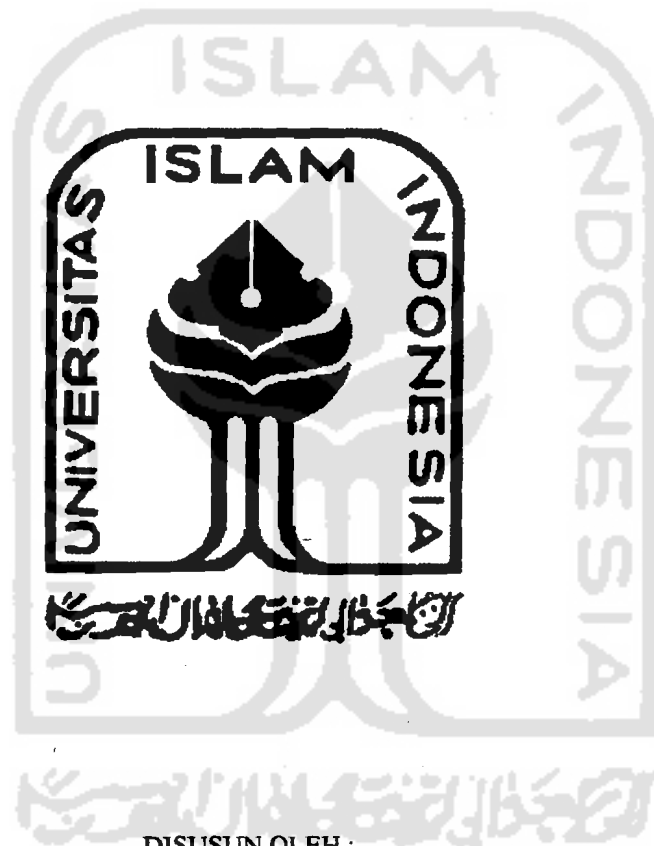


TUGAS AKHIR

**PENEMPATAN EFEKTIF REDAMAN GANDA
UNTUK MENGURANGI SIMPANGAN
PADA BANGUNAN TINGKAT TINGGI**



DISUSUN OLEH :

ARIE ELFIRA MANSYUR

No. Mhs 94 310 055

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

**PENEMPATAN EFEKTIF REDAMAN GANDA
UNTUK MENGURANGI SIMPANGAN
PADA BANGUNAN TINGKAT TINGGI**

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


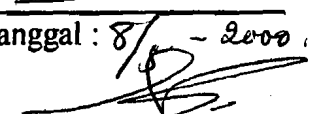
DISUSUN OLEH :

Nama : Arie Elfira Mansyur
No. Mhs : 94 310 055
NIRM : 940051013114120055

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. M. Samsudin, MT
Dosen Pembimbing I

Ir. H. Sarwidi, MSc, Ph.D
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 8/5 - 2000

Tanggal : 08/05/2000

I love you all.

smile and laugh with their families,

☉ All of my friend who always make me

karya ini...

☉ Kata Allah yang selalu menderangku untuk menyebarkan

memberiku dengan doa, cinta dan kasih sayangnya

☉ Adik-adikku Allah dan syu yang selalu

yang selalu menyertai dalam setiap langkahku

atau doa, cinta, kasih sayang dan dukungannya

☉ Bunda dan ayahanda tercinta

♥ Karya ini ku persembahkan untuk



MOTTO

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

Barangsiapa menempuh jalan untuk menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga (Hadits Rasulullah SAW).

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu 'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Dengan mengucapkan Alhamdulillah kami bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan ketekunan dan kesabaran sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tidak lupa Sholawat serta salam kami panjatkan ke hadirat 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 "PENEMPATAN EFEKTIF REDAMAN GANDA UNTUK MENGURANGI SIMPANGAN PADA BANGUNAN TINGKAT TINGGI", kami telah berusaha semaksimal mungkin untuk memperoleh hasil yang sebaik-baiknya sesuai dengan kemampuan dan pengetahuan yang kami miliki, berdasarkan pada buku referensi dan pedoman yang ada. Disadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan kami. Untuk itu kritik dan saran sangat kami harapkan untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini kami telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik bantuan moril maupun spiritual. Untuk itu kami haturkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, 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. M. Samsudin, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak, ibu, kakak-kakak dan adik-adik, terima kasih untuk semua do'a dan bantuan.
6. Semua teman-teman di kelas C Angkatan'94, special untuk Andi, Alam, Dandung, Dani, Jatmiko, Kuncunk, Hadi, Yudhit, Munir, Melda, Novie, Prapti, Maya, Endah, Yayuk, Ida. Juga untuk teman-teman angkatan '94 yang lain.
7. Teman TA-ku, Joe yang selalu ada hingga selesainya karya ini.
8. Novie dan Prapti, with their patient to teach and to tell me about everything without bored.
9. Teman-teman KKN Angkatan 17 Unit KL-75, terima kasih untuk persahabatan dan persaudaraan.
10. Almamater tercinta Universitas Islam Indonesia, atas segala fasilitas, bantuan dan kerja samanya.
11. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Tidak ada yang dapat kami berikan selain ucapan terima kasih sebesar-besarnya atas bantuan yang telah diberikan, semoga dapat diterima sebagai amal baik di sisi Allah SWT dan semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Amin.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh.

Yogyakarta, April 2000

Penyusun



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
INTISARI	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3

1.6 Pendekatan Masalah	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 <i>Magnetorheological Damper</i>	7
2.3 Penelitian Sejenis Sebelumnya	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Sistem Berderajat Kebebasan Tunggal (SDOF)	11
3.2 Sistem Berderajat Kebebasan Banyak (MDOF)	14
3.3 Persamaan Gerak Akibat Beban Gempa	20
3.3.1 Filosofi dasar penyerapan energi	28
3.3.2 Jenis-jenis simpangan dan efeknya terhadap kerusakan	30
3.4 Persamaan Diferensial Independen (<i>Uncoupling</i>)	31
3.5 Respon Terhadap Beban Gempa	35
BAB IV METODE PENELITIAN	37
4.1 Data Yang Diperlukan	37
4.2 Pengolahan Data	38
4.3 Pengujian	38
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	57
5.1 Analisa	57
5.1.1 Ragam bentuk (<i>mode shape</i>) dan frekuensi natural	58
5.1.2 Efek redaman	61

5.1.3 Respon terhadap gempa bumi	65
5.2 Pembahasan	67
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	89
6.1 Kesimpulan	89
6.2 Saran	90

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema <i>MR Damper</i>	8
Gambar 2.2 Skema Pemasangan <i>MR Damper</i>	8
Gambar 3.1 (a) Struktur SDOF	12
Gambar 3.1 (b) Struktur yang disederhanakan.....	12
Gambar 3.1 (c) Model Matematik	12
Gambar 3.1 (d) “Free Body” Diagram	12
Gambar 3.2 (a) Model Matematik	15
Gambar 3.2 (b) Model MDOF	15
Gambar 3.2 (c) Model Keseimbangan Gaya	15
Gambar 3.3 Percepatan Tanah Gempa El Centro, 1940	20
Gambar 3.4 Sistem Derajat Kebebasan Tunggal dengan Beban Gempa	21
Gambar 3.5 Respon Getar Bebas dengan Redaman Kritis	24
Gambar 3.6 Respon Getaran Bebas untuk Sistem Redaman Superkritis	25
Gambar 3.7 Respon Getaran Bebas untuk Sistem Redaman Subkritis	28
Gambar 3.8 Penyerapan Energi	29
Gambar 3.9 Model Simpangan Relatif	30
Gambar 3.10 Model Simpangan Antar Tingkat	31
Gambar 4.1 Model Struktur Tanpa Peredam Tambahan	41

Gambar 4.2 Model Struktur dengan Kedua <i>MR Damper</i> pada Tingkat Pertama ...	42
Gambar 4.3 Model Struktur dengan Kedua <i>MR Damper</i> pada Tingkat Kedua	43
Gambar 4.4 Model Struktur dengan Kedua <i>MR Damper</i> pada Tingkat Ketiga	44
Gambar 4.5 Model Struktur dengan Kedua <i>MR Damper</i> pada Tingkat Keempat ...	45
Gambar 4.6 Model Struktur dengan Kedua <i>MR Damper</i> pada Tingkat Kelima	46
Gambar 4.7 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada Tingkat 1 dan 2	47
Gambar 4.8 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada Tingkat 2 dan 3	48
Gambar 4.9 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada Tingkat 3 dan 4	49
Gambar 4.10 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada Tingkat 4 dan 5	50
Gambar 4.11 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada Tingkat 1 dan 3	51
Gambar 4.12 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada Tingkat 1 dan 4	52
Gambar 4.13 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada Tingkat 1 dan 5	53
Gambar 4.14 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada Tingkat 2 dan 4	54
Gambar 4.15 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada Tingkat 2 dan 5	55
Gambar 4.16 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada Tingkat 3 dan 5	56
Gambar 5.1 Model Bangaunan Geser	57
Gambar 5.2.1 Simpangan Lantai 1 pada Variasi 1-6	68
Gambar 5.2.2 Simpangan Lantai 1 pada Variasi 1, 7-11	69
Gambar 5.2.3 Simpangan Lantai 1 pada Variasi 1,11-16	70
Gambar 5.3.1 Simpangan Lantai 2 pada Variasi 1-6	71
Gambar 5.3.2 Simpangan Lantai 2 pada Variasi 1, 7-11	72
Gambar 5.3.3 Simpangan Lantai 2 pada Variasi 1, 12-16	73

Gambar 5.4.1 Simpangan Lantai 3 pada Variasi 1-6	74
Gambar 5.4.2 Simpangan Lantai 3 pada Variasi 1, 7-11	75
Gambar 5.4.3 Simpangan Lantai 3 pada Variasi 1, 12-16	76
Gambar 5.5.1 Simpangan Lantai 4 pada Variasi 1-6	77
Gambar 5.5.2 Simpangan Lantai 4 pada Variasi 1, 7-11	78
Gambar 5.5.3 Simpangan Lantai 4 pada Variasi 1, 12-16	79
Gambar 5.6.1 Simpangan Lantai 5 pada Variasi 1-6	80
Gambar 5.6.2 Simpangan Lantai 5 pada Variasi 1, 7-11	81
Gambar 5.6.3 Simpangan Lantai 5 pada Variasi 1, 12-16	82
Gambar 5.7 Simpangan Maksimum	83
Gambar 5.8 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 1	84
Gambar 5.9 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 2	85
Gambar 5.10 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 3	86
Gambar 5.11 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 4	87
Gambar 5.12 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 5	88

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengujian Terhadap Perletakan <i>MR Damper</i>	39
Tabel 5.1 Nilai Rasio Redaman pada tiap pengubahan posisi <i>MR Damper</i>	66
Tabel 5.2 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 1	84
Tabel 5.3 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 2	85
Tabel 5.4 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 3	86
Tabel 5.5 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 4	87
Tabel 5.6 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 5	88

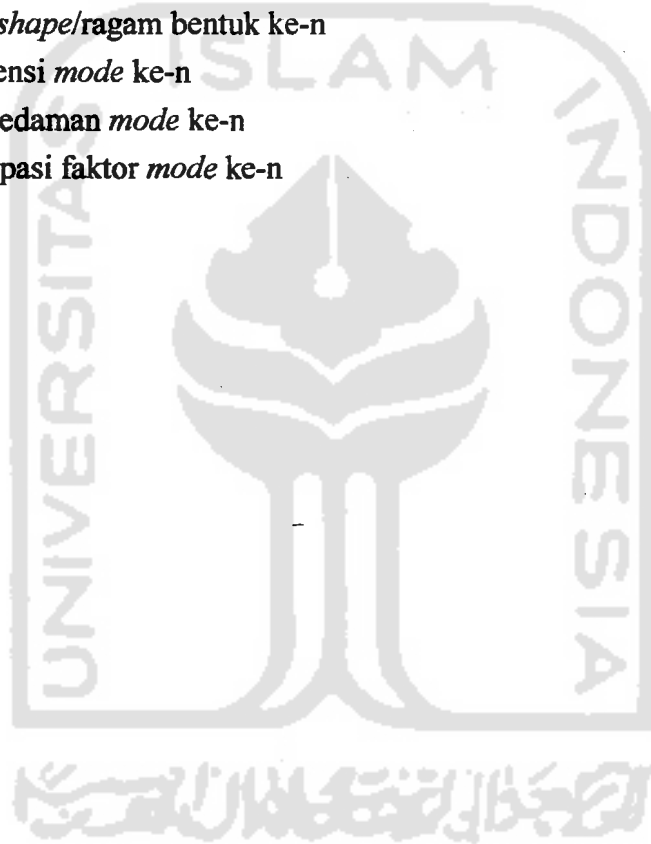
DAFTAR LAMPIRAN

1. Kartu Peserta Tugas Akhir	L-1a
2. Surat Bimbingan Tugas Akhir	L-1b
3. Perhitungan <i>Mode Shape</i> , Partisipasi Faktor dan Rasio Redaman	L-2a
4. Perhitungan Nilai a , b dan \hat{k}	L-3a
5. Perhitungan Nilai q untuk Pemasangan <i>MR Damper</i> Tingkat 3 dan 5 pada <i>Mode 1</i>	L-4a
6. Perhitungan Nilai Simpangan Horizontal Total	L-5a

DAFTAR NOTASI

a	percepatan
c	redaman
$[C]$	matrik redaman
C_n^*	matrik redaman efektif <i>mode</i> ke-n
F	gaya gesek
k	kekakuan
$[K]$	matrik kekakuan
K_n^*	matrik kekakuan efektif <i>mode</i> ke-n
m	massa
$[M]$	matrik massa
M_n^*	matrik massa efektif <i>mode</i> ke-n
$p(t)$	gaya luar
P_n^*	vektor beban efektif <i>mode</i> ke-n
$\{p(t)\}$	vektor beban
q	simpangan
\dot{q}	kecepatan
\ddot{q}	percepatan
S	jarak antar bangunan
t	waktu
Δt	perbedaan waktu
y	simpangan
\dot{y}	kecepatan
\ddot{y}	percepatan
\ddot{y}_g	percepatan tanah
$y(t)$	perpindahan relatif antara massa dan tanah
y_g	perpindahan tanah
y_{tot}	perpindahan total
$\{y\}$	vektor simpangan
$\{\dot{y}\}$	vektor kecepatan

$\{\ddot{y}\}$	vektor percepatan
$z(t)$	generalisasi perpindahan pada <i>mode</i> ke-n
$\ddot{z}(t)$	generalisasi percepatan pada <i>mode</i> ke-n
Z_n	modal amplitudo <i>mode</i> ke-n
\dot{Z}_n	turunan pertama modal amplitudo <i>mode</i> ke-n
\ddot{Z}_n	turunan kedua modal amplitudo <i>mode</i> ke-n
ϕ_n	<i>mode shape</i> /ragam bentuk ke-n
ω_n	frekuensi <i>mode</i> ke-n
ξ_n	rasio redaman <i>mode</i> ke-n
Γ_n	partisipasi faktor <i>mode</i> ke-n



ABSTRAKSI

Getaran tanah akibat gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan, baik kerusakan struktur tanah maupun kerusakan bangunan yang berada di tanah. Struktur tanah yang rusak dapat berakibat pada kestabilan bangunan yang berada di atas tanah yang bersangkutan. Salah satu kerusakan yang mungkin terjadi pada sebuah struktur yang digoyang oleh gempa adalah terjadinya "structural pounding" akibat gaya simpangan yang besar. Sebuah alternatif yang dapat ditempuh untuk mengurangi kerusakan pada bangunan adalah dengan pemakaian alat-alat peredam yang dapat memperkecil simpangan yang besar. Karena redaman berfungsi melepaskan energi, maka hal tersebut akan memperkecil respon struktur.

Dalam penelitian ini dicoba 15 variasi perletakan redaman ganda yang dibandingkan dengan tanpa menggunakan redaman tambahan pada model struktur bertingkat lima. Peredam yang digunakan adalah "Magnetorheological Damper". Penggunaan peredam ini digunakan untuk mengurangi respon struktur terhadap beban gempa.

Proses analisa dinamik dilakukan dengan menggunakan program komputer yang merupakan aplikasi dari fasilitas program Matlab 5.3 Release II. Dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan "MR Damper", simpangan relatif yang terjadi dapat dikurangi, sehingga dapat mencegah terjadinya "stuctural pounding". Dan dari penelitian juga diperoleh bahwa penempatan "MR Damper" yang paling efektif adalah pada tingkat ketiga dan kelima.

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 adalah suatu fenomena alam yang kompleks, disebabkan oleh beberapa faktor yang tidak dapat diketahui dengan pasti. Hal ini sering menimbulkan bencana yang menyebabkan kerugian yang besar, baik material maupun korban jiwa.

Getaran tanah akibat gempa bumi dapat membuat kerusakan baik kerusakan struktur tanah maupun kerusakan bangunan yang berada di tanah. Kerusakan struktur tanah dapat berupa pada permukaan tanah pecah-pecah, tanah longsor (*land slide*), batu longsor (*rock slide*), batuan yang berjatuhan (*rock fall*), penurunan muka tanah (*settlement*) dan hilangnya daya dukung tanah (*liquefaction*). 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. Selain kerusakan struktur tanah, getaran tanah akibat gempa mungkin saja tidak merusakkan struktur tanah tetapi merusakkan bangunan yang berada di dalam maupun di atas permukaan tanah.

Kerusakan-kerusakan struktur bangunan akibat gempa dapat dikurangi dengan mendesain struktur sesuai dengan prinsip-prinsip bangunan tahan gempa. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mengurangi kerusakan pada bangunan adalah dengan pemakaian alat-alat peredam yang dapat mengurangi simpangan pada suatu struktur, dimana simpangan yang besar cenderung akan merusakkan struktur. Dengan demikian pengurangan simpangan akan sangat mendukung terhadap kestabilan struktur.

1.2 Rumusan Masalah

Semakin tinggi sebuah bangunan, maka simpangan yang terjadi pada tingkat teratas akan semakin besar akibat adanya gaya horizontal. Salah satu cara untuk mengatasi simpangan yang terjadi pada bangunan bertingkat banyak adalah dengan memberi sebuah peredam yang berfungsi untuk memperkecil simpangan maksimum, sehingga bangunan tingkat tinggi akan terhindar dari simpangan yang besar yang dapat mengakibatkan keruntuhan bangunan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. analisa yang digunakan untuk perhitungan kekakuan tingkat adalah Prinsip Bangunan Geser (*Shear Building*),
2. metode analisa dinamika menggunakan *time history* dari gempa El Centro 1940 (Chopra, 1995),
3. massa struktur dianggap menggumpal pada lantai-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. dukungan pondasi tanah dianggap jepit penuh,
7. matrik redaman hanya 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, karena simpangan relatif yang lebih kecil akan mengurangi resiko "Structural Pounding", dan
10. redaman dalam struktur diambil 7,56 kg/(cm/sec).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian dalam tugas akhir ini adalah memvariasikan posisi perletakan dari *Magnetorheological Damper* untuk mendapatkan posisi yang paling efektif dalam pengurangan simpangan pada bangunan bertingkat tinggi sehingga dapat mencegah terjadinya simpangan yang besar 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,

2. ikut menyebarluaskan 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 untuk mengurangi simpangan.

1.6 Pendekatan Masalah

Pendekatan masalah yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. penelitian dengan perencanaan numeris pada model struktur bertingkat 5,
2. dibuat variasi letak peredam ganda pada tiap model struktur,
3. kemudian diteliti besarnya pengaruh posisi redaman terhadap simpangan maksimum dari 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) yang berisi tentang Ragam Bentuk (*Mode Shape*) dan Frekuensi, Persamaan Gerak akibat Beban Gempa, 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 4 dan Simpangan Lantai 5.

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 a , b dan \hat{k} , 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

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.

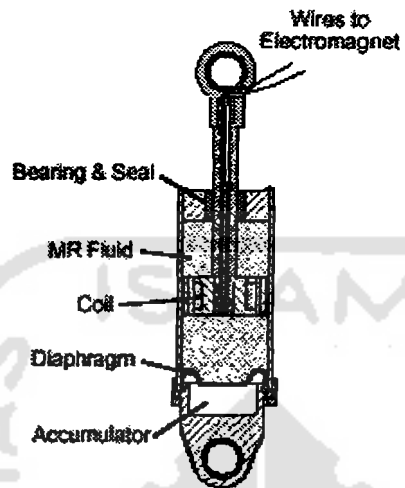
Pada umumnya, struktur mempunyai kemampuan untuk menyerap/melepaskan energi. Optimalisasi disipasi energi sangat penting agar sebagian input energi dapat dilepaskan dengan baik sehingga respon struktur dapat dikendalikan.

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 melepaskan energi maka hal tersebut akan mengurangi respon struktur.

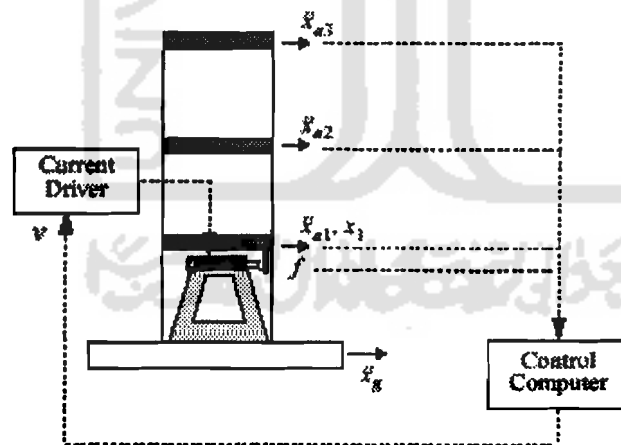
Nilai redaman struktur yang melekat pada struktur relatif kecil, sehingga untuk mengurangi respon gempa dipasang peredam tambahan (Chopra, 1995). Penggunaan peredam pada semua tingkat tidak praktis. Oleh karena itu digunakan satu peredam pada satu tingkat, yang memiliki efek hampir sama jika peredam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



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



Gambar 2.2 Skema pemasangan *MR Damper*
(Spencer dan kawan-kawan, 1996)

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.

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 bangunan).

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 dari *MR Damper* ini dapat dilihat pada Gambar (2.1). 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).

2.3 Penelitian Sejenis Sebelumnya

Pada penelitian ini digunakan tinjauan pustaka penelitian yang dilakukan oleh Suprpti dan Novitasari (1999). Topik yang diambil oleh kedua peneliti ini adalah *Penempatan Posisi Effektif 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. Dengan demikian penempatan redaman yang efektif pada struktur bertingkat lima tersebut dapat diketahui. Penelitian ini menggunakan sebuah alat yang dinamakan *Magnetorheological Damper* yang berfungsi untuk mengurangi simpangan, 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.

BAB III

LANDASAN TEORI

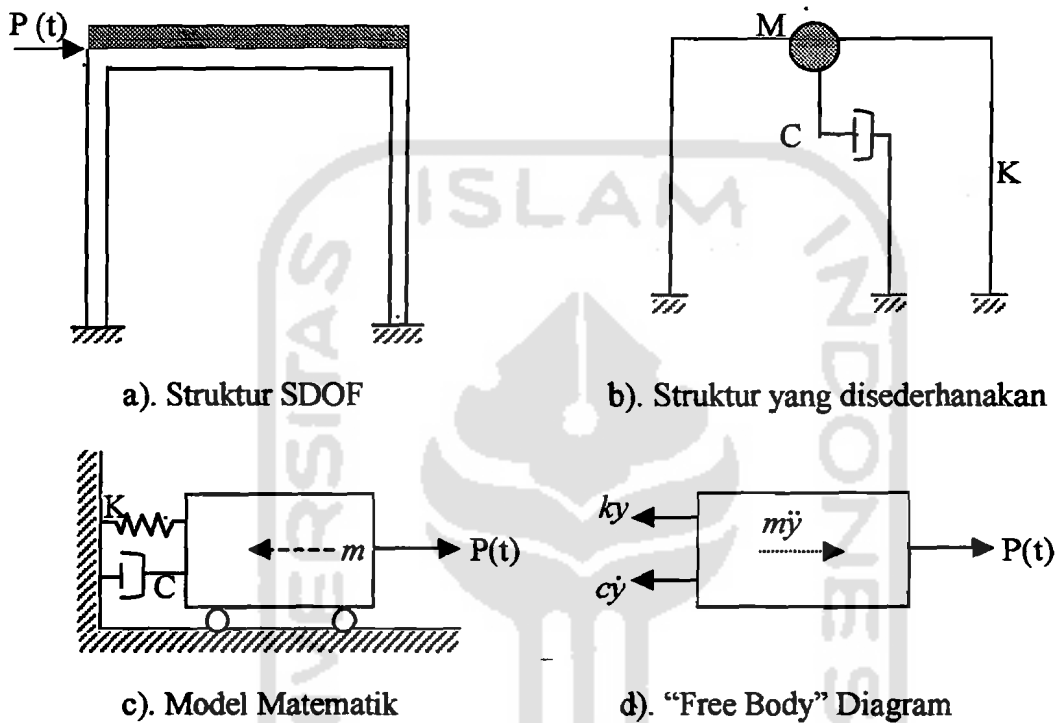
Landasan Teori memuat dasar-dasar teori yang akan dipergunakan secara garis besar dan merupakan tuntunan yang digunakan untuk memecahkan masalah yang dihadapi. Bagian ini juga akan memuat model-model matematik dan penjabarannya.

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 misalnya akan mempunyai 5 massa dan mempunyai 5 derajat kebebasan dengan anggapan bahwa struktur berperilaku seperti *Shear Building*. Struktur dengan derajat kebebasan tunggal atau *single degree of freedom* (SDOF) berarti hanya akan mempunyai satu massa.

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

besaran matematik dari sistem tersebut. Salah satu contoh yang dapat dipakai misalnya struktur yang diskemakan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Gaya yang bekerja pada sistem kebebasan tunggal

Gambar diatas menunjukkan sistem struktur yang dimodelisasikan sebagai osilator sederhana (*simple oscillator*) dengan redaman liat (*viscous damping*). Pada gambar tersebut m dan k adalah massa dan konstanta pegas (*spring constant*) dari osilator dan c adalah koefisien redaman liat (*viscous damping coefficient*).

Gambar 3.1 (c), untuk menentukan gerak, dengan mempelajari perpindahan atau kecepatan massa m pada saat t untuk kondisi awal pada saat $t=0$. Hubungan analitis antara perpindahan y dan waktu t dapat diberikan berdasarkan Hukum Newton Kedua, yaitu:

$$F = m a, \quad (3.1)$$

dimana F adalah resultan gaya yang bekerja pada partikel massa m dan a adalah resultan percepatan.

Dianggaplah mempunyai sistem struktur yang dimodelisasikan sebagai osilator sederhana (*simple oscillator*) dengan redaman liat (*viscous damping*), seperti pada Gambar 3.1 (c). Pada gambar ini m dan k adalah massa dan konstanta pegas (*spring coefficient*) dari osilator dan c adalah koefisien redaman liat (*viscous damping coefficient*). Dengan cara seperti pada kondisi osilator tak teredam, dengan menggambar diagram free body (DFB) dan menggunakan Hukum Newton untuk mendapatkan persamaan differensial gerak (*differential equation oscillator*) dan gaya inersia $m\ddot{y}$, dimana \ddot{y} adalah percepatan sehingga dapat digunakan sebuah alternatif pendekatan untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan dinamis (*dynamic equilibrium*) yaitu menggunakan prinsip d'Alembert, yang menyatakan bahwa sebuah sistem dapat dibuat dalam keadaan kesetimbangan dinamis dengan menambahkan sebuah gaya fiktif pada gaya-gaya luar yang biasanya dikenal sebagai gaya inersia. Gambar 3.1 (d) memperlihatkan DFB dengan gaya inersia $m\ddot{y}$ yang sama dengan massa dikalikan percepatan dan selalu diberikan arah negatif terhadap koordinat yang bersangkutan. Penggunaan prinsip d'Alembert memungkinkan pemakai persamaan kesetimbangan untuk mendapatkan persamaan gerak. Dengan memperhatikan Gambar 3.1 (d), jumlah gaya-gaya pada arah y memberikan

persamaan differensial gerak (*differential equation of motion*) untuk suatu sistem persamaan derajat kebebasan tunggal (SDOF) yaitu :

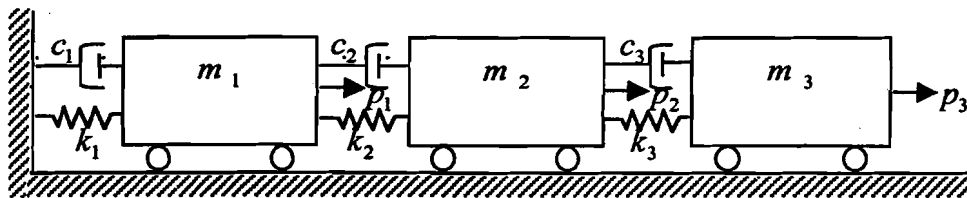
$$p(t) - ky - cy = m\ddot{y} \quad (3.2)$$

3.2 Sistem Berderajat Kebebasan Banyak

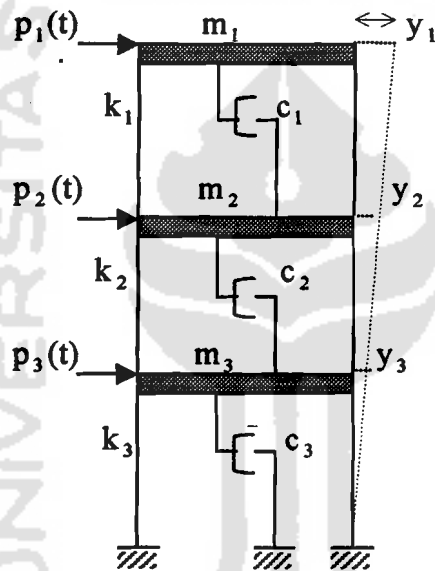
Secara umum struktur bangunan gedung tidak selalu dapat dinyatakan dengan suatu sistem yang mempunyai derajat kebebasan tunggal (SDOF). Umumnya struktur bangunan gedung justru mempunyai derajat kebebasan banyak (*Multi Degree of Freedom*).

Pada struktur bangunan gedung bertingkat banyak, umumnya massa struktur dapat digumpalkan (*Lumped mass*) pada tiap-tiap tingkat. Banyaknya derajat kebebasan berasosiasi dengan jumlah massa. Untuk tinjauan struktur bidang, pada struktur yang mempunyai n tingkat, akan mempunyai n derajat kebebasan dan mempunyai n mode, bila struktur ruang (3 dimensi) maka struktur yang mempunyai n tingkat, akan mempunyai 3 derajat kebebasan dan mempunyai 3 mode. Pada prinsip bangunan geser (*Shear Building*) setiap massa hanya terpusat pada bidang lantai, balok pada lantai kaku tak hingga dibandingkan dengan kolom dan deformasi dari struktur tidak dipengaruhi gaya aksial yang terjadi pada kolom.

Gambar 3.2 (b) merupakan model-model yang ekuivalen untuk bangunan geser sedangkan model matematisnya terdapat pada Gambar 3.2 (a). Selanjutnya didapat persamaan-persamaan gerak dari bangunan berlantai tiga yang berasal dari diagram



Gambar 3.2 (a) Model Matematik



Gambar 3.2 (b) Model MDOF



Gambar 3.2 (c) Model Kesetimbangan Gaya

Persamaan differensial untuk bangunan diatas disusun berdasarkan atas goyangan struktur menurut mode pertama. Berdasarkan pada prinsip kesetimbangan dinamik pada diagram *free body* maka diperoleh :

Persamaan differensial untuk bangunan diatas disusun berdasarkan atas goyangan struktur menurut mode pertama. Berdasarkan pada prinsip kesetimbangan dinamik pada diagram *free body* maka diperoleh :

$$m_1\ddot{y}_1 + k_1y_1 + c_1\dot{y}_1 - k_2(y_2 - y_1) - c_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - p_1(t) = 0 \quad (3.4a)$$

$$m_2\ddot{y}_2 + k_2(y_2 - y_1) + c_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - k_3(y_3 - y_2) - c_3(\dot{y}_3 - \dot{y}_2) - p_2(t) = 0 \quad (3.4b)$$

$$m_3\ddot{y}_3 + k_3(y_3 - y_2) + c_3(\dot{y}_3 - \dot{y}_2) - p_3(t) = 0 \quad (3.4c)$$

Dari persamaan di atas, tampak bahwa untuk memperoleh kesetimbangan dinamik suatu massa yang ditinjau ternyata dipengaruhi oleh kekakuan, redaman dan simpangan massa sebelum dan sesudah massa/tingkat yang ditinjau. Persamaan differensial dengan sifat-sifat ini disebut *coupled equation*, karena persamaan-persamaan tersebut akan tergantung satu sama lain. Penyelesaian dari persamaan *coupled* harus dilakukan secara simultan, artinya penyelesaian yang melibatkan seluruh persamaan yang ada.

Persamaan diatas kemudian disusun menurut parameter yang sama (percepatan, kecepatan dan simpangan) akan diperoleh :

$$m_1\ddot{y}_1 + (c_1 + c_2)\dot{y}_1 - c_2\dot{y}_2 + (k_1 + k_2)y_1 - k_2y_2 = p_1(t) \quad (3.5a)$$

$$m_2\ddot{y}_2 - c_2\dot{y}_1 + (c_2 + c_3)\dot{y}_2 - c_3\dot{y}_3 - k_2y_1 + (k_2 + k_3)y_2 - k_3y_3 = p_2(t) \quad (3.5b)$$

$$m_3\ddot{y}_3 - c_3\dot{y}_2 + c_3\dot{y}_3 - k_3y_2 + k_3y_3 = p_3(t) \quad (3.5c)$$

Selanjutnya persamaan (3.5) lebih tepat ditulis dengan notasi matriks sebagai berikut:

$$[M]\{\ddot{y}\} + [C]\{\dot{y}\} + [K]\{y\} = 0 \quad (3.6)$$

Dimana $[M]$, $[C]$, $[K]$, berturut-turut adalah matriks massa, redaman dan kekakuan,

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

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

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

Sedangkan $\{\ddot{y}\}$, $\{\dot{y}\}$, $\{y\}$ dan $\{P(t)\}$ berturut-turut adalah vektor percepatan, vektor kecepatan, vektor simpangan dan vektor beban dalam bentuk

$$\{\ddot{Y}\} = \begin{Bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{y}_3 \end{Bmatrix}, \{\dot{Y}\} = \begin{Bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \end{Bmatrix}, \{Y\} = \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{Bmatrix} \text{ dan } \{p(t)\} = \begin{Bmatrix} p_1(t) \\ p_2(t) \\ p_3(t) \end{Bmatrix} \quad (3.8)$$

Mode Shape dan Frekuensi

Suatu struktur umumnya akan bergerak akibat adanya 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 gerakan massa tersebut dapat dikelompokkan ke dalam getaran bebas (*free vibration system*). Gerakan suatu massa disebabkan adanya 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 dinamik struktur.

Persamaan differensial gerak pada getaran bebas pada struktur adalah :

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

Frekuensi sudut pada struktur dengan redaman (*damped frequency*) nilainya hampir sama dengan frekuensi sudut pada struktur tanpa redaman, bila nilai rasio redaman (*damping ratio*) kecil. Maka persamaan 3.9 akan menjadi :

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

Persamaan diatas diasumsikan pada getaran bebas, maka vektor y berbentuk

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

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

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

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

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

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

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

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

Persamaan diatas diselesaikan dengan :

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

Dengan demikian maka persamaan (3.11) akan 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) dimasukkan ke dalam persamaan (3.12) didapatkan

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

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

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

Persamaan (3.18) akan ada penyelesaiannya atau suatu sistem akan ada amplitudo yang terbatas apabila nilai determinan ($\{[K] - \omega^2 [M]\}$) adalah nol maka :

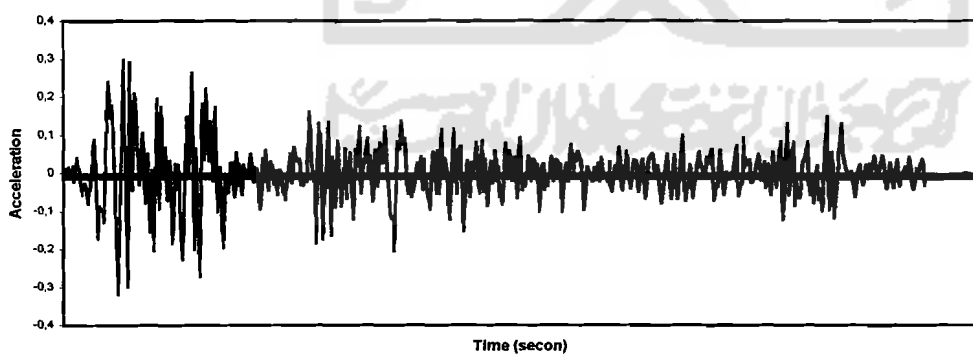
$$|[K] - \omega^2 [M]| = 0 \quad (3.19)$$

Nilai determinan pada persamaan (3.19) akan menghasilkan suatu persamaan polinomial dengan derajat ke-n yaitu ω_n , kemudian nilai ω_n disubstitusikan persamaan (3.18) maka akan menghasilkan nilai mode shape $\{\phi\}_i$. Indeks i menunjukkan ragam/pola goyangan.

