $0,005 \omega_t$ dan $0,0075 \omega_t$ dengan kekakuan sesuai periode 50% T_s .

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan penggunaan *Metode Central Difference* memiliki keterbatasan, dengan adanya dua penelitian yang mendapatkan hasil imajiner. Oleh karena itu, pada penelitian ini kami menggunakan *Metode Newmark's Acceleration* untuk mencari q_n dan kemudian mencari simpangan relatif.

BAB III

LANDASAN TEORI

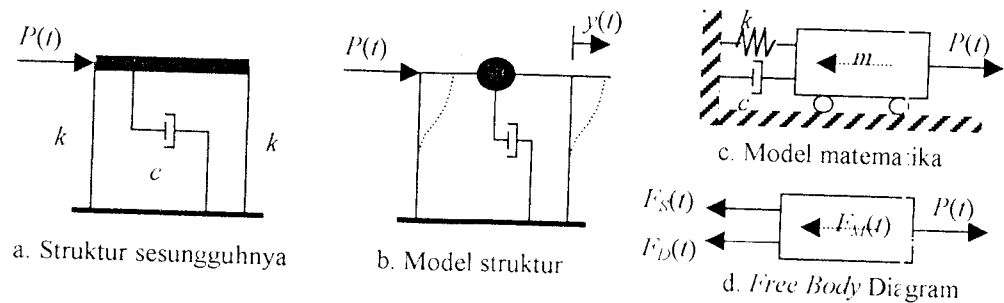
Landasan Teori memuat dasar-dasar teori yang akan dipergunakan secara garis besar dan merupakan tuntunan yang digunakan untuk merumuskan hipotesis. Landasan teori ini meliputi sistem berderajat kebebasan tunggal, sistem berderajat kebebasan banyak, mode shape dan frekuensi, persamaan gerak akibat gempa, jenis simpangan dan efeknya terhadap kerusakan, persamaan diferensial independen, dan respon terhadap gempa.

3.1 Sistem Berderajat Kebebasan Tunggal

Sistem dengan derajat kebebasan tunggal mempunyai satu koordinat yang diperlukan untuk menyatakan posisi suatu massa pada saat tertentu. Jumlah derajat kebebasan biasanya dapat dikaitkan dengan jumlah massa, artinya suatu struktur 5 tingkat akan mempunyai 5 massa dan 5 derajat kebebasan dengan anggapan struktur berperilaku *shear building*. Struktur dengan derajat kebebasan tunggal atau *single degree of freedom* (SDOF) berarti hanya akan mempunyai satu massa.

Dalam menyelesaikan masalah dinamik, sebaiknya memakai metoda yang menghasilkan suatu analisa yang tersusun dan sistematis. Yang terutama dan barangkali paling penting dalam praktek analisa dinamis adalah menggambar sebuah diagram *free body* dari sistem yang memungkinkan penulisan besaran matematik dari sistem tersebut. Diagram *free body* (DFB) adalah suatu sketsa dari benda yang

dipisahkan dari benda lainnya, dimana semua gaya luar pada benda terlihat jelas. Sistem berderajat kebebasan tunggal dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Model sistem SDOF akibat beban dinamik

Berdasarkan keseimbangan dinamik dengan *free body diagram* sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1.d diperoleh persamaan

$$F_M(t) + F_D(t) + F_S(t) = P(t) \quad (3.1)$$

$$F_M(t) = m \cdot \ddot{y}(t), \quad F_D(t) = c \cdot \dot{y}(t), \quad \text{dan} \quad F_S(t) = k \cdot y(t) \quad (3.2)$$

Yang mana F_M adalah gaya inersia, F_D adalah gaya redam, F_S adalah gaya tarik/desak pegas yang mempresentasikan kekakuan kolom, $P(t)$ adalah beban dinamik, dan $\ddot{y}(t)$, $\dot{y}(t)$, $y(t)$ masing-masing adalah percepatan, kecepatan dan simpangan massa, dan m , c , k masing-masing adalah massa, redaman dan kekakuan kolom.

Substitusi persamaan (3.2) ke dalam persamaan (3.1), menjadi

$$m \ddot{y}(t) + c \dot{y}(t) + k y(t) = P(t) \quad (3.3)$$

Persamaan 3.3, disebut persamaan differensial gerakan (*differential equation of motion*) pada struktur dengan derajat kebebasan tunggal. Untuk selanjutnya $\ddot{y}(t)$, $\dot{y}(t)$, $y(t)$, $P(t)$ masing-masing adalah percepatan, kecepatan, simpangan dan

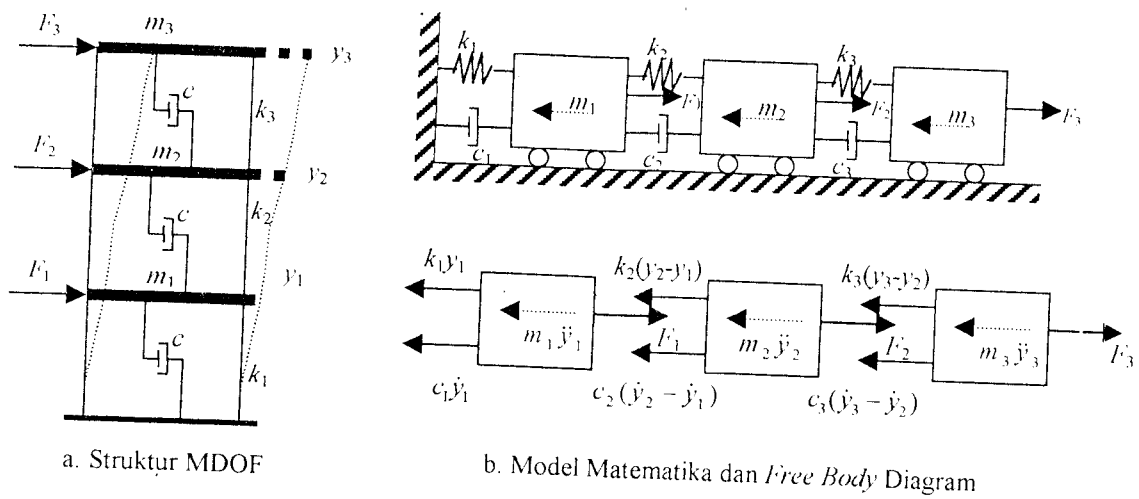
beban gempa yang merupakan fungsi dari waktu, penulisannya dapat disederhanakan menjadi \ddot{y}, \dot{y}, y, P , sehingga persamaan (3.3) dapat ditulis menjadi

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = P \quad (3.4)$$

3.2 Sistem Berderajat Kebebasan Banyak

Secara umum struktur bangunan gedung tidak selalu dapat dinyatakan dengan suatu sistem yang mempunyai derajat kebebasan tunggal (SDOF). Umumnya struktur bangunan gedung justru mempunyai derajat kebebasan banyak (*Multi Degree of Freedom*).

Pada struktur bangunan gedung bertingkat banyak, umumnya massa struktur dapat digumpalkan di satu titik pada lantai (*lumped mass*), dengan demikian struktur yang semula mempunyai derajat kebebasan tak terhingga akan dapat dipandang sebagai struktur kebebasan terbatas. Untuk memperoleh persamaan differensial gerakan pada struktur kebebasan banyak, dapat digunakan anggapan *shear building*, selanjutnya $\ddot{y}(t), \dot{y}(t), y(t), P(t)$ masing-masing adalah percepatan, kecepatan, simpangan dan beban gempa yang merupakan fungsi dari waktu, penulisannya dapat disederhanakan menjadi \ddot{y}, \dot{y}, y, P , sebagaimana penulisan pada struktur SDOF di muka. Pada struktur bangunan gedung bertingkat tiga seperti pada Gambar 3.2.a, struktur akan mempunyai tiga derajat kebebasan, sehingga struktur yang mempunyai n -tingkat akan mempunyai n -derajat kebebasan dan mempunyai n -mode.



Gambar 3.2 Model sistem MDOF

Persamaan differensial gerakan pada struktur disusun berdasarkan atas goyangan struktur menurut mode pertama. Berdasarkan keseimbangan dinamik seperti pada Gambar 3.2.b, akan diperoleh persamaan

$$m_1 \ddot{y}_1 + c_1 \dot{y}_1 + k_1 y_1 - c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - k_2 (y_2 - y_1) = F_1 \quad (3.5a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + k_2 (y_2 - y_1) - c_3 (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) - k_3 (y_3 - y_2) = F_2 \quad (3.5b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3 + c_3 (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) + k_3 (y_3 - y_2) = F_3 \quad (3.5c)$$

Selanjutnya persamaan (3.5) dapat ditulis dalam bentuk matriks yang lebih ringkas, menjadi

$$[M] \{\ddot{y}\} + [C] \{\dot{y}\} + [K] \{y\} = \{F\} \quad (3.6)$$

$[M]$, $[C]$, $[K]$, berturut-turut adalah matriks massa, matriks redaman dan matriks kekakuan yang dapat ditulis menjadi

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \quad (3.7a)$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \quad (3.7b)$$

$$[C] = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 \\ 0 & -c_3 & c_3 \end{bmatrix} \quad (3.7c)$$

$$\{\ddot{y}\} = \begin{Bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{y}_3 \end{Bmatrix}, \quad \{\dot{y}\} = \begin{Bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \end{Bmatrix}, \quad \{y\} = \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{Bmatrix} \quad \text{dan} \quad \{F_{(t)}\} = \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{Bmatrix} \quad (3.8)$$

dan $\{\ddot{y}\}$, $\{\dot{y}\}$, $\{y\}$ masing-masing adalah vektor percepatan, vektor kecepatan, vektor simpangan, dan $\{F\}$ adalah vektor gaya atau beban.

3.3 Mode Shape dan Frekuensi

Suatu struktur umumnya akan bergerak akibat pembebanan dari luar maupun adanya suatu nilai awal (*initial condition*). Misalnya suatu massa ditarik sedemikian rupa sehingga mempunyai simpangan awal sebesar y_n dan apabila gaya tarik tersebut dilepas kembali maka massa akan bergerak. Peristiwa pergerakan massa tersebut disebut dengan getaran bebas (*free vibration system*). Gerakan suatu massa disebabkan pembebanan dari luar misalnya beban angin, beban gempa dan lainnya, maka gerakan massa dikelompokkan sebagai gerakan dipaksa (*forced vibration system*). Untuk menyederhanakan permasalahan anggapan bahwa massa bergetar bebas (*free vibration system*) akan sangat membantu untuk menyelesaikan analisis dinamika struktur.

Persamaan differensial gerak getaran bebas pada struktur seperti pada persamaan (3.5) dalam kondisi khusus dapat dinyatakan menjadi

$$[M]\{\ddot{y}\} + [C]\{\dot{y}\} + [K]\{y\} = \{0\} \quad (3.9)$$

Frekuensi sudut pada struktur dengan redaman (*damped frequency*) nilainya hampir sama dengan frekuensi sudut pada struktur tanpa redaman jika nilai rasio redaman (*damping ratio*) kecil, sehingga persamaan (3.9) menjadi

$$[M]\{\ddot{y}\} + [K]\{y\} = \{0\} \quad (3.10)$$

Persamaan (3.10) diasumsikan pada getaran bebas, sehingga vektor $\{y\}$ berbentuk

$$\{y\} = \{\phi\} z \quad (3.11a)$$

$$\{\dot{y}\} = \{\phi\} \dot{z} \quad (3.11b)$$

$\{\phi\}$ adalah vektor *mode shape* yaitu suatu vektor yang tidak berdimensi, yang memiliki paling sedikit sebuah elemen yang tidak sama dengan nol. Sedangkan z dan \dot{z} adalah vektor perpindahan dan vektor percepatan. Jika persamaan (3.11) disubstitusikan ke dalam persamaan (3.10), akan didapatkan

$$[M]\{\phi\}\ddot{z} + [K]\{\phi\}z = \{0\} \quad (3.12)$$

$[M]$ dan $[K]$ adalah matriks konstan dan pada sebuah hipotesis disebutkan bahwa $\{\phi\}$ juga merupakan matriks konstan, akan didapatkan

$$\ddot{z} + (\text{constan}) z = 0 \quad (3.13)$$

Jika konstanta di atas adalah ω_n^2 (*undamped natural frequency*), persamaan (3.13) menjadi

$$\ddot{z} + \omega_n^2 z = 0 \quad (3.14)$$

Persamaan (3.14) diselesaikan dengan

$$z = A \sin \omega t \quad (3.15)$$

sehingga persamaan (3.11) menjadi

$$\{y\} = \{\phi\} A \sin \omega t \quad (3.16a)$$

$$\{\ddot{y}\} = -\omega^2 \{\phi\} A \sin \omega t \quad (3.16b)$$

Persamaan (3.16) disubstitusikan ke dalam persamaan (3.10) didapatkan

$$(-\omega^2 [M] \{\phi\} A \sin \omega t + [K] \{\phi\} A \sin \omega t) = 0 \quad (3.17)$$

Persamaan (3.17) akan ada penyelesaiannya (*nontrivial solution*), jika A dan ω keduanya adalah tidak sama dengan nol, sehingga

$$\{[K] - \omega^2 [M]\} \{\phi\} = 0 \quad (3.18)$$

Suatu sistem akan ada amplitudo yang terbatas jika nilai determinan sama dengan nol, sehingga

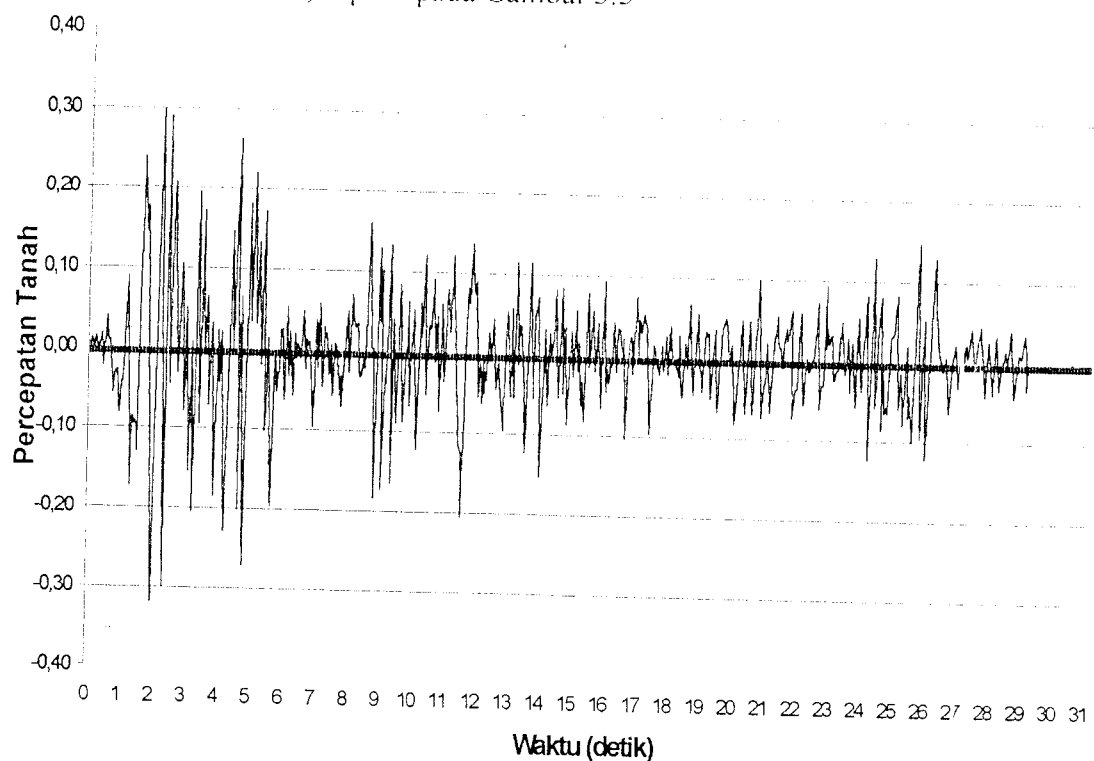
$$[K] - \omega^2 [M] = 0 \quad (3.19)$$

Persamaan (3.19) disebut dengan *eigenproblem*. Nilai determinan dari persamaan (3.19) akan menghasilkan suatu persamaan polinomial dengan derajat ke- n yaitu $\lambda = \omega^2$, kemudian nilai λ yang diperoleh disubstitusikan ke persamaan (3.18), akan menghasilkan nilai *mode shape* $\{\phi\}_n$ dan simpangan $(v)_n$. Indeks n menunjukkan ragam/pola goyangan.

3.4 Persamaan Gerak Akibat Beban Gempa

Beban gempa adalah suatu beban yang unik. Umumnya beban yang bekerja pada struktur menggunakan satuan gaya, tetapi beban gempa berupa percepatan tanah. Beban lain biasanya statis, tidak berubah pada periode waktu yang pendek, tetapi beban gempa adalah beban yang dinamis yang berubah dengan sangat cepat dalam periode waktu yang pendek, dapat diartikan beban gempa berubah setiap detik. Beban lain biasanya bekerja pada arah vertikal, tetapi beban gempa bekerja secara simultan pada arah vertikal maupun horisontal bahkan beban gempa dapat berupa putaran (Hu, Liu and Dong, 1996).

Analisis yang didasarkan pada riwayat waktu dapat digunakan sebagai beban gempa yang berpengaruh pada struktur. Pada tugas akhir ini dipakai riwayat waktu gempa El Centro, 1940, seperti pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Percepatan Tanah Gempa El Centro, 1940 (Chopra, 1995)

Persamaan gerakan struktur yang dikenai beban gempa, dapat diturunkan melalui suatu pendekatan yang sama seperti pada persamaan gerakan struktur berderajat kebebasan tunggal pada Gambar 3.4.a, sedangkan model matematisnya pada Gambar 3.4.b.

Dengan menggunakan konsep keseimbangan dinamis, dari *free body diagram* pada Gambar 3.4.c, akan didapatkan persamaan

$$F_M(t) + F_D(t) + F_S(t) = 0 \quad (3.20)$$

$$F_M(t) = m \cdot \ddot{y}(t), \quad F_D(t) = c \cdot \dot{y}(t), \quad \text{dan} \quad F_S(t) = k \cdot y(t) \quad (3.21)$$

Sedangkan $\ddot{y}_i(t)$ sebagaimana terlihat pada Gambar 3.4a adalah

$$\ddot{y}_i(t) = \ddot{y}_g(t) + \ddot{y}(t) \quad (3.22)$$

FM adalah gaya inersia, FD adalah gaya redam, Fs adalah gaya tarik/desak pegas yang mempresentasikan kekuatan kolom, dan $\ddot{y}(t)$, $\dot{y}(t)$, $y(t)$ masing-masing adalah percepatan, kecepatan, simpangan, dan m , c , k masing-masing adalah massa, redaman, dan kekakuan kolom.

Substitusi persamaan (3.22) ke dalam (3.21), maka persamaan (3.21) dapat ditulis menjadi:

$$m\ddot{y}_i(t) + c \dot{y}(t) + k y(t) = 0, \quad (3.23)$$

$$m(\ddot{y}_g(t) + \ddot{y}(t)) + c \dot{y}(t) + k y(t) = 0, \quad (3.24)$$

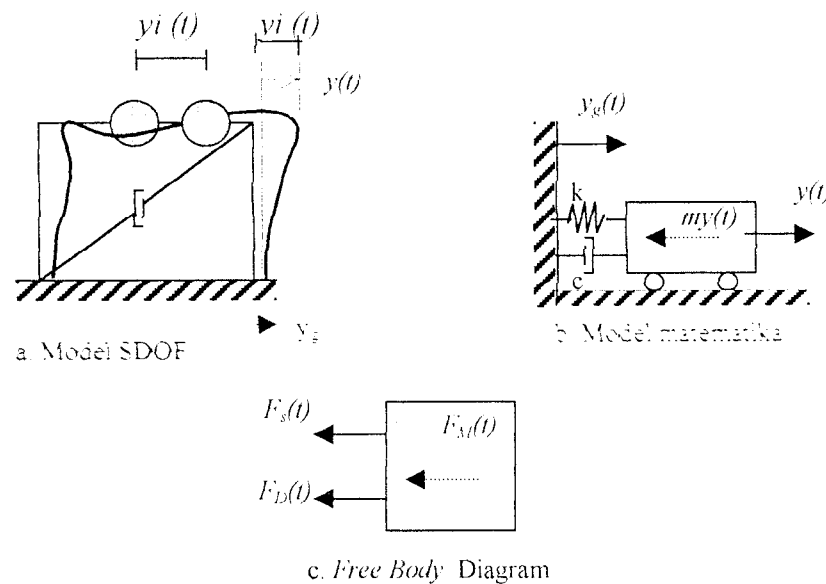
$$m\ddot{y}_g(t) + m\ddot{y}(t) + c \dot{y}(t) + k y(t) = 0, \quad (3.25)$$

$$m\ddot{y}(t) + c \dot{y}(t) + k y(t) = -m\ddot{y}_g(t) \quad (3.26)$$

Persamaan (3.26) adalah persamaan differensial gerak suatu massa dengan derajad kebebasan tunggal akibat (*base motion*). Ruas kanan pada persamaan (3.26) biasa disebut sebagai beban gempa. Untuk selanjutnya $\ddot{y}(t)$, $\dot{y}(t)$, $y(t)$ masing-

masing adalah percepatan, kecepatan, dan simpangan yang merupakan fungsi dari waktu, penulisannya dapat disederhanakan menjadi \ddot{y} , \dot{y} , dan y sehingga persamaan (3.26) dapat ditulis menjadi :

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = -m\ddot{y}_g \quad (3.27)$$



Gambar 3.4. Model Sistem SDOF dengan Beban Gempa

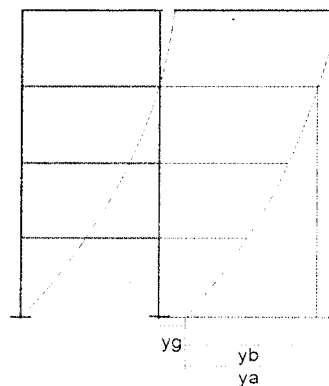
3.5 Jenis-jenis Simpangan dan Efeknya Terhadap Kerusakan

Jenis simpangan ada tiga, yaitu simpangan relatif, simpangan anar tingkat, dan simpangan absolut.

1. Simpangan Relatif

Simpangan ini adalah simpangan yang dihitung relatif terhadap lantai 1. Simpangan relatif ini mempunyai efek yang berpengaruh terhadap *structural pounding*. Masalah *structural pounding* ini biasa terjadi pada bangunan yang

berdekatan untuk memaksimalkan penggunaan lahan, hal ini dapat menyebabkan kerusakan yang fatal pada bangunan bahkan dapat menyebabkan kerusakan total. Hal ini dapat dicegah dengan memperhitungkan jarak antara dua bangunan yang saling berdekatan. Jarak tersebut dapat dihitung dengan menghitung simpangan horisontal plastik pada setiap tingkat. Pada simpangan ini dihitung relatif lantai 4 terhadap pondasi yaitu y_a dan simpangan relatif lantai 3 terhadap pondasi yaitu y_b yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Model Simpangan

2. Simpangan Antar Tingkat (*Inter Story Drift*)

Simpangan ini adalah simpangan yang terjadi pada tiap tingkat, simpangan ini dihitung dengan cara simpangan lantai atas dikurangi simpangan lantai bawah. *Inter story drift* terjadi karena kecacatan/kekurangan perencanaan konfigurasi bangunan yang berhubungan dengan kekakuan struktur. Distribusi kekakuan struktur terjadi secara vertikal tidak merata yang menyebabkan adanya suatu tingkat yang lemah. *Inter story drift* yang berlebihan sangat mungkin terjadi pada daerah tingkat lemah, oleh karena itu kerusakan struktur akibat ini sangat sering terjadi. Besar

simpangan antar tingkat dihitung dengan $(y_a - y_b)$ yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.

3. Simpangan absolut

Simpangan absolut merupakan penjumlahan antar simpangan relatif tiap lantai dengan simpangan akibat tanah yaitu y_g dapat dihitung dengan $(y_a + y_g)$, yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. Simpangan absolut mempunyai pengaruh terhadap kemungkinan terjadinya benturan antar bangunan yang berdekatan (*struktural pounding*). Simpangan tanah pada keadaan *rigid motion* umumnya dianggap tidak menyebabkan perbedaan simpangan dan kecepatan antara tanah dengan massa struktur, sehingga simpangan tanah dianggap sama dengan nol.

3.6 Persamaan Differensial Independen (*Uncoupling*)

Pada kondisi standar, struktur yang mempunyai n -derajat kebebasan akan mempunyai n -mode. Pada kondisi ini, masing-masing mode akan memberikan kontribusi pada simpangan horisontal tiap-tiap massa. Simpangan massa ke- m atau y_m dapat diperoleh dengan menjumlahkan pengaruh atau kontribusi tiap-tiap mode. Kontribusi mode ke- n terhadap simpangan horisontal massa ke- m tersebut dinyatakan dalam produk antara ϕ_{mn} dengan suatu modal amplitudo Z_n yang dinyatakan dalam bentuk:

$$\{Y\} = [\phi]\{Z\} \quad (28.a)$$

$$\{\dot{Y}\} = [\phi]\{\dot{Z}\} \quad (28.b)$$

$$\{\ddot{Y}\} = [\phi]\{\ddot{Z}\} \quad (28.c)$$

Substitusi persamaan (3.28) ke dalam persamaan (3.27) akan diperoleh

$$[M][\phi]\{\ddot{Z}\} + [C][\phi]\{\dot{Z}\} + [K][\phi]\{Z\} = -[M]\{1\}\ddot{y} \quad (3.29)$$

Apabila persamaan (3.29) dikalikan dengan *transpose* suatu mode $\{\phi\}^T$, diperoleh

$$\{\phi\}^T [M][\phi]\{\ddot{Z}\} + \{\phi\}^T [C][\phi]\{\dot{Z}\} + \{\phi\}^T [K][\phi]\{Z\} = -\{\phi\}^T [M]\{1\}\ddot{y} \quad (3.30)$$

Misal, diambil struktur yang mempunyai 3 derajat kebebasan, maka suku pertama persamaan (3.30) berbentuk

$$\begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{221} & \phi_{31} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \phi_{13} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \phi_{23} \\ \phi_{31} & \phi_{32} & \phi_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{Z}_1 \\ \ddot{Z}_2 \\ \ddot{Z}_3 \end{Bmatrix} \quad (3.31)$$

Berdasarkan hubungan orthogonal, maka untuk mode ke-1 persamaan (3.31) akan menjadi

$$\begin{bmatrix} \phi_{111} & \phi_{221} & \phi_{331} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_{11} \\ \phi_{21} \\ \phi_{31} \end{Bmatrix} \ddot{Z}_1 \quad (3.32)$$

Dengan catatan, persamaan di atas dalam hubungan orthogonal, $m = n$. Pada kondisi orthogonal apabila m tidak sama dengan n , perkalian matriks sama dengan nol.

$$\{\phi\}_m^T [M] \{\phi\}_n = 0 \quad (3.33a)$$

$$\{\phi\}_m^T [K] \{\phi\}_n = 0 \quad (3.33b)$$

$$\{\phi\}_m^T [C] \{\phi\}_n = 0 \quad (3.33c)$$

Untuk mode ke- n , secara umum persamaan (3.32) dapat ditulis dengan

$$\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \ddot{Z}_n \quad (3.34)$$

Cara diatas juga berlaku untuk suku ke-2 dan ke-3 pada persamaan (3.29).

Berdasarkan hubungan orthogonal persamaan (3.30) akan menjadi

$$\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \ddot{Z}_n + \{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n \dot{Z}_n + \{\phi\}_n^T [K] \{\phi\}_n Z_n = -\{\phi\}_n^T [M] \{1\} \ddot{y} \quad (3.35)$$

Persamaan (3.35) adalah persamaan differensial yang bebas/*independent* antara satu dengan yang lain. Persamaan tersebut diperoleh setelah diterapkan hubungan orthogonal, baik orthogonal matriks massa, matriks redaman dan matriks kekakuan. Dengan demikian untuk n -derajat dengan n -persamaan diferensial yang dahulu bersifat *coupling* sekarang menjadi *independent uncoupling*. Berdasarkan sifat-sifat tersebut maka persamaan differensial dapat diselesaikan untuk setiap pengaruh mode.

Berdasarkan persamaan (3.35), dapat didefinisikan suatu generalisasi massa (*generalized mass*), redaman dan kekakuan sebagai berikut

$$M_n^* = \{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \quad (3.36a)$$

$$C_n^* = \{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n \quad (3.36b)$$

$$K_n^* = \{\phi\}_n^T [K] \{\phi\}_n \quad (3.36c)$$

Dengan definisi seperti pada persamaan (3.36) maka persamaan (3.35) menjadi

$$M_n^* \ddot{Z}_n + C_n^* \dot{Z}_n + K_n^* Z_n = -P_n^* \ddot{y}, \quad (3.37)$$

dengan,

$$P_n^* = \{\phi\}_n^T [M] \{1\} \quad (3.38)$$

Terdapat suatu hubungan bahwa

$$\xi_n = \frac{C_n^*}{C_{cr}^*} = \frac{C_n^*}{2M_n^*\omega_n}, \text{ maka } \frac{C_n^*}{M_n^*} = 2\xi_n\omega_n \quad (3.39a)$$

$$\omega_n^2 = \frac{K_n^*}{M_n^*} \text{ dan } \Gamma_n = \frac{P_n^*}{M_n^*} \quad (3.39b)$$

Dengan hubungan-hubungan seperti pada persamaan (3.39), maka persamaan (3.38) akan menjadi

$$\ddot{Z}_n + 2\xi_n\omega_n\dot{Z}_n + \omega_n^2 Z_n = -\Gamma_n\ddot{y} \quad (3.40)$$

dan

$$\Gamma_n = \frac{P_n^*}{M_n^*} = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \quad (3.41)$$

Persamaan (3.41) sering disebut dengan partisipasi setiap mode atau *mode participation factor*. Selanjutnya persamaan (3.40) juga dapat ditulis menjadi

$$\frac{\ddot{Z}_n}{\Gamma_n} + 2\xi_n\omega_n \frac{\dot{Z}_n}{\Gamma_n} + \omega_n^2 \frac{Z_n}{\Gamma_n} = -\ddot{y} \quad (3.42)$$

Apabila diambil suatu notasi bahwa

$$\ddot{q}_n = \frac{\ddot{Z}_n}{\Gamma_n}, \quad \dot{q}_n = \frac{\dot{Z}_n}{\Gamma_n} \text{ dan } q_n = \frac{Z_n}{\Gamma_n} \quad (3.43)$$

Maka persamaan (3.42) menjadi

$$\ddot{q}_n + 2\xi_n\omega_n\dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = -\ddot{y} \quad (3.44)$$

Persamaan (3.44) adalah persamaan diferensial yang *independent* karena persamaan tersebut hanya berhubungan dengan tiap-tiap mode.

Nilai partisipasi setiap mode akan dapat dihitung dengan mudah setelah koordinat setiap mode ϕ_{mn} telah diperoleh. Nilai q , \dot{q} dan \ddot{q} dapat dihitung dengan

integrasi secara numerik. Apabila nilai tersebut telah diperoleh maka nilai Z_n dapat dihitung. Dengan demikian simpangan horisontal setiap tingkat akan dapat dihitung.

3.7 Respon Struktur Terhadap Beban Gempa

Persamaan gerakan yang disebabkan adanya beban gempa dapat diselesaikan dengan persamaan (3.27). Nilai $q(t)$ dapat diperoleh dengan membandingkan antara persamaan (3.27) dengan persamaan gerakan mode ke- n sistem dari SDOF. Sistem SDOF mempunyai frekuensi natural (*natural frequency*) (ω_n) dan rasio redaman (ξ_n) mode ke- n dari sistem MDOF, dengan $n = 1, 2, 3, \dots, i$.

Nilai yang akan dicari adalah $q_n(t)$, misalnya dipergunakan *Newmark's Acceleration Method* untuk *unconditionally stable procedures*, proses integrasi adalah sebagai berikut.

Pada *Newmark's Acceleration Method* diperoleh hubungan awal bahwa

$$\begin{aligned} \dot{q}_{n+1} &= \dot{q}_n + [(1-\gamma)\Delta t]\ddot{q}_n + (\gamma \cdot \Delta t)\ddot{q}_{n+1} \\ q_{n+1} &= q_n + (\Delta t)\dot{q}_n + \left[0.5 - \beta\right](\Delta t)^2\ddot{q}_n + \left[\beta(\Delta t)^2\right]\ddot{q}_{n+1} \end{aligned} \quad (3.45)$$

Parameter γ dan β untuk *Newmark's Average Acceleration Method* adalah $\gamma = 1/2$ dan $\beta = 1/4$, persamaan (3.45) disubstitusikan ke persamaan berikut

$$\Delta q_n = q_{n+1} - q_n \quad \Delta \dot{q}_n = \dot{q}_{n+1} - \dot{q}_n \quad \Delta \ddot{q}_n = \ddot{q}_{n+1} - \ddot{q}_n \quad (3.46a)$$

$$\Delta y_n = y_{n+1} - y_n \quad (3.46b)$$

Dari substitusi persamaan (3.45) ke persamaan (3.46) diperoleh

$$\Delta \dot{q}_n = (\Delta t)\ddot{q}_n + (\gamma \cdot \Delta t)\Delta \ddot{q}_n \quad (3.47a)$$

$$\Delta q_n = (\Delta t)\dot{q}_n + \frac{(\Delta t)^2}{2}\ddot{q}_n + \beta(\Delta t)^2\Delta \ddot{q}_n \quad (3.47b)$$

Dari persamaan (3.47b) diperoleh

$$\Delta\ddot{q}_n = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} \Delta q_n - \frac{1}{\beta \cdot \Delta t} \dot{q}_n - \frac{1}{2\beta} \ddot{q}_n \quad (3.48)$$

Substitusi persamaan (3.48) ke dalam persamaan (3.47a), diperoleh persamaan

$$\Delta\dot{q}_n = \frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \Delta q_n - \frac{\gamma}{\beta} \dot{q}_n + \Delta t \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta} \right) \ddot{q}_n \quad (3.49)$$

Substitusikan persamaan (3.48) dan persamaan (3.49) ke dalam persamaan (3.44), akan diperoleh

$$\left(\omega^2 + \frac{2\xi\omega\gamma}{\beta \cdot \Delta t} + \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} \right) \Delta q_n = \Delta y + \left(\frac{1}{\beta \cdot \Delta t} + \frac{2\xi\omega\gamma}{\beta} \right) \dot{q}_n + \left[\frac{1}{2\beta} + \Delta t \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) 2\xi\omega \right] \ddot{q}_n \quad (3.50)$$

Persamaan (3.50) dapat ditulis menjadi

$$\Delta q_n = \frac{\Delta\ddot{y}_n + a \cdot \dot{q}_n + b \cdot \ddot{q}_n}{\hat{k}} \quad (3.51)$$

$$a = \left[\frac{4}{\Delta t} + 4\xi\omega \right] \quad (3.52a)$$

$$b = 2 \quad (3.52b)$$

$$\hat{k} = \left[\omega^2 + \frac{4\xi\omega}{\Delta t} + \frac{4}{\Delta t^2} \right] \quad (3.52c)$$

Untuk memulai iterasi diperlukan anggapan bahwa

$$q_0 = 0 \quad (3.53a)$$

$$\dot{q}_0 = 0 \quad (3.53b)$$

$$\ddot{q}_0 = 0 \quad (3.53c)$$

maka

$$q_{n+1} = q_n + \Delta q_n \quad (3.54a)$$

$$\dot{q}_{n+1} = \dot{q}_n + \Delta\dot{q}_n \quad (3.54b)$$

$$\ddot{q}_{n+1} = \ddot{q}_n + \Delta\ddot{q}_n \quad (3.54c)$$

sehingga

$$\ddot{q}_0 = \ddot{y}_0 - \dot{q}_0 2\xi\omega - \dot{q}\omega^2 = 0 \quad (3.55a)$$

$$\Delta\dot{q}_n = \frac{2}{\Delta t} \Delta q_n - 2\dot{q}_n \quad (3.55b)$$

$$\Delta\ddot{q}_n = \frac{4}{(\Delta t)^2} (\Delta q_n - \Delta t\dot{q}_n) - 2\ddot{q}_n \quad (3.55c)$$

Setelah diperoleh nilai q_n untuk tiap-tiap mode, selanjutnya nilai simpangan tiap mode dapat diperoleh $y_n(t)$,

$$y_n(t) = \Gamma_n \phi_n q_n(t) \quad (3.56)$$

Simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) dari suatu titik pada suatu lantai harus ditentukan sebagai simpangan horisontal titik itu, relatif terhadap titik yang sesuai pada lantai dibawahnya. Perbandingan antara simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) dan tinggi tingkat yang bersangkutan tidak boleh melampaui 0,005 dengan ketentuan bahwa dalam segala hal simpangan tersebut tidak boleh melebihi dari 2 cm (PPKGTG,1987).

