

**TUGAS AKHIR**

**PENEMPATAN POSISI EFEKTIF REDAMAN TUNGGAL UNTUK  
MENGURANGI RESIKO 'STRUCTURAL POUNDING'  
PADA BANGUNAN BERTINGKAT LIMA**



Disusun Oleh :

**SUPRPTI**

No. Mhs. : 94 310 031

NIRM : 940051013114120031

**NOVITASARI**

No. Mhs. : 94 310 137

NIRM : 940051013114120136

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
1999**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENEMPATAN POSISI EFEKTIF REDAMAN TUNGGAL UNTUK  
MENGURANGI RESIKO 'STRUCTURAL POUNDING'  
PADA BANGUNAN BERTINGKAT LIMA**



**Disusun Oleh :**

**SUPRAPTI**

No Mhs : 94 310 031

NIRM : 940051013114120031

**NOVITASARI**

No Mhs : 94 310 137

NIRM : 940051013114120136

**Diperiksa dan Disetujui Oleh :**

Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D.

Dosen Pembimbing I

Tanggal 01/22/1999

Ir. Helmy Akbar Bale, MT

Dosen Pembimbing II

Tanggal

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	xiii
<b>MOTTO</b> .....	xiv
<b>INTISARI</b> .....	xv
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3

1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Pendekatan Masalah .....	4
1.7 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Tinjauan Umum .....	7
2.2 <i>Magnethorheological Damper</i> .....	8
<b>BAB III LANDASAN TEORI .....</b>	<b>11</b>
3.1 Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF) .....	11
3.2 Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Banyak (MDOF) .....	13
3.2.1 Ragam Bentuk ( <i>ModeShape</i> ) dan Frekuensi .....	16
3.3 Persamaan Gerak akibat Beban Gempa .....	19
3.4 Persamaan Diferensial Independen ( <i>Uncoupling</i> ) .....	22
3.5 Respon terhadap Beban Gempa .....	25
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Data yang Diperlukan .....	27
4.2 Pengolahan Data .....	28
4.3 Pengujian .....	29
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
5.1 Analisis .....	36
5.1.1 Ragam Bentuk ( <i>Mode Shape</i> ) dan Frekuensi .....	37
5.1.2 Efek Redaman .....	40

5.1.3 Respon terhadap Gempabumi .....	42
5.2 Pembahasan .....	44
5.2.1 Simpangan Relatif .....	44
5.2.1.1 Simpangan Relatif Lantai 1 .....	51
5.2.1.2 Simpangan Relatif Lantai 2 .....	52
5.2.1.3 Simpangan Relatif Lantai 3 .....	53
5.2.1.4 Simpangan Relatif Lantai 4 .....	54
5.2.1.5 Simpangan Relatif Lantai 5 .....	55
5.2.2 Jarak Antar Bangunan .....	56
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	58
6.1 Kesimpulan .....	58
6.2 Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema <i>MR Damper</i> .....	10
Gambar 2.2 Skema pemasangan <i>MR Damper</i> .....	10
Gambar 3.1 (a) Struktur SDOF .....	12
Gambar 3.1 (b) Model matematik .....	12
Gambar 3.1 (c) Diagram <i>free Body</i> .....	12
Gambar 3.2 (a) Struktur MDOF .....	14
Gambar 3.2 (b) Model matematik .....	14
Gambar 3.2 (c) Diagram <i>free Body</i> .....	15
Gambar 3.2 Percepatan tanah Gempa El Centro, 1940 .....	20
Gambar 3.4 (a) Struktur SDOF .....	21
Gambar 3.4 (b) Model matematik .....	21
Gambar 3.4 (c) Diagram <i>free Body</i> .....	21
Gambar 4.1 Model struktur tanpa peredam tambahan .....	30
Gambar 4.2 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada tingkat pertama .....	31
Gambar 4.3 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada tingkat kedua.....	32
Gambar 4.4 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada tingkat ketiga .....	33
Gambar 4.5 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada tingkat keempat.....	34
Gambar 4.6 Model Struktur dengan <i>MR Damper</i> pada tingkat kelima .....	35

Gambar 5.1 Model bangunan geser .....	36
Gambar 5.2 Simpangan relatif lantai 1 .....	45
Gambar 5.3 Simpangan relatif lantai 2 .....	46
Gambar 5.4 Simpangan relatif lantai 3 .....	47
Gambar 5.5 Simpangan relatif lantai 4 .....	48
Gambar 5.6 Simpangan relatif lantai 5 .....	49
Gambar 5.7 Simpangan relatif maksimum .....	50
Gambar 5.8 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 1 dengan variasi posisi redaman .....	51
Gambar 5.9 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 2 dengan variasi posisi redaman .....	52
Gambar 5.10 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 3 dengan variasi posisi redaman .....	53
Gambar 5.11 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 4 dengan variasi posisi redaman .....	54
Gambar 5.12 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 5 dengan variasi posisi redaman .....	55
Gambar 5.13 Prosentasi pengurangan nilai simpangan relatif maksimum lantai 5 tiap posisi perletakan redaman terhadap posisi tanpa peredam tambahan .....	56
Gambar 5.14 Grafik jarak antar bangunan .....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Nilai Rasio Redaman pada tiap perubahan posisi *MR Damper* .... 43





## DAFTAR LAMPIRAN

1. Perhitungan <i>Mode Shape</i> , Partisipasi Faktor dan Rasio Redaman .....	1
2. Menentukan Nilai $\alpha$ , $b$ , dan $\hat{k}$ .....	15
3. Perhitungan Nilai $q$ untuk Pemasangan <i>MR Damper</i> Tingkat 3 <i>Mode 1</i> ...	17
4. Perhitungan Nilai Simpangan untuk Pemasangan <i>MR Damper</i> Tingkat 3 ..	23
5. Kartu Peserta Tugas Akhir .....	33
6. Surat Bimbingan Tugas Akhir .....	34



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmannirrahiim*

*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 kehadiran 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 I (S-I), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas akhir yang berjudul “PENEMPATAN POSISI EFEKTIF REDAMAN TUNGGAL UNTUK MENGURANGI RESIKO *STRUCTURAL POUNDING* PADA BANGUNAN BERTINGKAT LIMA”, 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 pengetahuan dan pengalaman 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 spirituil. Untuk itu kami haturkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Tajuddin BM Aris, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I,
4. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku Dosen Pembimbing II,
5. Bapak, Ibu, Kakak-kakak serta keponakan, terima kasih untuk semua do'a dan bantuan,
6. Rekan-rekan serta adik-adik di Pengajian Anak dan Remaja Al Mu'awwanah, Degolan Yogyakarta,
7. Teman-teman KKN Unit 07, terima kasih untuk persahabatan dan persaudaraan,
8. Adik-adikku di Wisma Oryza Sativa: Ida, Dwi, Rian, Eri, Yessy, Mia, Wulan dan Fani serta adik-adikku di Psikologi '96 Retno, Sofie, Rina, Nita thanks for shared my up and down,
9. Semua teman-teman di kelas C Angkatan '94, special untuk teman 'TA ku Nopie, juga untuk Endah, Ida, Ari, Maya, Melda. Juga untuk teman-teman Angkatan '94 Leni, Srie, Yuni, Wiwin, dan lain-lain,
10. My Computer for accompanied me until the end of the study, thank you, dan
11. Serta semua pihak yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu.

Untuk itu kami haturkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Ir. 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. Sarwidi, MSCE, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I,
4. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku Dosen Pembimbing II,
5. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Drs. Ridwansyah dan Dra. Noorchalifatul Zannah atas doa yang selalu menyertai ananda, pengertian dan dorongan serta masukan akademik yang diberikan,
6. Kakanda Nurfansyah, atas segala bantuan moral, adinda Fatimah Anggriani, Amalia Apriana serta Mursalina atas segala doa, dorongan semangat dan keikhlasan pengorbanannya,
7. Spesial untuk teman ‘TA ku Prapti, juga untuk Ida, Arie, Maya, Endah, Yayuk, Eva, Ririn, Melda, Aris, Teguh, Kuncoro, Dandung, Joe, Andi, Didi, Dedi, Tohir, Slamet, Rio, Dani, Jatmiko, Jamroni, Alam, Hadi, Yuda, Willy, Lukman, Sigit, Seno, Amin, Arif dan teman-teman di kelas C Angkatan ’94, juga buat Agus, Nugroho dan Imam,
8. Anak-anak Wisma Dzaqirah, Ida, Indri, Anggi, Fin, mba’ Wiwik, Lisa dan Anis,
9. Teman-teman KKN KP Unit 13, Mira, Shinta, Bambang, terima kasih untuk persahabatan dan persaudaraannya, dan
10. Serta semua pihak yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu.

Tidak ada yang dapat kami berikan selain ucapan terima kasih atas bantuan yang telah diberikan semoga dapat diterima sebagai amal baik disisi Allah SWT. Dan semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Amiin.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh.*

Yogyakarta, November 1999

Penyusun





*Karya ini kupersembahkan untuk:*

♥ *Ibunda dan Ayahanda tercinta*

*atas doa, cinta dan dukungannya sebagai pelita dan penyejuk hati*

♥ *Mbah Putri dan Mbah Kakung*

*yang senantiasa memberikan kasih sayang dan kesabaran*

♥ *Untuk Mbak Is dan keluarga, Mas Tanto dan keluarga, Mas Pri dan keluarga,*

*Mbak Bek, Mbak Upe untuk motivasi, dukungan serta nasihat*

♥ *Serta untuk Puput, Putri, Yoyok, serta si kecil Lia*

*yang dengan kelucuan dan kepolosannya telah mampu menumbuhkan semangat baru*



*Kupersembahkan Karya ini teruntuk,*

- Abah dan Mama tercinta, atas doa, dorongan, masukan akademis serta kesabarannya yang tiada batas, walau nanda dalam keadaan terburuk.
- Ka' Ifan (thank untuk kerelaannya), ading Anggi (thank untuk selalu ada), ading Lia (thank atas perhatiannya) dan ading Sali (thank atas tawanya), serta atas segala doa, pengertian dan kepercayaannya.
  - Nini dan kai atas doa, kasih, perhatian, dan kesabarannya yang belum bisa nanda tiru, serta Bibi-bibi dan om-om yang selalu memikirkan masa depan nanda.
    - Ading Eris, Ferdi, Mila, Dea, Mita, Riska, Yuda untuk segala kelucuan dan keluguannya.
  - Teruntuk Ulfa "Ulfi" Rahmi si "kecil" yang selalu membawa tawa, menebar bahagia dan membuat keceriaan.
- Teman-teman terbaik yang selalu ada, Ida (thank for motor dan driver-nya serta kepercayaannya), Maya (thank for MD dan kepercayaannya), Arie (thank for computer-nya dan the dress), Indri(thank to cheer our kost) Hari dan Kadek (thank for the music), Endah (thank for catatan kuliahnya), de' Anis(thank for motornya) Abdi (Thank for internet dan forever-nya), Basith, Reza, Sigit, Erie.
  - Serta semua orang yang selalu membantu tanpa pamrih, penuh kesabaran, kepercayaan dan dedikasinya akan arti persahabatan, saling percaya serta kesetiaan.
- without so many thing that happen in my life for almost five years, be around all friend and family that always be in my side in good time or even in bad time, lam only nothing....

## MOTTO

“Sesungguhnya sholatku, ibadatku, hidupku dan matiku hanyalah untuk Allah,  
Tuhan semesta alam, (QS Al An’aam 162)

Dan Kami peritahkan kepada manusia (untuk berbuat baik)  
kepada kedua orang tua , ibu, bapa... (QS Luqman 14)

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

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

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



## ABSTRAKSI

*Structural pounding* adalah salah satu kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi. Perbedaan karakteristik dinamik pada dua bangunan yang berdekatan membuat dua bangunan tersebut bergetar pada fase yang tidak sama. Salah satu cara untuk mengurangi resiko *structural pounding* adalah dengan memperkecil simpangan maksimum relatif yang terjadi.

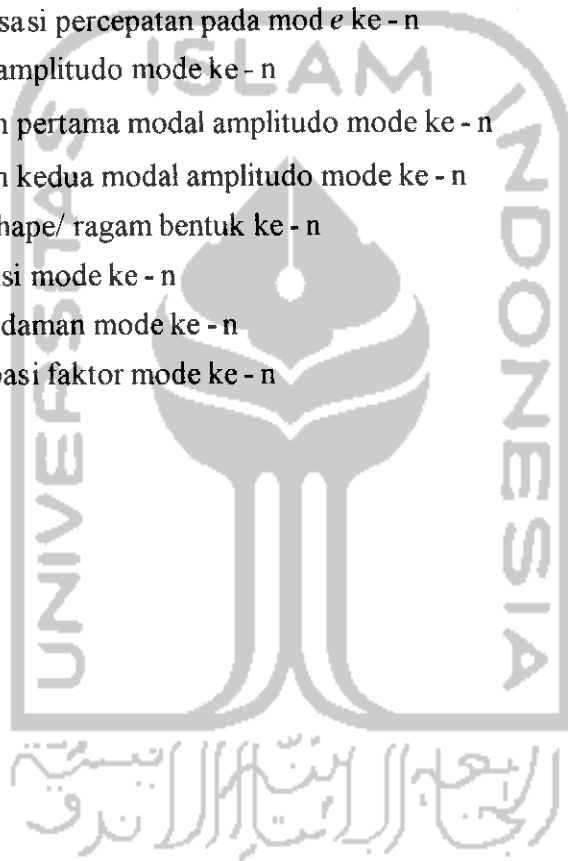
Dalam penelitian ini, alat peredam tunggal tambahan digunakan untuk memperkecil simpangan relatif. Dicoba 5 variasi perletakan redaman tunggal dan satu variasi tanpa peredam tambahan pada model struktur lima lantai. Peredam yang digunakan adalah *MR Damper*.

Hasil yang diperoleh dari penelitian numeris dengan simulasi komputer ini adalah sebagai berikut, posisi tanpa peredam tambahan simpangan yang terjadi sebesar 10,2746 cm. Pada posisi *MR Damper* pada tingkat pertama simpangan terjadi sebesar 7,5943 cm,, terjadi pengurangan sebesar 26,0863%. Jika *MR Damper* diletakkan pada tingkat kedua maka simpangan yang terjadi sebesar 7,9346 cm, berkurang 22,7746%. Pada perletakkan *MR Damper* pada tingkat ketiga diperoleh simpangan sebesar 4,9768cm berarti berkurang sebesar 51,562%. Untuk perletakkan *MR Damper* pada tingkat keempat diperoleh simpangan sebesar 6,7752 cm atau berkurang sebesar 34,0586%. Sedangkan perletakkan *MR Damper* pada tingkat kelima simpangan yang terjadi sebesar 7,0986cm atau berkurang 30,928%. Kesimpulan yang dapat diperoleh adalah (1) simpangan dapat dikurangi dengan memasang *MR Damper*, (2) mode yang paling berpengaruh mode kesatu, dan (3) penempatan posisi *MR Damper* yang paling efektif jika peredam diletakkan pada tingkat ketiga.

## DAFTAR NOTASI

$a$	percepatan
$c$	redaman
$[C]$	matrik redaman
$C_n^*$	matrik redaman efektif mode ke - n
$F$	gaya gesek
$k$	kekakuan
$[K]$	matrik kekakuan
$K_n^*$	matrik kekakuan efektif mode ke - n
$m$	massa
$[M]$	matrik massa
$M_n^*$	matrik massa efektif mode ke - n
$p(t)$	gaya luar
$P_n^*$	vektor beban efektif mode ke - n
$\{p(t)\}$	vektor beban
$q$	simpangan
$\dot{q}$	kecepatan
$\ddot{q}$	percepatan
$S$	jarak antar bangunan
$t$	waktu
$\Delta t$	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 mod $e$ ke - $n$
$\ddot{z}(t)$	generalisasi percepatan pada mod $e$ ke - $n$
$Z_n$	modal amplitudo mode ke - $n$
$\dot{Z}_n$	turunan pertama modal amplitudo mode ke - $n$
$\ddot{Z}_n$	turunan kedua modal amplitudo mode ke - $n$
$\phi_n$	mode shape/ ragam bentuk ke - $n$
$\omega_n$	frekuensi mode ke - $n$
$\xi_n$	rasio redaman mode ke - $n$
$\Gamma_n$	partisipasi faktor mode ke - $n$



# BAB I

## PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, pendekatan masalah serta sistematika penulisan.

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Gempa bumi adalah adalah suatu fenomena alam yang kompleks, yang disebabkan oleh beberapa faktor yang tidak dapat diketahui dengan pasti. Hal ini sering kali menimbulkan kerugian yang besar baik material maupun jiwa . Kerusakan-kerusakan yang disebabkan oleh gempa bumi, antara lain batu berjatuhan (*rockfalls*), slip pada batuan (*rockslides*), penurunan permukaan tanah (*settlement*), slip pada lereng (*landslides*), hilangnya daya dukung pasir jenuh (*liquefaction*) dan segala jenis kerusakan bangunan sipil (Widodo, 1996). Jenis kerusakan bangunan yang pernah tercatat akibat gempa, antara lain adalah efek perlemahan tingkat (*soft storey effects*), efek dari perilaku kolom dan balok pendek (*short column and beam effects/ shear failure*), perbesaran rotasi total join (*beam column joint*), puntir (*torsi*) dan benturan antara bangunan yang berdekatan (*structural pounding*).

*Structural pounding* merupakan suatu permasalahan yang masih belum cukup dikenal di Indonesia. Pada umumnya *structural pounding* ini hanya terjadi di kota-

kota besar, yang merupakan jalur gempa, dan bangunan cenderung bertingkat banyak, dengan jarak berdekatan akibat ketersediaan lahan yang terbatas. Disisi lain tidak ada aturan yang jelas tentang jarak pemisah antar bangunan serta pertimbangan ekonomis untuk memakai lahan secara maksimal, sehingga posisi antara satu bangunan dengan bangunan disekitarnya dibangun dengan jarak berdekatan.

*Structural pounding* adalah tumbukan antara bangunan yang berdekatan pada saat terjadi gempa. Masalah ini biasa terjadi pada bangunan yang berdekatan untuk memaksimalkan penggunaan lahan.

*Structural pounding* dapat menyebabkan kerusakan yang fatal pada bangunan, bahkan pada beberapa kasus menyebabkan kerusakan total, seperti pada gempa di Mexico City tahun 1985, hampir 40% bangunan yang ada rusak karena *pounding* dan 15% diantaranya mengalami kerusakan total, salah satu yang mengalami *pounding* adalah Hotel de Carlo, Mexico City. Gempa San Francisco tahun 1989, tercatat pada jarak 90 km dari episenter mengalami kerusakan yang cukup fatal (Kasai, dan kawan-kawan, 1996). Kerusakan bangunan di beberapa negara yang juga pernah tercatat akibat *pounding*, antara lain adalah Olive View Hospital, San Fernando, The Lang Building, Nicaragua, Noheji Middle School and Misawa Commerce High School, Tokachi-oki Japan (Arnold dan Reitherman, 1982).

## 1.2 Rumusan Masalah

Salah satu cara untuk mengurangi resiko *structural pounding* adalah dengan memperkecil simpangan maksimum relatif yang terjadi pada bangunan yang

berdekatan. Hal ini merupakan permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini, karena permasalahan tersebut jarang diteliti.

### 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. massa lantai struktur dianggap menggumpal pada satu titik (*lumped masses*),
3. metode analisis dinamika menggunakan respon spektra dari gempa El Centro 1940 (Chopra, 1995),
4. struktur bangunan yang ditinjau adalah model bangunan geser bertingkat 5 yang diambil dari buku *Element of Structural Dynamics* (Berg, 1998) dan tanah pendukungnya termasuk tanah keras,
5. analisis dinamika struktur dibatasi pada kondisi linier elastis,
6. dukungan pondasi tanah dianggap jepit penuh,
7. matrik redaman hanya dianggap sebagai matrik diagonal, dan
8. digunakan dua model perilaku struktur, yaitu model tanpa redaman dan model dengan redaman tambahan, yaitu *Magnetorheological damper (MR damper)*.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Dalam tugas akhir ini, akan dilakukan penelitian secara numeris untuk mengurangi simpangan maksimum yang terjadi, sehingga dapat memberikan kontribusi dalam mengatasi permasalahan *structural pounding*. Dalam penelitian ini

digunakan redaman sebagai salah satu cara untuk memperkecil simpangan yang akan terjadi, dengan memvariasikan posisi perletakan dari *Magnetorheological Damper (MR Damper)* dari tingkat ke tingkat pada sebuah bangunan bertingkat 5.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian pada penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. memperluas pengetahuan tentang Dinamika Struktur terutama untuk mempelajari respon struktur akibat gaya gempa pada bangunan bertingkat,
2. ikut menyebarkan penggunaan *Magnetorheological damper* sebagai salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengurangi respon struktur terhadap beban gempa,
3. menambah wawasan tentang bangunan tahan gempa, dan
4. memberikan alternatif solusi pada perancangan bangunan tahan gempa, terutama untuk mengatasi masalah *structural pounding* atau alternatif solusi untuk bangunan yang telah berdiri dalam menghindari terjadinya benturan dengan bangunan disekitarnya.