3.3 Persamaan Gerak akibat Beban Gempa

Beban gempa adalah suatu beban yang unik. Umumnya beban yang bekerja pada struktur dalam 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, katakan beban gempa dapat berubah setiap detik. Beban lain biasanya bekerja pada arah vertikal, tetapi beban gempa bekerja secara simultan pada arah vertikal maupun horizontal bahkan beban gempa dapat berupa putaran, (Hu dan kawan-kawan, 1996).

Analisis yang didasarkan pada riwayat waktu dapat dipergunakan untuk memperkirakan besarnya jarak pemisah antara bangunan yang berdekatan didasarkan pada simpangan maksimum relatif. Pada tugas akhir ini dipakai analisa riwayat waktu gempa El Centro, 1940, seperti contoh pada Gambar 3.3.



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

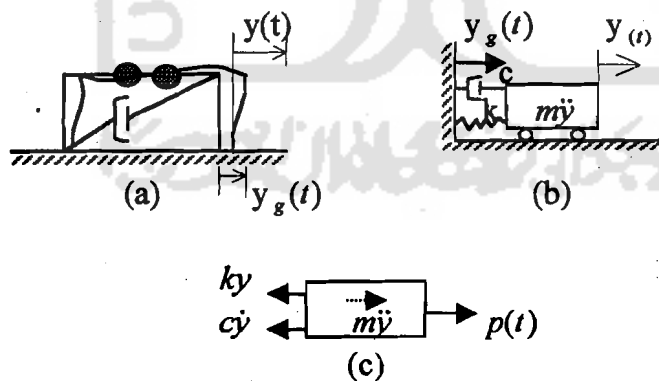
Pada daerah rawan gempa, masalah prinsip yang perlu diperhatikan adalah perilaku struktur bawah akibat beban gempa. Perpindahan tanah dinotasikan dengan $y_g(t)$, sedangkan antara massa dengan tanah dinotasikan dengan $y(t)$, sehingga perpindahan total yang terjadi adalah (Chopra, 1995).

$$y_{tot}(t) = y(t) + y_g(t) \quad (3.20)$$

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

Dengan menggunakan konsep kesetimbangan dinamis, dari diagram *free body* 3.4 (c), maka akan didapatkan persamaan

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = -m\ddot{y}_g(t) \quad (3.21)$$



Gambar 3.4 Sistem derajat kebebasan tunggal dengan beban gempa

Dapat dibuktikan bahwa solusi coba-coba (*trial error*) $y = A \sin \omega t$ atau $y = B \cos \omega t$ tidak akan memenuhi persamaan (3.2). Namun, fungsi eksponensial $y = Ce^{pt}$ memenuhi persamaan ini.

Dengan mensubstitusi fungsi dari persamaan (3.2) didapat persamaan

$$mCp^2 e^{pt} + cCp e^{pt} + kC e^{pt} = 0 \quad (3.22)$$

dimana setelah menghilangkan faktor yang sama, didapatkan persamaan yang disebut persamaan karakteristik (*the characteristic equation*) untuk sistem, yaitu

$$mp^2 + cp + k = 0 \quad (3.23)$$

Akar dari persamaan kuadrat ini adalah

$$p_1, p_2 = -\frac{c}{2m} \pm \sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}} \quad (3.24)$$

sehingga solusi umum (*general solution*) dari persamaan (3.2) didapat dari superposisi dua solusi yang mungkin, yaitu

$$y(t) = C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} \quad (3.25)$$

dimana C_1 dan C_2 adalah konstanta integrasi yang ditentukan dari kondisi awal (*initial conditions*).

Bentuk akhir dari persamaan (3.2) tergantung pada tanda dari besaran di bawah tanda akar pada persamaan (3.24). Tiga bentuk dapat ditemukan ; besaran di bawah tanda akar dapat sama dengan nol, positif atau negatif. Kondisi dimana besaran di bawah tanda akar sama dengan nol akan diselesaikan dahulu. Redaman yang terjadi pada kondisi ini disebut redaman kritis (*critical damping*).

Tiga bentuk yang dapat ditemukan dari persamaan tersebut adalah :

1. Sistem Redaman Kritis (*Critically Damped System*)

Untuk suatu sistem yang beresilasi dengan redaman kritis (*critical damping*) seperti definisi di atas, ekspresi di bawah tanda akar pada persamaan (3.24) sama dengan nol, yaitu :

$$\left(\frac{C_{cr}}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m} = 0 \quad (3.26)$$

atau

$$C_{cr} = 2\sqrt{km} \quad (3.27)$$

dimana C_{cr} menyatakan harga redaman kritis (*critical damping value*).

Karena frekuensi natural dari sistem tak teredam dinyatakan oleh $\omega = \sqrt{k/m}$, maka koefisien redaman kritis (*critical damping coefficient*) yang diberikan oleh persamaan (3.27) dapat juga dinyatakan dengan notasi,

$$C_{cr} = 2m\omega = \frac{2k}{\omega} \quad (3.28)$$

Harga-harga akar persamaan karakteristik dari sistem redaman kritis, adalah sama dan berasal dari persamaan (3.24) yaitu,

$$p_1 = p_2 = -\frac{C_{cr}}{2m} \quad (3.29)$$

Karena kedua akar tersebut sama, maka solusi umum yang diberikan oleh persamaan (3.25) mempunyai satu konstanta integrasi, sebab itu terdapat satu solusi independen yaitu,

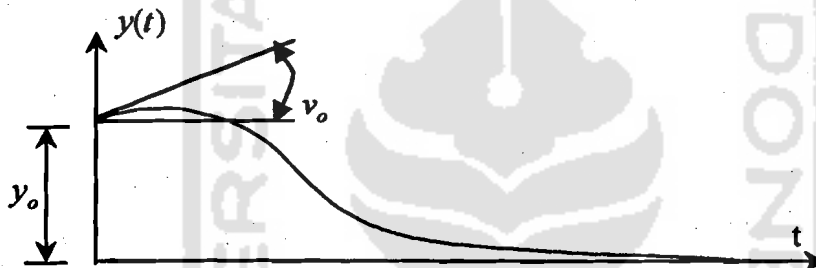
$$y_1(t) = C_1 e^{-(c_c/2m)t} \quad (3.30)$$

Solusi independen yang lain didapat dengan menggunakan fungsi,

$$y_2(t) = C_2 t e^{-(c_c/2m)t} \quad (3.31)$$

Persamaan ini dapat diuji dan akan memenuhi persamaan diferensial (3.2). Solusi umum untuk sistem redaman kritis diberikan oleh superposisi dua solusi di atas

$$y(t) = (C_1 + C_2 t) e^{-(c_c/2m)t} \quad (3.32)$$



Gambar 3.5 Respon Getar Bebas dengan Redaman Kritis

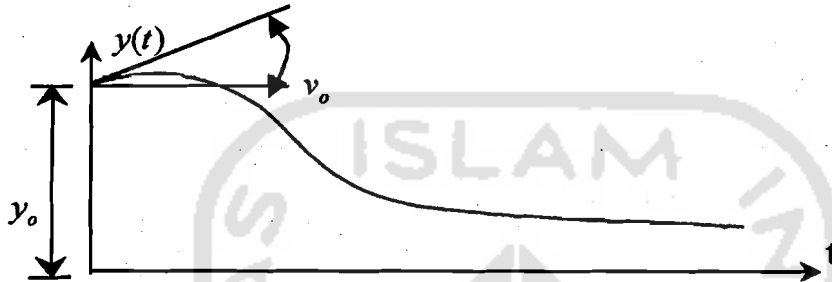
2. Sistem Redaman Superkritis (*Overdamped System*)

Pada sistem redaman superkritis (*overdamped system*), koefisien redamannya lebih besar dari sistem redaman kritis yaitu,

$$C > C_{cr} \quad (3.33)$$

Oleh karena itu besaran di bawah tanda dari persamaan (3.24) adalah positif, jadi kedua akar dari persamaan karakteristik adalah riil dan solusinya diberikan oleh persamaan (3.25). Perlu diperhatikan bahwa, untuk sistem redaman superkritis dan redaman kritis, gerakan yang terjadi bukan osilasi, namun besar osilasi mengecil secara eksponensial dengan waktu menuju nol. Gambar 3.5 menyatakan grafik respon dari osilator sederhana dengan redaman kritis.

Respon dari sistem redaman superkritis mirip dengan gerak sistem redaman kritis pada 3.5, tetapi diperlukan lebih banyak waktu untuk kembali ke posisi netral bila redaman bertambah.



Gambar 3.6 Respon Getaran Bebas untuk Sistem redaman Superkritis

3. Sistem Redaman Subkritis (*Underdamped System*)

Bila harga koefisien redaman lebih kecil dari harga kritis ($C < C_{cr}$), yang mana akan terjadi bila besaran di bawah tanda akar negatif, maka harga akar-akar dari persamaan karakteristik (3.24) adalah bilangan kompleks, jadi

$$p_1, p_2 = -\frac{c}{2m} \pm i \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{c}{2m}\right)^2} \quad (3.34)$$

dimana $i = \sqrt{-1}$ adalah unit imajiner. Untuk hal ini perlu digunakan persamaan Euler yang menghubungkan fungsi-fungsi eksponensial dengan trigonometri yaitu,

$$\begin{aligned} e^{ix} &= \cos x + i \sin x, \\ e^{-ix} &= \cos x - i \sin x, \end{aligned} \quad (3.35)$$

Dengan mensubstitusi akar-akar p_1 dan p_2 dari persamaan (3.34) ke dalam persamaan (3.25) dan dengan menggunakan persamaan (3.35) akan memberikan bentuk solusi umum dari sistem redaman subkritis (*Underdamped System*).

$$y(t) = e^{-(c/2m)t} (A \cos \omega_D t + B \sin \omega_D t) \quad (3.36)$$

di mana A dan B adalah konstanta integrasi dan ω_D adalah frekuensi redaman dari sistem yang diberikan oleh,

$$\omega_D = \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{c}{2m}\right)^2} \quad (3.37)$$

atau

$$\omega_D = \omega \sqrt{1 - \xi^2} \quad (3.38)$$

Hasil terakhir ini didapatkan sesudah mensubstitusikan pada persamaan (3.37), besaran frekuensi natural tak teredam (*Undamped Natural Frekuensi*),

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3.39)$$

dan ratio redaman (*damping ratio*) dari sistem yang didefinisikan sebagai,

$$\xi = \frac{C}{C_{cr}} \quad (3.40)$$

Kemudian bila ditentukan kondisi awal (*initial conditions*) dari perpindahan dan kecepatan adalah y_0 dan v_0 , maka konstanta integrasi dapat dihitung kemudian disubstitusikan ke persamaan (3.36) memberikan,

$$y(t) = e^{-\xi \omega t} \left(y_0 \cos \omega_D t + \frac{v_0 + y_0 \xi \omega}{\omega_D} \sin \omega_D t \right) \quad (3.41)$$

Alternatif lain penulisan persamaan ini adalah,

$$y(t) = C e^{-\xi \omega t} \cos(\omega_D t - \alpha) \quad (3.42)$$

dimana

$$C = \sqrt{y_o^2 + \frac{(v_o + y_o \xi \omega)^2}{\omega_D^2}} \quad (3.43)$$

dan

$$\tan \alpha = \frac{(v_o + y_o \xi \omega)}{\omega_D y_o} \quad (3.44)$$

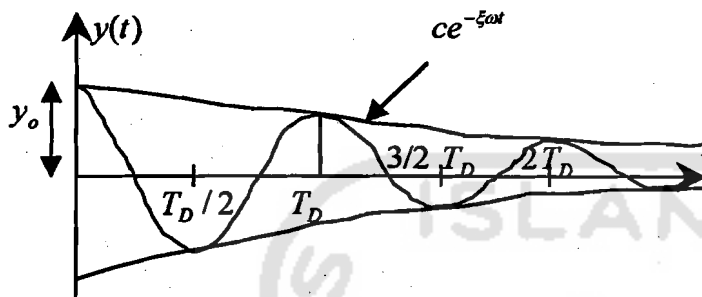
Redaman grafik dari respon pada suatu sistem redaman subkritis (*undamped system*) dengan perpindahan awal (*initial displacement*) y_o , tetapi mulai dengan kecepatan nol ($v_o = 0$) adalah seperti Gambar 3.7. Terlihat pada gambar ini bahwa gerak adalah osilasi tapi tidak periodik. Amplitudo dari getaran tidak konstan selaman gerakan tetapi berkurang setiap siklus, namun osilasi itu mempunyai interval waktu yang sama. Interval waktu ini disebut periode redaman getaran (*damped period of vibration*) dan diberikan oleh persamaan (3.38).

$$T_D = \frac{2\pi}{\omega_D} = \frac{2\pi}{\omega \sqrt{1 - \xi^2}} \quad (3.45)$$

Harga dari koefisien redaman untuk struktur adalah jauh lebih kecil dari koefisien redaman kritis dan biasanya diantara 2 sampai dengan 20 % dari harga redaman kritis. Substitusi harga maksimum $\xi = 0,20$ pada persamaan (3.38) akan diperoleh,

$$\omega_D = 0,98 \omega \quad (3.46)$$

teredam. Jadi dalam praktek, frekuensi natural dari sistem teredam dapat diambil sama dengan frekuensi natural sistem tak teredam.



Gambar 3.7 Respon Getaran Bebas untuk Sistem Redaman Subkritis

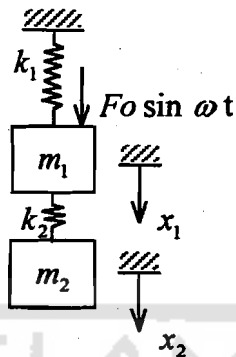
3.3.1 Filosofi Dasar Penyerapan Energi

Sebuah sistem pegas-massa k_2, m_2 pada Gambar 3.5 yang diselaraskan dengan frekuensi gaya eksitasi sedemikian hingga $\omega^2 = k_2 / m_2$, akan berfungsi sebagai penyerap energi dan mereduksi gerak massa utama m_1 menjadi nol. Dengan substitusi :

$$\omega_1^2 = \frac{k_1}{m_1}, \omega_2^2 = \frac{k_2}{m_2}, \mu = \frac{m_1}{m_2} \quad (3.47)$$

dan asumsi bahwa gerak adalah harmonik, maka persamaan untuk amplitudo X_1 dapat dibuktikan sama dengan :

$$\frac{X_1 k_1}{F_0} = \frac{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_2} \right)^2 \right]}{\left[1 + \frac{k_2}{k_1} - \left(\frac{\omega}{\omega_1} \right)^2 \right] \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_2} \right)^2 \right] - \frac{k_2}{k_1}} \quad (3.48)$$



Gambar 3.8 Penyerapan Energi

Diketahui bahwa $k_2/k_1 = \mu(\omega_2/\omega_1)^2$, karena sistem mempunyai dua derajat kebebasan, maka ada dua frekuensi natural. Sejauh ini tidak ada yang dikatakan tentang ukuran massa penyerap. Pada $\omega = \omega_2$, amplitudo $X_1 = 0$, tetapi massa penyerap mengalami amplitudo yang sama dengan

$$X_2 = -\frac{F_0}{k_2} \quad (3.49)$$

Karena gaya yang bekerja pada m_2 adalah

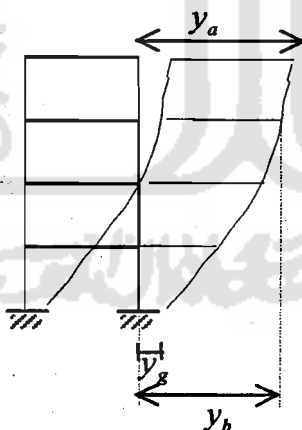
$$k_2 X_2 = \omega^2 m_2 X_2 = -F_0 \quad (3.50)$$

maka sistem penyerap k_2, m_2 mengadakan gaya yang sama besar dan berlawanan arah dengan gaya pengganggu. Jadi ukuran k_2 dan m_2 tergantung pada nilai X_2 yang diperbolehkan.

3.3.2 Jenis-jenis Simpangan dan Efeknya Terhadap Kerusakan

1. Simpangan Relatif

Simpangan ini adalah simpangan yang dihitung relatif terhadap lantai 1. Simpangan relatif ini mempunyai efek yang berpengaruh terhadap *Struktural Pounding*. Masalah *Struktural 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 terhadap lantai 1 yaitu $(y_a - y_g)$.

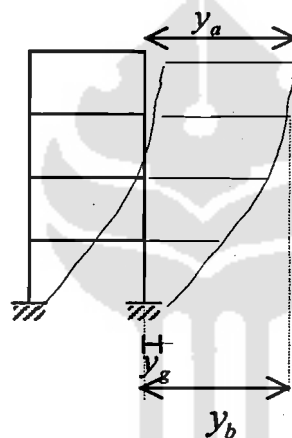


Gambar 3.9 Model Simpangan Relatif

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 cacatnya perencanaan konfigurasi bangunan yang berhubungan dengan kekakuan struktur. Terjadinya distribusi kekakuan struktur 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. Dihitung dengan $(y_a - y_b)$.



Gambar 3.10 Model Simpangan Antar Tingkat

3.4 Persamaan Diferensial Independen (*Uncoupling*)

Struktur pada kondisi standar yang mempunyai n derajat kebebasan akan mempunyai n *modes*. Pada prinsip ini, masing-masing *mode* akan memberikan kontribusi pada simpangan horizontal tiap-tiap massa. Simpangan massa ke- i atau Y_i dapat diperoleh dengan menjumlahkan pengaruh atau kontribusi tiap-tiap *modes*. Kontribusi mode ke- j terhadap simpangan horizontal massa ke- i tersebut dinyatakan dalam produk antara ϕ_{ij} dengan suatu model amplitudo Z_j . Yang dinyatakan dalam bentuk:

$$\{Y\} = [\phi]\{Z\} \quad (3.51a)$$

$$\{\dot{Y}\} = [\phi]\{\dot{Z}\} \quad (3.51b)$$

$$\{\ddot{Y}\} = [\phi]\{\ddot{Z}\} \quad (3.51c)$$

Substitusi persamaan (3.51) kedalam persamaan (3.21) akan diperoleh :

$$[M][\phi]\{\ddot{Z}\} + [C][\phi]\{\dot{Z}\} + [K][\phi]\{Z\} = -[M]\{1\}\ddot{y}, \quad (3.52)$$

Apabila persamaan (3.52) dikalikan dengan *transpose* suatu mode $\{\phi\}^T$, maka

$$\{\phi\}^T [M][\phi]\{\ddot{Z}\} + \{\phi\}^T [C][\phi]\{\dot{Z}\} + \{\phi\}^T [K][\phi]\{Z\} = -\{\phi\}^T [M]\{1\}\ddot{y} \quad (3.53)$$

Misal, diambil sruktur yang mempunyai 3 derajat kebebasan, maka suku pertama persamaaan gerak (3.53) berbentuk :

$$[\phi_{11} \quad \phi_{21} \quad \phi_{31}] \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_1 & 0 \\ 0 & 0 & m_1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_{11} \\ \phi_{21} \\ \phi_{31} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{Z}_1 \\ \ddot{Z}_2 \\ \ddot{Z}_3 \end{Bmatrix} \quad (3.54)$$

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

$$\phi_m^T [M] \phi_n = 0 \quad (3.55 a)$$

$$\phi_m^T [K] \phi_n = 0 \quad (3.55b)$$

$$\phi_m^T [C] \phi_n = 0 \quad (3.55c)$$

Untuk *mode* ke n maka secara umum persamaan (3.54) dapat ditulis dengan :

$$\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \ddot{Z}_n \quad (3.56)$$

Persamaan (3.53) pada suku ke-2 dan ke-3 diubah seperti pada persamaan (3.56), maka persamaan akan menjadi :

$$\begin{aligned} \{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \ddot{Z}_n + \{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n \dot{Z}_n + \{\phi\}_n^T [K] \{\phi\}_n Z_n \\ = -\{\phi\}_n^T [M] \{1\} \ddot{y}_i \end{aligned} \quad (3.57)$$

Persamaan (3.57) adalah persamaan diferensial yang bebas/*independent* antara satu dengan yang lain. Persamaan tersebut diperoleh setelah diterapkan hubungan orthogonal, baik orthogonal matriks massa, redaman, kekakuan. Dengan demikian untuk n derajat dengan n persamaan diferensial yang dahulu bersifat *coupling* sekarang menjadi *independent/uncoupling*. Dengan sifat-sifat tersebut maka persamaan diferensial dapat diselesaikan untuk setiap pengaruh *mode*.

Berdasarkan persamaan (3.57) maka dapat didefinisikan suatu generalisasi massa (*generalized mass*), redaman dan kekakuan sebagai berikut,

$$M_n^* = (\phi)_n^T [M] \{\phi\}_n \quad (3.58 a)$$

$$C_n^* = (\phi)_n^T [C] \{\phi\}_n \quad (3.58b)$$

$$K_n^* = (\phi)_n^T [K] \{\phi\}_n \quad (3.58c)$$

Dengan definisi seperti persamaan (3.58) maka persamaan (3.57) akan menjadi:

$$M_n^* \ddot{Z}_n + C_n^* \dot{Z}_n + K_n^* Z_n = -P_n^* \ddot{y}_i \quad (3.59)$$

Dengan,

$$P_n^* = \{\phi\}_n^T [M] \{1\} \quad (3.60)$$

Terdapat suatu hubungan bahwa :

$$\xi_n = \frac{C_n^*}{C_n^*} = \frac{C_n^*}{2M_n^* \omega_n}, \text{ maka } \frac{C_n^*}{M_n^*} = 2\xi_n \omega_n \quad (3.61a)$$

$$\omega_n^2 = \frac{K_n^*}{M_n^*} \text{ dan } \Gamma_n = \frac{P_n^*}{M_n^*} \quad (3.61b)$$

Dengan hubungan-hubungan seperti pada persamaan (3.61) maka persamaan (3.60) akan menjadi :

$$\ddot{Z}_n + 2\xi_n \omega_n \dot{Z}_n + \omega_n^2 Z_n = -\Gamma_n \ddot{y}_i \quad (3.62)$$

Dan persamaan (3.63) sering disebut dengan partisipasi setiap mode *mode participation factor*.

$$\Gamma = \frac{P_n^*}{M_n^*} = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \quad (3.63)$$

Selanjutnya persamaan (3.62) juga dapat ditulis menjadi :

$$\frac{\ddot{Z}_n}{\Gamma_n} + 2\xi_n \frac{\dot{Z}_n}{\Gamma_n} + \omega_n^2 \frac{Z_n}{\Gamma_n} = -\ddot{y}_i \quad (3.64)$$

apabila diambil suatu notasi bahwa :

$$\ddot{q}_n = \frac{\ddot{Z}_n}{\Gamma_n}, \dot{q}_n = \frac{\dot{Z}_n}{\Gamma_n} \text{ dan } q_n = \frac{Z_n}{\Gamma_n} \quad (3.65)$$

Maka persamaan (3.64) menjadi :

$$\ddot{q}_n + 2\xi_n \omega_n \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = -\Gamma_n \ddot{y}_t \quad (3.66)$$

Persamaan (3.66) adalah persamaan diferensial yang *independent* karena persamaan tersebut hanya berhubungan dengan tiap-tiap *mode*.

Nilai partisipasi setiap *mode* 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.

3.5 Respon terhadap Beban Gempa

Dengan gerakan yang disebabkan adanya beban gempa dapat diselesaikan dengan persamaan (3.66). Nilai $q(t)$ dapat diperoleh dengan membandingkan antara persamaan (3.66) dengan persamaan gerakan *mode* ke- n sistem dari SDOF. Sistem SDOF mempunyai frekuensi natural (*natural frequency*) (ω_n) dan rasio redaman (ξ) *mode* ke- n dari sistem MDOF, dengan $n = 1, 2, 3, \dots, n$

Nilai yang akan dicari adalah $q_n(t)$, dan misalnya dipakai metode *central difference* maka proses integrasi adalah sebagai berikut. Pada metode *central difference*, diperoleh hubungan awal bahwa:

$$\dot{q}_n = \frac{q_{n+1} - q_{n-1}}{2\Delta t} \quad \ddot{q}_n = \frac{q_{n+1} - 2q_n + q_{n-1}}{(\Delta t)^2} \quad (3.67)$$

Substitusi persamaan (3.67) kedalam persamaan (3.66) akan diperoleh,

$$\frac{q_{n+1} - 2q_n + q_{n-1}}{(\Delta t)^2} + 2\xi\omega_n \frac{q_{n+1} - q_{n-1}}{2\Delta t} + \omega_n^2 q_n = -\ddot{y}_t \quad (3.68)$$

Persamaan (3.68) dapat ditulis menjadi,

$$\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right] q_{n+1} = -\ddot{y}_n - \left[\omega_n^2 - \frac{2}{(\Delta t)^2} \right] q_n - \left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right] q_{n-1} \quad (3.69)$$

Persamaan (3.69) dapat ditulis menjadi,

$$q_{n+1} = \frac{-\ddot{y}_n - aq_n - bq_{n-1}}{\hat{k}} \quad (3.70)$$

Dengan,

$$a = \left[\omega_n^2 - \frac{2}{(\Delta t)^2} \right] \quad (3.71a)$$

$$b = \left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right] \quad (3.71b)$$

$$\hat{k} = \left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right] \quad (3.71c)$$

Setelah diperoleh nilai q untuk tiap-tiap *mode*. Selanjutnya nilai simpangan tiap *mode* dapat diperoleh $y_n(t)$:

$$y_n(t) = \Gamma_n \phi_n q_n(t) \quad (3.72)$$

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.

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 respon spektra 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 sebagai berikut:

1. menentukan matrik massa $[M]$ dan kekakuan kolom $[K]$ tiap tingkat,
2. membuat persamaan *eigenproblem* untuk menghitung *mode shape* (ϕ_j),
3. mengubah tata letak redaman pada tiap-tiap tingkat dan menentukan matrik redaman $[C]$,
4. menghitung matrik massa efektif $[M^*]$ dan matrik kekakuan efektif $[K^*]$,
5. menghitung matrik redaman efektif $[C^*]$, yang kemudian hanya digunakan matrik redaman diagonal efektif,
6. menghitung frekuensi sudut (ω),
7. menghitung nilai partisipasi faktor (Γ),
8. menghitung rasio redaman (ξ),
9. mencari nilai q ,
10. 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 yaitu sebesar 283,5 kg/(cm/sec) untuk satu buah redaman.

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.

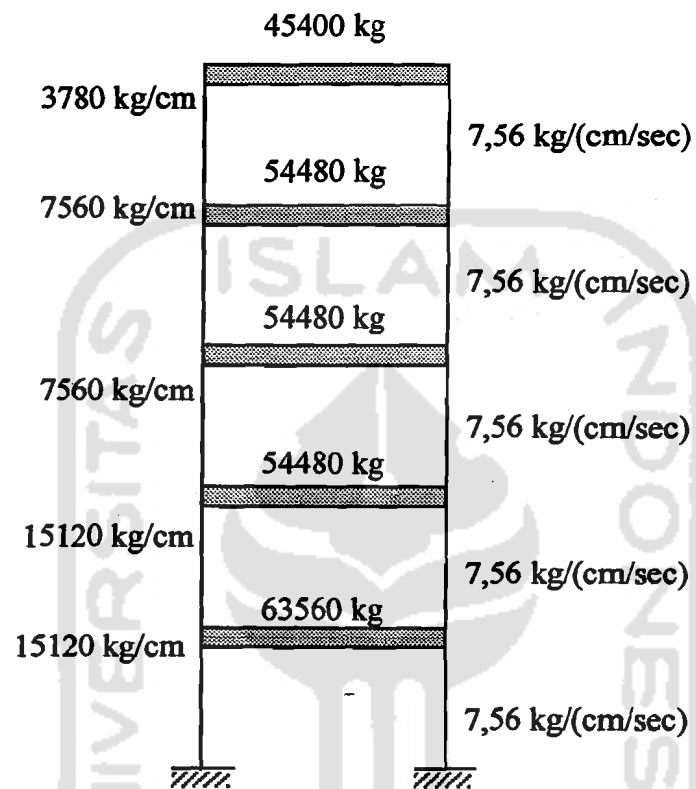
Tabel 4.1 Pengujian terhadap Perletakan *Magnetorheological Damper*

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</i> pada Tingkat 1 dan 2	(4.7)	(4.7)
8	<i>MR Damper</i> pada Tingkat 2 dan 3	(4.8)	(4.8)
9	<i>MR Damper</i> pada Tingkat 3 dan 4	(4.9)	(4.9)
10	<i>MR Damper</i> pada Tingkat 4 dan 5	(4.10)	(4.10)

Tabel 4.1 Lanjutan

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

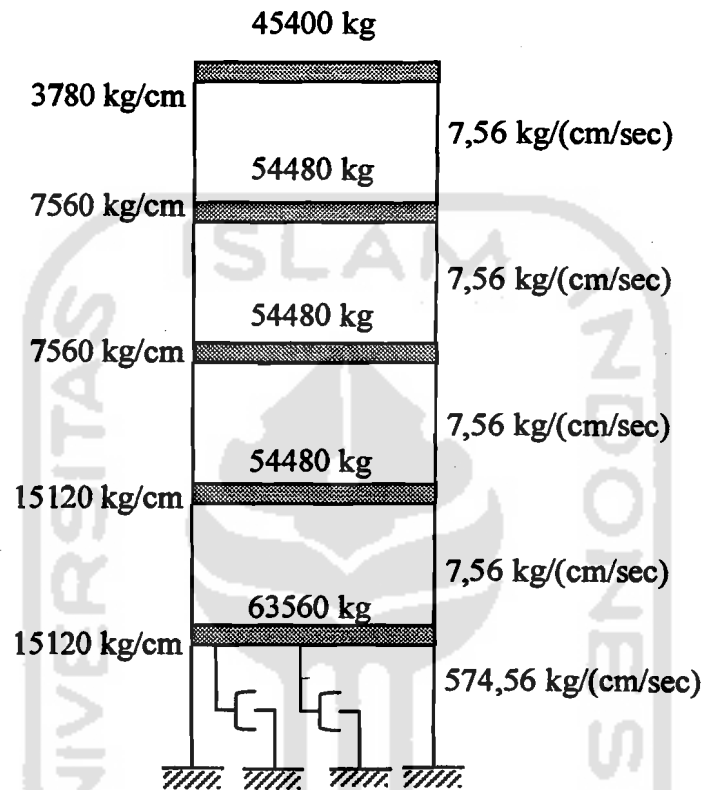
1. Posisi tanpa peredam tambahan.



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

$$[C_1] = \begin{bmatrix} 15,12 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

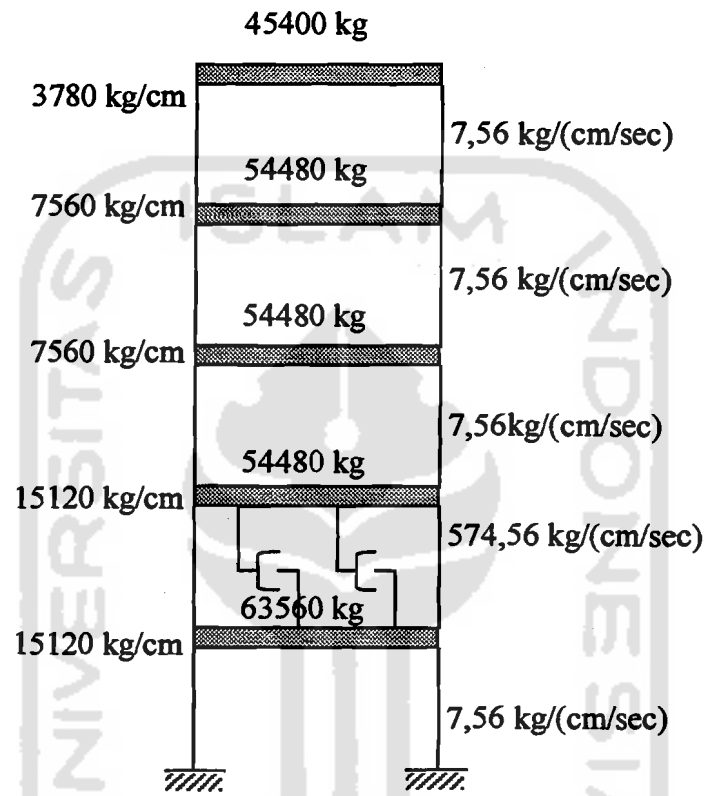
2. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat pertama



Gambar 4.2 Struktur dengan posisi kedua MR *damper* pada tingkat pertama

$$[C_2] = \begin{bmatrix} 582,12 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

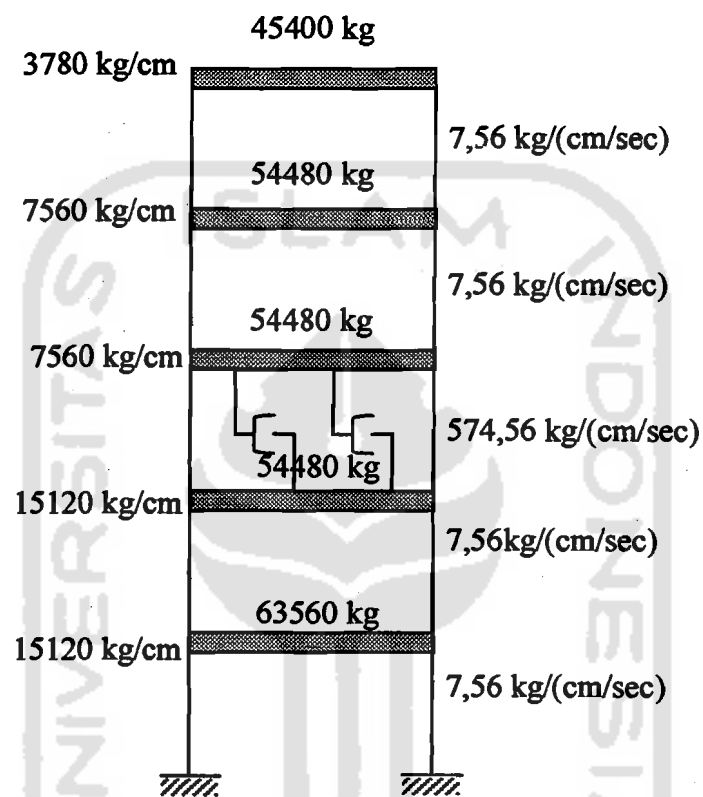
3. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat kedua



Gambar 4.3 Struktur dengan posisi kedua MR damper pada tingkat kedua

$$[C_3] = \begin{bmatrix} 582,12 & -574,56 & 0 & 0 & 0 \\ -574,56 & 582,12 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

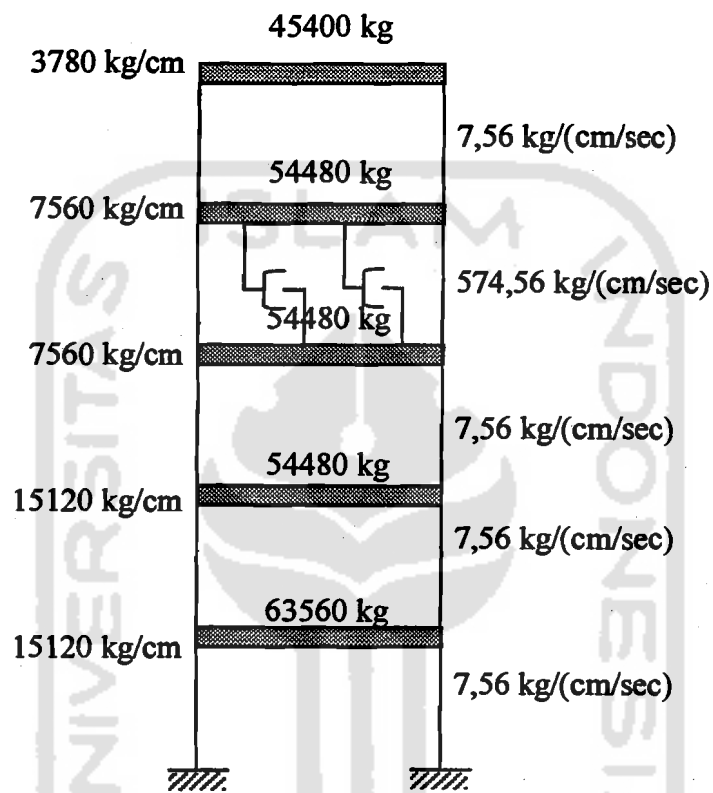
4. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat ketiga



Gambar 4.4 Struktur dengan posisi kedua MR *damper* pada tingkat ketiga

$$[C_4] = \begin{bmatrix} 15,12 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 582,12 & -574,56 & 0 & 0 \\ 0 & -574,56 & 582,12 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