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)

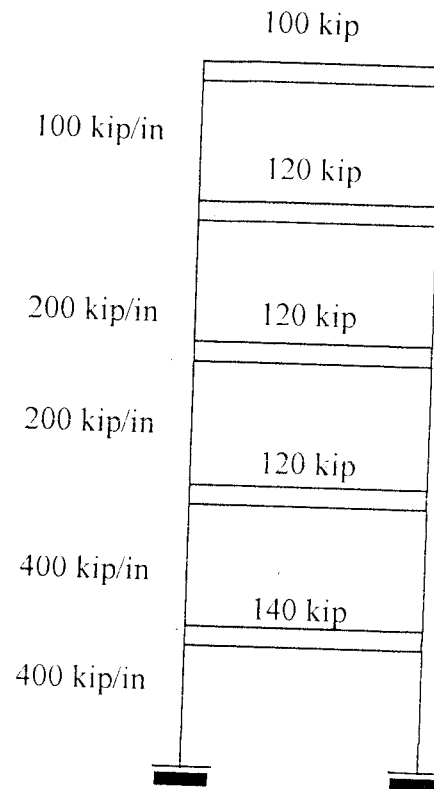
Tabel 4.1 Lanjutan

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)

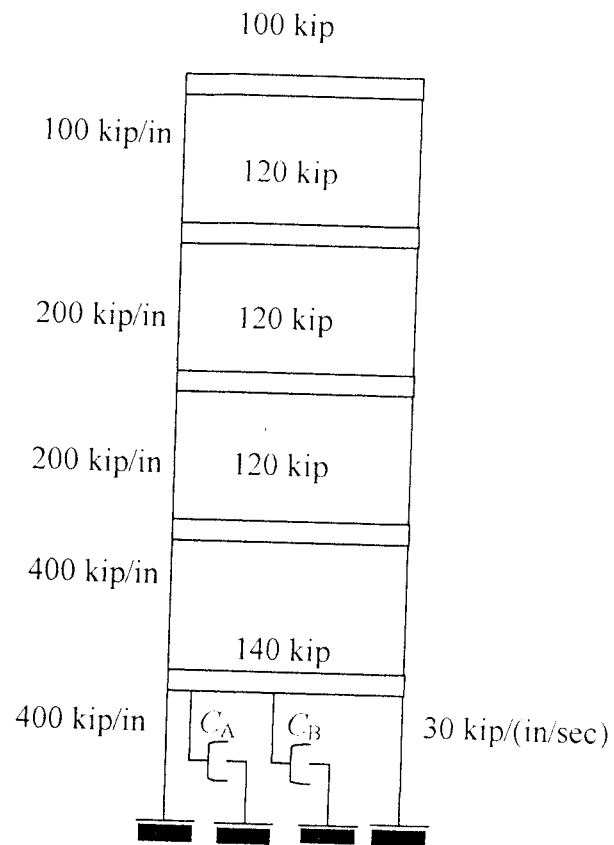
1. Posisi tanpa peredam tambahan.



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

$$[C_1] = \begin{bmatrix} 2,08 & -1,04 & 0 & 0 & 0 \\ -1,04 & 2,08 & -1,04 & 0 & 0 \\ 0 & -1,04 & 2,08 & -1,04 & 0 \\ 0 & 0 & -1,04 & 2,08 & -1,04 \\ 0 & 0 & 0 & -1,04 & 1,04 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

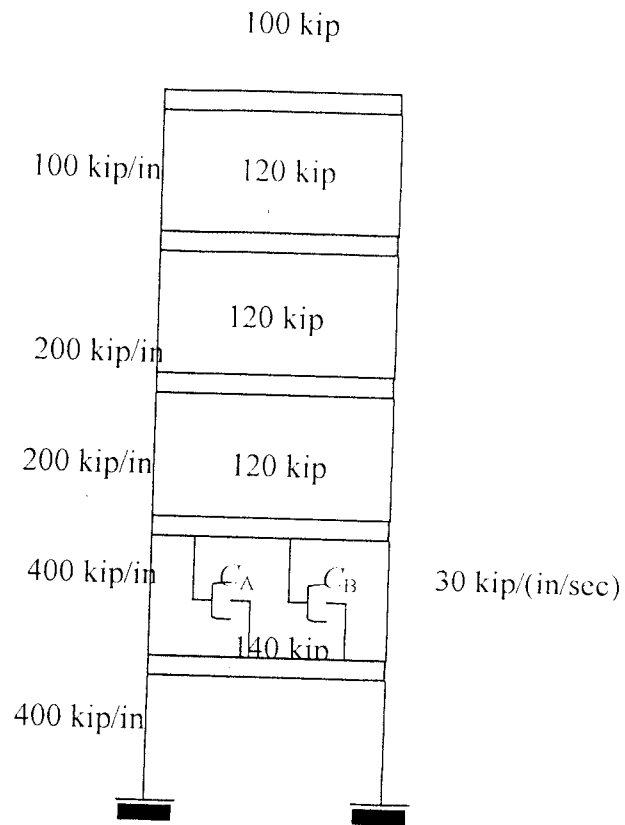
2. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat pertama



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

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

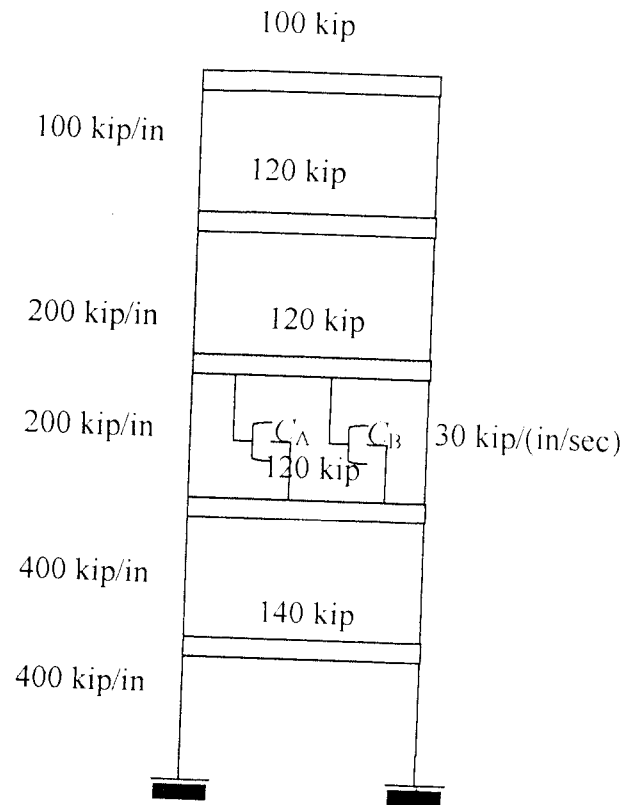
3. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat kedua



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

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

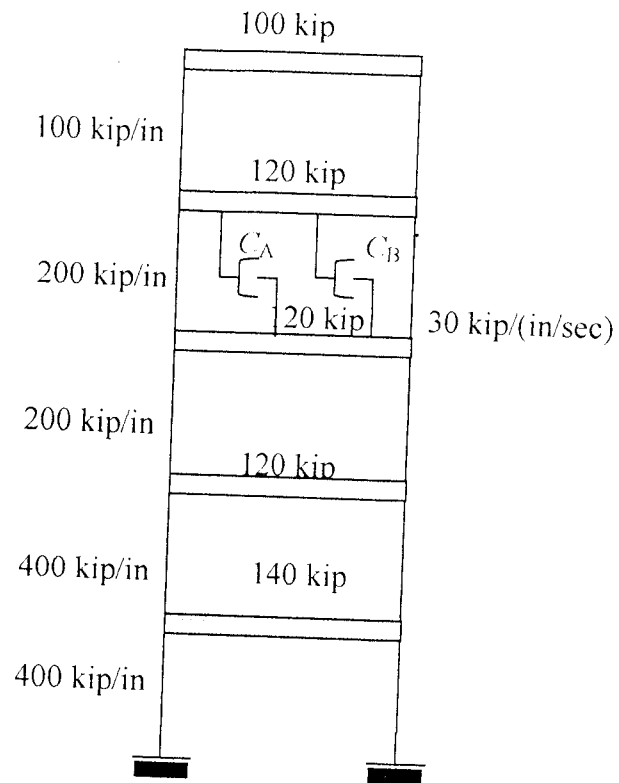
4. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat ketiga



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

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

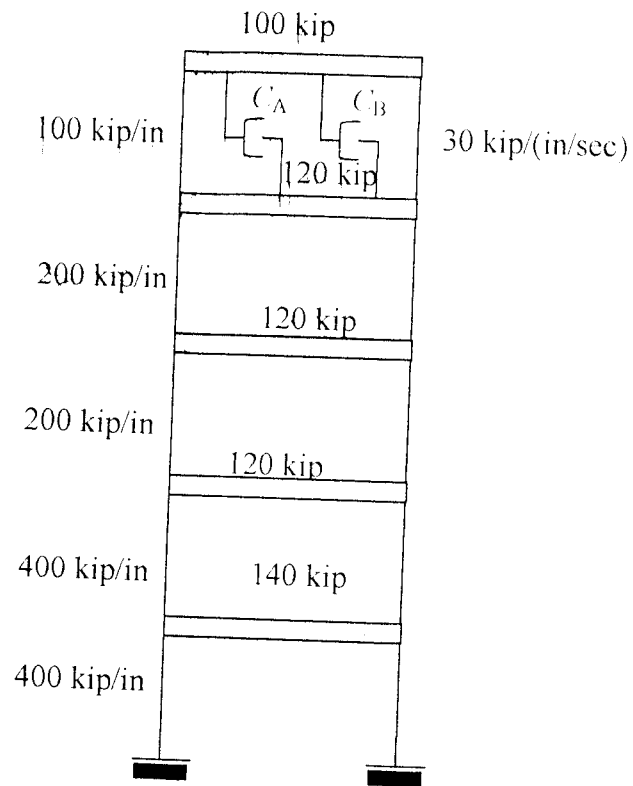
5. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat keempat



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

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

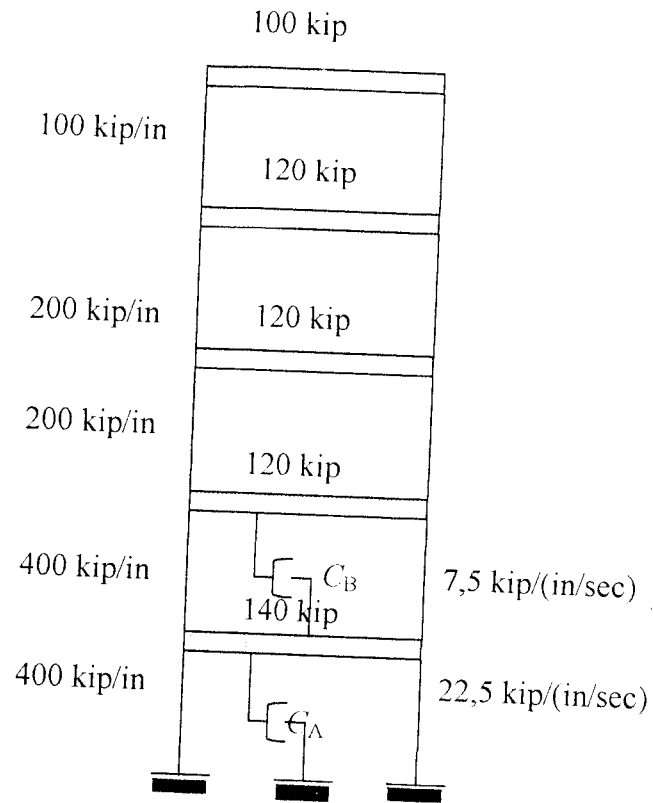
6. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat kelima



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

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

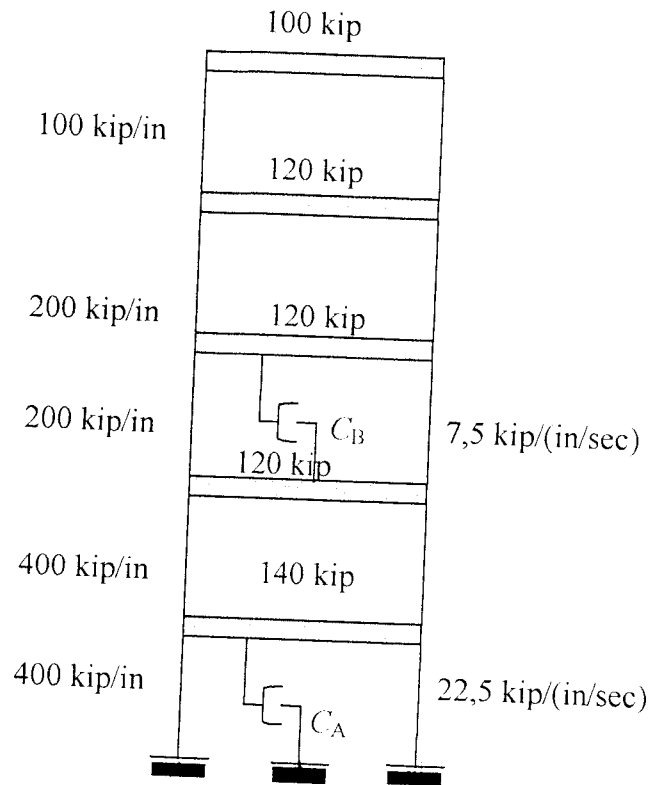
7. Posisi *Magnetorheological Damper A* di tingkat I dan *MR Damper B* ditingkat II



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

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

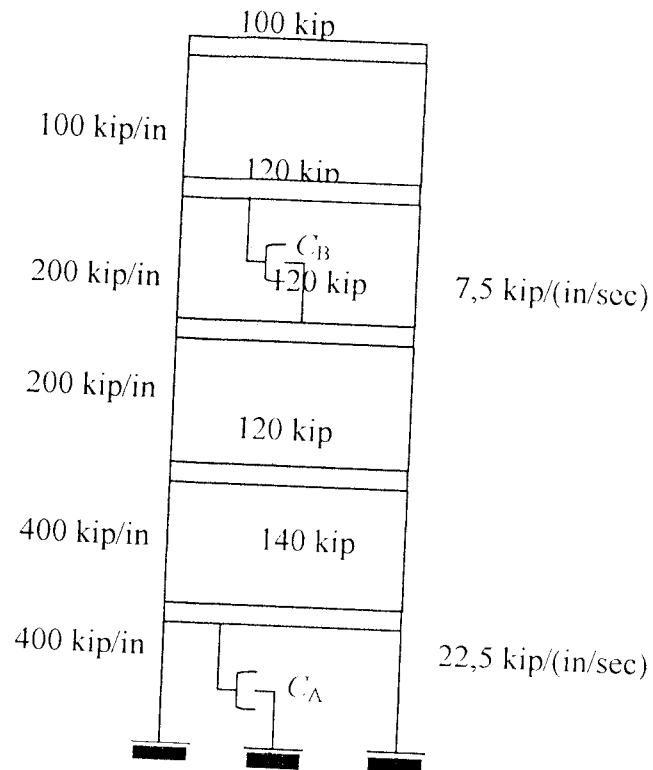
8. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat I dan MR *Damper B* ditingkat III



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

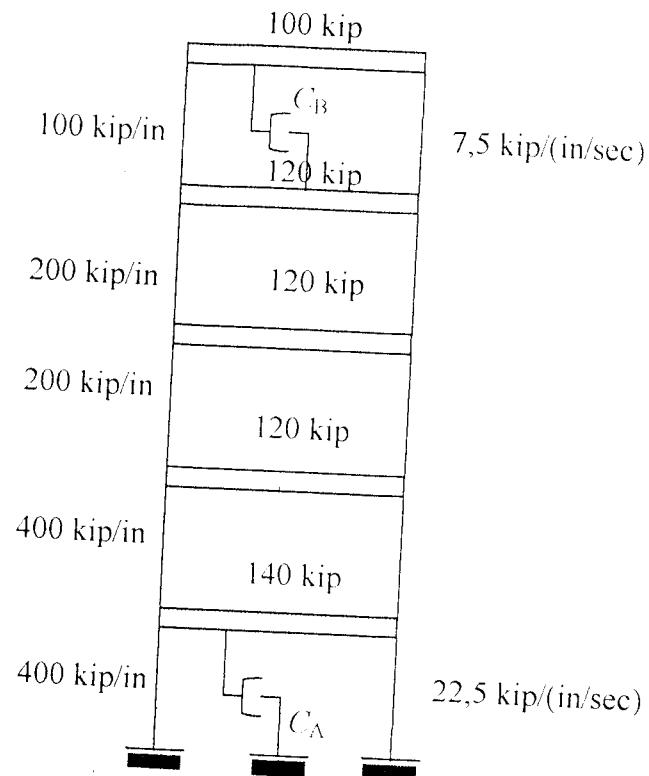


Gambar 4.9 Struktur dengan posisi MR *damper A* ditingkat I dan MR *Damper B* ditingkat IV (variasi 9)

$$[C_2] = \begin{bmatrix} 22,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7,5 & -7,5 & 0 \\ 0 & 0 & -7,5 & 7,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.9)$$



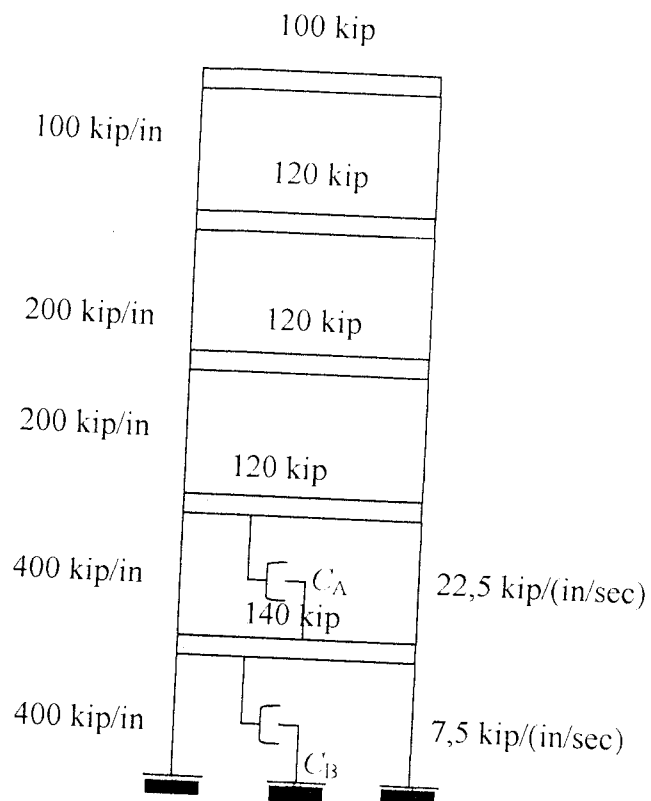
10. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat I dan *MR Damper B* ditingkat V



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

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

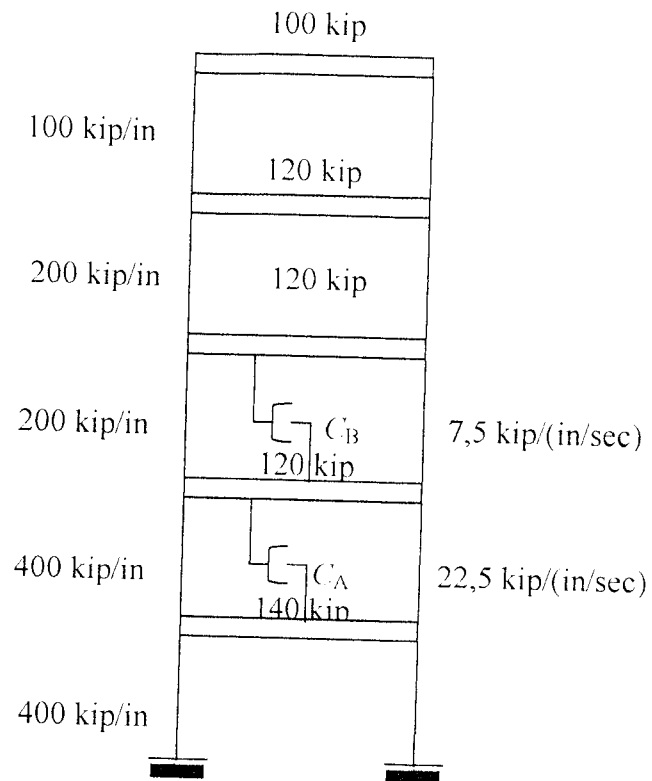
11. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat II dan MR *Damper B* ditingkat I



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

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

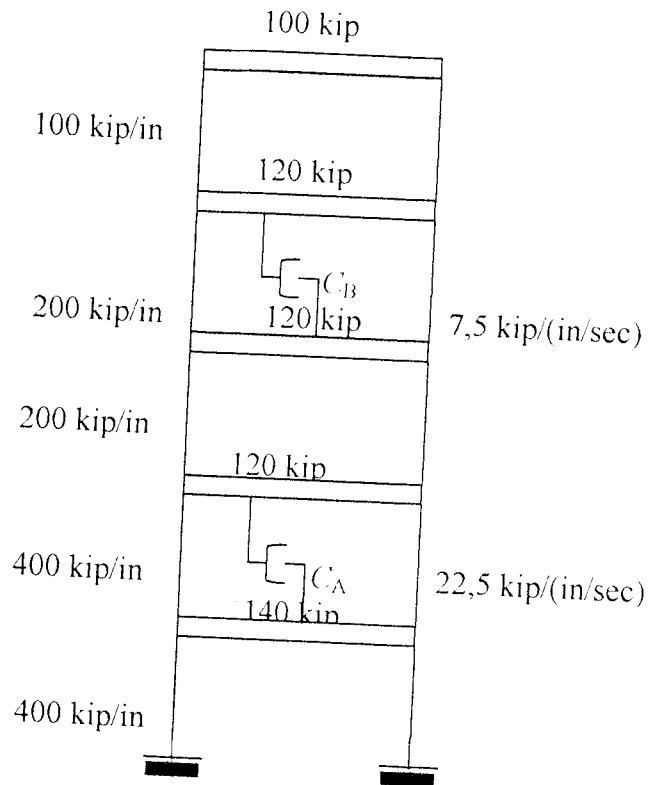
12. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat II dan *MR Damper B* ditingkat III



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

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

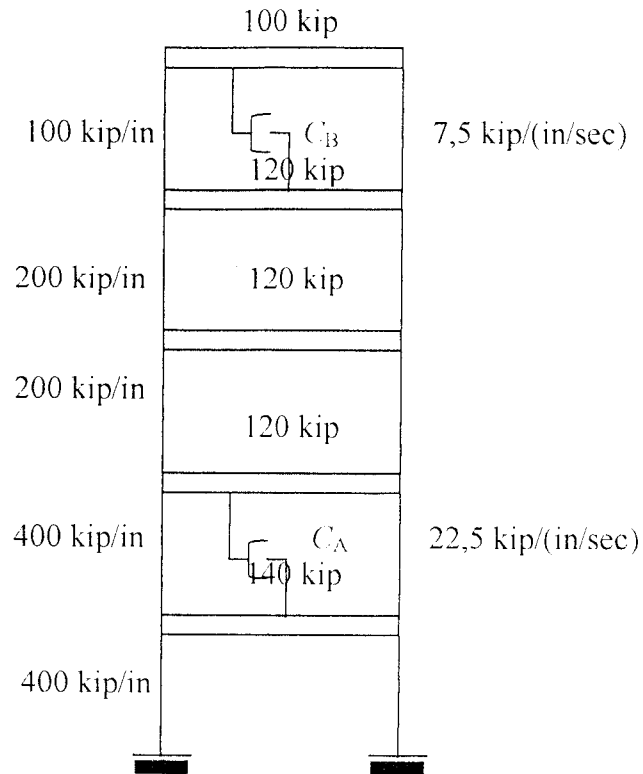
13. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat II dan MR Damper B ditingkat IV



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

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

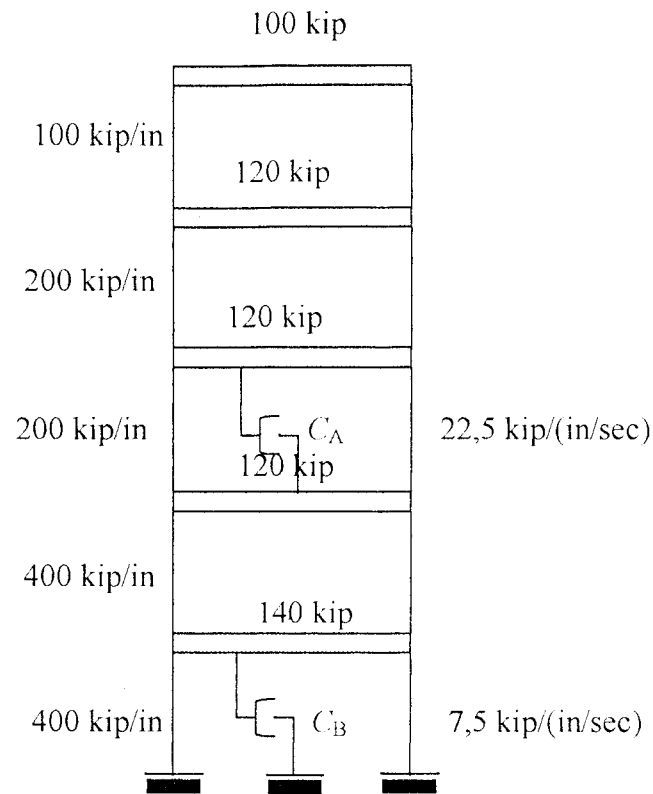
14. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat II dan MR Damper B ditingkat V



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

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

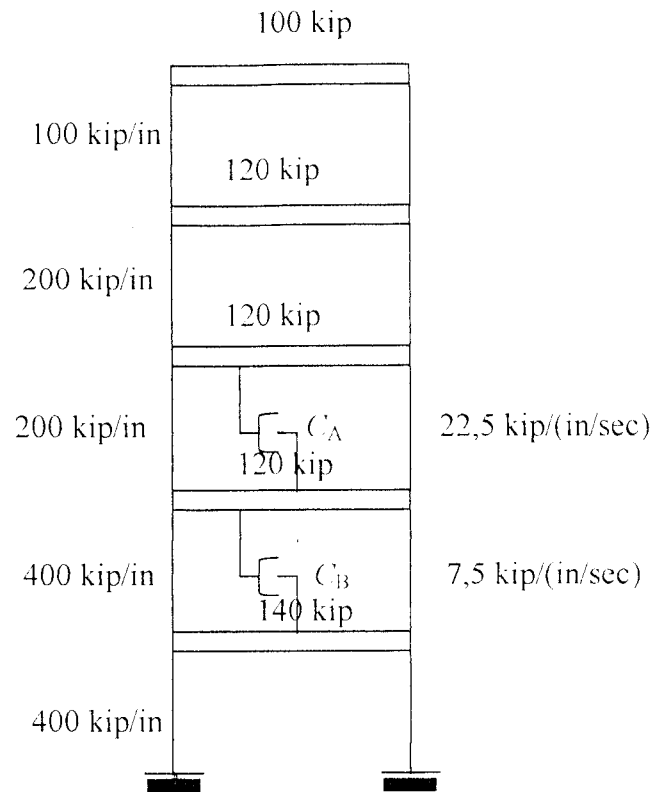
15. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat III dan *MR Damper B* ditingkat I



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

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

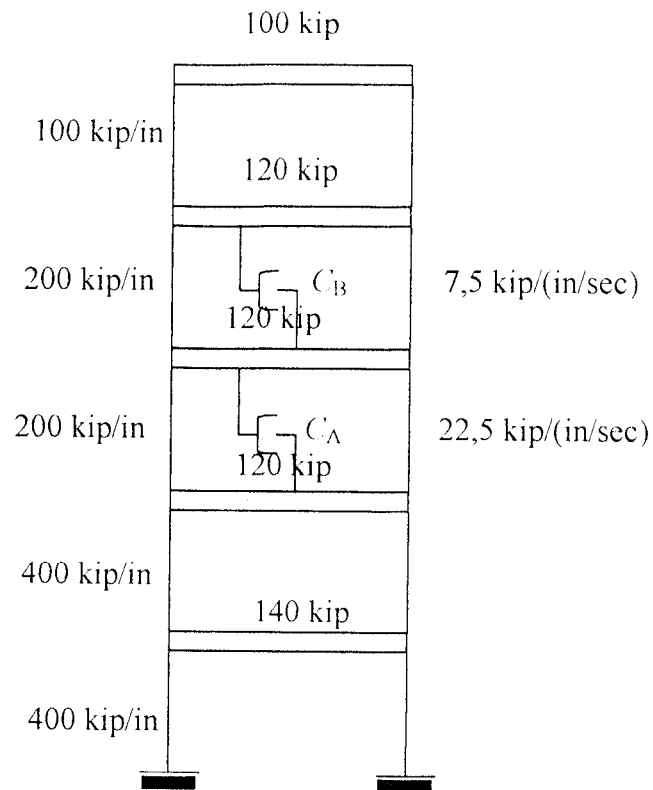
16. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat III dan MR Damper B ditingkat II



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

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

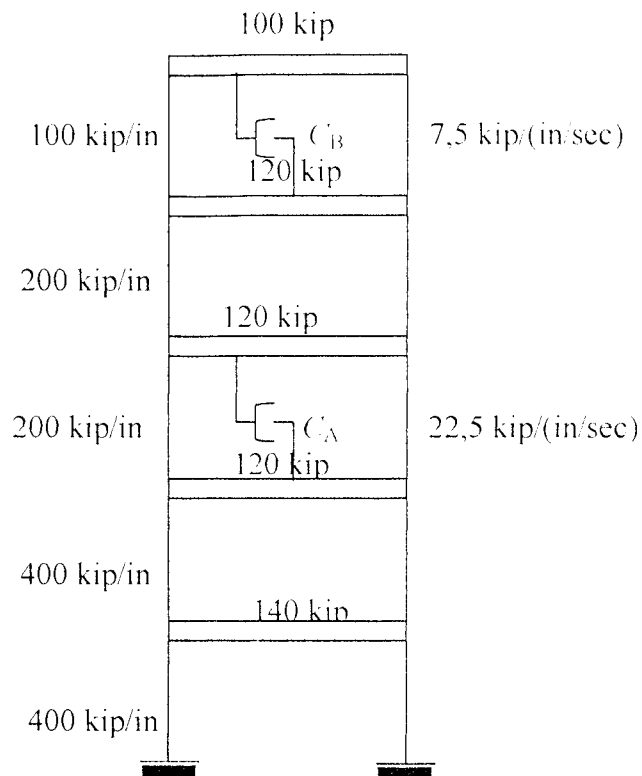
17. Posisi *Magnetorheological Damper* A ditingkat III dan MR Damper B ditingkat IV



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

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

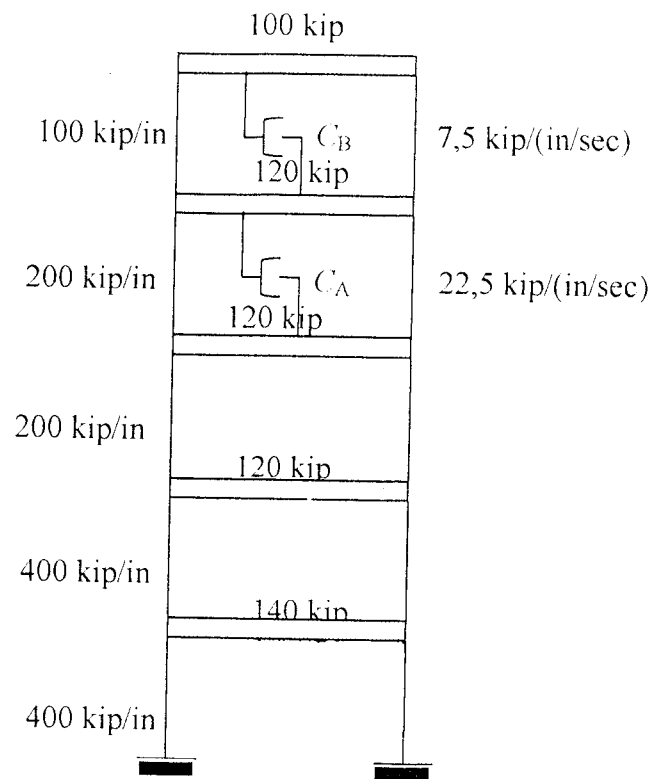
18. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat III dan MR Damper B ditingkat V



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

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

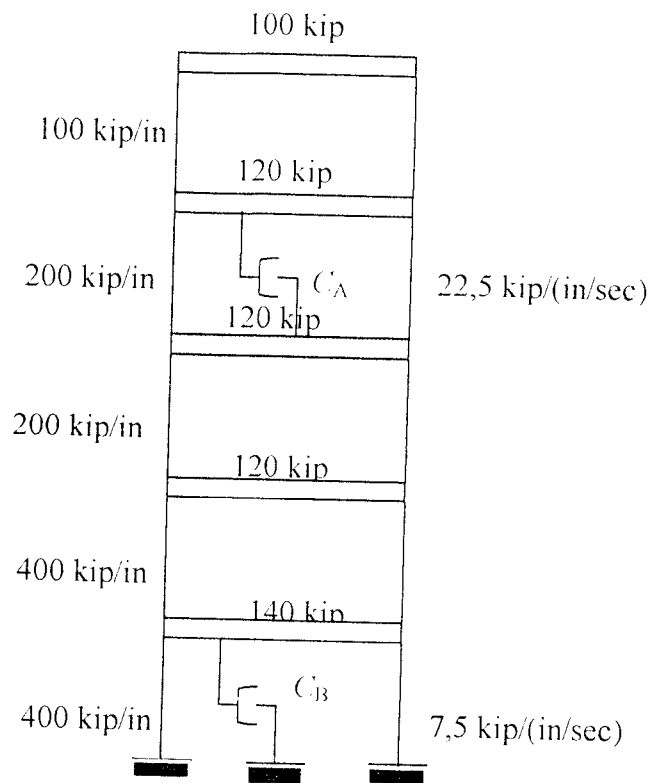
19. Posisi *Magnetorheological Damper* A ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat V



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

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

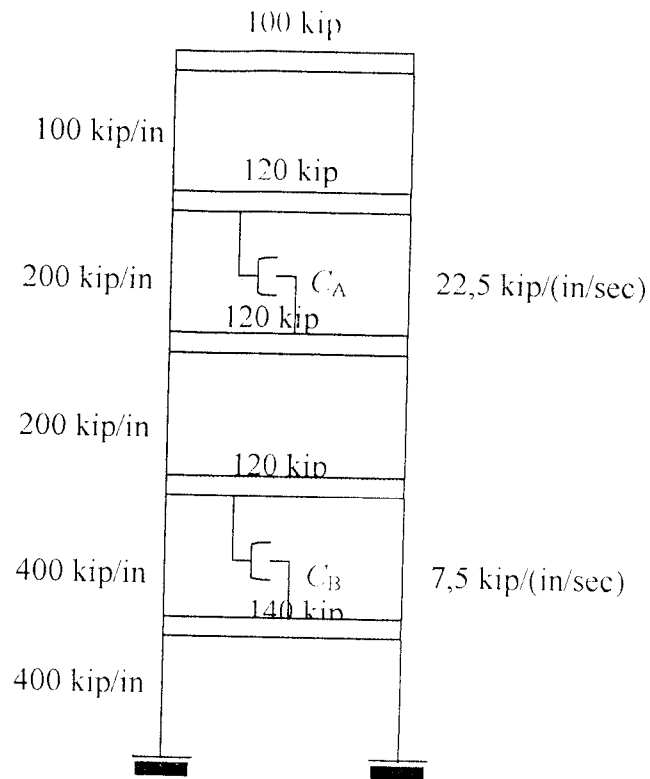
20. Posisi *Magnetorheological Damper* A ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat I