### 1.6 Pendekatan Masalah

Pada tugas akhir ini dilakukan penelitian dengan perencanaan numeris pada model struktur bertingkat lima. Kemudian divariasikan letak peredam pada tiap tingkat struktur. Selanjutnya akan diteliti besarnya pengaruh posisi peredam terhadap

simpangan maksimum dari struktur. Dalam model struktur yang diteliti, dikombinasikan antara redaman dalam struktur dengan *Magnetorheological damper*.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini, disusun dalam 6 bab dengan rincian isi seperti berikut ini.

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

Bab II berisi tentang Tinjauan Pustaka dari berbagai sumber, yang meliputi Tinjauan Umum dan pengenalan *Magnetorheological Damper*.

Bab III mengenai Landasan Teori yang 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 Diferensial Independen (*Uncoupling*), dan Respon terhadap Beban Gempa.

Metodologi Penelitian atau tata urutan cara penelitian yang meliputi Data yang diperlukan, Pengolahan Data, dan cara Pengujian ditulis dalam Bab IV.

Bab V berisi tentang Analisis dan Pembahasan dengan penjelasan tentang Analisa yang meliputi Ragam Bentuk (*Mode Shape*) dan Frekuensi, Efek Redaman, Respon terhadap Gempabumi, sedangkan pada pembahasan memuat Simpangan Relatif, yang terdiri dari Simpangan Lantai 1, Simpangan Lantai 2, Simpangan Lantai 3, Simpangan Lantai 4, Simpangan Lantai 5, dan perhitungan Jarak Antar Bangunan.



## Bab VI Kesimpulan dan Saran

Berisi tentang Kesimpulan dan Saran.

Selain itu diberikan intisari yang diberi judul “Abstraksi” yang diletakkan pada bagian muka buku ini. Lampiran juga disertakan pada bagian akhir buku ini, yang meliputi Perhitungan *mode shape*, Faktor Partisipasi, dan Rasio Redaman, perhitungan nilai  $\alpha$ ,  $b$ , dan  $\hat{k}$ , perhitungan Nilai  $q$  serta perhitungan Nilai Simpangan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan suatu kumpulan teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas. Selain kumpulan teori-teori yang akan dijabarkan pada tinjauan umum, juga akan diperkenalkan suatu alat yang digunakan untuk mengurangi respon struktur akibat beban gempa pada tugas akhir ini.

#### 2.1 Tinjauan Umum

Gempa bumi adalah suatu fenomena alam yang kompleks, disebabkan oleh beberapa faktor yang tidak dapat diketahui dengan pasti, misalnya tenaga gerak gempa atau detail perilaku media perantara gempa. Gaya gempa bekerja secara simultan pada arah vertikal maupun horizontal, bahkan gaya gempa dapat berupa putaran (Hu, Liu, dan Dong, 1996). Gaya gempa, vertikal maupun horizontal menyerang titik-titik lemah pada struktur yang kekuatannya tidak memadai dan akan langsung menyebabkan keruntuhan (Muto, 1987).

Dari sekian banyak kerusakan akibat gempa, dikenal kerusakan akibat benturan (*pounding*). Perbedaan karakteristik dinamik dari dua bangunan yang berdekatan membuat dua bangunan tersebut bergetar pada fase yang berbeda, dan *pounding* terjadi, ketika jarak antara dua bangunan tersebut tidak mencukupi (Hu,

Liu, dan Dong, 1996). Pemecahan masalah untuk menghindari efek *pounding* adalah dengan merancang jarak yang cukup, memungkinkan dua struktur yang bersebelahan dapat bergetar tanpa bersentuhan. Jarak tersebut ditentukan dari simpangan maksimum yang terjadi dari dua bangunan tersebut (Scarlat, 1996).

Salah satu cara untuk memperkecil jarak antara bangunan yang berdekatan adalah dengan memberi peredam. Chopra (1995) menyatakan bahwa peredaman adalah proses pelepasan energi oleh beberapa mekanisme yang bekerja secara bersamaan. Selanjutnya juga menyatakan bahwa redaman mempunyai efek untuk mengurangi frekwensi natural ( $\omega$ ) dan memperpanjang periode getar ( $t$ ).

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 yang hampir sama, jika peredam tersebut dipasang pada semua tingkat (Gluck, dan kawan-kawan, 1996).

## **2.2 Magnetorheological Damper (MR Damper)**

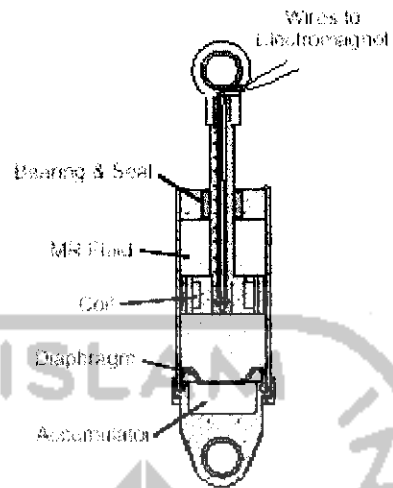
Sebuah studi memperlihatkan bahwa respon suatu struktur terhadap gempa bumi dapat dikurangi secara signifikan, seiring dengan bertambahnya nilai redaman. Hasil tes juga memperlihatkan bahwa meskipun peredam dapat mengurangi respon struktur terhadap gempa, tetapi alat tersebut juga sangat tergantung pada temperatur lingkungan sekitar (Chang, dan kawan-kawan, 1995).

*Magnetorheological Damper (MR Damper)* adalah sebuah alat kontrol struktur yang dapat mengurangi respon struktur akibat beban gempa. Alat ini dikembangkan oleh *Lord Corporation*. *Magnetorheological Damper* menggunakan *MR fluids* yang terdiri dari *mineral oil* atau *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, yang memperlihatkan perilaku plastis.

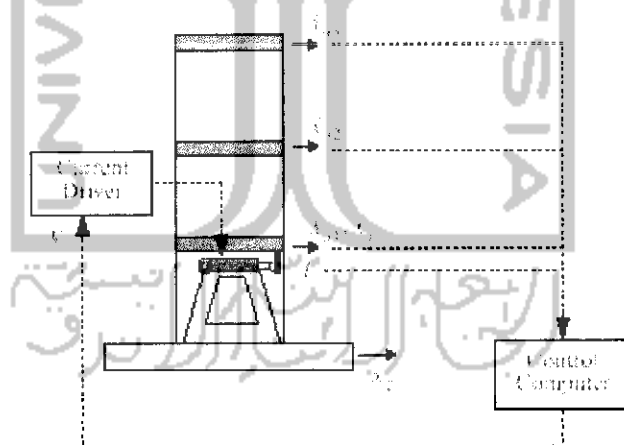
Alat ini mempunyai beberapa karakter yang atraktif, tegangan leleh tinggi, elastisitas yang rendah dan dapat bekerja dengan baik pada temperatur  $-40^{\circ}$ - $150^{\circ}$ , sehingga *Magnetorheological Damper* dapat dipasang di luar struktur (misal, jembatan, menara) atau di dalam struktur (misal, bangunan).

*Magnetorheological Damper* mempunyai ukuran panjang 21,5 cm, dan memiliki silinder berdiameter 3,8 cm. Silinder utama 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 elektromagnet 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 batere yang kecil. Pemasangan *MR Damper* pada bangunan bertingkat dapat dilihat pada Gambar 2.2.



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



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

## 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 Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF)

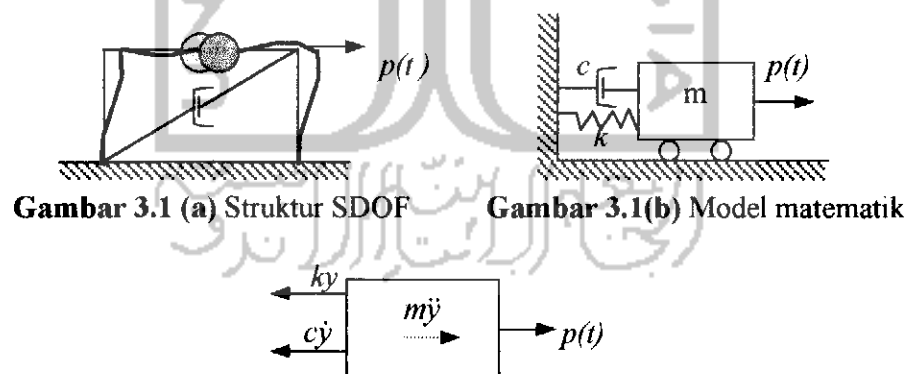
Bagian terpenting dari suatu struktur linear elastis yang dikenai beban luar adalah massa, kekakuan dan redaman. Gambar 3.1 (a) memperlihatkan contoh struktur yang dianggap sebagai struktur berderajat kebebasan tunggal dalam analisa dinamik, yaitu struktur yang dimodelisasikan sebagai sistem dengan koordinat perpindahan tunggal. Model analisis sistem berderajat kebebasan tunggal dijelaskan secara tepat dengan model matematik seperti yang dikemukakan oleh Chopra (1995) pada Gambar 3.1 (b), yang mempunyai elemen massa  $m$  yang menyatakan massa dan sifat inersia struktur, elemen pegas  $k$  yang menyatakan gaya balik elastis dan kapasitas energi potensial struktur, elemen redaman  $c$  yang menyatakan sifat geseran dan kehilangan energi dari struktur dan gaya persatuan waktu  $p(t)$  menyatakan gaya luar yang bekerja pada sistem struktur.

Hubungan analitis antara perpindahan  $y$  dan waktu  $t$  diberikan Hukum Newton Kedua untuk gerak yang dinotasikan sebagai berikut (Gambar 3.1.b),

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

dimana  $F$  adalah resultan gaya yang bekerja pada partikel massa  $m$  dan  $a$  adalah resultan percepatan. *Free body diagram* dari massa  $m$  yang dipindahkan pada posisi pada arah positif menurut koordinat  $y$ , yang memberikan gaya pada pegas sebesar  $ky$  dengan anggapan pegas linier. Dan juga memberikan gaya pada  $c$  yaitu koefisien redaman liat yang akan menghasilkan gaya  $c\dot{y}$ , dengan asumsi redaman pada struktur sebagai redaman liat (*viscous damping*). Maka persamaan gerak sistem yang timbul sesuai dengan penggunaan Hukum Newton Kedua adalah :

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



Gambar 3.1 (a) Struktur SDOF      Gambar 3.1(b) Model matematik

Gambar 3.1 (c) Diagram *free body*

Salah satu alternatif penyelesaian persamaan (3.2) untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan dinamis (*dynamic equilibrium*) adalah menggunakan Prinsip *d'Alembert*, Berg (1988) menyatakan bahwa sebuah sistem dapat dibuat dalam keadaan keseimbangan dinamis dengan menambahkan sebuah gaya fiktif pada gaya-gaya luar yang biasa dikenal sebagai gaya inersia. Gambar 3.1 (c) memperlihatkan *free body diagram* 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 keseimbangan untuk mendapatkan persamaan gerak. Dengan memperhatikan Gambar 3.1 (c), jumlah gaya-gaya pada arah  $y$  memberikan persamaan differensial gerakan (*differential equation of motion*) untuk suatu sistem yang mengalami getaran bebas, dengan asumsi  $p(t)=0$ . Hasil dari persamaan differensial gerak bebas adalah berupa *respon transient*.

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = 0 \quad (3.3)$$

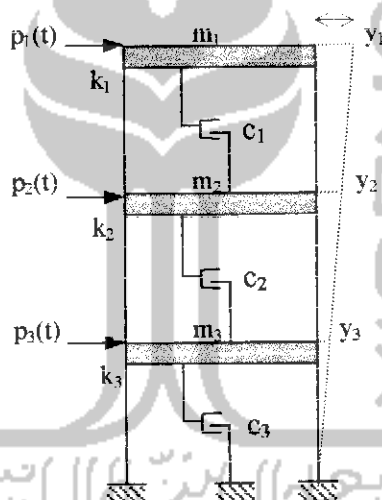
### 3.2 Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Banyak (MDOF)

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*).

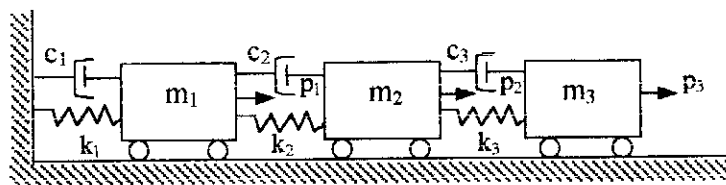
Pada struktur bangunan gedung bertingkat banyak massa struktur digumpalkan (*lumped mass*) pada tempat tertentu, misalnya digumpalkan pada tiap-tiap muka tingkat. Banyaknya derajat kebebasan berasosiasi dengan jumlah massa.



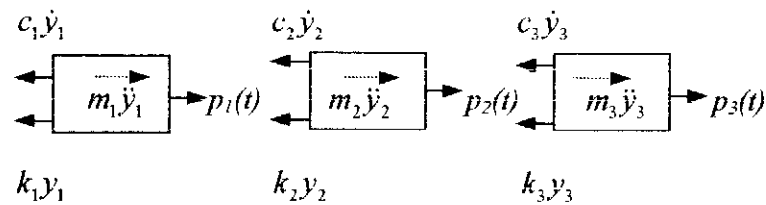
Pada struktur yang mempunyai  $n$  tingkat, akan mempunyai  $n$  derajat kebebasan dan mempunyai  $n$  mode. Pada prinsip bangunan geser (*shear building*) setiap massa hanya terpusat pada bidang lantai, balok pada lantai kaku tak hingga dibandingkan dengan kolom dan deformasi dari struktur tidak dipengaruhi gaya aksial yang terjadi pada kolom. Gambar 3.2 (a) merupakan model-model yang ekuivalen untuk bangunan geser, sedangkan model matematiknya terdapat pada Gambar 3.2 (b). Selanjutnya didapat persamaan-persamaan gerak dari bangunan berlantai tiga yang berasal dari diagram *free body*, Gambar 3.2 (c), dengan menyamakan jumlah gaya-gaya yang bekerja pada setiap massa dengan nol, yaitu:



Gambar 3.2 (a) Struktur MDOF



Gambar 3.2 (b) Model matematik



**Gambar 3.2 (c)** Diagram *free body*

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 untuk memperoleh kesetimbangan dinamik suatu massa yang ditinjau, ternyata dipengaruhi kekakuan, redaman dan simpangan massa sebelum dan sesudahnya. Persamaan dengan sifat ini disebut *coupled equation*, penyelesaian dari persamaan *coupled* dilakukan secara simultan, artinya saling tergantung satu sama lain.

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

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

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

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

Persamaan gerak (3.5) dapat dinyatakan dalam bentuk matrik,

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

Dengan [M], [C], [K], berturut-turut adalah matrik massa yang merupakan matrik diagonal, sedang matrik redaman dan matrik kekakuan adalah matrik simetris,

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

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

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

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

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

### 3.2.1 Ragam Bentuk (*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 disebut dengan getaran bebas (*free vibration system*). Sebaliknya apabila 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.

Besaran-besaran yang akan diperoleh pada getaran bebas terutama frekuensi sudut dan *mode shape*, sangat berguna untuk membahas respon struktur. Persamaan differensial gerakan 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. Nilai rasio redaman (*damping ratio*) relatif kecil, maka matrik C diabaikan (dianggap 0), persamaan (3.9) menjadi :

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

Persamaan diatas dapat diselesaikan dengan persamaan gerak bebas, maka vektor  $\{y\}$  berbentuk

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

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

dengan vektor  $\{y\}$  bervariasi dengan waktu dan  $\{\dot{y}\}$  merupakan turunan kedua.  $\{\phi\}$  adalah vektor *mode shape* yaitu suatu vektor yang tidak berdimensi, yang memiliki paling sedikit sebuah elemen tidak sama dengan nol (*nonzero*). 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 matrik konstan dan pada sebuah hipotesis disebutkan bahwa  $\{\phi\}$  juga merupakan matrik konstan, maka akan didapatkan

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

Jika konstanta diatas adalah  $\omega_n^2$  (*undamped natural frequency*), maka persamaan

(3.13) akan 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

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

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

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  $\omega$  keduanya adalah tidak sama dengan nol (*nonzero*), 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

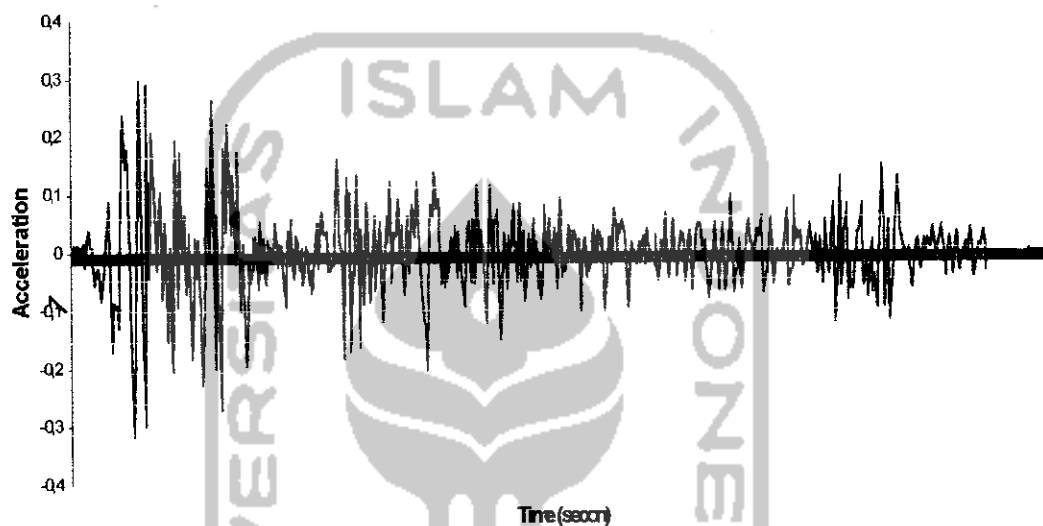
$$|[K] - \omega^2[M]| = 0 \quad (3.19)$$

Persamaan (3.19) disebut dengan *eigen problem*. Nilai determinan pada persamaan (3.19) akan menghasilkan suatu persamaan polinomial dengan derajat ke- $n$ , yaitu  $\omega_n$ , kemudian nilai  $\omega_n$  disubstitusikan persamaan (3.18) maka akan menghasilkan nilai *mode shape*  $\{\phi\}$ . Indeks  $i$  menunjukkan ragam/pola goyangan. Nilai *mode shape* berhubungan dengan suatu massa pada setiap 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 baban 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, Liu, dan Dong, 1996)

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



Gambar 3.3 Percepatan tanah Gempa El Centro, 1940

Percepatan tanah selama berlangsungnya gempa bumi bervariasi secara irreguler, sehingga penyelesaian menggunakan metode numerik akan sangat membantu. Hasil respon yang akan disajikan pada tugas akhir ini diperoleh dari penyelesaian persamaan untuk percepatan tanah yang bervariasi secara linier setiap  $\Delta t = 0,02$  detik.

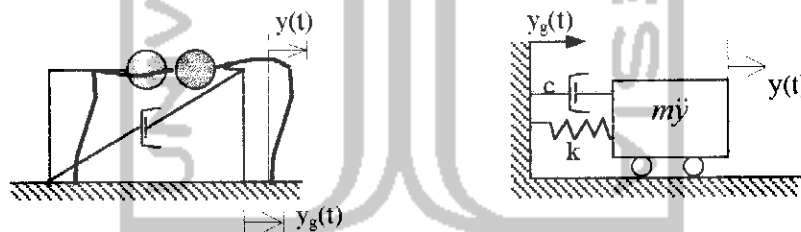
Pada daerah rawan gempa, masalah prinsip yang perlu diperhatikan adalah perilaku struktur bawah akibat beban gempa. Perpindahan tanah dinotasikan dengan

$y_g$ , sedangkan antara massa dengan tanah dinotasikan dengan  $y$ , sehingga perpindahan total yang terjadi adalah (Chopra, 1995).