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

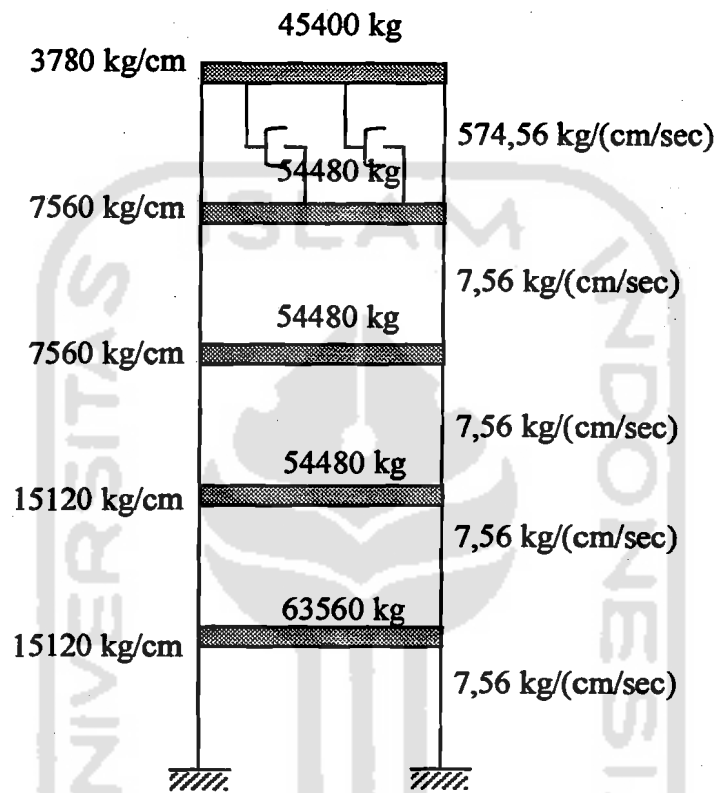


Gambar 4.5 Struktur dengan posisi kedua MR *damper* pada tingkat keempat

$$[C_s] = \begin{bmatrix} 15,12 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 582,12 & -574,56 & 0 \\ 0 & 0 & -574,56 & 582,12 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$



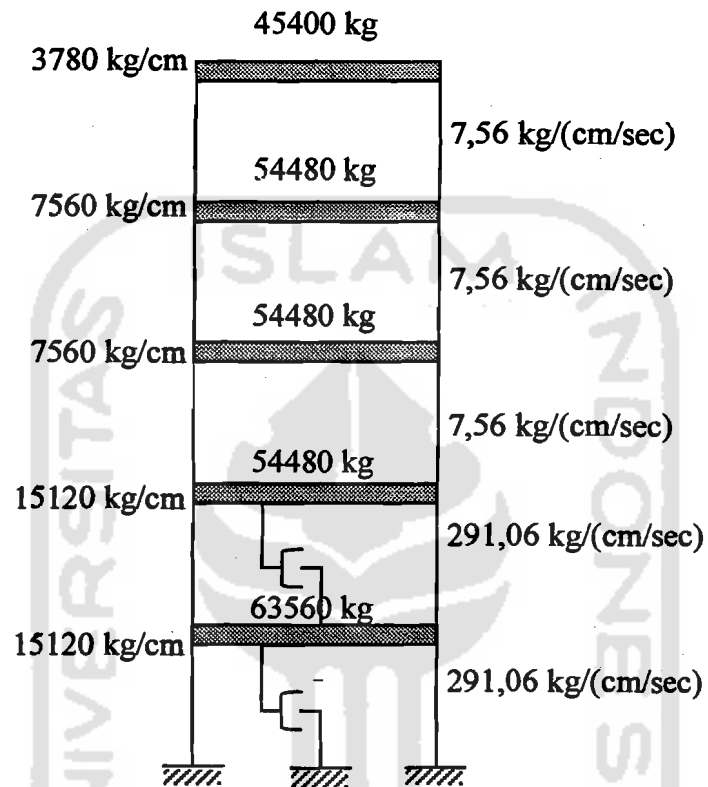
6. Posisi kedua *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat kelima



Gambar 4.6 Struktur dengan posisi kedua MR *dampers* pada tingkat kelima

$$[C_6] = \begin{bmatrix} 15,12 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 582,12 & -574,56 \\ 0 & 0 & 0 & -574,56 & 574,56 \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

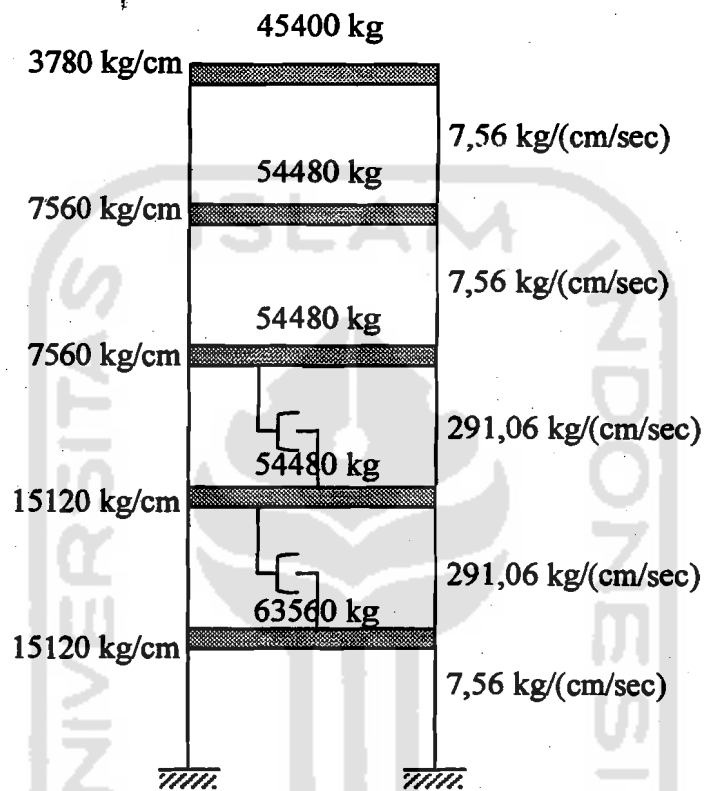
7. Posisi *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat pertama dan kedua



Gambar 4.7 Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat pertama dan kedua

$$[C_7^*] = \begin{bmatrix} 582,12 & -291,06 & 0 & 0 & 0 \\ -291,06 & 298,62 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

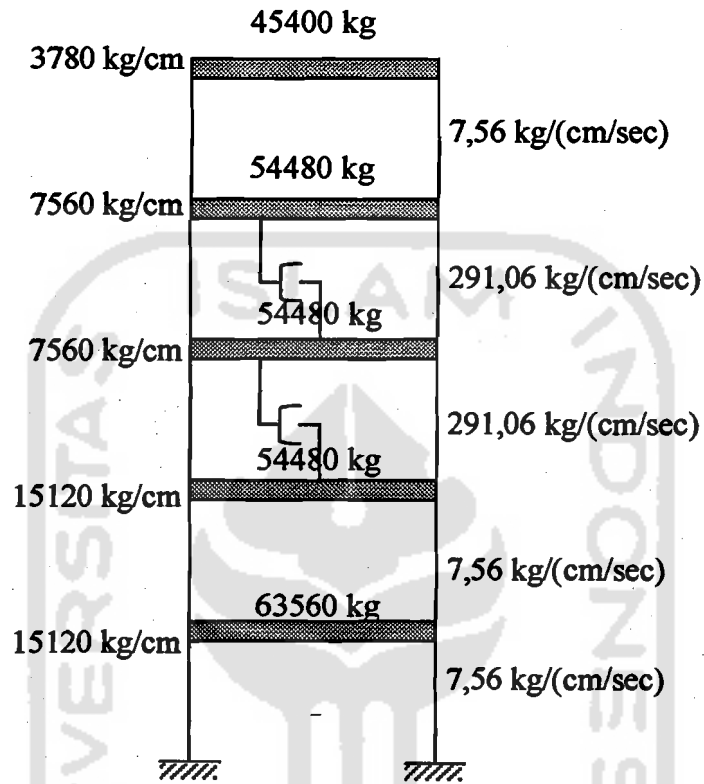
8. Posisi *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat kedua dan ketiga



Gambar 4.8 Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat kedua dan ketiga

$$[C_8] = \begin{bmatrix} 298,62 & -291,06 & 0 & 0 & 0 \\ -291,06 & 582,12 & -291,06 & 0 & 0 \\ 0 & -291,06 & 298,62 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

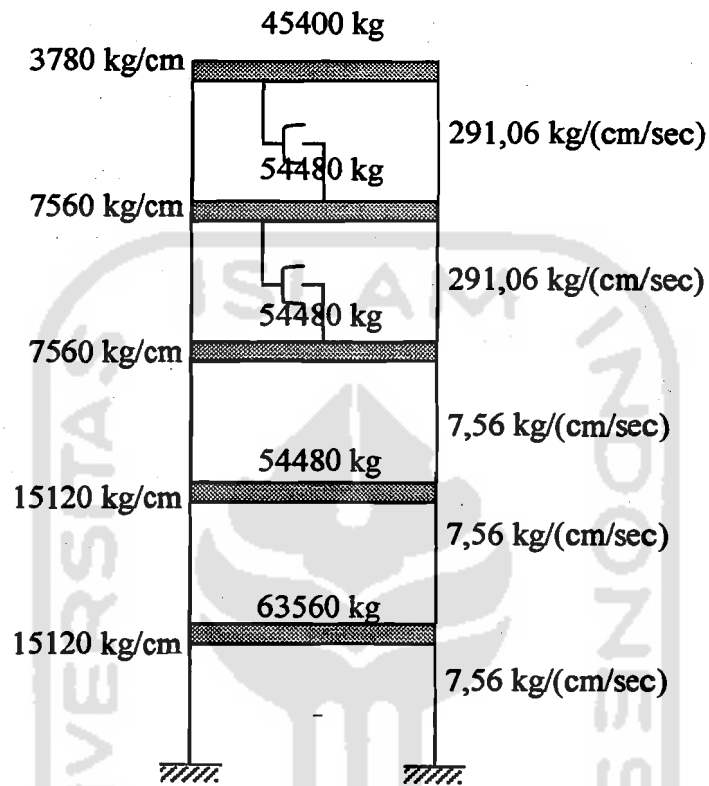
9. Posisi *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat ketiga dan keempat



Gambar 4.9 Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat ketiga dan keempat

$$[C_9] = \begin{bmatrix} 15,12 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 298,62 & -291,06 & 0 & 0 \\ 0 & -291,06 & 582,12 & -291,06 & 0 \\ 0 & 0 & -291,06 & 298,62 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

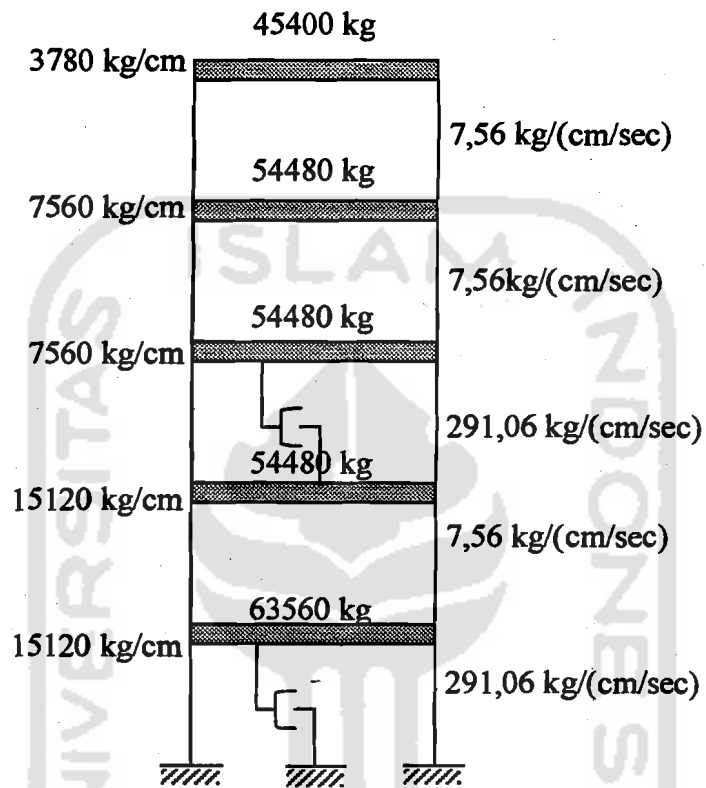
10. Posisi *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat keempat dan kelima



Gambar 4.10 Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat keempat dan kelima

$$[C_{10}] = \begin{bmatrix} 15,12 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 298,62 & -291,06 & 0 \\ 0 & 0 & -291,06 & 582,12 & -291,06 \\ 0 & 0 & 0 & -291,06 & 291,06 \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

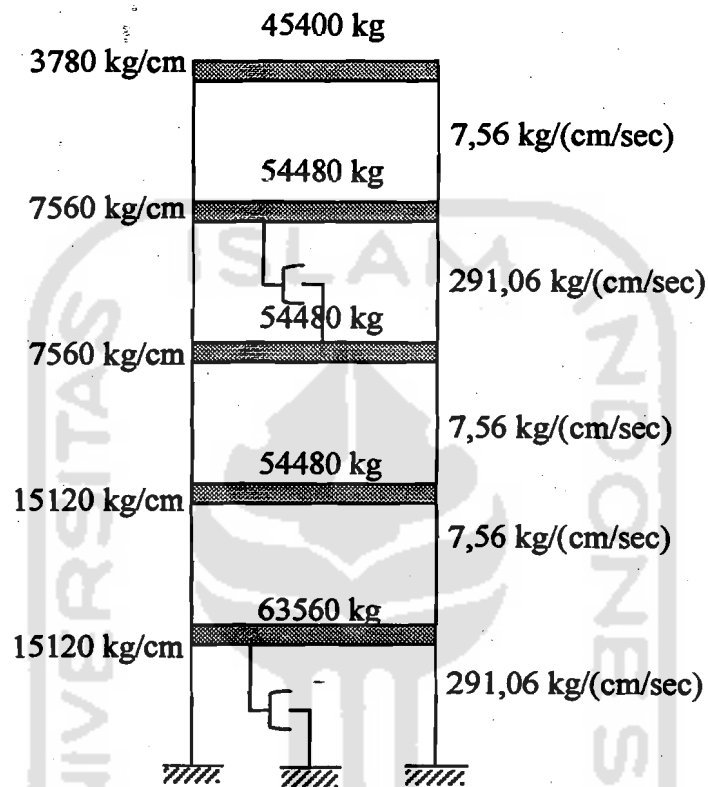
11. Posisi *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat pertama dan ketiga



Gambar 4.11 Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat pertama dan ketiga

$$[C_{11}] = \begin{bmatrix} 298,62 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 298,62 & -291,06 & 0 & 0 \\ 0 & -291,06 & 298,62 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

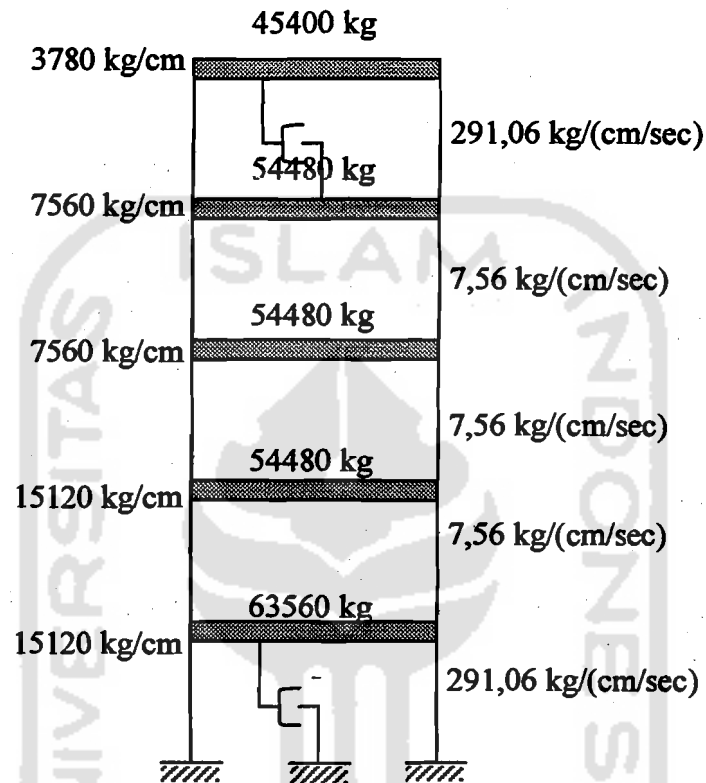
12. Posisi *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat pertama dan keempat



Gambar 4.12 Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat pertama dan keempat

$$[C_{12}] = \begin{bmatrix} 298,62 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 298,62 & -291,06 & 0 \\ 0 & 0 & -291,06 & 298,62 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

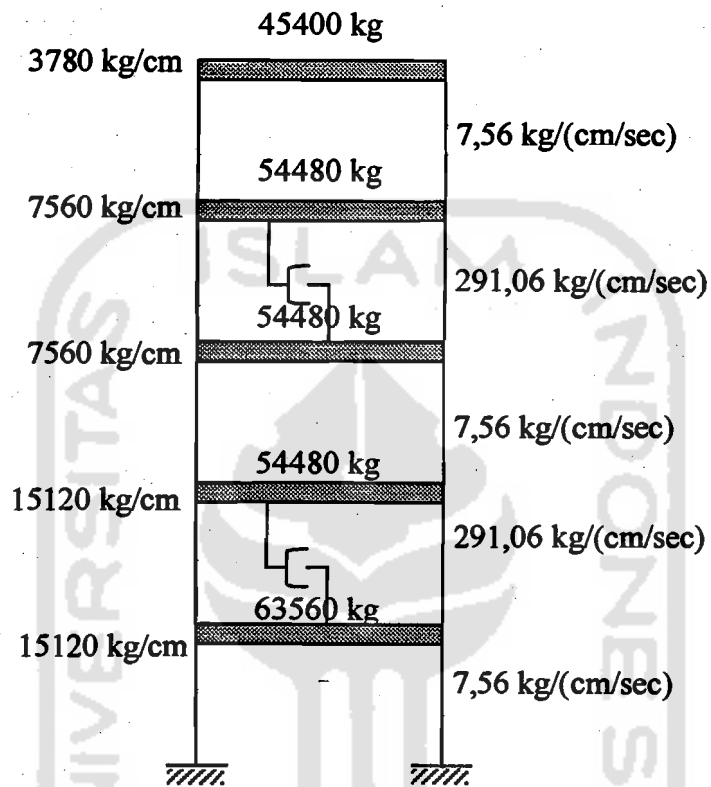
13. Posisi *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat pertama dan kelima



Gambar 4.13 Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat pertama dan kelima

$$[C_{13}] = \begin{bmatrix} 298,62 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 298,62 & -291,06 \\ 0 & 0 & 0 & -291,06 & 291,06 \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

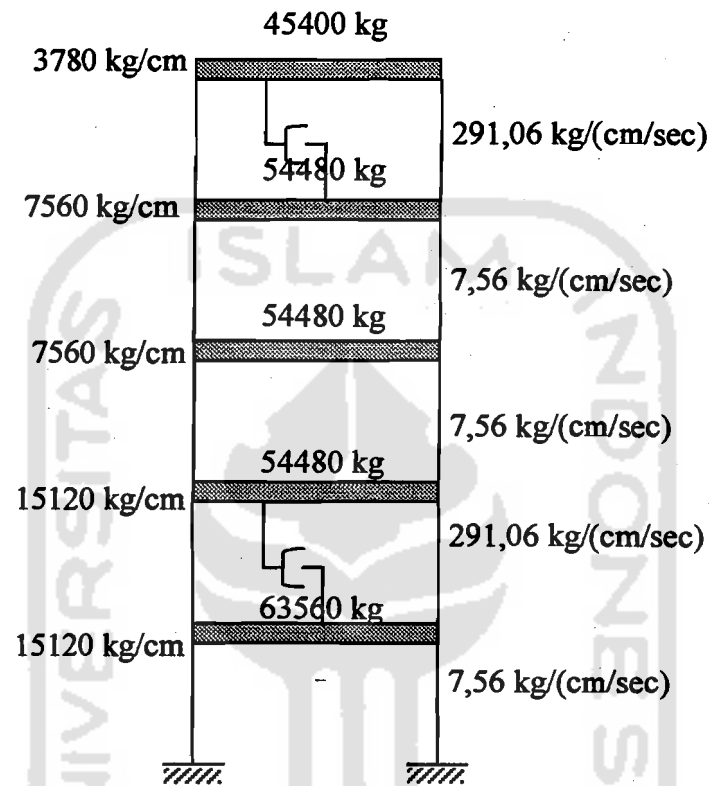
14. Posisi *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat kedua dan keempat



Gambar 4.14 Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat kedua dan keempat

$$[C_{14}] = \begin{bmatrix} 298,62 & -291,06 & 0 & 0 & 0 \\ -291,06 & 298,62 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 298,62 & -291,06 & 0 \\ 0 & 0 & -291,06 & 298,62 & -7,56 \\ 0 & 0 & 0 & -7,56 & 7,56 \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

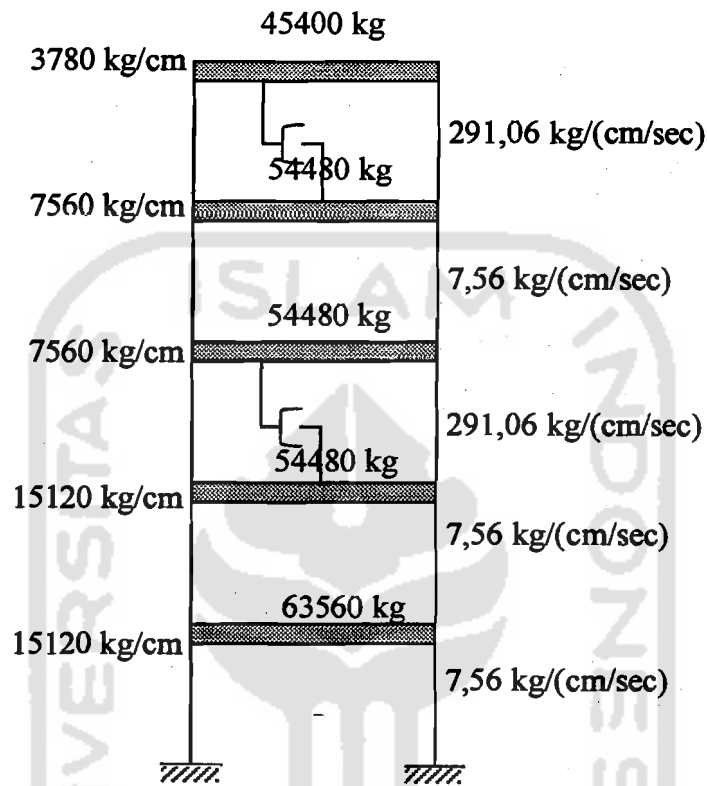
15. Posisi *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat kedua dan kelima



Gambar 4.15 Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat kedua dan kelima

$$[C_{15}] = \begin{bmatrix} 298,62 & -291,06 & 0 & 0 & 0 \\ -291,06 & 298,62 & -7,56 & 0 & 0 \\ 0 & -7,56 & 15,12 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 298,62 & -291,06 \\ 0 & 0 & 0 & -291,06 & 291,06 \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

16. Posisi *Magnetorheological Damper* diletakkan pada tingkat ketiga dan kelima



Gambar 4.16 Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat ketiga dan kelima

$$[C_{16}] = \begin{bmatrix} 15,12 & -7,56 & 0 & 0 & 0 \\ -7,56 & 298,62 & -291,06 & 0 & 0 \\ 0 & -291,06 & 298,62 & -7,56 & 0 \\ 0 & 0 & -7,56 & 298,62 & -291,06 \\ 0 & 0 & 0 & -291,06 & 291,06 \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

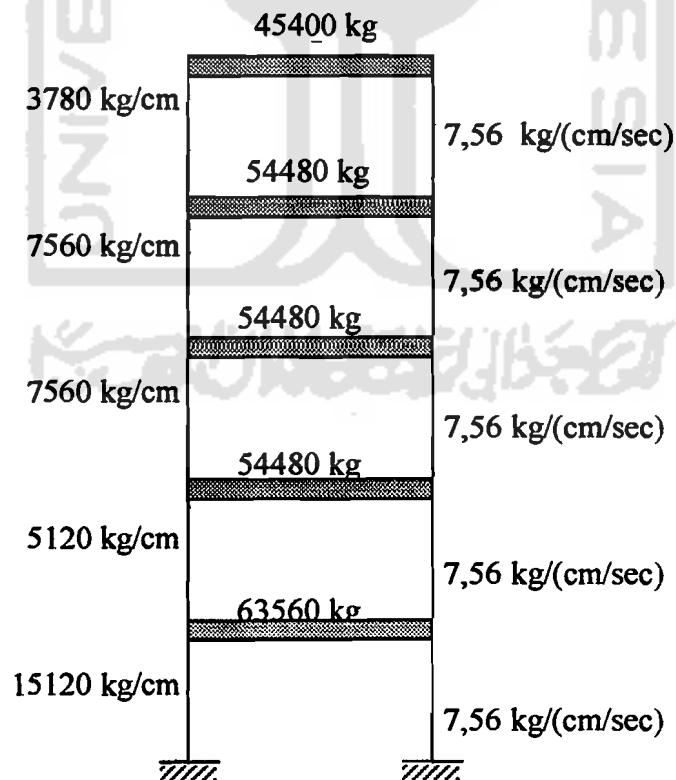
BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

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

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

Matrik massa dan kekakuan dari gambar diatas adalah :

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

$$[M] = \begin{bmatrix} 63560 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 54480 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 54480 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 54480 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 45400 \end{bmatrix} \quad (5.1b)$$

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

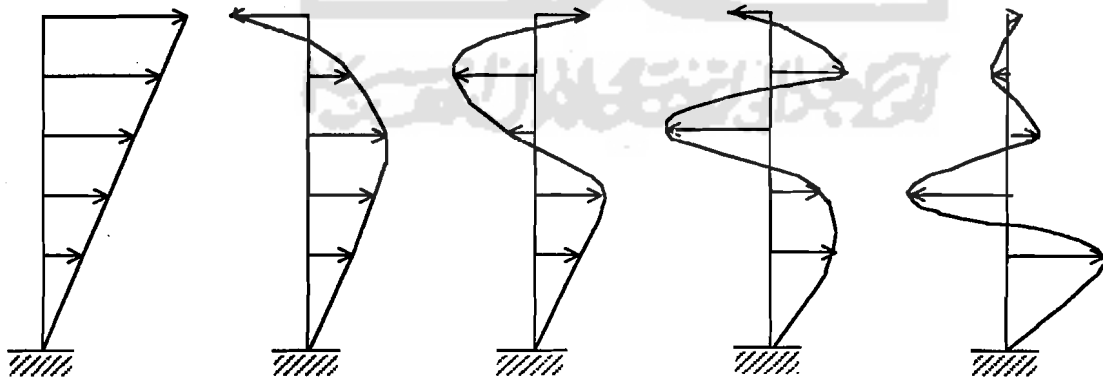
$$[K] = \begin{bmatrix} 30240 & -15120 & 0 & 0 & 0 \\ -15120 & 22680 & -7560 & 0 & 0 \\ 0 & -7560 & 15120 & -7560 & 0 \\ 0 & 0 & -7560 & 11340 & -3780 \\ 0 & 0 & 0 & -3780 & 3780 \end{bmatrix} \quad (5.2b)$$

Jika matrik massa dan kekakuan dimasukkan persamaan (3.18), maka :

$$\begin{bmatrix} 30240 - 63560 \omega^2 & -15120 & 0 & 0 & 0 \\ -15120 & 22680 - 54480 \omega^2 & -7560 & 0 & 0 \\ 0 & -7560 & 15120 - 54480 \omega^2 & -7560 & 0 \\ 0 & 0 & -7560 & 11340 - 54480 \omega^2 & -3780 \\ 0 & 0 & 0 & -3780 & 3780 - 45400 \omega^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \\ \phi_5 \end{Bmatrix} = 0 \quad (5.3)$$

Selanjutnya untuk memperoleh nilai *mode shape* dipakai program Matlab. Matlab adalah suatu program yang banyak dipakai untuk menyelesaikan persoalan matematika yang mempunyai variabel yang kompleks, persamaan diferensial dan lainnya. Nilai *mode shape* yang diperoleh adalah sebagai berikut (Lampiran 2 hal L2-b):

$$\phi_1 = \begin{Bmatrix} 0,1153 \\ 0,2225 \\ 0,4095 \\ 0,5463 \\ 0,6863 \end{Bmatrix}, \phi_2 = \begin{Bmatrix} 0,2840 \\ 0,4492 \\ 0,4572 \\ 0,1371 \\ -0,6998 \end{Bmatrix}, \phi_3 = \begin{Bmatrix} 0,4616 \\ 0,5110 \\ -0,1725 \\ -0,5920 \\ 0,3815 \end{Bmatrix}, \phi_4 = \begin{Bmatrix} 0,3654 \\ 0,1079 \\ -0,7225 \\ 0,5586 \\ -0,1443 \end{Bmatrix}, \phi_5 = \begin{Bmatrix} 0,6671 \\ -0,7031 \\ 0,2373 \\ -0,0649 \\ 0,0084 \end{Bmatrix} \quad (5.4)$$



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 :

$$[M^*] \{\ddot{q}\} + [K^*] \{q\} = \Gamma \ddot{y}_g(t) \quad (5.5a)$$

$$k_{ij} = [K^*] = \{\phi_i^T\} [K] \{\phi_j\}, \quad (5.5b)$$

$$m_{ij} = [M^*] = \{\phi_i^T\} [M] \{\phi_j\}, \quad (5.5c)$$

Elemen dari massa efektif dan kekakuan efektif adalah sebagai berikut (Lampiran 2 hal L2-f,g) :

$$[M^*] = \begin{bmatrix} 5,0321 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5,0765 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5,5091 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5,5504 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5,8518 \end{bmatrix} (1.0e+004^*) \text{ kg} \quad (5.6a)$$

$$[K^*] = \begin{bmatrix} 0,0855 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5055 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,1703 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2,2510 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4,2512 \end{bmatrix} (1.0e+004^*) \text{ kg/cm} \quad (5.6b)$$

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

$$\sqrt{[M^*]^{-1}} [K] = \begin{bmatrix} \omega_1^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega_2^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \omega_3^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \omega_4^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_5^2 \end{bmatrix} \quad (5.7a)$$

$$= \begin{bmatrix} 0,6558 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,6019 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2,5392 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3,5347 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4,9877 \end{bmatrix} (1.0e+004^*)\text{sec}^{-2} \quad (5.7b)$$

Faktor partisipasi tiap mode dihitung dengan persamaan (3.34) :

$$\Gamma_n = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \quad (5.8)$$

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

$$\Gamma_1 = 2,0405; \Gamma_2 = 0,8451; \Gamma_3 = 0,5963; \Gamma_4 = 0,2418; \Gamma_5 = 0,2372 \quad (5.9)$$

5.1.2 Efek Redaman

Persamaan gerakan dengan redaman adalah sebagai berikut :

$$[M]\{\ddot{y}\} + [C]\{\dot{y}\} + [K]\{y\} = \Gamma \ddot{y}_g \quad (5.10)$$

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

$$\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \ddot{q}_n + \{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n \dot{q}_n + \{\phi\}_n^T [K] \{\phi\}_n q_n = \{\phi\}_n^T \ddot{y}_g \quad (5.11)$$

Elemen dari matrik redaman efektif adalah :

$$c_y^* = \{\phi\}_i^T [C]_j \quad (5.12)$$

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

$$[C_1^*] = \begin{bmatrix} 0,7414 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6,8862 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 13,6562 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 22,8665 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 24,9746 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13a)$$

$$[C_2^*] = \begin{bmatrix} 8,2792 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 52,6182 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 134,4694 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 98,5708 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 277,3023 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13b)$$

$$[C_3^*] = \begin{bmatrix} 0,0073 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,0224 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,0150 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,0605 & -0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1,0895 \end{bmatrix} (1.0e+004^*) \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13c)$$

$$[C_4^*] = \begin{bmatrix} 20,5688 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6,9225 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 278,5428 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 413,8494 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 526,4023 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13d)$$

$$[C_5^*] = \begin{bmatrix} 11,3524 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 64,9833 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 113,4370 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 953,4367 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 76,7558 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13e)$$

$$[C_6^*] = \begin{bmatrix} 11,8546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 404,0139 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 551,0033 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 303,0033 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 28,0210 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13f)$$

$$[C_7^*] = \begin{bmatrix} 7,7682 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 37,4892 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 74,7546 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 79,5165 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 683,3950 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13g)$$

$$[C_8^*] = \begin{bmatrix} 13,9131 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 14,6414 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 146,7913 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 237,1558 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 807,9450 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13h)$$

$$[C_9^*] = \begin{bmatrix} 15,6141 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 34,5405 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 194,1620 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 683,5616 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 298,1186 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13i)$$

$$[C_{10}^*] = \begin{bmatrix} 11,6035 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 234,4986 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 332,2201 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 628,2200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 52,3884 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13j)$$

$$[C_{11}^*] = \begin{bmatrix} 14,4240 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 29,7703 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 206,5061 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 256,2101 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 401,8523 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13k)$$

$$[C_{12}^*] = \begin{bmatrix} 9,8158 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 58,8008 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 123,9532 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 526,0037 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 177,0291 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13l)$$

$$[C_{13}^*] = \begin{bmatrix} 10,0669 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 228,3161 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 342,7364 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 200,7870 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 152,6617 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13m)$$

$$[C_{14}^*] = \begin{bmatrix} 9,3048 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 43,6718 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 64,2384 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 506,9494 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 583,1217 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13n)$$

$$[C_{15}^*] = \begin{bmatrix} 9,5559 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 213,1871 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 283,0216 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 181,7327 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 558,7543 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13o)$$

$$[C_{16}^*] = \begin{bmatrix} 16,2117 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 205,4682 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 414,7731 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 358,4264 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 277,2117 \end{bmatrix} \text{ kg/(cm/sec)} \quad (5.13p)$$

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 ditentukan 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

Seperti yang diperlihatkan pada persamaan (3.37), maka persamaan gerakan dengan redaman adalah sebagai berikut :

$$\ddot{q}_n + 2\xi_n \omega_n \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = -\Gamma_n \ddot{y}_g(t) \quad (5.14)$$

Jika

$$2\xi_n\omega_n = \frac{\{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \quad (5.15)$$

Maka Persamaan diatas akan menjadi :

$$\ddot{q}_n + \frac{\{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}_n}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \ddot{y}_g(t) \quad (5.16)$$

Penyelesaian dari persamaan gerak di atas terdiri dari lima persamaan :

$$\ddot{q}_1 + 0,00993 \dot{q}_1 + 348,4326 q_1 = 2,0405 \ddot{y}_g(t) \quad (5.17a)$$

$$\ddot{q}_2 - 0,0109 \dot{q}_2 + 2079,2513 q_2 = 0,8451 \ddot{y}_g(t) \quad (5.17b)$$

$$\ddot{q}_3 + 0,0454 \dot{q}_3 + 5224,0582 q_3 = 0,5963 \ddot{y}_g(t) \quad (5.17c)$$

$$\ddot{q}_4 + 0,0754 \dot{q}_4 + 10123,9930 q_4 = 0,2418 \ddot{y}_g(t) \quad (5.17d)$$

$$\ddot{q}_5 + 0,0782 \dot{q}_5 + 20158,0412 q_5 = 0,2373 \ddot{y}_g(t) \quad (5.17e)$$

Contoh persamaan diatas adalah persamaan gerakan tanpa menggunakan *Magnetorheological Damper*. Jadi untuk tiap posisi peredaman yang berbeda akan mempunyai persamaan yang berbeda. Untuk Posisi peredam yang lain dikerjakan seperti diatas. Sehingga dari persamaan diatas akan dihasilkan nilai redaman kritis, seperti pada Tabel 5.1. (Lampiran 2 hal L2-(o-q))

Tabel 5.1 Nilai Redaman pada tiap perubahan posisi *MR Damper* (variasi 1-6)

Nilai Rasio Redaman Kritis (ξ)						
	Tanpa Redaman	Tingkat 1	Tingkat 2	Tingkat 3	Tingkat 4	Tingkat 5
ξ_1	0,0018	0,0198	0,0173	0,0491	0,0271	0,0283
ξ_2	0,0067	0,0514	0,0218	0,0068	0,0635	0,3948
ξ_3	0,0084	0,0829	0,0093	0,1717	0,0699	0,3397
ξ_4	0,0101	0,0436	0,0268	0,1833	0,4222	0,1342
ξ_5	0,0078	0,0870	0,3419	0,1652	0,0241	0,0088

Setelah nilai rasio redaman diketahui untuk setiap posisi redaman pada tiap-tiap mode, selanjutnya dicari nilai q menggunakan metode *central difference*.