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

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

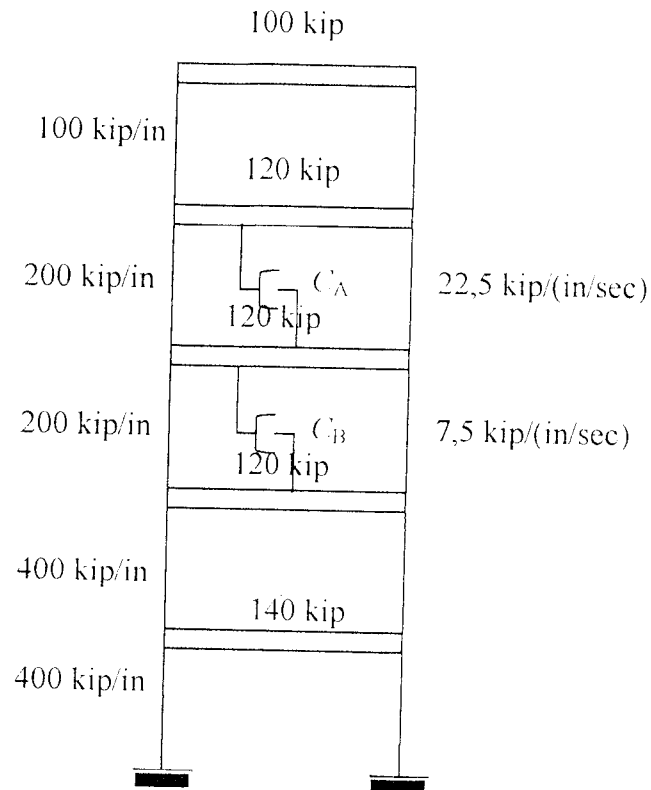
21. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat II



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

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

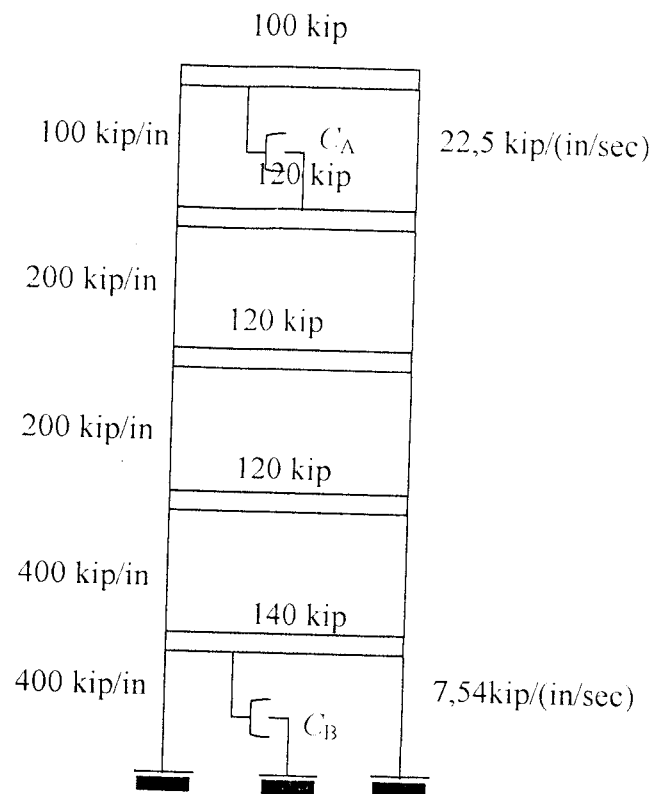
22. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat IV dan MR Damper B ditingkat III



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

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

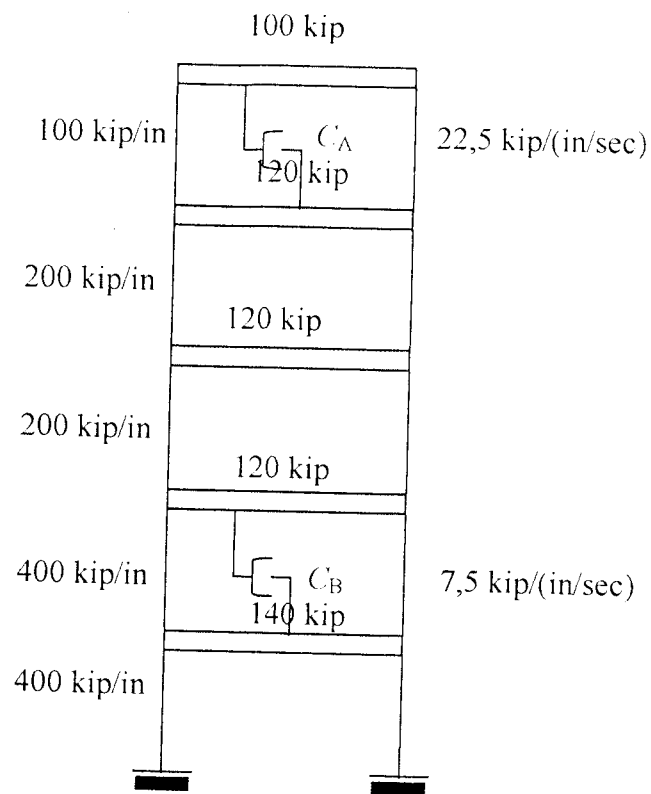
23. Posisi *Magnetorheological Damper* A ditingkat V dan MR Damper B ditingkat I



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

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

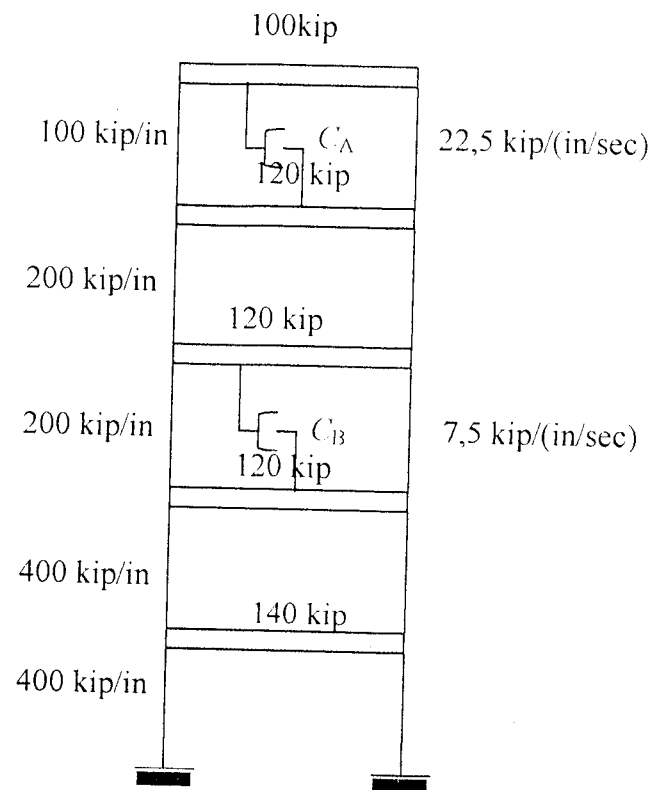
24. Posisi *Magnetorheological Damper A* ditingkat V dan MR Damper B ditingkat II



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

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

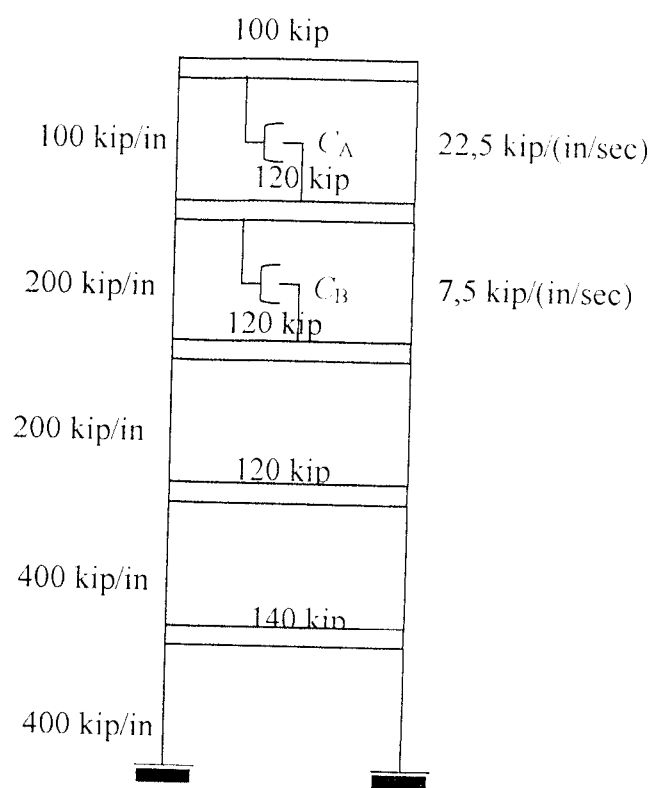
25. Posisi MR Damper A di tingkat V dan MR Damper B di tingkat III



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)

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

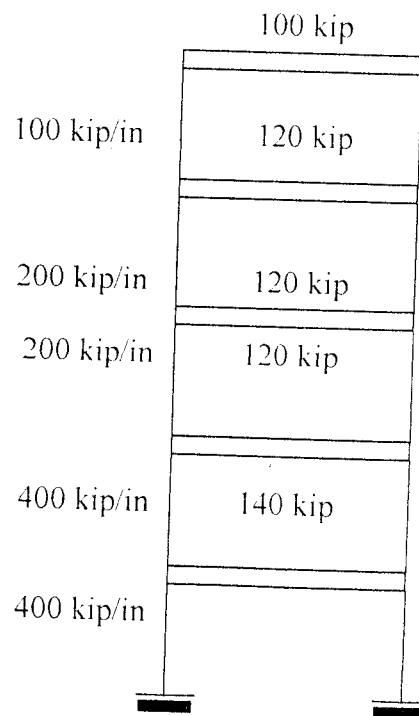
BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan hasil, dan selanjutnya akan dibahas dalam pembahasan, sebagaimana yang akan diuraikan berikut ini.

5.1 Analisis

Analisis menggunakan sebuah model 5 lantai diambil dari buku *Element of Structural Dynamics* (Berg, 1998). Berat lantai dan kekakuan seperti Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Model Bangunan Geser

5.1.1 Ragam Bentuk (*Mode Shape*) dan Frekuensi Natural

Dalam perhitungan berikut ini dilakukan perhitungan tanpa redaman , selanjutnya menggunakan redaman yang penempatannya divariasikan dari lantai pertama sampai lantai teratas. Hasil perhitungan dari matrik massa dan kekakuan berdasarkan pada persamaan (3.7a) dan (3.7b) adalah:

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_5 \end{bmatrix} \quad (5.1a)$$

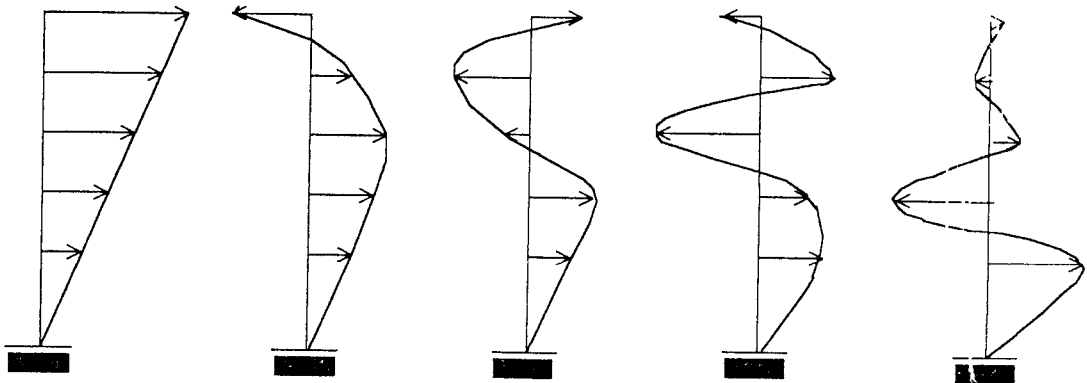
$$[M] = \begin{bmatrix} 140 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 120 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 120 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 120 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 100 \end{bmatrix} \quad (5.1b)$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 & 0 & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2+k_3 & -k_3 & 0 & 0 \\ 0 & -k_3 & k_3+k_4 & -k_4 & 0 \\ 0 & 0 & -k_4 & k_4+k_5 & -k_5 \\ 0 & 0 & 0 & -k_5 & k_5 \end{bmatrix} \quad (5.2a)$$

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

Matrik massa dan kekakuan merupakan *input* persamaan *eigen problem*, dan penyelesain selanjutnya menggunakan aplikasi program Matlab. Matlab adalah suatu program yang banyak dipakai untuk menyelesaikan persoalan matematika yang mempunyai variabel yang kompleks, persamaan diferensial dan lainnya. Dari persamaan *eigen problem* diperoleh hasil yaitu nilai *mode shape*. Nilai *mode shape* yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$\phi_1 = \begin{Bmatrix} 0,1153 \\ 0,2225 \\ 0,4095 \\ 0,5463 \\ 0,6863 \end{Bmatrix}, \phi_2 = \begin{Bmatrix} 0,2840 \\ 0,4492 \\ 0,4572 \\ 0,1371 \\ -0,6998 \end{Bmatrix}, \phi_3 = \begin{Bmatrix} 0,4616 \\ 0,5110 \\ -0,1725 \\ -0,5920 \\ 0,3815 \end{Bmatrix}, \phi_4 = \begin{Bmatrix} 0,3654 \\ 0,1079 \\ -0,7225 \\ 0,5586 \\ -0,1443 \end{Bmatrix}, \phi_5 = \begin{Bmatrix} 0,6671 \\ -0,7031 \\ 0,2373 \\ -0,0649 \\ 0,0084 \end{Bmatrix} \quad (5.3)$$



Mode ke 1

Mode ke 2

Mode ke 3

Mode ke 4

Mode ke 5

Persamaan diferensial model gerakan pada sistem diatas tanpa memperhitungkan nilai redaman adalah sebagai berikut :

$$[M^*]\{\ddot{q}\} + [K^*]\{q\} = \Gamma \ddot{y}_g(t) \quad (5.4a)$$

$$k_{ij} = [K^*] = \{\phi_i^T\} [K] \{\phi_j\} \quad (5.4b)$$

$$m_{ij} = [M^*] = \{\phi_i^T\} [M] \{\phi_j\} \quad (5.4c)$$

Elemen dari massa efektif dan kekakuan efektif adalah sebagai berikut :

$$[M^*] = \begin{bmatrix} 110,8388 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 111,8169 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 121,3505 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 122,2566 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 128,8918 \end{bmatrix} \quad (5.5a)$$

$$[K^*] = \begin{bmatrix} 22,6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 133,7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 309,6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 595,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1124,6 \end{bmatrix} \quad (5.5b)$$

Baik Matrik massa maupun kekakuan adalah matrik diagonal, sehingga hasil perkalian dari $[M^*]^{-1}$ dengan $[K]$ adalah ω^2 juga merupakan matrik diagonal :

$$\sqrt{[M^*]^{-1}} [K] = \begin{bmatrix} \omega_1^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega_2^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \omega_3^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \omega_4^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_5^2 \end{bmatrix} \quad (5.6a)$$

$$= \begin{bmatrix} 8,7254 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4,8708 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2,5514 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,1959 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,2039 \end{bmatrix} \text{sec}^{-2} \quad (5.6b)$$

Faktor partisipasi tiap mode dihitung dengan persamaan (3.44) :

$$\Gamma_n = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \quad (5.7)$$

Faktor partisipasi tiap mode dari perhitungan diatas adalah(Lampiran 2 hal L2-y) :

$$\Gamma_1 = 2,0405; \Gamma_2 = 0,8496; \Gamma_3 = 0,5963; \Gamma_4 = 0,2454; \Gamma_5 = 0,2370 \quad (5.8)$$

5.1.2 Efek Redaman

Persamaan gerakan dengan redaman adalah sebagai berikut :

$$[M]\{\ddot{y}\} + [C]\{\dot{y}\} + [K]\{y\} = \Gamma \ddot{y}_g \quad (5.9)$$

Jika persamaan diatas diubah menjadi modal koordinat, maka akan menjadi :

$$\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \ddot{q}_n + \{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n \dot{q}_n + \{\phi\}_n^T [K] \{\phi\}_n q_n = \{\phi\}_n^T \ddot{y}_g \quad (5.10)$$

Elemen dari matrik redaman efektif adalah :

$$c_{ij}^* = \{\phi\}_i^T [C]_j \{\phi\}_i \quad (5.11)$$

Hasil dari matrik redaman adalah (Lampiran 2 hal L2-(h-n)) :

$$[C_1^*] = \begin{bmatrix} 0,1020 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,9473 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,8786 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3,1457 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3,4357 \end{bmatrix} \text{kips/(in/sec)} \quad (5.12a)$$

$$[C_2^*] = \begin{bmatrix} 0,3988 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2,4197 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6,3922 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4,0055 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 13,3507 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12b)$$

$$[C_3^*] = \begin{bmatrix} 0,3448 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,8187 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,0732 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,9892 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 56,3234 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12c)$$

$$[C_4^*] = \begin{bmatrix} 1,0491 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,0019 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 14,0152 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 20,6869 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 26,5306 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12d)$$

$$[C_5^*] = \begin{bmatrix} 0,5614 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3,0739 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5,2794 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 49,2365 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2,7397 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12e)$$

$$[C_6^*] = \begin{bmatrix} 0,5880 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 21,0120 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 28,4311 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 14,8221 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,1612 \end{bmatrix} \text{ kip/(in/sec)} \quad (5.12f)$$

$$[C_7^*] = \begin{bmatrix} 0,3853 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2,0194 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4,8125 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3,5014 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 24,0939 \end{bmatrix} \text{ kip/(in/sec)} \quad (5.12g)$$

$$[C_8^*] = \begin{bmatrix} 0,5614 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,8152 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8,2980 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8,1759 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 16,6456 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12h)$$

$$[C_9^*] = \begin{bmatrix} 0,4395 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2,5832 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6,1140 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 15,3133 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 10,6979 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12i)$$

$$[C_{10}^*] = \begin{bmatrix} 3,2581 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6,3482 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10,2081 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 6,1051 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 10,0492 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12j)$$

$$[C_{11}^*] = \begin{bmatrix} 0,3583 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,2190 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,6530 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2,4933 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 45,5802 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12k)$$

$$[C_{12}^*] = \begin{bmatrix} 0,5208 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,6145 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3,5587 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 6,6636 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 48,8752 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12l)$$

$$[C_{13}^*] = \begin{bmatrix} 0,3989 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,3825 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,3748 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 13,8010 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 42,9275 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12m)$$

$$[C_{14}^*] = \begin{bmatrix} 0,4056 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5,8671 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7,1627 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7,1627 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 42,2829 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12n)$$

$$[C_{15}^*] = \begin{bmatrix} 0,8865 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,6064 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 12,1094 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 16,5166 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 23,2356 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12o)$$

$$[C_{16}^*] = \begin{bmatrix} 0,8730 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,2061 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10,5297 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 16,0125 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 33,9788 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12p)$$

$$[C_{17}^*] = \begin{bmatrix} 0,9272 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,7699 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 11,8312 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 27,8243 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 20,5829 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12q)$$

$$[C_{18}^*] = \begin{bmatrix} 0,9338 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5,2545 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 17,6191 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 19,2207 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 19,9382 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12r)$$

$$[C_{19}^*] = \begin{bmatrix} 0,5681 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7,5585 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 11,0673 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 40,6329 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2,0951 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12s)$$

$$[C_{20}^*] = \begin{bmatrix} 0,5208 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2,9104 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5,5576 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 37,9288 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5,3925 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12t)$$

$$[C_{21}^*] = \begin{bmatrix} 0,5073 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2,5101 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3,9779 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 37,4247 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 16,1357 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12u)$$

$$[C_{22}^*] = \begin{bmatrix} 0,6833 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2,3059 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7,4633 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 42,0991 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 8,6875 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} \quad (5.12v)$$

$$[C_{23}^*] = \begin{bmatrix} 0,5407 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 16,3640 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 22,9214 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 12,1174 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3,4586 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} (5.12.v)$$

$$[C_{24}^*] = \begin{bmatrix} 0,5272 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 15,9637 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 21,3416 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 11,6138 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 14,2018 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} (5.12x)$$

$$[C_{25}^*] = \begin{bmatrix} 0,7033 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 15,7595 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 24,8271 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 16,2883 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 6,7535 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} (5.12y)$$

$$[C_{26}^*] = \begin{bmatrix} 0,5814 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 16,5225 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 24,8271 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 23,4257 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8058 \end{bmatrix} \text{ kips/(in/sec)} (5.12z)$$

Baik matrik massa dan kekakuan adalah matrik diagonal, sedangkan matrik redaman bukanlah matrik diagonal dan persamaannya tetap merupakan persamaan yang masih berhubungan dengan kecepatan. Jika matrik redaman dikalikan dengan matrik massa atau dikalikan dengan matrik kekakuan atau

.kombinasi dari keduanya, maka matrik redaman efektif [C^*] akan menjadi matrik diagonal dan kaitan dengan kecepatan diabaikan (Berg, 1988).

Berg juga menyatakan matrik redaman [C] sangat sulit untuk ditemukan baik secara teoritis maupun eksperimen, permasalahannya terletak pada kecepatan yang selalu berkaitan meskipun diabaikan. Oleh karena itu dengan menganggap *modes* tanpa redaman, kemudian memasukkan nilai redaman pada setiap persamaan modal, akan dapat menyederhanakan permasalahan.

5.1.3 Respon Terhadap Beban Gempa Bumi

Nilai ratio redaman pada setiap perubahan posisi peredam dapat dicari dengan menganggap nilai ratio redaman pada keadaan struktur tanpa peredam tambahan untuk mode ke-1 adalah sebesar 2%. Selanjutnya untuk struktur dengan peredam tambahan didapat dari persamaan (3.42a) ditambah nilai ratio redaman mode pertama untuk struktur tanpa peredam. Nilai ratio redaman dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Nilai Ratio Redaman Pada Setiap Perubahan Posisi MR Damper

	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4	ξ_5
Tanpa MR Damper	0.02	0.0761	0.0886	0.0952	0.1145
Variasi 1	0.0982	0.2219	0.2829	0.4191	0.4589
Variasi 2	0.0237	0.1419	0.1562	0.1676	1.5674
Variasi 3	0.0202	0.2819	0.7730	0.8053	0.8675
Variasi 4	0.0202	0.2819	0.773	0.8053	0.8675
Variasi 5	0.0907	0.1862	0.3355	0.3627	1.9067
Variasi 6	0.0242	0.1915	.6281	1.5358	1.8021

Tabel 5.11anjutan

Variasi 7	0.0956	0.6976	0.216	0.2574	0.3583
Variasi 8	0.1301	0.2219	0.3862	0.5157	0.5439
Variasi 9	0.1062	0.2836	0.3646	0.405	0.6719
Variasi 10	0.2422	0.3353	0.5985	0.6124	0.7537
Variasi 11	0.0903	0.1599	0.1794	0.1931	1.2902
Variasi 12	0.0694	0.1783	0.2689	0.3378	1.3752
Variasi 13	0.0897	0.1544	0.1996	0.5975	1.2218
Variasi 14	0.0996	0.2653	0.4515	0.5664	1.2053
Vaariasi 15	0.0687	0.25	0.688	0.6964	0.7281
Variasi 16	0.0366	0.2474	0.6221	0.6780	0.9910
Variasi 17	0.0818	0.2580	0.6195	0.6947	1.0073
Variasi 18	0.2032	0.4981	0.6029	0.7948	1.0073
Vaariasi 19	0.0740	0.1875	0.6494	0.7023	1.5935
Variasi 20	0.1222	0.2152	0.3224	0.3768	1.4951
Variasi 21	0.1195	0.2777	0.2902	0.5114	1.4767
Variasi 22	0.1541	0.2613	0.3127	0.4734	1.6469
Vaariasi 23	0.1092	0.1822	0.5297	1.1766	1.3937
Variasi 24	0.1234	0.4424	0.5113	1.1766	1.3967
Variasi 25	0.1580	0.2503	0.6815	1.3532	1.3808
Variasi 26	0.0408	0.1902	0.9413	1.3532	1.4419

Setelah nilai rasio redaman diketahui untuk setiap posisi redaman pada tiap-tiap mode, selanjutnya dicari nilai q menggunakan metode *Newmark's Acceleration*. Hasil perhitungan nilai q sebagaimana terlihat pada persamaan (3.45c) dan disajikan pada Lampiran- 4. Simpangan dihitung dengan menggunakan persamaan

$$y_n(t) = \Gamma_n \phi_n q_n(t) \quad (5.13)$$

Contoh perhitungan nilai simpangan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran-5

5.2 Pembahasan

Beban gempa yang terjadi pada suatu struktur akan menyebabkan struktur bergoyang. Jumlah tingkat suatu struktur akan menentukan banyaknya pola goyangan (*mode shape*) yang terjadi akibat beban gempa. Pola goyangan ini

diurutkan dari yang paling besar kontribusinya sampai yang paling kecil terhadap simpangan struktur.

Pada penelitian ini kami mencoba memvariasikan posisi redaman ganda dengan nilai kapasitas yang berbeda dari lantai pertama sampai lantai teratas. Mengenai variasi posisi redaman lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.1. Struktur dikenai beban gempa berupa riwayat waktu (*time history*) dari gempa El Centro untuk mendapatkan nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif.

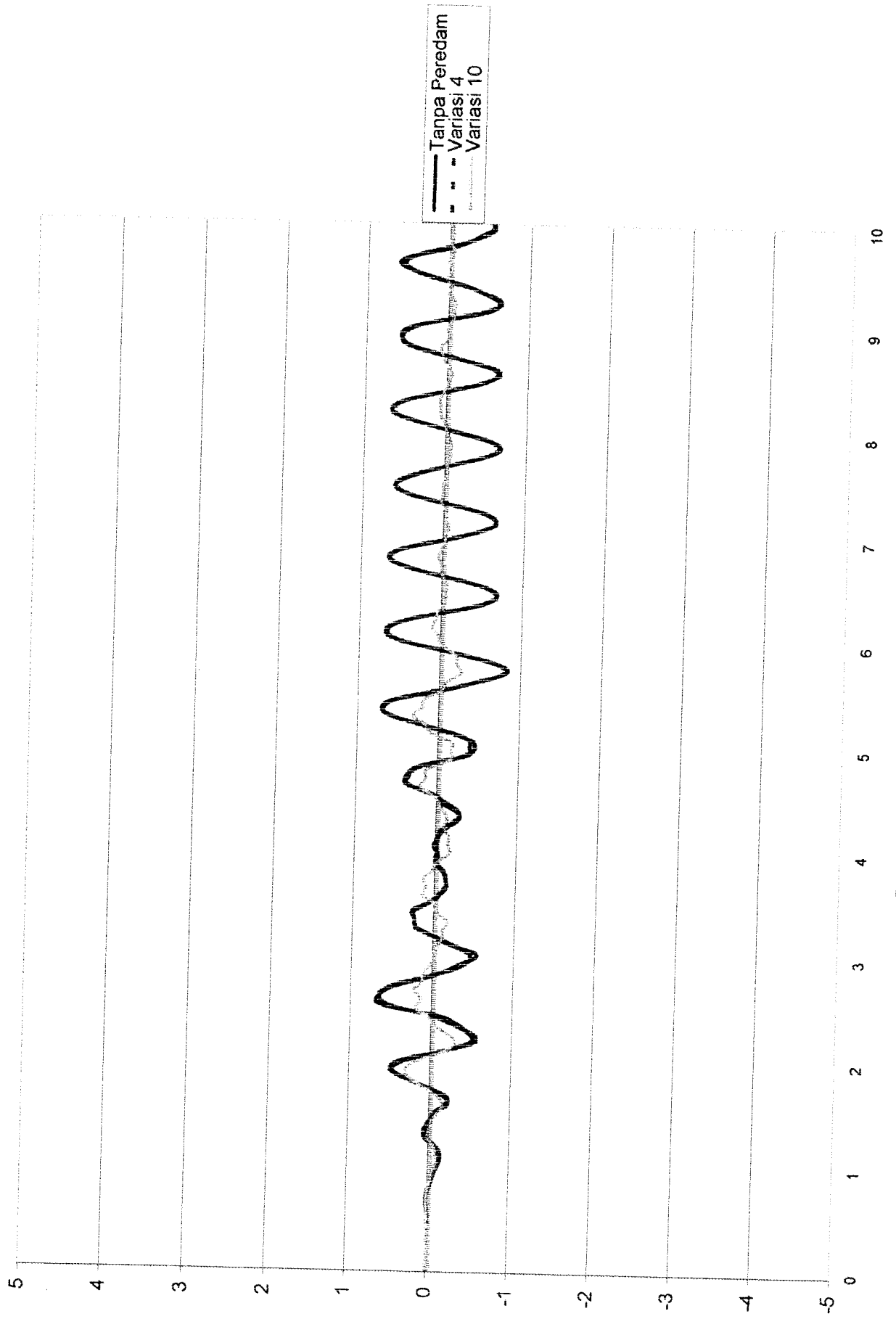
Pada penelitian kami, terdapat hubungan dengan penelitian sebelumnya, yaitu penelitian Elfira dan Juhartono(2000), yang akan kami bahas berikut ini. Pada hasil penelitian Elfira dan Juhartono mengenai penggunaan *MR Damper* ganda dengan nilai kapasitas kembar (15 kip/(in/sec) pada model struktur yang sama dengan penelitian kami, mendapatkan hasil bahwa perletakan efektif *MR Damper* terletak pada lantai 3 dan 5. Pada penelitian kami, dengan menggunakan *MR Damper* ganda dengan nilai kapasitas berbeda, mendapatkan hasil bahwa perletakan efektif terletak pada lantai 1 untuk kapasitas 22,5 kip/(in/sec) dan lantai 5 untuk kapasitas 7,5 kip/(in/sec). Perbedaan hasil tersebut dapat diartikan bahwa nilai kapasitas redaman mempunyai pengaruh terhadap perletakan efektif. Dalam perhitungan, kami mempunyai anggapan yang berbeda mengenai ratio redaman. Pada penelitian Elfira, ratio redaman dianggap 2 % untuk semua modal, sedangkan pada penelitian kami ratio redamannya adalah 2% untuk modal pertama. Selanjutnya, ratio redaman dihitung setelah mendapat nilai redaman dalam struktur (1,04 kip/ (in/sec)) yaitu dengan *trial and error*.

5.2.1 Simpangan Relatif

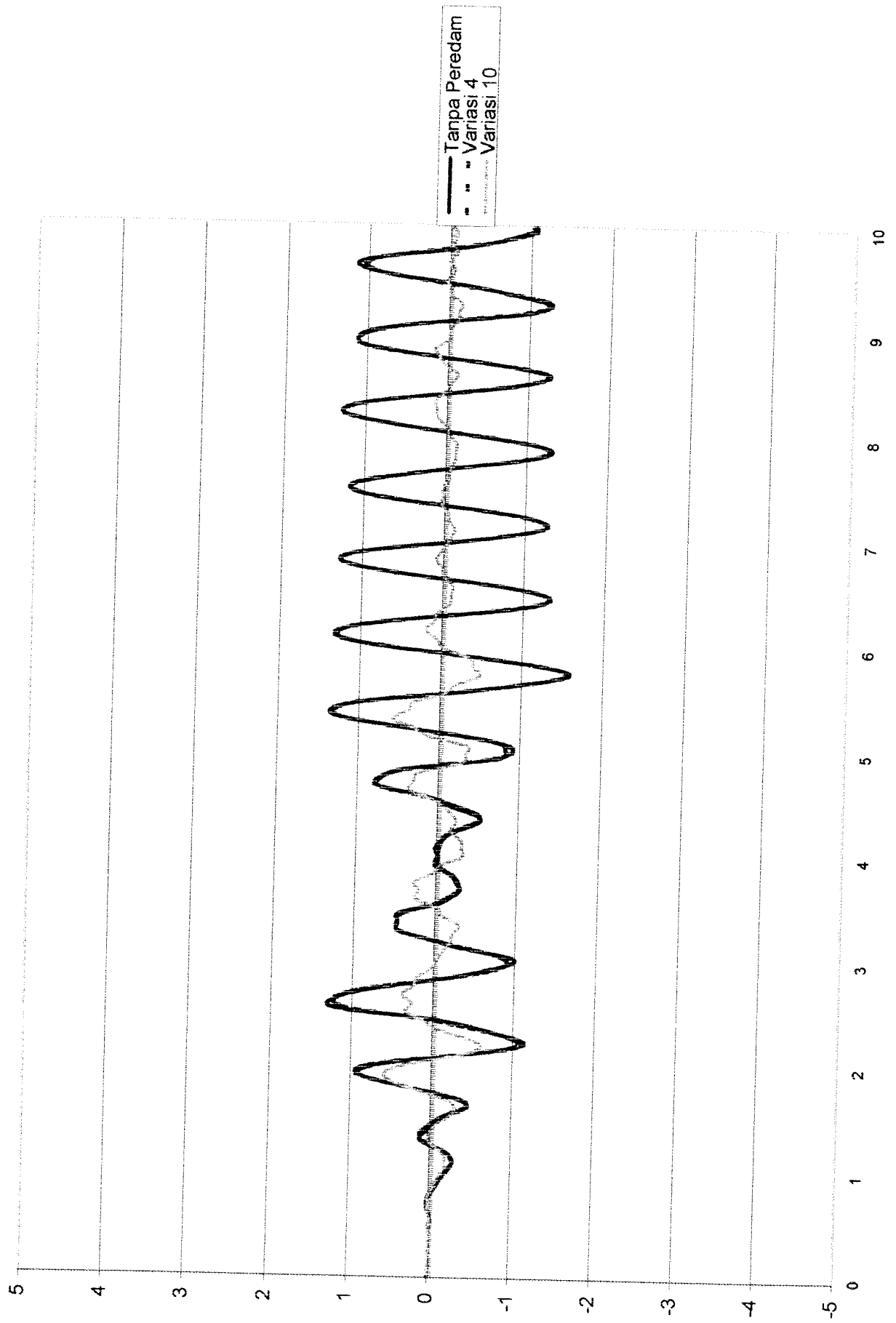
Suatu struktur akan bergetar jika mendapat pembebanan dari luar, baik berupa beban angin, getaran mesin atau gempa bumi. Getaran yang terjadi akibat pembebanan dari luar akan menyebabkan terjadinya simpangan pada struktur.

Peredaman digambarkan sebagai penyerapan kapasitas energi dari suatu *material damping*, yang dapat berbentuk gesekan antar join. Sedangkan external damping adalah penyerapan energi sistem dengan suatu alat yang menggunakan gas, cairan ataupun listrik (Hu dan kawan-kawan, 1996).

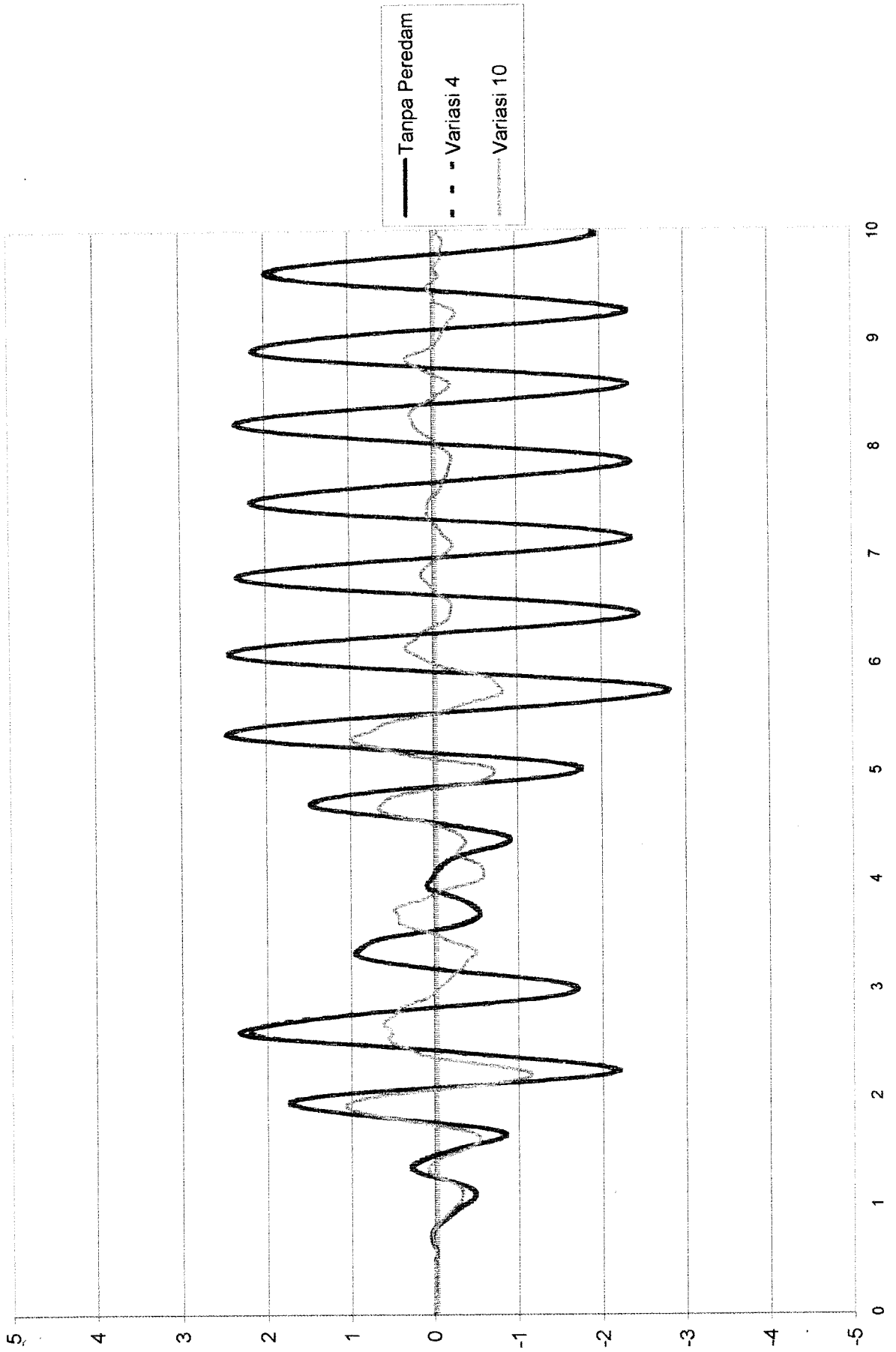
Simpangan relatif akan semakin membesar untuk lantai yang lebih tinggi, hal ini sesuai dengan pola goyangan pada mode pertama. Berikut ini ditunjukkan simpangan lantai 1 sampai 5 untuk variasi tanpa peredam tambahan, variasi 4, dan variasi 10. Pada variasi tersebut akan terlihat jelas perbedaannya, dimana variasi 10 adalah variasi yang paling efektif, dan variasi 4 adalah variasi yang paling tidak efektif (simpangannya hampir sama dengan simpangan tanpa peredam tambahan). Simpangan lantai 1 ditunjukkan pada persamaan (5.13) pada Gambar 5.2, simpangan lantai 2 pada Gambar 5.3, simpangan lantai 3 pada Gambar 5.4, simpangan lantai 4 pada Gambar 5.5, dan simpangan lantai 5 pada Gambar 5.6, dan simpangan relatif maksimum dapat dilihat pada Gambar 5.7.