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

Persamaan gerakan struktur yang dikenai beban gempa, Gambar 3.2 (a) dan model matematiknya, Gambar 3.2 (b), dapat diturunkan melalui suatu pendekatan yang sama seperti pada persamaan gerakan SDOF. Dengan menggunakan konsep kesetimbangan dinamis, dari diagram *free body* pada Gambar 3.4 (c), maka akan didapatkan persamaan

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



**Gambar 3.4 (b) Struktur SDOF**      **Gambar 3.4 (b) Model matematik**



**Gambar 3.4 (c) Diagram *free Body***

**Gambar 3.4** Sisten Derajat Kebebasan Tunggal dengan Beban Gempa



### 3.4 Persamaan Diferensial Independen (*Uncoupling*)

Pada kondisi standar struktur 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  $\phi_{ij}$  dengan suatu modal amplitudo  $Z_j$ . Yang dinyatakan dalam bentuk :

$$\{Y\} = [\phi] \{Z\} \quad (3.22a)$$

$$\{\dot{Y}\} = [\phi] \{\dot{Z}\} \quad (3.22b)$$

$$\{\ddot{Y}\} = [\phi] \{\ddot{Z}\} \quad (3.22c)$$

Substitusi persamaan (3.22) kedalam persamaan (3.21) akan diperoleh :

$$[M][\phi]\{\ddot{Z}\} + [C][\phi]\{\dot{Z}\} + [K][\phi]\{Z\} = -[M]\{1\}\ddot{y}_i \quad (3.23)$$

Apabila persamaan (3.23) dikalikan dengan *transpose* suatu *mode*  $\{\phi\}^T$ , maka

$$\{\phi\}^T [M][\phi]\{\ddot{Z}\} + \{\phi\}^T [C][\phi]\{\dot{Z}\} + \{\phi\}^T [K][\phi]\{Z\} = -\{\phi\}^T [M]\{1\}\ddot{y} \quad (3.24)$$

Misal, diambil struktur yang mempunyai 3 derajat kebebasan, maka suku pertama persamaan (3.24) berbentuk:

$$\begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{21} & \phi_{31} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_{11} \\ \phi_{21} \\ \phi_{31} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{Z}_1 \\ \ddot{Z}_2 \\ \ddot{Z}_3 \end{Bmatrix} \quad (3.25)$$

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

$$\phi_m^T [M] \phi_n = 0 \quad (3.26a)$$

$$\phi_m^T [K] \phi_n = 0 \quad (3.26b)$$

$$\phi_m^T [C] \phi_n = 0 \quad (3.26c)$$

Untuk *mode* ke  $n$  maka secara umum persamaan (3.25) dapat ditulis dengan :

$$\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \ddot{z}_n \quad (3.27)$$

Persamaan (3.24) pada suku ke-2 dan ke-3 diubah seperti pada persamaan (3.27), maka persamaan akan menjadi :

$$\{\phi\}_n^T [M] [\phi]_n \{\ddot{z}\}_n + \{\phi\}_n^T [C] [\phi]_n \{\dot{z}\}_n + \{\phi\}_n^T [K] [\phi]_n \{z\}_n = -\{\phi\}_n^T [M] \{1\} \ddot{y}_t \quad (3.28)$$

Persamaan (3.28) adalah persamaan diferensial yang bebas/*independent* antara satu dengan yang lain. Persamaan tersebut diperoleh setelah diterapkan hubungan ortogonal, baik ortogonal matrik massa, matrik redaman atau matrik 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*.

Berdasar persamaan (3.28) maka dapat didefinisikan suatu generalisasi massa (*generalized mass*), redaman dan kekakuan sebagai berikut,

$$M_n^* = (\phi)_n^T [M] \{\phi\}_n \quad (3.29a)$$

$$C_n^* = (\phi)_n^T [C] \{\phi\}_n \quad (3.29b)$$

$$K_n^* = (\phi)_n^T [K] \{\phi\}_n \quad (3.29c)$$

Dengan definisi seperti pada persamaan (3.29) maka persamaan (3.28) akan menjadi

$$M_n^* \ddot{Z}_n + C_n^* \dot{Z}_n + K_n^* Z_n = -P_n^* \ddot{y}_t \quad (3.30)$$

Dengan,

$$P_n^* = \{\phi\}_n^T [M] \{1\} \quad (3.31)$$

Terdapat suatu hubungan bahwa :

$$\xi_n = \frac{C_n^*}{C_{cr}^*} = \frac{C_n^*}{2 M_n^* \omega_n}, \text{ maka } \frac{C_n^*}{M_n^*} = 2 \xi_n \omega_n \quad (3.32a)$$

$$\omega_n^2 = \frac{K_n^*}{M_n^*} \text{ dan } \Gamma_n = \frac{P_n^*}{M_n^*} \quad (3.32b)$$

Dengan hubungan-hubungan seperti pada persamaan (3.32), maka persamaan (3.31) akan menjadi :

$$\ddot{Z}_n + 2 \xi_n \omega_n \dot{Z}_n + \omega_n^2 Z_n = -\Gamma_n \ddot{y}_t \quad (3.33)$$

dan,

$$\Gamma_n = \frac{P_n^*}{M_n^*} = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \quad (3.34)$$

Persamaan (3.34) sering disebut dengan faktor partisipasi setiap *mode* atau *mode participation factor*. Selanjutnya persamaan (3.33) juga dapat ditulis menjadi :

$$\frac{\ddot{Z}_n}{\Gamma_n} + 2 \xi_n \omega_n \frac{\dot{Z}_n}{\Gamma_n} + \omega_n^2 \frac{Z_n}{\Gamma_n} = -\ddot{y}_t \quad (3.35)$$

Apabila diambil suatu notasi bahwa :

$$\ddot{q}_n = \frac{\ddot{Z}_n}{\Gamma_n}, \quad \dot{q}_n = \frac{\dot{Z}_n}{\Gamma_n} \quad \text{dan} \quad q_n = \frac{Z_n}{\Gamma_n} \quad (3.36)$$

Maka persamaan (3.35) akan menjadi :

$$\ddot{q}_n + 2\xi_n \omega_n \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = -\ddot{y}_t \quad (3.37)$$

Persamaan (3.37) adalah persamaan diferensial yang *independent*, karena persamaan tersebut hanya berhubungan dengan tiap-tiap *mode*.

Nilai partisipasi setiap *mode* akan dapat dihitung dengan mudah setelah koordinat setiap *mode*  $\phi_{nm}$  telah diperoleh. Nilai  $q$ ,  $\dot{q}$  dan  $\ddot{q}$  dapat dihitung dengan integrasi secara numerik. Apabila nilai tersebut telah diperoleh maka nilai  $Z_n$  dapat dihitung. Dengan demikian simpangan horizontal setiap tingkat dapat dihitung.

### 3.5 Respon terhadap Beban Gempa

Persamaan gerakan yang disebabkan adanya beban gempa dapat diselesaikan dengan persamaan (3.37). Nilai  $q(t)$  dapat diperoleh dengan membandingkan antara persamaan (3.37) dengan persamaan gerakan *mode* ke- $n$  sistem dari SDOF. Sistem SDOF mempunyai frekuensi natural (*natural frequency*) dan rasio redaman ( $\xi$ ) *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,

$$\dot{q}_n = \frac{q_{n+1} - q_{n-1}}{2 \Delta t} \quad \ddot{q}_n = \frac{q_{n+1} - 2q_n + q_{n-1}}{(\Delta t)^2} \quad (3.38)$$

Substitusi persamaan (3.38) kedalam persamaan (3.37) akan diperoleh ,

$$\frac{q_{n+1} - 2q_n + q_{n-1}}{(\Delta t)^2} + 2\xi\omega_n \frac{q_{n-1} - q_n}{2\Delta t} + \omega_n^2 q_n = -\ddot{y}_t \quad (3.39)$$

Persamaan (3.39) dapat ditulis menjadi,

$$\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right] q_{n+1} = -\ddot{y}_n - \left[ \omega_n^2 - \frac{2}{(\Delta t)^2} \right] q_n - \left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right] q_{n-1} \quad (3.40)$$

Persamaan (3.40) dapat ditulis menjadi,

$$q_{n+1} = \frac{-\ddot{y}_n - a q_n - b q_{n-1}}{\hat{k}} \quad (3.41)$$

Dengan,

$$a = \left[ \omega_n^2 - \frac{2}{(\Delta t)^2} \right] \quad (3.42a)$$

$$b = \left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right] \quad (3.42b)$$

$$\hat{k} = \left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right] \quad (3.42c)$$

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

$$y_n(t) = \Gamma_n \phi_n q_n(t) \quad (3.43)$$

Selanjutnya jarak antar bangunan dihitung berdasarkan nilai simpangan yang diperoleh dari persamaan (3.43), dengan rumus pada PPTGIUG, 1981 :

$$S = 2(y_a + y_b) > 7,5 \text{ cm} \quad (3.44)$$

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

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

#### 4.1 Data yang Diperlukan

Pada penelitian ini digunakan suatu model *shear building* yang paling sederhana, untuk mempermudah melihat perbedaan hasil yang akan diteliti. Data yang dipergunakan adalah :

1. struktur yang ditinjau menggunakan respon spektra dari gempa El Centro (1940), yang diambil dari buku *Dynamics of Structures* oleh Anil K. Chopra (Chopra, 1995),
2. struktur merupakan suatu model dari *shear building* dengan 5 mode, dengan masa dan kekakuan yang telah ditentukan, yang diambil dari buku *Elements of Structural Dynamics* oleh Glen V. Berg (Berg, 1988),
3. struktur berdiri diatas tanah keras, dan

4. perhitungan menggunakan program Matlab (The Math Work, Inc, 1996) dan Microsoft Excel (Microsoft Excel ®, 1997).

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

#### 4.2 Pengolahan Data

Setelah data ditentukan, maka dilakukan pengolahan dan analisis data dengan langkah-langkah.

1. menentukan matrik massa [M] dan kekakuan kolom [K] tiap tingkat,
2. membuat persamaan eigen problem untuk menghitung mode shape ( $\phi_j$ ),
3. mengubah letak redaman pada 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 ( $\omega$ ),
7. menghitung nilai partisipasi faktor ( $\Gamma$ ),
8. menghitung rasio redaman ( $\xi$ ),
9. mencari nilai q,
10. menghitung simpangan horizontal  $u(t)$ , dan
11. menghitung jarak antar bangunan.

### 4.3 Pengujian

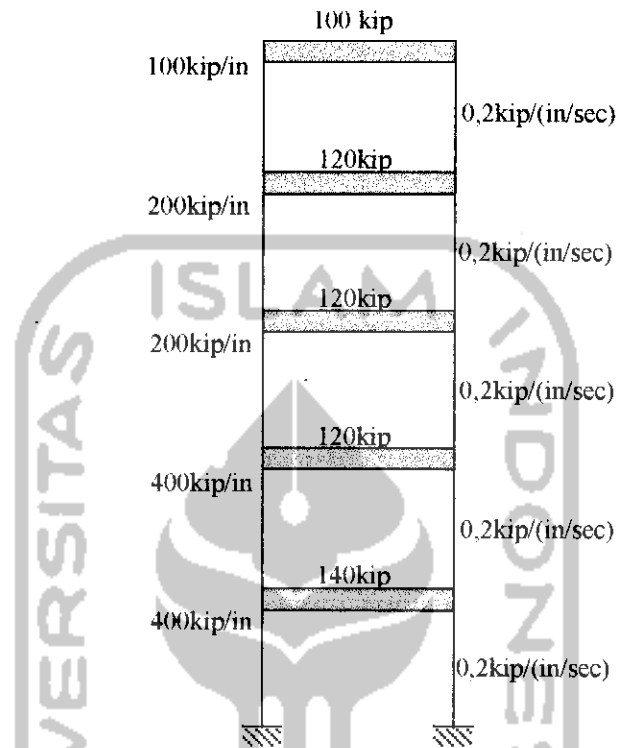
Pengujian yang dilakukan pada tugas akhir ini mencakup pengaruh penggunaan *Magnetorheological damper* terhadap nilai simpangan yang terjadi, sehingga jarak antara model struktur yang ditinjau dapat diminimalkan. Penggunaan peredam pada tugas akhir ini adalah sebesar 15 kips/(in/sec).

Pengujian data dilakukan dengan menggunakan program komputer untuk mempermudah pengujian dan ketepatan perhitungan. Program komputer yang akan digunakan adalah Matlab untuk mengolah data dan Excel untuk mengolah grafik.

Pengujian dilakukan terhadap 6 model yang terdiri dari variasi 1 merupakan model tanpa peredam tambahan yang diperlihatkan pada Gambar (4.1) dengan persamaan matrik redaman (4.1). Variasi 2 posisi model stuktur dengan *MR Damper* pada tingkat 1 diperlihatkan pada Gambar (4.2) dengan persamaan matrik redaman pada persamaan (4.2). Variasi 3 posisi model stuktur dengan *MR Damper* pada tingkat 2 diperlihatkan pada Gambar (4.3) dengan persamaan matrik redaman pada persamaan (4.3). Variasi 4 posisi model stuktur dengan *MR Damper* pada tingkat 3 diperlihatkan pada Gambar (4.4) dengan persamaan matrik redaman pada persamaan (4.4). Variasi 5 posisi model stuktur dengan *MR Damper* pada tingkat 4 diperlihatkan pada Gambar (4.5) dengan persamaan matrik redaman pada persamaan (4.5). Variasi 6 posisi model stuktur dengan *MR Damper* pada tingkat 5 diperlihatkan pada Gambar (4.6) dengan persamaan matrik redaman pada persamaan (4.6).



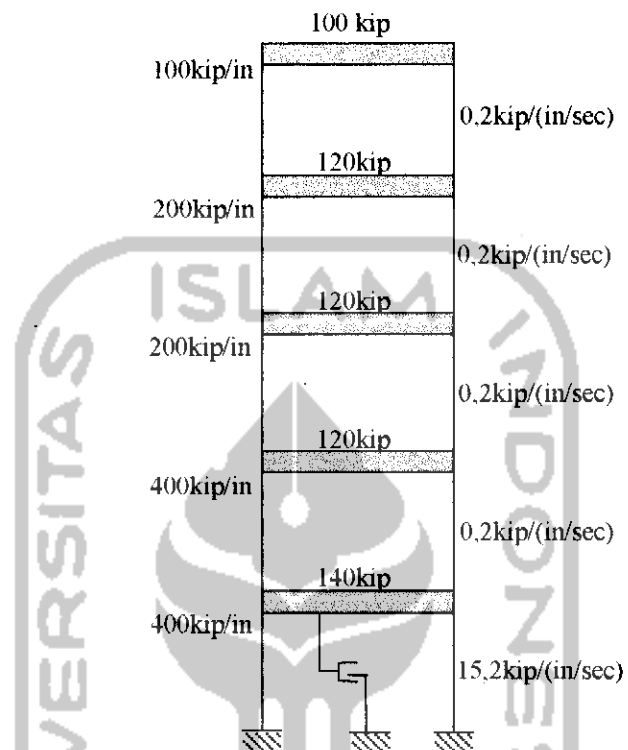
1. posisi tanpa peredam tambahan, Gambar 4.1



Gambar 4.1 Model Struktur tanpa peredam tambahan

$$[C_1] = \begin{bmatrix} 0,4 & -0,2 & 0 & 0 & 0 \\ -0,2 & 0,4 & -0,2 & 0 & 0 \\ 0 & -0,2 & 0,4 & -0,2 & 0 \\ 0 & 0 & -0,2 & 0,4 & -0,2 \\ 0 & 0 & 0 & -0,2 & 0,2 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

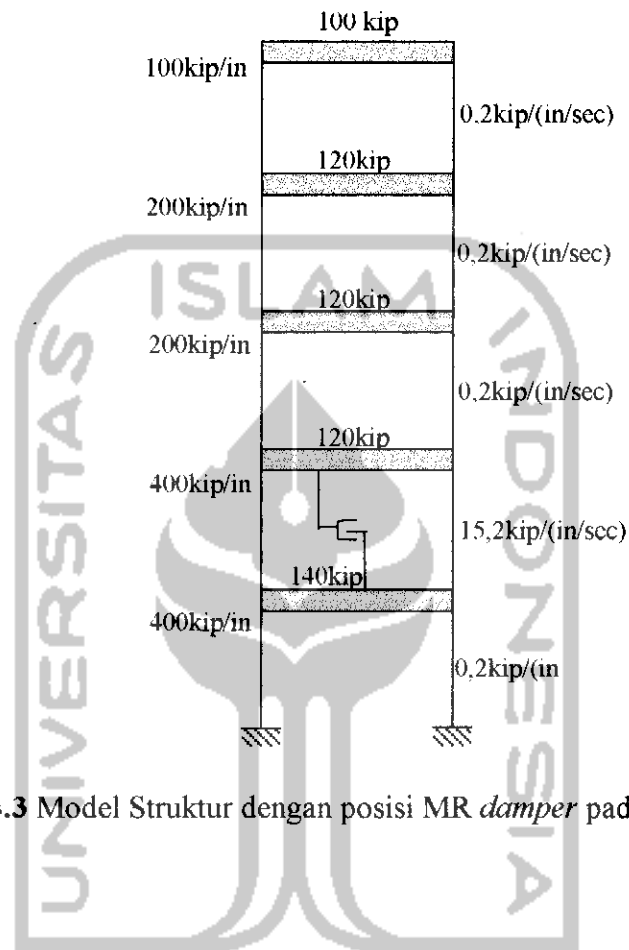
2. posisi *Magnetorheological damper* diletakan pada tingkat pertama, Gambar 4.2



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

$$[C_2] = \begin{bmatrix} 15,4 & -0,2 & 0 & 0 & 0 \\ -0,2 & 0,4 & -0,2 & 0 & 0 \\ 0 & -0,2 & 0,4 & -0,2 & 0 \\ 0 & 0 & -0,2 & 0,4 & -0,2 \\ 0 & 0 & 0 & -0,2 & 0,2 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

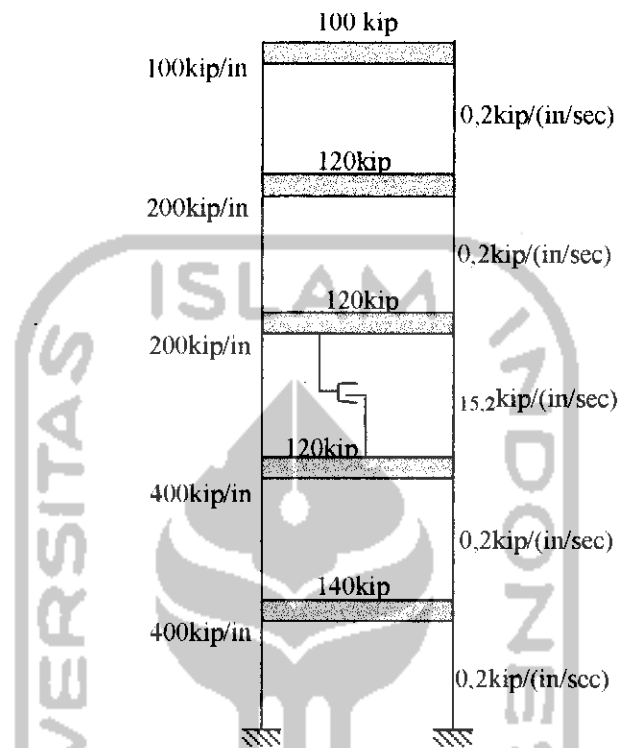
3. posisi *Magnetorheological damper* diletakan pada tingkat kedua, Gambar 4.3



**Gambar 4.3** Model Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat kedua

$$[C_3] = \begin{bmatrix} 15,4 & -15,2 & 0 & 0 & 0 \\ -15,2 & 15,4 & -0,2 & 0 & 0 \\ 0 & -0,2 & 0,4 & -0,2 & 0 \\ 0 & 0 & -0,2 & 0,4 & -0,2 \\ 0 & 0 & 0 & -0,2 & 0,2 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

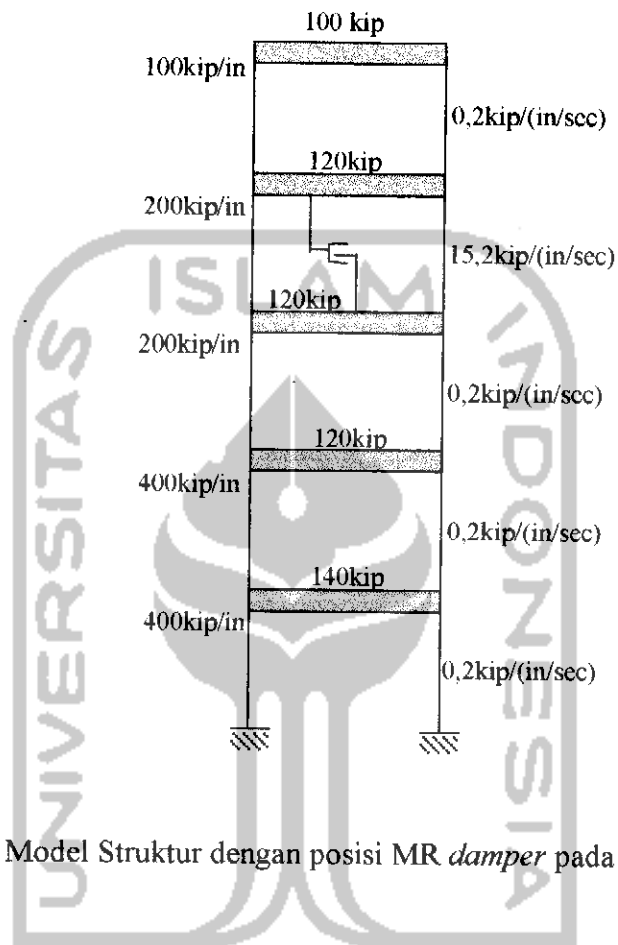
4. posisi *Magnetorheological damper* diletakan pada tingkat ketiga, Gambar 4.4