Simpangan dihitung dengan menggunakan persamaan (3.43),

$$y_n(t) = \Gamma_n \phi_n q_n(t) \quad (5.18)$$

5.2 Pembahasan

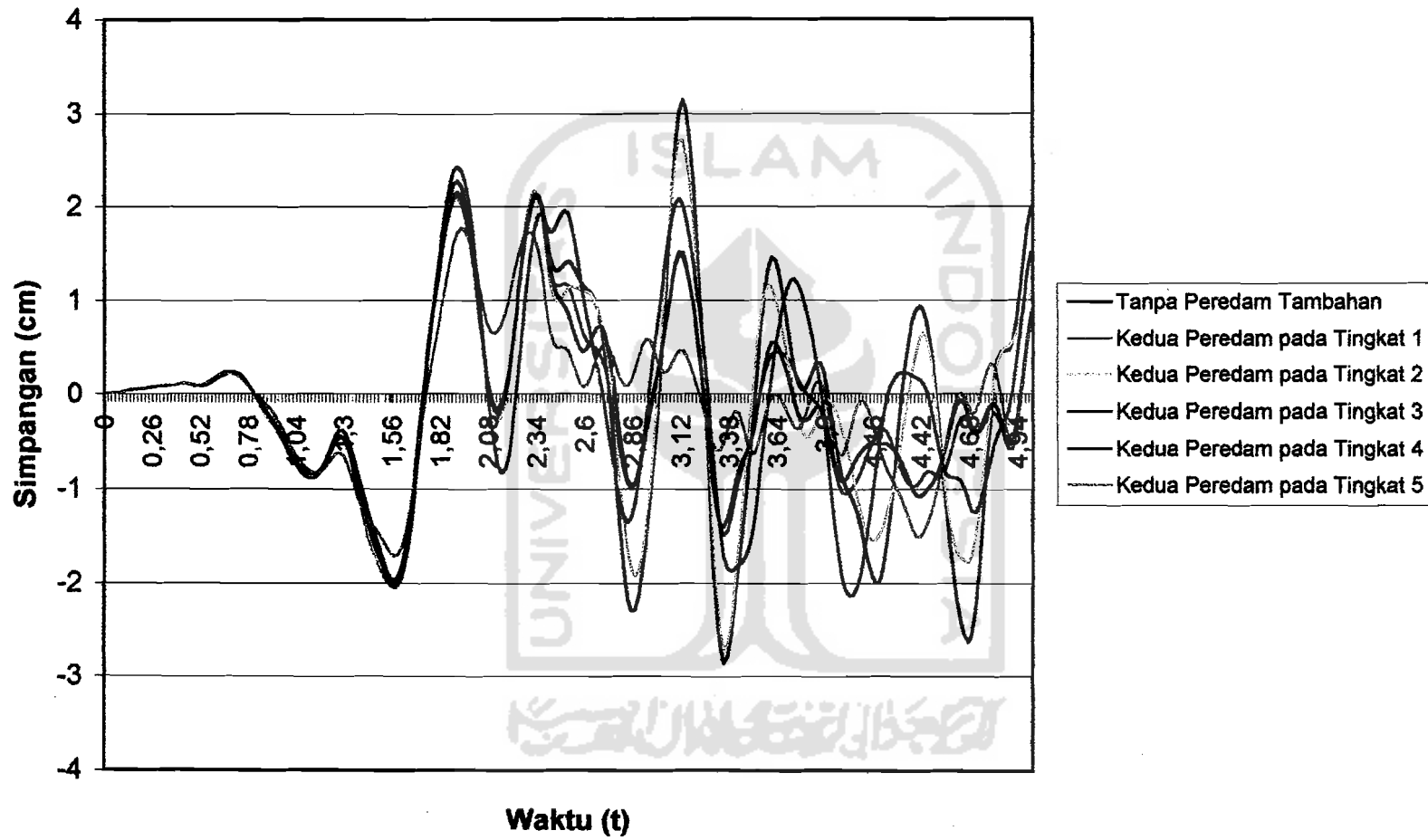
Pada sub pembahasan ini meliputi simpangan relatif dan jarak antar bangunan yang ditinjau dari simpangan maksimum yang didapat.

Simpangan Relatif

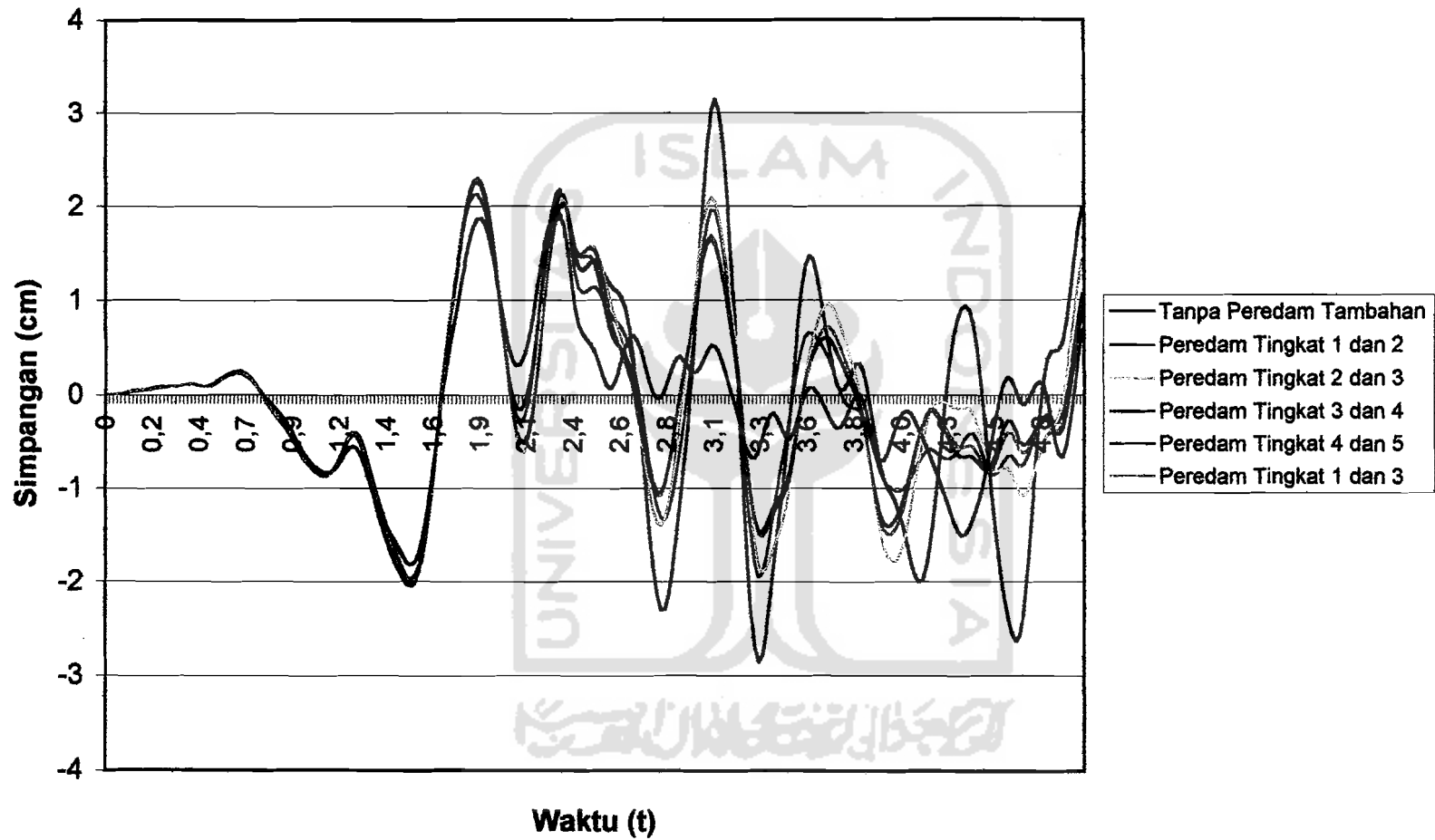
Suatu struktur akan bergetar jika mendapat pembebanan dari luar, baik berupa beban angin, getaran mesin atau gempa bumi. Getaran yang terjadi akibat pembebanan dari luar akan menyebabkan terjadinya simpangan pada struktur.

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).

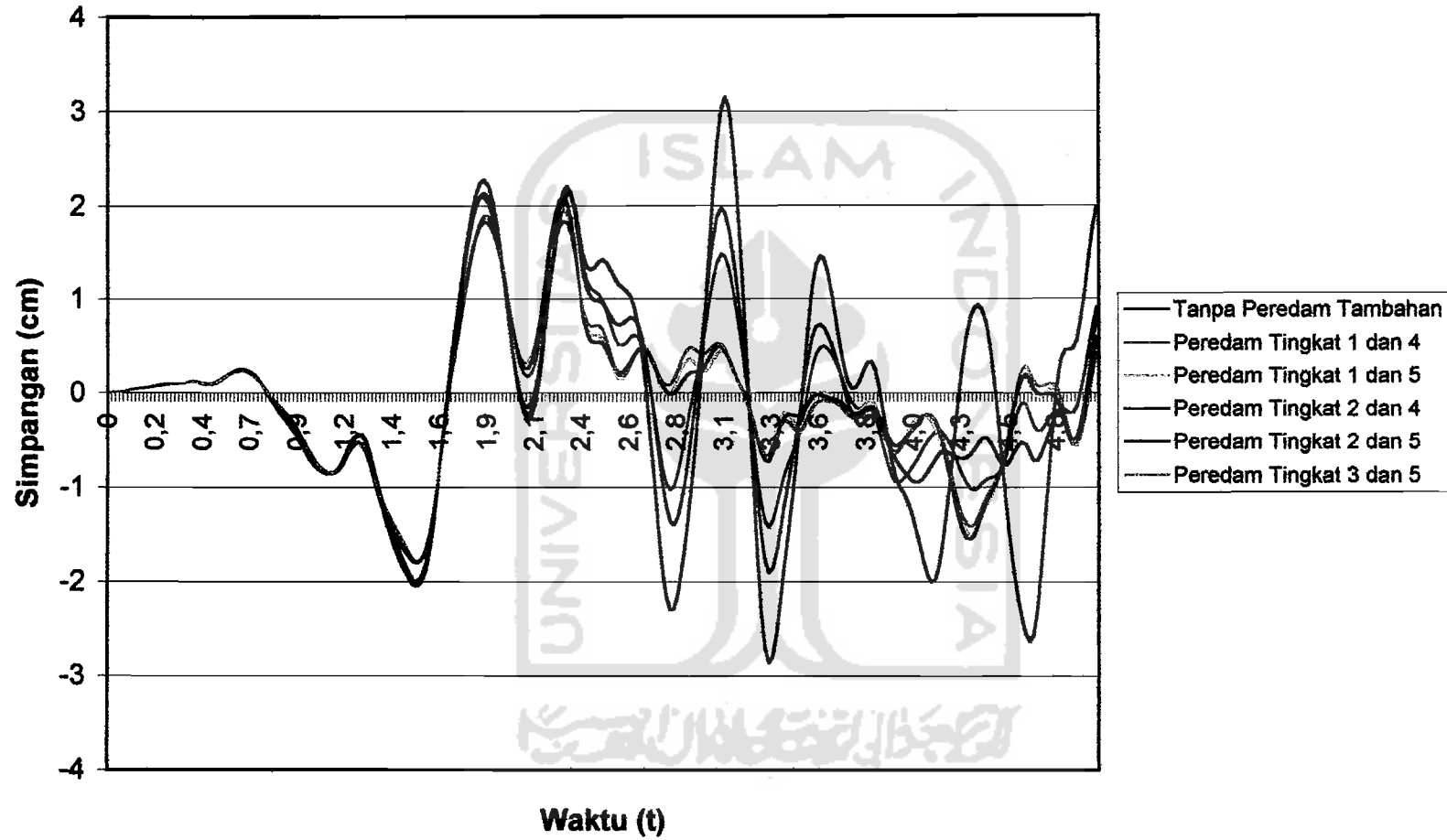
Simpangan lantai 1 pada persamaan (5.18), Gambar (5.2). Simpangan lantai 2 Gambar (5.3). Simpangan lantai 3 Gambar (5.4). Simpangan lantai 4 Gambar (5.4). Simpangan lantai 5 Gambar (5.5). Selanjutnya simpangan maksimum Gambar (5.6).



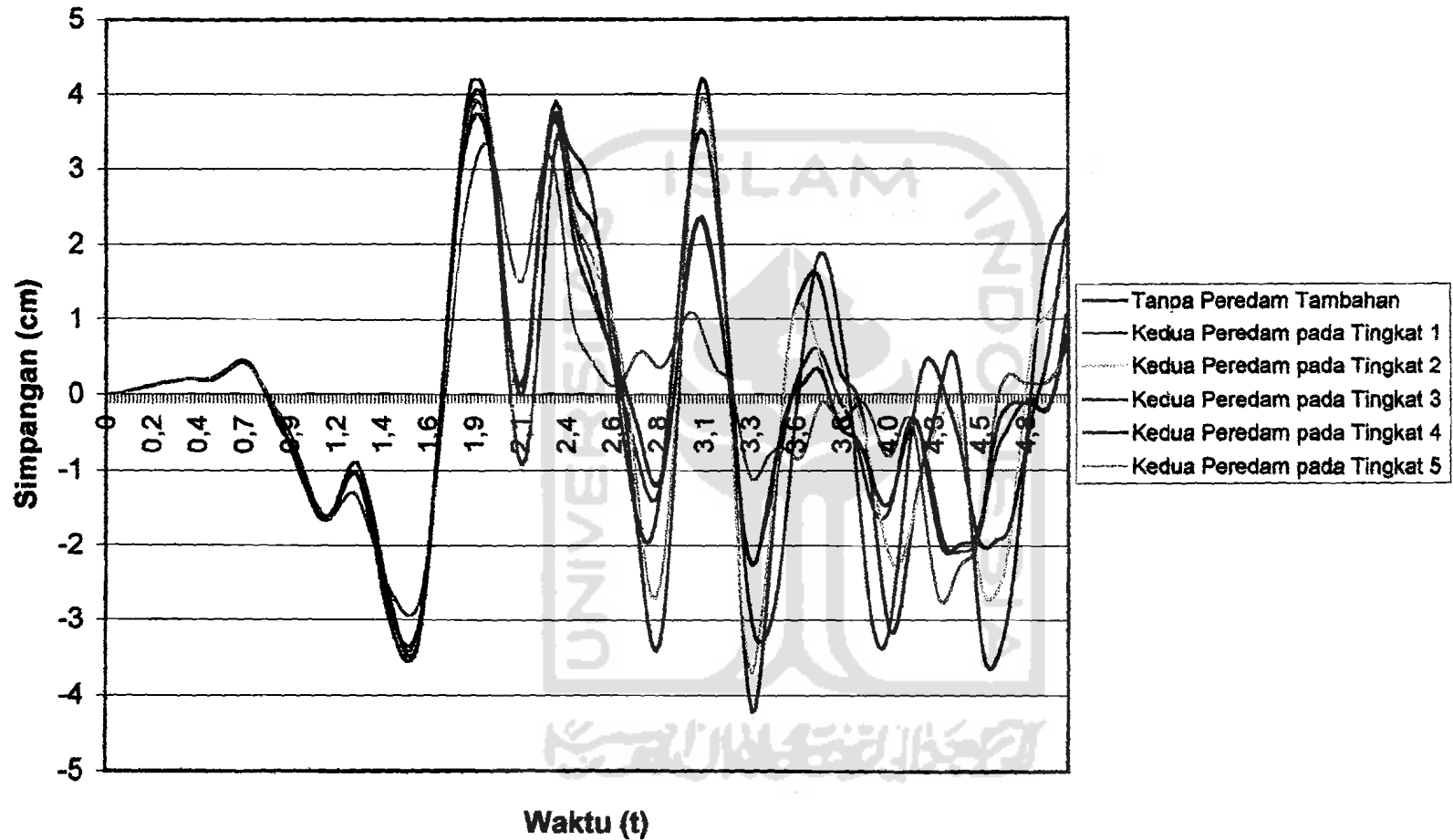
Gambar 5.2.1 Simpangan Lantai 1 pada Variasi 1 - 6



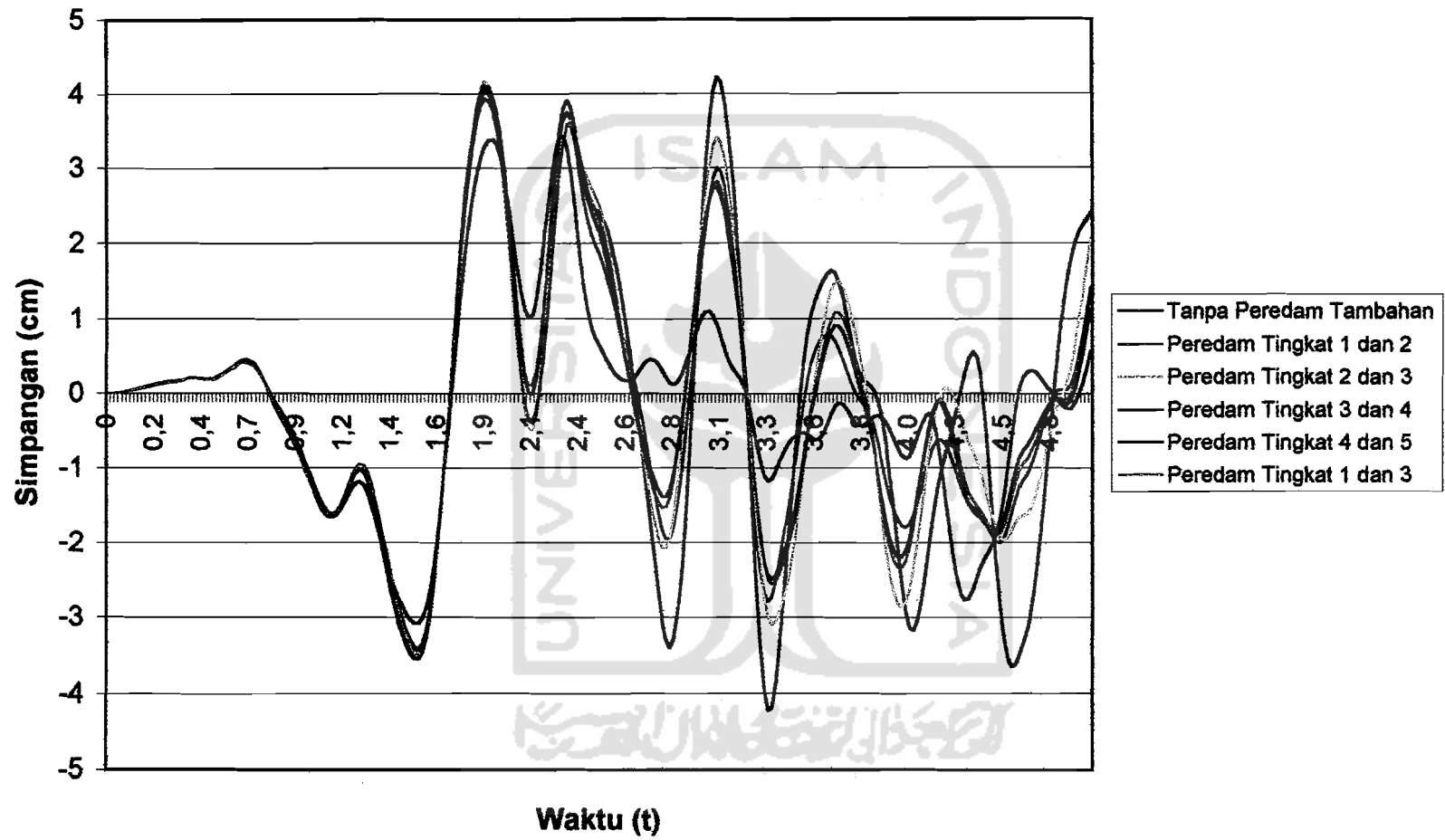
Gambar 5.2.2 Simpangan Lantai 1 pada Variasi 1, 7 - 11



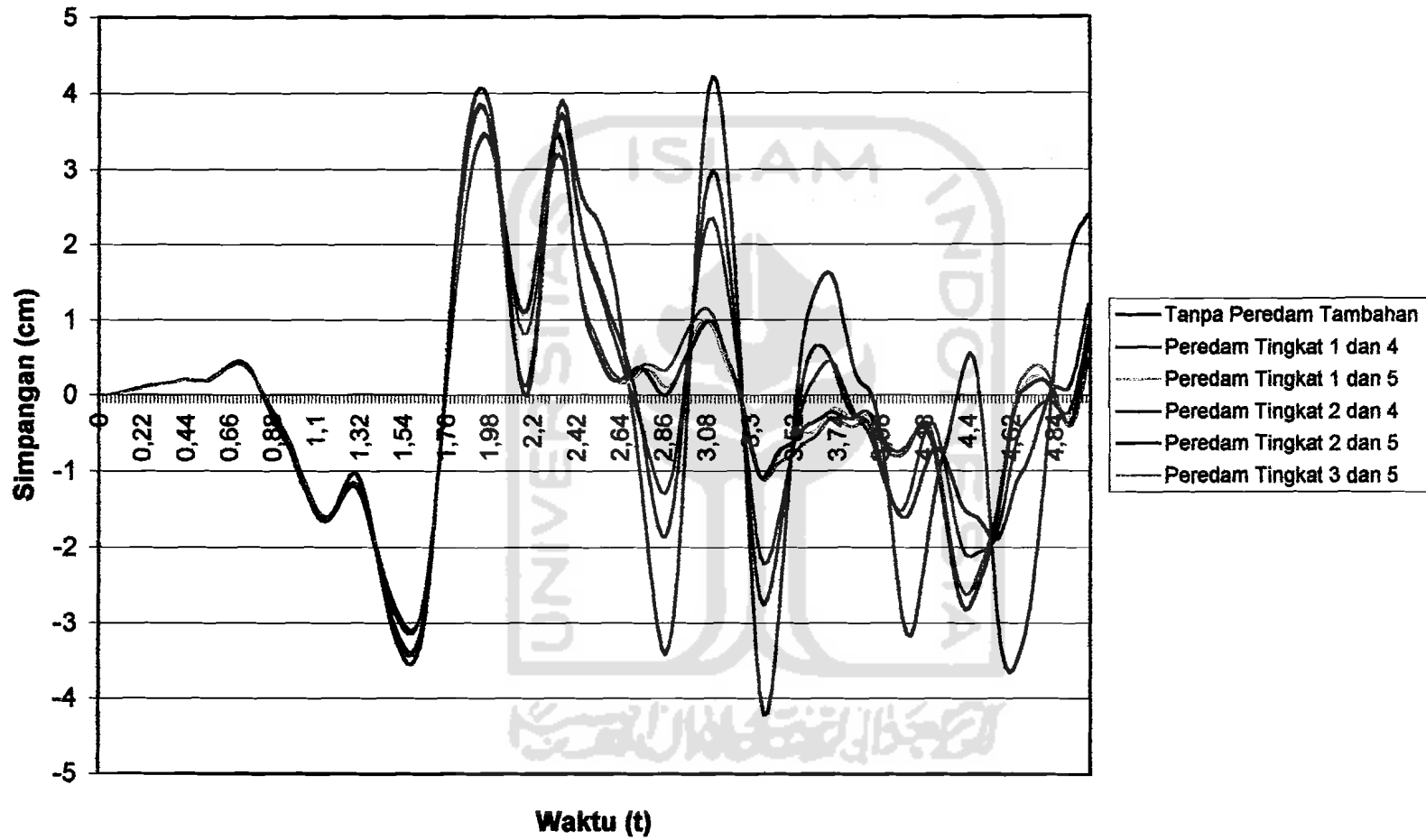
Gambar 5.2.3 Simpangan Lantai 1 pada Variasi 1, 12 - 16



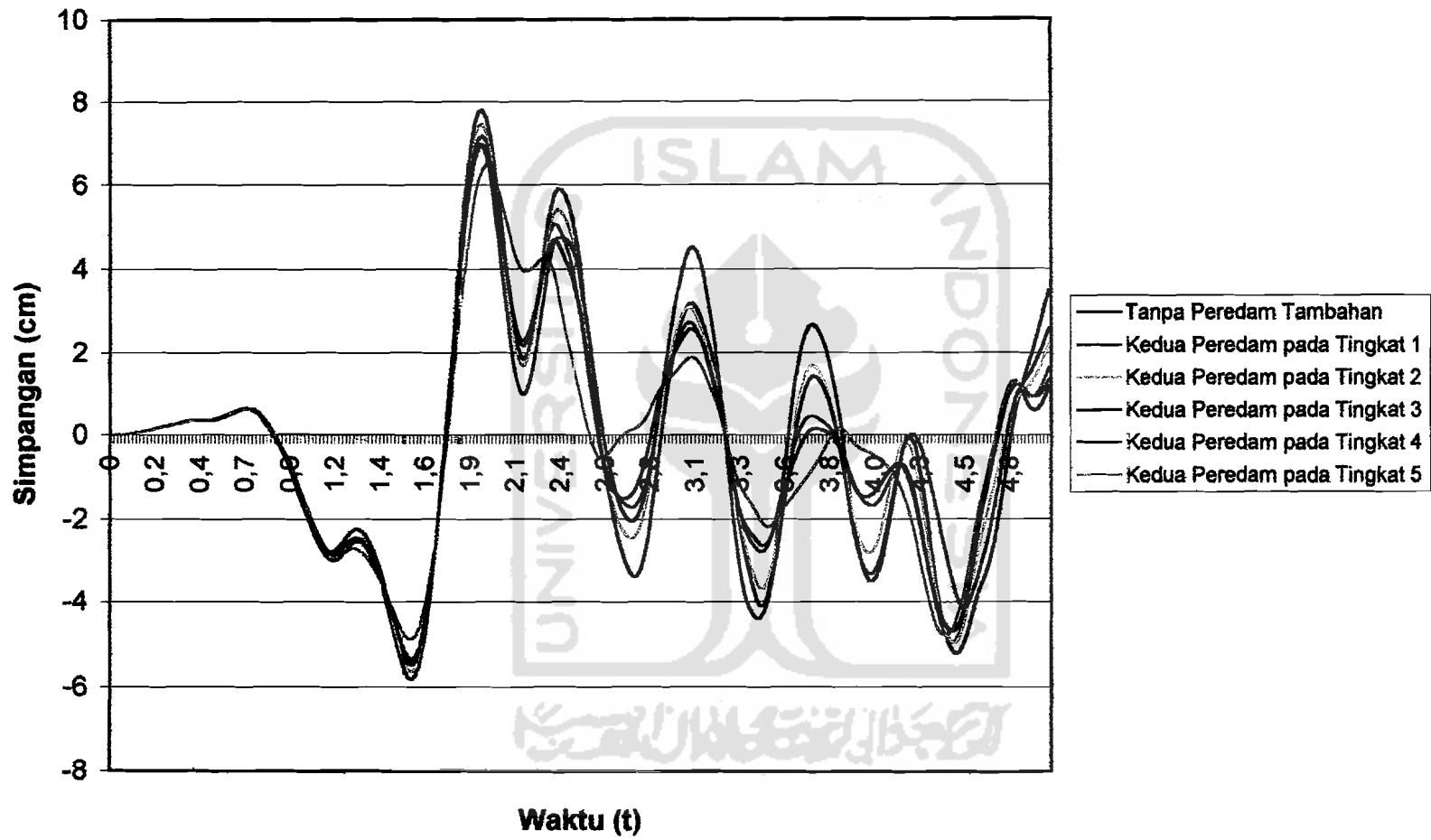
Gambar 5.3.1 Simpangan Lantai 2 pada Variasi 1 - 6



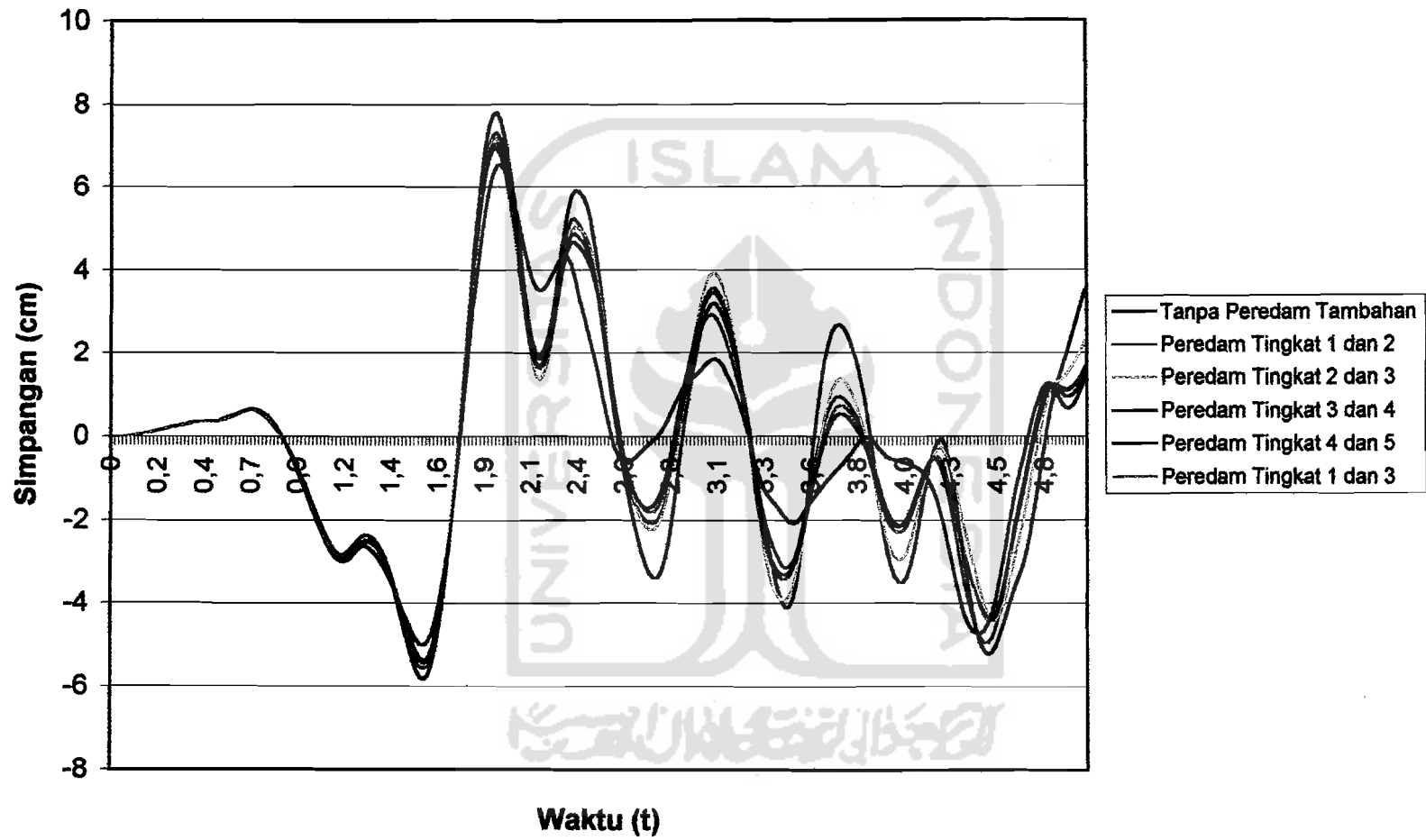
Gambar 5.3.2 Simpangan Lantai 2 pada Variasi 1, 7 - 11



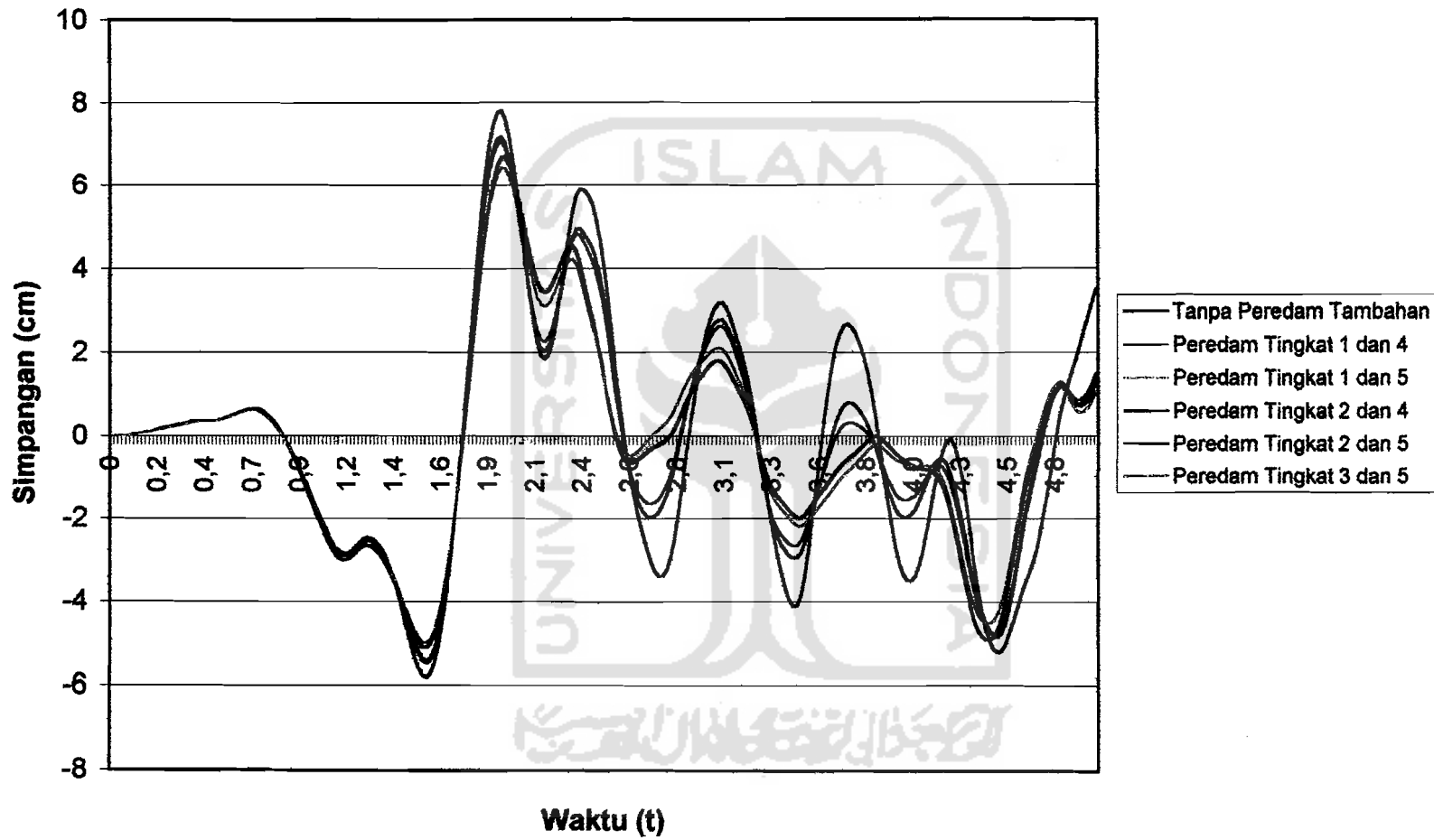
Gambar 5.3.3 Simpangan Lantai 2 pada Variasi 1, 12 - 16



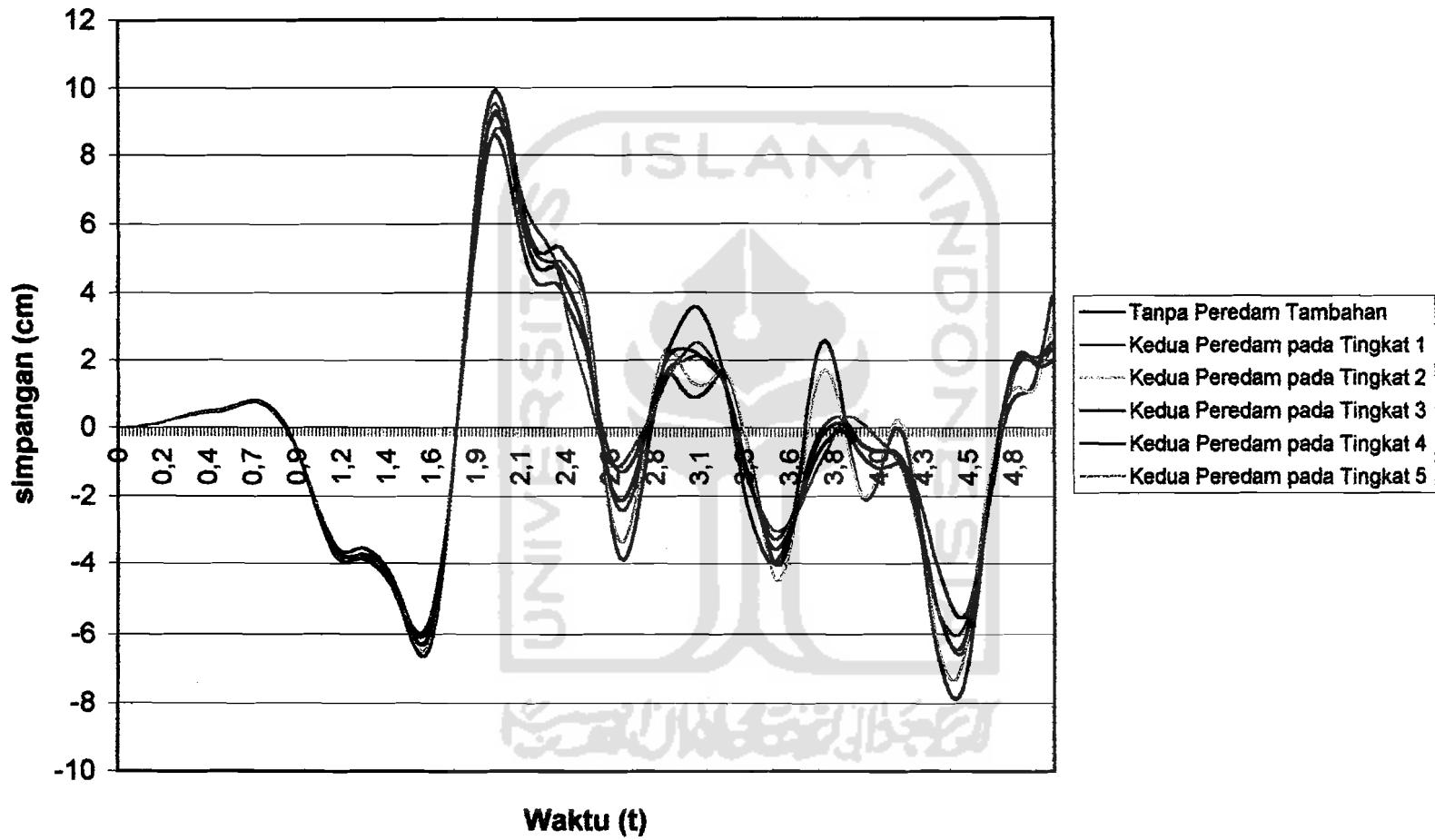
Gambar 5.4.1 Simpangan Lantai 3 pada Variasi 1 - 6