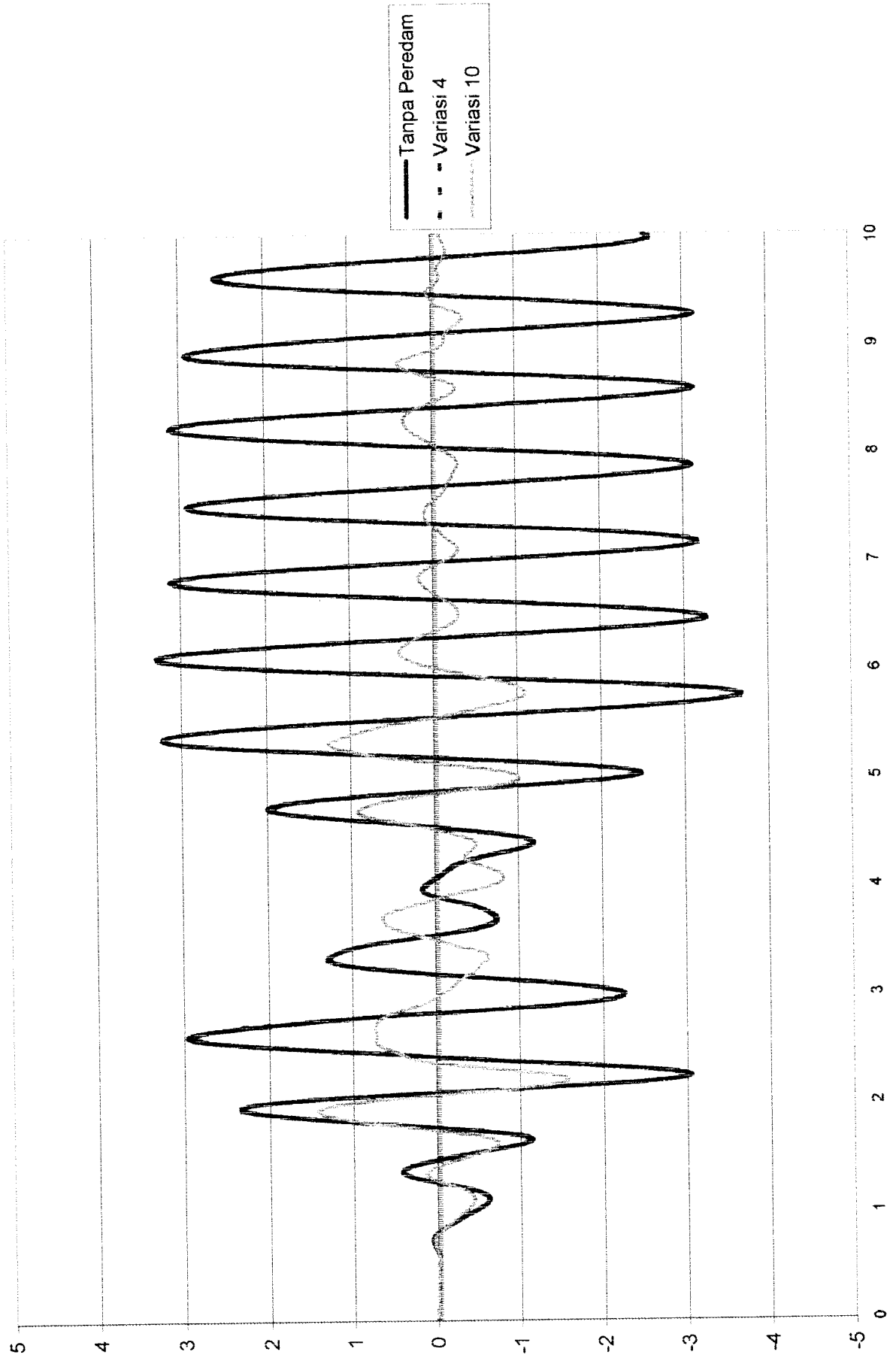
Gambar 5.2 Simpangan Lantai 1 variasi 1,4 dan 10



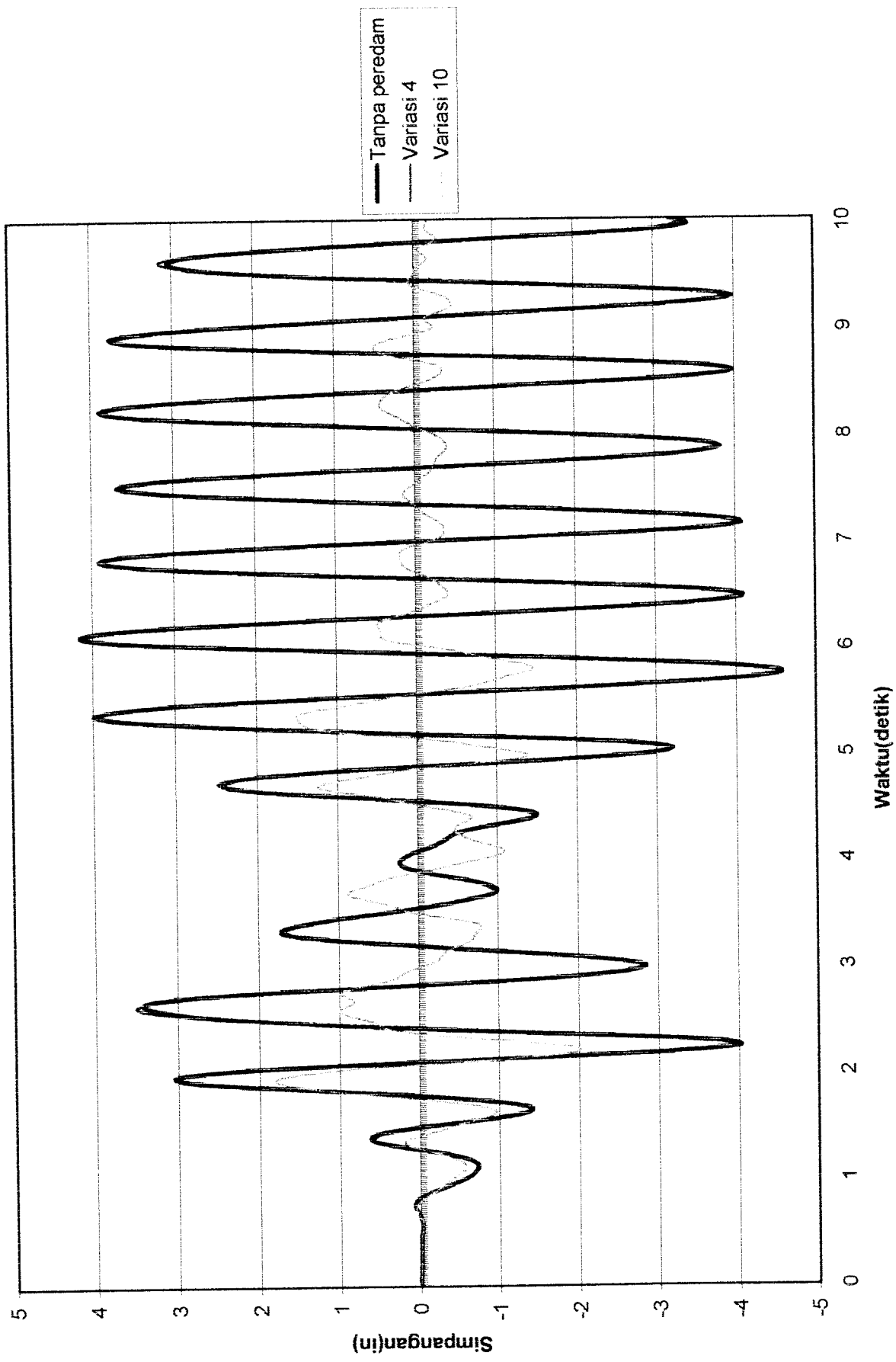
Gambar 5.3 Simpangan Lantai 2 variasi 1,4 dan 10



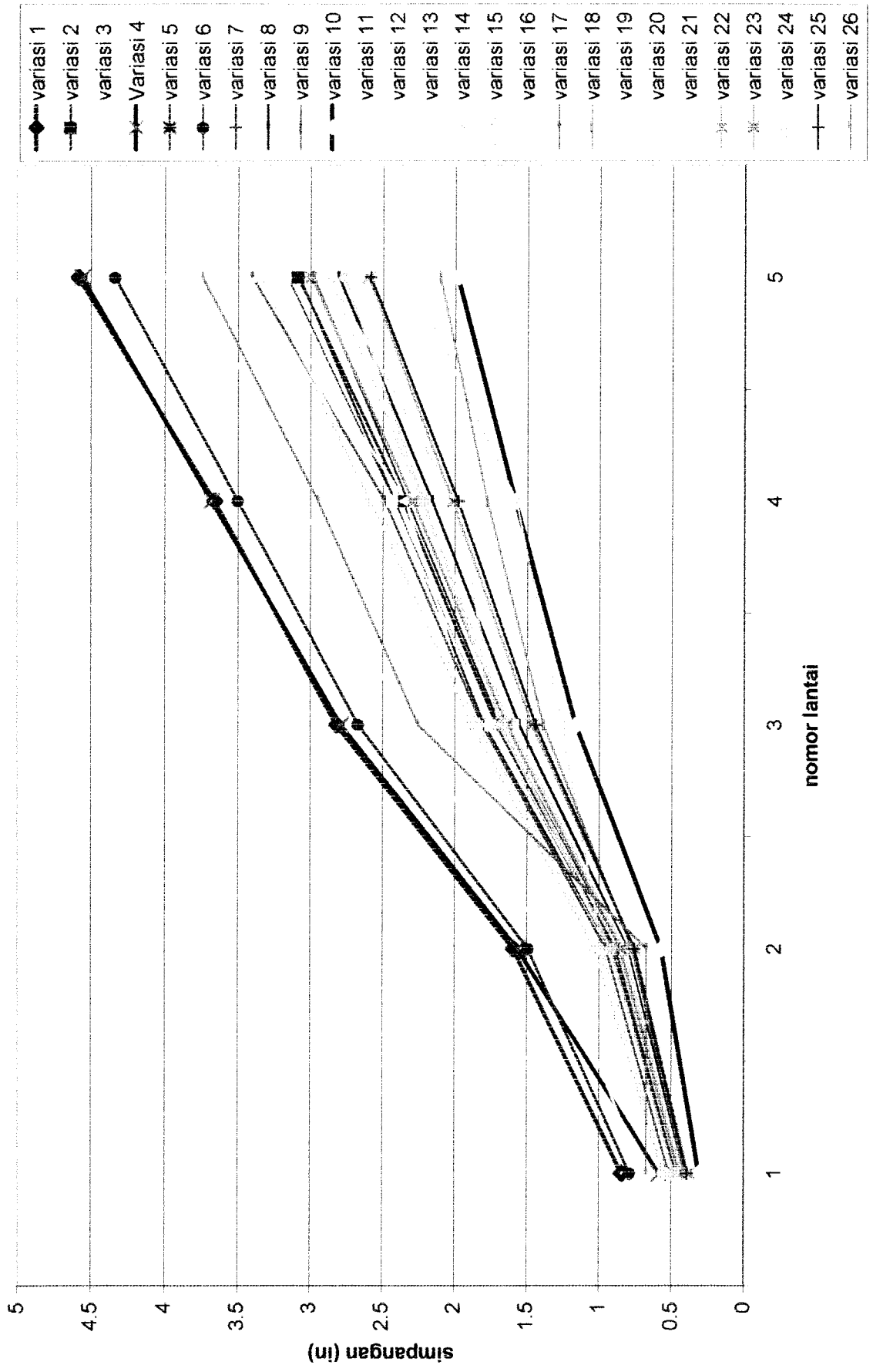
Gambar 5.4 Simpangan Lantai 3 variasi 1,4 dan 10



Gambar 5.5 Simpangan Lantai 4 variasi 1,4 dan 10



Gambar 5.6 Simpangan Lantai 5 variasi 1,4 dan 10



Gambar 5.7 Simpangan Relatif Maksimum

5.2.2. Prosentase Simpangan Relatif Maksimum

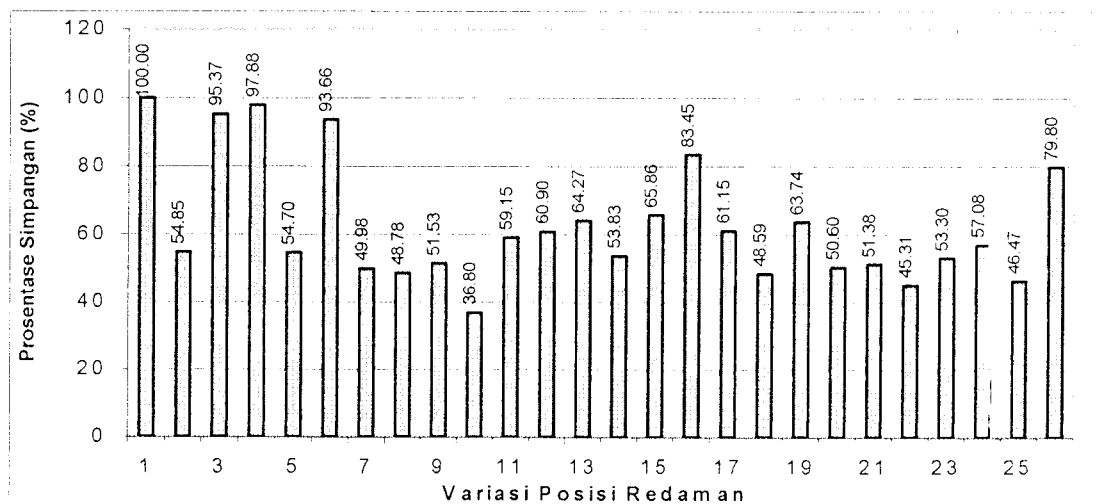
Berikut ini nilai simpangan relatif maksimum pada setiap lantai dengan masing – masing perubahan posisi peredam dan prosentase perubahan terhadap posisi tanpa peredam tambahan.

5.2.2.1. Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 1

Nilai simpangan relatif maksimum lantai 1 dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 1 ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.8. Dari Tabel 5.2 dan Gambar 5.8 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan dengan bangunan tanpa redaman. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 1 untuk kapasitas *MR damper* yang lebih besar yaitu 22.5 kip/(in/sec) (75%) dan lantai 5 untuk kapasitas *MR damper* yang lebih kecil yaitu 7.5 kip/(in/sec) (25%) dengan nilai simpangan relatif sebesar 0.3118 in (36.79%), hal ini karena penempatan ganda redaman dipisah. Penempatan redaman pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase simpangan relatif berturut-turut 95.36%, 97.88%, 93.66%. Hal tersebut cenderung disebabkan oleh 2 hal berikut ini. Pertama karena beban gempa yang merambat dari bawah bangunan. Kedua karena penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.

Tabel 5.2 Prosentase Perubahan Simpangan Relatif Maksimum Lantai 1

Variasi	Nilai Simpangan Max (in)	Prosentase Perubahan Terhadap Tanpa Peredam Tambahan(%)
1	0.8456	100
2	-0.46385	54.85
3	-0.80642	95.36
4	0.5870	97.88
5	0.46252	54.69
6	-0.79201	93.66
7	0.422655	49.98
8	0.41250	48.78
9	0.43574	51.53
10	0.31118	36.79
11	0.50014	59.14
12	0.51494	60.89
13	0.54347	64.27
14	0.455202	53.83
15	-0.55692	65.86
16	-0.70536	83.45
17	-0.51705	61.14
18	-0.41086	48.58
19	-0.53895	63.73
20	-0.42784	50.59
21	-0.43444	51.37
22	-0.38314	45.30
23	-0.45067	53.29
24	0.48266	57.07
25	-0.39298	46.47
26	-0.67479	79.80

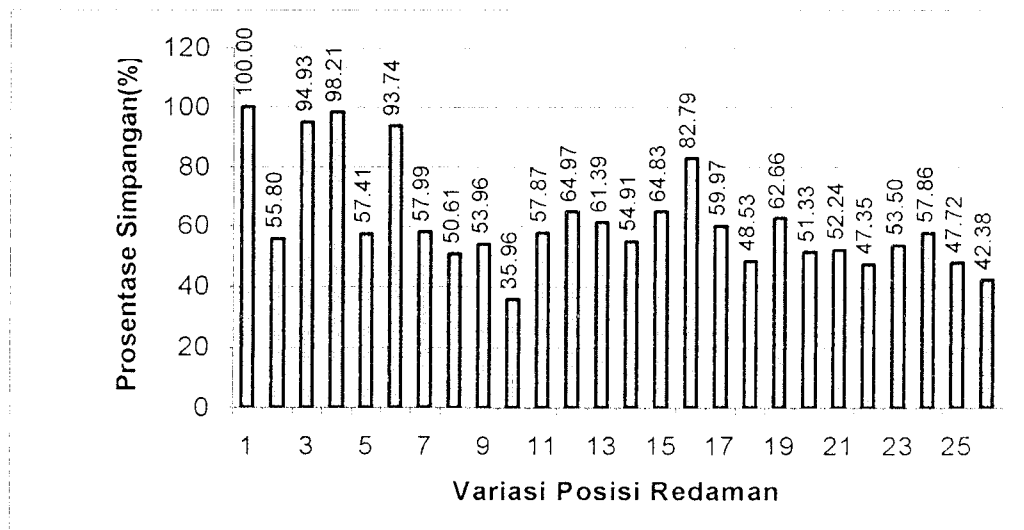
**Gambar 5.8** Prosentase Simpangan Maksimum Lantai 1 pada berbagai variasi posisi redaman terhadap struktur tanpa peredam

5.2.2.2 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 2

Nilai simpangan relatif maksimum lantai 2 dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 2 ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.9. Dari Tabel 5.3 dan Gambar 5.9 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan dengan bangunan tanpa redaman. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 1 untuk kapasitas *MR damper* yang lebih besar yaitu 22.5 kip/(in/sec) (75%) dan lantai 5 untuk kapasitas *MR damper* yang lebih kecil yaitu 7.5 kip/(in/sec) (25%) dengan nilai simpangan relatif sebesar 0.57267 in (35.96%), hal ini karena penempatan ganda redaman dipisah. Penempatan redaman pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase simpangan relatif berturut-turut 94.93%, 98.21%, 93.74%. Hal tersebut cenderung disebabkan oleh 2 hal berikut ini. Pertama karena beban gempa yang merambat dari bawah bangunan. Kedua karena penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.

Tabel 5.2 Prosentase Perubahan Simpangan Relatif Maksimum Lantai 2

Variasi Redaman	Nilai Simpangan Max (in)	Prosentase Perubahan Terhadap Tanpa Peredam Tambahan(%)
1	1.59237	100
2	-0.88859	55.80
3	-1.51167	94.93
4	-1.56385	98.20
5	0.91416	57.40
6	-1.49261	93.73
7	-0.92346	57.99
8	0.80588	50.60
9	0.85928	53.96
10	0.57267	35.96
11	0.92151	57.87
12	-1.03463	64.97
13	0.97751	61.38
14	-0.87439	54.91
15	-1.03234	64.83
16	-1.31833	82.79
17	-0.95492	59.96
18	-0.77276	48.52
19	-0.99776	62.65
20	-0.81740	51.33
21	-0.83185	52.23
22	-0.75402	47.35
23	-0.85192	53.50
24	-0.92132	57.85
25	-0.75984	47.71
26	-0.67479	42.37

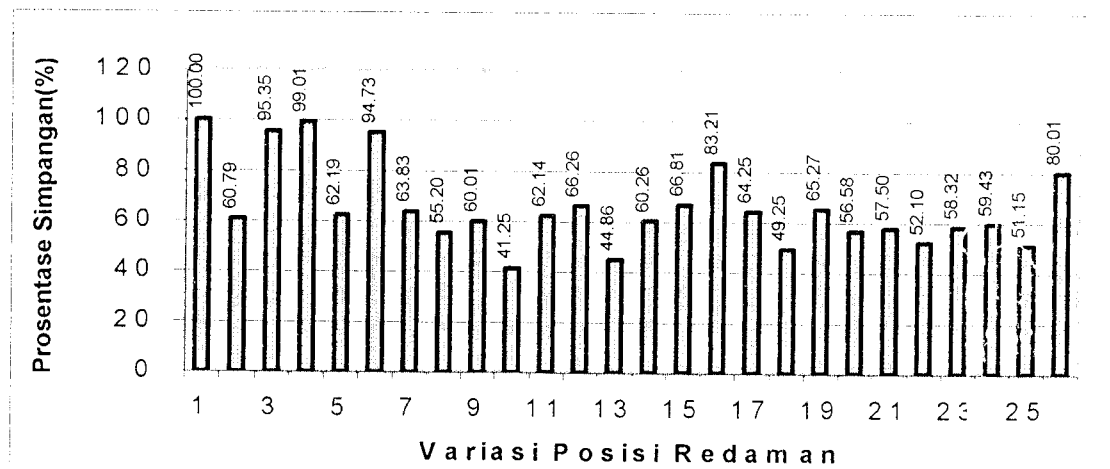
**Gambar 5.9** Prosentase Simpangan Maksimum Lantai 2 pada berbagai variasi posisi redaman terhadap struktur tanpa peredam

5.2.2.3 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 3

Nilai simpangan relatif maksimum lantai 3 dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 3 ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.10. Dari Tabel 5.4 dan Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan dengan bangunan tanpa redaman. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 1 untuk kapasitas *MR damper* yang lebih besar yaitu 22.5 kip/(in/sec) (75%) dan lantai 5 untuk kapasitas *MR damper* yang lebih kecil yaitu 7.5 kip/(in/sec) (25%) dengan nilai simpangan relatif sebesar 1.16222 in (41.25%), hal ini karena penempatan ganda redaman dipisah. Penempatan redaman pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase simpangan relatif berturut-turut 95.35%, 99.01%, 94.73%. Hal tersebut cenderung disebabkan oleh 2 hal berikut ini. Pertama karena beban gempa yang merambat dari bawah bangunan. Kedua karena penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.

Tabel 5.4 Prosentase Perubahan Simpangan Relatif Maksimum Lantai 3

Variasi Redaman	Nilai Simpangan Max (in)	Prosentase Perubahan Terhadap Tanpa Pperedam Tambahan(%)
1	2.81776	100
2	-1.71305	60.79
3	-2.68678	95.35
4	-2.78974	99.00
5	1.75236	62.18
6	-2.66940	94.73
7	-1.79853	63.82
8	-1.55529	55.19
9	1.69106	60.01
10	-1.16222	41.24
11	-1.75109	62.14
12	-1.86715	66.26
13	1.26392	44.85
14	1.69765	60.25
15	1.88255	66.81
16	-2.34458	83.20
17	-1.81041	64.24
18	-1.38789	49.25
19	-1.83919	65.27
20	-1.59430	56.58
21	-1.62022	57.50
22	-1.46796	52.09
23	1.64501	58.32
24	-1.67469	59.43
25	-1.44139	51.15
26	2.25459	80.01

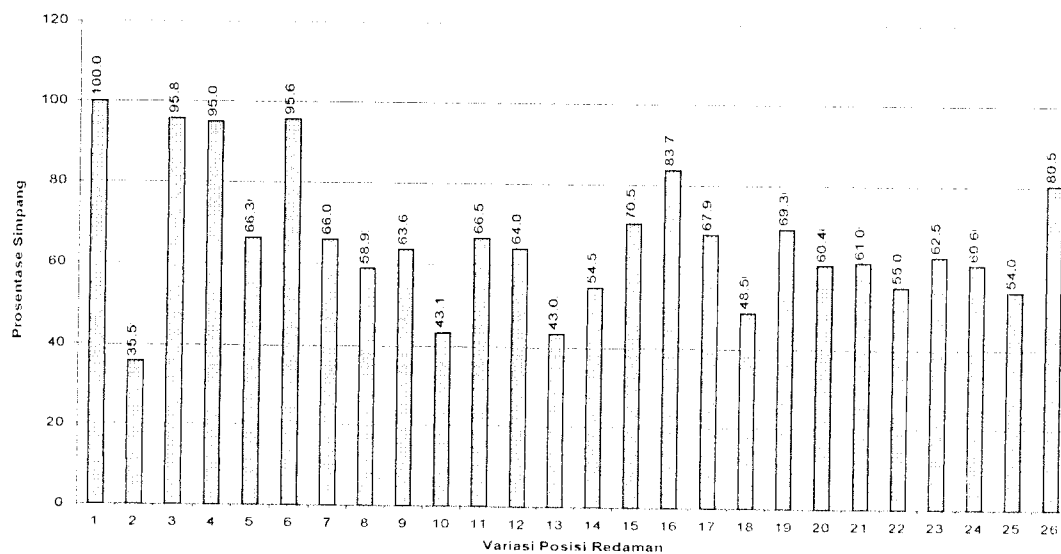
**Gambar 5.10** Prosentase Simpangan Maksimum Lantai 3 pada berbagai variasi posisi redaman terhadap struktur tanpa peredam

5.2.2.4 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 4

Nilai simpangan relatif maksimum lantai 4 dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 4 ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.11. Dari Tabel 5.5 dan Gambar 5.11 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan dengan bangunan tanpa redaman. Tetapi dengan penempatan redaman yang tidak tepat dapat mengakibatkan simpangan relatif maksimum lebih besar daripada simpangan relatif maksimum tanpa redaman. Contohnya pada penempatan kedua *MR damper* dilantai 3 dengan nilai prosentase simpangan relatif sebesar 3.68384 in (100.54%). Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 1 untuk kapasitas *MR damper* yang lebih besar yaitu 22.5 kip/(in/sec) (75%) dan lantai 5 untuk kapasitas *MR damper* yang lebih kecil yaitu 7.5 kip/(in/sec) (25%) dengan nilai simpangan relatif sebesar 1.58044 in (43.13%), hal ini karena penempatan ganda redaman dipisah.

Tabel 5.5 Prosentase Perubahan Simpangan Relatif Maksimum Lantai 4

Variasi Redaman	Nilai Simpangan Max (in)	Prosentase Perubahan Terhadap Tanpa Peredam Tambahar (%)
1	3.66404	100
2	-2.35998	64.40
3	-3.51124	95.82
4	-3.68384	100.54
5	2.42936	66.30
6	-3.50485	95.65
7	2.42081	66.06
8	2.15880	58.91
9	2.33034	63.67
10	1.58044	43.13
11	-2.43826	66.54
12	-2.34483	63.99
13	1.57638	43.02
14	1.99876	54.55
15	2.58452	70.53
16	3.06770	83.72
17	2.48811	67.90
18	-1.77693	48.49
19	-2.54128	69.35
20	-2.21292	60.39
21	-2.23682	61.04
22	-2.01527	55.00
23	-2.29250	62.56
24	-2.22259	60.65
25	-1.97871	54.00
26	2.95064	80.52

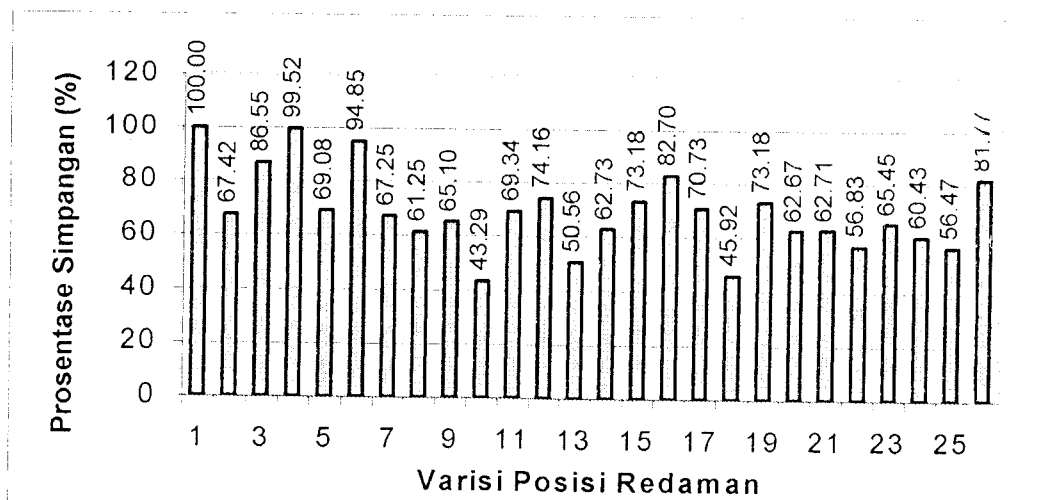
**Gambar 5.11.** Prosentase Simpangan Lantai 4 pada berbagai variasi posisi redaman terhadap struktur tanpa peredam

5.2.2.5 Prosentase Simpangan Relatif Maksimum Lantai 5

Nilai simpangan relatif maksimum lantai 5 dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 5 ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.12. Dari Tabel 5.5 dan Gambar 5.12 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan dengan bangunan tanpa redaman. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 1 untuk kapasitas *MR damper* yang lebih besar yaitu 22.5 kip/(in/sec) (75%) dan lantai 5 untuk kapasitas *MR damper* yang lebih kecil yaitu 7.5 kip/(in/sec) (25%) dengan nilai simpangan relatif sebesar 1.98343 in (43.29%), hal ini karena penempatan ganda redaman dipisah. Penempatan redaman pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase simpangan relatif berturut-turut 86.55%, 99.51%, 94.85%. Hal tersebut cenderung disebabkan oleh 2 hal berikut ini. Pertama karena beban gempa yang merambat dari bawah bangunan. Kedua karena penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.

Tabel 5.6 Prosentase Perubahan Simpangan Relatif Maksimum Lantai 5

Variasi	Nilai Simpangan Max (in)	Prosentase Perubahan Terhadap Tanpa Peredam Tambahan(%)
1	4.58129	100
2	3.08878	67.42
3	-3.96492	86.54
4	-4.55915	99.51
5	3.16494	69.08
6	-4.33642	94.85
7	-3.08108	67.25
8	-2.80582	61.24
9	-2.98238	65.09
10	-1.98343	43.29
11	-3.17653	69.33
12	-3.39749	74.16
13	2.31643	50.56
14	-2.87378	62.72
15	-3.35265	73.18
16	-3.78861	82.69
17	-3.4046	70.73
18	-2.10379	45.92
19	-3.35251	73.17
20	-2.87129	62.67
21	-2.87295	62.71
22	-2.60332	56.82
23	-2.99824	65.44
24	-2.76858	60.43
25	-2.58722	56.47
26	-3.74634	81.77

**Gambar 5.12** Prosentase Simpangan Lantai 5 pada berbagai variasi posisi redaman terhadap struktur tanpa peredam

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran yang dapat diambil dari hasil penelitian numeris dan pembahasan adalah sebagai mana yang akan disebutkan berikut ini.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian numeris tentang penempatan efektif redaman ganda dengan nilai kapasitas berbeda untuk mengurangi simpangan pada bangunan tingkat banyak adalah sebagai berikut ini.

1. Simpangan relatif lantai dapat berubah dengan penggunaan *Magnetorheological Damper*.
2. Simpangan relatif lantai akan semakin membesar untuk lantai yang lebih tinggi, hal ini sesuai dengan pola goyangan yang didominasi oleh ragam getaran pertama.
3. Pada penggunaan *Magnetorheological Damper* ganda dengan kapasitas yang berbeda, yaitu 75% dan 25 % akan mempengaruhi besarnya simpangan, dimana prosentase perubahannya lebih kecil dan perletakan efektifnya berbeda dibanding dengan kapasitas redaman ganda kembar dengan kapasitas redaman 50% dan 50%.
4. Pada penelitian ini penggunaan *Magnetorheological Damper* yang paling efektif untuk bangunan 5 lantai akibat gempa El Centro ketika dipasang pada

lantai 1 dengan kapasitas redaman 22,5 kip/(in/sec) dan lantai 5 dengan kapasitas redaman 7,5 kip/(in/sec) dengan prosentase perubahan simpangan lantai 1 sebesar 36.79%, lantai 2 sebesar 35.96%, lantai 3 sebesar 41.25%, lantai 4 sebesar 43.13%, dan simpangan lantai 5 sebesar 43.29%.

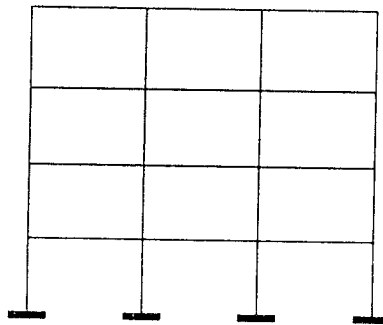
5. Pada penempatan *Magnetorheological Damper* yang tidak tepat pada bangunan akan menyebabkan simpangan relatif lantai yang lebih besar dibandingkan dengan bangunan tanpa *Magnetorheological Damper*, contohnya pada variasi 4 dengan perletakan kedua *Magnetorheological Damper* pada tingkat 3, yaitu sebesar 100.54%.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan dari hasil penelitian ini untuk menambah pengetahuan serta pemahaman tentang pengaruh penggunaan *Magnetorheological Damper* pada bangunan adalah sebagai berikut ini.

1. Untuk mengetahui kecenderungan penempatan *Magnetorheological Damper* yang paling efektif perlu penelitian lebih lanjut pada bangunan dengan lantai genap saja atau pada bangunan dengan lantai ganjil saja secara serentak.
2. Pada bangunan 5 lantai akibat gempa El Centro penempatan *Magnetorheological Damper* dengan kapasitas berbeda yang paling efektif ketika dipasang pada lantai 1 dengan kapasitas redaman 22.5 kip/(in/sec) atau 75% dan pada lantai 5 dengan kapasitas redaman 7,5 kip/(in/sec) atau 25%, sehingga perlu penelitian lebih lanjut dengan variasi prosentase kapasitas redaman yang lain.