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

$$[C_4] = \begin{bmatrix} 0,4 & -0,2 & 0 & 0 & 0 \\ -0,2 & 15,4 & -15,2 & 0 & 0 \\ 0 & -15,2 & 15,4 & -0,2 & 0 \\ 0 & 0 & -0,2 & 0,4 & -0,2 \\ 0 & 0 & 0 & -0,2 & 0,2 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

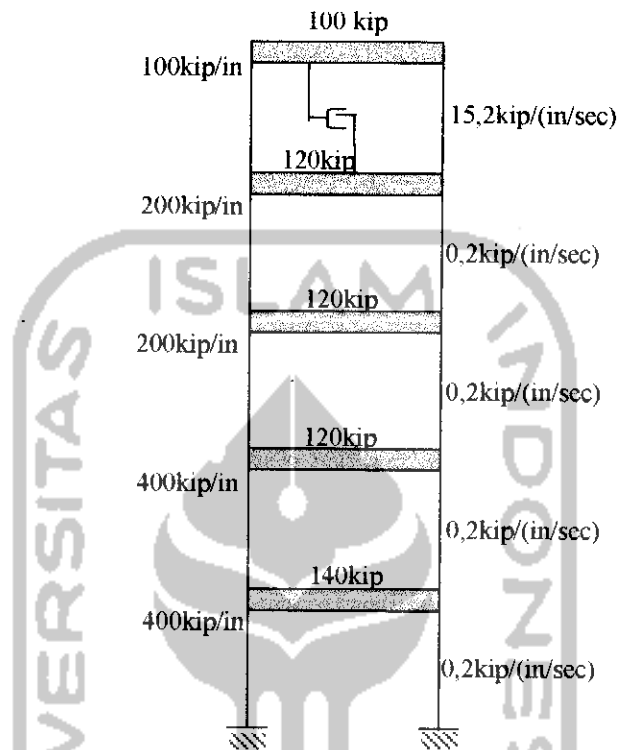
5. posisi *Magnetorheological damper* diletakan pada tingkat keempat, Gambar 4.5



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

$$[C_3] = \begin{bmatrix} 0,4 & -0,2 & 0 & 0 & 0 \\ -0,2 & 0,4 & -0,2 & 0 & 0 \\ 0 & -0,2 & 15,4 & -15,2 & 0 \\ 0 & 0 & -15,2 & 15,4 & -0,2 \\ 0 & 0 & 0 & -0,2 & 0,2 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

6. posisi *Magnetorheological damper* diletakan pada tingkat kelima, Gambar 4.6



**Gambar 4.6** Model Struktur dengan posisi MR *damper* pada tingkat kelima

$$[C_6] = \begin{bmatrix} 0,4 & -0,2 & 0 & 0 & 0 \\ -0,2 & 0,4 & -0,2 & 0 & 0 \\ 0 & -0,2 & 0,4 & -0,2 & 0 \\ 0 & 0 & -0,2 & 15,4 & -15,2 \\ 0 & 0 & 0 & -15,2 & 15,2 \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

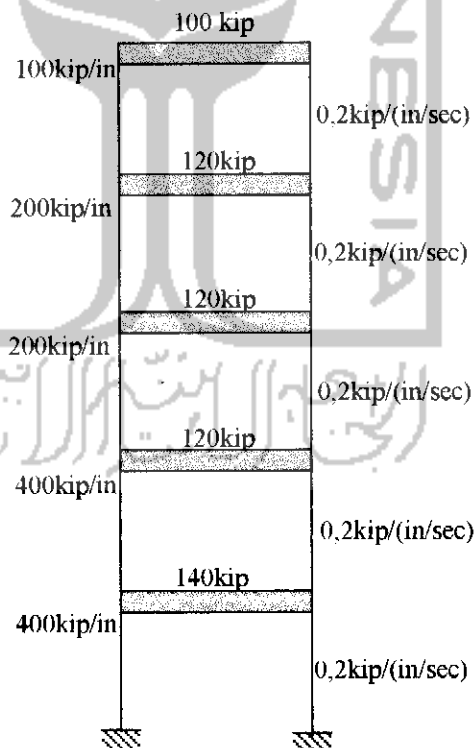
## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang perhitungan yang digunakan untuk 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 :

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

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

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

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

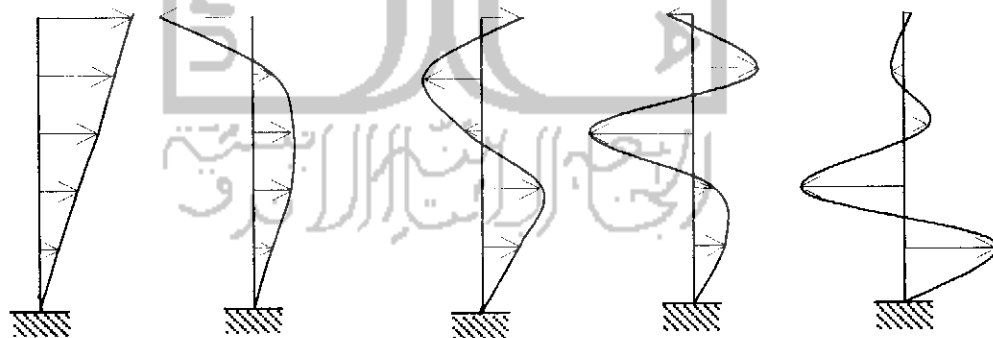


Jika matrik massa dan kekakuan dimasukkan persamaan (3.18), maka :

$$\begin{bmatrix} 800 - 140\omega^2 & -400 & 0 & 0 & 0 \\ -400 & 600 - 120\omega^2 & -200 & 0 & 0 \\ 0 & -200 & 400 - 120\omega^2 & -200 & 0 \\ 0 & 0 & -200 & 300 - 120\omega^2 & -100 \\ 0 & 0 & 0 & -100 & 100 - 100\omega^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \\ \phi_5 \end{Bmatrix} = 0 \quad (5.3)$$

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 :

$$\phi_1 = \begin{Bmatrix} 0,1153 \\ 0,2225 \\ 0,4095 \\ 0,5463 \\ 0,6863 \end{Bmatrix}, \phi_2 = \begin{Bmatrix} 0,2840 \\ 0,4492 \\ 0,4572 \\ 0,1371 \\ -0,6998 \end{Bmatrix}, \phi_3 = \begin{Bmatrix} 0,4616 \\ 0,5110 \\ -0,1725 \\ -0,5920 \\ 0,3815 \end{Bmatrix}, \phi_4 = \begin{Bmatrix} 0,3654 \\ 0,1079 \\ -0,7225 \\ 0,5586 \\ -0,1443 \end{Bmatrix}, \phi_5 = \begin{Bmatrix} 0,6671 \\ -0,7031 \\ 0,2373 \\ -0,0647 \\ 0,0084 \end{Bmatrix} \quad (5.4)$$



*mode ke-1*

*mode ke-2*

*mode ke-3*

*mode ke-4*

*mode ke-5*

Persamaan diferensial modal 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 :

$$[M^*] = \begin{bmatrix} 110,8388 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 111,8169 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 121,3505 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 122,2566 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 128,8918 \end{bmatrix} \text{ kips} \quad (5.6a)$$

$$[K^*] = \begin{bmatrix} 22,6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 133,7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 309,6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 595,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1124,6 \end{bmatrix} \text{ kip/in} \quad (5.6b)$$

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

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

$$= \begin{bmatrix} 8,7254 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4,8708 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2,5514 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,1959 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,2039 \end{bmatrix} \text{sec}^2 \quad (5.7b)$$

Modal parsipasi faktor dihitung dengan persamaan (3.34):

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

Modal partisipasi faktor dari perhitungan numerik diatas adalah :

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

### 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 :

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

Seperti halnya pada matrik massa efektif dan matrik kekakuan efektif, maka elemen dari matrik redaman efektif adalah :

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

Hasil dari matrik redaman adalah :

$$[C_1^*] = \begin{bmatrix} 0,0196 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,1822 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,3613 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,6049 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,6607 \end{bmatrix} \text{ kip/(in/sec)} \quad (5.13a)$$

$$[C_2^*] = \begin{bmatrix} 0,2190 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,392 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3,5574 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2,6077 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 7,3360 \end{bmatrix} \text{ kip/(in/sec)} \quad (5.13b)$$

$$[C_3^*] = \begin{bmatrix} 0,192 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5915 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,3979 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,5995 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 28,8224 \end{bmatrix} \text{ kip/(in/sec)} \quad (5.13c)$$

$$[C_4^*] = \begin{bmatrix} 0,5441 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,1831 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7,3689 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10,9484 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 13,926 \end{bmatrix} \text{ kip/(in/sec)} \quad (5.13d)$$

$$[C_5^*] = \begin{bmatrix} 0,3003 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,7191 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3,001 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 25,2232 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2,0287 \end{bmatrix} \text{ kip/(in/sec)} \quad (5.13e)$$

$$[C_g^*] = \begin{bmatrix} 0,3136 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10,6882 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 14,5768 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8,016 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,7408 \end{bmatrix} \text{ kip/(in/sec)} \quad (5.13f)$$

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 matrik redaman sebagai matrik diagonal atau menganggap *modes* tanpa redaman, kemudian memasukkan nilai redaman pada setiap persamaan modal, akan dapat menyederhanakan permasalahan.

### 5.1.3 Respon terhadap beban Gempabumi

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 diatas terdiri dari lima persamaan :

$$\ddot{q}_1 + 0,02966 \dot{q}_1 + 76,1326 q_1 = 2,0405 \ddot{y}_g(t) \quad (5.17a)$$

$$\ddot{q}_2 + 0,21430 \dot{q}_2 + 23,7247 q_2 = 0,8451 \ddot{y}_g(t) \quad (5.17b)$$

$$\ddot{q}_3 + 0,09338 \dot{q}_3 + 6,50963 q_3 = 0,5963 \ddot{y}_g(t) \quad (5.17c)$$

$$\ddot{q}_4 + 0,03492 \dot{q}_4 + 1,43017 q_4 = 0,2418 \ddot{y}_g(t) \quad (5.17d)$$

$$\ddot{q}_5 + 0,00155 \dot{q}_5 + 0,00416 q_5 = 0,2373 \ddot{y}_g(t) \quad (5.17e)$$

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.

**Tabel 5.1.** Nilai rasio redaman pada tiap pengubahan posisi *MR Damper*

Nilai Rasio Redaman Kritis ( $\xi$ )						
	Tanpa Peredam	Tingkat 1	Tingkat 2	Tingkat 3	Tingkat4	Tingkat5
$\xi_1$	0,0038	0,0430	0,0377	0,1068	0,0589	0,0615
$\xi_2$	0,0146	0,1118	0,0475	0,0147	0,1381	0,8587
$\xi_3$	0,0183	0,1803	0,0202	0,3735	0,1521	0,7389
$\xi_4$	0,0220	0,0950	0,0582	0,3987	0,9184	0,2919
$\xi_5$	0,0170	0,01893	0,7438	0,3594	0,0524	0,0191

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

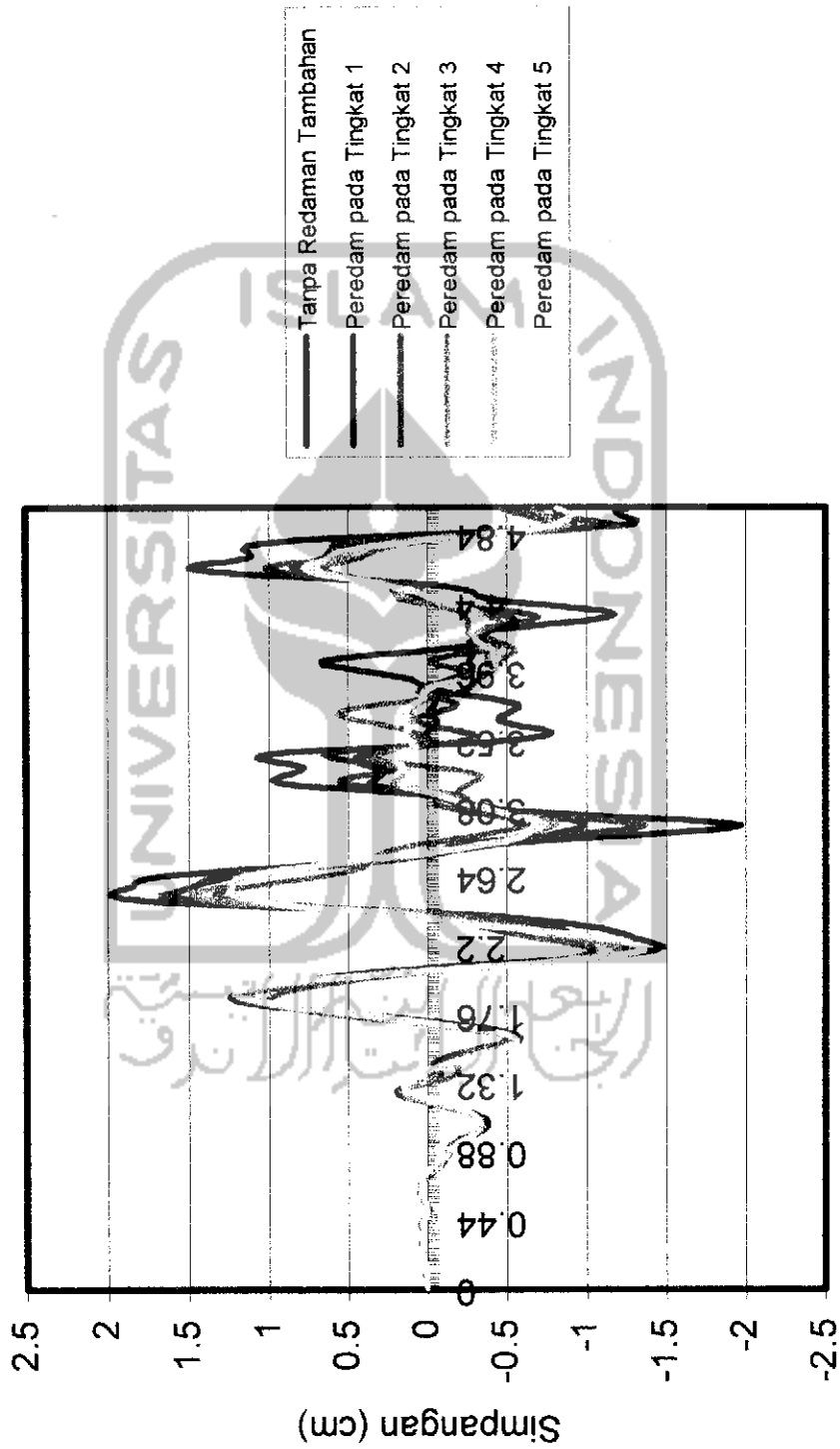
Pada sub pembahasan ini meliputi simpangan relatif dan jarak antar bangunan yang ditinjau dari simpangan maksimum yang didapat.

### 5.2.1 Simpangan Relatif

Peredaman digambarkan sebagai penyerapan kapasitas energi dari suatu material atau struktur. Dalam persoalan teknik gempa peredam dapat dibagi menjadi dua klasifikasi, peredam internal dan eksternal. Peredam internal disebut *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, Liu, dan Dong, 1996)

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

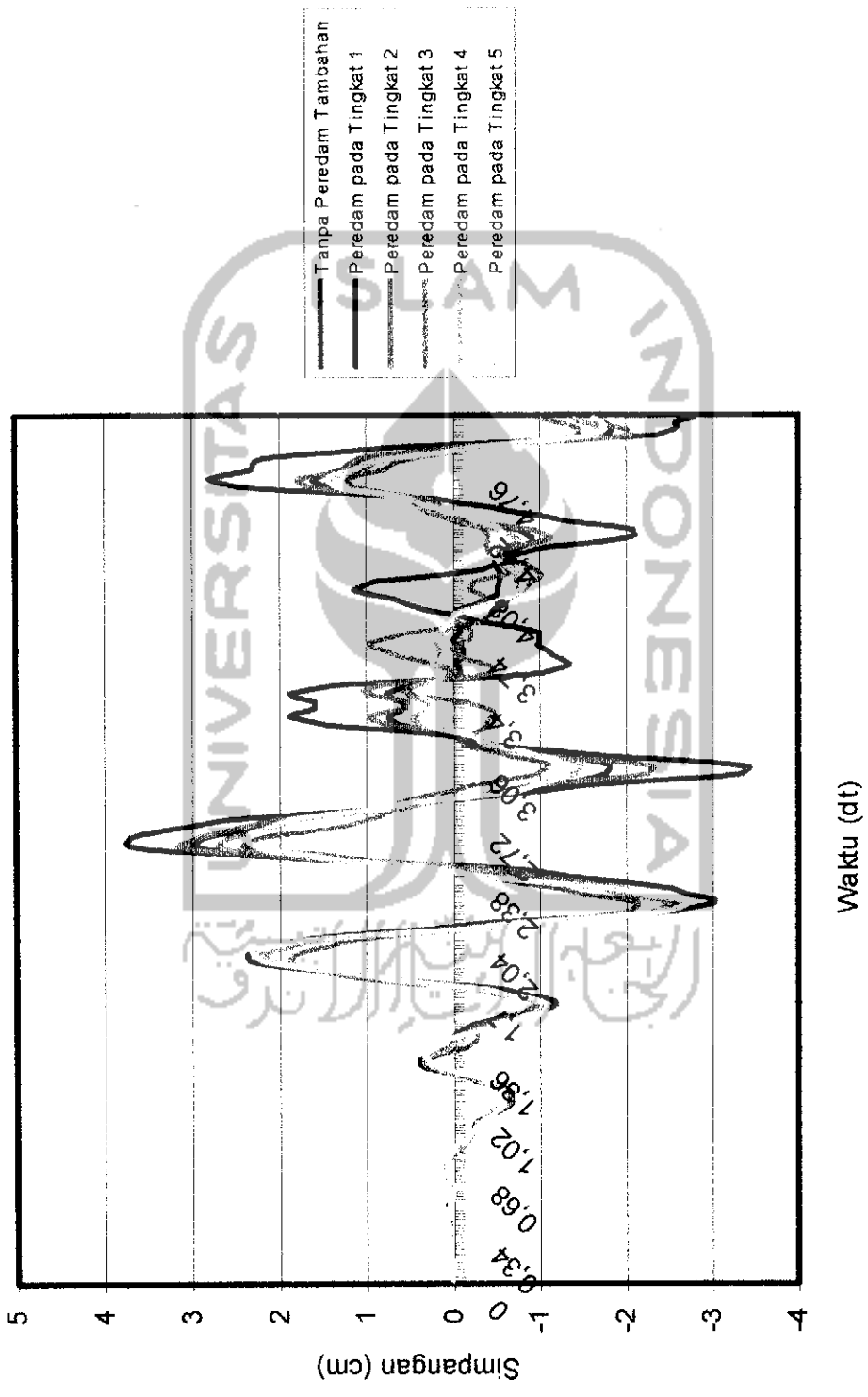
Perhitungan jarak antar bangunan dihitung berdasar simpangan relatif. Simpangan relatif adalah simpangan yang diperoleh dari nilai simpangan absolut yang terjadi dikurangi dengan simpangan yang terjadi akibat gaya geser tanah.