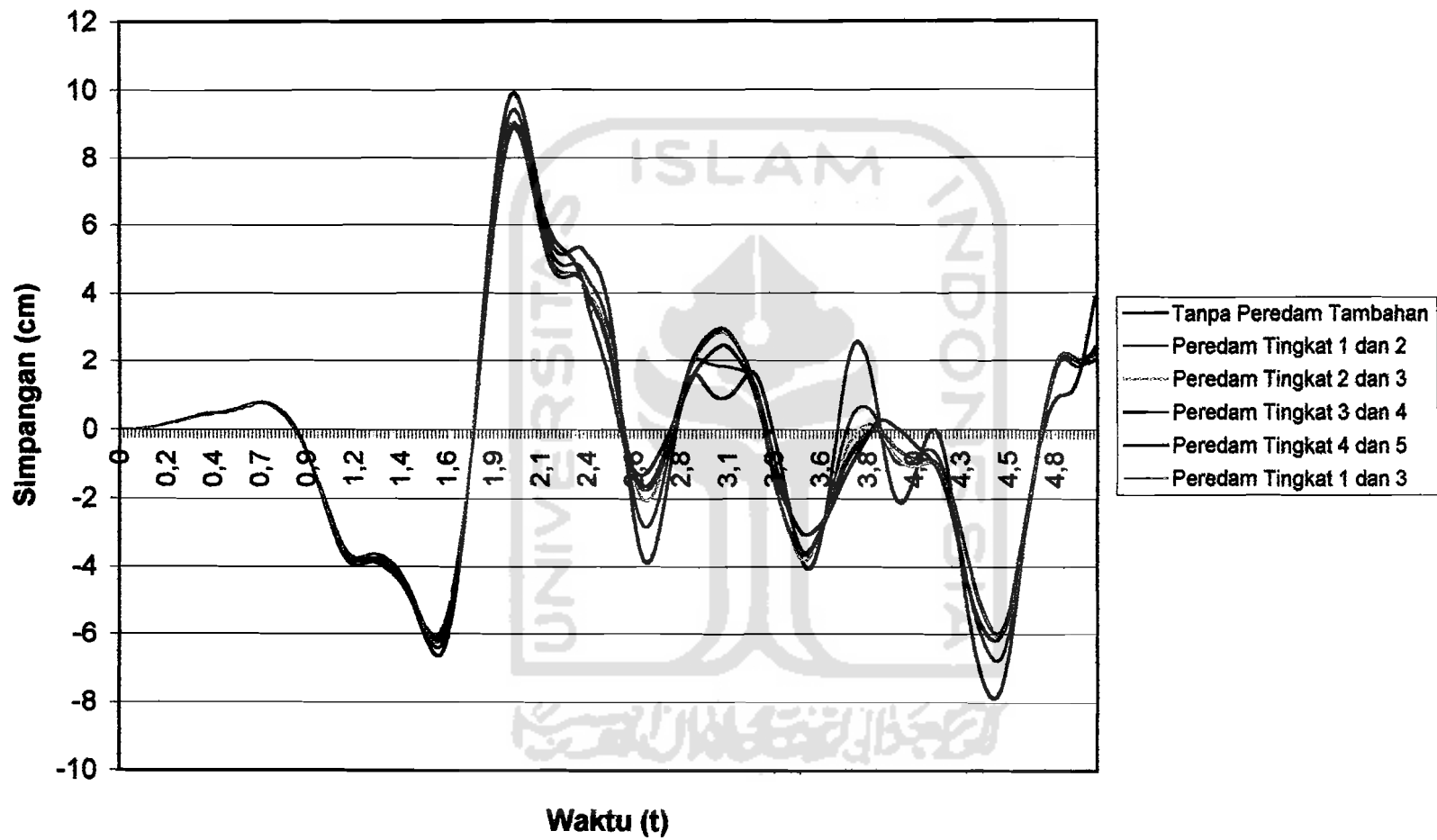
Gambar 5.4.2 Simpangan Lantai 3 pada Variasi 1, 7 - 11



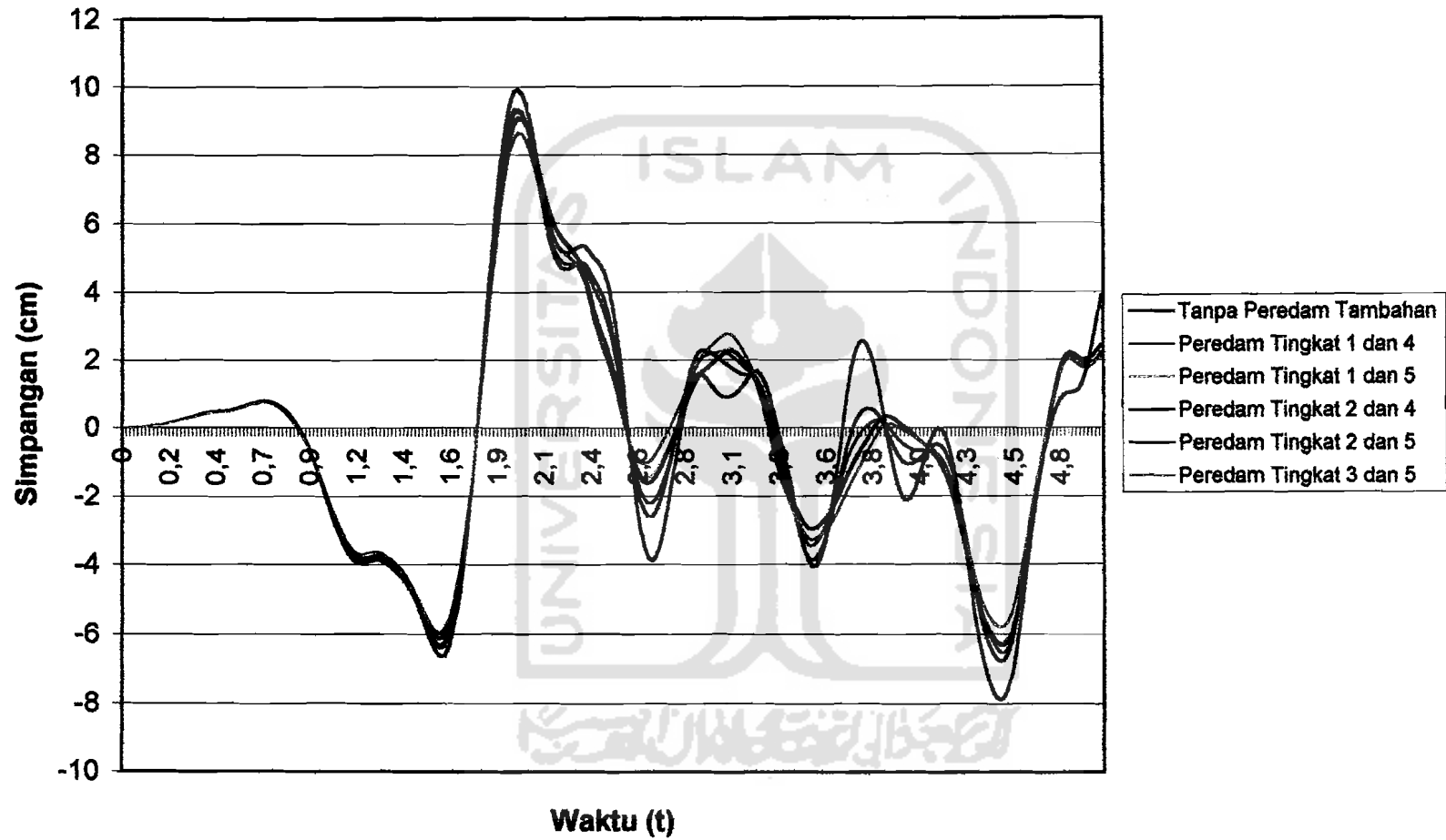
Gambar 5.4.3 Simpangan Lantai 3 pada Variasi 1, 12 - 16



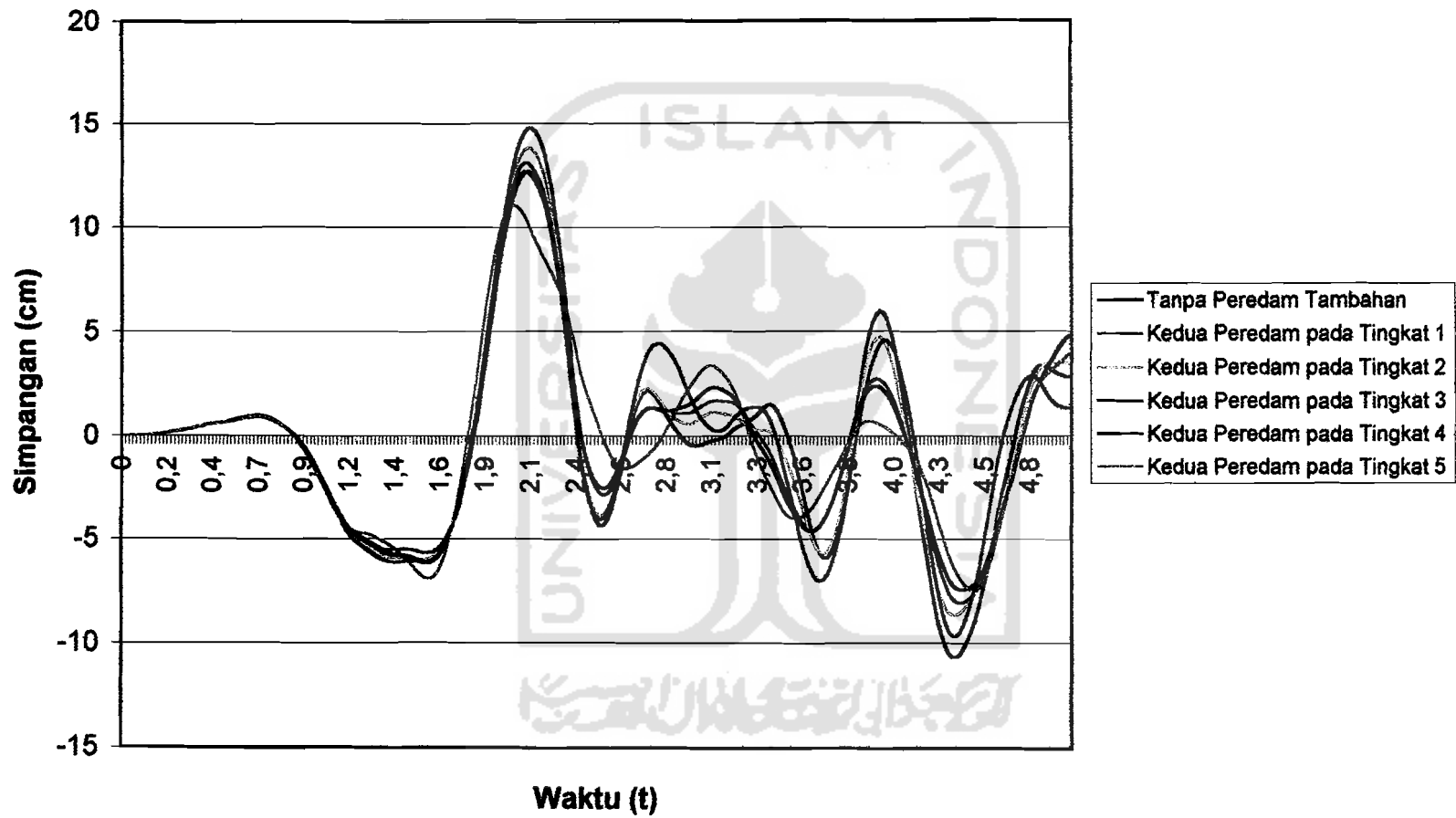
Gambar 5.5.1 Simpangan Lantai 4 pada Variasi 1 - 6



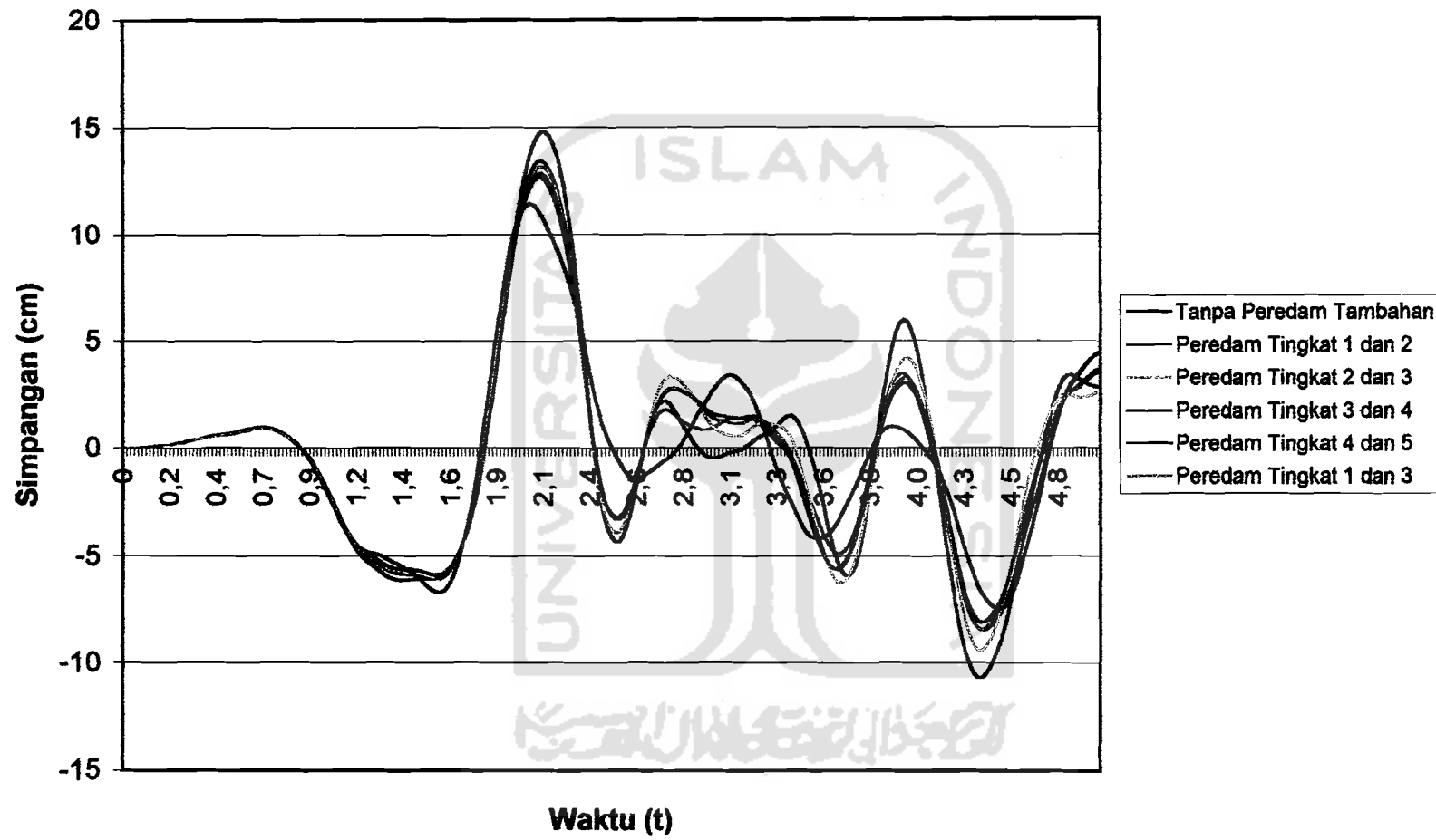
Gambar 5.5.2 Simpangan Lantai 4 pada Variasi 1, 7 - 11



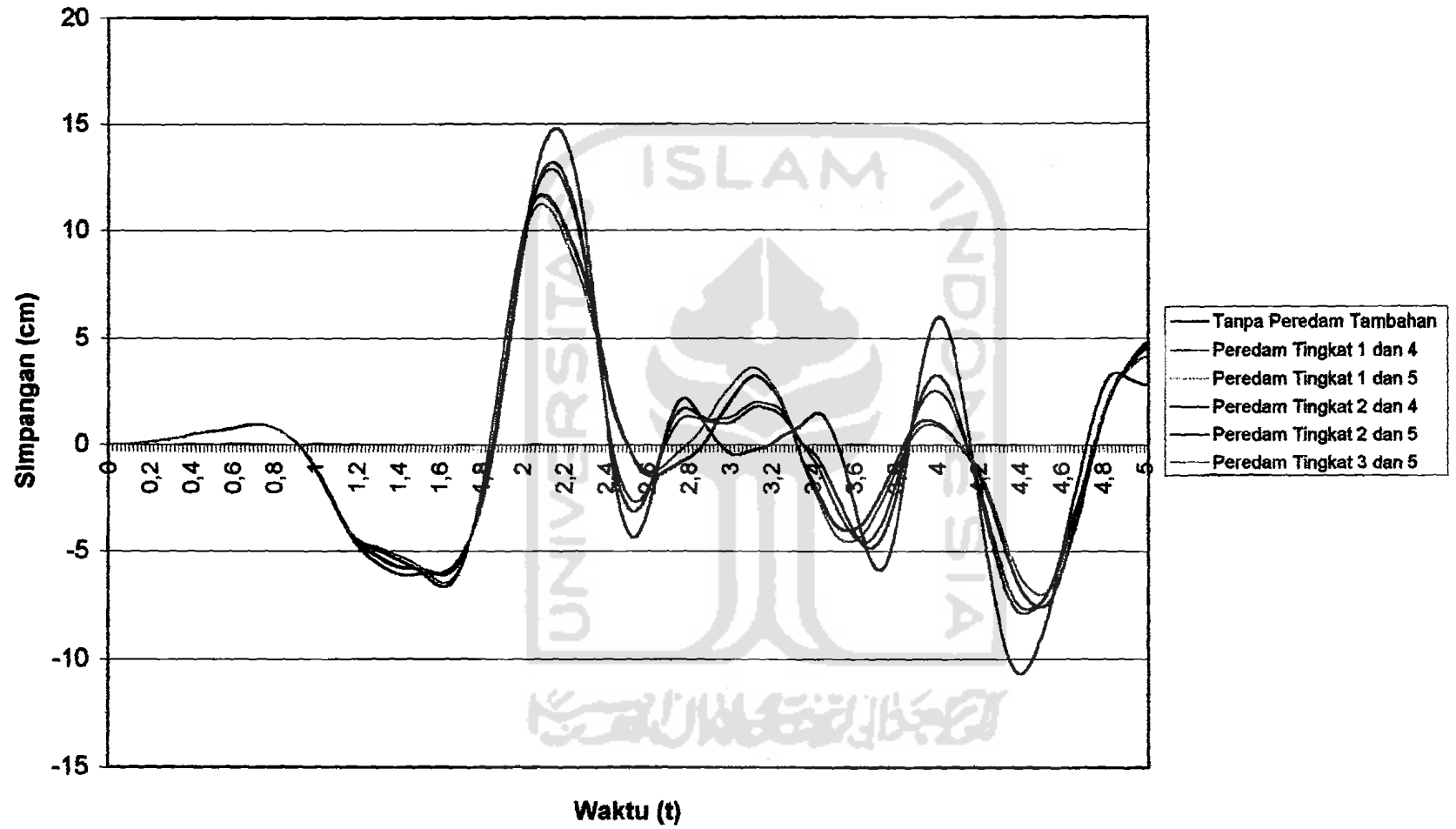
Gambar 5.5.3 Simpangan Lantai 4 pada Variasi 1, 12 - 16



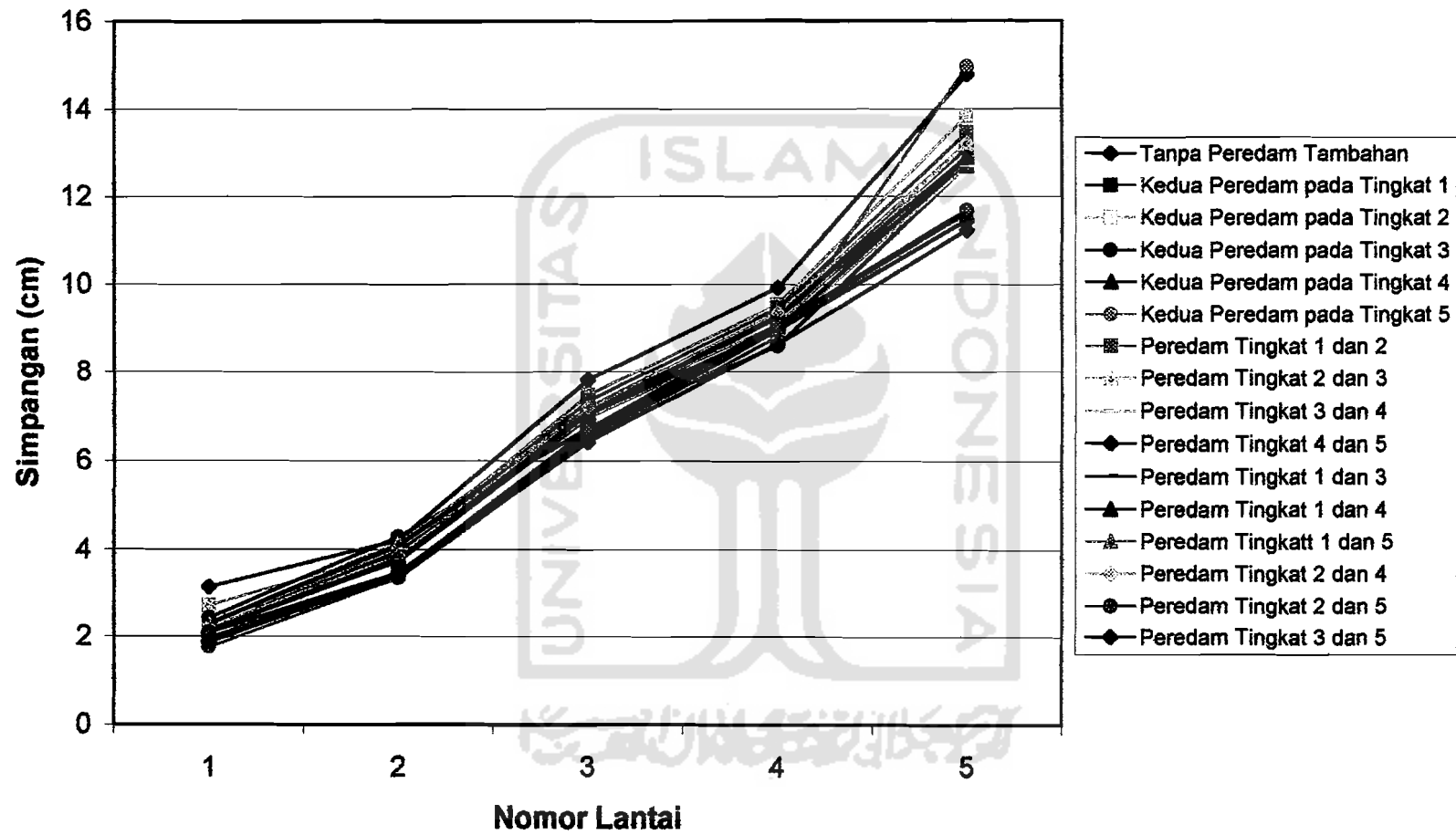
Gambar 5.6.1 Simpangan Lantai 5 pada Variasi 1 - 6



Gambar 5.6.2 Simpangan Lantai 5 pada Variasi 1, 7 - 11



Gambar 5.6.3 Simpangan Lantai 5 pada Variasi 1, 12 - 16

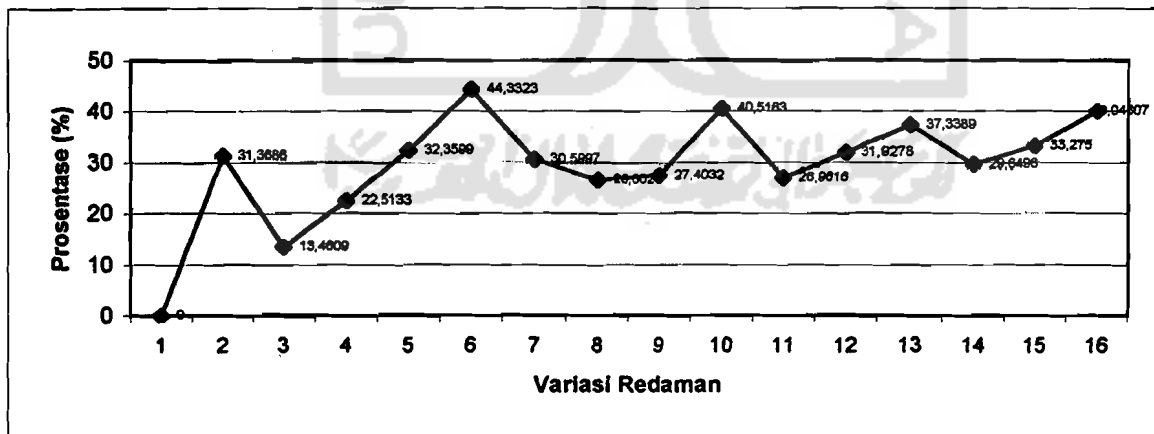


Gambar 5.7 Simpangan Maksimum

5.2.1.1 Simpangan Lantai 1

Tabel 5.2 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 1

Variasi Redaman	Posisi Redaman	Nilai Simpangan	Prosentase Pengurangan
1	Tanpa Redaman	3,14725	0
2	Tk 1	2,16	31,3686
3	Tk 2	2,7236	13,4609
4	Tk 3	2,4387	22,5133
5	Tk 4	2,1288	32,3599
6	Tk 5	1,752	44,3323
7	Tk 1 dan 2	2,1842	30,5997
8	Tk 2 dan 3	2,31	26,6025
9	Tk 3 dan 4	2,2848	27,4032
10	Tk 4 dan 5	1,8721	40,5163
11	Tk 1 dan 3	2,2987	26,9616
12	Tk 1 dan 4	2,1424	31,9278
13	Tk 1 dan 5	1,9721	37,3389
14	Tk 2 dan 4	2,2141	29,6496
15	Tk 2 dan 5	2,1	33,275
16	Tk 3 dan 5	1,8869	40,04607

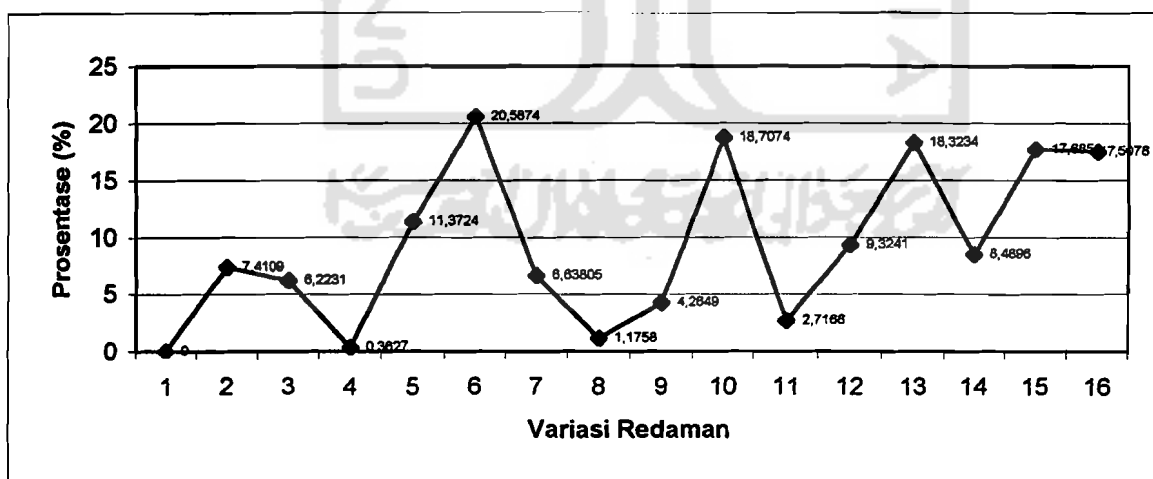


Gambar 5.8 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 1
(Sesuai Tabel 5.2)

5.2.1.2 Simpangan Lantai 2

Tabel 5.3 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 2

Variasi Redaman	Posisi Redaman	Nilai Simpangan	Prosentase Pengurangan
1	Tanpa Redaman	4,2181	0
2	Tk 1	3,9055	7,4109
3	Tk 2	3,9556	6,2231
4	Tk 3	4,2028	0,3627
5	Tk 4	3,7384	11,3724
6	Tk 5	3,3497	20,5874
7	Tk 1 dan 2	3,9381	6,63805
8	Tk 2 dan 3	4,1685	1,1758
9	Tk 3 dan 4	4,0382	4,2649
10	Tk 4 dan 5	3,429	18,7074
11	Tk 1 dan 3	4,1035	2,7168
12	Tk 1 dan 4	3,8248	9,3241
13	Tk 1 dan 5	3,4452	18,3234
14	Tk 2 dan 4	3,86	8,4896
15	Tk 2 dan 5	3,4721	17,6856
16	Tk 3 dan 5	3,4796	17,5078

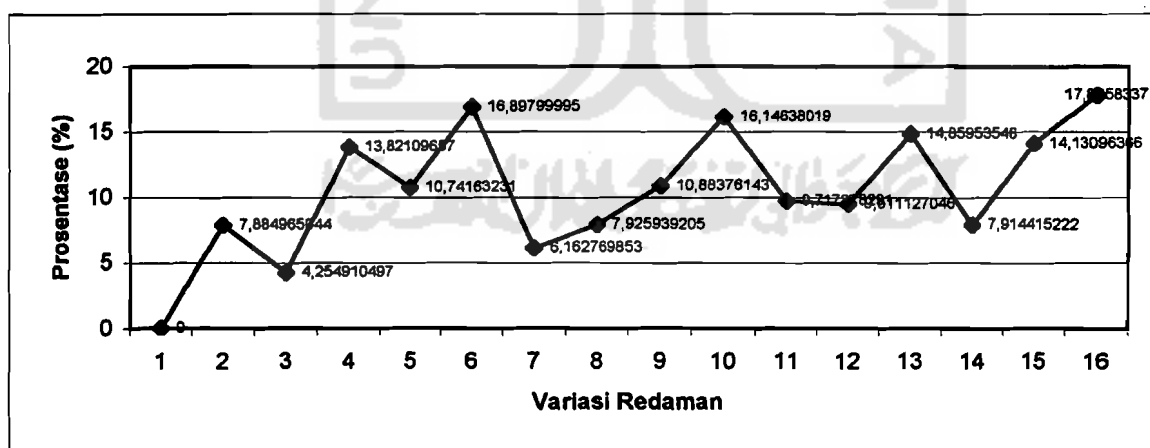


Gambar 5.9 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 2
(Sesuai Tabel 5.3)

5.2.1.3 Simpangan Lantai 3

Tabel 5.4 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 3

Variasi Redaman	Posisi Redaman	Nilai Simpangan	Prosentase Pengurangan
1	Tanpa Redaman	7,8098	0
2	Tk 1	7,194	7,8849
3	Tk 2	7,4775	4,2549
4	Tk 3	6,7304	13,821
5	Tk 4	6,9709	10,7416
6	Tk 5	6,4901	16,8979
7	Tk 1 dan 2	7,3285	6,1627
8	Tk 2 dan 3	7,1908	7,9259
9	Tk 3 dan 4	6,9598	10,8837
10	Tk 4 dan 5	6,5488	16,1463
11	Tk 1 dan 3	7,0509	9,7172
12	Tk 1 dan 4	7,067	9,5111
13	Tk 1 dan 5	6,6493	14,8595
14	Tk 2 dan 4	7,1917	7,91441
15	Tk 2 dan 5	6,7062	14,1309
16	Tk 3 dan 5	6,4192	17,8058

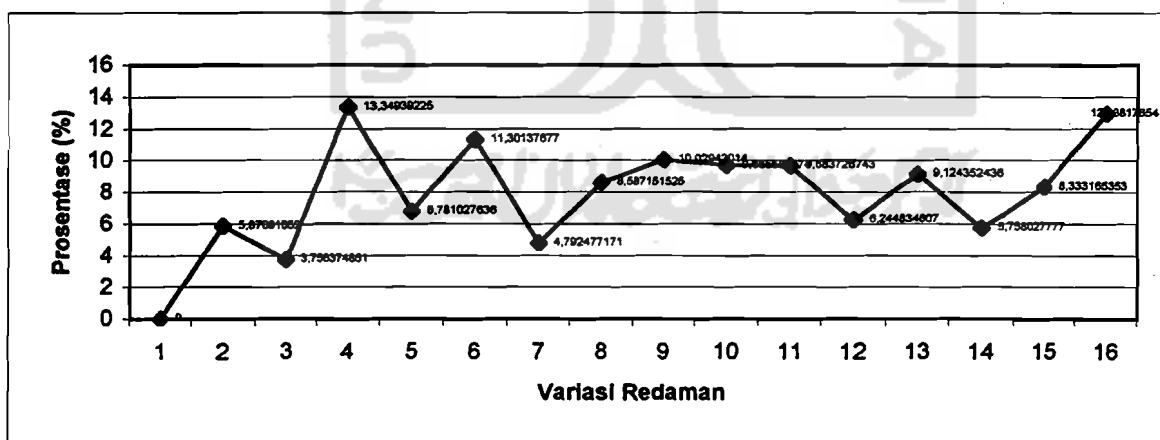


Gambar 5.10 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 3
(Sesuai Tabel 5.4)

5.2.1.4 Simpangan Lantai 4

Tabel 5.5 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 4

Variasi Redaman	Posisi Redaman	Nilai Simpangan	Prosentase Pengurangan
1	Tanpa Redaman	9,9218	0
2	Tk 1	9,3393	5,8709
3	Tk 2	9,5491	3,7563
4	Tk 3	8,5973	13,3493
5	Tk 4	9,249	6,781
6	Tk 5	8,8005	11,3013
7	Tk 1 dan 2	9,4463	4,7924
8	Tk 2 dan 3	9,0698	8,5871
9	Tk 3 dan 4	8,9267	10,0294
10	Tk 4 dan 5	8,9628	9,6655
11	Tk 1 dan 3	8,961	9,6837
12	Tk 1 dan 4	9,3022	6,2448
13	Tk 1 dan 5	9,0165	9,1243
14	Tk 2 dan 4	9,3505	5,758
15	Tk 2 dan 5	9,095	8,3331
16	Tk 3 dan 5	8,6381	12,9381

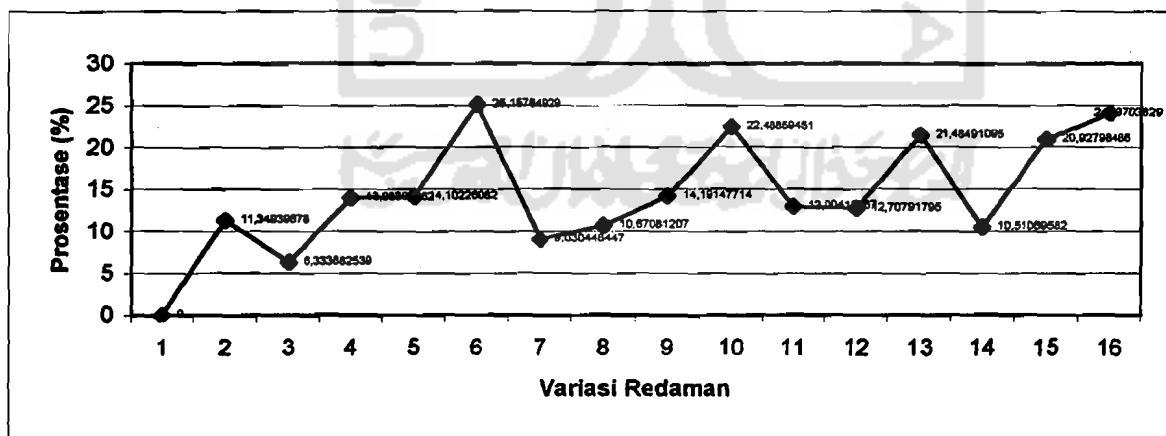


Gambar 5.11 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 4
(Sesuai Tabel 5.5)

5.2.1.5 Simpangan Lantai 5

Tabel 5.6 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 5

Variasi Redaman	Posisi Redaman	Nilai Simpangan	Prosentase Pengurangan
1	Tanpa Redaman	14,7955	0
2	Tk 1	13,1163	11,3493
3	Tk 2	13,8584	6,3336
4	Tk 3	12,7265	13,9839
5	Tk 4	12,709	14,1022
6	Tk 5	11,0733	25,1576
7	Tk 1 dan 2	13,4594	9,0304
8	Tk 2 dan 3	13,2167	10,6708
9	Tk 3 dan 4	12,6958	14,1914
10	Tk 4 dan 5	11,4682	22,4885
11	Tk 1 dan 3	12,87147	13,0041
12	Tk 1 dan 4	12,9153	12,7079
13	Tk 1 dan 5	11,6167	21,4849
14	Tk 2 dan 4	13,24039	10,5106
15	Tk 2 dan 5	11,6991	20,9279
16	Tk 3 dan 5	11,2391	24,037



Gambar 5.12 Prosentase Perubahan Simpangan Lantai 5
(Sesuai Tabel 5.6)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan dan untuk lebih memperdalam pengetahuan tentang kelanjutan penelitian ini maka saran yang dapat diambil adalah sebagai berikut ini.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa penelitian numeris penggunaan *Magnetorheological Damper* pada model bangunan geser untuk mengurangi simpangan yang terjadi, maka dapat disimpulkan, bahwa :

1. simpangan relatif yang terjadi dapat dikurangi dengan penggunaan *Magnetorheological Damper*,
2. penggunaan *Magnetorheological Damper* yang paling efektif dipasang pada tingkat yang ketiga dan kelima, dan
3. dengan penggunaan *Magnetorheological Damper* dapat memperkecil resiko *structural pounding* yang disebabkan oleh simpangan relatif yang besar.