3. Untuk lebih mengetahui pengaruh penggunaan *Magnetorheological Damper* pada struktur perlu penelitian lebih lanjut pada bangunan tingkat tinggi (10 lantai ke atas).
4. Perlu penelitian lebih lanjut di laboratorium dengan membuat contoh sebuah struktur bangunan kemudian diberi getaran, setelah itu ditinjau respon struktur terhadap getaran tersebut.
5. Perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan input gempa yang lain, misal gempa Bucharest, Koyna dan Parkfield.
6. Perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan cara perhitungan yang lain, misal dalam pendiskritisasi massa menggunakan metode consistent massa matrik atau metode elemen hingga.
7. Perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan model bangunan 2 dimensi lain, misal seperti pada Gambar 6.1



Gambar 6.1 Model Bangunan

8. Perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan bangunan rangka ruang 3 dimensi, sehingga memperhatikan pengaruh eksentrisitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Berg, G. V. 1988. "Element of Structural Dynamics". Prentice-Hall Internasional Edition, Inc.
- Chopra, A. K. 1995. "Dynamics of Structures Theory and Applications to Earthquake Engineering". Prentice-Hall. Inc.
- Clough, R. W. and J. Penzien. 1993. "Dynamics of Structures". Second Editions. Ms Graw Hill Internasional Editions.
- Elfira dan Juhartono, 2000, "Penempatan Posisi Efektif Redaman Ganda Untuk Mengurangi Pada Bangunan Tingkat Tinggi". *Skripsi Strata Satu (S-1)* Jurusan Teknik Sipil FTSP Universitas Islam Indonesia.
- Hu, Y-X, S-C Liu and Dong. 1996. "Earthquake Engineerring". E & FN Spon.
- Khair dan Arifin, 2000, "Pengaruh Perubahan Kekakuan Tingkat Secara Serentak Terhadap Simpangan, Gaya Geser Dasar, dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Lima Menggunakan Eksitasi Gempa Berupa *Time History*". *Skripsi Strata Satu (S-1)* Jurusan Teknik Sipil FTSP Universitas Islam Indonesia.
- Muto, K. dan Wira. 1987. Analisa Perancangan Gedung Tahan Gempa, Erlangga, Jakarta.
- Paz, M. 1987. Dinamika Struktur Teori dan Perhitungan. Edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Pramulanto dan Nurianawati, 2000, "Pengaruh Variasi Massa Baliho Terhadap Simpangan, Gaya Geser, dan Momen Guling Pada Bangunan Bertingkat Lima". *Skripsi Strata Satu (S-1)* Jurusan Teknik Sipil FTSP Universitas Islam

Indonesia

Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman. 1981. Peraturan Perencanaan Tahan Gempa untuk Gedung. DPU.1981.

Spencer, B.F. Jr, S.J. Dyke. M.K. Sain and J.D. Carlson.1996."Modelling and Control Magnetorheological Damper For Seismic Response Reduction". ASCE *Journal of Engineering Mechanics*. August 1996.

Suprpti dan Novitasari,1999," Penempatan Posisi Efektif Redaman Tunggal Untuk Mengurangi Resiko *Struktural Pounding* Pada Bangunan Bertingkat Lima".*Skripsi Strata Satu (S-1)*Jurusan Teknik Sipil FTSP Universitas Islam Indonesia

Widodo, 1996,"Evaluasi kerusakan Bangunan mulai dari Gempa El Centro 1940 sampai Gempa Kobe 1995". *Journal Teknisia* No. 2 Th 1-1996.

Widodo,"Diktat Kuliah Teknik Gempa".Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

LAMPIRAN 1

Kartu Peserta Tugas Akhir

TA 23 al
Pragmat h al
Wla



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kalurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	HERLINA KUSUMA	96310137		TSS
2.	BENDAH KHELINCA ANANDA	96310137		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR :
.....
.....
.....

Dosen Pembimbing I :
Dosen Pembimbing II :
2



Yogyakarta,
Dekan,
.....
.....

LAMPIRAN 2

Perhitungan Mode Shape, Frekuensi Sudut, dan
Rasio Redaman

PERHITUNGAN *MODE SHAPE*, PARTISIPASI FAKTOR DAN RASIO REDAMAN

M=[140 0 0 0 0;0 120 0 0 0;0 0 120 0 0;0 0 0 120 0;0 0 0 0 100]
M = Matrik Massa

140	0	0	0	0
0	120	0	0	0
0	0	120	0	0
0	0	0	120	0
0	0	0	0	100

K=[800 -400 0 0 0;-400 600 -200 0 0;0 -200 400 -200 0;0 0 -200 300
-100;0 0 0 -100 100]

K = Matrik Kekakuan

800	-400	0	0	0
-400	600	-200	0	0
0	-200	400	-200	0
0	0	-200	300	-100
0	0	0	-100	100

[V,D]=eig(K,M)

V = Mode Shape

0.6671	0.3654	0.4616	0.2840	0.1153
-0.7031	0.1079	0.5110	0.4492	0.2225
0.2373	-0.7225	-0.1725	0.4572	0.4095
-0.0647	0.5586	-0.5920	0.1371	0.5463
0.0084	-0.1443	0.3815	-0.6998	0.6863

D = λ

8.7254	0	0	0	0
0	4.8708	0	0	0
0	0	2.5514	0	0
0	0	0	1.1959	0
0	0	0	0	0.2040

q1=[0.1153;0.2225;0.4095;0.5463;0.6863]

q1 = Mode ke-1

0.1153
0.2225
0.4095
0.5463
0.6863


```

q2=[0.2840;0.4492;0.4572;0.1371;-0.6998]
q2 = Mode ke-2
    0.2840
    0.4492
    0.4572
    0.1371
   -0.6998

```

```

q3=[0.4616;0.5110;-0.1725;-0.5920;0.3815]
q3 = Mode ke-3
    0.4616
    0.5110
   -0.1725
   -0.5920
    0.3815

```

```

q4=[0.3654;0.1079;-0.7225;0.5586;-0.1443]
q4 = Mode ke-4
    0.3654
    0.1079
   -0.7225
    0.5586
   -0.1443

```

```

q5=[0.6671;-0.7031;0.2373;-0.0649;0.0084]
q5 = Mode ke-5
    0.6671
   -0.7031
    0.2373
   -0.0649
    0.0084

```

```

C1=[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]

```

C1 = Matrik Redaman tanpa peredam tambahan

2.0800	-1.0400	0	0	0
-1.0400	2.0800	-1.0400	0	0
0	-1.0400	2.0800	-1.0400	0
0	0	-1.0400	2.0800	-1.0400
0	0	0	-1.0400	1.0400

```

C2=[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]

```

C2 = Matrik Redaman dengan kedua MR Dampers pada

Tinghali

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

C3=[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]

C3 = Matrik Redaman dengan kedua MR Damper pada
Tingkat 2

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

C4=[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]

C4 = Matrik Redaman dengan kedua MR Damper pada
Tingkat 3

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

C5=[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]

C5 = Matrik Redaman dengan kedua MR Damper pada
Tingkat 4

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

C6=[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]

C6 = Matrik Redaman dengan kedua MR Damper pada
Tingkat 5

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

C7=[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]

C7 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 1
dan MR Damper B pada Tingkat 2

30.0000	-7.5000	0	0	0
-7.5000	7.5000	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

C8=[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]

C8 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 1
dan MR Damper B pada Tingkat 3

22.5000	0	0	0	0
0	7.5000	-7.5000	0	0
0	-7.5000	7.5000	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

C9=[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]

C9 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 1
dan MR Damper B pada Tingkat 4

22.5000	0	0	0	0
0	7.5000	-7.5000	0	0
0	-7.5000	7.5000	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

C10=[22.5 0 0 0 0;0 0 0 0 0;0 0 0 0 0;0 0 0 7.5 0;0 0 0 0 0]

C10 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 1
dan MR Damper B pada Tingkat 5

22.5000	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	7.5000	0
0	0	0	0	0

C11=[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]

C11 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 2
dan MR Damper B pada Tingkat 1

30.0000	-22.5000	0	0	0
-22.5000	22.5000	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

C12=[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]

C12 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 2
dan MR Damper B pada Tingkat 3

22.5000	-22.5000	0	0	0
-22.5000	30.0000	-7.5000	0	0
0	-7.5000	7.5000	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

C13=[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]

C13 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 2 dan MR Damper B pada Tingkat 4

22.5000	-22.5000	0	0	0	0
-22.5000	22.5000	0	0	0	0
0	0	7.5000	-7.5000	0	0
0	0	-7.5000	7.5000	0	0
0	0	0	0	0	0

C14=[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]

C14 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 2 dan MR Damper B pada Tingkat 5

22.5000	-22.5000	0	0	0	0
-22.5000	22.5000	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	7.5000	-7.5000	0
0	0	0	-7.5000	7.5000	0

C15=[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]

C15 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 3 dan MR Damper B pada Tingkat 1

7.5000	0	0	0	0	0
0	22.5000	-22.5000	0	0	0
0	-22.5000	22.5000	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

C16=[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]

C16 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 3 dan MR Damper B pada Tingkat 2

7.5000	-7.5000	0	0	0	0
-7.5000	30.0000	-22.5000	0	0	0
0	-22.5000	22.5000	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

C17=[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]

C17 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 3 dan MR Damper B pada Tingkat 4

0	0	0	0	0	0
0	22.5000	-22.5000	0	0	0
0	-22.5000	30.0000	-7.5000	0	0
0	0	-7.5000	7.5000	0	0
0	0	0	0	0	0

C18=[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]

C18 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 3 dan MR Damper B pada Tingkat 5

0	0	0	0	0
0	22.5000	-22.5000	0	0
0	-22.5000	22.5000	0	0
0	0	0	7.5000	-7.5000
0	0	0	-7.5000	7.5000

C19=[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]

C19 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 4 dan MR Damper B pada Tingkat 5

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	22.5000	-22.5000	0
0	0	-22.5000	30.0000	-7.5000
0	0	0	-7.5000	7.5000

C20=[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]

C20 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 4 dan MR Damper B pada Tingkat 1

7.5000	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	22.5000	-22.5000	0
0	0	-22.5000	22.5000	0
0	0	0	0	0

C21=[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]

C21 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 4 dan MR Damper B pada Tingkat 2

7.5000	-7.5000	0	0	0
-7.5000	7.5000	0	0	0
0	0	22.5000	-22.5000	0
0	0	-22.5000	22.5000	0
0	0	0	0	0

C22=[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]

C22 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 4 dan MR Damper B pada Tingkat 3

0	0	0	0	0
0	7.5000	-7.5000	0	0
0	-7.5000	30.0000	-22.5000	0
0	0	-22.5000	22.5000	0
0	0	0	0	0

C23=[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]

C23 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 5 dan MR Damper B pada Tingkat 1

7.5000	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	22.5000	-22.5000
0	0	0	-22.5000	22.5000

C24=[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]

C24 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 5 dan MR Damper B pada Tingkat 2

7.5000	-7.5000	0	0	0
-7.5000	7.5000	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	22.5000	-22.5000
0	0	0	-22.5000	22.5000

C25=[0 0 0 0 0;0 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]

C25 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 5 dan MR Damper B pada Tingkat 3

0	0	0	0	0
0	7.5000	-7.5000	0	0
0	-7.5000	7.5000	0	0
0	0	0	22.5000	-22.5000
0	0	0	-22.5000	22.5000

C26=[0 0 0 0 0;0 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]

C26 = Matrik Redaman dengan MR Damper A pada Tingkat 5 dan MR Damper B pada Tingkat 4

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	7.5000	-7.5000	0
0	0	-7.5000	30.0000	-22.5000
0	0	0	-22.5000	22.5000

Mn=[q1'*M*q1 0 0 0 0;0 q2'*M*q2 0 0 0;0 0 q3'*M*q3 0 0;0 0 0 q4'*M*q4 0;0 0 0 0 q5'*M*q5]

Mn = Matrik Massa Efektif

110.8388	0	0	0	0
0	111.8169	0	0	0
0	0	121.3456	0	0
0	0	0	122.2566	0
0	0	0	0	128.8949

$K_n = [q_1' * K * q_1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q_2' * K * q_2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q_3' * K * q_3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q_4' * K * q_4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q_5' * K * q_5]$

$K_n =$ Matrik Kekakuan Efektif

1.0e+002 *

0.0226	0	0	0	0
0	0.1337	0	0	0
0	0	0.3096	0	0
0	0	0	0.5955	0
0	0	0	0	1.1247

$C_{n1} = [q_1' * C_1 * q_1 \ q_1' * C_1 * q_2 \ 0 \ 0 \ 0; q_1' * C_1 * q_2 \ q_2' * C_1 * q_2 \ q_2' * C_1 * q_3 \ 0 \ 0; 0 \ q_2' * C_1 * q_3 \ q_3' * C_1 * q_3 \ q_3' * C_1 * q_4 \ 0; 0 \ 0 \ q_3' * C_1 * q_4 \ q_4' * C_1 * q_4 \ q_4' * C_1 * q_5; 0 \ 0 \ 0 \ q_4' * C_1 * q_5 \ q_5' * C_1 * q_5]$

$C_{n1} =$ Matrik Redaman Efektif tanpa Redaman Tambahan

0.1020	-0.1134	0	0	0
-0.1134	0.9473	-0.5685	0	0
0	-0.5685	1.8786	-0.5181	0
0	0	-0.5181	3.1457	-0.6479
0	0	0	-0.6479	3.4357

$C_{n2} = [q_1' * C_2 * q_1 \ q_1' * C_2 * q_2 \ 0 \ 0 \ 0; q_1' * C_2 * q_2 \ q_2' * C_2 * q_2 \ q_2' * C_2 * q_3 \ 0 \ 0; 0 \ q_2' * C_2 * q_3 \ q_3' * C_2 * q_3 \ q_3' * C_2 * q_4 \ 0; 0 \ 0 \ q_3' * C_2 * q_4 \ q_4' * C_2 * q_4 \ q_4' * C_2 * q_5; 0 \ 0 \ 0 \ q_4' * C_2 * q_5 \ q_5' * C_2 * q_5]$

$C_{n2} =$ Matrik Redaman Efektif dengan Kedua *MR Damper* pada

Tingkat 1

0.3988	0.9824	0	0	0
0.9824	2.4197	3.9328	0	0
0	3.9328	6.3922	5.0601	0
0	0	5.0601	4.0055	7.3128
0	0	0	7.3128	13.3507

$C_{n3} = [q_1' * C_3 * q_1 \ q_1' * C_3 * q_2 \ 0 \ 0 \ 0; q_1' * C_3 * q_2 \ q_2' * C_3 * q_2 \ q_2' * C_3 * q_3 \ 0 \ 0; 0 \ q_2' * C_3 * q_3 \ q_3' * C_3 * q_3 \ q_3' * C_3 * q_4 \ 0; 0 \ 0 \ q_3' * C_3 * q_4 \ q_4' * C_3 * q_4 \ q_4' * C_3 * q_5; 0 \ 0 \ 0 \ q_4' * C_3 * q_5 \ q_5' * C_3 * q_5]$

$C_{n3} =$ Matrik Redaman Efektif dengan Kedua *MR Damper* pada

Tingkat 2

0.3448	0.5313	0	0	0
0.5313	0.8187	0.2448	0	0
0	0.2448	0.0732	-0.3816	0
0	0	-0.3816	1.9892	10.5848
0	0	0	10.5848	56.3234

$C_{n4} = [q_1' * C_4 * q_1 \ q_1' * C_4 * q_2 \ 0 \ 0 \ 0; q_1' * C_4 * q_2 \ q_2' * C_4 * q_2 \ q_2' * C_4 * q_3 \ 0 \ 0; 0 \ q_2' * C_4 * q_3 \ q_3' * C_4 * q_3 \ q_3' * C_4 * q_4 \ 0; 0 \ 0 \ q_3' * C_4 * q_4 \ q_4' * C_4 * q_4 \ q_4' * C_4 * q_5; 0 \ 0 \ 0 \ q_4' * C_4 * q_5 \ q_5' * C_4 * q_5]$

$C_{n4} =$ Matrik Redaman Efektif dengan Kedua *MR Damper* pada

Tingkat 3

1.0491	0.0449	0	0	0
0.0449	0.0019	-0.1640	0	0
0	-0.1640	14.0152	17.0274	0

0	0	17.0274	20.6869	-23.4272
0	0	0	-23.4272	26.5306

$Cn5 = [q1' * C5 * q1 \quad q1' * C5 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C5 * q2 \quad q2' * C5 * q2 \quad q2' * C5 * q3 \quad 0 \quad 0; 0$
 $q2' * C5 * q3 \quad q3' * C5 * q3 \quad q3' * C5 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \quad q3' * C5 * q4 \quad q4' * C5 * q4$
 $q4' * C5 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C5 * q5 \quad q5' * C5 * q5]$

$Cn5 =$ Matrik Redaman Efektif dengan Kedua *MR Damper* pada

Tingkat 4

0.5614	-1.3137	0	0	0
-1.3137	3.0739	4.0285	0	0
0	4.0285	5.2794	-16.1226	0
0	0	-16.1226	49.2365	-11.6145
0	0	0	-11.6145	2.7397

$Cn6 = [q1' * C6 * q1 \quad q1' * C6 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C6 * q2 \quad q2' * C6 * q2 \quad q2' * C6 * q3 \quad 0 \quad 0; 0$
 $q2' * C6 * q3 \quad q3' * C6 * q3 \quad q3' * C6 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \quad q3' * C6 * q4 \quad q4' * C6 * q4$
 $q4' * C6 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C6 * q5 \quad q5' * C6 * q5]$

$Cn6 =$ Matrik Redaman Efektif dengan Kedua *MR Damper* pada

Tingkat 5

0.5880	-3.5150	0	0	0
-3.5150	21.0120	-24.4417	0	0
0	-24.4417	28.4311	-20.5282	0
0	0	-20.5282	14.8221	-1.5457
0	0	0	-1.5457	0.1612

$Cn7 = [q1' * C7 * q1 \quad q1' * C7 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C7 * q2 \quad q2' * C7 * q2 \quad q2' * C7 * q3 \quad 0 \quad 0; 0$
 $q2' * C7 * q3 \quad q3' * C7 * q3 \quad q3' * C7 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \quad q3' * C7 * q4 \quad q4' * C7 * q4$
 $q4' * C7 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C7 * q5 \quad q5' * C7 * q5]$

$Cn7 =$ Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 1

dan *MR Damper B* pada Tingkat 2

0.3853	0.8696	0	0	0
0.8696	2.0194	3.0108	0	0
0	3.0108	4.8125	3.6996	0
0	0	3.6996	3.5014	8.1308
0	0	0	8.1308	24.0939

$Cn8 = [q1' * C8 * q1 \quad q1' * C8 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C8 * q2 \quad q2' * C8 * q2 \quad q2' * C8 * q3 \quad 0 \quad 0; 0$
 $q2' * C8 * q3 \quad q3' * C8 * q3 \quad q3' * C8 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \quad q3' * C8 * q4 \quad q4' * C8 * q4$
 $q4' * C8 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C8 * q5 \quad q5' * C8 * q5]$

$Cn8 =$ Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 1

dan *MR Damper B* pada Tingkat 3

0.5614	0.7480	0	0	0
0.7480	1.8152	2.9086	0	0
0	2.9086	8.2980	8.0519	0
0	0	8.0519	8.1759	-0.3722
0	0	0	-0.3722	16.6456

$Cn9 = [q1' * C9 * q1 \quad q1' * C9 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C9 * q2 \quad q2' * C9 * q2 \quad q2' * C9 * q3 \quad 0 \quad 0; 0$
 $q2' * C9 * q3 \quad q3' * C9 * q3 \quad q3' * C9 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \quad q3' * C9 * q4 \quad q4' * C9 * q4$
 $q4' * C9 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C9 * q5 \quad q5' * C9 * q5]$

Cn9= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 1

dan *MR Damper B* pada Tingkat 4

0.4395	0.4083	0	0	0
0.4083	2.5832	3.9567	0	0
0	3.9567	6.1140	-0.2356	0
0	0	-0.2356	15.3133	2.5809
0	0	0	2.5809	10.6979

Cn10=[q1'*C10*q1 q1'*C10*q2 0 0 0;q1'*C10*q2 q2'*C10*q2 c2'*C10*q3
0 0;0 q2'*C10*q3 q3'*C10*q3 q3'*C10*q4 0;0 0 q3'*C10*q4 c4'*C10*q4
q4'*C10*q5;0 0 0 q4'*C10*q5 q5'*C10*q5]

Cn10= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 1

dan *MR Damper B* pada Tingkat 5

3.2581	-3.0092	0	0	0
-3.0092	6.3482	-2.7685	0	0
0	-2.7685	10.2081	-0.6963	0
0	0	-0.6963	6.1051	5.1333
0	0	0	5.1333	10.0492

Cn11=[q1'*C11*q1 q1'*C11*q2 0 0 0;q1'*C11*q2 q2'*C11*q2 c2'*C11*q3
0 0;0 q2'*C11*q3 q3'*C11*q3 q3'*C11*q4 0;0 0 q3'*C11*q4 q4'*C11*q4
q4'*C11*q5;0 0 0 q4'*C11*q5 q5'*C11*q5]

Cn11= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 2

dan *MR Damper B* pada Tingkat 1

0.3583	0.6441	0	0	0
0.6441	1.2190	1.1668	0	0
0	1.1668	1.6530	0.9788	0
0	0	0.9788	2.4933	9.7668
0	0	0	9.7668	45.5802

Cn12=[q1'*C12*q1 q1'*C12*q2 0 0 0;q1'*C12*q2 q2'*C12*q2 c2'*C12*q3
0 0;0 q2'*C12*q3 q3'*C12*q3 q3'*C12*q4 0;0 0 q3'*C12*q4 q4'*C12*q4
q4'*C12*q5;0 0 0 q4'*C12*q5 q5'*C12*q5]

Cn12= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 2

dan *MR Damper B* pada Tingkat 3

0.5208	0.4097	0	0	0
0.4097	0.6145	0.1426	0	0
0	0.1426	3.5587	3.9706	0
0	0	3.9706	6.6636	2.0818
0	0	0	2.0818	48.8752

Cn13=[q1'*C13*q1 q1'*C13*q2 0 0 0;q1'*C13*q2 q2'*C13*q2 q2'*C13*q3
0 0;0 q2'*C13*q3 q3'*C13*q3 q3'*C13*q4 0;0 0 q3'*C13*q4 q4'*C13*q4
q4'*C13*q5;0 0 0 q4'*C13*q5 q5'*C13*q5]

Cn13= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 2
dan *MR Damper B* pada Tingkat 4

0.3989	0.0700	0	0	0
0.0700	1.3825	1.1907	0	0
0	1.1907	1.3748	-4.3169	0
0	0	-4.3169	13.8010	5.0350
0	0	0	5.0350	42.9275

Cn14=[q1'*C14*q1 q1'*C14*q2 0 0 0;q1'*C14*q2 q2'*C14*q2 q2'*C14*q3
0 0;0 q2'*C14*q3 q3'*C14*q3 q3'*C14*q4 0;0 0 q3'*C14*q4 q4'*C14*q4
q4'*C14*q5;0 0 0 q4'*C14*q5 q5'*C14*q5]

Cn14= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 2
dan *MR Damper B* pada Tingkat 5

0.4056	-0.4803	0	0	0
-0.4803	5.8671	-5.9268	0	0
0	-5.9268	7.1627	-5.4183	0
0	0	-5.4183	5.1974	7.5522
0	0	0	7.5522	42.2829

Cn15=[q1'*C15*q1 q1'*C15*q2 0 0 0;q1'*C15*q2 q2'*C15*q2 q2'*C15*q3
0 0;0 q2'*C15*q3 q3'*C15*q3 q3'*C15*q4 0;0 0 q3'*C15*q4 q4'*C15*q4
q4'*C15*q5;0 0 0 q4'*C15*q5 q5'*C15*q5]

Cn15= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 3
dan *MR Damper B* pada Tingkat 1

0.8865	0.2792	0	0	0
0.2792	0.6064	0.8602	0	0
0	0.8602	12.1094	14.0355	0
0	0	14.0355	16.5166	-15.7422
0	0	0	-15.7422	23.2356

Cn16=[q1'*C16*q1 q1'*C16*q2 0 0 0;q1'*C16*q2 q2'*C16*q2 q2'*C16*q3
0 0;0 q2'*C16*q3 q3'*C16*q3 q3'*C16*q4 0;0 0 q3'*C16*q4 q4'*C16*q4
q4'*C16*q5;0 0 0 q4'*C16*q5 q5'*C16*q5]

Cn16= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 3
dan *MR Damper B* pada Tingkat 2

0.8730	0.1665	0	0	0
0.1665	0.2061	-0.0618	0	0
0	-0.0618	10.5297	12.6751	0
0	0	12.6751	16.0125	-14.9242
0	0	0	-14.9242	33.9788

Cn17=[q1'*C17*q1 q1'*C17*q2 0 0 0;q1'*C17*q2 q2'*C17*q2 q2'*C17*q3
0 0;0 q2'*C17*q3 q3'*C17*q3 q3'*C17*q4 0;0 0 q3'*C17*q4 q4'*C17*q4
q4'*C17*q5;0 0 0 q4'*C17*q5 q5'*C17*q5]

Cn17= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 3

dan *MR Damper B* pada Tingkat 4

0.9272	-0.2948	0	0	0
-0.2948	0.7699	0.8841	0	0
0	0.8841	11.8312	8.7399	0
0	0	8.7399	27.8243	-20.4740
0	0	0	-20.4740	20.5829

Cn18=[q1'*C18*q1 q1'*C18*q2 0 0 0;q1'*C18*q2 q2'*C18*q2 q2'*C18*q3
0 0;0 q2'*C18*q3 q3'*C18*q3 q3'*C18*q4 0;0 0 q3'*C18*q4 q4'*C18*q4
q4'*C18*q5;0 0 0 q4'*C18*q5 q5'*C18*q5]

Cn18= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 3

dan *MR Damper B* pada Tingkat 5

0.9338	-0.8451	0	0	0
-0.8451	5.2545	-6.2334	0	0
0	-6.2334	17.6191	7.6385	0
0	0	7.6385	19.2207	-17.9569
0	0	0	-17.9569	19.9382

Cn19=[q1'*C19*q1 q1'*C19*q2 0 0 0;q1'*C19*q2 q2'*C19*q2 q2'*C19*q3
0 0;0 q2'*C19*q3 q3'*C19*q3 q3'*C19*q4 0;0 0 q3'*C19*q4 q4'*C19*q4
q4'*C19*q5;0 0 0 q4'*C19*q5 q5'*C19*q5]

Cn19= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 4

dan *MR Damper B* pada Tingkat 5

0.5681	-1.8640	0	0	0
-1.8640	7.5585	-3.0891	0	0
0	-3.0891	11.0673	-17.2240	0
0	0	-17.2240	40.6329	-9.0973
0	0	0	-9.0973	2.0951

Cn20=[q1'*C20*q1 q1'*C20*q2 0 0 0;q1'*C20*q2 q2'*C20*q2 q2'*C20*q3
0 0;0 q2'*C20*q3 q3'*C20*q3 q3'*C20*q4 0;0 0 q3'*C20*q4 q4'*C20*q4
q4'*C20*q5;0 0 0 q4'*C20*q5 q5'*C20*q5]

Cn20= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 4

dan *MR Damper B* pada Tingkat 1

0.5208	-0.7397	0	0	0
-0.7397	2.9104	4.0046	0	0
0	4.0046	5.5576	-10.8270	0
0	0	-10.8270	37.9288	-6.8827
0	0	0	-6.8827	5.3925

Cn21=[q1'*C21*q1 q1'*C21*q2 0 0 0;q1'*C21*q2 q2'*C21*q2 q2'*C21*q3
0 0;0 q2'*C21*q3 q3'*C21*q3 q3'*C21*q4 0;0 0 q3'*C21*q4 q4'*C21*q4
q4'*C21*q5;0 0 0 q4'*C21*q5 q5'*C21*q5]

Cn21= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 4
 dan *MR Damper B* pada Tingkat 2

0.5073	-0.8524	0	0	0
-0.8524	2.5101	3.0826	0	0
0	3.0826	3.9779	-12.1874	0
0	0	-12.1874	37.4247	-6.0646
0	0	0	-6.0646	16.1357

Cn22=[q1'*C22*q1 q1'*C22*q2 0 0 0;q1'*C22*q2 q2'*C22*q2 q2'*C22*q3
 0 0;0 q2'*C22*q3 q3'*C22*q3 q3'*C22*q4 0;0 0 q3'*C22*q4 q4'*C22*q4
 q4'*C22*q5;0 0 0 q4'*C22*q5 q5'*C22*q5]

Cn22= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 4
 dan *MR Damper B* pada Tingkat 3

0.6833	-0.9740	0	0	0
-0.9740	2.3059	2.9803	0	0
0	2.9803	7.4633	-7.8351	0
0	0	-7.8351	42.0991	-14.5677
0	0	0	-14.5677	8.6875

Cn23=[q1'*C23*q1 q1'*C23*q2 0 0 0;q1'*C23*q2 q2'*C23*q2 q2'*C23*q3
 0 0;0 q2'*C23*q3 q3'*C23*q3 q3'*C23*q4 0;0 0 q3'*C23*q4 q4'*C23*q4
 q4'*C23*q5;0 0 0 q4'*C23*q5 q5'*C23*q5]

Cn23= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 5
 dan *MR Damper B* pada Tingkat 1

0.5407	-2.3906	0	0	0
-2.3906	16.3640	-17.3480	0	0
0	-17.3480	22.9214	-14.1311	0
0	0	-14.1311	12.1179	0.6689
0	0	0	0.6689	3.4586

Cn24=[q1'*C24*q1 q1'*C24*q2 0 0 0;q1'*C24*q2 q2'*C24*q2 q2'*C24*q3
 0 0;0 q2'*C24*q3 q3'*C24*q3 q3'*C24*q4 0;0 0 q3'*C24*q4 q4'*C24*q4
 q4'*C24*q5;0 0 0 q4'*C24*q5 q5'*C24*q5]

Cn24= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 5
 dan *MR Damper B* pada Tingkat 2

0.5272	-2.5034	0	0	0
-2.5034	15.9637	-18.2700	0	0
0	-18.2700	21.3416	-15.4915	0
0	0	-15.4915	11.6138	1.4869
0	0	0	1.4869	14.2018

Cn25=[q1'*C25*q1 q1'*C25*q2 0 0 0;q1'*C25*q2 q2'*C25*q2 q2'*C25*q3
 0 0;0 q2'*C25*q3 q3'*C25*q3 q3'*C25*q4 0;0 0 q3'*C25*q4 q4'*C25*q4
 q4'*C25*q5;0 0 0 q4'*C25*q5 q5'*C25*q5]

Cn25= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 5

dan *MR Damper B* pada Tingkat 3

0.7033	-2.6250	0	0	0
-2.6250	15.7595	-18.3723	0	0
0	-18.3723	24.8271	-11.1393	0
0	0	-11.1393	16.2883	-7.0161
0	0	0	-7.0161	6.7535

Cn26=[q1'*C26*q1 q1'*C26*q2 0 0 0;q1'*C26*q2 q2'*C26*q2 q2'*C26*q3
0 0;0 q2'*C26*q3 q3'*C26*q3 q3'*C26*q4 0;0 0 q3'*C26*q4 q4'*C26*q4
q4'*C26*q5;0 0 0 q4'*C26*q5 q5'*C26*q5]

Cn26= Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper A* pada Tingkat 5

dan *MR Damper B* pada Tingkat 4

0.5814	-2.9647	0	0	0
-2.9647	16.5275	-17.3241	0	0
0	-17.3241	22.6432	-19.4268	0
0	0	-19.4268	23.4257	-4.0629
0	0	0	-4.0629	0.8058

cnn1=[q1'*C1*q1 0 0 0 0;0 q2'*C1*q2 0 0 0;0 0 q3'*C1*q3 0 0;0 0 0
q4'*C1*q4 0;0 0 0 0 q5'*C1*q5]

cnn1 = Matrik Redaman Efektif Diagonal tanpa Redaman
Tambahan

0.1020	0	0	0	0
0	0.9473	0	0	0
0	0	1.8786	0	0
0	0	0	3.1457	0
0	0	0	0	3.4357

cnn2=[q1'*C2*q1 0 0 0 0;0 q2'*C2*q2 0 0 0;0 0 q3'*C2*q3 0 0;0 0 0
q4'*C2*q4 0;0 0 0 0 q5'*C2*q5]

cnn2= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan Kedua *MR*

Damper pada Tingkat 1

0.3988	0	0	0	0
0	2.4197	0	0	0
0	0	6.3922	0	0
0	0	0	4.0055	0
0	0	0	0	13.3507

cnn3=[q1'*C3*q1 0 0 0 0;0 q2'*C3*q2 0 0 0;0 0 q3'*C3*q3 0 0;0 0 0
q4'*C3*q4 0;0 0 0 0 q5'*C3*q5]

cnn3= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan Kedua *MR*

Damper pada Tingkat 2

0.3448	0	0	0	0
0	0.8187	0	0	0
0	0	0.0732	0	0
0	0	0	1.9892	0
0	0	0	0	56.3234

$$cnn4 = [q1' * C4 * q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q2' * C4 * q2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q3' * C4 * q3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q4' * C4 * q4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5' * C4 * q5]$$

cnn4 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan Kedua MR

Damper pada Tingkat 3

1.0491	0	0	0	0
0	0.0019	0	0	0
0	0	14.0152	0	0
0	0	0	20.6869	0
0	0	0	0	26.5306

$$cnn5 = [q1' * C5 * q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q2' * C5 * q2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q3' * C5 * q3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q4' * C5 * q4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5' * C5 * q5]$$

cnn5 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan Kedua MR

Damper pada Tingkat 4

0.5614	0	0	0	0
0	3.0739	0	0	0
0	0	5.2794	0	0
0	0	0	49.2365	0
0	0	0	0	2.7397

$$cnn6 = [q1' * C6 * q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q2' * C6 * q2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q3' * C6 * q3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q4' * C6 * q4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5' * C6 * q5]$$

cnn6 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan Kedua MR

Damper pada Tingkat 5

0.5880	0	0	0	0
0	21.0120	0	0	0
0	0	28.4311	0	0
0	0	0	14.8221	0
0	0	0	0	0.1612

$$cnn7 = [q1' * C7 * q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q2' * C7 * q2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q3' * C7 * q3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q4' * C7 * q4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5' * C7 * q5]$$

cnn7 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper A

pada Tingkat 1 dan MR Damper B pada Tingkat 2

0.3853	0	0	0	0
0	2.0194	0	0	0
0	0	4.8125	0	0
0	0	0	3.5014	0
0	0	0	0	24.0939

$$cnn8 = [q1' * C8 * q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q2' * C8 * q2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q3' * C8 * q3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q4' * C8 * q4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5' * C8 * q5]$$

cnn8 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper A

pada Tingkat 1 dan MR Damper B pada Tingkat 3

0.5614	0	0	0	0
0	1.8152	0	0	0
0	0	8.2980	0	0
0	0	0	8.1759	0
0	0	0	0	16.6456

cnn9=[q1'*C9*q1 0 0 0 0;0 q2'*C9*q2 0 0 0;0 0 q3'*C9*q3 0 0;0 q4'*C9*q4 0;0 0 0 0 q5'*C9*q5]

cnn9= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 1 dan *MR Damper B* pada Tingkat 4

0.4395	0	0	0	0
0	2.5832	0	0	0
0	0	6.1140	0	0
0	0	0	15.3133	0
0	0	0	0	10.0492

cnn10=[q1'*C10*q1 0 0 0 0;0 q2'*C10*q2 0 0 0;0 0 q3'*C10*q3 0 0;0 0 0 q4'*C10*q4 0;0 0 0 0 q5'*C10*q5]

cnn10= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 1 dan *MR Damper B* pada Tingkat 5

3.2581	0	0	0	0
0	6.3482	0	0	0
0	0	10.2081	0	0
0	0	0	6.1051	0
0	0	0	0	10.0492

cnn11=[q1'*C11*q1 0 0 0 0;0 q2'*C11*q2 0 0 0;0 0 q3'*C11*q3 0 0;0 0 0 q4'*C11*q4 0;0 0 0 0 q5'*C11*q5]

cnn11= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A* pada Tingkat 2 dan *MR Damper B* pada Tingkat 1

0.3583	0	0	0	0
0	1.2190	0	0	0
0	0	1.6530	0	0
0	0	0	2.4933	0
0	0	0	0	45.5802

cnn12=[q1'*C12*q1 0 0 0 0;0 q2'*C12*q2 0 0 0;0 0 q3'*C12*q3 0 0;0 0 0 q4'*C12*q4 0;0 0 0 0 q5'*C12*q5]

cnn12= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 2 dan *MR Damper B* pada Tingkat 3

0.5208	0	0	0	0
0	0.6145	0	0	0
0	0	3.5587	0	0
0	0	0	6.6636	0
0	0	0	0	48.8752

cnn13=[q1'*C13*q1 0 0 0 0;0 q2'*C13*q2 0 0 0 0;0 0 q3'*C13*q3 0 0;0
0 0 q4'*C13*q4 0;0 0 0 0 q5'*C13*q5]

cnn13= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 2 dan *MR Damper B* pada Tingkat 4

0.3989	0	0	0	0
0	1.3825	0	0	0
0	0	1.3748	0	0
0	0	0	13.8010	0
0	0	0	0	42.9275

cnn14=[q1'*C14*q1 0 0 0 0;0 q2'*C14*q2 0 0 0 0;0 0 q3'*C14*q3 0 0;0
0 0 q4'*C14*q4 0;0 0 0 0 q5'*C14*q5]

cnn14= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 2 dan *MR Damper B* pada Tingkat 5

0.4056	0	0	0	0
0	5.8671	0	0	0
0	0	7.1627	0	0
0	0	0	5.1974	0
0	0	0	0	42.2829

cnn15=[q1'*C15*q1 0 0 0 0;0 q2'*C15*q2 0 0 0 0;0 0 q3'*C15*q3 0 0;0
0 0 q4'*C15*q4 0;0 0 0 0 q5'*C15*q5]

cnn15= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 3 dan *MR Damper B* pada Tingkat 1