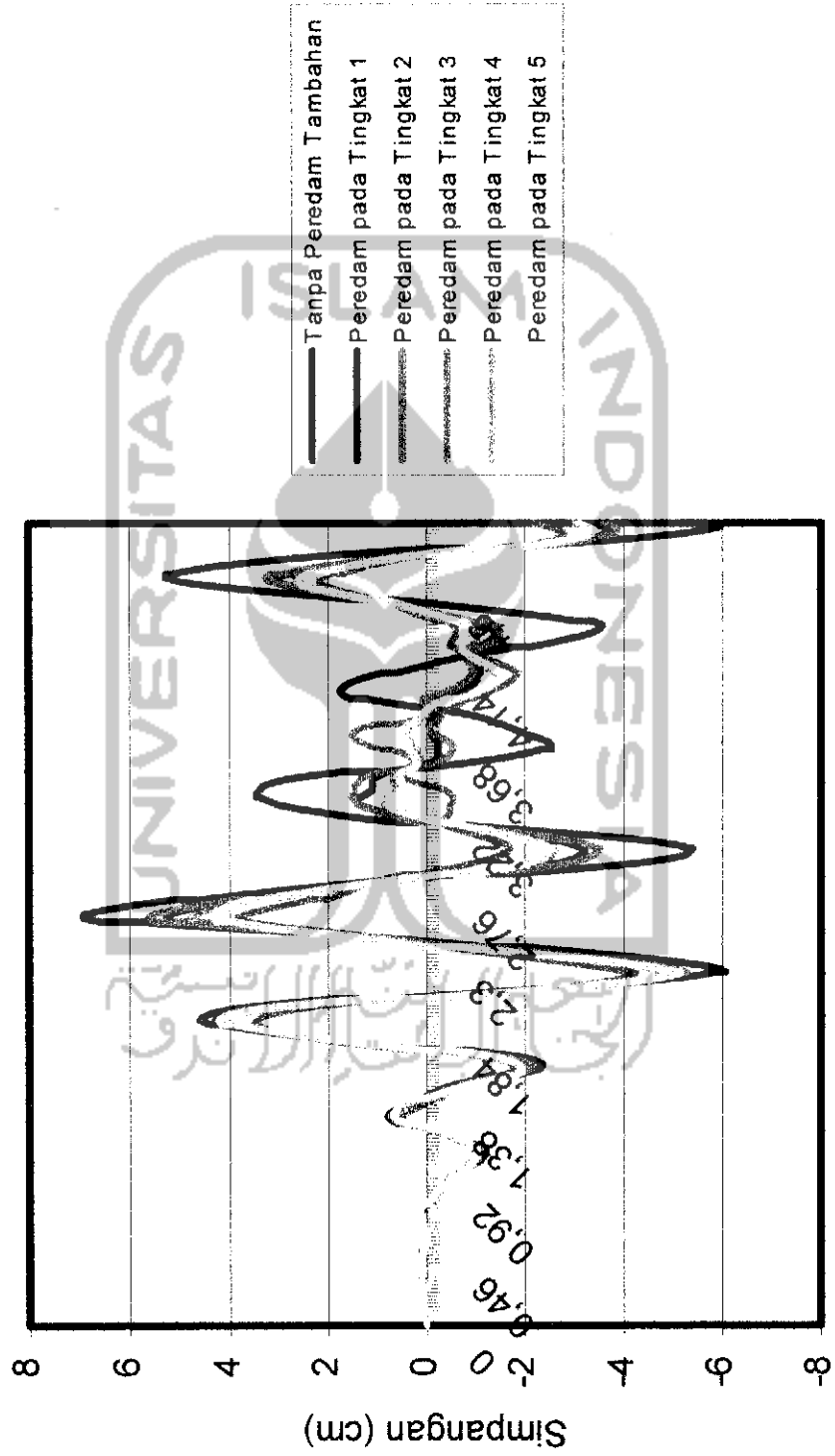
Waktu (dt)

Gambar 5.2 Simpangan relatif lantai 1



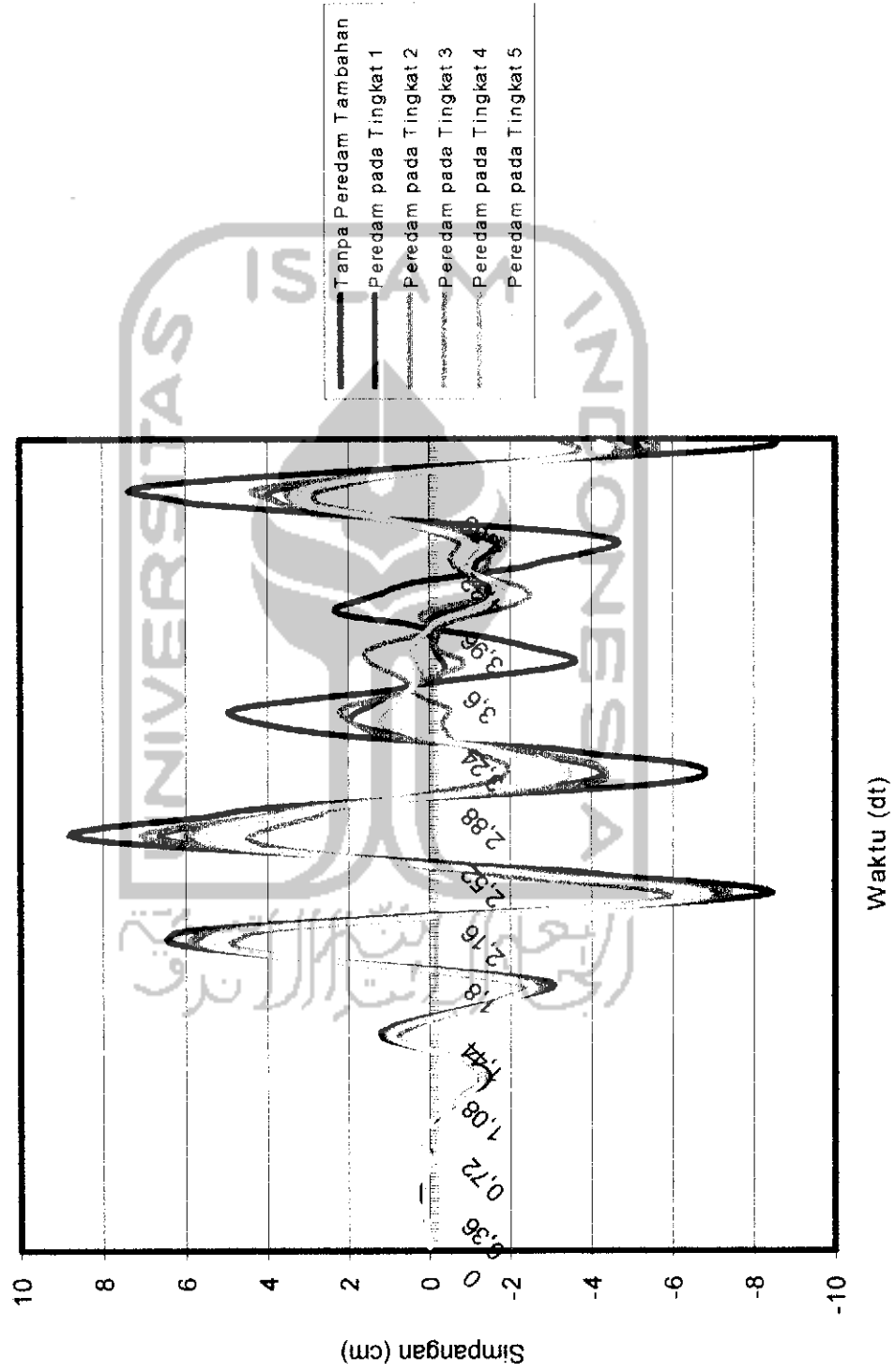


Gambar 5.3 Simpangan relatif lantai 2

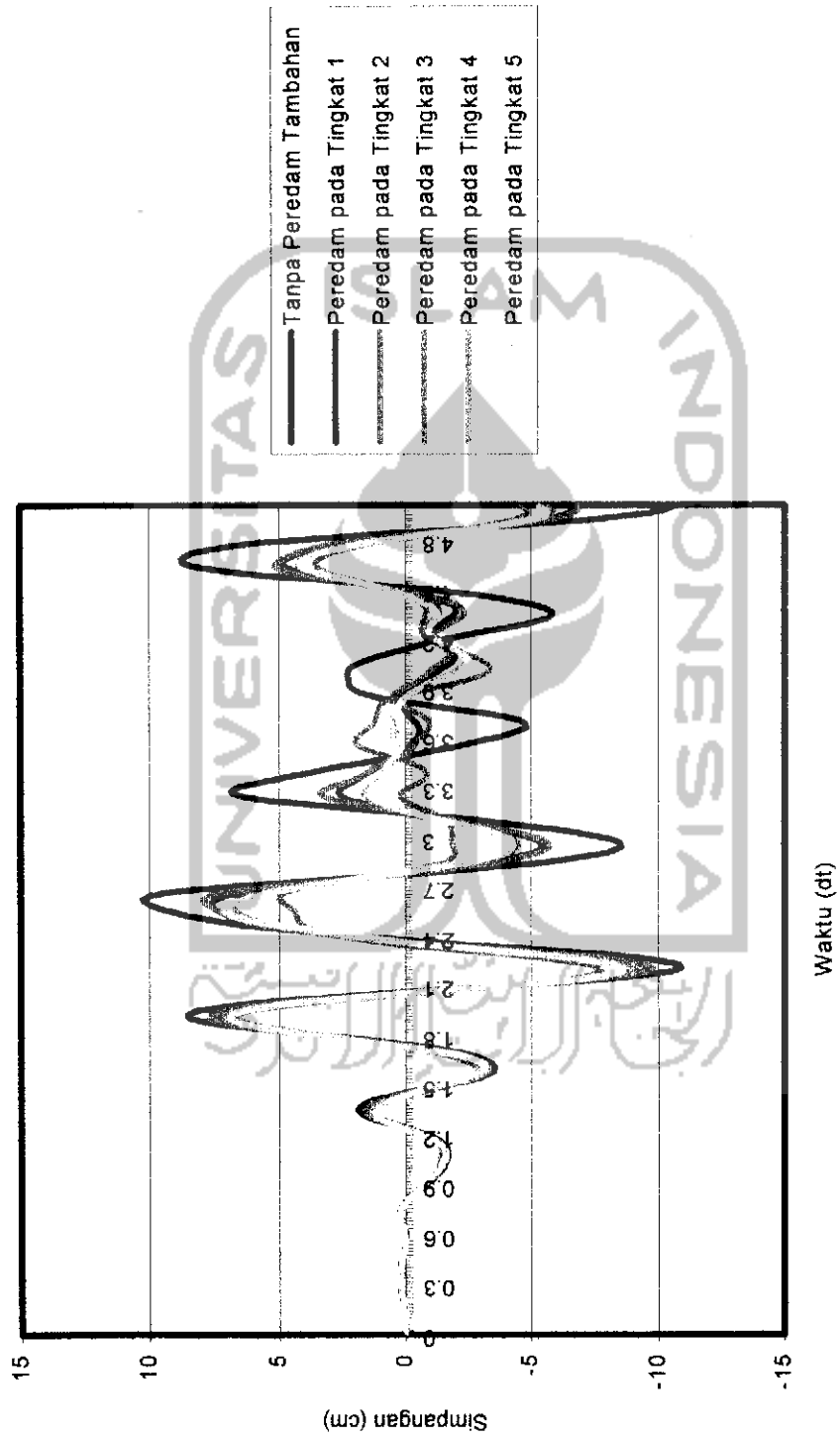


Waktu (dt)

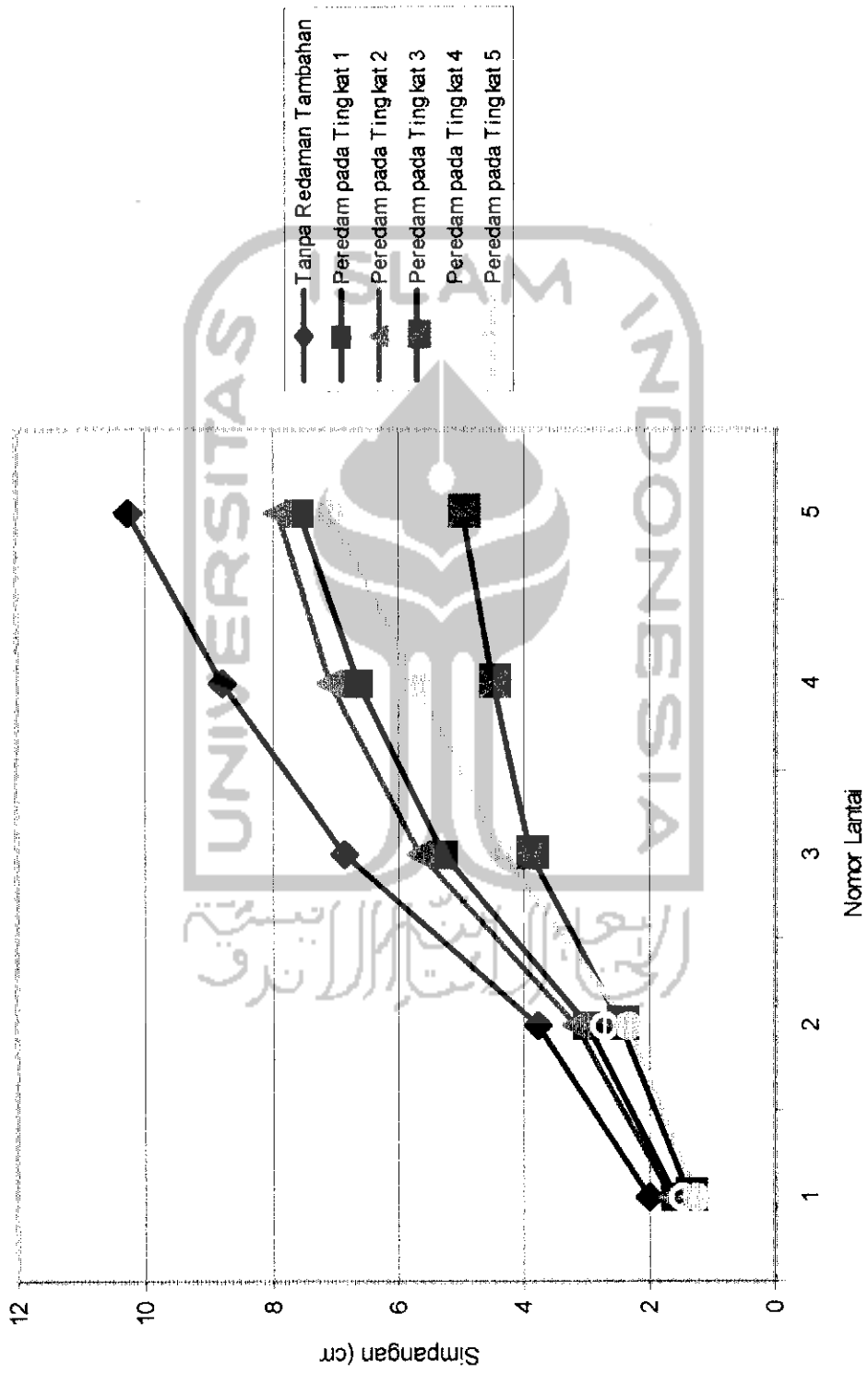
Gambar 5.4 Simpangan relatif lantai 3



Gambar 5.5 Simpangan relatif lantai 4



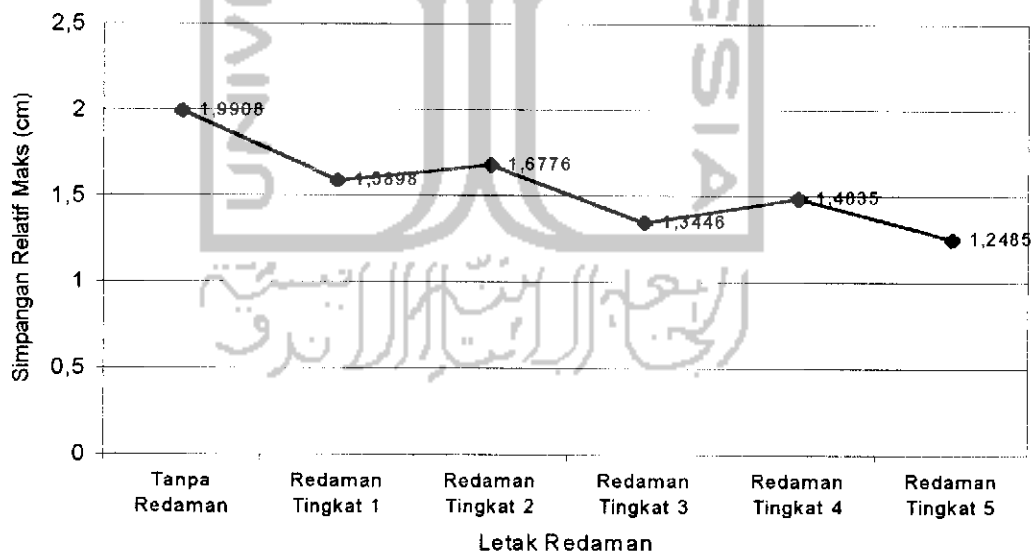
Gambar 5.6 Simpangan relatif lantai 5



Gambar 5.7 Simpangan relatif maksimum lantai

### 5.2.1.1 Simpangan Relatif Maksimum Lantai 1

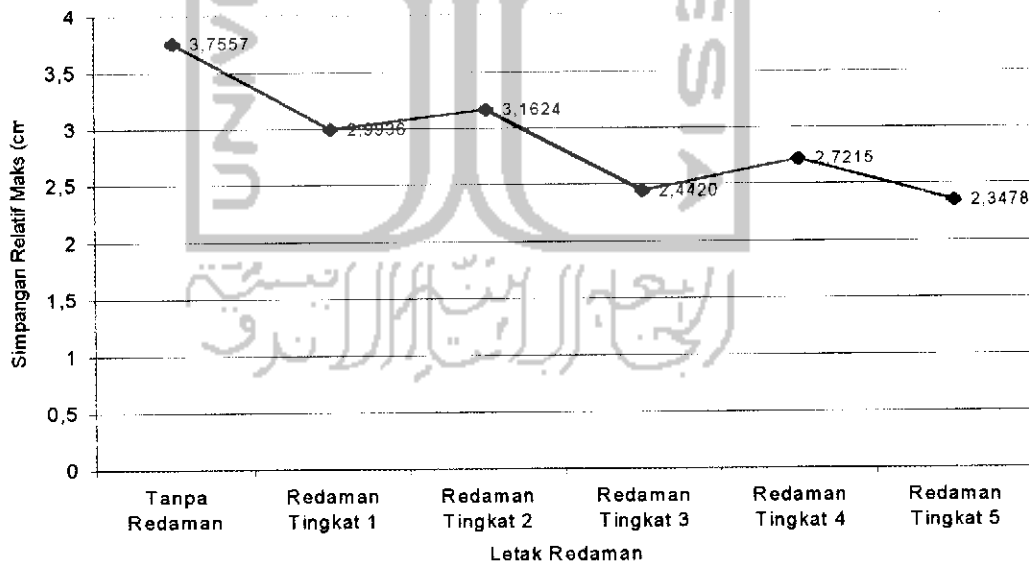
Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.8, simpangan maksimum yang terjadi pada lantai 1, jika bangunan geser tidak dipasang peredam tambahan, sebesar 1,9909 cm. Jika pada tingkat 1 diberi *MR Damper*, maka simpangan yang terjadi 1,5898 cm atau berkurang sebesar 20,143%. Simpangan yang terjadi jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 2 sebesar 1,6776 cm atau berkurang 15,733%. Jika *MR damper* dipasang pada tingkat 3, maka simpangan akan berkurang sebesar 32,456% atau menjadi 1,3447 cm. Jika pada tingkat 4 dipasang *MR Damper*, simpangan yang terjadi sebesar 1,4836 cm atau berkurang 25,479%. Perubahan simpangan jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 5, simpangan berkurang sekitar 37,28% atau sebesar 1,248 cm.



**Gambar 5.8** Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 1 dengan variasi posisi redaman

### 5.2.1.2 Simpangan Relatif Maksimum Lantai 2

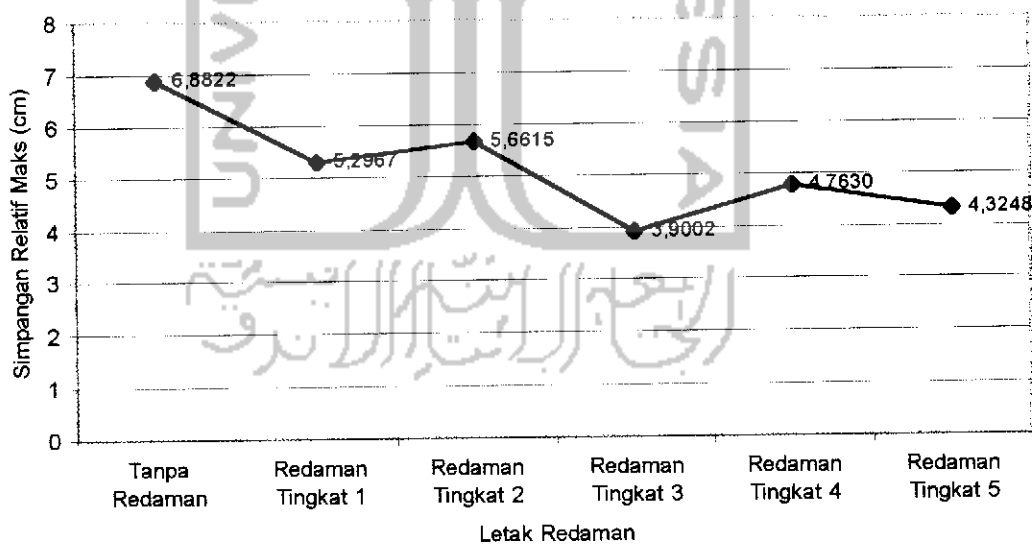
Gambar 5.9 memperlihatkan, simpangan maksimum yang terjadi pada lantai 2, jika bangunan geser tidak dipasang peredam tambahan, sebesar 3,7558cm. *MR Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi 2,9936 cm atau berkurang sebesar 20,29%. Simpangan yang terjadi jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 2 sebesar 3,1624 cm atau berkurang 15,797%. Simpangan yang terjadi jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 3, maka berkurang sebesar 34,979% atau menjadi 2,4420 cm pengurangan. Jika pada tingkat 4 dipasang *MR Damper* simpangan yang terjadi sebesar 2,7215 cm atau berkurang 27,5377%. Perubahan simpangan yang terjadi jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 5, simpangan berkurang sekitar 37,485% atau sebesar 2,3479 cm.