6.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan pada penelitian ini adalah :

1. perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh kapasitas nilai redaman, contoh, pada sebuah model struktur dipakai beberapa macam variasi nilai redaman,
2. perlu penelitian lebih lanjut untuk bangunan yang mempunyai jumlah tingkat genap, karena posisi yang paling efektif pada struktur yang mempunyai tingkat genap berbeda dengan struktur yang mempunyai tingkat ganjil, dimana struktur bertingkat ganjil mempunyai tingkat bagian tengah berjumlah satu tetapi struktur dengan tingkat genap akan mempunyai tingkat bagian tengah berjumlah dua, sehingga kita belum dapat mengetahui posisi yang paling efektif, apakah pada tingkat tengah yang bagian bawah atau pada tingkat tengah bagian atas,
3. perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan gempa lain yang mempunyai karakteristik yang beda dari gempa El-Centro,
4. penggunaan program Matlab secara lebih mendalam untuk membantu pemecahan problem Dinamika Struktur, dan
5. perlu penelitian lebih lanjut dengan penyelidikan di laboratorium dengan membuat contoh sebuah struktur bangunan dan kemudian diberi getaran, setelah itu akan ditinjau respon struktur terhadap getaran tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Berg, G. V. 1988. **Element of Structural Dynamic**. Prentice-Hall International Editions, 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 International Editions.
- Chang, K. C, T. T. Soong, S. T. Oh and M. L. Lai. 1995. **Seismic Behavior of Steel Frame with Added Viscoelastic Dampers**. Journal of Structural Engineering. October 1995.
- Gluck, N, A. M. Reinhorn, J. Gluck and R. Levy. 1996. **Design of Supplemental Dampers for Control of Structures**. Journal of Struktural Engineering. December. 1996.
- Hu, Y-X, S-C Liu and Dong. 1996. **Earthquake Engineering**. E & FN Spon.
- Muto, K. dan Wira. 1987. **Analisa Perancangan Gedung Tahan Gempa**, Erlangga, Jakarta.
- Microsoft Corporation, 1985-1999. **Microsoft Exel 2000**. Copyright All Right Reserved.
- Novitasari dan Suprpti, 1999. **Penempatan Posisi Efektif Redaman Tunggal Untuk Mengurangi Resiko 'Structural Pounding' Pada**

Bangunan Bertingkat Lima. Tugas Akhir S-1, Fakultas Sipil Dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.

Paz, M. 1987. **Dinamika Struktur Teori dan Perhitungan.** Edisi kedua, Erlangga, Jakarta.

Scarlat, A. S. 1996. **Approximate Methods in Structural Seismic Design.** E & FN Spon.

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

The Matlab Works, Inc. 1994-1999. **Matlab Versi 5.3 Release II.** Copyright All Right Reserved.

Widodo, 1996, "Evaluasi Kerusakan Bangunan mulai dari Gempa El Centro 1940 sampai Gempa Kobe 1995". *Jurnal Teknisia* No. 2 Th I-1996.

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



LAMPIRAN 1

LAMPIRAN 2



**PERHITUNGAN *MODE SHAPE*, PARTISIPASI FAKTOR
DAN RASIO REDAMAN**

$M = [63560 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 54480 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 54480 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 54480 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 45400]$

$M =$ Matrik Massa

63560	0	0	0	0
0	54480	0	0	0
0	0	54480	0	0
0	0	0	54480	0
0	0	0	0	45400

$K = [30240 \ -15120 \ 0 \ 0 \ 0; -15120 \ 22680 \ -7560 \ 0 \ 0; 0 \ -7560 \ 11340 \ -3780; 0 \ 0 \ 0 \ -3780 \ 3780]$

$K =$ Matrik Kekakuan

30240	-15120	0	0	0
-15120	22680	-7560	0	0
0	-7560	11340	-7560	0
0	0	-7560	11340	-3780
0	0	0	-3780	3780

$[V, D] = \text{eig}(K, M)$

$V =$ 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

$D =$

0.7265	0	0	0	0
0	0.4055	0	0	0
0	0	0.2124	0	0
0	0	0	0.0996	0
0	0	0	0	0.0170

$$q_1 = [0.1153; 0.2225; 0.4095; 0.5463; 0.6863]$$

$q_1 = \text{Mode ke-1}$

0.1153
0.2225
0.4095
0.5463
0.6863

$$q_2 = [0.2840; 0.4492; 0.4572; 0.1371; -0.6998]$$

$q_2 = \text{Mode ke-2}$

0.2840
0.4492
0.4572
0.1371
-0.6998

$$q_3 = [0.4616; 0.5110; -0.1725; -0.5920; 0.3815]$$

$q_3 = \text{Mode ke-3}$

0.4616
0.5110
-0.1725
-0.5920
0.3815

$$q_4 = [0.3654; 0.1079; -0.7225; 0.5586; -0.1443]$$

$q_4 = \text{Mode ke-4}$

0.3654
0.1079
-0.7225
0.5586
-0.1443

$$q_5 = [0.6671; -0.7031; 0.2373; -0.0649; 0.0084]$$

$q_5 = \text{Mode ke-5}$

0.6671
-0.7031
0.2373
-0.0649
0.0084



$$C1 = [15.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 7.56]$$

C1 = Matrik Redaman tanpa Peredam Tambahan

$$\begin{array}{ccccc} 15.1200 & -7.5600 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5600 & 7.5600 \end{array}$$

$$C2 = [582.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 7.56]$$

C2 = Matrik Redaman dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 1

$$\begin{array}{ccccc} 582.1200 & -7.5600 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5600 & 7.5600 \end{array}$$

$$C3 = [582.12 \quad -574.56 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -574.56 \quad 582.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 7.56]$$

C3 = Matrik Redaman dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 2

$$\begin{array}{ccccc} 582.1200 & -574.5600 & 0 & 0 & 0 \\ -574.5600 & 582.1200 & -7.5600 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5600 & 7.5600 \end{array}$$

$$C4 = [15.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -7.56 \quad 582.12 \quad -574.56 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 7.56]$$

C4 = Matrik Redaman dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 3

$$\begin{array}{ccccc} 15.1200 & -7.5600 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5600 & 582.1200 & -574.5600 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5600 & 582.1200 & -7.5600 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5600 & 7.5600 \end{array}$$

$$C5 = [15.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -7.56 \quad 582.12 \quad -574.56 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -574.56 \quad 582.12 \quad -7.56; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 7.56]$$

C5 = Matrik Redaman dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 4

$$\begin{array}{ccccc} 15.1200 & -7.5600 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5600 & 582.1200 & -574.5600 & 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccc} 0 & 0 & -574.5600 & 582.1200 & -7.5600 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5600 & 7.5600 \end{array}$$

$$C6 = [15.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 582.12 \quad -574.56; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -574.56 \quad 574.56]$$

C6 = Matrik Redaman dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 5

$$\begin{array}{ccccc} 15.1200 & -7.5600 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5600 & 582.1200 & -574.5600 \\ 0 & 0 & 0 & -574.5600 & 574.5600 \end{array}$$

$$C7 = [582.12 \quad -291.06 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -291.06 \quad 298.62 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 582.12 \quad -574.56; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -574.56 \quad 574.56]$$

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

$$\begin{array}{ccccc} 582.1200 & -291.0600 & 0 & 0 & 0 \\ -291.0600 & 298.6200 & -7.5600 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5600 & 7.5600 \end{array}$$

$$C8 = [298.62 \quad -291.06 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -291.06 \quad 582.12 \quad -291.06 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -291.06 \quad 298.62 \quad -7.56 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 7.56]$$

C8 = Matrik Redaman dengan MR Damper pada Tingkat 2 dan 3

$$\begin{array}{ccccc} 298.6200 & -291.0600 & 0 & 0 & 0 \\ -291.0600 & 582.1200 & -291.0600 & 0 & 0 \\ 0 & -291.0600 & 298.6200 & -7.5600 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5600 & 7.5600 \end{array}$$

$$C9 = [15.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -7.56 \quad 291.62 \quad -291.06 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -291.06 \quad 582.12 \quad -291.06 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -291.06 \quad 298.62 \quad -7.56; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 7.56]$$

C9 = Matrik Redaman dengan MR Damper pada Tingkat 3 dan 4

$$\begin{array}{ccccc} 15.1200 & -7.5600 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5600 & 291.6200 & -291.0600 & 0 & 0 \\ 0 & -291.0600 & 582.1200 & -291.0600 & 0 \\ 0 & 0 & -291.0600 & 298.6200 & -7.5600 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5600 & 7.5600 \end{array}$$

C10=[15.12 -7.56 0 0 0;-7.56 15.12 -7.56 0 0;0 -7.56
298.62 -291.06 0;0 0 -291.06 582.12 -291.06;0 0 0 -291.06
291.06]

C10 = Matrik Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 4 dan 5

15.1200	-7.5600	0	0	0
-7.5600	15.1200	-7.5600	0	0
0	-7.5600	298.6200	-291.0600	0
0	0	-291.0600	582.1200	-291.0600
0	0	0	-291.0600	291.0600

C11=[298.62 -7.56 0 0 0;-7.56 298.62 -291.06 0 0;0 -
291.06 298.62 -7.56 0;0 0 -7.56 15.12 -7.56;0 0 0 -7.56
7.56]

C11 = Matrik Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 3

298.6200	-7.5600	0	0	0
-7.5600	298.6200	-291.0600	0	0
0	-291.0600	298.6200	-7.5600	0
0	0	-7.5600	15.1200	-7.5600
0	0	0	-7.5600	7.5600

C12=[298.62 -7.56 0 0 0;-7.56 15.12 -7.56 0 0;0 -7.56
298.62 -291.06 0;0 0 -291.06 298.62 -7.56;0 0 0 -7.56
7.56]

C12 = Matrik Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 4

298.6200	-7.5600	0	0	0
-7.5600	15.1200	-7.5600	0	0
0	-7.5600	298.6200	-291.0600	0
0	0	-291.0600	298.6200	-7.5600
0	0	0	-7.5600	7.5600

C13=[298.62 -7.56 0 0 0;-7.56 15.12 -7.56 0 0;0 -7.56
15.12 -7.56 0;0 0 -7.56 298.62 -291.06;0 0 0 -291.06
291.06]

C13 = Matrik Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 5

298.6200	-7.5600	0	0	0
-7.5600	15.1200	-7.5600	0	0
0	-7.5600	15.1200	-7.5600	0
0	0	-7.5600	298.6200	-291.0600
0	0	0	-291.0600	291.0600

C14=[298.62 -291.06 0 0 0;-291.06 298.62 -7.56 0 0;0 -
7.56 298.62 -291.06 0;0 0 -291.06 298.62 -7.56;0 0 0 -
7.56 7.56]

C14 = Matrik Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 2 dan 4

$$\begin{bmatrix} 298.6200 & -291.0600 & 0 & 0 & 0 \\ -291.0600 & 298.6200 & -7.5600 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5600 & 298.6200 & -291.0600 & 0 \\ 0 & 0 & -291.0600 & 298.6200 & -7.5600 \\ 0 & 0 & 0 & -7.5600 & 7.5600 \end{bmatrix}$$

$$C15 = [298.62 \quad -291.06 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -291.06 \quad 298.62 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -7.56 \quad 15.12 \quad -7.56 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 298.62 \quad -291.06; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -291.06 \quad 291.06]$$

C15 = Matrik Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 2 dan 5

$$\begin{bmatrix} 298.6200 & -291.0600 & 0 & 0 & 0 \\ -291.0600 & 298.6200 & -7.5600 & 0 & 0 \\ 0 & -7.5600 & 15.1200 & -7.5600 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5600 & 298.6200 & -291.0600 \\ 0 & 0 & 0 & -291.0600 & 291.0600 \end{bmatrix}$$

$$C16 = [15.12 \quad -7.56 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -7.56 \quad 298.62 \quad -291.06 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -291.06 \quad 298.62 \quad -7.56 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -7.56 \quad 298.62 \quad -291.06; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -291.06 \quad 291.06]$$

C16 = Matrik redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 3 dan 5

$$\begin{bmatrix} 15.1200 & -7.5600 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5600 & 298.6200 & -291.0600 & 0 & 0 \\ 0 & -291.0600 & 298.6200 & -7.5600 & 0 \\ 0 & 0 & -7.5600 & 298.6200 & -291.0600 \\ 0 & 0 & 0 & -291.0600 & 291.0600 \end{bmatrix}$$

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

Mn = Matrik Massa Efektif

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 5.0321 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5.0765 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5.5091 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5.5504 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5.8518 \end{bmatrix}$$

$$Kn = [q1' * K * q1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0; 0 \quad q2' * K * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; 0 \quad 0 \quad q3' * K * q3 \quad 0 \quad 0; 0 \quad 0 \quad q4' * K * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad q5' * K * q5]$$

Kn = Matrik Kekakuan Efektif

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 0.0855 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5055 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1.1703 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.2510 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4.2512 \end{bmatrix}$$

$$Cn1 = [q1' * C1 * q1 \quad q1' * C1 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C1 * q2 \quad q2' * C1 * q2 \\ q2' * C1 * q3 \quad 0 \quad 0; 0 \quad q2' * C1 * q3 \quad q3' * C1 * q3 \quad q3' * C1 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \\ q3' * C1 * q4 \quad q4' * C1 * q4 \quad q4' * C1 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C1 * q5 \quad q5' * C1 * q5]$$

Cn1 = Matrik Redaman Efektif tanpa Redaman Tambahan

$$\begin{bmatrix} 0.7414 & -0.8241 & 0 & 0 & 0 \\ -0.8241 & 6.8862 & -4.1327 & 0 & 0 \\ 0 & -4.1327 & 13.6562 & -3.7662 & 0 \\ 0 & 0 & -3.7662 & 22.8665 & -4.7098 \\ 0 & 0 & 0 & -4.7098 & 24.9746 \end{bmatrix}$$

$$Cn2 = [q1' * C2 * q1 \quad q1' * C2 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C2 * q2 \quad q2' * C2 * q2 \\ q2' * C2 * q3 \quad 0 \quad 0; 0 \quad q2' * C2 * q3 \quad q3' * C2 * q3 \quad q3' * C2 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \\ q3' * C2 * q4 \quad q4' * C2 * q4 \quad q4' * C2 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C2 * q5 \quad q5' * C2 * q5]$$

Cn2 = Matrik Redaman Efektif dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 1

$$\begin{bmatrix} 8.2792 & 17.7425 & 0 & 0 & 0 \\ 17.7425 & 52.6182 & 70.1978 & 0 & 0 \\ 0 & 70.1978 & 134.4694 & 91.8690 & 0 \\ 0 & 0 & 91.8690 & 98.5708 & 133.5011 \\ 0 & 0 & 0 & 133.5011 & 277.3023 \end{bmatrix}$$

$$Cn3 = [q1' * C3 * q1 \quad q1' * C3 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C3 * q2 \quad q2' * C3 * q2 \\ q2' * C3 * q3 \quad 0 \quad 0; 0 \quad q2' * C3 * q3 \quad q3' * C3 * q3 \quad q3' * C3 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \\ q3' * C3 * q4 \quad q4' * C3 * q4 \quad q4' * C3 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C3 * q5 \quad q5' * C3 * q5]$$

Cn3 = Matrik Redaman Efektif dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 2

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 0.0073 & 0.0092 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0092 & 0.0224 & 0.0005 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0005 & 0.0150 & -0.0110 & 0 \\ 0 & 0 & -0.0110 & 0.0605 & 0.1953 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1953 & 1.0895 \end{bmatrix}$$

$$Cn4 = [q1' * C4 * q1 \quad q1' * C4 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C4 * q2 \quad q2' * C4 * q2 \\ q2' * C4 * q3 \quad 0 \quad 0; 0 \quad q2' * C4 * q3 \quad q3' * C4 * q3 \quad q3' * C4 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \\ q3' * C4 * q4 \quad q4' * C4 * q4 \quad q4' * C4 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C4 * q5 \quad q5' * C4 * q5]$$

Cn4 = Matrik Redaman Efektif dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 3

$$\begin{bmatrix} 20.5688 & 0.0242 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0242 & 6.9225 & -7.2331 & 0 & 0 \\ 0 & -7.2331 & 278.5428 & 318.0508 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 318.0508 & 413.8494 & -447.4848 \\ 0 & 0 & 0 & -447.4848 & 526.4023 \end{bmatrix}$$

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

Cn5 = Matrik Redaman Efektif dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 4

$$\begin{bmatrix} 11.3524 & -25.6528 & 0 & 0 & 0 \\ -25.6528 & 64.9833 & 72.0052 & 0 & 0 \\ 0 & 72.0052 & 113.4370 & -308.4841 & 0 \\ 0 & 0 & -308.4841 & 953.4367 & -224.2230 \\ 0 & 0 & 0 & -224.2230 & 76.7558 \end{bmatrix}$$

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

Cn6 = Matrik Redaman Efektif dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 5

$$\begin{bmatrix} 11.8546 & -67.2572 & 0 & 0 & 0 \\ -67.2572 & 404.0139 & -466.0802 & 0 & 0 \\ 0 & -466.0802 & 551.0033 & -391.7490 & 0 \\ 0 & 0 & -391.7490 & 303.0033 & -33.9231 \\ 0 & 0 & 0 & -33.9231 & 28.0210 \end{bmatrix}$$

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

Cn7 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat 1 dan 2

$$\begin{bmatrix} 7.7682 & 13.4798 & 0 & 0 & 0 \\ 13.4798 & 37.4892 & 35.3462 & 0 & 0 \\ 0 & 35.3462 & 74.7546 & 40.4451 & 0 \\ 0 & 0 & 40.4451 & 79.5165 & 164.4220 \\ 0 & 0 & 0 & 164.4220 & 683.3950 \end{bmatrix}$$

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

Cn8 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat 2 dan 3

$$\begin{bmatrix} 13.9131 & 4.6207 & 0 & 0 & 0 \\ 4.6207 & 14.6414 & -3.3693 & 0 & 0 \\ 0 & -3.3693 & 146.7913 & 153.5361 & 0 \\ 0 & 0 & 153.5361 & 237.1558 & -126.0710 \\ 0 & 0 & 0 & -126.0710 & 807.9450 \end{bmatrix}$$

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

$Cn9 =$ Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper* pada Tingkat 3 dan 4

$$\begin{bmatrix} 15.6141 & -13.5140 & 0 & 0 & 0 \\ -13.5140 & 34.5405 & 30.7793 & 0 & 0 \\ 0 & 30.7793 & 194.1620 & 4.3974 & 0 \\ 0 & 0 & 4.3974 & 683.5616 & -335.3228 \\ 0 & 0 & 0 & -335.3228 & 298.1186 \end{bmatrix}$$

$$Cn10 = [q1' * C10 * q1 \quad q1' * C10 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C10 * q2 \quad q2' * C10 * q2 \\ q2' * C10 * q3 \quad 0 \quad 0; 0 \quad q2' * C10 * q3 \quad q3' * C10 * q3 \quad q3' * C10 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \\ q3' * C10 * q4 \quad q4' * C10 * q4 \quad q4' * C10 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C10 * q5 \\ q5' * C10 * q5]$$

$Cn10 =$ Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper* pada Tingkat 4 dan 5

$$\begin{bmatrix} 11.6035 & -46.4550 & 0 & 0 & 0 \\ -46.4550 & 234.4986 & -197.0375 & 0 & 0 \\ 0 & -197.0375 & 332.2201 & -350.1166 & 0 \\ 0 & 0 & -350.1166 & 628.2200 & -129.0731 \\ 0 & 0 & 0 & -129.0731 & 52.3884 \end{bmatrix}$$

$$Cn11 = [q1' * C11 * q1 \quad q1' * C11 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C11 * q2 \quad q2' * C11 * q2 \\ q2' * C11 * q3 \quad 0 \quad 0; 0 \quad q2' * C11 * q3 \quad q3' * C11 * q3 \quad q3' * C11 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \\ q3' * C11 * q4 \quad q4' * C11 * q4 \quad q4' * C11 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C11 * q5 \\ q5' * C11 * q5]$$

$Cn11 =$ Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 3

$$\begin{bmatrix} 14.4240 & 8.8833 & 0 & 0 & 0 \\ 8.8833 & 29.7703 & 31.4824 & 0 & 0 \\ 0 & 31.4824 & 206.5061 & 204.9599 & 0 \\ 0 & 0 & 204.9599 & 256.2101 & -156.9918 \\ 0 & 0 & 0 & -156.9918 & 401.8523 \end{bmatrix}$$

$$Cn12 = [q1' * C12 * q1 \quad q1' * C12 * q2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; q1' * C12 * q2 \quad q2' * C12 * q2 \\ q2' * C12 * q3 \quad 0 \quad 0; 0 \quad q2' * C12 * q3 \quad q3' * C12 * q3 \quad q3' * C12 * q4 \quad 0; 0 \quad 0 \\ q3' * C12 * q4 \quad q4' * C12 * q4 \quad q4' * C12 * q5; 0 \quad 0 \quad 0 \quad q4' * C12 * q5 \\ q5' * C12 * q5]$$

$Cn12 =$ Matrik Redaman Efektif dengan *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 4

$$\begin{bmatrix} 9.8158 & -3.9552 & 0 & 0 & 0 \\ -3.9552 & 58.8008 & 71.1015 & 0 & 0 \\ 0 & 71.1015 & 123.9532 & -108.3076 & 0 \\ 0 & 0 & -108.3076 & 526.0037 & -45.3609 \\ 0 & 0 & 0 & -45.3609 & 177.0291 \end{bmatrix}$$

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* pada Tingkat 1 dan 5

10.0669	-24.7574	0	0	0
-24.7574	228.3161	-197.9412	0	0
0	-197.9412	342.7364	-149.9400	0
0	0	-149.9400	200.7870	49.7890
0	0	0	49.7890	152.6617

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* pada Tingkat 2 dan 4

9.3048	-8.2178	0	0	0
-8.2178	43.6718	36.2498	0	0
0	36.2498	64.2384	-159.7314	0
0	0	-159.7314	506.9494	-14.4401
0	0	0	-14.4401	583.1217

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* pada Tingkat 2 dan 5

9.5559	-29.0200	0	0	0
-29.0200	213.1871	-232.7928	0	0
0	-232.7928	283.0216	-201.3639	0
0	0	-201.3639	181.7327	80.7098
0	0	0	80.7098	558.7543

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* pada Tingkat 3 dan 5

16.2117	-33.6165	0	0	0
-33.6165	205.4682	-236.6566	0	0
0	-236.6566	414.7731	-36.8491	0
0	0	-36.8491	358.4264	-240.7039
0	0	0	-240.7039	277.2117

$$\text{cnn1} = [q1' * C1 * q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q2' * C1 * q2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q3' * C1 * q3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q4' * C1 * q4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5' * C1 * q5]$$

cnn1 = Matrik Redaman Efektif Diagonal tanpa Redaman Tambahan

0.7414	0	0	0	0
0	6.8862	0	0	0
0	0	13.6562	0	0
0	0	0	22.8665	0
0	0	0	0	24.9746

$$\text{cnn2} = [q1' * C2 * q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q2' * C2 * q2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q3' * C2 * q3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q4' * C2 * q4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5' * C2 * q5]$$

cnn2 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 1

8.2792	0	0	0	0
0	52.6182	0	0	0
0	0	134.4694	0	0
0	0	0	98.5708	0
0	0	0	0	277.3023

$$\text{cnn3} = [q1' * C3 * q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q2' * C3 * q2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q3' * C3 * q3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q4' * C3 * q4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5' * C3 * q5]$$

cnn3 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 2
1.0e+003 *

0.0073	0	0	0	0
0	0.0224	0	0	0
0	0	0.0150	0	0
0	0	0	0.0605	0
0	0	0	0	1.0895

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

cnn4 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 3

20.5688	0	0	0	0
0	6.9225	0	0	0
0	0	278.5428	0	0
0	0	0	413.8494	0
0	0	0	0	526.4023

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

cnn5 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan Kedua MR Damper pada Tingkat 4

11.3524	0	0	0	0
0	64.9833	0	0	0
0	0	113.4370	0	0

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 953.4367 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 76.7558 \end{bmatrix}$$

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

cnn6 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan Kedua *MR Damper* pada Tingkat 5

$$\begin{bmatrix} 11.8546 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 404.0139 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 551.0033 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 303.0033 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 28.0210 \end{bmatrix}$$

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

cnn7 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 2

$$\begin{bmatrix} 7.7682 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 37.4892 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 74.7546 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 79.5165 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 683.3950 \end{bmatrix}$$

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

cnn8 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper* pada Tingkat 2 dan 3

$$\begin{bmatrix} 13.9131 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 14.6414 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 146.7913 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 237.1558 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 807.9450 \end{bmatrix}$$

$$\text{cnn9} = [q1' * C9 * q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q2' * C9 * q2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q3' * C9 * q3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q4' * C9 * q4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5' * C9 * q5]$$

cnn9 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper* pada Tingkat 3 dan 4

$$\begin{bmatrix} 15.6141 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 34.5405 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 194.1620 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 683.5616 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 298.1186 \end{bmatrix}$$

$$\text{cnn10} = [q1' * C10 * q1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ q2' * C10 * q2 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ q3' * C10 * q3 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ q4' * C10 * q4 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ q5' * C10 * q5]$$

cnn10 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper* pada Tingkat 4 dan 5

```

11.6035      0      0      0      0
  0 234.4986      0      0      0
  0      0 332.2201      0      0
  0      0      0 628.2200      0
  0      0      0      0 52.3884

```

```

cnn11=[q1'*C11*q1 0 0 0 0;0 q2'*C11*q2 0 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* pada Tingkat 1 dan 3

```

14.4240      0      0      0      0
  0 29.7703      0      0      0
  0      0 206.5061      0      0
  0      0      0 256.2101      0
  0      0      0      0 401.8523

```

```

cnn12=[q1'*C12*q1 0 0 0 0;0 q2'*C12*q2 0 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* pada Tingkat 1 dan 4

```

9.8158      0      0      0      0
  0 58.8008      0      0      0
  0      0 123.9532      0      0
  0      0      0 526.0037      0
  0      0      0      0 177.0291

```

```

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* pada Tingkat 1 dan 5

```

10.0669      0      0      0      0
  0 228.3161      0      0      0
  0      0 342.7364      0      0
  0      0      0 200.7870      0
  0      0      0      0 152.6617

```

```

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* pada Tingkat 2 dan 4

```

9.3048      0      0      0      0
  0 43.6718      0      0      0
  0      0 64.2384      0      0
  0      0      0 506.9494      0
  0      0      0      0 583.1217

```

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

cnn15 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper* pada Tingkat 2 dan 5

9.5559	0	0	0	0
0	213.1871	0	0	0
0	0	283.0216	0	0
0	0	0	181.7327	0
0	0	0	0	558.7543

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

cnn16 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan *MR Damper* pada Tingkat 3 dan 5

16.2117	0	0	0	0
0	205.4682	0	0	0
0	0	414.7731	0	0
0	0	0	358.4264	0
0	0	0	0	277.2117

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

I = Matrik I

1
1
1
1
1

$Wn = (\text{inv}(Mn) * Kn) * 980$

Wn =

16.6453	0	0	0	0
0	97.5811	0	0	0
0	0	208.1844	0	0
0	0	0	397.4350	0
0	0	0	0	711.9471

$wn = \text{sqrt}(Wn)$

wn = Frekuensi Sudut

4.0799	0	0	0	0
0	9.8783	0	0	0
0	0	14.4286	0	0
0	0	0	19.9358	0
0	0	0	0	26.6823



$$Lm1 = ((cnn1 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm1 = Rasio Redaman Tanpa Peredam tambahan

0.0018

0.0067

0.0084

0.0101

0.0078

$$Lm2 = ((cnn2 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm2 = Rasio Redaman dengan Kedua *MR Damper* pada Tingkat 1

0.0198

0.0514

0.0829

0.0436

0.0870

$$Lm3 = ((cnn3 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm3 = Rasio Redaman dengan Kedua *MR Damper* pada Tingkat 2

0.0173

0.0218

0.0093

0.0268

0.3419

$$Lm4 = ((cnn4 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm4 = Rasio Redaman dengan Kedua *MR Damper* pada Tingkat 3

0.0491

0.0068

0.1717

0.1833

0.1652

$$Lm5 = ((cnn5 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm5 = Rasio Redaman dengan Kedua *MR Damper* pada Tingkat 4

0.0271

0.0635

0.0699

0.4222

0.0241

$$Lm6 = ((cnn6 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm6 = Rasio Redaman dengan Kedua *MR Damper* pada Tingkat 5

0.0283
 0.3948
 0.3397
 0.1342
 0.0088

$$Lm7 = ((cnn7 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm7 = Rasio Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 2

0.0185
 0.0366
 0.0461
 0.0352
 0.2145

$$Lm8 = ((cnn8 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm8 = Rasio Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 2 dan 3

0.0332
 0.0143
 0.0905
 0.1050
 0.2535

$$Lm9 = ((cnn9 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm9 = Rasio Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 3 dan 4

0.0373
 0.0338
 0.1197
 0.3027
 0.0936

$$Lm10 = ((cnn10 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm10 = Rasio Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 4 dan 5

0.0277
 0.2291
 0.2048
 0.2782
 0.0164

$$Lm11 = ((cnn11 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm11 = Rasio Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 3

0.0344
 0.0291
 0.1273

0.1135

0.1261

$$Lm12 = ((cnn12 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm12 = Rasio Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 4

0.0234

0.0575

0.0764

0.2329

0.0556

$$Lm13 = ((cnn13 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm13 = Rasio Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 5

0.0240

0.2231

0.2113

0.0889

0.0479

$$Lm14 = ((cnn14 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm14 = Rasio Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 2 dan 4

0.0222

0.0427

0.0396

0.2245

0.1830

$$Lm15 = ((cnn15 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm15 = Rasio Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 2 dan 5

0.0228

0.2083

0.1745

0.0805

0.1753

$$Lm16 = ((cnn16 * 980) / (2 * wn * Mn)) * I$$

Lm16 = Rasio Redaman dengan *MR Damper* pada Tingkat 3 dan 5

0.0387

0.2008

0.2557

0.1587

0.0870

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

T1 = Partisipasi Faktor *Mode 1*

2.0405

$$T2 = (q2' * M * I) / (q2' * M * q2)$$

T2 = Partisipasi Faktor *Mode 2*

0.8496

$$T3 = (q3' * M * I) / (q3' * M * q3)$$

T3 = Partisipasi Faktor *Mode 3*

0.5963

$$T4 = (q4' * M * I) / (q4' * M * q4)$$

T4 = Partisipasi Faktor *Mode 4*

0.2454

$$T5 = (q5' * M * I) / (q5' * M * q5)$$

T5 = Partisipasi Faktor *Mode 5*

0.2370

$$u1 = T1 * q1$$

u1 =

0.2353

0.4540

0.8356

1.1147

1.4004

$$u2 = T2 * q2$$

u2 =

0.2413

0.3816

0.3884

0.1165

-0.5946

$$u3 = T3 * q3$$

u3 =

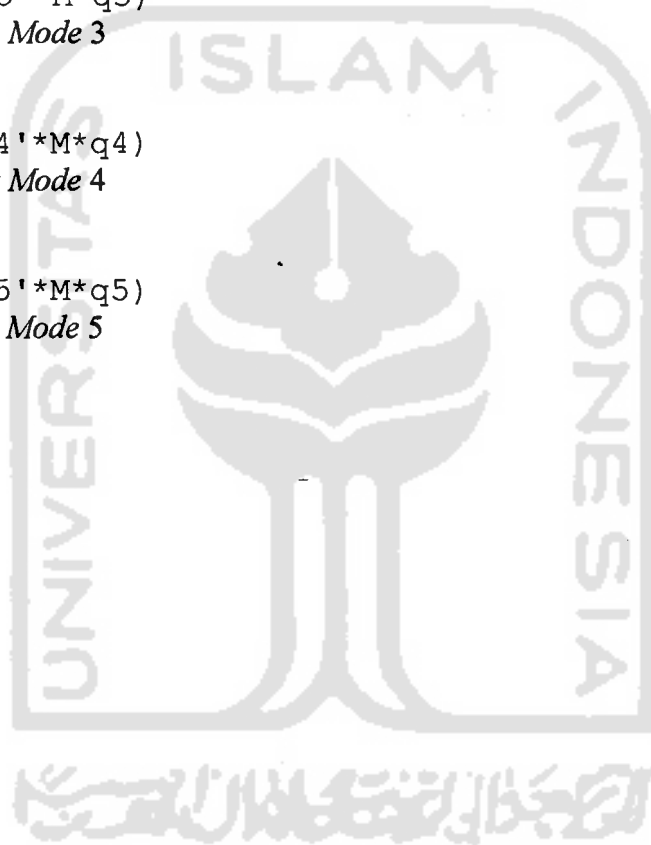
0.2752

0.3047

-0.1029

-0.3530

0.2275



$$u_4 = T_4 * q_4$$

$$u_4 =$$

0.0897

0.0265

-0.1773

0.1371

-0.0354

$$u_5 = T_5 * q_5$$

$$u_5 =$$

0.1581

-0.1666

0.0562

-0.0154

0.0020

$$u_t = u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5$$

$$u_t =$$

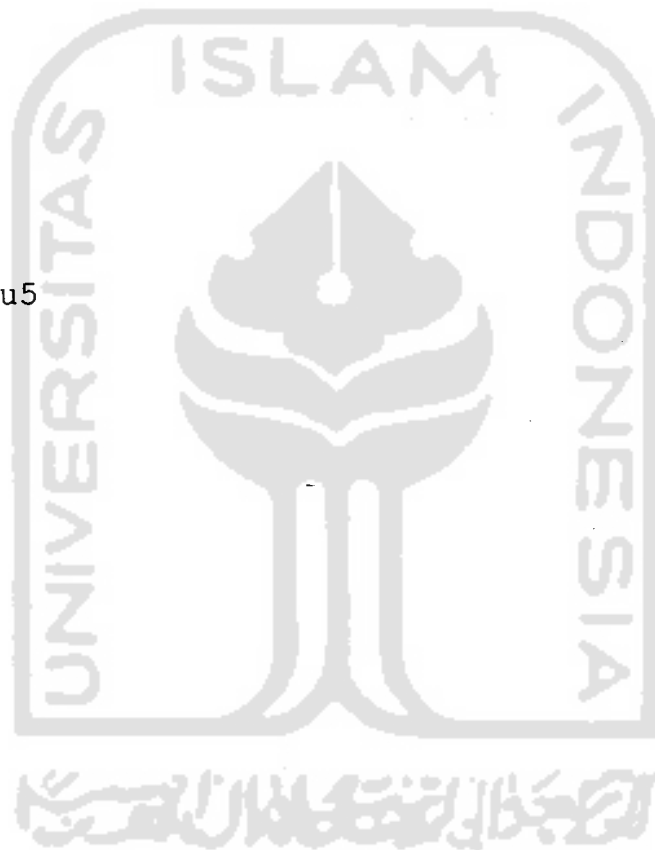
0.9996

1.0002

1.0001

0.9999

0.9999



LAMPIRAN 3



Menentukan Nilai a, b dan k

Mencari Nilai a

Mode	frekuensi natural (ω)	a $\left[\omega_n^2 - \frac{2}{(\Delta t)^2} \right]$
Mode 1	4,0799	-4983,3544
Mode 2	9,8783	-4902,4191
Mode 3	14,4286	-4791,8155
Mode 4	19,9358	-4602,5638
Mode 5	26,6823	-4288,0548

Mencari Nilai b dan \hat{k}

Variasi 1. Tanpa redaman tambahan

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0018	4,0799	2499,6328	2500,3670
Mode 2 0,0067	9,8783	2496,6907	2503,3090
Mode 3 0,0084	14,4286	2493,9399	2506,0600
Mode 4 0,0101	19,9358	2489,9324	2510,0680
Mode 5 0,0078	26,6823	2489,5939	2510,4060

Variasi 2. Kedua MR Damper pada Tingkat 1

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,02	4,0799	2495,9201	2504,08
Mode 2 0,052	9,8783	2474,3164	2525,684
Mode 3 0,0839	14,4286	2439,4720	2560,528
Mode 4 0,0441	19,9358	2456,0415	2543,958
Mode 5 0,0881	26,6823	2382,4644	2617,536