0.8865	0	0	0	0
0	0.6064	0	0	0
0	0	12.1094	0	0
0	0	0	16.5166	0
0	0	0	0	23.2356

cnn16=[q1'*C16*q1 0 0 0 0;0 q2'*C16*q2 0 0 0 0;0 0 q3'*C16*q3 0 0;0
0 0 q4'*C16*q4 0;0 0 0 0 q5'*C16*q5]

cnn16= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 3 dan *MR Damper B* pada Tingkat 2

0.8730	0	0	0	0
0	0.2061	0	0	0
0	0	10.5297	0	0
0	0	0	16.0125	0
0	0	0	0	33.9768

cnn17=[q1'*C17*q1 0 0 0 0;0 q2'*C17*q2 0 0 0;0 0 q3'*C17*q3 0 0;0
0 0 q4'*C17*q4 0;0 0 0 0 q5'*C17*q5]

cnn17= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 3 dan *MR Damper B* pada Tingkat 4

0.9272	0	0	0	0
0	0.7699	0	0	0
0	0	11.8312	0	0
0	0	0	27.8243	0
0	0	0	0	20.5829

cnn18=[q1'*C18*q1 0 0 0 0;0 q2'*C18*q2 0 0 0;0 0 q3'*C18*q3 0 0;0
0 0 q4'*C18*q4 0;0 0 0 0 q5'*C18*q5]

cnn18= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 3 dan *MR Damper B* pada Tingkat 5

0.9338	0	0	0	0
0	5.2545	0	0	0
0	0	17.6191	0	0
0	0	0	19.2207	0
0	0	0	0	19.9382

cnn19=[q1'*C19*q1 0 0 0 0;0 q2'*C19*q2 0 0 0;0 0 q3'*C19*q3 0 0;0
0 0 q4'*C19*q4 0;0 0 0 0 q5'*C19*q5]

cnn19= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 4 dan *MR Damper B* pada Tingkat 5

0.5681	0	0	0	0
0	7.5585	0	0	0
0	0	11.0673	0	0
0	0	0	40.6329	0
0	0	0	0	2.0951

cnn20=[q1'*C20*q1 0 0 0 0;0 q2'*C20*q2 0 0 0;0 0 q3'*C20*q3 0 0;0
0 0 q4'*C20*q4 0;0 0 0 0 q5'*C20*q5]

cnn20= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 4 dan *MR Damper B* pada Tingkat 1

0.5208	0	0	0	0
0	2.9104	0	0	0
0	0	5.5576	0	0
0	0	0	37.9288	0
0	0	0	0	5.3925

$cnn21=[q1'*C21*q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0;0 \ q2'*C21*q2 \ 0 \ 0 \ 0;0 \ 0 \ q3'*C21*q3 \ 0 \ 0;0 \ 0 \ 0 \ q4'*C21*q4 \ 0;0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5'*C21*q5]$

$cnn21=$ Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 4 dan *MR Damper B* pada Tingkat 2

0.5073	0	0	0	0
0	2.5101	0	0	0
0	0	3.9779	0	0
0	0	0	37.4247	0
0	0	0	0	16.1357

$cnn22=[q1'*C22*q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0;0 \ q2'*C22*q2 \ 0 \ 0 \ 0;0 \ 0 \ q3'*C22*q3 \ 0 \ 0;0 \ 0 \ 0 \ q4'*C22*q4 \ 0;0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5'*C22*q5]$

$cnn22=$ Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 4 dan *MR Damper B* pada Tingkat 3

0.6833	0	0	0	0
0	2.3059	0	0	0
0	0	7.4633	0	0
0	0	0	42.0991	0
0	0	0	0	8.6875

$cnn23=[q1'*C23*q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0;0 \ q2'*C23*q2 \ 0 \ 0 \ 0;0 \ 0 \ q3'*C23*q3 \ 0 \ 0;0 \ 0 \ 0 \ q4'*C23*q4 \ 0;0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5'*C23*q5]$

$cnn23=$ Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 5 dan *MR Damper B* pada Tingkat 1

0.5407	0	0	0	0
0	16.3640	0	0	0
0	0	22.9214	0	0
0	0	0	12.1174	0
0	0	0	0	3.4586

$cnn24=[q1'*C24*q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0;0 \ q2'*C24*q2 \ 0 \ 0 \ 0;0 \ 0 \ q3'*C24*q3 \ 0 \ 0;0 \ 0 \ 0 \ q4'*C24*q4 \ 0;0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5'*C24*q5]$

$cnn24=$ Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 5 dan *MR Damper B* pada Tingkat 2

0.5272	0	0	0	0
0	16.9637	0	0	0
0	0	21.3416	0	0
0	0	0	11.6138	0
0	0	0	0	14.2018

cnn25=[q1'*C25*q1 0 0 0 0;0 q2'*C25*q2 0 0 0;0 0 q3'*C25*q3 0 0;0 0 0 q4'*C25*q4 0;0 0 0 0 q5'*C25*q5]

cnn25= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 5 dan *MR Damper B* pada Tingkat 3

0.7033	0	0	0	0
0	15.7595	0	0	0
0	0	24.8271	0	0
0	0	0	16.2883	0
0	0	0	0	6.7535

cnn26=[q1'*C26*q1 0 0 0 0;0 q2'*C26*q2 0 0 0;0 0 q3'*C26*q3 0 0;0 0 0 q4'*C26*q4 0;0 0 0 0 q5'*C26*q5]

cnn26= Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper A*

pada Tingkat 5 dan *MR Damper B* pada Tingkat 4

0.5814	0	0	0	0
0	16.5225	0	0	0
0	0	24.8271	0	0
0	0	0	23.4257	0
0	0	0	0	0.8058

I=[1;1;1;1;1]

Wn=(inv(Mn)*Kn)*(980/2.54)

wn=sqrt(Wn)

Lm1=((cnn1*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm2=((cnn2*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm3=((cnn3*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm4=((cnn4*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm5=((cnn5*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm6=((cnn6*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm7=((cnn7*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm8=((cnn8*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm9=((cnn9*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm10=((cnn10*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm11=((cnn11*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm12=((cnn12*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm12=((cnn12*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm13=((cnn13*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm14=((cnn14*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm15=((cnn15*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm16=((cnn16*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm17=((cnn17*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm18=((cnn18*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm19=((cnn19*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm20=((cnn20*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm21=((cnn21*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm22=((cnn22*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm23=((cnn23*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm24=((cnn24*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm25=((cnn25*386.1)/(2*wn*Mn))*I

Lm26=((cnn26*386.1)/(2*wn*Mn))*I

T1=(q1'*M*I)/(q1'*M*q1)

Lm8 =

0.1101
0.1458
0.4205
0.2976
0.4294

Lm9 =

0.0862
0.2075
0.3098
0.5574
0.2760

Lm10 =

0.4978
0.1571
0.3761
0.1945
0.2591

Lm11 =

0.0703
0.0979
0.0838
0.0908
1.1757

Lm12 =

0.1022
0.0494
0.1603
0.2426
1.2607

Lm13 =

0.0783
0.1110
0.0697
0.5023
1.1073

Lm14 =

0.0796
0.4712
0.3629
0.1892
1.0907

Lm15 =

0.1739
0.0487
0.6136
0.6012
0.5994

Lm16 =

0.1713
0.0166
0.5335
0.5828
0.8765

Lm17 =

0.1819
0.0618
0.5995
1.0128
0.5309

Lm18 =

0.1832
0.4220
0.8928
0.6996
0.5143

Lm19 =

0.1114
0.6071
0.5608
1.4790
0.0540

Im26 =

0.1141
1.3274
1.2580
0.8527
0.0208

T1 =

2.0405

T2 =

0.8496

T3 =

0.5963

T4 =

0.2454

T5 =

0.2370

u1 =

0.2353
0.4540
0.8356
1.1147
1.4004

u2 =

0.2413
0.3816
0.3884
0.1165
-0.5946

u3 =

0.2752
0.3047
-0.1029
-0.3530
0.2275

u4 =

```

0.0897
0.0265
-0.1773
0.1371
-0.0354

```

u5 =

```

0.1581
-0.1666
0.0562
-0.0154
0.0020

```

ut =

```

0.9996
1.0002
1.0001
0.9999
0.9999

```

x =

```

50.0617      0      0      0      0
      0 122.2811      0      0      0
      0      0 193.9283      0      0
      0      0      0 269.8201      0
      0      0      0      0 380.7402

```

j =

1.0e+005 *

```

0.0251      0      0      0      0
      0 0.1495      0      0      0
      0      0 0.3757      0      0
      0      0      0 0.7280      0
      0      0      0      0 1.4496

```

a1 =

9.2018e-004

a2 =

-0.0010

a3 =

0.0155

a4 =
0.0257

a5 =
0.0267

LAMPIRAN 3

Perhitungan Nilai a dan k

Mencari Nilai a,k

Variasi 1 Tanpa redaman tambahan

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.02	8.8718	200.7097	2	10114.2
2	0.0761	21.4807	206.5387	2	10788.36
3	0.0886	31.3754	211.1194	2	11540.39
4	0.0952	43.3509	216.508	2	12704.7
5	0.1145	58.0215	226.5738	2	14695.19

Variasi 2 kedua MR damper di tingkat I

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0982	8.8718	203.4848	2	10252.95
2	0.2219	21.4807	219.0663	2	11414.73
3	0.2829	31.3754	235.5044	2	12759.64
4	0.4191	43.3509	272.6734	2	15512.97
5	0.4589	58.0215	306.5043	2	18691.71

Variasi 3 kedua MR damper di tingkat II

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0237	8.8718	200.7168	2	10120.76
2	0.1419	21.4807	224.2216	2	11071.04
3	0.1562	31.3754	297.0127	2	11964.58
4	0.1676	43.3509	339.6419	2	13332.42
5	1.5674	58.0215	401.3346	2	31555.07

Variasi 4 kedua MR damper di tingkat III

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0202	8.8718	200.7168	2	10114.55
2	0.2819	21.4807	224.2216	2	11672.5
3	0.773	31.3754	297.0127	2	15835.05
4	0.8053	43.3509	339.6419	2	18861.4
5	0.8675	58.0215	401.3346	2	23433.22

Variasi 5 kedua MR damper di tingkat IV

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0907	8.8718	203.2187	2	10239.64
2	0.1862	21.4807	215.9988	2	11261.36
3	0.3355	31.3754	242.1058	2	13089.71
4	0.3627	43.3509	262.8935	2	15023.97
5	1.9067	58.0215	642.5184	2	35492.41

Variasi 6 kedua MR damper di tingkat V

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0242	8.8718	200.8588	2	10121.65
2	0.1915	21.4807	216.4542	2	11284.13
3	0.6281	31.3754	278.8276	2	14925.79
4	1.5358	43.3509	466.3132	2	25194.96
5	1.8021	58.0215	618.2422	2	34278.6

Variasi 7 dengan MR damper A ditingkat I dan MR damper B ditingkat II

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0956	8.8718	203.3926	2	10284.34
2	0.6976	21.4807	259.9397	2	13458.41
3	0.216	31.3754	227.1083	2	12339.83
4	0.2574	43.3509	244.6341	2	14111
5	0.3583	58.0215	283.1564	2	17524.32

Variasi 8 dengan MR damper A ditingkat I dan MR damper B ditingkat III

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.1301	8.8718	204.6169	2	10309.55
2	0.2219	21.4807	219.0663	2	11414.73
3	0.3862	31.3754	248.4687	2	13407.85
4	0.5157	43.3509	289.4242	2	16350.51
5	0.5439	58.0215	326.2316	2	19678.07

Variasi 9 dengan MR damper A ditingkat I dan MR damper B ditingkat IV

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.1062	8.8718	203.7687	2	10267.15
2	0.2836	21.4807	224.3677	2	11679.81
3	0.3646	31.3754	245.7579	2	13272.31
4	0.405	43.3509	270.2285	2	15390.72
5	0.6719	58.0215	355.9386	2	21163.42

Variasi 10 dengan MR damper A ditingkat I dan MR damper B ditingkat V

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.2422	8.8718	208.595	2	10508.46
2	0.3353	21.4807	228.8099	2	11901.92
3	0.5985	31.3754	275.1127	2	14740.05
4	0.6124	43.3509	306.1924	2	17188.92
5	0.7537	58.0215	374.9232	2	22112.66

Variasi 11 dengan MR damper A ditingkat II dan MR damper B ditingkat I

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0903	8.8718	203.2045	2	10238.93
2	0.1599	21.4807	213.7391	2	11148.37
3	0.1794	31.3754	222.515	2	12110.17
4	0.1931	43.3509	233.4842	2	13553.51
5	1.2902	58.0215	499.4374	2	28338.36

Variasi 12 dengan MR damper A ditingkat II dan MR damper B ditingkat III

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0694	8.8718	202.4628	2	10201.85
2	0.1783	21.4807	215.32	2	11227.42
3	0.2689	31.3754	233.7474	2	12671.78
4	0.3378	43.3509	258.5757	2	14808.09
5	1.3752	58.0215	519.1647	2	29324.73

Variasi 13 dengan MR damper A ditingkat II dan MR damper B ditingkat IV

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0897	8.8718	203.1832	2	10237.87
2	0.1544	21.4807	213.2665	2	11124.74
3	0.1996	31.3754	225.0501	2	12236.92
4	0.5975	43.3509	303.6087	2	17059.73
5	1.2218	58.0215	483.5627	2	27544.63

Variasi 14 dengan MR damper A ditingkat II dan MR damper B ditingkat V

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0996	8.8718	203.5345	2	10255.44
2	0.2653	21.4807	222.7953	2	11601.19
3	0.4515	31.3754	256.664	2	13817.61
4	0.5664	43.3509	298.2158	2	16790.09
5	1.2052	58.0215	479.71	2	27352

Variasi 15 dengan MR damper A ditingkat III dan MR damper B ditingkat I

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0687	8.8718	202.438	2	10200.61
2	0.25	21.4807	221.4807	2	11535.46
3	0.688	31.3754	286.3451	2	15301.67
4	0.6964	43.3509	320.7583	2	17917.21
5	0.7281	58.0215	368.9818	2	21815.59

Variasi 16 dengan MR damper A ditingkat III dan MR damper B ditingkat II

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0366	8.8718	201.2988	2	10143.65
2	0.2474	21.4807	221.2573	2	11524.29
3	0.6221	31.3754	278.0745	2	14888.14
4	0.678	43.3509	317.5676	2	17757.68
5	0.991	58.0215	429.9972	2	24866.36

Variasi 17 dengan MR damper A ditingkat III dan MR damper B ditingkat IV

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0818	8.8718	202.9029	2	10223.85
2	0.258	21.4807	222.1681	2	11569.82
3	0.619	31.3754	277.7482	2	14871.83
4	0.6947	43.3509	320.4635	2	17902.47
5	1.1273	58.0215	461.6305	2	26448.02

Variasi 18 dengan MR damper A ditingkat IV dan MR damper B ditingkat V

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.2032	8.8718	207.211	2	10439.26
2	0.4981	21.4807	242.7981	2	12601.33
3	0.6029	31.3754	275.6649	2	14767.66
4	0.7948	43.3509	337.8212	2	18770.36
5	1.0073	58.0215	433.7802	2	25055.51

Variasi 19 dengan MR damper A ditingkat IV dan MR damper B ditingkat I

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.074	8.8718	202.6261	2	10210.01
2	0.1875	21.4807	216.1105	2	11266.95
3	0.6494	31.3754	281.5007	2	15059.45
4	0.7023	43.3509	321.7813	2	17968.45
5	1.5935	58.0215	569.829	2	31857.97

Variasi 20 dengan MR damper A ditingkat I dan MR damper B ditingkat III

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.1222	8.8718	204.3365	2	10295.54
2	0.2152	21.4807	218.4906	2	11385.95
3	0.3224	31.3754	240.4617	2	13007.5
4	0.3768	43.3509	265.3385	2	15146.22
5	1.4951	58.0215	546.9918	2	30716.08

Variasi 21 dengan MR damper A ditingkat IV dan MR damper B ditingkat II

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.1195	8.8718	204.2407	2	10290.74
2	0.2777	21.4807	223.8608	2	11654.46
3	0.2902	31.3754	236.4206	2	12805.44
4	0.5114	43.3509	288.6786	2	16313.23
5	1.4767	58.0215	542.7214	2	30502.56

Variasi 22 dengan MR damper A ditingkat IV dan MR damper B ditingkat III

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.1541	8.8718	205.4686	2	10352.14
2	0.2613	21.4807	222.4516	2	11584
3	0.3127	31.3754	239.2444	2	12946.63
4	0.4734	43.3509	282.0893	2	15983.76
5	1.6469	58.0215	582.2224	2	32477.62

Variasi 23 dengan MR damper A ditingkat V dan MR damper B ditingkat I

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.1092	8.8718	203.8752	2	10272.47
2	0.1822	21.4807	215.6551	2	11244.18
3	0.5297	31.3754	266.4782	2	14308.33
4	1.2566	43.3509	417.899	2	22774.25
5	1.4288	58.0215	531.6045	2	29946.72

Variasi 24 dengan MR damper A ditingkat V dan MR damper B ditingkat II

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.1234	8.8718	204.3791	2	10297.66
2	0.4424	21.4807	238.0122	2	12362.03
3	0.5113	31.3754	264.169	2	14192.86
4	1.1766	43.3509	404.0267	2	22080.63
5	1.3967	58.0215	524.1545	2	29574.22

```

T2=(q2'*M*1)/(q2'*M*q2)
T3=(q3'*M*1)/(q3'*M*q3)
T4=(q4'*M*1)/(q4'*M*q4)
T5=(q5'*M*1)/(q5'*M*q5)
u1=T1*q1
u2=T2*q2
u3=T3*q3
u4=T4*q4
u5=T5*q5
ut=u1+u2+u3+u4+u5
X=sqrt(Mn'*Kn)
j=X*X
a1=(q1'*C1*q1)/(q1'*M*q1)
a2=(q2'*C1*q1)/(q2'*M*q2)
a3=(q3'*C1*q3)/(q3'*M*q3)
a4=(q4'*C1*q4)/(q4'*M*q4)
a5=(q5'*C1*q5)/(q5'*M*q5)

```

I =

```

1
1
1
1
1

```

Wn =

1.0e+003 *

```

0.0767      0      0      0      0
0      0.4614      0      0      0
0      0      0.9844      0      0
0      0      0      1.8793      0
0      0      0      0      3.3665

```

wn =

```

8.6718      0      0      0      0
0      21.4807      0      0      0
0      0      31.3754      0      0
0      0      0      43.3509      0
0      0      0      0      58.0215

```

Lml =

```

0.0200
0.0761
0.0952
0.1145
0.0886

```


Lm2 =

0.0782
0.1943
0.3239
0.1458
0.3444

Lm3 =

0.0676
0.0658
0.0037
0.0724
1.4529

Lm4 =

0.2058
0.0002
0.7101
0.7530
0.6844

Lm5 =

0.1101
0.2469
0.2675
1.7922
0.0707

Lm6 =

0.1154
1.6876
1.4406
0.5395
0.0042

Lm7 =

0.0756
0.1622
0.2438
0.1274
0.6215

Variasi 25 dengan MR damper A ditingkat V dan MR damper B ditingkat III

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.158	8.8718	205.607	2	10359.06
2	0.2503	21.4807	221.5065	2	11536.74
3	0.6815	31.3754	285.5293	2	15260.88
4	1.3532	43.3509	434.6498	2	23611.79
5	1.3803	58.0215	520.3483	2	29383.91

Variasi 26 dengan MR damper A ditingkat V dan MR damper B ditingkat IV

mode	Rasio redaman	Frekuensi sudut	a	b	k
1	0.0408	8.8718	201.4479	2	10151.1
2	0.1902	21.4807	216.3425	2	11278.55
3	0.9413	31.3754	318.1347	2	16891.15
4	1.3532	43.3509	434.6498	2	23611.79
5	1.4419	58.0215	534.6448	2	30098.73

LAMPIRAN 4

Contoh Perhitungan Nilai q

Lampiran 4. Contoh Perhitungan nilai q_n untuk variasi 10 mode 1

t_n	percepatan tanah1 (\ddot{y}_n)	Percepatan tanah (m/sec ²)	\ddot{q}_n	$\Delta \ddot{y}_n$	$\Delta \ddot{y}_n$	$\Delta \dot{y}_n$	$\Delta \dot{q}_n$	$\Delta \ddot{q}_n$	\dot{q}_n	\dot{q}_n	qn1
0.00	0.00630	2.43243	0	-1.027026	-1.02703	-0.00010	-0.00977	-0.97733	0	0	0
0.02	0.00364	1.40540	-0.97733	-1.023165	-5.01650	-0.00048	-0.02819	-0.86444	-0.00977	-0.00977	-0.00010
0.04	0.00099	0.38224	-1.84177	1.270269	-10.33245	-0.00098	-0.02240	1.44391	-0.03796	-0.03796	-0.00058
0.06	0.00428	1.65251	-0.39786	1.27413	-12.11254	-0.00115	0.00546	1.34140	-0.06036	-0.06036	-0.00156
0.08	0.00758	2.92664	0.94354	1.270269	-8.29534	-0.00079	0.03087	1.19975	-0.05490	-0.05490	-0.00271
0.10	0.01087	4.19691	2.14329	-1.563705	-2.29085	-0.00022	0.02627	-1.65945	-0.02404	-0.02404	-0.00350
0.12	0.00682	2.63320	0.48384	-1.563705	-0.12969	-0.00001	-0.00571	-1.53821	0.00224	0.00224	-0.00372
0.14	0.00277	1.06950	-1.05437	-1.563705	-4.39622	-0.00042	-0.03490	-1.38081	-0.00347	-0.00347	-0.00373
0.16	-0.00128	-0.49421	-2.43519	1.915056	-10.95814	-0.00104	-0.02755	2.11552	-0.03837	-0.03837	-0.00415
0.18	0.00368	1.42085	-0.31966	1.915056	-12.47358	-0.00119	0.01313	1.95207	-0.06591	-0.06591	-0.00519
0.20	0.00864	3.33590	1.63241	1.915056	-5.83112	-0.00055	0.05008	1.74350	-0.05279	-0.05279	-0.00638
0.22	0.01360	5.25096	3.37591	-2.444013	3.74390	0.00036	0.04103	-2.64840	-0.00270	-0.00270	-0.00693
0.24	0.00727	2.80695	0.72751	-2.444013	7.00662	0.00067	-0.00999	-2.45358	0.03833	0.03833	-0.00658
0.26	0.00094	0.36293	-1.72607	1.258686	3.71919	0.00035	-0.02130	1.32236	0.02835	0.02835	-0.00591
0.28	0.00420	1.62162	-0.40372	-0.768339	-0.10576	-0.00001	-0.01510	-0.70265	0.00705	0.00705	-0.00556
0.30	0.00221	0.85328	-1.10637	-0.7722	-4.66488	-0.00044	-0.02828	-0.61571	-0.00805	-0.00805	-0.00557
0.32	0.00021	0.08108	-1.72208	1.633203	-9.39088	-0.00089	-0.01669	1.77526	-0.03634	-0.03634	-0.00601
0.34	0.00444	1.71428	0.05319	1.633203	-9.32158	-0.00089	0.01735	1.62847	-0.05303	-0.05303	-0.00690
0.36	0.00867	3.34749	1.68166	1.633203	-2.44584	-0.00023	0.04808	1.44489	-0.03568	-0.03568	-0.00779
0.38	0.01290	4.98069	3.12655	1.633203	10.47361	0.00100	0.07486	1.23304	0.01240	0.01240	-0.00802
0.40	0.01713	6.61389	4.35958	-7.938216	18.98395	0.00181	0.00612	-8.10673	0.08726	0.08726	-0.00703
0.42	-0.00343	-1.32432	-3.74714	-7.942077	4.04415	0.00038	-0.14829	-7.33508	0.09339	0.09339	-0.00522
0.44	-0.02400	-9.26640	-11.08222	5.436288	-28.18095	-0.00268	-0.15837	6.32794	-0.05490	-0.05490	-0.00484
0.46	-0.00992	-3.83011	-4.75428	5.436288	-48.55922	-0.00462	-0.03556	5.95281	-0.21327	-0.21327	-0.00752
0.48	0.00416	1.60618	1.19853	0.432432	-49.07456	-0.00467	0.03065	0.66828	-0.24883	-0.24883	-0.01214
0.50	0.00528	2.03861	1.86681	4.343625	-37.43267	-0.00356	0.08013	4.27963	-0.21817	-0.21817	-0.01681
0.52	0.01653	6.36223	6.14644	4.347486	-12.15431	-0.00116	0.16042	3.74912	0.13804	0.13804	-0.02037
0.54	0.02779	10.72972	9.89556	4.343625	28.80287	0.00274	0.22933	3.14232	0.02238	0.02238	-0.02153
0.56	0.03904	15.07334	13.03788	-5.617755	72.96415	0.00694	0.19091	-6.98471	0.25171	0.25171	-0.01879

t_n	percepatan tanah1 (\ddot{y}_n)	Percepatan tanah (in/sec ²)	\ddot{q}_n	$\Delta \ddot{y}_n$	$\Delta \ddot{y}_n$	\dot{y}_n	\dot{q}_n	$\Delta \dot{q}_n$	\dot{q}_n	\ddot{q}_n	\dot{q}_n	qn1
0.58	0.02449	9.45559	6.05318	-5.613894	98.82158	0.00940	0.5515	-6.59110	0.44262	-0.01184	0.44262	-0.01184
0.60	0.00995	3.84170	-0.53793	-0.131274	102.62654	0.00977	-0.01894	-0.81855	0.49778	-0.00244	0.49778	-0.00244
0.62	0.00961	3.71042	-1.35648	-0.135135	97.03395	0.00923	-0.03428	-0.71463	0.47883	0.00733	0.47883	0.00733
0.64	0.00926	3.57529	-2.07111	-0.131274	88.45876	0.00842	-0.04733	-0.59046	0.44456	0.01656	0.44456	0.01656
0.66	0.00892	3.44401	-2.66157	-5.320458	72.21654	0.00687	-0.10724	-5.40052	0.39723	0.02498	0.39723	0.02498
0.68	-0.00486	-1.87645	-8.06209	-5.320458	39.04648	0.00372	-0.20841	-4.71726	0.28999	0.03185	0.28999	0.03185
0.70	-0.01864	-7.19690	-12.77935	-5.320458	-13.86224	-0.00132	-0.29507	-3.94855	0.08158	0.03557	0.08158	0.03557
0.72	-0.03242	-12.51736	-16.72790	-0.474903	-78.46445	-0.00747	-0.31969	1.48668	-0.21349	0.03425	-0.21349	0.03425
0.74	-0.03365	-12.99227	-15.24122	-9.104238	-150.80643	-0.01435	-0.36873	-6.39008	-0.53319	0.02678	-0.53319	0.02678
0.76	-0.05723	-22.09650	-21.63130	4.590729	-226.80585	-0.02158	-0.35450	7.81299	-0.90191	0.01243	-0.90191	0.01243
0.78	-0.04534	-17.50577	-13.81831	4.586868	-285.12986	-0.02713	-0.20052	7.58428	-1.25641	-0.00915	-1.25641	-0.00915
0.80	-0.03346	-12.91891	-6.23403	0.559845	-315.81650	-0.03005	-0.09149	3.31856	-1.45693	-0.03629	-1.45693	-0.03629
0.82	-0.03201	-12.35906	-2.91547	0.559845	-328.26478	-0.03124	-0.02696	3.13448	-1.54842	-0.06634	-1.54842	-0.06634
0.84	-0.03056	-11.79922	0.21901	0.559845	-327.62050	-0.03118	0.03310	2.87154	-1.57539	-0.09758	-1.57539	-0.09758
0.86	-0.02911	-11.23937	3.09056	0.559845	-314.97382	-0.02997	0.08725	2.54408	-1.54229	-0.12876	-1.54229	-0.12876
0.88	-0.02766	-10.67953	5.63464	-5.21235	-297.45753	-0.02831	0.07944	-3.32572	-1.45504	-0.15873	-1.45504	-0.15873
0.90	-0.04116	-15.89188	2.30892	-5.21235	-287.53912	-0.02736	0.01495	-3.12288	-1.37561	-0.18704	-1.37561	-0.18704
0.92	-0.05466	-21.10423	-0.81397	-5.21235	-290.66649	-0.02766	-0.04471	-2.84307	-1.36066	-0.21440	-1.36066	-0.21440
0.94	-0.06816	-26.31658	-3.65704	-5.21235	-305.67892	-0.02909	-0.09815	-2.50097	-1.40537	-0.24206	-1.40537	-0.24206
0.96	-0.08166	-31.52893	-6.15800	5.09652	-320.84567	-0.03053	-0.04618	7.69816	-1.50352	-0.27115	-1.50352	-0.27115
0.98	-0.06846	-26.43241	1.54015	5.092659	-315.08582	-0.02998	0.10099	7.01870	-1.54970	-0.30168	-1.54970	-0.30168
1.00	-0.05527	-21.33975	8.55885	5.092659	-279.98242	-0.02664	0.23306	6.18820	-1.44871	-0.33166	-1.44871	-0.33166
1.02	-0.04208	-16.24709	14.74705	-0.196911	-224.28065	-0.02134	0.29701	0.20660	-1.21565	-0.35831	-1.21565	-0.35831
1.04	-0.04259	-16.44400	14.95365	-0.200772	-161.91715	-0.01541	0.29645	-0.26199	-0.91864	-0.37965	-0.91864	-0.37965
1.06	-0.04311	-16.64477	14.69165	7.270263	-93.13149	-0.00886	0.35812	6.42881	-0.62219	-0.39506	-0.62219	-0.39506
1.08	-0.02428	-9.37451	21.12046	7.270263	-5.57160	-0.00053	0.47511	5.27020	-0.26407	-0.40392	-0.26407	-0.40392
1.10	-0.00545	-2.10425	26.39066	7.270263	104.07464	0.00000	0.56830	4.04847	0.21105	-0.40445	0.21105	-0.40445
1.12	0.01338	5.16602	30.43913	7.270263	230.71569	0.02196	0.63684	2.80536	0.77934	-0.39455	0.77934	-0.39455
1.14	0.03221	12.43628	33.24449	7.270263	369.16728	0.03513	0.68069	1.57988	1.41618	-0.37259	1.41618	-0.37259

t_n	percepatan tanah1 (\ddot{y}_n)	Percepatan tanah (in/sec ²)	\dot{q}_n	$\Delta \ddot{y}_n$	$\Delta \dot{y}_n$	$\Delta \ddot{y}_n$	$\Delta \dot{q}_n$	$\Delta \ddot{q}_n$	\dot{q}_n	qn1
1.16	0.05104	19.70654	34.82438	7.270263	514.31531	0.04894	0.70056	0.40730	2.09687	-0.33746
1.18	0.06987	26.97681	35.23168	7.270263	661.26334	0.06293	0.69782	-0.68157	2.79741	-0.28852
1.20	0.08870	34.24707	34.55011	-16.779906	781.41134	0.07436	0.44553	-24.54745	3.49535	-0.22559
1.22	0.04524	17.46716	10.00265	-16.776045	825.25512	0.07853	-0.02830	-22.83570	3.94077	-0.15123
1.24	0.00179	0.69112	-12.83305	-16.779906	773.67580	0.07362	-0.46253	-20.58713	3.91247	-0.07270
1.26	-0.04167	-16.08879	-33.42017	-16.779906	636.01965	0.06052	-0.84742	-17.90199	3.44994	0.00093
1.28	-0.08513	-32.86869	-51.32216	-16.776045	423.45126	0.04030	-1.17541	-14.89645	2.60252	0.06145
1.30	-0.12858	-49.64474	-66.21861	-16.779906	148.47033	0.01413	-1.44135	-11.69777	1.42711	0.10175
1.32	-0.17204	-66.42464	-77.91638	16.586856	-142.21683	-0.01353	-1.32487	23.34571	-0.01424	0.11587
1.34	-0.12908	-49.83779	-54.57067	16.582995	-371.89061	-0.03539	-0.86074	23.06754	-1.33911	0.10234
1.36	-0.08613	-33.25479	-31.50313	-1.115829	-523.00001	-0.04977	-0.57724	5.28221	-2.19985	0.06695
1.38	-0.08902	-34.37062	-26.22092	-1.11969	-632.84892	-0.06022	-0.46810	5.63210	-2.77709	0.01718
1.40	-0.09192	-35.49031	-20.58882	-1.11969	-719.22751	-0.06844	-0.35389	5.78829	-3.24519	-0.04304
1.42	-0.09482	-36.61000	-14.80053	0.610038	-779.74161	-0.07420	-0.22197	7.40433	-3.59908	-0.11148
1.44	-0.09324	-35.99996	-7.39620	0.610038	-811.23422	-0.07720	-0.07772	7.02031	-3.82105	-0.18568
1.46	-0.09166	-35.38993	-0.37589	-1.204632	-815.22045	-0.07758	0.03979	4.73051	-3.89877	-0.26288
1.48	-0.09478	-36.59456	4.35462	-1.200771	-797.45613	-0.07589	0.12926	4.21680	-3.85898	-0.34046
1.50	-0.09789	-37.79533	8.57143	-12.019293	-772.87795	-0.07355	0.10463	-6.67996	-3.72972	-0.41635
1.52	-0.12902	-49.81462	1.89147	20.27025	-732.12326	-0.06967	0.28320	24.53692	-3.62509	-0.48990
1.54	-0.07652	-29.54437	26.42839	20.27411	-623.97176	-0.05938	0.74599	21.74188	-3.34190	-0.55957
1.56	-0.02401	-9.27026	48.17027	20.27025	-424.88280	-0.04043	1.14857	18.51670	-2.59591	-0.61894
1.58	0.02849	10.99999	66.68697	20.27025	-148.26296	-0.01411	1.48378	15.00421	-1.44734	-0.65938
1.60	0.08099	31.27024	81.69118	20.27411	191.25871	0.01820	1.74716	11.33315	0.03645	-0.67348
1.62	0.13350	51.54435	93.02433	20.27025	578.36898	0.05504	1.93664	7.61546	1.78360	-0.65528
1.64	0.18600	71.81460	100.63979	20.27025	997.57358	0.09493	2.05257	3.97735	3.72024	-0.60025
1.66	0.23850	92.08485	104.61714	-7.169877	1406.24386	0.13382	1.83640	-25.59477	5.77281	-0.50532
1.68	0.21993	84.91497	79.02237	-7.173738	1738.11331	0.16540	1.32172	-25.87258	7.60921	-0.37150
1.70	0.20135	77.74124	53.14980	-7.173738	1962.07270	0.18671	0.80951	-25.34883	8.93093	-0.20609
1.72	0.18277	70.56750	27.80097	-7.169877	2080.23816	0.19796	0.31497	-24.10478	9.74044	-0.01938
1.74	0.16420	63.39762	3.69620	-7.173738	2097.72627	0.19962	-0.14855	-22.24763	10.05541	0.17858