**Gambar 5.9** Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 2 dengan variasi posisi redaman

### 5.2.1.3 Simpangan Relatif Maksimum Lantai 3

Simpangan maksimum yang terjadi pada lantai 3, seperti Gambar 5.10, jika bangunan geser tidak dipasang peredam tambahan sebesar 6,8822 cm. *MR Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi 5,2967 cm atau berkurang sebesar 23,0376%. Simpangan yang terjadi jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 2, sebesar 5,6615 cm atau berkurang 17,7369%. Pengurangan simpangan secara maksimum jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 3, maka berkurang sebesar 43,3285% atau 3,9003 cm. Jika pada tingkat 4 dipasang *MR Damper*, simpangan yang terjadi sebesar 4,7631 cm atau berkurang 30,7915%. Perubahan yang terjadi jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 5, simpangan berkurang sekitar 37,1594% atau sebesar 4,32483 cm.

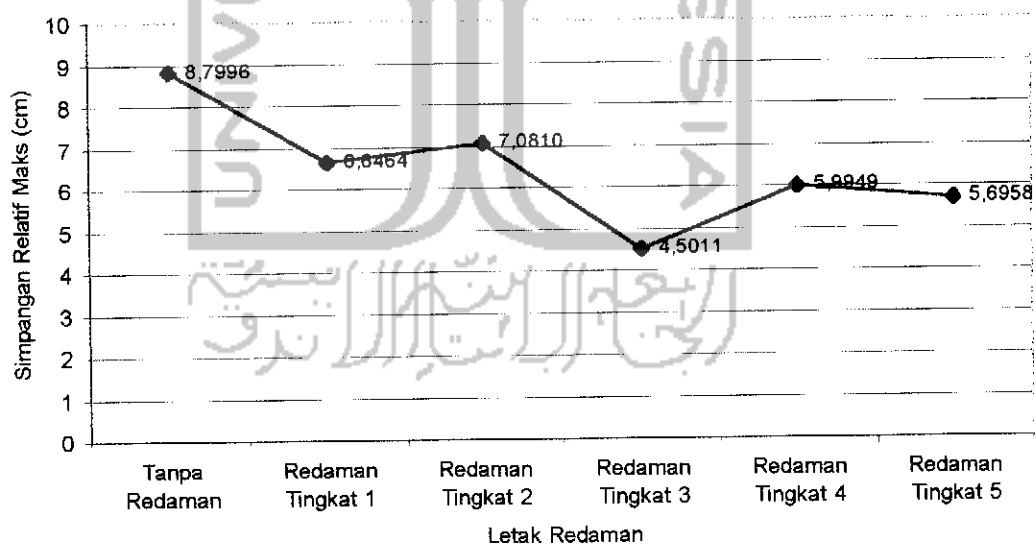


**Gambar 5.10** Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 3 dengan variasi posisi redaman



#### 5.2.1.4 Simpangan Relatif Maksimum Lantai 4

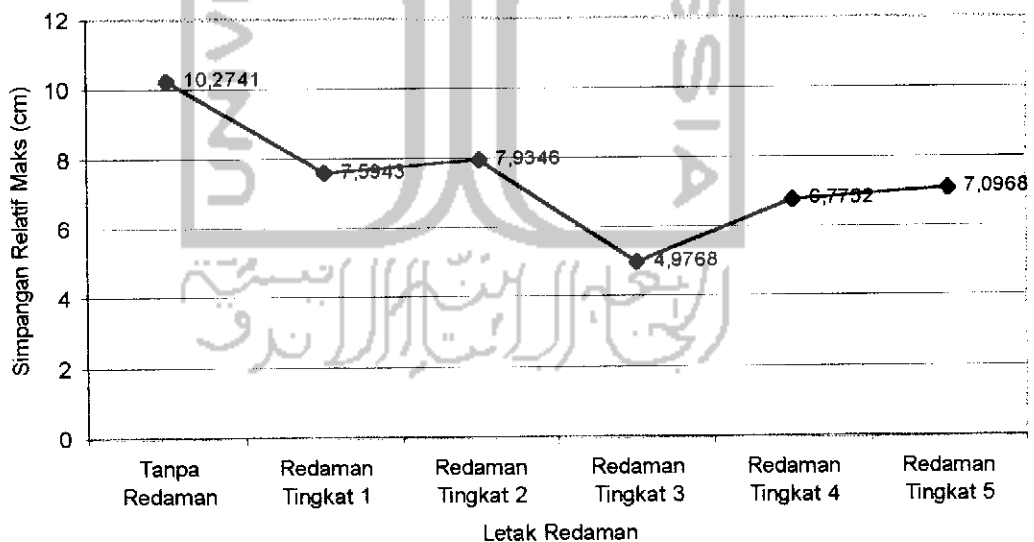
Pada Gambar 5.11 memperlihatkan simpangan maksimum yang terjadi pada lantai 4 jika bangunan geser tidak dipasang peredam tambahan, sebesar 8,7996 cm. *MR Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi 6,6465 cm atau berkurang sebesar 24,468 %. Simpangan yang terjadi jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 2, sebesar 7,081 cm atau berkurang 19,5302%. Pengurangan simpangan secara maksimum jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 3, maka berkurang sebesar 48,8479% atau 4,5012 cm. Jika pada tingkat 4 diberi *MR damper*, simpangan yang terjadi sebesar 5,9949 cm atau berkurang 31,8725%. Perubahan yang terjadi jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 5, simpangan berkurang sekitar 35,271% atau sebesar 5,6959 cm.



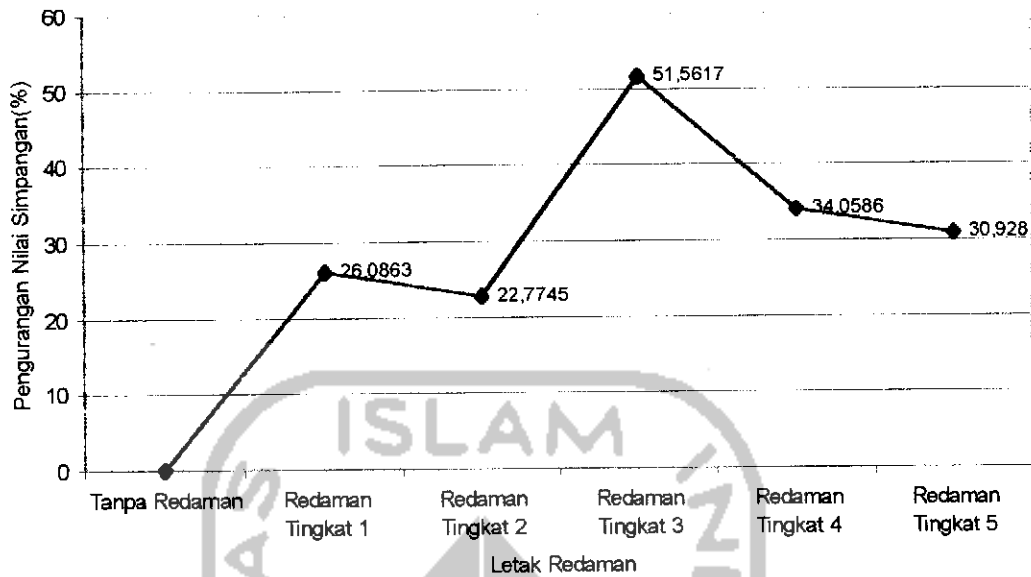
**Gambar 5.11** Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 4 dengan variasi posisi redaman

### 5.2.1.5 Simpangan Relatif Maksimum Lantai 5

Simpangan maksimum yang terjadi pada lantai 5, Gambar 5.12, jika bangunan geser tidak dipasang *MR Damper*, sebesar 10,2746 cm. Peredam tambahan dipasang pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi 7,59434 cm atau berkurang sebesar 26,0863%. Simpangan yang terjadi jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 2, sebesar 7,9346 cm atau berkurang 22,7746%. Pengurangan simpangan secara maksimum jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 3, maka berkurang sebesar 51,562% atau 4,9768 cm. Jika pada tingkat 4 dipasang *MR Damper*, simpangan yang terjadi sebesar 6,7752 cm atau berkurang 34,0586%. Perubahan yang terjadi jika *MR Damper* dipasang pada tingkat 5, simpangan berkurang sekitar 30,928% atau sebesar 7,0968 cm.



**Gambar 5.12** Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 5 dengan variasi posisi redaman



**Gambar 5.13** Prosentasi pengurangan nilai simpangan relatif maksimum lantai 5 tiap posisi perletakan redaman terhadap posisi tanpa redaman

### 5.2.2 Jarak Antar Bangunan

Sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan di Indonesia sesuai dengan Peraturan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Indonesia, 1981.

Maka jarak antar bangunan yang disyaratkan adalah sebagai berikut :

$$S = 2 (y_a + y_b) > 7,5 \text{ cm} \quad (5.19)$$

1. Jarak antar bangunan untuk tanpa redaman tambahan

$$\begin{aligned} S &= 2 (10,2746 + 10,2746) \\ &= 41,0984 \text{ cm} \end{aligned} \quad (5.20a)$$

2. Jarak antar bangunan jika dipasang *MR Damper* pada tingkat 1

$$\begin{aligned} S &= 2 (7,5943 + 7,5943) \\ &= 30,3774 \text{ cm} \end{aligned} \quad (5.20b)$$

3. Jarak antar bangunan jika dipasang *MR Damper* pada tingkat 2

$$\begin{aligned} S &= 2 (7,9346 + 7,9346) \\ &= 31,7384\text{cm} \end{aligned} \quad (5.20c)$$

4. Jarak antar bangunan jika dipasang *MR Damper* pada tingkat 3

$$\begin{aligned} S &= 2 (4,9768 + 4,9768) \\ &= 19,9072\text{cm} \end{aligned} \quad (5.20d)$$

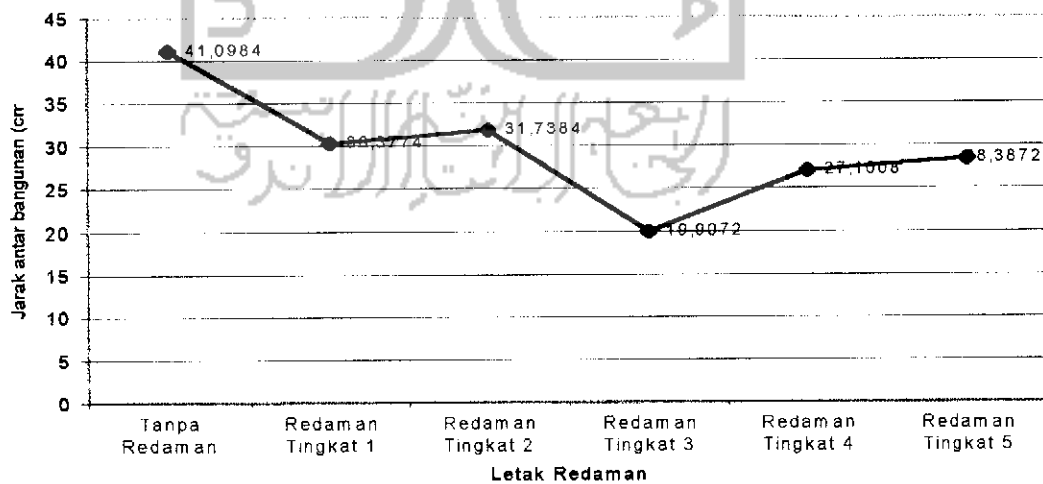
5. Jarak antar bangunan jika dipasang *MR Damper* pada tingkat 4

$$\begin{aligned} S &= 2 (6,7752 + 6,7752) \\ &= 27,1008\text{cm} \end{aligned} \quad (5.20e)$$

6. Jarak antar bangunan jika dipasang *MR Damper* pada tingkat 5

$$\begin{aligned} S &= 2 (7,0968 + 7,0968) \\ &= 28,3872\text{cm} \end{aligned} \quad (5.20f)$$

Hasil perhitungan jarak antar bangunan, diperoleh jarak efektif sebesar 19,9072cm untuk perletakkan *MR Damper* pada tingkat 3, dapat dilihat pada Gambar 5.13.



**Gambar 5.14** Grafik jarak antar bangunan

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang dapat diambil dari hasil penelitian numeris yang telah dilakukan.

#### 6.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dapat diambil berdasarkan analisa penelitian numeris yang telah dilakukan, terhadap penggunaan *Magnethorheological Damper* pada model bangunan geser untuk mengurangi simpangan yang terjadi.

1. Simpangan relatif yang terjadi dapat dikurangi dengan cara memasang *Magnethorheological Damper*.
2. Kontribusi mode yang berpengaruh adalah *mode* kesatu, karena pengaruh dari faktor partisipasi pada *mode* kesatu yang besar dibandingkan dengan kontribusi faktor partisipasi dari *mode* yang lebih tinggi.
3. Pada penelitian ini, penggunaan *Magnethorheological Damper* yang paling efektif ketika dipasang pada tingkat yang ketiga, dengan simpangan relatif lantai lima sebesar 4,9768 cm dan jarak antar bangunan sebesar 19,9072 cm atau terjadi pengurangan jarak sebesar 51,562% jika dibandingkan dengan jarak antar bangunan tanpa menggunakan peredam.

## 6.2 Saran

Ide-ide pengembangan dari pokok bahasan seperti yang telah dibahas dengan beberapa variasi yang dapat dilakukan.

1. Perlu penelitian lebih lanjut dengan memperhitungkan pengaruh variasi nilai redaman.
2. Selain perubahan letak peredam, perlu diteliti pengaruh variasi jumlah peredam yang digunakan.
3. Perlu penelitian lebih lanjut dengan objek dua bangunan yang mempunyai ketinggian berbeda, dalam kasus menghindari resiko kerusakan akibat *pounding*.
4. Perlu intensifikasi penggunaan fasilitas-fasilitas yang terdapat pada piranti lunak/Bahasa Matlab untuk membantu pemecahan problem dalam dinamika struktur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, C. and R. Reitherman. 1982. "Building Configuration and Seismic Design,"  
A Willey Interscience Publication, John Willey and Sons, New York.
- Berg, G. V. 1988. "Elements of Structural Dynamics," Prentice-Hall International  
Editions, Inc.
- 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
- 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, Mac  
Graw Hill International Editions.
- DPU, Ditjen Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1981.  
"Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung,"  
Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman DPU, 1981.
- Gluck, N, A.M.Reinhorn, J. Gluck, and R. Levy. 1996. "Design of Supplemental  
Dampers for Control of Structures", *Journal of Structural Engineering*.  
December, 1996.
- Hu, Y-X, S-C Liu, and Dong. 1996. "Earthquake Engineering," E & FN Spon

- Kasai, K., A. R. Jagiasi, Van Jeng. 1996. "Inelastic Vibration Phase Theory for Seismic Pounding Mitigation", *Journal of Structural Engineering*, October, 1996.
- Kuo, B. C. and Duane C. Hanselman. "Matlab Tools for Control System Analysis and Design," Prentice-Hall International, Inc.
- Microsoft Excel ®. 1997. Copyright 1985-1996, Microsoft Corporation.
- Muto, K. dan Wira. 1987. "Analisa Perancangan Gedung Tahan Gempa," Erlangga, Jakarta.
- 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 Math Work, Inc. 1996. "MATLAB, The Language of Technical Computing: Using Matlab Version 5," The Math Works, Inc., Nattick, Massachusetts, December.
- Widodo. 1996. "Evaluasi Kerusakan Bangunan mulai dari Gempa El Centro 1940 sampai Gempa Kobe 1995", *Jurnal Teknisia*, No 2 Th I-1996.



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

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

M = Matrik Massa

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

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

K = Matrik Kekakuan

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

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

V = Mode Shape

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

D =

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

q1=[.1153;.2225;.4095;.5463;.6863]

q1 = Mode ke-1

0.1153  
0.2225  
0.4095  
0.5463  
0.6863

q2=[.284;.4492;.4572;.1371;-.6998]

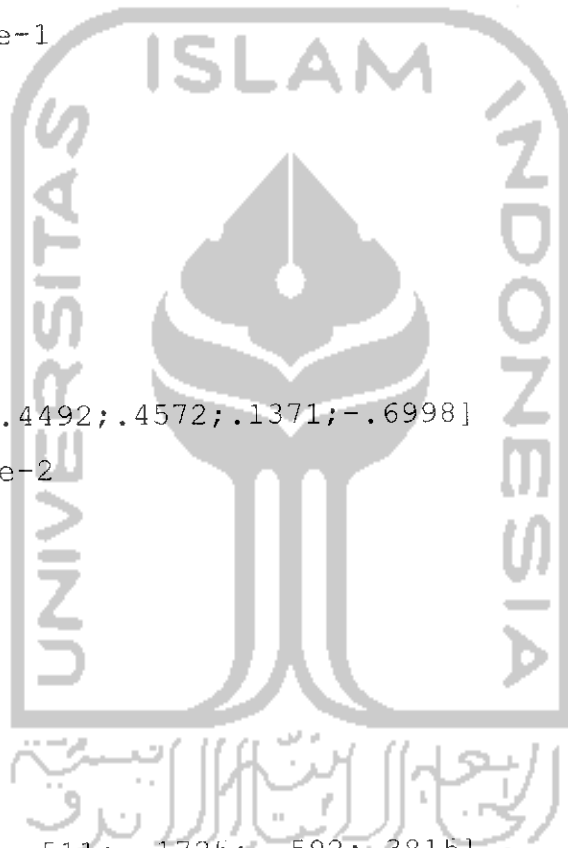
q2 = Mode ke-2

0.2840  
0.4492  
0.4572  
0.1371  
-0.6998

q3=[.4616;.511;-.1725;-.592;.3815]

q3 = Mode ke-3

0.4616  
0.5110  
-0.1725  
-0.5920  
0.3815



$$q4 = [.3654; .1079; -.7225; .5586; -.1443]$$

q4 = Mode ke-4

0.3654  
0.1079  
-0.7225  
0.5586  
-0.1443

$$q5 = [.6671; -.7031; .2373; -.0647; .0084]$$

q5 = Mode ke-5

0.6671  
-0.7031  
0.2373  
-0.0647  
0.0084

$$C1 = [0.4 \ -0.2 \ 0 \ 0 \ 0; -0.2 \ 0.4 \ -0.2 \ 0 \ 0; 0 \ -0.2 \ 0.4 \ -0.2 \ 0; 0 \ 0 \ -0.2 \ 0.4 \ -0.2; 0 \ 0 \ 0 \ -0.2 \ 0.2]$$

C1 = Matrik Redaman tanpa Redaman Tambahan

0.4000	-0.2000	0	0	0
-0.2000	-0.4000	-0.2000	0	0
0	-0.2000	0.4000	-0.2000	0
0	0	-0.2000	0.4000	-0.2000
0	0	0	-0.2000	0.2000

$$C2 = [15.4 \ -0.2 \ 0 \ 0 \ 0; -0.2 \ 0.4 \ -0.2 \ 0 \ 0; 0 \ -0.2 \ 0.4 \ -0.2 \ 0; 0 \ 0 \ -0.2 \ 0.4 \ -0.2; 0 \ 0 \ 0 \ -0.2 \ 0.2]$$

C2 = Matrik Redaman dengan MR Damper pada tingkat 1

$$\begin{array}{ccccc}
 15.4000 & -0.2000 & 0 & 0 & 0 \\
 -0.2000 & 0.4000 & -0.2000 & 0 & 0 \\
 0 & -0.2000 & 0.4000 & -0.2000 & 0 \\
 0 & 0 & -0.2000 & 0.4000 & -0.2000 \\
 0 & 0 & 0 & -0.2000 & 0.2000
 \end{array}$$

$$C3 = [15.4 \quad -15.2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -15.2 \quad 15.4 \quad -.2 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -.2 \quad .4 \quad -.2 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -.2 \quad .4 \quad -.2; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -.2 \quad .2]$$

C3 = Matrik Redaman dengan *MR Damper* pada tingkat 2

$$\begin{array}{ccccc}
 15.4000 & -15.2000 & 0 & 0 & 0 \\
 -15.2000 & 15.4000 & -0.2000 & 0 & 0 \\
 0 & -0.2000 & 0.4000 & -0.2000 & 0 \\
 0 & 0 & -0.2000 & 0.4000 & -0.2000 \\
 0 & 0 & 0 & -0.2000 & 0.2000
 \end{array}$$

$$C4 = [0.4 \quad -0.2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -0.2 \quad 15.4 \quad -15.2 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -15.2 \quad 15.4 \quad -.2 \quad 0; 0 \quad 0 \quad -.2 \quad .4 \quad -.2; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -.2 \quad .2]$$