Variasi 3. Kedua MR Damper pada Tingkat 2

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0175	4,0799	2496,4300	2503,57
Mode 2 0,0221	9,8783	2489,0844	2510,916
Mode 3 0,0093	14,4286	2493,2907	2506,709
Mode 4 0,027	19,9358	2473,0866	2526,913
Mode 5 0,3464	26,6823	2037,8625	2962,137

Variasi 4. Kedua MR Damper pada Tingkat 3

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0497	4,0799	2489,8614	2510,139
Mode 2 0,0068	9,8783	2496,6413	2503,359
Mode 3 0,1739	14,4286	2374,5433	2625,457
Mode 4 0,1856	19,9358	2314,9957	2685,004
Mode 5 0,1673	26,6823	2276,8025	2723,197

Variasi 5. Kedua MR Damper pada Tingkat 4

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0274	4,0799	2494,4105	2505,589
Mode 2 0,0643	9,8783	2468,2412	2531,759
Mode 3 0,0707	14,4286	2448,9948	2551,005
Mode 4 0,4277	19,9358	2073,6729	2926,327
Mode 5 0,0243	26,6823	2467,5810	2532,419

Variasi 6. Kedua MR Damper pada Tingkat 5

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0286	4,0799	2494,1657	2505,834
Mode 2 0,0643	9,8783	2302,4833	2697,517
Mode 3 0,0707	14,4286	2251,7559	2748,244
Mode 4 0,4277	19,9358	2364,6359	2635,364
Mode 5 0,0243	26,6823	2488,2597	2511,74

Variasi 7. MR Damper pada Tingkat 1 dan 2

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0185	4,0799	2496,2260	2503,774
Mode 2 0,0366	9,8783	2481,9227	2518,077
Mode 3 0,0461	14,4286	2466,7420	2533,258
Mode 4 0,0352	19,9358	2464,9129	2535,087
Mode 5 0,2145	26,6823	2213,8323	2786,168

Variasi 8. MR Damper pada Tingkat 2 dan 3

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0332	4,0799	2493,2273	2506,773
Mode 2 0,0143	9,8783	2492,9370	2507,063
Mode 3 0,0905	14,4286	2434,7105	2565,289
Mode 4 0,105	19,9358	2395,3370	2604,663
Mode 5 0,2535	26,6823	2161,8018	2838,198

Variasi 9. *MR Damper* pada Tingkat 3 dan 4

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0373	4,0799	2492,3909	2507,609
Mode 2 0,0338	9,8783	2483,3056	2516,694
Mode 3 0,1197	14,4286	2413,6448	2586,355
Mode 4 0,3027	19,9358	2198,2716	2801,728
Mode 5 0,0936	26,6823	2375,1268	2624,873

Variasi 10. *MR Damper* pada Tingkat 4 dan 5

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0277	4,0799	2494,3493	2505,651
Mode 2 0,2291	9,8783	2386,8440	2613,156
Mode 3 0,2048	14,4286	2352,2511	2647,749
Mode 4 0,2782	19,9358	2222,6930	2777,307
Mode 5 0,0164	26,6823	2478,1205	2521,879

Variasi 11. *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 3

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0344	4,0799	2492,9825	2507,017
Mode 2 0,0291	9,8783	2485,6270	2514,373
Mode 3 0,1273	14,4286	2408,1619	2591,838
Mode 4 0,1135	19,9358	2386,8643	2613,136
Mode 5 0,1261	26,6823	2331,7680	2668,232

Variasi 12. *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 4

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0234	4,0799	2495,2265	2504,773
Mode 2 0,0575	9,8783	2471,5998	2528,4
Mode 3 0,0764	14,4286	2444,8827	2555,117
Mode 4 0,2329	19,9358	2267,8476	2732,152
Mode 5 0,0556	26,6823	2425,8232	2574,177

Variasi 13. *MR Damper* pada Tingkat 1 dan 5

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,024	4,0799	2495,1041	2504,896
Mode 2 0,2231	9,8783	2389,8075	2610,192
Mode 3 0,2113	14,4286	2347,5618	2652,438
Mode 4 0,0889	19,9358	2411,3853	2588,615
Mode 5 0,0479	26,6823	2436,0958	2563,904

Variasi 14. *MR Damper* pada Tingkat 2 dan 4

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0222	4,0799	2495,4713	2504,529
Mode 2 0,0427	9,8783	2478,9098	2521,09
Mode 3 0,0396	14,4286	2471,4313	2528,569
Mode 4 0,2245	19,9358	2276,2206	2723,779
Mode 5 0,183	26,6823	2255,8569	2744,143

Variasi 15. *MR Damper* pada Tingkat 2 dan 5

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0228	4,0799	2495,3489	2504,651
Mode 2 0,2083	9,8783	2397,1175	2602,882
Mode 3 0,1745	14,4286	2374,1104	2625,89
Mode 4 0,0805	19,9358	2419,7584	2580,242
Mode 5 0,1753	26,6823	2266,1296	2733,87

Variasi 16. *MR Damper* pada Tingkat 3 dan 5

Tanpa Redaman	Frekuensi natural (ω)	b $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[\frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode 1 0,0387	4,0799	2492,1053	2507,895
Mode 2 0,2008	9,8783	2400,8218	2599,178
Mode 3 0,2557	14,4286	2315,5303	2684,47
Mode 4 0,1587	19,9358	2341,8094	2658,191
Mode 5 0,087	26,6823	2383,9319	2616,068

LAMPIRAN 4



Tabel L-1 Contoh Perhitungan Nilai q untuk Pemasangan MR Damper tk 3 dan 5
Pada mode 1

t	yg	yg*980	(yg*980-a+b)/k	(yg*980-a+b)/k	yg*980-a+b	(yg*980-a+b)/k
0	0,0063	6,174			6,174	0,002461826
0,02	0,00364	3,5672		0,002461826	15,83534921	0,006314199
0,04	0,00099	0,9702	0,002461826	0,006314199	26,30096482	0,010487267
0,06	0,00428	4,1944	0,006314199	0,010487267	40,7205183	0,016236931
0,08	0,00758	7,4284	0,010487267	0,016236931	62,20740694	0,02480463
0,1	0,01087	10,6526	0,016236931	0,02480463	93,79871717	0,037401373
0,12	0,00682	6,6836	0,02480463	0,037401373	131,2521466	0,052335583
0,14	0,00277	2,7146	0,037401373	0,052335583	170,3131927	0,067910815
0,16	-0,00128	-1,2544	0,052335583	0,067910815	206,7434688	0,082437051
0,18	0,00368	3,6064	0,067910815	0,082437051	245,1785342	0,097762679
0,2	0,00864	8,4672	0,082437051	0,097762679	290,2114565	0,115719142
0,22	0,0136	13,328	0,097762679	0,115719142	346,3625926	0,138108889
0,24	0,00727	7,1246	0,115719142	0,138108889	406,985843	0,162281851
0,26	0,00094	0,9212	0,138108889	0,162281851	465,4472683	0,185592805
0,28	0,0042	4,116	0,162281851	0,185592805	524,5672451	0,209166351
0,3	0,00221	2,1658	0,185592805	0,209166351	581,999022	0,232066742
0,32	0,0021	2,058	0,209166351	0,232066742	637,2642279	0,254103233
0,34	0,00444	4,3512	0,232066742	0,254103233	692,302884	0,27604939
0,36	0,00867	8,4966	0,254103233	0,27604939	750,8965009	0,299413054
0,38	0,0129	12,642	0,27604939	0,299413054	816,7791852	0,325683167
0,4	0,01713	16,7874	0,299413054	0,325683167	893,613153	0,356320003
0,42	-0,00343	-3,3614	0,325683167	0,356320003	960,6706746	0,383058571
0,44	-0,024	-23,52	0,356320003	0,383058571	997,4096119	0,397707883
0,46	-0,00992	-9,7216	0,383058571	0,397707883	1017,575397	0,405748804
0,48	0,00416	4,0768	0,397707883	0,405748804	1034,936925	0,412671553
0,5	0,00528	5,1744	0,405748804	0,412671553	1050,494214	0,418874879
0,52	0,01653	16,1994	0,412671553	0,418874879	1075,180364	0,428718253
0,54	0,02779	27,2342	0,418874879	0,428718253	1119,808848	0,44651345
0,56	0,03904	38,2592	0,428718253	0,44651345	1194,982889	0,476488405
0,58	0,02449	24,0002	0,44651345	0,476488405	1285,752212	0,512681835
0,6	0,00995	9,751	0,476488405	0,512681835	1377,166953	0,54913262
0,62	0,00961	9,4178	0,512681835	0,54913262	1468,283089	0,585464339
0,64	0,00926	9,0748	0,54913262	0,585464339	1558,154723	0,621299824
0,66	0,00892	8,7416	0,585464339	0,621299824	1645,859971	0,656271483
0,68	-0,00486	-4,7628	0,621299824	0,656271483	1717,325936	0,684767878
0,7	-0,01864	-18,2672	0,656271483	0,684767878	1758,676109	0,701255877
0,72	-0,03242	-31,7716	0,684767878	0,701255877	1756,321237	0,700316894
0,74	-0,03365	-32,977	0,701255877	0,700316894	1709,346716	0,681586237
0,76	-0,05723	-56,0854	0,700316894	0,681586237	1595,23686	0,636085985
0,78	-0,04534	-44,4332	0,681586237	0,636085985	1426,823948	0,568932889
0,8	-0,03346	-32,7908	0,636085985	0,568932889	1217,2101	0,4853513
0,82	-0,03201	-31,3698	0,568932889	0,4853513	969,467013	0,38656603
0,84	-0,03058	-29,9488	0,4853513	0,38656603	686,9001284	0,273895091
0,86	-0,02911	-28,5278	0,38656603	0,273895091	373,0252151	0,148740364
0,88	-0,02766	-27,1068	0,273895091	0,148740364	31,54371272	0,012577765
0,9	-0,04116	-40,3368	0,148740364	0,012577765	-348,3340061	-0,138894972
0,92	-0,05466	-53,5668	0,012577765	-0,138894972	-777,0747853	-0,309851403

Tabel L-1 Lanjutan

t	yg	yg*980	(yg*980-a+b)/k	(yg*980-a+b)/k	yg*980-a+b	(yg*980-a+b)/k
0,94	-0,06816	-66,7968	-0,138894972	-0,309851403	-1264,755244	-0,504309488
0,96	-0,08166	-80,0268	-0,309851403	-0,504309488	-1820,997352	-0,726105898
0,98	-0,06846	-67,0908	-0,504309488	-0,726105898	-2428,741425	-0,968438242
1	-0,05527	-54,1646	-0,726105898	-0,968438242	-3070,703144	-1,224414556
1,02	-0,04208	-41,2384	-0,968438242	-1,224414556	-3729,479894	-1,487095709
1,04	-0,04259	-41,7382	-1,224414556	-1,487095709	-4401,093019	-1,754895248
1,06	-0,04311	-42,2478	-1,487095709	-1,754895248	-5081,51351	-2,026206643
1,08	-0,02428	-23,7944	-1,754895248	-2,026206643	-5747,716267	-2,291848848
1,1	-0,00545	-5,341	-2,026206643	-2,291848848	-6376,915524	-2,542736248
1,12	0,01338	13,1124	-2,291848848	-2,542736248	-6946,714581	-2,769938367
1,14	0,03221	31,5658	-2,542736248	-2,769938367	-7435,252014	-2,964738163
1,16	0,05104	50,0192	-2,769938367	-2,964738163	-7821,343405	-3,118688544
1,18	0,06987	68,4726	-2,964738163	-3,118688544	-8084,617691	-3,223666737
1,2	0,0887	86,926	-3,118688544	-3,223666737	-8205,647257	-3,27192616
1,22	0,04524	44,3352	-3,223666737	-3,27192616	-8227,115143	-3,280486282
1,24	0,00179	1,7542	-3,27192616	-3,280486282	-8192,086694	-3,26651901
1,26	-0,04167	-40,8366	-3,280486282	-3,26651901	-8143,740906	-3,247241574
1,28	-0,08513	-83,4274	-3,26651901	-3,247241574	-8125,073319	-3,239798045
1,3	-0,12858	-126,0084	-3,247241574	-3,239798045	-8178,601984	-3,261142107
1,32	-0,17204	-168,5992	-3,239798045	-3,261142107	-8346,107862	-3,327933531
1,34	-0,12908	-126,4984	-3,261142107	-3,327933531	-8583,66075	-3,422655554
1,36	-0,08613	-84,4074	-3,327933531	-3,422655554	-8847,15189	-3,527720216
1,38	-0,08902	-87,2396	-3,422655554	-3,527720216	-9137,501271	-3,643494353
1,4	-0,09192	-90,0816	-3,527720216	-3,643494353	-9455,454617	-3,770275317
1,42	-0,09482	-92,9236	-3,643494353	-3,770275317	-9801,56974	-3,90828553
1,44	-0,09324	-91,3752	-3,770275317	-3,90828553	-10171,82362	-4,055920848
1,46	-0,09166	-89,8268	-3,90828553	-4,055920848	-10562,05833	-4,211523341
1,48	-0,09478	-82,8844	-4,055920848	-4,211523341	-10972,61553	-4,375229236
1,5	-0,09789	-95,9322	-4,211523341	-4,375229236	-11403,69001	-4,547116209
1,52	-0,12902	-126,4396	-4,375229236	-4,547116209	-11882,79876	-4,738156407
1,54	-0,07652	-74,9896	-4,547116209	-4,738156407	-12355,00932	-4,926446011
1,56	-0,02401	-23,5298	-4,738156407	-4,926446011	-12765,77104	-5,090233458
1,58	0,02849	27,9202	-4,926446011	-5,090233458	-13061,29439	-5,208070669
1,6	0,08099	79,3702	-5,090233458	-5,208070669	-13188,8934	-5,258949597
1,62	0,1335	130,83	-5,208070669	-5,258949597	-13097,31857	-5,22243498
1,64	0,186	182,28	-5,258949597	-5,22243498	-12737,10765	-5,078804195
1,66	0,2385	233,73	-5,22243498	-5,078804195	-12060,89282	-4,809169769
1,68	0,21993	215,5314	-5,078804195	-4,809169769	-11093,35057	-4,423371221
1,7	0,20135	197,323	-4,809169769	-4,423371221	-9860,945488	-3,931961062
1,72	0,18277	179,1146	-4,423371221	-3,931961062	-8391,733552	-3,346126354
1,74	0,1642	160,916	-3,931961062	-3,346126354	-6715,156093	-2,677606556
1,76	0,14562	142,7076	-3,346126354	-2,677606556	-4861,855255	-1,93861994
1,78	0,16143	158,2014	-2,677606556	-1,93861994	-2829,751053	-1,128337132
1,8	0,17725	173,705	-1,93861994	-1,128337132	-617,9535922	-0,246403295
1,82	0,13215	129,507	-1,128337132	-0,246403295	1713,527115	0,683253133
1,84	0,08705	85,309	-0,246403295	0,683253133	4104,264488	1,636537609
1,86	0,04196	41,1208	0,683253133	1,636537609	6493,828875	2,589354369
1,88	-0,00314	-3,0772	1,636537609	2,589354369	8822,169073	3,517758548

Tabel L-1 Lanjutan

t	yg	yg*980	(yg*980-a+b)/k	(yg*980-a+b)/k	yg*980-a+b	(yg*980-a+b)/k
1,9	-0,04824	-47,2752	2,589354369	3,517758548	11030,01833	4,398118076
1,92	-0,09334	-91,4732	3,517758548	4,398118076	13059,28279	5,207268563
1,94	-0,13843	-135,6614	4,398118076	5,207268563	14853,4295	5,922668014
1,96	-0,18353	-179,8594	5,207268563	5,922668014	16357,8322	6,522534716
1,98	-0,22863	-224,0574	5,922668014	6,522534716	17520,13174	6,985990936
2	-0,27372	-268,2456	6,522534716	6,985990936	18290,57908	7,293199707
2,02	-0,31882	-312,4436	6,985990936	7,293199707	18622,32951	7,425482133
2,04	-0,25024	-245,2352	7,293199707	7,425482133	18583,15149	7,409860256
2,06	-0,18166	-178,0268	7,425482133	7,409860256	18242,84879	7,274167694
2,08	-0,11309	-110,8282	7,409860256	7,274167694	17672,77463	7,046855881
2,1	-0,04451	-43,6198	7,274167694	7,046855881	16945,36787	6,756809143
2,12	0,02407	23,5886	7,046855881	6,756809143	16133,65558	6,433146356
2,14	0,09265	90,797	6,756809143	6,433146356	15310,76465	6,105026187
2,16	0,16123	158,0054	6,433146356	6,105026187	14549,43574	5,801453305
2,18	0,22981	225,2138	6,105026187	5,801453305	13921,54293	5,551086838
2,2	0,29839	292,4222	5,801453305	5,551086838	13497,62211	5,382052323
2,22	0,23197	227,3306	5,551086838	5,382052323	13214,11124	5,269004978
2,24	0,16554	162,2292	5,382052323	5,269004978	13006,90668	5,186384072
2,26	0,09912	97,1376	5,269004978	5,186384072	12811,81173	5,108591759
2,28	0,0327	32,046	5,186384072	5,108591759	12564,95347	5,010159304
2,3	-0,03372	-33,0456	5,108591759	5,010159304	12203,2047	4,86591532
2,32	-0,10014	-98,1372	5,010159304	4,86591532	11664,59826	4,651150971
2,34	-0,16656	-163,2288	4,86591532	4,651150971	10888,73101	4,34178106
2,36	-0,23299	-228,3302	4,651150971	4,34178106	9817,145099	3,914496061
2,38	-0,29941	-293,4218	4,34178106	3,914496061	8393,723343	3,346919765
2,4	-0,00421	-4,1258	3,914496061	3,346919765	6919,424764	2,759056804
2,42	0,29099	285,1702	3,346919765	2,759056804	5693,651246	2,27029092
2,44	0,2238	219,324	2,759056804	2,27029092	4657,127884	1,856986789
2,46	0,15662	153,4876	2,27029092	1,856986789	3749,706626	1,495160932
2,48	0,08943	87,6414	1,856986789	1,495160932	2910,751405	1,160635276
2,5	0,02224	21,7952	1,495160932	1,160635276	2079,553476	0,829202768
2,52	-0,04495	-44,051	1,160635276	0,829202768	1195,734824	0,476788232
2,54	0,01834	17,9732	0,829202768	0,476788232	327,5172391	0,130594478
2,56	0,08163	79,9974	0,476788232	0,130594478	-457,4105601	-0,182388242
2,58	0,14491	142,0118	0,130594478	-0,182388242	-1092,348653	-0,43556395
2,6	0,2082	204,036	-0,182388242	-0,43556395	-1512,002805	-0,602897173
2,62	0,18973	185,9354	-0,43556395	-0,602897173	-1733,043606	-0,691035153
2,64	0,17125	167,825	-0,602897173	-0,691035153	-1773,364772	-0,707112846
2,66	0,13759	134,8382	-0,691035153	-0,707112846	-1666,823277	-0,664630408
2,68	0,10393	101,8514	-0,707112846	-0,664630408	-1448,037726	-0,577391687
2,7	0,07027	68,8646	-0,664630408	-0,577391687	-1152,153777	-0,459410692
2,72	0,03661	35,8778	-0,577391687	-0,459410692	-814,6075502	-0,324817247
2,74	0,00295	2,891	-0,459410692	-0,324817247	-470,8885922	-0,187762483
2,76	-0,03071	-30,0958	-0,324817247	-0,187762483	-156,3039799	-0,06232477
2,78	-0,00561	-5,4978	-0,187762483	-0,06232477	151,8396792	0,060544672
2,8	0,01948	19,0904	-0,06232477	0,060544672	476,1258524	0,189850792
2,82	0,04458	43,6884	0,060544672	0,189850792	838,8984774	0,33450303
2,84	0,06468	63,3864	0,189850792	0,33450303	1257,205364	0,501299043

Tabel L-1 Lanjutan

t	yg	yg*980	(yg*980-a+b)/k	(yg*980-a+b)/k	yg*980-a+b	(yg*980-a+b)/k
2,86	0,08478	83,0844	0,33450303	0,501299043	1747,618384	0,696846712
2,88	0,10487	102,7726	0,501299043	0,696846712	2326,116675	0,927517569
2,9	0,05895	57,771	0,696846712	0,927517569	2943,304307	1,173615445
2,92	0,01303	12,7694	0,927517569	1,173615445	3549,83955	1,415465779
2,94	-0,03289	-32,2322	1,173615445	1,415465779	4096,76203	1,633546073
2,96	-0,07882	-77,2436	1,415465779	1,633546073	4535,8055	1,808610608
2,98	-0,03556	-34,8488	1,633546073	1,808610608	4907,12984	1,956672763
3	0,00771	7,5558	1,808610608	1,956672763	5251,101363	2,093828236
3,02	0,05097	49,9506	1,956672763	2,093828236	5608,003991	2,236139867
3,04	0,01013	9,9274	2,093828236	2,236139867	5935,36419	2,366671727
3,06	-0,03071	-30,0958	2,236139867	2,366671727	6191,171927	2,468672702
3,08	-0,07156	-70,1288	2,366671727	2,468672702	6334,146783	2,525682607
3,1	-0,1124	-110,152	2,468672702	2,525682607	6324,026963	2,521647423
3,12	-0,15324	-150,1752	2,525682607	2,521647423	6121,820313	2,441019386
3,14	-0,11314	-110,8772	2,521647423	2,441019386	5769,37634	2,300485602
3,16	-0,07304	-71,5792	2,441019386	2,300485602	5309,278255	2,117025735
3,18	-0,03294	-32,2812	2,300485602	2,117025735	4784,555718	1,907797463
3,2	0,00715	7,007	2,117025735	1,907797463	4238,386615	1,690017571
3,22	-0,0635	-62,23	1,907797463	1,690017571	3605,294137	1,437577784
3,24	-0,13415	-131,467	1,690017571	1,437577784	2820,790662	1,124764259
3,26	-0,2048	-200,704	1,437577784	1,124764259	1821,799562	0,726425772
3,28	-0,12482	-122,3236	1,124764259	0,726425772	694,6823843	0,276998193
3,3	-0,04485	-43,953	0,726425772	0,276998193	-473,902424	-0,188964221
3,32	0,03513	34,4274	0,276998193	-0,188964221	-1597,556974	-0,637011108
3,34	0,1151	112,798	-0,188964221	-0,637011108	-2590,735355	-1,033031828
3,36	0,19508	191,1784	-0,637011108	-1,033031828	-3369,286481	-1,343471908
3,38	0,12301	120,5498	-1,033031828	-1,343471908	-4000,022648	-1,594972137
3,4	0,05094	49,9212	-1,343471908	-1,594972137	-4550,31662	-1,814396783
3,42	-0,02113	-20,7074	-1,594972137	-1,814396783	-5087,650917	-2,028653878
3,44	-0,0932	-91,336	-1,814396783	-2,028653878	-5679,189207	-2,26451634
3,46	-0,02663	-26,0974	-2,028653878	-2,26451634	-6255,365585	-2,494269331
3,48	0,03995	39,151	-2,26451634	-2,494269331	-6747,263647	-2,690409147
3,5	0,10653	104,3994	-2,494269331	-2,690409147	-7086,880789	-2,82582835
3,52	0,17311	169,6478	-2,690409147	-2,82582835	-7207,673178	-2,873993201
3,54	0,11283	110,5734	-2,82582835	-2,873993201	-7169,291172	-2,85868873
3,56	0,05255	51,499	-2,873993201	-2,85868873	-7032,066085	-2,803971492
3,58	-0,00772	-7,5656	-2,85868873	-2,803971492	-6856,595652	-2,734004275
3,6	0,01064	10,4272	-2,803971492	-2,734004275	-6626,292538	-2,642173033
3,62	0,029	28,42	-2,734004275	-2,642173033	-6325,03779	-2,522050481
3,64	0,04737	46,4226	-2,642173033	-2,522050481	-5937,275077	-2,367433675
3,66	0,06573	64,4154	-2,522050481	-2,367433675	-5448,130001	-2,172391588
3,68	0,02021	19,8058	-2,367433675	-2,172391588	-4906,097131	-1,95626098
3,7	-0,0253	-24,794	-2,172391588	-1,95626098	-4359,706956	-1,738392937
3,72	-0,07081	-69,3938	-1,95626098	-1,738392937	-3857,213342	-1,538028243
3,74	-0,04107	-40,2486	-1,738392937	-1,538028243	-3372,529988	-1,344765226
3,76	-0,01133	-11,1034	-1,538028243	-1,344765226	-2879,616617	-1,148220566
3,78	0,00288	2,8224	-1,344765226	-1,148220566	-2367,870929	-0,944166693
3,8	0,01709	16,7482	-1,148220566	-0,944166693	-1826,882371	-0,728452495

Tabel L-1 Lanjutan

t	yg	yg*980	(yg*980-a+b)/k	(yg*980-a+b)/k	yg*980-a+b	(yg*980-a+b)/k
3,82	0,03131	30,6838	-0,944166693	-0,728452495	-1246,490234	-0,497026484
3,84	-0,02278	-22,3244	-0,728452495	-0,497026484	-683,8031178	-0,272660186
3,86	-0,07686	-75,3228	-0,497026484	-0,272660186	-195,4427544	-0,077930996
3,88	-0,13095	-128,331	-0,272660186	-0,077930996	162,8091523	0,064918648
3,9	-0,18504	-181,3392	-0,077930996	0,064918648	336,3856845	0,134130689
3,92	-0,14347	-140,6006	0,064918648	0,134130689	366,0360467	0,145953498
3,94	-0,1019	-99,862	0,134130689	0,145953498	293,2081897	0,116914061
3,96	-0,06034	-59,1332	0,145953498	0,116914061	159,7595022	0,063702628
3,98	-0,01877	-18,3946	0,116914061	0,063702628	7,696008106	0,003068712
4	0,0228	22,344	0,063702628	0,003068712	-121,1171825	-0,048294359
4,02	-0,00996	-9,7608	0,003068712	-0,048294359	-258,0762629	-0,10290553
4,04	-0,04272	-41,8656	-0,048294359	-0,10290553	-434,3256893	-0,173183363
4,06	-0,02147	-21,0406	-0,10290553	-0,173183363	-627,6232466	-0,250258981
4,08	-0,00021	-0,2058	-0,173183363	-0,250258981	-815,7437997	-0,325270316
4,1	0,02104	20,6192	-0,250258981	-0,325270316	-976,6463041	-0,389428706
4,12	-0,01459	-14,2982	-0,325270316	-0,389428706	-1144,351543	-0,456299623
4,14	-0,05022	-49,2156	-0,389428706	-0,456299623	-1352,620953	-0,539345129
4,16	-0,08585	-84,133	-0,456299623	-0,539345129	-1634,734169	-0,651835172
4,18	-0,12148	-119,0504	-0,539345129	-0,651835172	-2023,271164	-0,806760715
4,2	-0,15711	-153,9678	-0,651835172	-0,806760715	-2549,900408	-1,016749269
4,22	-0,19274	-188,8852	-0,806760715	-1,016749269	-3245,174408	-1,293983364
4,24	-0,22837	-223,8026	-1,016749269	-1,293983364	-4138,333946	-1,650122491
4,26	-0,18145	-177,821	-1,293983364	-1,650122491	-5176,22325	-2,063971279
4,28	-0,13453	-131,8394	-1,650122491	-2,063971279	-6305,060581	-2,514084753
4,3	-0,08761	-85,8578	-2,063971279	-2,514084753	-7470,799146	-2,978912254
4,32	-0,04069	-39,8762	-2,514084753	-2,978912254	-8619,487498	-3,436941139
4,34	0,00623	6,1054	-2,978912254	-3,436941139	-9897,627034	-3,866839335
4,36	0,05316	52,0968	-3,436941139	-3,866839335	-10852,51444	-4,247591882
4,38	0,10008	98,0784	-3,866839335	-4,247591882	-11432,60611	-4,558646237
4,4	0,147	144,06	-4,247591882	-4,558646237	-11987,84312	-4,780041875
4,42	0,09754	95,5892	-4,558646237	-4,780041875	-12364,42661	-4,930201068
4,44	0,04808	47,1184	-4,780041875	-4,930201068	-12609,45262	-5,027902929
4,46	-0,00138	-1,3524	-4,930201068	-5,027902929	-12770,59388	-5,092156521
4,48	0,05141	50,3818	-5,027902929	-5,092156521	-12795,57476	-5,102117419
4,5	0,1042	102,116	-5,092156521	-5,102117419	-12633,35253	-5,037432798
4,52	0,15699	153,8502	-5,102117419	-5,037432798	-12234,44833	-4,878373427
4,54	0,20979	205,5942	-5,037432798	-4,878373427	-11551,256	-4,60595679
4,56	0,26258	257,3284	-4,878373427	-4,60595679	-10538,36588	-4,202076194
4,58	0,16996	166,5608	-4,60595679	-4,202076194	-9295,344301	-3,706432806
4,6	0,07734	75,7932	-4,202076194	-3,706432806	-7922,658256	-3,159086906
4,62	-0,01527	-14,9646	-3,706432806	-3,159086906	-6520,993024	-2,600185823
4,64	-0,10789	-105,7322	-3,159086906	-2,600185823	-5190,602122	-2,069704721
4,66	-0,20051	-196,4998	-2,600185823	-2,069704721	-4030,634801	-1,607178451
4,68	-0,06789	-66,5322	-2,069704721	-1,607178451	-2917,749691	-1,163425778
4,7	0,06479	63,4942	-1,607178451	-1,163425778	-1729,010673	-0,689427059
4,72	0,01671	16,3758	-1,163425778	-0,689427059	-519,9039031	-0,207306886
4,74	-0,03137	-30,7426	-0,689427059	-0,207306886	654,298613	0,260895537
4,76	-0,07945	-77,861	-0,207306886	0,260895537	1738,904533	0,693372144

Tabel L-1 Lanjutan

t	yg	yg*980	(yg*980-a+b)/k	(yg*980-a+b)/k	yg*980-a+b	(yg*980-a+b)/k
4,78	-0,12753	-124,9794	0,260895537	0,693372144	2680,160548	1,068689298
4,8	-0,17561	-172,0978	0,693372144	1,068689298	3425,603253	1,365927701
4,82	-0,22369	-219,2162	1,068689298	1,365927701	3924,399249	1,564818004
4,84	-0,27177	-266,3346	1,365927701	1,564818004	4127,672287	1,645871254
4,86	-0,15851	-155,3398	1,564818004	1,645871254	4146,928554	1,653549512
4,88	-0,04525	-44,345	1,645871254	1,653549512	4094,193599	1,632521935
4,9	0,06802	66,6596	1,653549512	1,632521935	4081,275301	1,627370883
4,92	0,18128	177,6544	1,632521935	1,627370883	4219,00352	1,68228874
4,94	0,14464	141,7472	1,627370883	1,68228874	4469,60843	1,782215137
4,96	0,108	105,84	1,68228874	1,782215137	4794,808789	1,91188578
4,98	0,07137	69,9426	1,782215137	1,91188578	5156,079049	2,055938964
5	0,03473	34,0354	1,91188578	2,055938964	5514,887008	2,199010328



LAMPIRAN 5



Tabel L-2 Contoh Perhitungan Nilai Simpangan Total pemasangan *MR* Damper pada tingkat 3 dan 5 untuk *mode* 1

t	$y_g * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
0	6,174	0,002462	0,002375	0,0023	0,002323	0,00236	0,00057919	0,000573	0,000633	0,000208	0,000373	0,002367
0,02	3,5672	0,006314	0,005853	0,005434	0,005364	0,005232	0,00148554	0,001412	0,001496	0,000481	0,000827	0,005702
0,04	0,9702	0,010487	0,009218	0,008078	0,007606	0,006796	0,00246734	0,002224	0,002223	0,000682	0,001074	0,008671
0,06	4,1944	0,016237	0,013595	0,011294	0,010021	0,007975	0,00382006	0,00328	0,003109	0,000899	0,001261	0,012368
0,08	7,4284	0,024805	0,019985	0,015959	0,013446	0,009719	0,00583578	0,004822	0,004393	0,001206	0,001537	0,017793
0,1	10,6526	0,037401	0,029235	0,022714	0,01846	0,012735	0,00879941	0,007054	0,006252	0,001655	0,002013	0,025774
0,12	6,6836	0,052336	0,039253	0,029269	0,022632	0,014572	0,01231297	0,009471	0,008056	0,002029	0,002304	0,034174
0,14	2,7146	0,067911	0,048078	0,033664	0,023944	0,013319	0,01597735	0,011601	0,009266	0,002147	0,002106	0,041097
0,16	-1,2544	0,082437	0,053941	0,034377	0,021049	0,008072	0,01939494	0,013015	0,009462	0,001887	0,001276	0,045036
0,18	3,6064	0,097763	0,05872	0,03367	0,016707	0,002473	0,02300059	0,014168	0,009268	0,001498	0,000391	0,048326
0,2	8,4672	0,115719	0,064187	0,033603	0,01357	-6,57E-05	0,0272252	0,015487	0,009249	0,001217	-1,04E-05	0,053168
0,22	13,328	0,138109	0,071955	0,035904	0,013791	0,002733	0,03249283	0,017362	0,009883	0,001237	0,000432	0,061406
0,24	7,1246	0,162282	0,079169	0,037758	0,014604	0,007264	0,03817999	0,019102	0,010393	0,00131	0,001148	0,070133
0,26	0,9212	0,185593	0,083215	0,036772	0,013484	0,009767	0,04366435	0,020079	0,010122	0,001209	0,001544	0,076618
0,28	4,116	0,209166	0,085412	0,034604	0,012029	0,010964	0,04921049	0,020609	0,009525	0,001079	0,001733	0,082156
0,3	2,1658	0,232067	0,085068	0,030856	0,009763	0,009899	0,05459826	0,020526	0,008493	0,000875	0,001565	0,086058
0,32	2,058	0,254103	0,082348	0,025998	0,007082	0,007021	0,05978278	0,01987	0,007156	0,000635	0,00111	0,088553
0,34	4,3512	0,276049	0,078419	0,021412	0,005298	0,004151	0,06494604	0,018921	0,005894	0,000475	0,000656	0,090892
0,36	8,4966	0,299413	0,075114	0,01896	0,00613	0,003654	0,0704428	0,018124	0,005219	0,00055	0,000578	0,094913
0,38	12,642	0,325683	0,074105	0,020085	0,010703	0,007039	0,07662336	0,01788	0,005528	0,00096	0,001113	0,102105
0,4	16,7874	0,35632	0,076849	0,025751	0,019447	0,014625	0,08383128	0,018543	0,007088	0,001744	0,002312	0,113518
0,42	-3,3614	0,383059	0,075206	0,027389	0,022977	0,016273	0,09012206	0,018146	0,007539	0,00206	0,002573	0,12044

Tabel L-2 Lanjutan

t	$y_x * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
0,44	-23,52	0,397708	0,061816	0,017916	0,013804	0,004356	0,09356859	0,014915	0,004931	0,001238	0,000689	0,115342
0,46	-9,7216	0,405749	0,043387	0,004734	1,95E-06	-0,011406	0,09546038	0,010469	0,001303	1,75E-07	-0,001803	0,105429
0,48	4,0768	0,412672	0,026303	-0,005484	-0,010624	-0,021106	0,09708909	0,006347	-0,00151	-0,000953	-0,003337	0,097637
0,5	5,1744	0,418875	0,011527	-0,011945	-0,016451	-0,022224	0,09854855	0,002781	-0,003288	-0,001475	-0,003514	0,093053
0,52	16,1994	0,428718	0,003678	-0,010558	-0,01303	-0,011002	0,10086439	0,000888	-0,002906	-0,001168	-0,001739	0,095938
0,54	27,2342	0,446513	0,006768	0,001603	0,002177	0,012628	0,10505106	0,001633	0,000441	0,000195	0,001997	0,109317
0,56	38,2592	0,476488	0,024088	0,02622	0,029642	0,04535	0,11210326	0,005812	0,007217	0,002658	0,00717	0,13496
0,58	24,0002	0,512682	0,048416	0,054361	0,058435	0,072001	0,12061848	0,011682	0,014963	0,00524	0,011383	0,163887
0,6	9,751	0,549133	0,07282	0,078051	0,078732	0,080419	0,12919424	0,017571	0,021484	0,00706	0,012714	0,188023
0,62	9,4178	0,585464	0,096252	0,09594	0,088385	0,069805	0,13774199	0,023224	0,026408	0,007925	0,011036	0,206336
0,64	9,0748	0,6213	0,117774	0,107311	0,087088	0,044605	0,14617299	0,028417	0,029538	0,007809	0,007052	0,218989
0,66	8,7416	0,656271	0,136594	0,112054	0,076213	0,012843	0,15440076	0,032958	0,030843	0,006834	0,002031	0,227067
0,68	-4,7628	0,684768	0,147018	0,10568	0,053446	-0,021416	0,1611051	0,035474	0,029089	0,004792	-0,003386	0,227074
0,7	-18,2672	0,701256	0,144099	0,085182	0,018526	-0,053789	0,16498422	0,034769	0,023447	0,001661	-0,008504	0,216357
0,72	-31,7716	0,700317	0,123769	0,04906	-0,026961	-0,080797	0,16476331	0,029864	0,013504	-0,002418	-0,012774	0,192939
0,74	-32,977	0,681586	0,087656	0,001813	-0,075408	-0,096025	0,16035656	0,02115	0,000499	-0,006762	-0,015182	0,160062
0,76	-56,0854	0,636086	0,029431	-0,059973	-0,127913	-0,105208	0,14965173	0,007101	-0,016508	-0,01147	-0,016634	0,112142
0,78	-44,4332	0,568933	-0,042552	-0,125169	-0,17176	-0,101929	0,13385264	-0,010267	-0,034453	-0,015402	-0,016115	0,057615
0,8	-32,7908	0,485351	-0,120059	-0,183913	-0,197044	-0,083737	0,11418843	-0,028969	-0,050622	-0,017669	-0,013239	0,00369
0,82	-31,3698	0,386566	-0,199213	-0,232006	-0,201658	-0,056361	0,09094725	-0,048067	-0,06386	-0,018083	-0,008911	-0,047974
0,84	-29,9488	0,273895	-0,27637	-0,266653	-0,18684	-0,027524	0,0644392	-0,066684	-0,073397	-0,016754	-0,004352	-0,096747
0,86	-28,5278	0,14874	-0,348238	-0,286487	-0,156581	-0,004661	0,03499409	-0,084025	-0,078856	-0,014041	-0,000737	-0,142664
0,88	-27,1068	0,012578	-0,411977	-0,291474	-0,116711	0,007081	0,00295917	-0,099405	-0,080229	-0,010465	0,00112	-0,18602
0,9	-40,3368	-0,138895	-0,470904	-0,288198	-0,079311	0,000435	-0,0326778	-0,113623	-0,079327	-0,007112	6,87E-05	-0,232671
0,92	-53,5668	-0,309851	-0,528264	-0,282976	-0,054655	-0,026216	-0,0728986	-0,127463	-0,07789	-0,004901	-0,004145	-0,287297