t_n	percepatan tanah1 (\ddot{y}_n)	Percepatan tanah (in/sec^2)	\ddot{q}_n	$\Delta \ddot{y}_n$	$\Delta \ddot{y}_n$	$\Delta \dot{y}_n$	$\Delta \dot{q}_n$	$\Delta \dot{q}_n$	\dot{q}_n	qn1
1.76	0.14562	56.22388	-18.55143	6.104241	2035.52170	-0.44340	0.19370	-0.44340	9.90685	0.37820
1.78	0.16143	62.32812	-25.78808	6.108102	1928.56227	-0.57445	0.18352	-0.57445	9.46346	0.57190
1.80	0.17725	68.43623	-31.65652	-17.41311	1773.47759	-0.90136	0.16877	-0.90136	8.88901	0.75543
1.82	0.13215	51.02312	-58.47966	-17.41311	1531.81177	-1.39836	0.14577	-1.39836	7.98765	0.92420
1.84	0.08705	33.61001	-81.35680	-17.409249	1194.36948	-1.81278	0.11366	-1.81278	6.58929	1.06996
1.86	0.04196	16.20076	-99.92162	-17.41311	779.09824	-2.13900	0.07414	-2.13900	4.77650	1.18362
1.88	-0.00314	-1.21235	-113.97797	-17.41311	304.80170	-2.37448	0.02901	-2.37448	2.63751	1.25776
1.90	-0.04824	-18.62546	-123.46977	-17.41311	-209.48602	-2.51956	-0.01993	-2.51956	0.26303	1.28677
1.92	-0.09334	-36.03857	-128.48600	-17.409249	-745.08175	-2.57725	-0.07090	-2.57725	-2.25653	1.26683
1.94	-0.13843	-53.44782	-129.23875	-17.41311	-1284.19205	-2.55300	-0.12221	-2.55300	-4.83378	1.19593
1.96	-0.18353	-70.86093	-126.06153	-17.41311	-1810.38124	-2.45429	-0.17228	-2.45429	-7.38678	1.07372
1.98	-0.22863	-88.27404	-119.36730	-17.409249	-2308.94119	-2.29008	-0.21972	-2.29008	-9.84107	0.90145
2.00	-0.27372	-105.68329	-109.64061	-17.41311	-2767.19070	-2.07069	-0.26333	-2.07069	-12.13115	0.68172
2.02	-0.31882	-123.09640	-97.42824	26.478738	-3130.80939	-1.38956	-0.29793	-1.38956	-14.20183	0.41839
2.04	-0.25024	-96.61766	-41.52763	26.478738	-3308.86316	-0.30483	-0.31488	-0.30483	-15.59139	0.12046
2.06	-0.18166	-70.13893	11.04500	26.47877	-3267.30700	0.70028	-0.31092	0.70028	-15.89622	-0.19441
2.08	-0.11309	-43.66405	58.98306	26.478738	-3025.35199	1.60220	-0.28790	1.60220	-15.19594	-0.50534
2.10	-0.04451	-17.18531	101.23671	26.478738	-2606.63426	2.38238	-0.24805	2.38238	-13.59374	-0.79323
2.12	0.02407	9.29343	137.00127	26.478738	-2038.15263	3.02737	-0.19395	3.02737	-11.21136	-1.04128
2.14	0.09265	35.77217	165.73595	26.478738	-1349.18856	3.52891	-0.12839	3.52891	-8.18399	-1.23524
2.16	0.16123	62.25090	187.15484	26.478738	-570.23822	3.88369	-0.05426	3.88369	-4.65508	-1.36363
2.18	0.22981	88.72964	201.21458	26.478738	268.00043	4.09310	0.02550	4.09310	-0.77139	-1.41789
2.20	0.29839	115.20838	208.09584	26.478738	1083.44050	3.66674	0.10310	3.66674	3.32172	-1.39239
2.22	0.23197	89.56362	158.57812	-25.644762	1749.26476	2.66934	0.16646	2.66934	6.98846	-1.28929
2.24	0.16554	63.91499	108.35575	-25.648623	2205.63459	1.67354	0.20989	1.67354	9.65780	-1.12283
2.26	0.09912	38.27023	58.99840	-25.644762	2456.01227	0.70909	0.23372	0.70909	11.33134	-0.91293
2.28	0.03270	12.62547	11.91042	-25.644762	2509.74854	-0.19773	0.23883	-0.19773	12.04043	-0.67922
2.30	0.03372	-13.01529	-31.58303	-25.644762	2381.31698	-1.02445	0.22661	-1.02445	11.84270	-0.44036
2.32	-0.10014	-38.66405	-70.76166	-25.644762	2089.46522	-1.75286	0.19884	-1.75286	10.81825	-0.21378
2.34	-0.16656	-64.30882	-154.52394	-25.648623	1656.29978	-2.36921	0.15762	-2.36921	9.05540	-0.01494

t_n	percepatan tanah1 (\ddot{y}_n)	Percepatan tanah (in/sec ²)	\dot{q}_n	$\Delta \dot{y}_n$	$\Delta \dot{y}_n$	Δy_n	Δq_n	$\Delta \dot{q}_n$	\dot{q}_n	$\Delta \dot{q}_n$	q_n	qn1
2.36	-0.23299	-89.95744	-132.39684	-25.644762	1106.35294	0.10528	-2.86416	-21.62277	6.69619	0.14268	0.14268	0.14268
2.38	-0.29941	-115.60220	-154.01961	113.97672	605.27849	0.05760	-1.90413	117.62609	3.83202	0.24796	3.83202	0.24796
2.40	-0.00421	-1.62548	-36.39352	113.97672	443.33842	0.04219	0.36309	109.09568	1.92789	0.30556	1.92789	0.30556
2.42	0.29099	112.35124	72.70217	-25.942059	597.34903	0.05684	1.10250	-35.15429	2.29098	0.34775	2.29098	0.34775
2.44	0.22380	86.40918	37.54787	-25.938198	757.02038	0.07204	0.41695	-33.40026	3.39348	0.40459	3.39348	0.40459
2.46	0.15662	60.47098	4.14761	-25.942059	777.19070	0.07396	-0.22501	-30.79635	3.81043	0.47663	3.81043	0.47663
2.48	0.08943	34.52892	-26.64874	-25.942059	668.66176	0.06363	-0.80777	-27.47907	3.58542	0.55059	3.58542	0.55059
2.50	0.02224	8.58686	-54.12781	-25.942059	445.20779	0.04237	-1.31865	-23.60982	2.77766	0.61422	2.77766	0.61422
2.52	-0.04495	-17.35520	-77.73763	24.436269	173.30178	0.01649	-1.26884	28.59106	1.45900	0.65659	1.45900	0.65659
2.54	0.01834	7.08107	-49.14657	24.436269	-34.19017	-0.00325	-0.70568	27.72502	0.19016	0.67308	0.19016	0.67308
2.56	0.08163	31.51734	-21.42154	24.432408	-125.94553	-0.01199	-0.16748	26.09549	-0.51552	0.68982	-0.51552	0.68982
2.58	0.14491	55.94975	4.67395	24.436269	-108.68535	-0.01034	0.33173	23.82475	-0.68300	0.65784	-0.68300	0.65784
2.60	0.20820	80.38602	28.49869	-7.131267	-23.40693	-0.00223	0.47980	-9.01787	-0.35127	0.64750	-0.35127	0.64750
2.62	0.18973	73.25475	19.48083	-7.135128	58.63635	0.00558	0.30094	-8.86761	0.12853	0.64527	0.12853	0.64527
2.64	0.17125	66.11963	10.61321	-12.996126	97.81478	0.00931	0.07189	-14.03771	0.42947	0.65085	0.42947	0.65085
2.66	0.13759	53.12350	-3.42450	-12.996126	84.73465	0.00806	-0.19636	-12.78695	0.50135	0.66016	0.50135	0.66016
2.68	0.10393	40.12737	-16.21145	-12.996126	18.20117	0.00173	-0.43678	-11.25538	0.30499	0.66822	0.30499	0.66822
2.70	0.07027	27.13125	-27.46683	-12.996126	-95.42029	-0.00908	-0.64446	-9.51187	-0.13179	0.66995	-0.13179	0.66995
2.72	0.03661	14.13512	-36.97869	-12.996126	-248.87416	-0.02368	-0.81583	-7.62597	-0.77624	0.66087	-0.77624	0.66087
2.74	0.00295	1.13900	-44.60467	-12.996126	434.30492	-0.04133	-0.94875	-5.66585	-1.59208	0.63719	-1.59208	0.63719
2.76	-0.03071	-11.85713	-50.27052	9.69111	-620.85430	-0.05908	-0.82648	17.89320	-2.54083	0.59586	-2.54083	0.59586
2.78	-0.00561	-2.16602	-32.37733	9.687249	-757.47104	-0.07208	-0.47359	17.39606	-3.36731	0.53678	-3.36731	0.53678
2.80	0.01948	7.52123	-14.98127	9.69111	-821.46271	-0.07817	-0.13537	16.42574	-3.84089	0.46470	-3.84089	0.46470
2.82	0.04458	17.21234	1.44447	7.76061	-818.77881	-0.07792	0.16091	13.20189	-3.97626	0.38653	-3.97626	0.38653
2.84	0.06468	24.97295	14.64636	7.76061	-758.81037	-0.07221	0.40976	11.68327	-3.81535	0.30861	-3.81535	0.30861
2.86	0.08478	32.73356	26.32963	7.756749	-649.97381	-0.06185	0.62594	9.93516	-3.40559	0.23640	-3.40559	0.23640
2.88	0.10487	40.49031	36.26479	-17.729712	-525.02111	-0.04900	0.55312	15.21725	-2.77965	0.17450	-2.77965	0.17450
2.90	0.05895	22.76060	20.04755	-17.729712	-439.99087	-0.04187	0.24604	-15.49145	-2.21653	0.12459	-2.21653	0.12459
2.92	0.01303	5.03088	4.55609	-17.729712	-419.65182	-0.03993	-0.05249	-14.36089	-1.97049	0.08272	-1.97049	0.08272
2.94	-0.03289	-12.69883	-9.80480	-17.733573	-459.32599	-0.04371	-0.32506	-12.89621	-2.02298	0.04278	-2.02298	0.04278

t_n	percepatan tanah1 (\ddot{y}_n)	Percepatan tanah (in/sec ²)	\dot{q}_n	$\Delta \ddot{y}_n$	$\Delta \dot{y}_n$	$\Delta \dot{y}_n$	$\Delta \dot{q}_n$	$\Delta \ddot{q}_n$	\dot{q}_n	qn1
2.96	-0.07882	-30.43240	-22.70101	16.702686	-518.48765	-0.04934	-0.23793	21.60875	-2.34803	-0.00093
2.98	-0.03556	-13.72972	-1.09226	16.706547	-524.89785	-0.04995	0.17693	19.87775	-2.58597	-0.05027
3.00	0.00771	2.97683	18.78549	16.702686	-448.23901	-0.04266	0.55256	17.68542	-2.40904	-0.10022
3.02	0.05097	19.67952	36.47091	-15.768324	-330.07708	-0.03141	0.57188	-15.75366	-1.85647	-0.14287
3.04	0.01013	3.91119	20.71726	-15.768324	-242.29273	-0.02306	0.26349	-15.08585	-1.28459	-0.17428
3.06	-0.03071	-11.85713	5.63141	-15.772185	-217.50629	-0.02070	-0.02762	-14.02435	-1.02110	-0.19734
3.08	-0.07156	-27.62932	-8.39294	-15.768324	-251.31156	-0.02392	-0.29408	-12.62215	-1.04872	-0.21804
3.10	-0.11240	-43.39764	-21.01509	-15.768324	-337.89956	-0.03216	-0.52990	-10.96014	-1.34280	-0.24196
3.12	-0.15324	-59.16596	-31.97524	15.48261	-439.10410	-0.04179	-0.43317	20.63313	-1.87270	-0.27411
3.14	-0.11314	-43.68335	-11.34211	15.48261	-488.19566	-0.04646	-0.03399	19.28534	-2.30588	-0.31590
3.16	-0.07304	-28.20074	7.94323	15.48261	-456.71487	-0.04346	0.33356	17.46998	-2.33986	-0.36235
3.18	-0.03294	-12.71813	25.41321	15.478749	-352.19889	-0.03352	0.66102	15.27602	-2.00630	-0.40582
3.20	0.00715	2.76062	40.68923	-27.277965	-226.51717	-0.02156	0.53498	-27.88040	-1.34528	-0.43933
3.22	-0.06350	-24.51735	12.80884	-27.277965	-170.68366	-0.01624	-0.00366	-25.98378	-0.81029	-0.46089
3.24	-0.13415	-51.79532	-13.17495	-27.277965	-223.41491	-0.02126	-0.49814	-23.46381	-0.81396	-0.47713
3.26	-0.20480	-79.07328	-36.63876	30.880278	-316.09318	-0.03008	-0.38380	34.89726	-1.31209	-0.49839
3.28	-0.12482	-48.19300	-1.74150	30.876417	-326.36181	-0.03106	0.28608	32.09147	-1.69590	-0.52847
3.30	-0.04485	-17.31659	30.34997	30.880278	-202.49918	-0.01927	0.89261	28.56104	-1.40981	-0.55953
3.32	0.03513	13.56369	58.91101	30.876417	40.81297	0.00388	1.42278	24.45631	-0.51720	-0.57880
3.34	0.11510	44.44011	83.36732	30.880278	386.51493	0.03678	1.86697	19.96194	0.90558	-0.57491
3.36	0.19508	75.32039	103.32925	-27.826227	757.17201	0.07205	1.66026	-40.63253	2.77255	-0.53813
3.38	0.12301	47.49416	62.69672	-27.826227	1022.22884	0.09728	0.86206	-39.18758	4.43281	-0.46608
3.40	0.05094	19.66793	23.50915	-27.826227	1123.67482	0.10693	0.10332	-36.68673	5.29487	-0.36880
3.42	-0.02113	-8.15829	-13.17758	-27.826227	1071.85251	0.10200	-0.59646	-33.29126	5.39818	-0.26187
3.44	-0.09320	-35.98452	-46.46884	25.702677	934.37943	0.08892	-0.71175	21.76277	4.80172	-0.15987
3.46	-0.02663	-10.29194	24.70507	25.706538	829.44153	0.07893	-0.28685	20.72665	4.08997	-0.07095
3.48	0.03935	15.42470	-3.97942	25.706538	811.05833	0.07718	0.11192	19.15062	3.90311	0.00798
3.50	0.10653	41.13123	15.17120	25.706538	872.70506	0.08305	0.47472	17.12973	3.91503	0.08516
3.52	0.17311	66.83777	32.30093	-23.274108	957.00834	0.09107	0.32752	-31.84977	4.38975	0.16821

t_n	percepatan tanahi (\ddot{y}_n)	Percepatan tanah (in/sec ²)	\ddot{q}_n	$\Delta \ddot{y}_n$	$\Delta \dot{y}_n$	\dot{y}_n	$\Delta \dot{q}_n$	$\Delta \ddot{q}_n$	\dot{q}_n	qn1
3.54	0.11283	43.56366	0.45116	-23.274108	961.62800	0.09151	-0.28356	-29.25825	4.71727	0.25928
3.56	0.05255	20.28956	-28.80710	-23.270247	843.96627	0.08031	-0.83613	-25.99843	4.43371	0.35079
3.58	-0.00772	-2.98069	-54.80553	7.088796	647.91668	0.06166	-1.02951	6.66012	3.59759	0.43110
3.60	0.01064	4.10810	-48.14542	7.088796	446.48638	0.04249	-0.88733	7.55784	2.56808	0.49276
3.62	0.02900	11.19690	-40.58757	7.092657	276.51335	0.02631	-0.73016	8.15938	1.68075	0.53524
3.64	0.04737	18.28956	-32.42819	7.088796	140.52103	0.01337	-0.56396	8.45991	0.95059	0.56156
3.66	0.06573	25.37835	-23.96828	-17.575272	15.13656	0.00144	-0.62921	-14.98461	0.38663	0.57493
3.68	0.02021	7.80308	-38.95289	-17.571411	-146.07922	-0.01390	-0.90494	-12.58827	-0.24259	0.57637
3.70	-0.02530	-9.76833	-51.54116	-17.571411	-360.02184	-0.03426	-1.13097	-10.01446	-1.14753	0.56247
3.72	-0.07081	-27.33974	-61.55562	11.482614	-586.91096	-0.05585	-1.02814	20.29711	-2.27849	0.52821
3.74	-0.04107	-15.85713	-41.25851	11.482614	-760.78190	-0.07240	-0.62644	19.87311	-3.30663	0.47236
3.76	-0.01133	-4.37451	-21.38540	5.486481	-857.70389	-0.08162	-0.29588	13.18238	-3.93307	0.39996
3.78	0.00288	1.11197	-8.20302	5.486481	-893.05911	-0.08498	-0.04056	12.34994	-4.22896	0.31834
3.80	0.01709	6.59845	4.14692	5.490342	-876.81620	-0.08344	0.19513	11.21926	4.26952	0.23335
3.82	0.03131	12.08879	15.36618	-20.884149	-840.04883	-0.07994	0.15475	-15.25710	4.07439	0.14992
3.84	-0.02278	-8.79536	0.10907	-20.880288	-838.27858	-0.07977	-0.13791	-14.00880	-3.91964	0.06998
3.86	-0.07686	-29.67565	-13.89972	-20.884149	-895.06664	-0.08518	-0.40250	-12.45023	-4.05754	-0.00980
3.88	-0.13095	-50.55980	-26.34995	-20.884149	-1003.92592	-0.09554	-0.63342	-10.64245	-4.46004	-0.09497
3.90	-0.18504	-71.44394	-36.99240	16.050177	-1120.40548	-0.10662	-0.47501	26.48355	-5.09346	-0.19051
3.92	-0.14347	-55.39377	-10.50885	16.050177	-1166.52361	-0.11101	0.03615	24.63228	-5.56848	-0.29713
3.94	-0.10190	-39.34359	14.12343	16.046316	-1109.72306	-0.10560	0.50438	22.19076	-5.53233	-0.40813
3.96	-0.06034	-23.29727	36.31419	16.050177	-960.12732	-0.09137	0.91920	19.29143	-5.02795	-0.51374
3.98	-0.01877	-7.24710	55.60562	16.050177	-729.80434	-0.06945	1.27259	16.04758	-4.10876	-0.60510
4.00	0.02280	8.80308	71.65320	-12.648636	-460.95248	-0.04386	1.28584	-14.72195	-2.83617	-0.67455
4.02	-0.00996	-3.84556	56.93125	-12.648636	-222.17565	-0.02114	0.98639	-15.22352	-1.55032	-0.71842
4.04	-0.04272	-16.49419	41.70773	8.204625	-26.01344	-0.00248	0.88032	4.61630	-0.56393	-0.73956
4.06	-0.02147	-6.20357	46.32404	6.205466	166.65250	0.01566	0.95503	2.85451	0.21600	-0.74204
4.08	-0.00021	-0.08108	49.17855	8.204625	371.77166	0.03538	0.99501	1.14394	1.27141	-0.72616
4.10	0.02104	8.12354	50.32249	-13.756743	559.65235	0.05326	0.79289	-21.35607	2.26642	-0.69078
4.12	-0.01459	-5.63320	28.96642	-13.756743	682.33291	0.06493	0.37456	-20.47718	3.05931	-0.63752

t_n	percepatan tanah1 (\ddot{y}_n)	Percepatan tanah (in/sec ²)	\ddot{q}_n	$\Delta \dot{y}_n$	$\Delta \dot{y}_n$	$\Delta \dot{y}_n$	Δq_n	$\Delta \dot{q}_n$	$\Delta \ddot{q}_n$	\dot{q}_n	\dot{q}_n	q_{n1}
4.14	-0.05022	-19.38994	8.48924	-13.756743	-13.756743	719.50918	0.06847	-0.02078	-19.05667	3.43387	3.43387	-0.57259
4.16	-0.08585	-33.14669	-10.56743	-13.756743	-13.756743	677.06085	0.06443	-0.38316	-17.18139	3.41308	3.41308	-0.50412
4.18	-0.12148	-46.90343	-27.74882	-13.756743	-13.756743	562.77228	0.05355	-0.70442	-14.94473	3.02992	3.02992	-0.43969
4.20	-0.15711	-60.66017	-42.69356	-13.756743	-13.756743	385.94353	0.03673	-0.97830	-12.44326	2.32550	2.32550	-0.38614
4.22	-0.19274	-74.41691	-55.13682	-13.756743	-13.756743	156.98775	0.01494	-1.20047	-9.77358	1.34719	1.34719	-0.34941
4.24	-0.22837	-88.17366	-64.91039	18.115812	18.115812	-81.09933	-0.00772	-1.06520	23.30095	0.14672	0.14672	-0.33447
4.26	-0.18145	-70.05785	-41.60944	18.115812	18.115812	-256.69248	-0.02443	-0.60577	22.64178	-0.91848	-0.91848	-0.34219
4.28	-0.13453	-51.94203	-18.96766	18.115812	18.115812	-337.76974	-0.03214	-0.16577	21.35816	-1.52425	-1.52425	-0.36662
4.30	-0.08761	-33.82622	2.39050	18.115812	18.115812	-329.63255	-0.03137	0.24321	19.53963	-1.69002	-1.69002	-0.39876
4.32	-0.04069	-15.71041	21.93013	18.115812	18.115812	-239.82167	-0.02282	0.61145	17.28442	-1.44681	-1.44681	-0.43013
4.34	0.00623	2.40540	39.21455	18.119673	18.119673	-77.70421	-0.00739	0.93129	14.69949	-0.83537	-0.83537	-0.45295
4.36	0.05316	20.52508	53.91404	18.115812	18.115812	145.95249	0.01389	1.19706	11.87823	0.09592	0.09592	-0.46034
4.38	0.10008	38.64089	65.79227	18.115812	18.115812	419.41032	0.03991	1.40520	8.93551	1.29298	1.29298	-0.44645
4.40	0.14700	56.75670	74.72778	-19.096506	-19.096506	693.18682	0.06596	1.20010	-29.44599	2.69818	2.69818	-0.40654
4.42	0.09754	37.66019	45.28179	-19.096506	-19.096506	884.62879	0.08418	0.62169	-28.39424	3.89828	3.89828	-0.34058
4.44	0.04808	18.56369	16.88755	-19.096506	-19.096506	957.52243	0.09112	0.07197	-26.57780	4.51997	4.51997	-0.25640
4.46	-0.00138	-0.53282	-9.69025	20.382219	20.382219	958.85875	0.09125	-0.05926	13.45487	4.59195	4.59195	-0.16528
4.48	0.05141	19.84940	3.76462	20.382219	20.382219	973.40791	0.09263	0.19771	12.24159	4.53269	4.53269	-0.07403
4.50	0.10420	40.23162	16.00621	20.382219	20.382219	1039.13204	0.09889	0.42773	10.76078	4.73040	4.73040	0.01860
4.52	0.15699	60.61384	26.76699	20.386608	20.386608	1149.88022	0.10942	0.62616	9.08236	5.15813	5.15813	0.11749
4.54	0.20979	80.99992	35.84935	20.382219	20.382219	1298.65563	0.12358	0.78960	7.26176	5.78429	5.78429	0.22691
4.56	0.26258	101.38214	43.11111	-35.760582	-35.760582	1421.74392	0.13530	0.38172	-48.05011	6.57390	6.57390	0.35049
4.58	0.16996	65.62156	-4.93900	-35.760582	-35.760582	1405.26881	0.13373	-0.53850	-43.97206	6.95562	6.95562	0.48579
4.60	0.07734	29.86097	-48.91106	-35.756721	-35.756721	1205.00002	0.11467	-1.36729	-38.90645	6.41712	6.41712	0.61952
4.62	-0.01527	-5.89575	-87.81751	-35.760582	-35.760582	841.97431	0.08012	-2.08732	-33.09685	5.04983	5.04983	0.73418
4.64	-0.10789	-41.65633	-120.91436	-35.760582	-35.760582	340.37638	0.03239	-2.68596	-26.76715	2.96251	2.96251	0.81431
4.66	-0.20051	-77.41691	-147.68150	51.204582	51.204582	-186.47028	-0.01774	-2.32759	62.60409	0.27656	0.27656	0.84670
4.68	0.36790	-26.21233	-85.91742	51.227748	51.227748	-546.76240	-0.05203	-1.10100	60.05464	-2.05103	-2.05103	0.82895
4.70	0.06479	25.01542	-25.02278	-18.563688	-18.563688	-726.10805	-0.06910	0.60568	-10.52213	-3.15204	-3.15204	0.77692
4.72	0.01671	6.45173	-35.54491	-18.563688	-18.563688	-873.49347	-0.08312	-0.79686	-8.59656	-3.75771	-3.75771	0.70783

t_n	percepatan tanah1 (\ddot{y}_n)	Percepatan tanah (in/sec ²)	\ddot{q}_n	$\Delta \ddot{y}_n$	$\Delta \dot{y}_n$	Δq_n	$\Delta \dot{q}_n$	$\Delta \ddot{q}_n$	\dot{q}_n	q_{n1}
4.74	-0.03137	-12.11196	-44.14147	-18.563688	-1056.90839	-0.10058	-0.94854	-6.57093	-4.55458	0.62470
4.76	-0.07945	-30.67565	-50.71240	-18.563688	-1267.91070	-0.12066	-1.05939	-4.51411	-5.50311	0.52413
4.78	-0.12753	-49.23933	-55.22652	-18.563688	-1497.92222	-0.14254	-1.12943	-2.49028	-6.56250	0.40347
4.80	-0.17561	-67.80302	-57.71680	-18.563688	-1738.49689	-0.16544	-1.15991	-0.55736	-7.69194	0.26093
4.82	-0.22369	-86.36671	-58.27416	-18.563688	-1981.56296	-0.18857	-1.15314	1.23415	-8.85185	0.09549
4.84	-0.27177	-104.93040	-57.04001	43.729686	-2157.34087	-0.20530	-0.51959	62.12143	-10.00499	-0.09308
4.86	-0.15851	-61.20071	5.08142	43.729686	-2141.48104	-0.20379	0.67051	56.88819	-10.52457	-0.29838
4.88	-0.04525	-17.47103	61.96961	43.733547	-1887.83570	-0.17965	1.74321	50.38226	-9.85406	-0.50216
4.90	0.06802	26.26252	112.35188	43.729686	-1423.44913	-0.13546	2.67595	42.89163	-8.11085	-0.68181
4.92	0.18128	69.99221	155.24351	-14.146704	-837.35168	-0.07968	2.90143	-20.34372	-5.43490	-0.81727
4.94	0.14464	55.84550	134.89979	-14.146704	-272.81471	-0.02596	2.47078	-22.72146	-2.53346	-0.89695
4.96	0.10800	41.69880	112.17833	-14.142843	197.13882	0.01876	2.00136	-24.22030	-0.06268	-0.92291
4.98	0.07137	27.55596	87.95802	-14.146704	566.16877	0.05388	1.51038	-24.87825	1.93868	-0.90415
5.00	0.03473	13.40925	63.07978	23.911173	869.52745	0.08275	1.37643	11.48308	3.44906	-0.85028

t_n	Percepatan tanah	Percepatan (in/sec ²)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan total lantai 1
3.78	0.00288	1.11197	0.31834	-0.01907	-0.01692	-0.0098	-0.00416	0.074896	-0.00458	-0.00466	-0.00087	-0.00066	0.064137	
3.80	0.01709	6.59845	0.23335	-0.08079	-0.01383	-0.0053	-0.00141	0.0549	-0.01939	-0.00381	-0.00047	-0.00022	0.031012	
3.82	0.03131	12.08879	0.14992	-0.09667	-0.00749	-0.00029	0.00078	0.035272	-0.0232	-0.00206	-2.6E-05	0.000123	0.010106	
3.84	-0.02278	-8.79536	0.06998	-0.06255	-0.00155	0.00246	0.00132	0.016464	-0.01501	-0.00043	0.000217	0.000209	0.001451	
3.86	-0.07686	-29.67565	-0.0098	-0.00372	-0.00127	-0.00017	-0.0014	-0.00231	-0.00089	-0.00035	-1.5E-05	-0.00022	-0.00378	
3.88	-0.13095	-50.55980	-0.09497	0.04191	-0.00951	-0.00858	-0.00693	-0.02234	0.010059	-0.00262	-0.00076	-0.0011	-0.01676	
3.90	-0.18504	-71.44394	-0.19051	0.0457	-0.02539	-0.02037	-0.01345	-0.04482	0.010968	-0.00699	-0.0018	-0.00213	-0.04477	
3.92	-0.14347	-55.39377	-0.29713	0.00488	-0.04393	-0.03101	-0.01831	-0.06991	0.001171	-0.01209	-0.00274	-0.0029	-0.08646	
3.94	-0.10190	-39.34359	-0.40813	-0.05484	-0.05699	-0.03497	-0.01864	-0.09602	-0.01316	-0.01569	-0.00309	-0.00295	-0.13091	
3.96	-0.06034	-23.29727	-0.51374	-0.09716	-0.0595	-0.03091	-0.01491	-0.12087	-0.02332	-0.01638	-0.00273	-0.00236	-0.16565	
3.98	-0.01877	-7.24710	-0.6051	-0.097	-0.05182	-0.02183	-0.00971	-0.14236	-0.02328	-0.01426	-0.00193	-0.00154	-0.18337	
4.00	0.02280	8.80308	-0.67455	-0.05211	-0.03684	-0.01106	-0.00446	-0.1587	-0.01251	-0.01014	-0.00098	-0.00071	-0.18303	
4.02	-0.00996	-3.84556	-0.71842	0.01505	-0.01987	-0.0023	-0.00079	-0.16902	0.003612	-0.00547	-0.0002	-0.00013	-0.17121	
4.04	-0.04272	-16.49419	-0.73956	0.0678	-0.00794	0.0006	-0.00068	-0.174	0.016273	-0.00219	5.3E-05	-0.00011	-0.15996	
4.06	-0.02147	-8.28957	-0.74204	0.07859	-0.00369	-0.00175	-0.00272	-0.17458	0.018862	-0.00102	-0.00015	-0.00043	-0.15732	
4.08	-0.00021	-0.08108	-0.72616	0.04611	-0.00353	-0.00438	-0.00343	-0.17084	0.011067	-0.00097	-0.00039	-0.00054	-0.16168	
4.10	0.02104	8.12354	-0.69078	-0.00768	-0.00319	-0.00405	-0.00194	-0.16252	-0.00184	-0.00088	-0.00036	-0.00031	-0.16591	
4.12	-0.01459	-5.63320	-0.63752	-0.05372	-0.00212	-0.00211	-0.00041	-0.14999	-0.01289	-0.00058	-0.00019	-6.5E-05	-0.16372	
4.14	-0.05022	-19.38994	-0.57259	-0.07257	-0.00321	-0.00232	-0.0013	-0.13471	-0.01742	-0.00088	-0.0002	-0.00021	-0.15342	
4.16	-0.08585	-33.14669	-0.50412	-0.06148	-0.00882	-0.00647	-0.00464	-0.1186	-0.01476	-0.00243	-0.00057	-0.00073	-0.13709	
4.18	-0.12148	-46.90343	-0.43969	-0.03274	-0.01886	-0.0135	-0.00895	-0.10345	-0.00786	-0.00519	-0.00119	-0.00142	-0.1191	
4.20	-0.15711	-60.66017	-0.38614	-0.00645	-0.03214	-0.02177	-0.01332	-0.09085	-0.00155	-0.00885	-0.00192	-0.00211	-0.10527	
4.22	-0.19274	-74.41691	-0.34941	-0.00008	-0.04719	-0.03009	-0.01754	-0.08221	-1.9E-05	-0.01299	-0.00266	-0.00278	-0.10065	
4.24	-0.22837	-88.17366	-0.33447	-0.01995	-0.06281	-0.03799	-0.02164	-0.07869	-0.00479	-0.01729	-0.00336	-0.00342	-0.10755	
4.26	-0.18145	-70.05785	-0.34219	-0.05629	-0.07612	-0.04363	-0.02427	-0.08051	-0.01351	-0.02095	-0.00385	-0.00384	-0.12266	
4.28	-0.13453	-51.94203	-0.36662	-0.08652	-0.08199	-0.04357	-0.02315	-0.08625	-0.02077	-0.02257	-0.00385	-0.00366	-0.1371	
4.30	-0.08761	-33.82622	-0.39876	-0.09003	-0.07772	-0.03715	-0.01866	-0.09382	-0.02161	-0.02139	-0.00328	-0.00295	-0.14305	

t_n	Percepatan tanah	Percepatan (m/sec^2)	qn_1	qn_2	qn_3	qn_4	qn_5	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan total lantai 1
4.32	-0.04069	-15.71041	-0.43013	-0.06093	-0.0647	-0.02688	-0.01291	-0.01462	-0.01781	-0.00237	-0.00204	-0.13805	
4.34	0.00623	2.40540	-0.45295	-0.00988	-0.04596	-0.01543	-0.00713	-0.00237	-0.01265	-0.00136	-0.00113	-0.12408	
4.36	0.05316	20.52508	-0.46034	0.04236	-0.02449	-0.00431	-0.00159	0.010167	-0.00674	-0.00038	-0.00025	-0.10551	
4.38	0.10008	38.64089	-0.44645	0.07595	-0.00252	0.00604	0.00381	0.018229	-0.00069	0.000534	0.000603	-0.08636	
4.40	0.14700	56.75670	-0.40654	0.08171	0.01876	0.01578	0.00917	0.019611	0.005164	0.001394	0.001451	-0.06803	
4.42	0.09754	37.66019	-0.34058	0.06175	0.0364	0.02308	0.01285	0.014821	0.010019	0.002039	0.002033	-0.05122	
4.44	0.04808	18.56369	-0.2564	0.02452	0.04489	0.02397	0.01217	0.005885	0.012356	0.002118	0.001926	-0.03804	
4.46	-0.00138	-0.53282	-0.16528	-0.01673	0.04144	0.01758	0.00753	-0.00402	0.011406	0.001553	0.001192	-0.02875	
4.48	0.05141	19.84940	-0.07403	-0.0444	0.03055	0.00906	0.00323	-0.01066	0.008409	0.0008	0.000511	-0.01835	
4.50	0.10420	40.23162	0.0186	-0.04226	0.02177	0.00589	0.00351	-0.01014	0.005992	0.00052	0.000555	0.001301	
4.52	0.15699	60.61384	0.11749	-0.00666	0.02191	0.0109	0.00827	-0.0016	0.006031	0.000963	0.001309	0.034346	
4.54	0.20979	80.99992	0.22691	0.04922	0.03191	0.02159	0.01475	0.011813	0.008783	0.001908	0.002334	0.078223	
4.56	0.26258	101.38214	0.35049	0.10312	0.04962	0.03451	0.02134	0.02475	0.013658	0.003049	0.003377	0.127293	
4.58	0.16996	65.62156	0.48579	0.13064	0.04962	0.03451	0.02508	0.114292	0.018739	0.003898	0.003969	0.172252	
4.60	0.07734	29.86097	0.61952	0.11277	0.0761	0.04412	0.02202	0.145754	0.020947	0.003817	0.003484	0.201068	
4.62	-0.01527	-5.89575	0.73418	0.04962	0.06715	0.03034	0.01293	0.17273	0.018483	0.002681	0.002046	0.207849	
4.64	-0.10789	-41.65633	0.81431	-0.03632	0.04256	0.01022	0.00165	-0.00872	0.011715	0.000903	0.000261	0.195744	
4.66	-0.20051	-77.41691	0.8467	-0.1129	0.00717	-0.0122	-0.00969	0.191582	0.001974	-0.00108	-0.00153	0.171468	
4.68	-0.06789	-26.21233	0.82895	-0.14762	-0.02787	-0.02896	-0.01667	-0.0271	-0.00767	-0.00256	-0.00264	0.146729	
4.70	0.06479	25.01542	0.77692	-0.11642	-0.04538	-0.02936	-0.01316	-0.02794	-0.01249	-0.00259	-0.00208	0.137677	
4.72	0.01671	6.45173	0.70783	-0.02815	-0.04045	-0.01548	-0.00348	-0.00676	-0.01113	-0.00137	-0.00055	0.146722	
4.74	-0.03137	-12.11196	0.6247	0.06903	-0.02614	-0.00247	0.00139	0.016568	-0.0072	-0.00022	0.00022	0.156347	
4.76	-0.07945	-30.67565	0.52413	0.12015	-0.01608	0.0002	-0.00107	0.123312	-0.00443	1.77E-05	-0.00017	0.147571	
4.78	-0.12753	-49.23933	0.40347	0.097	-0.01584	-0.00657	-0.00692	0.023281	-0.00436	-0.00058	-0.00109	0.11217	
4.80	-0.17551	-67.55502	0.26093	0.01017	-0.02551	-0.01831	-0.01320	0.002441	-0.00702	-0.00162	-0.0021	0.053089	
4.82	-0.22369	-86.36671	0.09549	-0.09903	-0.0425	-0.03113	-0.01922	0.022466	-0.0117	-0.00275	-0.00304	-0.01879	
4.84	-0.27177	-104.93040	-0.09308	-0.18119	-0.06357	-0.04308	-0.02482	-0.04349	-0.0175	-0.00381	-0.00393	-0.09062	