C4 = Matrik Redaman dengan *MR Damper* pada tingkat 3

$$\begin{array}{ccccc}
 0.4000 & -0.2000 & 0 & 0 & 0 \\
 -0.2000 & 15.4000 & -15.2000 & 0 & 0 \\
 0 & -15.2000 & 15.4000 & -0.2000 & 0 \\
 0 & 0 & -0.2000 & 0.4000 & -0.2000 \\
 0 & 0 & 0 & -0.2000 & 0.2000
 \end{array}$$

$$C5 = [0.4 \quad -0.2 \quad 0 \quad 0 \quad 0; -0.2 \quad .4 \quad -.2 \quad 0 \quad 0; 0 \quad -.2 \quad 15.4 \quad -15.2 \quad 0; 0 \quad -15.2 \quad 15.4 \quad -.2; 0 \quad 0 \quad 0 \quad -.2 \quad .2]$$

C5 = Matrik Redaman dengan *MR Damper* pada tingkat 4

$$\begin{array}{ccccc}
 0.4000 & -0.2000 & 0 & 0 & 0 \\
 -0.2000 & 0.4000 & -0.2000 & 0 & 0
 \end{array}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & -0.2000 & 15.4000 & -15.2000 & 0 \\ 0 & 0 & -15.2000 & 15.4000 & -0.2000 \\ 0 & 0 & 0 & -0.2000 & 0.2000 \end{bmatrix}$$

$$C6 = [0.4 \ -0.2 \ 0 \ 0 \ 0; -0.2 \ .4 \ -.2 \ 0 \ 0; 0 \ -.2 \ .4 \ -.2 \ 0; 0 \ 0 \ -.2 \ 15.4 \ -15.2; 0 \ 0 \ 0 \ -15.2 \ 15.2]$$

C6 = Matrik Redaman dengan *MR Damper* pada tingkat 5

$$\begin{bmatrix} 0.4000 & -0.2000 & 0 & 0 & 0 \\ -0.2000 & 0.4000 & -0.2000 & 0 & 0 \\ 0 & -0.2000 & 0.4000 & -0.2000 & 0 \\ 0 & 0 & -0.2000 & 15.4000 & -15.2000 \\ 0 & 0 & 0 & -15.2000 & 15.2000 \end{bmatrix}$$

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

Mn = Matrik Massa Efektif

$$\begin{bmatrix} 110.8388 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 111.8169 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 121.3456 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 122.2566 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 128.8918 \end{bmatrix}$$

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

Kn = Matrik Kekakuan Efektif

1.0e+003 \*

$$\begin{bmatrix} 0.0226 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1337 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3096 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.5955 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.1246 \end{bmatrix}$$

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

Cn1 = Matrik Redaman Efektif tanpa Redaman Tambahan

$$\begin{bmatrix} 0.0196 & -0.0218 & 0 & 0 & 0 \\ -0.0218 & 0.1822 & -0.1093 & 0 & 0 \\ 0 & -0.1093 & 0.3613 & -0.0996 & 0 \\ 0 & 0 & -0.0996 & 0.6049 & -0.1245 \\ 0 & 0 & 0 & -0.1245 & 0.6607 \end{bmatrix}$$

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

Cn2 = Matrik Redaman Efektif dgn MR Damper pada tingkat 1

$$\begin{bmatrix} 0.2190 & 0.4694 & 0 & 0 & 0 \\ 0.4694 & 1.3920 & 1.8571 & 0 & 0 \\ 0 & 1.8571 & 3.5574 & 2.4304 & 0 \\ 0 & 0 & 2.4304 & 2.6077 & 3.5319 \\ 0 & 0 & 0 & 3.5319 & 7.3360 \end{bmatrix}$$

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

Cn3 = Matrik Redaman Efektif dgn MR Damper pada tingkat 2

$$\begin{bmatrix} 0.1920 & 0.2438 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2438 & 0.5915 & 0.0131 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0.0131 & 0.3979 & -0.2904 & 0 \\ 0 & 0 & -0.2904 & 1.5995 & 5.1679 \\ 0 & 0 & 0 & 5.1679 & 28.8224 \end{bmatrix}$$

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

Cn4 = Matrik Redaman Efektif dgn *MR Damper* pada tingkat 3

$$\begin{bmatrix} 0.5441 & 0.0006 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0006 & 0.1831 & -0.1914 & 0 & 0 \\ 0 & -0.1914 & 7.3689 & 8.4140 & 0 \\ 0 & 0 & 8.4140 & 10.9484 & -11.8381 \\ 0 & 0 & 0 & -11.8381 & 13.9260 \end{bmatrix}$$

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

Cn5 = Matrik Redaman Efektif dgn *MR Damper* pada tingkat 4

$$\begin{bmatrix} 0.3003 & -0.6786 & 0 & 0 & 0 \\ -0.6786 & 1.7191 & 1.9049 & 0 & 0 \\ 0 & -1.9049 & 3.0010 & -8.1610 & 0 \\ 0 & 0 & -8.1610 & 25.2232 & -5.9279 \\ 0 & 0 & 0 & -5.9279 & 2.0287 \end{bmatrix}$$

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

Cn6 = Matrik Redaman Efektif dgn *MR Damper* pada tingkat 5

0.3136	-1.7793	0	0	0
-1.7793	10.6882	-12.3302	0	0
0	-12.3302	14.5768	-10.3637	0
0	0	-10.3637	8.0160	-0.8952
0	0	0	-0.8952	0.7408

cnn1=[q1'\*C1\*q1 0 0 0 0;0 q2'\*C1\*q2 0 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

0.0196	0	0	0	0
0	0.1822	0	0	0
0	0	0.3613	0	0
0	0	0	0.6049	0
0	0	0	0	0.6607

cnn2=[q1'\*C2\*q1 0 0 0 0;0 q2'\*C2\*q2 0 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 dgn MR Damper pada  
tingkat 1

0.2190	0	0	0	0
0	1.3920	0	0	0
0	0	3.5574	0	0
0	0	0	2.6077	0
0	0	0	0	7.3360

cnn3=[q1'\*C3\*q1 0 0 0 0;0 q2'\*C3\*q2 0 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 dgn *MR Damper* pada tingkat 2

0.1920	0	0	0	0
0	0.5915	0	0	0
0	0	0.3979	0	0
0	0	0	1.5995	0
0	0	0	0	28.8224

cnn4=[q1'\*C4\*q1 0 0 0 0;0 q2'\*C4\*q2 0 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 dgn *MR Damper* pada tingkat 3

0.5441	0	0	0	0
0	0.1831	0	0	0
0	0	7.3689	0	0
0	0	0	10.9484	0
0	0	0	0	13.9260

cnn5=[q1'\*C5\*q1 0 0 0 0;0 q2'\*C5\*q2 0 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 dgn *MR Damper* pada tingkat 4

0.3003	0	0	0	0
0	1.7191	0	0	0
0	0	3.0010	0	0
0	0	0	25.2232	0
0	0	0	0	2.0287

```

cnn6=[q1'*C6*q1 0 0 0 0;0 q2'*C6*q2 0 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 dgn *MR Damper* pada tingkat 5

```

0.3136      0      0      0      0
0 10.6882      0      0      0
0      0 14.5768      0      0
0      0      0 8.0160      0
0      0      0      0 0.7408

```