Tabel L-2 Lanjutan

t	$y_R * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
0,94	-66,7968	-0,504309	-0,587114	-0,281409	-0,049891	-0,068901	-0,1186487	-0,141663	-0,077459	-0,004474	-0,010893	-0,353137
0,96	-80,0268	-0,726106	-0,650219	-0,288045	-0,068341	-0,119638	-0,1708307	-0,156889	-0,079285	-0,006128	-0,018915	-0,432048
0,98	-67,0908	-0,968438	-0,70991	-0,296423	-0,099616	-0,158959	-0,2278441	-0,171292	-0,081591	-0,008932	-0,025132	-0,514791
1	-54,1646	-1,224415	-0,759232	-0,300838	-0,132651	-0,172237	-0,2880676	-0,183192	-0,082806	-0,011895	-0,027231	-0,593192
1,02	-41,2384	-1,487096	-0,792153	-0,296678	-0,157434	-0,153226	-0,3498685	-0,191136	-0,081661	-0,014117	-0,024225	-0,661008
1,04	-41,7382	-1,754895	-0,80888	-0,28563	-0,171432	-0,110158	-0,4128736	-0,195172	-0,07862	-0,015372	-0,017416	-0,719454
1,06	-42,2478	-2,026207	-0,810217	-0,269687	-0,174025	-0,057081	-0,4767049	-0,195494	-0,074232	-0,015605	-0,009025	-0,77108
1,08	-23,7944	-2,291849	-0,790188	-0,243884	-0,159241	-0,002276	-0,5392025	-0,190662	-0,06713	-0,014279	-0,00036	-0,811633
1,1	-5,341	-2,542736	-0,744077	-0,204704	-0,124418	0,046244	-0,5982287	-0,179536	-0,056345	-0,011156	0,007311	-0,837955
1,12	13,1124	-2,769938	-0,668505	-0,150148	-0,070204	0,082886	-0,6516824	-0,161301	-0,041329	-0,006295	0,013104	-0,847503
1,14	31,5658	-2,964738	-0,561459	-0,079688	-7,19E-05	0,105786	-0,6975129	-0,135472	-0,021934	-6,45E-06	0,016725	-0,838201
1,16	50,0192	-3,118689	-0,422258	0,005902	0,080541	0,116985	-0,7337328	-0,101885	0,001625	0,007222	0,018496	-0,808276
1,18	68,4726	-3,223667	-0,251484	0,104778	0,165276	0,121527	-0,7584309	-0,06068	0,02884	0,01482	0,019214	-0,756236
1,2	86,926	-3,271926	-0,050858	0,21432	0,247917	0,125821	-0,7697849	-0,012271	0,058992	0,02223	0,019893	-0,680941
1,22	44,3352	-3,280486	0,153425	0,308702	0,300333	0,11244	-0,7717989	0,037019	0,084971	0,026931	0,017777	-0,605101
1,24	1,7542	-3,266519	0,337033	0,366825	0,302266	0,070317	-0,7685128	0,081321	0,100969	0,027104	0,011117	-0,548001
1,26	-40,8366	-3,247242	0,478264	0,373301	0,243414	-0,002814	-0,7639774	0,115398	0,102752	0,021827	-0,000445	-0,524445
1,28	-83,4274	-3,239798	0,558664	0,318858	0,123787	-0,100581	-0,7622262	0,134798	0,087766	0,0111	-0,015902	-0,544464
1,3	-126,0084	-3,261142	0,563474	0,200231	-0,047513	-0,210467	-0,7672478	0,135959	0,055114	-0,00426	-0,033275	-0,613711
1,32	-168,5992	-3,327934	0,481896	0,019573	-0,254747	-0,317773	-0,7829618	0,116275	0,005387	-0,022843	-0,050241	-0,734383
1,34	-126,4984	-3,422656	0,339784	-0,184897	-0,446816	-0,377431	-0,805247	0,081985	-0,050893	-0,040066	-0,059673	-0,873893
1,36	-84,4074	-3,52772	0,163286	-0,378369	-0,580973	-0,361346	-0,8299655	0,039399	-0,104147	-0,052095	-0,05713	-1,003939
1,38	-87,2396	-3,643494	-0,039438	-0,548406	-0,645118	-0,281697	-0,8572036	-0,009516	-0,15095	-0,057847	-0,044537	-1,120053
1,4	-90,0816	-3,770275	-0,259867	-0,6861	-0,639062	-0,166888	-0,8870314	-0,062702	-0,188851	-0,057304	-0,026385	-1,222274
1,42	-92,9236	-3,908286	-0,48947	-0,786278	-0,573137	-0,052369	-0,919501	-0,118102	-0,216425	-0,051393	-0,00828	-1,3137

Tabel L-2 Lanjutan

t	$y_g * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
1,44	-91,3752	-4,055921	-0,718329	-0,84575	-0,46374	0,031311	-0,9542351	-0,173323	-0,232794	-0,041583	0,00495	-1,396985
1,46	-89,8268	-4,211523	-0,937315	-0,86492	-0,331821	0,064709	-0,9908436	-0,226161	-0,238071	-0,029754	0,010231	-1,4746
1,48	-92,8844	-4,375229	-1,140136	-0,84898	-0,200934	0,042027	-1,0293587	-0,275099	-0,233684	-0,018018	0,006645	-1,549514
1,5	-95,9322	-4,547116	-1,321583	-0,805128	-0,091673	-0,026749	-1,0697984	-0,31888	-0,221613	-0,00822	-0,004229	-1,622741
1,52	-126,4396	-4,738156	-1,488212	-0,751963	-0,029275	-0,130476	-1,1147444	-0,359085	-0,20698	-0,002625	-0,020629	-1,704063
1,54	-74,9896	-4,926446	-1,615105	-0,675724	0,001862	-0,218155	-1,1590432	-0,389703	-0,185995	0,000167	-0,034491	-1,769065
1,56	-23,5298	-5,090233	-1,680731	-0,566325	0,020163	-0,247678	-1,1975774	-0,405538	-0,155882	0,001808	-0,039159	-1,796348
1,58	27,9202	-5,208071	-1,667508	-0,417641	0,043775	-0,196506	-1,225301	-0,402347	-0,114957	0,003925	-0,031068	-1,769747
1,6	79,3702	-5,25895	-1,562153	-0,227436	0,08789	-0,066057	-1,2372712	-0,376926	-0,062602	0,007881	-0,010444	-1,679363
1,62	130,83	-5,222435	-1,355856	0,003002	0,162831	0,120804	-1,2286804	-0,32715	0,000826	0,014601	0,019099	-1,521303
1,64	182,28	-5,078804	-1,04427	0,269439	0,27308	0,327885	-1,1948885	-0,251968	0,074164	0,024487	0,05184	-1,296367
1,66	233,73	-4,80917	-0,627333	0,56543	0,417306	0,516703	-1,1314517	-0,151367	0,155636	0,03742	0,081692	-1,008071
1,68	215,5314	-4,423371	-0,13574	0,85718	0,563055	0,630536	-1,040685	-0,032752	0,23594	0,050489	0,099689	-0,687319
1,7	197,323	-3,931961	0,399351	1,115863	0,681504	0,6381	-0,9250711	0,096358	0,307144	0,06111	0,100885	-0,359574
1,72	179,1146	-3,346126	0,947526	1,319179	0,751343	0,539804	-0,787242	0,228625	0,363107	0,067372	0,085345	-0,042793
1,74	160,916	-2,677607	1,480204	1,452192	0,761069	0,364837	-0,6299596	0,357153	0,399719	0,068244	0,057682	0,252839
1,76	142,7076	-1,93862	1,971565	1,507465	0,709534	0,160658	-0,4560984	0,475712	0,414933	0,063623	0,025401	0,52357
1,78	158,2014	-1,128337	2,412275	1,497167	0,617561	-0,008652	-0,2654635	0,582049	0,412098	0,055376	-0,001368	0,782692
1,8	173,705	-0,246403	2,795619	1,436885	0,509548	-0,094185	-0,0579712	0,674545	0,395505	0,045691	-0,014891	1,042879
1,82	129,507	0,683253	3,094579	1,321697	0,386927	-0,096992	0,16074873	0,74668	0,3638	0,034695	-0,015335	1,290589
1,84	85,309	1,636538	3,287366	1,15162	0,253142	-0,040545	0,38502763	0,793197	0,316986	0,022699	-0,00641	1,511499
1,86	41,1208	2,589354	3,357844	0,930925	0,112901	0,037647	0,6091965	0,810202	0,256239	0,010124	0,005952	1,691713
1,88	-3,0772	3,517759	3,295696	0,66722	-0,028685	0,097478	0,82762182	0,795207	0,183654	-0,002572	0,015412	1,819322
1,9	-47,2752	4,398118	3,096372	0,370403	-0,166916	0,107401	1,0347437	0,747113	0,101954	-0,014967	0,01698	1,885824
1,92	-91,4732	5,207269	2,76082	0,051579	-0,29815	0,052249	1,22511225	0,666148	0,014197	-0,026735	0,008261	1,886984

Tabel L-2 Lanjutan

t	$y_g * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
1,94	-135,6614	5,922668	2,295032	-0,277963	-0,420222	-0,064085	1,39342403	0,55376	-0,07651	-0,037681	-0,010132	1,822861
1,96	-179,8594	6,522535	1,70943	-0,607659	-0,532598	-0,221408	1,53455446	0,412462	-0,167259	-0,047758	-0,035005	1,696995
1,98	-224,0574	6,985991	1,018139	-0,928382	-0,636257	-0,390163	1,64359164	0,245663	-0,255539	-0,057053	-0,061686	1,514977
2	-268,2456	7,2932	0,238175	-1,232954	-0,733363	-0,540301	1,71586854	0,057468	-0,339373	-0,06576	-0,085423	1,282781
2,02	-312,4436	7,425482	-0,611417	-1,516439	-0,826802	-0,649509	1,74699058	-0,147527	-0,417403	-0,074139	-0,102689	1,005233
2,04	-245,2352	7,40986	-1,467568	-1,734714	-0,877759	-0,66601	1,74331523	-0,354104	-0,477484	-0,078708	-0,105298	0,727721
2,06	-178,0268	7,274168	-2,27178	-1,854779	-0,858386	-0,567847	1,71139089	-0,548149	-0,510532	-0,076971	-0,089778	0,485961
2,08	-110,8282	7,046856	-2,971968	-1,855786	-0,754671	-0,366223	1,65791132	-0,717095	-0,510809	-0,067671	-0,057901	0,304435
2,1	-43,6198	6,756809	-3,523927	-1,728985	-0,566877	-0,099499	1,58967212	-0,850276	-0,475907	-0,050831	-0,015731	0,196927
2,12	23,5886	6,433146	-3,89239	-1,476738	-0,307804	0,179653	1,51352409	-0,939181	-0,406475	-0,0276	0,028404	0,168671
2,14	90,797	6,105026	-4,051669	-1,110812	0,000612	0,41985	1,43632737	-0,977613	-0,305753	5,49E-05	0,066379	0,219396
2,16	158,0054	5,801453	-3,98589	-0,650173	0,33167	0,584872	1,36490589	-0,961741	-0,178962	0,029741	0,09247	0,346414
2,18	225,2138	5,551087	-3,688842	-0,118525	0,658459	0,66217	1,30600226	-0,890067	-0,032624	0,059044	0,104691	0,547045
2,2	292,4222	5,382052	-3,163467	0,458179	0,957913	0,664184	1,26623357	-0,763302	0,126115	0,085895	0,105009	0,819951
2,22	227,3306	5,269005	-2,471958	1,004775	1,164025	0,572163	1,23963696	-0,59645	0,276566	0,104377	0,09046	1,114591
2,24	162,2292	5,186384	-1,678001	1,45876	1,232597	0,394609	1,22019877	-0,404879	0,401527	0,110526	0,062389	1,389761
2,26	97,1376	5,108592	-0,844266	1,773408	1,14526	0,162552	1,2018966	-0,20371	0,488134	0,102694	0,0257	1,614715
2,28	32,046	5,010159	-0,030131	1,919219	0,909141	-0,080902	1,17873843	-0,00727	0,528269	0,081522	-0,012791	1,768468
2,3	-33,0456	4,865915	0,71029	1,883843	0,552764	-0,293368	1,14480219	0,171383	0,518532	0,049566	-0,046382	1,837901
2,32	-98,1372	4,651151	1,329782	1,670676	0,119239	-0,444656	1,09427466	0,320858	0,459857	0,010692	-0,070301	1,815381
2,34	-163,2288	4,341781	1,789274	1,296437	-0,341921	-0,523904	1,02148931	0,431728	0,356847	-0,03066	-0,082831	1,696573
2,36	-228,3302	3,914496	2,058679	0,788035	-0,782968	-0,540823	0,92096212	0,496731	0,216908	-0,070208	-0,085506	1,478888
2,38	-293,4218	3,34692	2,117344	0,179088	-1,16484	-0,52122	0,78742864	0,510886	0,049294	-0,10445	-0,082406	1,160753
2,4	-4,1258	2,759057	2,090454	-0,361593	-1,328654	-0,363088	0,64912233	0,504398	-0,099529	-0,119139	-0,057405	0,877447
2,42	285,1702	2,270291	2,09685	-0,693695	-1,167038	-0,011168	0,53413055	0,505941	-0,190941	-0,104647	-0,001766	0,742718

Tabel L-2 Lanjutan

t	$y_x * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
2,44	219,324	1,856987	2,108418	-0,844656	-0,767661	0,396402	0,43689263	0,508733	-0,232493	-0,068836	0,062672	0,706969
2,46	153,4876	1,495161	2,099	-0,852189	-0,243301	0,718598	0,35176599	0,50646	-0,234567	-0,021817	0,113612	0,715455
2,48	87,6414	1,160635	2,045216	-0,759951	0,287996	0,850144	0,27306226	0,493483	-0,209178	0,025824	0,13441	0,717602
2,5	21,7952	0,829203	1,927139	-0,613335	0,721198	0,748988	0,19508624	0,464993	-0,168822	0,064669	0,118101	0,674027
2,52	-44,051	0,476788	1,728775	-0,455713	0,978438	0,432858	0,1121738	0,41713	-0,125436	0,087736	0,068436	0,560039
2,54	17,9732	0,130594	1,48756	-0,277718	1,065532	0,035673	0,03072492	0,358928	-0,076443	0,095545	0,00564	0,414396
2,56	79,9974	-0,182388	1,239685	-0,072848	1,013043	-0,305397	-0,0429104	0,299119	-0,020052	0,090839	-0,048284	0,278712
2,58	142,0118	-0,435564	1,018822	0,162416	0,868762	-0,478806	-0,102475	0,245828	0,044705	0,077901	-0,0757	0,190259
2,6	204,036	-0,602897	0,855064	0,428757	0,688519	-0,42853	-0,1418434	0,206315	0,118016	0,061739	-0,067752	0,176475
2,62	185,9354	-0,691035	0,743239	0,694507	0,496733	-0,19502	-0,1625796	0,179333	0,191164	0,044542	-0,030833	0,221627
2,64	167,825	-0,707113	0,676612	0,93239	0,31664	0,134995	-0,1663622	0,163257	0,256642	0,028393	0,021343	0,303273
2,66	134,8382	-0,66463	0,641546	1,1155	0,161366	0,450531	-0,1563674	0,154796	0,307044	0,01447	0,07123	0,391172
2,68	101,8514	-0,577392	0,624256	1,224877	0,038762	0,654391	-0,1358427	0,150624	0,33715	0,003476	0,103461	0,458868
2,7	68,8646	-0,459411	0,611344	1,249883	-0,049138	0,688398	-0,1080854	0,147509	0,344033	-0,004406	0,108838	0,487888
2,72	35,8778	-0,324817	0,590269	1,187888	-0,105732	0,545758	-0,0764196	0,142424	0,326969	-0,009481	0,086286	0,469778
2,74	2,891	-0,187762	0,549754	1,043367	-0,138695	0,268356	-0,0441748	0,132648	0,287189	-0,012437	0,042428	0,405653
2,76	-30,0958	-0,062325	0,480113	0,826582	-0,158319	-0,068967	-0,0146631	0,115845	0,227518	-0,014196	-0,010904	0,3036
2,78	-5,4978	0,060545	0,395646	0,573441	-0,154005	-0,35969	0,01424432	0,095464	0,157841	-0,013809	-0,056868	0,196872
2,8	19,0904	0,189851	0,310117	0,31773	-0,119997	-0,519431	0,04466613	0,074827	0,087456	-0,01076	-0,082124	0,114065
2,82	43,6884	0,334503	0,236281	0,088797	-0,05566	-0,506938	0,07869841	0,057011	0,024441	-0,004991	-0,080148	0,075012
2,84	63,3864	0,501299	0,183596	-0,091947	0,033187	-0,333364	0,11794045	0,044299	-0,025309	0,002976	-0,052706	0,087201
2,86	83,0844	0,696847	0,160004	-0,20977	0,137754	-0,05271	0,16394688	0,038607	-0,05774	0,012352	-0,008334	0,148833
2,88	102,7726	0,927518	0,171746	-0,256847	0,247941	0,256671	0,21821673	0,04144	-0,070698	0,022233	0,04058	0,251772
2,9	57,771	1,173615	0,198371	-0,256016	0,329676	0,49083	0,2761161	0,047864	-0,070469	0,029562	0,077602	0,360675
2,92	12,7694	1,415466	0,22043	-0,230687	0,357196	0,575517	0,33301614	0,053187	-0,063497	0,032029	0,090991	0,445726

Tabel L-2 Lanjutan

t	$y_g * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
2,94	-32,2322	1,633546	0,220128	-0,202956	0,315909	0,483745	0,38432381	0,053114	-0,055864	0,028327	0,076481	0,486382
2,96	-77,2436	1,808611	0,181867	-0,192071	0,203244	0,238941	0,42551118	0,043882	-0,052868	0,018225	0,037777	0,472527
2,98	-34,8488	1,956673	0,126291	-0,180768	0,060491	-0,062487	0,46034572	0,030472	-0,049757	0,005424	-0,009879	0,436606
3	7,5558	2,093828	0,073121	-0,154185	-0,071473	-0,317275	0,49261424	0,017643	-0,04244	-0,006409	-0,050162	0,411247
3,02	49,9506	2,23614	0,040482	-0,100691	-0,158253	-0,444016	0,52609584	0,009768	-0,027716	-0,01419	-0,0702	0,423757
3,04	9,9274	2,366672	0,012633	-0,043042	-0,207309	-0,43488	0,55680603	0,003048	-0,011848	-0,018589	-0,068756	0,460662
3,06	-30,0958	2,468673	-0,025144	-0,00119	-0,230852	-0,319709	0,58080376	-0,006067	-0,000327	-0,0207	-0,050547	0,503162
3,08	-70,1288	2,525683	-0,086075	0,00888	-0,24346	-0,154558	0,59421646	-0,020769	0,002444	-0,021831	-0,024436	0,529625
3,1	-110,152	2,521647	-0,181504	-0,024157	-0,259605	-0,004105	0,59326711	-0,043795	-0,006649	-0,023279	-0,000649	0,518896
3,12	-150,1752	2,441019	-0,320614	-0,106721	-0,291509	0,076709	0,57429778	-0,07736	-0,029375	-0,026139	0,012128	0,453551
3,14	-110,8772	2,300486	-0,47973	-0,210966	-0,317743	0,087094	0,54123444	-0,115752	-0,058069	-0,028492	0,01377	0,352691
3,16	-71,5792	2,117026	-0,636232	-0,311187	-0,320275	0,045493	0,4980719	-0,153514	-0,085655	-0,028719	0,007193	0,237377
3,18	-32,2812	1,907797	-0,769324	-0,385526	-0,286765	-0,017136	0,44884684	-0,185627	-0,106117	-0,025714	-0,002709	0,128679
3,2	7,007	1,690018	-0,86068	-0,41714	-0,211731	-0,066866	0,39760984	-0,20767	-0,114819	-0,018986	-0,010572	0,045563
3,22	-62,23	1,437578	-0,936695	-0,435241	-0,137382	-0,117774	0,33821842	-0,226012	-0,119801	-0,012319	-0,01862	-0,038534
3,24	-131,467	1,124764	-1,022322	-0,466074	-0,100799	-0,182366	0,26462289	-0,246672	-0,128288	-0,009039	-0,028833	-0,148208
3,26	-200,704	0,726426	-1,140252	-0,531289	-0,129003	-0,268317	0,17090594	-0,275127	-0,146238	-0,011568	-0,042422	-0,304449
3,28	-122,3236	0,276998	-1,253436	-0,591906	-0,18058	-0,320379	0,06516927	-0,302437	-0,162923	-0,016192	-0,050653	-0,467037
3,3	-43,953	-0,188964	-1,327836	-0,614663	-0,215554	-0,297434	-0,0444575	-0,320389	-0,169187	-0,019329	-0,047025	-0,600387
3,32	34,4274	-0,637011	-1,333461	-0,573799	-0,201186	-0,182419	-0,1498694	-0,321746	-0,157939	-0,01804	-0,028841	-0,676436
3,34	112,798	-1,033032	-1,245197	-0,452033	-0,116013	0,015151	-0,243041	-0,300449	-0,124423	-0,010403	0,002395	-0,675921
3,36	191,1784	-1,343472	-1,043368	-0,24073	0,048288	0,264145	-0,3160782	-0,25175	-0,066261	0,00433	0,041762	-0,587998
3,38	120,5498	-1,594972	-0,77139	0,005108	0,231164	0,46524	-0,3752485	-0,186126	0,001406	0,020728	0,073556	-0,465684
3,4	49,9212	-1,814397	-0,472001	0,235359	0,376492	0,540962	-0,4268725	-0,113887	0,064783	0,03376	0,085527	-0,35669
3,42	-20,7074	-2,028654	-0,185707	0,408	0,440442	0,454829	-0,4772807	-0,044809	0,112303	0,039494	0,07191	-0,298383

Tabel L-2 Lanjutan

t	$y_g * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
3,44	-91,336	-2,264516	0,050571	0,491249	0,396569	0,217647	-0,532772	0,012202	0,135217	0,03556	0,034411	-0,315382
3,46	-26,0974	-2,494269	0,256877	0,515238	0,288806	-0,067695	-0,5868259	0,061981	0,14182	0,025897	-0,010703	-0,36783
3,48	39,151	-2,690409	0,452859	0,510557	0,165418	-0,29433	-0,6329716	0,109269	0,140532	0,014833	-0,046534	-0,414873
3,5	104,3994	-2,825828	0,657048	0,505814	0,071258	-0,380847	-0,6648316	0,158537	0,139226	0,00639	-0,060213	-0,420892
3,52	169,6478	-2,873993	0,886258	0,525693	0,041472	-0,291194	-0,6761634	0,213842	0,144698	0,003719	-0,046039	-0,359943
3,54	110,5734	-2,858689	1,107244	0,543262	0,050627	-0,087982	-0,6725627	0,267163	0,149534	0,00454	-0,01391	-0,265236
3,56	51,499	-2,803971	1,28961	0,535469	0,070497	0,140827	-0,6596894	0,311165	0,147389	0,006321	0,022265	-0,172549
3,58	-7,5656	-2,734004	1,406732	0,484403	0,074616	0,308116	-0,6432282	0,339425	0,133333	0,006691	0,048714	-0,115065
3,6	10,4272	-2,642173	1,466115	0,406672	0,071011	0,380694	-0,6216231	0,353754	0,111937	0,006367	0,060189	-0,089376
3,62	28,42	-2,52205	1,476858	0,318674	0,067909	0,354093	-0,5933619	0,356346	0,087716	0,006089	0,055983	-0,087228
3,64	46,4226	-2,367434	1,449197	0,235349	0,072487	0,251233	-0,5569853	0,349671	0,06478	0,0065	0,039721	-0,096313
3,66	64,4154	-2,172392	1,394022	0,169219	0,089916	0,113752	-0,5110978	0,336359	0,046578	0,008063	0,017984	-0,102114
3,68	19,8058	-1,956261	1,298342	0,106433	0,099277	-0,034916	-0,4602488	0,313272	0,029296	0,008902	-0,00552	-0,114299
3,7	-24,794	-1,738393	1,151682	0,034786	0,083353	-0,170367	-0,4089911	0,277885	0,009575	0,007474	-0,026936	-0,140992
3,72	-69,3938	-1,538028	0,946277	-0,055562	0,030757	-0,273961	-0,3618514	0,228324	-0,015294	0,002758	-0,043314	-0,189377
3,74	-40,2486	-1,344765	0,705538	-0,144178	-0,03532	-0,309191	-0,3163824	0,170237	-0,039685	-0,003167	-0,048884	-0,237882
3,76	-11,1034	-1,148221	0,45241	-0,213569	-0,092428	-0,261395	-0,2701415	0,10916	-0,058785	-0,008288	-0,041327	-0,269382
3,78	2,8224	-0,944167	0,202701	-0,25581	-0,127858	-0,145624	-0,2221338	0,048909	-0,070412	-0,011465	-0,023024	-0,278126
3,8	16,7482	-0,728452	-0,029118	-0,266168	-0,133654	0,005907	-0,1713828	-0,007026	-0,073263	-0,011985	0,000934	-0,262723
3,82	30,6838	-0,497026	-0,230347	-0,243031	-0,107234	0,154113	-0,1169352	-0,05558	-0,066895	-0,009616	0,024366	-0,224659
3,84	-22,3244	-0,27266	-0,416161	-0,212542	-0,076323	0,238694	-0,0641487	-0,100414	-0,058503	-0,006844	0,037738	-0,192171
3,86	-75,3228	-0,077931	-0,60115	-0,197819	-0,066017	0,222018	-0,0183348	-0,145049	-0,05445	-0,00592	0,035102	-0,188652
3,88	-128,331	0,064919	-0,798826	-0,217583	-0,095344	0,097346	0,01527339	-0,192746	-0,05989	-0,008549	0,015391	-0,230521
3,9	-181,3392	0,134131	-1,021194	-0,285309	-0,175145	-0,112072	0,03155688	-0,2464	-0,078532	-0,015705	-0,017719	-0,326799
3,92	-140,6006	0,145953	-1,242348	-0,373976	-0,272154	-0,326154	0,03433843	-0,299762	-0,102938	-0,024404	-0,051566	-0,44433

Tabel L-2 Lanjutan

t	$y_g * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
3,94	-99,862	0,116914	-1,438404	-0,458654	-0,354494	-0,470651	0,02750633	-0,347067	-0,126246	-0,031787	-0,074411	-0,552005
3,96	-59,1332	0,063703	-1,588246	-0,518154	-0,396278	-0,496845	0,01498729	-0,383222	-0,142623	-0,035534	-0,078553	-0,624944
3,98	-18,3946	0,003069	-1,674103	-0,536144	-0,380759	-0,392533	0,00072197	-0,403938	-0,147575	-0,034142	-0,062061	-0,646994
4	22,344	-0,048294	-1,681961	-0,50176	-0,301753	-0,182111	-0,0113622	-0,405834	-0,13811	-0,027058	-0,028792	-0,611157
4,02	-9,7608	-0,102906	-1,629829	-0,436825	-0,190706	0,055469	-0,0242105	-0,393256	-0,120237	-0,0171	0,00877	-0,546034
4,04	-41,8656	-0,173183	-1,536594	-0,362534	-0,080112	0,240868	-0,0407448	-0,370759	-0,099788	-0,007184	0,038082	-0,480394
4,06	-21,0406	-0,250259	-1,400881	-0,278175	0,021381	0,338223	-0,0588783	-0,338013	-0,076568	0,001917	0,053158	-0,418385
4,08	-0,2058	-0,32527	-1,223011	-0,183914	0,10752	0,331537	-0,0765262	-0,295096	-0,050623	0,009641	0,052417	-0,360187
4,1	20,6192	-0,389429	-1,004866	-0,080664	0,175088	0,244923	-0,0916208	-0,242461	-0,022203	0,0157	0,038723	-0,301862
4,12	-14,2982	-0,4563	-0,771145	0,009325	0,203056	0,093874	-0,1073535	-0,186067	0,002567	0,018208	0,014842	-0,257804
4,14	-49,2156	-0,539345	-0,545245	0,06789	0,178822	-0,088131	-0,1268915	-0,13156	0,018687	0,016035	-0,013934	-0,237664
4,16	-84,133	-0,651835	-0,348482	0,0818	0,099085	-0,262162	-0,153357	-0,084084	0,022516	0,008885	-0,041448	-0,247489
4,18	-119,0504	-0,806761	-0,199456	0,043107	-0,030762	-0,394912	-0,1898063	-0,048126	0,011865	-0,002758	-0,062437	-0,291262
4,2	-153,9678	-1,016749	-0,113552	-0,050966	-0,198478	-0,467264	-0,2392102	-0,027399	-0,014028	-0,017797	-0,073876	-0,37231
4,22	-188,8852	-1,293983	-0,102612	-0,19852	-0,387614	-0,478236	-0,304435	-0,024759	-0,054643	-0,034757	-0,07561	-0,494204
4,24	-223,8026	-1,650122	-0,174759	-0,393769	-0,580479	-0,443634	-0,3882237	-0,042167	-0,108386	-0,052051	-0,07014	-0,660967
4,26	-177,821	-2,063971	-0,303254	-0,597887	-0,730494	-0,359343	-0,4855898	-0,073171	-0,16457	-0,065503	-0,056813	-0,845646
4,28	-131,8394	-2,514085	-0,461281	-0,776697	-0,803033	-0,235135	-0,5914878	-0,111301	-0,213787	-0,072007	-0,037175	-1,025759
4,3	-85,8578	-2,978912	-0,622963	-0,902681	-0,779173	-0,090777	-0,7008476	-0,150312	-0,248465	-0,069868	-0,014352	-1,183845
4,32	-39,8762	-3,436941	-0,76426	-0,956201	-0,656657	0,050233	-0,8086079	-0,184406	-0,263196	-0,058882	0,007942	-1,30715
4,34	6,1054	-3,866839	-0,863733	-0,925936	-0,448247	0,167394	-0,9097499	-0,208407	-0,254866	-0,040194	0,026465	-1,386751
4,36	52,0968	-4,247592	-0,903144	-0,808616	-0,178024	0,248517	-0,9993295	-0,217916	-0,222573	-0,015963	0,039291	-1,416491
4,38	98,0784	-4,558646	-0,867906	-0,608175	0,12355	0,292301	-1,0725111	-0,209414	-0,167401	0,011079	0,046214	-1,392034
4,4	144,06	-4,780042	-0,747349	-0,334453	0,424953	0,307719	-1,1245988	-0,180325	-0,092059	0,038105	0,048651	-1,310226
4,42	95,5892	-4,930201	-0,571157	-0,036803	0,662906	0,274564	-1,1599267	-0,137812	-0,01013	0,059442	0,043409	-1,205018

Tabel L-2 Lanjutan

t	$y_g * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
4,44	47,1184	-5,027903	-0,368841	0,240345	0,79115	0,187642	-1,182913	-0,088996	0,066155	0,070942	0,029667	-1,105145
4,46	-1,3524	-5,092157	-0,168637	0,46026	0,785333	0,05685	-1,1980299	-0,04069	0,126688	0,07042	0,008988	-1,032624
4,48	50,3818	-5,102117	0,042003	0,633025	0,681744	-0,058549	-1,2003734	0,010135	0,174242	0,061131	-0,009257	-0,964122
4,5	102,116	-5,037433	0,27428	0,770994	0,526969	-0,10874	-1,1851551	0,06618	0,212218	0,047253	-0,017192	-0,876697
4,52	153,8502	-4,878373	0,537724	0,887521	0,369705	-0,066075	-1,1477332	0,129746	0,244292	0,033151	-0,010447	-0,750991
4,54	205,5942	-4,605957	0,839976	0,99579	0,253226	0,069375	-1,0836418	0,202675	0,274093	0,022707	0,010968	-0,573199
4,56	257,3284	-4,202076	1,18663	1,107813	0,209555	0,272291	-0,988621	0,286318	0,304928	0,018791	0,04305	-0,335535
4,58	166,5608	-3,706433	1,526362	1,180573	0,20241	0,446767	-0,8720111	0,36829	0,324955	0,01815	0,070635	-0,089981
4,6	75,7932	-3,159087	1,812023	1,180013	0,194366	0,513149	-0,7432373	0,437217	0,324801	0,017429	0,08113	0,117339
4,62	-14,9646	-2,600186	2,002098	1,082443	0,152589	0,428269	-0,6117448	0,483079	0,297945	0,013683	0,067711	0,250672
4,64	-105,7322	-2,069705	2,061824	0,87495	0,053194	0,193955	-0,4869387	0,49749	0,240832	0,00477	0,030665	0,286818
4,66	-196,4998	-1,607178	1,963985	0,554922	-0,116246	-0,147464	-0,3781203	0,473883	0,152743	-0,010424	-0,023314	0,214768
4,68	-66,5322	-1,163426	1,774281	0,211058	-0,273168	-0,443888	-0,2737188	0,42811	0,058094	-0,024495	-0,07018	0,11781
4,7	63,4942	-0,689427	1,556871	-0,078263	-0,346685	-0,568937	-0,1622013	0,375652	-0,021542	-0,031087	-0,089951	0,070871
4,72	16,3758	-0,207307	1,303903	-0,315651	-0,353456	-0,521798	-0,048773	0,314614	-0,086884	-0,031694	-0,082498	0,064766
4,74	-30,7426	0,260896	1,009461	-0,507387	-0,31814	-0,348589	0,0613808	0,243569	-0,139659	-0,028527	-0,055113	0,08165
4,76	-77,861	0,693372	0,669635	-0,662427	-0,268752	-0,125646	0,16312942	0,161574	-0,182334	-0,024099	-0,019865	0,098405
4,78	-124,9794	1,068689	0,282518	-0,791344	-0,232077	0,063935	0,25143016	0,068168	-0,217819	-0,02081	0,010108	0,091077
4,8	-172,0978	1,365928	-0,151874	-0,905281	-0,229811	0,153508	0,32136133	-0,036645	-0,249181	-0,020607	0,02427	0,039199
4,82	-219,2162	1,564818	-0,631755	-1,015015	-0,275922	0,109561	0,36815418	-0,152434	-0,279385	-0,024742	0,017322	-0,071084
4,84	-266,3346	1,645871	-1,153765	-1,130164	-0,375486	-0,06211	0,38722355	-0,278388	-0,31108	-0,033669	-0,00982	-0,245733
4,86	-155,3398	1,65355	-1,852387	-1,199708	-0,465496	-0,261024	0,38903002	-0,398898	-0,330222	-0,041741	-0,041269	-0,4229
4,88	-44,345	1,632522	-2,067982	-1,183174	-0,491878	-0,388203	0,38408286	-0,498976	-0,325671	-0,044106	-0,061376	-0,546046
4,9	66,6596	1,627371	-2,348577	-1,052324	-0,4165	-0,372969	0,38287098	-0,56668	-0,289654	-0,037347	-0,058967	-0,569778
4,92	177,6544	1,682289	-2,451235	-0,79167	-0,220988	-0,189676	0,39579148	-0,59145	-0,217909	-0,019816	-0,029988	-0,463371

Tabel L-2 Lanjutan

t	$y_g * 980$	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	y_1 $q_1 * \phi_1 * \Gamma_1$	y_2 $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	y_3 $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	y_4 $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	y_5 $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	y_{tot} $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
4,94	141,7472	1,782215	-2,399497	-0,45264	0,037619	0,083154	0,41930113	-0,578966	-0,12459	0,003373	0,013147	-0,267735
4,96	105,84	1,911886	-2,220903	-0,085675	0,299638	0,349603	0,4498087	-0,535874	-0,023582	0,026868	0,055273	-0,027506
4,98	69,9426	2,055939	-1,94565	0,263555	0,511984	0,524002	0,48370004	-0,469459	0,072544	0,045909	0,082846	0,21554
5	34,0354	2,19901	-1,605262	0,557028	0,635311	0,553332	0,51736039	-0,387328	0,153323	0,056968	0,087483	0,427807