LAMPIRAN 5

Contoh Perhitungan Nilai Simpangan

t_s	Percepatan tanah	Percepatan (in/sec ²)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan total lantai 1
1.06	-0.04311	-16.64477	-0.39506	-0.00067	-0.02384	-0.01051	-0.00563	-0.09295	-0.00016	-0.00656	-0.00093	-0.00089	-0.10149
1.08	-0.02428	-9.37451	-0.40392	0.00707	-0.02047	-0.00911	-0.00515	-0.09503	0.001597	-0.00563	-0.0008	-0.00081	-0.10059
1.10	-0.00545	-2.10425	-0.40445	0.00678	-0.01655	-0.00734	-0.00405	-0.09515	0.001627	-0.00456	-0.00065	-0.00064	-0.09937
1.12	0.01338	5.16602	-0.39455	0.00164	-0.01144	-0.00451	-0.00217	-0.09283	0.000394	-0.00315	-0.0004	-0.00034	-0.09632
1.14	0.03221	12.43628	-0.37259	-0.00303	-0.00514	-0.00082	0.00004	-0.08766	-0.00073	-0.00141	-7.2E-05	6.33E-06	-0.08987
1.16	0.05104	19.70654	-0.33746	-0.0025	0.00204	0.00328	0.00229	-0.07939	-0.0006	0.000562	0.00029	0.000362	-0.07878
1.18	0.06987	26.97681	-0.28852	0.00504	0.00971	0.00743	0.00449	-0.06788	0.00121	0.002673	0.000656	0.00071	-0.06263
1.20	0.08870	34.24707	-0.22559	0.01778	0.01753	0.01148	0.00666	-0.05307	0.004267	0.004825	0.001014	0.001054	-0.04191
1.22	0.04524	17.46716	-0.15123	0.02948	0.02369	0.01401	0.00772	-0.03558	0.007075	0.006521	0.001238	0.001222	-0.01952
1.24	0.00179	0.69112	-0.07270	0.0308	0.02446	0.01235	0.00596	-0.0171	0.007392	0.006733	0.001091	0.000943	-0.00094
1.26	-0.04167	-16.08879	0.00093	0.0162	0.01783	0.00591	0.00165	0.000219	0.003888	0.004908	0.000522	0.000261	0.009798
1.28	-0.08513	-32.86869	0.06145	-0.01159	0.00479	-0.00345	-0.00361	0.014457	-0.00278	0.001318	-0.0003	-0.00057	0.012118
1.30	-0.12858	-49.64474	0.10175	-0.0435	-0.01246	-0.01373	-0.00889	0.023939	-0.01044	-0.00343	-0.00121	-0.00141	0.007449
1.32	-0.17204	-66.42464	0.11587	-0.06909	-0.03173	-0.02377	-0.014	0.027261	-0.01658	-0.00873	-0.0021	-0.00222	-0.00237
1.34	-0.12908	-49.83779	0.10234	-0.07898	-0.04912	-0.0313	-0.01749	0.024077	-0.01896	-0.01352	-0.00277	-0.00277	-0.01393
1.36	-0.08613	-33.25479	0.06695	-0.06665	-0.05871	-0.03265	-0.01702	0.015751	-0.016	-0.01616	-0.00288	-0.00269	-0.02198
1.38	-0.08902	-34.37062	0.01718	-0.03572	-0.05862	-0.02822	-0.01381	0.004042	-0.00857	-0.01614	-0.00249	-0.00219	-0.02535
1.40	-0.09192	-35.49031	-0.04304	-0.00171	-0.0529	-0.02275	-0.01139	-0.01013	-0.00041	-0.01456	-0.00201	-0.0018	-0.02891
1.42	-0.09482	-36.61000	-0.11148	0.01794	-0.04625	-0.01954	-0.01081	-0.02623	0.004306	-0.01273	-0.00173	-0.00171	-0.03809
1.44	-0.09324	-35.99996	-0.18568	0.01432	-0.04112	-0.01875	-0.01109	-0.04368	0.003437	-0.01132	-0.00166	-0.00175	-0.05498
1.46	-0.09166	-35.38993	-0.26288	-0.00904	-0.03804	-0.01919	-0.01135	-0.06185	-0.00217	-0.01047	-0.0017	-0.0018	-0.07798
1.48	-0.09478	-36.59456	-0.34046	-0.0391	-0.03676	-0.01987	-0.01141	-0.0801	-0.00938	-0.01012	-0.00176	-0.00181	-0.10316
1.50	-0.09789	-37.79533	-0.41635	-0.06077	-0.0369	-0.02053	-0.01154	-0.09795	-0.01459	-0.01016	-0.00181	-0.00183	-0.12634
1.52	-0.12902	-49.81462	-0.48990	-0.06523	-0.03876	-0.02179	-0.0123	-0.11526	-0.01566	-0.01067	-0.00193	-0.00195	-0.14545
1.54	-0.07652	-29.54437	-0.55957	-0.05194	-0.04131	-0.02302	-0.01296	-0.13165	-0.01247	-0.01137	-0.00203	-0.00205	-0.15957
1.56	-0.02401	-9.27026	-0.61894	-0.02466	-0.0402	-0.02087	-0.01099	-0.14562	-0.00592	-0.01107	-0.00184	-0.00174	-0.16618
1.58	0.02849	10.99999	-0.65938	0.00892	-0.03209	-0.01364	-0.006	-0.15513	0.002141	-0.00883	-0.00121	-0.00095	-0.16398

t_b	Percepatan tanah	Percepatan (in/sec ²)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan total lantai 1
1.60	0.08099	31.27024	-0.67348	0.03854	-0.01722	-0.00292	0.00024	-0.15845	0.00925	-0.00474	-0.00026	3.8E-05	-0.15416	
1.62	0.13350	51.54435	-0.65528	0.05664	0.0025	0.00917	0.00662	-0.15417	0.013594	0.000688	0.00081	0.001048	-0.13803	
1.64	0.18600	71.81460	-0.60025	0.06192	0.02483	0.0212	0.0128	-0.14122	0.014861	0.006835	0.001873	0.002025	-0.11563	
1.66	0.23850	92.06485	-0.50532	0.0595	0.04798	0.03288	0.01885	-0.11889	0.01428	0.013207	0.002887	0.002983	-0.08553	
1.68	0.21993	84.91497	-0.37150	0.05564	0.06898	0.04204	0.02361	-0.0874	0.013354	0.018987	0.003714	0.003736	-0.04761	
1.70	0.20135	77.74124	-0.20609	0.05225	0.08323	0.04643	0.02515	-0.04849	0.01254	0.022909	0.004102	0.00398	-0.00496	
1.72	0.18277	70.56750	-0.01938	0.04856	0.08843	0.04532	0.02378	-0.00456	0.011655	0.024341	0.004004	0.003763	0.039203	
1.74	0.16420	63.39762	0.17858	0.04401	0.08584	0.04094	0.02134	0.042014	0.010563	0.023628	0.003617	0.003377	0.083199	
1.76	0.14562	56.22388	0.37820	0.03851	0.07819	0.03554	0.01886	0.088979	0.009243	0.021522	0.00314	0.002984	0.125868	
1.78	0.16143	62.32812	0.57190	0.03354	0.06904	0.03123	0.01719	0.134551	0.00805	0.019003	0.002759	0.00272	0.167083	
1.80	0.17725	68.43623	0.75543	0.03247	0.06237	0.02986	0.01721	0.17773	0.007793	0.017167	0.002638	0.002723	0.208052	
1.82	0.13215	51.02312	0.92420	0.03561	0.05875	0.03027	0.01761	0.217436	0.008547	0.016171	0.002674	0.002787	0.247615	
1.84	0.08705	33.61001	1.06996	0.03725	0.05447	0.0285	0.01576	0.251729	0.00894	0.014993	0.002518	0.002494	0.280674	
1.86	0.04196	16.20076	1.18362	0.03081	0.04628	0.02261	0.01142	0.27847	0.007395	0.012739	0.001998	0.001807	0.302408	
1.88	-0.00314	-1.21235	1.25776	0.01422	0.03363	0.01368	0.00605	0.295913	0.003413	0.009257	0.001209	0.000957	0.310748	
1.90	-0.04824	-18.62546	1.28677	-0.00943	0.01746	0.00343	0.00058	0.302738	-0.00226	0.004806	0.000303	9.18E-05	0.305675	
1.92	-0.09334	-36.03857	1.26683	-0.03378	-0.00085	-0.00688	-0.00472	0.298047	-0.00811	-0.00023	-0.00061	-0.00075	0.28835	
1.94	-0.13843	-53.44782	1.19593	-0.05259	-0.02004	-0.01677	-0.00991	0.281366	-0.01262	-0.00552	-0.00148	-0.00157	0.260178	
1.96	-0.18353	-70.86093	1.07372	-0.0628	-0.03927	-0.02622	-0.01507	0.252614	-0.01507	-0.01081	-0.00232	-0.00238	0.222031	
1.98	-0.22863	-88.27404	0.90145	-0.06584	-0.05809	-0.03542	-0.02023	0.212084	-0.0158	-0.01599	-0.00313	-0.0032	0.173962	
2.00	-0.27372	-105.68329	0.68172	-0.06656	-0.07642	-0.04455	-0.0254	0.160388	-0.01597	-0.02103	-0.00394	-0.00402	0.115423	
2.02	-0.31882	-123.09640	0.41839	-0.07064	-0.09433	-0.05372	-0.03057	0.098434	-0.01695	-0.02596	-0.00475	-0.00484	0.045932	
2.04	-0.25024	-96.61766	0.12046	-0.07797	-0.10901	-0.06039	-0.03376	0.028341	-0.01871	-0.03001	-0.00534	-0.00534	-0.03106	
2.06	-0.18166	-70.13893	-0.19441	-0.07949	-0.11396	-0.05958	-0.03178	-0.04574	-0.01908	-0.03137	-0.00526	-0.00503	-0.10648	
2.08	-0.11309	-43.66405	-0.50534	-0.06596	-0.10564	-0.0501	-0.02514	-0.11889	-0.01583	-0.02908	-0.00443	-0.00398	-0.1722	
2.10	-0.04451	-17.18531	-0.79323	-0.03626	-0.08585	-0.03529	-0.01678	-0.18662	-0.0087	-0.02363	-0.00312	-0.00266	-0.22473	
2.12	0.02407	9.29343	-1.04128	0.00284	-0.05853	-0.01877	-0.00836	-0.24498	0.00634	-0.01611	-0.00166	-0.00132	-0.26344	
2.14	0.09265	35.77217	-1.23524	0.03973	-0.02764	-0.00264	-0.00027	-0.29061	0.009536	-0.00761	-0.00023	-4.3E-05	-0.28896	

t_s	Percepatan tanah	Percepatan (in/sec ²)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	η_{n4}	q_{n5}	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan total lantai 1
2.16	0.16123	62.25090	-1.36363	0.06569	0.00394	0.01243	0.00762	-0.32082	0.015766	0.001084	0.001098	0.001206	-0.30167	
2.18	0.22981	88.72964	-1.41789	0.07738	0.03461	0.02668	0.01545	-0.33359	0.018572	0.009526	0.002357	0.002445	-0.30069	
2.20	0.29839	115.20838	-1.39239	0.07894	0.06382	0.04054	0.02329	-0.32759	0.018946	0.017567	0.003582	0.003685	-0.28381	
2.22	0.23197	89.56362	-1.28929	0.07486	0.08817	0.05132	0.02879	-0.30333	0.017967	0.024269	0.004534	0.004556	-0.252	
2.24	0.16554	63.91499	-1.12283	0.06331	0.1002	0.05327	0.02817	-0.26417	0.015195	0.02758	0.004707	0.004458	-0.21223	
2.26	0.09912	38.27023	-0.91293	0.04194	0.09602	0.04503	0.02201	-0.21478	0.010066	0.02643	0.003979	0.003483	-0.17083	
2.28	0.03270	12.62547	-0.67922	0.01341	0.07804	0.03053	0.0138	-0.1598	0.003219	0.021481	0.002697	0.002184	-0.13022	
2.30	-0.03372	-13.01929	-0.44038	-0.01628	0.05114	0.014	0.00553	-0.10361	-0.00391	0.014076	0.001237	0.000875	-0.09133	
2.32	-0.10014	-38.66405	-0.21378	-0.04096	0.0201	-0.00203	-0.00236	-0.0503	-0.00983	0.005533	-0.00018	-0.00037	-0.05515	
2.34	-0.16656	-64.30882	-0.01494	-0.0574	-0.01165	-0.01683	-0.01001	-0.00351	-0.01378	-0.00321	-0.00149	-0.00158	-0.02357	
2.36	-0.23299	-89.95744	0.14268	-0.06669	-0.04222	-0.03066	-0.01758	0.033568	-0.01601	-0.01162	-0.00271	-0.00278	0.00045	
2.38	-0.29941	-115.60220	0.24796	-0.07336	-0.071	-0.04404	-0.02517	0.058337	-0.01761	-0.01954	-0.00389	-0.00398	0.013314	
2.40	-0.00421	-1.62548	0.30556	-0.07119	-0.08871	-0.04924	-0.02647	0.071889	-0.01709	-0.02442	-0.00435	-0.00419	0.021846	
2.42	0.29099	112.35124	0.34775	-0.03532	-0.0748	-0.03063	-0.01135	0.081815	-0.00848	-0.02059	-0.00271	-0.0018	0.048247	
2.44	0.22380	86.40918	0.40459	0.04062	-0.02766	0.00731	0.01227	0.095188	0.009749	-0.00761	0.000646	0.001942	0.099911	
2.46	0.15662	60.47098	0.47663	0.1192	0.02564	0.03816	0.02493	0.112137	0.028609	0.007057	0.003372	0.003945	0.155119	
2.48	0.08943	34.52892	0.55059	0.15264	0.06068	0.04677	0.02289	0.129537	0.036635	0.016702	0.004132	0.003622	0.190629	
2.50	0.02224	8.58686	0.61422	0.11893	0.07036	0.03707	0.01433	0.144507	0.028544	0.019367	0.003275	0.002268	0.197961	
2.52	-0.04495	-17.35520	0.56659	0.03088	0.05798	0.01859	0.00493	0.154476	0.007411	0.015959	0.001642	0.00078	0.180269	
2.54	0.01834	7.08107	0.67308	-0.06851	0.03447	0.00172	-0.00134	0.158355	-0.01644	0.009488	0.000152	-0.00021	0.15134	
2.56	0.08163	31.51734	0.66982	-0.12526	0.01499	-0.0044	-0.00099	0.157588	-0.03006	0.004126	-0.00039	-0.00016	0.131105	
2.58	0.14491	55.94975	0.65784	-0.10616	0.00933	0.00196	0.00495	0.15477	-0.02548	0.002568	0.000173	0.000783	0.132815	
2.60	0.20820	80.38602	0.64750	-0.01793	0.01858	0.01598	0.01286	0.152337	-0.0043	0.005114	0.001412	0.002035	0.156595	
2.62	0.18973	73.25475	0.64527	0.09635	0.03717	0.03066	0.01935	0.151812	0.023125	0.010231	0.002709	0.003062	0.190939	
2.64	0.17125	66.11963	0.65085	0.1785	0.05557	0.03934	0.02174	0.153125	0.042841	0.015296	0.003476	0.00344	0.218178	
2.66	0.13759	53.12350	0.66016	0.18732	0.06664	0.03993	0.02025	0.155316	0.044958	0.018343	0.003528	0.003204	0.225349	
2.68	0.10393	40.12737	0.66822	0.11986	0.06802	0.03449	0.01678	0.157212	0.028767	0.018723	0.003047	0.002655	0.210404	

t_n	Percepatan tanah	Percepatan (in/sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan total lantai 1
2.70	0.07027	27.13125	0.66995	0.01063	0.06076	0.0261	0.01265	0.157619	0.002551	0.016724	0.002306	0.002002	0.181202
2.72	0.03661	14.13512	0.66087	-0.08766	0.04766	0.01723	0.00855	0.155483	-0.02104	0.013119	0.001522	0.001353	0.150437
2.74	0.00295	1.13900	0.63719	-0.13156	0.03169	0.00902	0.00461	0.149911	-0.03158	0.008723	0.000797	0.000729	0.128585
2.76	-0.03071	-11.85713	0.59586	-0.10762	0.01504	0.00164	0.00074	0.140188	-0.02583	0.00414	0.000145	0.000117	0.111876
2.78	-0.00561	-2.16602	0.53678	-0.03507	0.00051	-0.00039	-0.00208	0.126288	-0.00842	0.00014	-0.00034	-0.00033	0.117338
2.80	0.01948	7.52123	0.46470	0.04805	-0.00799	-0.00539	-0.00223	0.10933	0.011532	-0.0022	-0.00048	-0.00035	0.117834
2.82	0.04458	17.21234	0.38653	0.10311	-0.00865	-0.00241	0.00002	0.090939	0.024747	-0.00238	-0.00021	3.16E-06	0.113095
2.84	0.06468	24.97295	0.30861	0.10798	-0.00278	0.00311	0.00306	0.072607	0.025916	-0.00077	0.000275	0.000484	0.098516
2.86	0.08478	32.73356	0.23640	0.06665	0.00696	0.0091	0.00591	0.055618	0.015997	0.001916	0.000804	0.000935	0.075269
2.88	0.10487	40.49031	0.17455	0.00551	0.0181	0.01446	0.00839	0.041066	0.001322	0.004982	0.001278	0.001328	0.049976
2.90	0.05895	22.76060	0.12459	-0.04329	0.02732	0.01756	0.00953	0.029312	-0.01039	0.00752	0.001551	0.001508	0.029502
2.92	0.01303	5.03088	0.08272	-0.06031	0.03007	0.0158	0.00764	0.019462	-0.01447	0.008277	0.001396	0.001209	0.015868
2.94	-0.03289	-12.69883	0.04278	-0.04539	0.02408	0.00882	0.00306	0.010065	-0.01089	0.006628	0.000779	0.000484	0.007062
2.96	-0.07882	-30.43240	-0.00093	-0.01418	0.01061	-0.00123	-0.0025	-0.00022	-0.0034	0.00292	-0.00011	-0.0004	-0.00121
2.98	-0.03556	-13.72972	-0.05027	0.01365	-0.00541	-0.01017	-0.00653	-0.01183	0.003276	-0.00149	-0.0009	-0.00103	-0.01197
3.00	0.00771	2.97683	-0.10022	0.02728	-0.01621	-0.01291	-0.00632	-0.02358	0.006547	-0.00446	-0.00114	-0.001	-0.02363
3.02	0.05097	19.67952	-0.14287	0.02661	-0.01703	-0.00818	-0.00233	-0.03361	0.006387	-0.00469	-0.00072	-0.00037	-0.03301
3.04	0.01013	3.91119	-0.17428	0.0159	-0.0104	-0.00067	0.00157	-0.041	0.003816	-0.00286	-5.9E-05	0.000248	-0.03986
3.06	-0.03071	-11.85713	-0.19734	-0.00142	-0.00397	0.00284	0.0017	-0.04643	-0.00034	-0.00109	0.000251	0.000269	-0.04734
3.08	-0.07156	-27.62932	-0.21804	-0.02158	-0.00364	-0.00039	-0.00189	-0.0513	-0.00518	-0.001	-3.4E-05	-0.0003	-0.05781
3.10	-0.11240	-43.39764	-0.24196	-0.03971	-0.01066	-0.00845	-0.00693	-0.05693	-0.00953	-0.00293	-0.00075	-0.0011	-0.07123
3.12	-0.15324	-59.16596	-0.27411	-0.05229	-0.02369	-0.0185	-0.01205	-0.06449	-0.01255	-0.00652	-0.00163	-0.00191	-0.0871
3.14	-0.11314	-43.68335	-0.31590	-0.05617	-0.03835	-0.02677	-0.01551	-0.07432	-0.01348	-0.01056	-0.00237	-0.00245	-0.10318
3.16	-0.07304	-28.20074	-0.36235	-0.04747	-0.04781	-0.02895	-0.01513	-0.08525	-0.01139	-0.01316	-0.00256	-0.00239	-0.11475
3.18	-0.03294	-12.71813	-0.40582	-0.02621	-0.04799	-0.02425	-0.01138	-0.09548	-0.00629	-0.01321	-0.00214	-0.0018	-0.11892
3.20	0.00715	2.76062	-0.43933	0.00139	-0.03937	-0.01538	-0.00641	-0.10336	0.000334	-0.01084	-0.00136	-0.00101	-0.11624
3.22	-0.06350	-24.51735	-0.46089	0.02283	-0.02744	-0.00767	-0.00334	-0.10843	0.005479	-0.00755	-0.00068	-0.00053	-0.11171

t_s	Percepatan tanah	Percepatan (in/sec ²)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	Simpangan mode ke-1 model 1	Simpangan mode ke-1 model 1	Simpangan mode ke-1 model 1	Simpangan mode ke-1 model 1	Simpangan mode ke-1 model 1	Simpangan mode ke-1 model 1	Simpangan total lantai 1
3.24	-0.13415	-51.79532	-0.47713	0.02236	-0.02157	-0.00764	-0.00554	0.005367	-0.00594	-0.00068	-0.00088	-0.00088	-0.11438	
3.26	-0.20480	-79.07328	-0.49839	-0.00735	-0.02764	-0.01691	-0.01244	-0.00176	-0.00761	-0.00149	-0.00197	-0.00197	-0.13009	
3.28	-0.12482	-48.19300	-0.52847	-0.05379	-0.04141	-0.02864	-0.01842	-0.01291	-0.0114	-0.00253	-0.00291	-0.00291	-0.15409	
3.30	-0.04485	-17.31659	-0.55953	-0.08728	-0.05084	-0.03238	-0.01761	-0.02095	-0.01399	-0.00286	-0.00279	-0.00279	-0.17223	
3.32	0.03513	13.56369	-0.57880	-0.0818	-0.04724	-0.02424	-0.01029	-0.01963	-0.013	-0.00214	-0.00163	-0.00163	-0.17258	
3.34	0.11510	44.44011	-0.57491	-0.0325	-0.02984	-0.00794	-0.00048	-0.0078	-0.00821	-0.0007	-7.6E-05	-7.6E-05	-0.15205	
3.36	0.19508	75.32039	-0.53813	0.04343	-0.00193	0.01154	0.00946	0.010424	-0.00053	0.00102	0.001497	0.001497	-0.1142	
3.38	0.12301	47.49416	-0.46608	0.11196	0.02807	0.02748	0.01631	0.026871	0.007726	0.002428	0.002581	0.002581	-0.07005	
3.40	0.05094	19.66793	-0.36880	0.13529	0.04751	0.03204	0.01596	0.032471	0.013077	0.002831	0.002525	0.002525	-0.03586	
3.42	-0.02113	-8.15829	-0.26187	0.09579	0.04903	0.02378	0.00928	0.02299	0.013496	0.002101	0.001468	0.001468	-0.02155	
3.44	-0.09320	-35.98452	-0.15987	0.00819	0.0338	0.00776	0.00032	0.001966	0.009304	0.000686	5.06E-05	5.06E-05	-0.02561	
3.46	-0.02663	-10.28184	-0.07095	-0.08555	0.01051	-0.00758	-0.00628	-0.02053	0.002893	-0.00067	-0.00099	-0.00099	-0.036	
3.48	0.03995	15.42470	0.00798	-0.13447	-0.00717	-0.01309	-0.00613	-0.03227	-0.03197	-0.00116	-0.00097	-0.00097	-0.0345	
3.50	0.10653	41.13123	0.08516	-0.10895	-0.0104	-0.00645	-0.00002	-0.02615	-0.00286	-0.00057	-3.2E-06	-3.2E-06	-0.00955	
3.52	0.17311	66.83777	0.16821	-0.01837	0.0013	0.00792	0.00827	-0.00441	0.000358	0.0007	0.001309	0.001309	0.037532	
3.54	0.11283	43.56366	0.25928	0.09229	0.02084	0.02208	0.0144	0.02215	0.005736	0.001951	0.002279	0.002279	0.093117	
3.56	0.05255	20.28956	0.35079	0.16312	0.03602	0.02741	0.01435	0.03915	0.009915	0.002422	0.002271	0.002271	0.136287	
3.58	-0.00772	-2.98069	0.43110	0.15413	0.03869	0.02162	0.00883	0.036992	0.01065	0.00191	0.001397	0.001397	0.152374	
3.60	0.01064	4.10810	0.49276	0.07026	0.03025	0.01045	0.00269	0.016863	0.006326	0.000923	0.000426	0.000426	0.14247	
3.62	0.02900	11.19690	0.53524	-0.04175	0.01849	0.00201	0.00007	-0.01002	0.005089	0.000178	1.11E-05	1.11E-05	0.121183	
3.64	0.04737	18.28956	0.56156	-0.12207	0.01016	-0.00006	0.00107	-0.0293	0.002797	-5.3E-06	0.000169	0.000169	0.105781	
3.66	0.06573	25.37835	0.57493	-0.13087	0.00766	0.00287	0.00349	-0.03141	0.002108	0.000254	0.000552	0.000552	0.106768	
3.68	0.02021	7.80308	0.57637	-0.06864	0.00895	0.00664	0.00491	-0.01647	0.002464	0.000587	0.000777	0.000777	0.122955	
3.70	-0.02530	-9.76833	0.56247	0.02486	0.00864	0.00642	0.00319	0.005967	0.002378	0.000567	0.000505	0.000505	0.141749	
3.72	-0.07081	-27.33974	0.52821	0.09521	0.00287	0.0007	-0.00132	0.022851	0.00079	6.18E-05	-0.00021	-0.00021	0.147766	
3.74	-0.04107	-15.85713	0.47236	0.1058	-0.00683	-0.00704	-0.00553	0.025393	-0.00188	-0.00062	-0.00088	-0.00088	0.133148	
3.76	-0.01133	-4.37451	0.39996	0.05714	-0.01473	-0.01117	-0.00635	0.013714	-0.00405	-0.00099	-0.001	-0.001	0.101766	

t_b	Percepatan tanah	Percepatan (in/sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-i modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan total lantai 1	
3.78	0.00288	1.11197	0.31834	-0.01907	-0.01692	-0.0098	-0.00416	0.074896	-0.00458	-0.00466	-0.00087	-0.00066	0.064137
3.80	0.01709	6.59845	0.23335	-0.08079	-0.01383	-0.0053	-0.00141	0.0549	-0.01939	-0.00381	-0.00047	-0.00022	0.031012
3.82	0.03131	12.08879	0.14992	-0.09667	-0.00749	-0.00029	0.00078	0.035272	-0.0232	-0.00206	-2.6E-05	0.000123	0.010106
3.84	-0.02278	-8.79536	0.06998	-0.06255	-0.00155	0.00246	0.00132	0.016464	-0.01501	-0.00043	0.000217	0.000209	0.001451
3.86	-0.07686	-29.67565	-0.0098	-0.00372	-0.00127	-0.00017	-0.0014	-0.00231	-0.00089	-0.00035	-1.5E-05	-0.00022	-0.00378
3.88	-0.13095	-50.55980	-0.09497	0.04191	-0.00951	-0.00858	-0.00693	-0.02234	0.010059	-0.00262	-0.00076	-0.0011	-0.01676
3.90	-0.18504	-71.44394	-0.19051	0.0457	-0.02539	-0.02037	-0.01345	-0.04482	0.010968	-0.00699	-0.0018	-0.00213	-0.04477
3.92	-0.14347	-55.39377	-0.29713	0.00488	-0.04393	-0.03101	-0.01831	-0.06991	0.001171	-0.01209	-0.00274	-0.0029	-0.08646
3.94	-0.10190	-39.34359	-0.40813	-0.05484	-0.05699	-0.03497	-0.01864	-0.09602	-0.01316	-0.01569	-0.00309	-0.00295	-0.13091
3.96	-0.06034	-23.29727	-0.51374	-0.09716	-0.0595	-0.03091	-0.01491	-0.12087	-0.02332	-0.01638	-0.00273	-0.00236	-0.16565
3.98	-0.01877	-7.24710	-0.6051	-0.097	-0.05182	-0.02183	-0.00971	-0.14236	-0.02328	-0.01426	-0.00193	-0.00154	-0.18337
4.00	0.02280	8.80308	-0.67455	0.05211	-0.03684	-0.01106	-0.00446	-0.1587	-0.01251	-0.01014	-0.00098	-0.00071	-0.18303
4.02	-0.00996	-3.84556	-0.71842	0.01505	-0.01987	-0.0023	-0.00079	-0.16902	0.003612	-0.00547	-0.0002	-0.00013	-0.17121
4.04	-0.04272	-16.49419	-0.73956	0.0678	-0.00794	0.0006	-0.00068	-0.174	0.016273	-0.00219	5.3E-05	-0.00011	-0.15996
4.06	-0.02147	-8.28957	-0.74204	0.07859	-0.00369	-0.00175	-0.00272	-0.17458	0.018862	-0.00102	-0.00015	-0.00043	-0.15732
4.08	-0.00021	-0.08108	-0.72616	0.04611	-0.00353	-0.00438	-0.00343	-0.17084	0.011067	-0.00097	-0.00039	-0.00054	-0.16168
4.10	0.02104	8.12354	-0.69078	-0.00768	-0.00319	-0.00405	-0.00194	-0.16252	-0.00184	-0.00088	-0.00036	-0.00031	-0.16591
4.12	-0.01459	-5.63320	-0.63752	-0.05372	-0.00212	-0.00211	-0.00041	-0.14999	-0.01289	-0.00058	-0.00019	-6.5E-05	-0.16372
4.14	-0.05022	-19.38994	-0.57259	-0.07257	-0.00321	-0.00232	-0.0013	-0.13471	-0.01742	-0.00088	-0.0002	-0.00021	-0.15342
4.16	-0.08585	-33.14669	-0.50412	-0.06148	-0.00882	-0.00647	-0.00464	-0.1186	-0.01476	-0.00243	-0.00057	-0.00073	-0.13709
4.18	-0.12148	-46.90343	-0.43969	-0.03274	-0.01886	-0.0135	-0.00895	-0.10345	0.00786	-0.00519	-0.00119	-0.00142	-0.1191
4.20	-0.15711	-60.66017	-0.38614	-0.00645	-0.03214	-0.02177	-0.01332	-0.09085	-0.00155	-0.00885	-0.00192	-0.00211	-0.10527
4.22	-0.19274	-74.41691	-0.34941	-0.00008	-0.04719	-0.03009	-0.01754	-0.08221	-1.9E-05	-0.01299	-0.00266	-0.00278	-0.10065
4.24	-0.22837	-88.17366	-0.33447	-0.01995	-0.06281	-0.03799	-0.02164	-0.07869	-0.00479	-0.01729	-0.00336	-0.00342	-0.10755
4.26	-0.18145	-70.05785	-0.34219	-0.05629	-0.07612	-0.04363	-0.02427	-0.08051	-0.01351	-0.02095	-0.00385	-0.00384	-0.12266
4.28	-0.13453	-51.94203	-0.36662	-0.08652	-0.08199	-0.04357	-0.02315	-0.08625	-0.02077	-0.02257	-0.00385	-0.00366	-0.1371
4.30	-0.08761	-33.82622	-0.39876	-0.09003	-0.07772	-0.03715	-0.01866	-0.09382	-0.02161	-0.02139	-0.00328	-0.00295	-0.14305

t_n	Percepatan tanah	Percepatan (in/sec ²)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan tulai lantai i
4.32	-0.04069	-15.71041	-0.43013	-0.06093	-0.0647	-0.02688	-0.01291	-0.1012	-0.01462	-0.01781	-0.00237	-0.00204	-0.00204	-0.13805
4.34	0.00623	2.40540	-0.45295	-0.00988	-0.04596	-0.01543	-0.00713	-0.10657	-0.00237	-0.01265	-0.00136	-0.00113	-0.00113	-0.12408
4.36	0.05316	20.52508	-0.46034	0.04236	-0.02449	-0.00431	-0.00159	-0.1083	0.010167	-0.00674	-0.00038	-0.00025	-0.00025	-0.10551
4.38	0.10008	38.64089	-0.44645	0.07595	-0.00252	0.00604	0.00381	-0.10504	0.018229	-0.00069	0.000534	0.000603	0.000603	-0.08636
4.40	0.14700	56.75670	-0.40654	0.08171	0.01876	0.01578	0.00917	-0.09565	0.019611	0.005164	0.001394	0.001451	0.001451	-0.06803
4.42	0.09754	37.66019	-0.34058	0.06175	0.0364	0.02308	0.01285	-0.08013	0.014821	0.010019	0.002039	0.002033	0.002033	-0.05122
4.44	0.04808	18.56369	-0.2564	0.02452	0.04489	0.02397	0.01217	-0.06032	0.005885	0.012356	0.002118	0.001926	0.001926	-0.03804
4.46	-0.00138	-0.53282	-0.16528	-0.01673	0.04144	0.01758	0.00753	-0.03889	-0.00402	0.011406	0.001553	0.001192	0.001192	-0.02875
4.48	0.05141	19.84940	-0.07403	-0.0444	0.03055	0.00906	0.00323	-0.01742	-0.01066	0.008409	0.0008	0.000511	0.000511	-0.01835
4.50	0.10420	40.23162	0.0186	-0.04226	0.02177	0.00589	0.00351	0.004376	-0.01014	0.005992	0.00052	0.000555	0.000555	0.001301
4.52	0.15699	60.61384	0.11749	-0.00666	0.02191	0.0109	0.00827	0.027642	-0.0016	0.006031	0.000963	0.001309	0.001309	0.034346
4.54	0.20979	80.99992	0.22691	0.04922	0.03191	0.02159	0.01475	0.053385	0.011813	0.008783	0.001908	0.002334	0.002334	0.078223
4.56	0.26258	101.38214	0.35049	0.10312	0.04962	0.03451	0.02134	0.08246	0.02475	0.013658	0.003049	0.003377	0.003377	0.127293
4.58	0.16996	65.62156	0.48579	0.13064	0.06808	0.04412	0.02508	0.114292	0.031355	0.018739	0.003898	0.003969	0.003969	0.172252
4.60	0.07734	29.86097	0.61952	0.11277	0.0761	0.0432	0.02202	0.145754	0.027066	0.020947	0.003817	0.003484	0.003484	0.201068
4.62	-0.01527	-5.89575	0.73418	0.04962	0.06715	0.03034	0.01293	0.17273	0.011909	0.018483	0.002681	0.002046	0.002046	0.207849
4.64	-0.10789	-41.65633	0.81431	-0.03632	0.04256	0.01022	0.00165	0.191582	-0.00872	0.011715	0.000903	0.000261	0.000261	0.195744
4.66	-0.20051	-77.41691	0.8467	-0.1129	0.00717	-0.0122	-0.00969	0.199203	-0.0271	0.001974	-0.00108	-0.00153	-0.00153	0.171468
4.68	-0.06789	-26.21233	0.82895	-0.14762	-0.02787	-0.02896	-0.01667	0.195027	-0.03543	-0.00767	-0.00256	-0.00264	-0.00264	0.146729
4.70	0.06479	25.01542	0.77692	-0.11642	-0.04538	-0.02936	-0.01316	0.182786	-0.02794	-0.01249	-0.00259	-0.00208	-0.00208	0.137677
4.72	0.01671	6.45173	0.70783	-0.02815	-0.04045	-0.01548	-0.00348	0.1666531	-0.00676	-0.01113	-0.00137	-0.00055	-0.00055	0.146722
4.74	-0.03137	-12.11196	0.6247	0.06903	-0.02614	-0.00247	0.00139	0.146973	0.016568	-0.0072	-0.00022	0.00022	0.00022	0.156347
4.76	-0.07945	-30.67565	0.52413	0.12015	-0.01608	0.0002	-0.00107	0.123312	0.028837	-0.00443	1.77E-05	-0.00017	-0.00017	0.147571
4.78	-0.12753	-49.23933	0.40347	0.097	-0.01584	-0.00657	-0.00692	0.094924	0.023281	-0.00436	-0.00058	-0.00109	-0.00109	0.11217
4.80	-0.17561	-67.80302	0.26093	0.01017	-0.02551	-0.01831	-0.01328	0.061389	0.002441	-0.00702	-0.00162	-0.0021	-0.0021	0.053089
4.82	-0.22369	-86.36671	0.09549	-0.09903	-0.0425	-0.03113	-0.01922	0.022466	-0.02377	-0.0117	-0.00275	-0.00304	-0.00304	-0.01879
4.84	-0.27177	-104.93040	-0.09308	-0.18119	-0.06357	-0.04308	-0.02482	-0.0219	-0.04349	-0.0175	-0.00381	-0.00393	-0.00393	-0.09062

t_n	Percepatan tanah	Percepatan (m/sec^2)	qn_1	qn_2	qn_3	qn_4	qn_5	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan mode ke-1 modal 1	Simpangan total lantai 1
4.86	-0.15851	-61.20071	-0.29838	-0.19862	-0.08184	-0.05017	-0.02748	-0.0702	-0.04767	-0.02253	-0.00443	-0.00435	-0.14918
4.88	-0.04525	-17.47103	-0.50216	-0.1379	-0.0862	-0.04574	-0.02281	-0.11814	-0.0331	-0.02373	-0.00404	-0.00361	-0.18262
4.90	0.06802	26.26252	-0.68181	-0.02003	-0.07071	-0.02868	-0.01154	-0.16041	-0.00481	-0.01946	-0.00253	-0.00183	-0.18904
4.92	0.18128	69.99221	-0.81727	0.10725	-0.03776	-0.00407	0.00215	-0.19228	0.025741	-0.01039	-0.00036	0.00034	-0.17695
4.94	0.14464	55.84550	-0.89695	0.19012	0.00289	0.01947	0.01331	-0.21103	0.04563	0.000795	0.00172	0.002106	-0.16077
4.96	0.10800	41.69880	-0.92291	0.19089	0.03655	0.03238	0.0172	-0.21713	0.045815	0.01006	0.002861	0.002722	-0.15567
4.98	0.07137	27.55596	-0.90415	0.11035	0.05395	0.03229	0.01464	-0.21272	0.026485	0.01485	0.002853	0.002317	-0.16621
5.00	0.03473	13.40925	-0.85028	-0.01052	0.05489	0.02398	0.00974	-0.20005	-0.00252	0.015109	0.002119	0.001541	-0.1838