```

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

```

I = Matrik I

```

1
1
1
1
1

```

```

Wn=(inv(Mn)*Kn)*386.1

```

Wn =

```

1.0e+003 *
0.0788      0      0      0
0      0.4617      0      0
0      0      0.9851      0
0      0      0      1.8806
0      0      0      0      3.3689

```

$$w_n = \sqrt{W_n}$$

$w_n$  = Frekuensi sudut

8.8749	0	0	0	0
0	21.4883	0	0	0
0	0	31.3865	0	0
0	0	0	43.3663	0
0	0	0	0	58.0421

$$L_m = ((c_{nn1} * 386.1) / (2 * w_n * M_n)) * I$$

$L_m$  = Rasio Redaman tanpa peredan tambahan

0.0038  
0.0146  
0.0183  
0.0220  
0.0170

$$L_{m2} = ((c_{nn2} * 386.1) / (2 * w_n * M_n)) * I$$

$L_{m2}$  = Rasio Redaman dgn *MR Damper* tingkat 1

0.0430  
0.1118  
0.1803  
0.0950  
0.1893

$$L_{m3} = ((c_{nn3} * 386.1) / (2 * w_n * M_n)) * I$$

$L_{m3}$  = Rasio Redaman dgn *MR Damper* tingkat 2

0.0377  
0.0475  
0.0202

0.0582

0.7438

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

Lm4 = Rasio Redaman dgn *MR Damper* tingkat 3

0.1068

0.0147

0.3735

0.3987

0.3594

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

Lm5 = Rasio Redaman dgn *MR Damper* tingkat 4

0.0589

0.1381

0.1521

0.9184

0.0524

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

Lm6 = Rasio Redaman dgn *MR Damper* tingkat 5

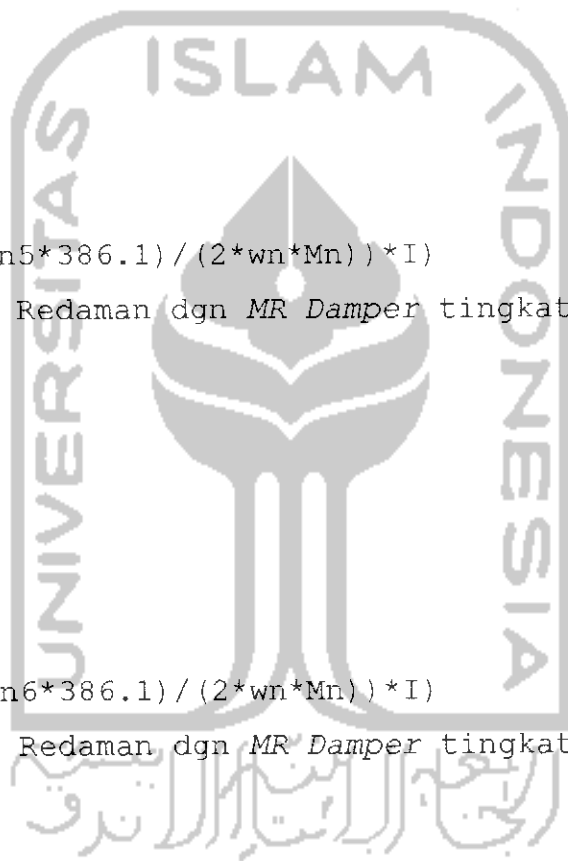
0.0615

0.8587

0.7389

0.2919

0.0191



$T1 = (q1' * M * I) / (q1' * M * q1)$   
 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  
 0.2372  
 $u1 = T1 * q1$   
 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

$$u4 = T4 * q4$$

$$u4 =$$

0.0897

0.0265

-0.1773

0.1371

-0.0354

$$u5 = T5 * q5$$

$$u5 =$$

0.1582

-0.1668

0.0563

-0.0153

0.0020

$$ut = u1 + u2 + u3 + u4 + u5$$

$$ut =$$

0.9997

1.0000

1.0001

1.0000

0.9999



### Menentukan Nilai $a$ , $b$ , dan $\hat{k}$

#### Mencari nilai $a$

mode	frekuensi natural ( $\omega$ )	a $\left[ \omega_n^2 - \frac{2}{(\Delta t)^2} \right]$
Mode1	8,8749	-4921,24
Mode2	21,4883	-4538,25
Mode3	31,3865	-4014,89
Mode4	43,3663	-3119,36
Mode5	58,0421	-1631,11

#### Mencari Nilai $b$ dan $\hat{k}$

Variasi 1 Tanpa redaman tambahan

Tanpa Redaman		Frekuensi natural ( $\omega$ )	b $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode1	0,0038	8,8749	2498,314	2501,686
Mode2	0,0146	21,4883	2484,314	2515,686
Mode3	0,0183	31,3865	2471,281	2528,719
Mode4	0,0220	43,3663	2452,297	2547,703
Mode5	0,0170	58,0421	2450,664	2549,336

Variasi 2 *MR Damper* pada Tingkat ke 1

<i>MR Damper</i> Tingkat 1		Frekuensi natural ( $\omega$ )	b $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode1	0,0430	8,8749	2480,919	2519,081
Mode2	0,1118	21,4883	2379,88	2620,12
Mode3	0,1803	31,3865	2217,051	2782,949
Mode4	0,0950	43,3663	2294,01	2705,99
Mode5	0,1893	58,0421	1950,632	3049,368

Variasi 3 *MR Damper* pada Tingkat ke 2

<i>MR Damper</i> Tingkat 2		Frekuensi natural ( $\omega$ )	b $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode1	0,0377	8,8749	2483,271	2516,729
Mode2	0,0475	21,4883	2448,965	2551,035
Mode3	0,0202	31,3865	2468,3	2531,7
Mode4	0,0582	43,3663	2373,804	2626,196
Mode5	0,7438	58,0421	341,4143	4658,586

Variasi 4 *MR Damper* pada Tingkat ke 3

<i>MR Damper</i> Tingkat 3		Frekuensi natural ( $\omega$ )	b $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode1	0,1068	8,8749	2452,608	2547,392
Mode2	0,0147	21,4883	2484,206	2515,794
Mode3	0,3735	31,3865	1913,857	3086,143
Mode4	0,3987	43,3663	1635,493	3364,507
Mode5	0,3594	58,0421	1456,983	3543,017

Variasi 5 *MR Damper* pada Tingkat ke 4

<i>MR Damper</i> Tingkat 4		Frekuensi natural ( $\omega$ )	b $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode1	0,0589	8,8749	2473,863	2526,137
Mode2	0,1381	21,4883	2351,623	2648,377
Mode3	0,1521	31,3865	2261,306	2738,694
Mode4	0,9184	43,3663	508,6195	4491,38
Mode5	0,0524	58,0421	2347,93	2652,07

Variasi 6 *MR Damper* pada Tingkat ke 5

<i>MR Damper</i> Tingkat 5		Frekuensi natural ( $\omega$ )	b $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$	k $\left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2\xi\omega_n}{2\Delta t} \right]$
Mode1	0,0615	8,8749	2472,71	2527,29
Mode2	0,8587	21,4883	1577,4	3422,6
Mode3	0,7389	31,3865	1340,426	3659,574
Mode4	0,2919	43,3663	1867,069	3132,931
Mode5	0,0191	58,0421	2444,57	2555,43



Contoh Perhitungan Nilai  $q$  untuk Pemasangan *MR Dumper* Tingkat 3 pada *Mode 1*

$t$	$y_g$	$y_r*980,6$	$(y_r*980,6-a+b)/k$	$(y_r*980,6-a+b)/k$	$y_r*980,6-a+b$	$(y_r*980,6-a+b)/k$
0	0,0063	6,17819			6,1781895	0,0024253
0,02	0,00364	3,569621		0,002425	15,505103	0,00608666
0,04	0,00099	0,970858	0,002425	0,006087	24,976452	0,00980471
0,06	0,00428	4,197246	0,006087	0,009805	37,520416	0,01472895
0,08	0,00758	7,433441	0,009805	0,014729	55,871029	0,02193264
0,1	0,01087	10,65983	0,014729	0,021933	82,471261	0,03237478
0,12	0,00682	6,688135	0,021933	0,032375	112,22004	0,04405291
0,14	0,00277	2,716442	0,032375	0,044053	140,10876	0,05500086
0,16	-0,00128	-1,25525	0,044053	0,055001	161,37267	0,06334819
0,18	0,00368	3,608847	0,055001	0,063348	180,46492	0,07084301
0,2	0,00864	8,472946	0,063348	0,070843	201,74014	0,07919478
0,22	0,0136	13,33704	0,070843	0,079195	229,32341	0,09002282
0,24	0,00727	7,129435	0,079195	0,090023	255,91959	0,10046337
0,26	0,00094	0,921825	0,090023	0,100463	274,5355	0,1077712
0,28	0,0042	4,118793	0,100463	0,107771	288,08948	0,11309193
0,3	0,00221	2,16727	0,107771	0,113092	294,39929	0,1155689
0,32	0,0021	2,059397	0,113092	0,115569	293,43151	0,11518899
0,34	0,00444	4,354153	0,115569	0,115189	287,78161	0,11297108
0,36	0,00867	8,502366	0,115189	0,112971	281,9467	0,11068053
0,38	0,0129	12,65058	0,112971	0,110681	280,26227	0,1100193
0,4	0,01713	16,79879	0,110681	0,110019	286,77419	0,1125756
0,42	-0,00343	-3,36368	0,110019	0,112576	280,81368	0,11023575
0,44	-0,024	-23,536	0,112576	0,110236	242,85682	0,09533547
0,46	-0,00992	-9,7282	0,110236	0,095335	189,07544	0,07422314
0,48	0,00416	4,079566	0,095335	0,074223	135,52894	0,05320302
0,5	0,00528	5,177911	0,074223	0,053203	84,96244	0,03335272
0,52	0,01653	16,21039	0,053203	0,033353	49,860968	0,01957334
0,54	0,02779	27,25268	0,033353	0,019573	41,776645	0,01639977
0,56	0,03904	38,28516	0,019573	0,0164	70,98664	0,0278664
0,58	0,02449	24,01649	0,0164	0,027866	120,93151	0,04747267
0,6	0,00995	9,757617	0,027866	0,047473	175,03669	0,06871211
0,62	0,00961	9,424191	0,047473	0,068712	231,14113	0,09073638
0,64	0,00926	9,080958	0,068712	0,090736	287,09259	0,11270059
0,66	0,00892	8,747532	0,090736	0,112701	340,83342	0,13379701
0,68	-0,00486	-4,76603	0,112701	0,133797	377,27077	0,14810079
0,7	-0,01864	-18,2796	0,133797	0,148101	382,40833	0,15011758
0,72	-0,03242	-31,7932	0,148101	0,150118	343,73832	0,13493735
0,74	-0,03365	-32,9994	0,150118	0,134937	262,8801	0,10319578
0,76	-0,05723	-56,1235	0,134937	0,103196	120,77932	0,04741293
0,78	-0,04534	-44,4634	0,103196	0,047413	-64,23173	-0,0252147
0,8	-0,03346	-32,8131	0,047413	-0,02521	-273,186	-0,10724144
0,82	-0,03201	-31,3911	-0,02521	-0,10724	-497,3102	-0,19522326
0,84	-0,03056	-29,9691	-0,10724	-0,19522	-727,6884	-0,28566017
0,86	-0,02911	-28,5472	-0,19522	-0,28566	-955,5433	-0,37510649

t	$y_g$	$y_g * 980,6$	$(y_g * 980,6 - a + b) / k$	$(y_g * 980,6 - a + b) / k$	$y_g * 980,6 - a + b$	$(y_g * 980,6 - a + b) / k$
0,88	-0,02766	-27,1252	-0,28566	-0,37511	-1172,502	-0,46027539
0,9	-0,04116	-40,3642	-0,37511	-0,46028	-1385,501	-0,54388985
0,92	-0,05466	-53,6031	-0,46028	-0,54389	-1601,341	-0,62861959
0,94	-0,06816	-66,8421	-0,54389	-0,62862	-1826,481	-0,71700053
0,96	-0,08166	-80,0811	-0,62862	-0,717	-2066,855	-0,81136133
0,98	-0,06846	-67,1363	-0,717	-0,81136	-2301,519	-0,90348047
1	-0,05527	-54,2014	-0,81136	-0,90348	-2510,494	-0,9855155
1,02	-0,04208	-41,2664	-0,90348	-0,98552	-2675,341	-1,05022754
1,04	-0,04259	-41,7665	-0,98552	-1,05023	-2793,105	-1,09645673
1,06	-0,04311	-42,2765	-1,05023	-1,09646	-2862,407	-1,12366167
1,08	-0,02428	-23,8105	-1,09646	-1,12366	-2864,441	-1,12446012
1,1	-0,00545	-5,34462	-1,12366	-1,12446	-2783,181	-1,09256101
1,12	0,01338	13,1213	-1,12446	-1,09256	-2605,774	-1,02291824
1,14	0,03221	31,58722	-1,09256	-1,02292	-2322,815	-0,91184046
1,16	0,05104	50,05314	-1,02292	-0,91184	-1928,515	-0,75705471
1,18	0,06987	68,51906	-0,91184	-0,75705	-1420,742	-0,55772401
1,2	0,0887	86,98499	-0,75705	-0,55772	-800,9503	-0,31441971
1,22	0,04524	44,36528	-0,55772	-0,31442	-135,0912	-0,05303119
1,24	0,00179	1,75539	-0,31442	-0,05303	511,9245	0,20096024
1,26	-0,04167	-40,8643	-0,05303	0,20096	1078,174	0,42324619
1,28	-0,08513	-83,484	0,20096	0,423246	1506,5354	0,59140304
1,3	-0,12858	-126,094	0,423246	0,591403	1746,2854	0,68551892
1,32	-0,17204	-168,714	0,591403	0,685519	1754,4097	0,68870817
1,34	-0,12908	-126,584	0,685519	0,688708	1581,4048	0,62079365
1,36	-0,08613	-84,4647	0,688708	0,620794	1281,4787	0,50305516
1,38	-0,08902	-87,2988	0,620794	0,503055	865,79292	0,33987424
1,4	-0,09192	-90,1427	0,503055	0,339874	348,66286	0,13687052
1,42	-0,09482	-92,9867	0,339874	0,136871	-252,9923	-0,09931423
1,44	-0,09324	-91,4372	0,136871	-0,09931	-915,8761	-0,35953481
1,46	-0,09166	-89,8878	-0,09931	-0,35953	-1615,666	-0,63424316
1,48	-0,09478	-92,9474	-0,35953	-0,63424	-2332,412	-0,91560792
1,5	-0,09789	-95,9973	-0,63424	-0,91561	-3046,374	-1,19587946
1,52	-0,12902	-126,525	-0,91561	-1,19588	-3766,108	-1,47841711
1,54	-0,07652	-75,0405	-1,19588	-1,47842	-4417,662	-1,73419025
1,56	-0,02401	-23,5458	-1,47842	-1,73419	-4931,935	-1,9360721
1,58	0,02849	27,93915	-1,73419	-1,93607	-5246,647	-2,05961526
1,6	0,08099	79,42406	-1,93607	-2,05962	-5308,011	-2,08370404
1,62	0,1335	130,9188	-2,05962	-2,0837	-5072,06	-1,99107952
1,64	0,186	182,4037	-2,0837	-1,99108	-4505,667	-1,76873732
1,66	0,2385	233,8886	-1,99108	-1,76874	-3587,155	-1,40816752
1,68	0,21993	215,6777	-1,76874	-1,40817	-2376,233	-0,93281025
1,7	0,20135	197,4569	-1,40817	-0,93281	-939,4433	-0,36878631
1,72	0,18277	179,2361	-0,93281	-0,36879	652,16809	0,25601403
1,74	0,1642	161,0252	-0,36879	0,256014	2325,4199	0,91286301
1,76	0,14562	142,8044	0,256014	0,912863	4007,3203	1,57310705
1,78	0,16143	158,3088	0,912863	1,573107	5661,051	2,22229284

t	$y_g$	$y_g*980,6$	$(y_g*980,6-a+b)/k$	$(y_g*980,6-a+b)/k$	$y_g*980,6-a+b$	$(y_g*980,6-a+b)/k$
1,8	0,17725	173,8229	1,573107	2,222293	7252,0443	2,84685056
1,82	0,13215	129,5949	2,222293	2,846851	8689,2165	3,4110245
1,84	0,08705	85,36689	2,846851	3,411024	9889,6286	3,8822563
1,86	0,04196	41,1487	3,411024	3,882256	10780,758	4,23207646
1,88	-0,00314	-3,07929	3,882256	4,232076	11302,332	4,43682473
1,9	-0,04824	-47,3073	4,232076	4,436825	11407,747	4,47820652
1,92	-0,09334	-91,5353	4,436825	4,478207	11065,002	4,34365891
1,94	-0,13843	-135,753	4,478207	4,343659	10257,149	4,02652964
1,96	-0,18353	-179,981	4,343659	4,02653	8982,2447	3,52605515
1,98	-0,22863	-224,209	4,02653	3,526055	7252,8554	2,84716894
2	-0,27372	-268,428	3,526055	2,847169	5095,143	2,00014093
2,02	-0,31882	-312,656	2,847169	2,000141	2547,5286	1,00005363
2,04	-0,25024	-245,402	2,000141	1,000054	-229,4593	-0,09007618
2,06	-0,18166	-178,148	1,000054	-0,09008	-3074,174	-1,20679253
2,08	-0,11309	-110,903	-0,09008	-1,20679	-5828,898	-2,28818239
2,1	-0,04451	-43,6494	-1,20679	-2,28818	-8344,555	-3,27572478
2,12	0,02407	23,60461	-2,28818	-3,27572	-10485,01	-4,11597774
2,14	0,09265	90,85861	-3,27572	-4,11598	-12130,79	-4,76204168
2,16	0,16123	158,1126	-4,11598	-4,76204	-13182,16	-5,17476597
2,18	0,22981	225,3666	-4,76204	-5,17477	-13561,48	-5,32367109
2,2	0,29839	292,6206	-5,17477	-5,32367	-13214,77	-5,18756834
2,22	0,23197	227,4849	-5,32367	-5,18757	-12244,91	-4,80683995
2,24	0,16554	162,3393	-5,18757	-4,80684	-10770,2	-4,22793278
2,26	0,09912	97,20351	-4,80684	-4,22793	-8920,174	-3,5016889
2,28	0,0327	32,06775	-4,22793	-3,50169	-6831,122	-2,68161397
2,3	-0,03372	-33,068	-3,50169	-2,68161	-4641,664	-1,82212386
2,32	-0,10014	-98,2038	-2,68161	-1,82212	-2488,365	-0,97682836
2,34	-0,16656	-163,34	-1,82212	-0,97683	-501,5908	-0,19690366
2,36	-0,23299	-228,485	-0,97683	-0,1969	1198,2818	0,47039551
2,38	-0,29941	-293,621	-0,1969	0,470396	2504,2358	0,98305866
2,4	-0,00421	-4,1286	0,470396	0,983059	3680,0432	1,4446317
2,42	0,29099	285,3637	0,983059	1,444632	4983,6855	1,95638734
2,44	0,2238	219,4728	1,444632	1,956387	6304,2092	2,47476996
2,46	0,15662	153,5918	1,956387	2,47477	7534,2774	2,95764352
2,48	0,08943	87,70087	2,47477	2,957644	8573,3339	3,36553379
2,5	0,02224	21,80999	2,957644	3,365534	9330,4693	3,66275365
2,52	-0,04495	-44,0809	3,365534	3,662754	9726,8738	3,81836552
2,54	0,01834	17,9854	3,662754	3,818366	9825,7796	3,85719184
2,56	0,08163	80,05168	3,818366	3,857192	9697,2646	3,8067422
2,58	0,14491	142,1082	3,857192	3,806742	9415,8206	3,69625899
2,6	0,2082	204,1745	3,806742	3,696259	9057,9057	3,5557565
2,62	0,18973	186,0616	3,696259	3,555757	8619,3183	3,38358538
2,64	0,17125	167,9389	3,555757	3,383585	8098,4978	3,17913292
2,66	0,13759	134,9297	3,383585	3,179133	7481,5972	2,93696346
2,68	0,10393	101,9205	3,179133	2,936963	6758,2557	2,65300971
2,7	0,07027	68,91133	2,936963	2,65301	5921,7888	2,32464763

t	$y_t$	$y_t * 980,6$	$(y_t * 980,6 - a + b) / k$	$(y_t * 980,6 - a + b) / k$	$y_t * 980,6 - a + b$	$(y_t * 980,6 - a + b) / k$
2,72	0,03661	35,90215	2,65301	2,324648	4969,2582	1,9507238
2,74	0,00295	2,892962	2,324648	1,950724	3901,4236	1,53153641
2,76	-0,03071	-30,1162	1,950724	1,531536	2722,5812	1,06877199
2,78	-0,00561	-5,50153	1,531536	1,068772	1497,9235	0,58802236
2,8	0,01948	19,10335	1,068772	0,588022	291,62381	0,11447936
2,82	0,04458	43,71805	0,588022	0,114479	-835,0899	-0,32782151
2,84	0,06468	63,42941	0,114479	-0,32782	-1830,632	-0,71862984
2,86	0,08478	83,14078	-0,32782	-0,71863	-2649,391	-1,04004075
2,88	0,10487	102,8423	-0,71863	-1,04004	-3252,931	-1,27696503
2,9	0,05895	57,8102	-1,04004	-1,27697	-3675,629	-1,44289883
2,92	0,01303	12,77806	-1,27697	-1,4429	-3956,179	-1,55303098
2,94	-0,03289	-32,2541	-1,4429	-1,55303	-4136,227	-1,62371047
2,96	-0,07882	-77,296	-1,55303	-1,62371	-4258,989	-1,67190159
2,98	-0,03556	-34,8724	-1,62371	-1,6719	-4280,376	-1,68029738
3	0,00771	7,560927	-1,6719	-1,6803	-4161,067	-1,63346142
3,02	0,05097	49,9845	-1,6803	-1,63346	-3867,56	-1,51824313
3,04	0,01013	9,934136	-1,63346	-1,51824	-3455,464	-1,35647129
3,06	-0,03071	-30,1162	-1,51824	-1,35647	-2981,982	-1,17060184
3,08	-0,07156	-70,1764	-1,35647	-1,1706	-2504,097	-0,98300404
3,1	-0,1124	-110,227	-1,1706	-0,983	-2076,798	-0,81526445
3,12	-0,15324	-150,277	-0,983	-0,81526	-1751,466	-0,68755242
3,14	-0,11314	-110,952	-0,81526	-0,68755	-1495,039	-0,58688997
3,16	-0,07304	-71,6278	-0,68755	-0,58689	-1273,558	-0,49994567
3,18	-0,03294	-32,3031	-0,58689	-0,49995	-1053,245	-0,41345999
3,2	0,00715	7,011755	-0,49995	-0,41346	-801,5534	-0,31465647
3,22	-0,0635	-62,2722	-0,41346	-0,31466	-596,7169	-0,23424621
3,24	-0,13415	-131,556	-0,31466	-0,23425	-512,6091	-0,20122897
3,26	-0,2048	-200,84	-0,23425	-0,20123	-616,6221	-0,24206016
3,28	-0,12482	-122,407	-0,20123	-0,24206	-820,107	-0,32193984
3,3	-0,04485	-43,9828	-0,24206	-0,32194	-1034,647	-0,40615946
3,32	0,03513	34,45076	-0,32194	-0,40616	-1174,765	-0,46116388
3,34	0,1151	112,8745	-0,40616	-0,46116	-1160,474	-0,45555363
3,36	0,19508	191,3081	-0,46116	-0,45555	-919,5264	-0,36096776
3,38	0,12301	120,6316	-0,45555	-0,36097	-538,4829	-0,21138596
3,4	0,05094	49,95508	-0,36097	-0,21139	-105,0135	-0,04122394
3,42	-0,02113	-20,7215	-0,21139	-0,04122	294,85253	0,11574682
3,44	-0,0932	-91,398	-0,04122	0,115747	579,32608	0,22741929
3,46	-0,02663	-26,1151	0,115747	0,227419	809,18821	0,31765359
3,48	0,03995	39,17757	0,227419	0,317654	1044,6568	0,41008873
3,5	0,10653	104,4702	0,317654	0,410089	1343,5356	0,52741611
3,52	0,17311	169,7629	0,410089	0,527416	1759,5173	0,69071319
3,54	0,11283	110,6484	0,527416	0,690713	2216,2689	0,87001485
3,56	0,05255	51,53395	0,690713	0,870015	2639,0371	1,03597605
3,58	-0,00772	-7,57073	0,870015	1,035976	2956,9107	1,16075998
3,6	0,01064	10,43428	1,035976	1,16076	3181,9695	1,24910871
3,62	0,029	28,43929	1,16076	1,249109	3328,7139	1,30671442

t	$y_g$	$y_g*980,6$	$(y_g*980,6-a+b)/k$	$(y_g*980,6-a+b)/k$	$y_g*980,6-a+b$	$(y_g*980,6-a+b)/k$
3,64	0,04737	46,4541	1,249109	1,306714	3413,5353	1,3400118
3,66	0,06573	64,45911	1,306714	1,340012	3454,1205	1,35594386
3,68	0,02021	19,81924	1,340012	1,355944	3406,2207	1,33714039
3,7	-0,0253	-24,8108	1,355944	1,33714	3229,9792	1,26795531
3,72	-0,07081	-69,4409	1,33714	1,267955	2890,9903	1,13488237
3,74	-0,04107	-40,2759	1,267955	1,134882	2434,9553	0,95586202
3,76	-0,01133	-11,1109	1,134882	0,955862	1909,4939	0,74958777
3,78	0,00288	2,824315	0,955862	0,749588	1347,3708	0,52892166
3,8	0,01709	16,75956	0,749588	0,528922	781,26504	0,30669211
3,82	0,03131	30,70462	0,528922	0,306692	242,77262	0,09530242
3,84	-0,02278	-22,3395	0,306692	0,095302	-305,529	-0,11993796
3,86	-0,07686	-75,3739	0,095302	-0,11994	-899,3569	-0,35305006
3,88	-0,13095	-128,418	-0,11994	-0,35305	-1571,701	-0,61698448
3,9	-0,18504	-181,462	-0,35305	-0,61698	-2351,898	-0,92325703
3,92	-0,14347	-140,696	-0,61698	-0,92326	-3171,044	-1,24481994
3,94	-0,1019	-99,9298	-0,92326	-1,24482	-3961,6	-1,5551591
3,96	-0,06034	-59,1733	-1,24482	-1,55516	-4659,429	-1,82909783
3,98	-0,01877	-18,4071	-1,55516	-1,8291	-5205,641	-2,04351777
4	0,0228	22,35916	-1,8291	-2,04352	-5548,222	-2,17800098
4,02	-0,00996	-9,76742	-2,04352	-2,178	-5716,285	-2,24397537
4,04	-0,04272	-41,894	-2,178	-2,24398	-5743,253	-2,25456183
4,06	-0,02147	-21,0549	-2,24398	-2,25456	-5612,703	-2,20331334
4,08	-0,00021	-0,20594	-2,25456	-2,20331	-5313,683	-2,08593075
4,1	0,02104	20,63319	-2,20331	-2,08593	-4840,869	-1,90032343
4,12	-0,01459	-14,3079	-2,08593	-1,90032	-4250,285	-1,66848493
4,14	-0,05022	-49,249	-1,90032	-1,66848	-3599,515	-1,4130198
4,16	-0,08585	-84,1901	-1,66848	-1,41302	-2945,86	-1,15642199
4,18	-0,12148	-119,131	-1,41302	-1,15642	-2344,578	-0,92038355
4,2	-0,15711	-154,072	-1,15642	-0,92038	-1847,251	-0,72515373
4,22	-0,19274	-189,013	-0,92038	-0,72515	-1500,329	-0,58896661
4,24	-0,22837	-223,954	-0,72515	-0,58897	-1343,883	-0,52755237
4,26	-0,18145	-177,942	-0,58897	-0,52755	-1329,649	-0,52196492
4,28	-0,13453	-131,929	-0,52755	-0,52196	-1406,764	-0,55223709
4,3	-0,08761	-85,9161	-0,52196	-0,55224	-1523,432	-0,59803594
4,32	-0,04069	-39,9033	-0,55224	-0,59804	-1628,561	-0,63930505
4,34	0,00623	6,109543	-0,59804	-0,63931	-1673,316	-0,65687428
4,36	0,05316	52,13215	-0,63931	-0,65687	-1612,539	-0,63301571
4,38	0,10008	98,14495	-0,65687	-0,63302	-1406,022	-0,55194574
4,4	0,147	144,1578	-0,63302	-0,55195	-1019,56	-0,40023691
4,42	0,09754	95,65406	-0,55195	-0,40024	-520,3013	-0,20424862
4,44	0,04808	47,15037	-0,40024	-0,20425	23,61815	0,0092715
4,46	-0,00138	-1,35332	-0,20425	0,009272	545,21577	0,214029
4,48	0,05141	50,41599	0,009272	0,214029	1080,9647	0,42434172
4,5	0,1042	102,1853	0,214029	0,424342	1665,5435	0,65382301
4,52	0,15699	153,9546	0,424342	0,653823	2330,8307	0,91498704
4,54	0,20979	205,7337	0,653823	0,914987	3105,033	1,21890662

t	$y_t$	$y_t * 980,6$	$(y_t * 980,6 - a + b) / k$	$(y_t * 980,6 - a + b) / k$	$y_t * 980,6 - a + b$	$(y_t * 980,6 - a + b) / k$
4,58	0,16996	166,6738	1,218907	1,574917	4927,7173	1,93441658
4,6	0,07734	75,84463	1,574917	1,934417	5732,9193	2,25050534
4,62	-0,01527	-14,9748	1,934417	2,250505	6315,9366	2,47937364
4,64	-0,10789	-105,804	2,250505	2,479374	6576,1814	2,58153491
4,66	-0,20051	-196,633	2,479374	2,581535	6426,7881	2,52288933
4,68	-0,06789	-66,5773	2,581535	2,522889	6017,6734	2,36228793
4,7	0,06479	63,53729	2,522889	2,362288	5501,2646	2,15956734
4,72	0,01671	16,38691	2,362288	2,159567	4850,3698	1,90405318
4,74	-0,03137	-30,7635	2,159567	1,904053	4042,9671	1,58710048
4,76	-0,07945	-77,9138	1,904053	1,5871	3062,6925	1,2022855
4,78	-0,12753	-125,064	1,5871	1,202286	1899,136	0,74552168
4,8	-0,17561	-172,215	1,202286	0,745522	547,94148	0,215099
4,82	-0,22369	-219,365	0,745522	0,215099	-989,2836	-0,38835152
4,84	-0,27177	-266,515	0,215099	-0,38835	-2705,24	-1,06196451
4,86	-0,15851	-155,445	-0,38835	-1,06196	-4429,153	-1,73870115
4,88	-0,04525	-44,3751	-1,06196	-1,7387	-5996,358	-2,35392044
4,9	0,06802	66,70483	-1,7387	-2,35392	-7253,15	-2,84728468
4,92	0,18128	177,775	-2,35392	-2,84728	-8061,152	-3,16447261
4,94	0,14464	141,8434	-2,84728	-3,16447	-8448,013	-3,3163379
4,96	0,108	105,9118	-3,16447	-3,31634	-8453,372	-3,31844178
4,98	0,07137	69,99006	-3,31634	-3,31844	-8127,182	-3,19039297
5	0,03473	34,0585	-3,31844	-3,19039	-7527,794	-2,95509844



t	$y_g$ $y_g^{980,6}$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$y_1$ $q_1 * \phi_1 * \Gamma$	$y_2$ $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	$y_3$ $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	$y_4$ $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	$y_5$ $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	$y_{tot}$ $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
0	6,174	0,002425	0,002456	0,002002	0,0018362	0,001744	0,000571	0,000589	0,000551	0,000162	0,000276	0,0002149
0,02	3,5672	0,006087	0,005849	0,003761	0,0027633	0,00181	0,001432	0,001404	0,001035	0,000244	0,000286	0,0004402
0,04	0,9702	0,009806	0,008512	0,003966	0,0019679	0,00039	0,002307	0,002043	0,001092	0,000173	6,18E-05	0,005676
0,06	4,1944	0,014729	0,011247	0,004187	0,0017194	0,00062	0,003465	0,002699	0,001153	0,000152	9,81E-05	0,007567
0,08	7,4284	0,021933	0,014839	0,005396	0,0028517	0,00223	0,00516	0,003561	0,001485	0,000252	0,000352	0,010811
0,1	10,6526	0,032375	0,019899	0,007878	0,0049763	0,00377	0,007617	0,004776	0,002168	0,00044	0,000698	0,015596
0,12	6,6836	0,044053	0,023902	0,009069	0,0052152	0,002712	0,010364	0,005737	0,002486	0,000461	0,000429	0,019487
0,14	2,7146	0,055001	0,024547	0,007793	0,0032235	0,000462	0,01294	0,005892	0,002145	0,000285	7,31E-05	0,021335
0,16	-1,2544	0,063348	0,02018	0,004108	8,043E-05	-0,00126	0,014904	0,004843	0,001131	7,11E-06	-0,0002	0,020686
0,18	3,6064	0,070843	0,013598	0,00168	-0,00042	0,00025	0,016667	0,003264	0,000462	-3,7E-05	3,95E-05	0,020396
0,2	8,4672	0,079195	0,007971	0,002384	0,00209	0,000203	0,018632	0,001913	0,000656	0,000185	0,000478	0,021865
0,22	13,328	0,090023	0,006253	0,006381	0,0061056	0,000503	0,02118	0,001501	0,001756	0,000539	0,0008	0,025776
0,24	7,1246	0,100463	0,006243	0,009133	0,0067636	0,003095	0,023636	0,001498	0,002514	0,000598	0,00049	0,028736
0,26	0,9212	0,107771	0,006453	0,008223	0,0035768	-0,00039	0,025365	0,001309	0,002263	0,000316	-6,2E-05	0,029181
0,28	4,116	0,113092	0,005531	0,006369	0,0012525	-0,00029	0,026607	0,001274	0,001753	0,000111	-4,6E-05	0,029699
0,3	2,1658	0,115569	0,005055	0,003888	6,671E-05	0,000639	0,02719	0,001213	0,00107	5,89E-06	0,000101	0,02958
0,32	2,058	0,115189	0,004694	0,001776	6,511E-05	0,000995	0,0271	0,001127	0,000489	5,75E-06	0,000157	0,028879
0,34	4,3512	0,112971	0,005207	0,00131	0,001322	0,001424	0,026579	0,00125	0,000361	0,000117	0,000225	0,028531
0,36	8,4966	0,110681	0,008137	0,003358	0,003721	0,002646	0,02804	0,001953	0,000924	0,000329	0,000419	0,029665
0,38	12,642	0,110019	0,014566	0,007655	0,0065671	0,004203	0,025884	0,003496	0,002107	0,00058	0,000665	0,032733
0,4	16,7874	0,112576	0,024917	0,01332	0,0092725	0,005588	0,026486	0,00598	0,003666	0,000819	0,000884	0,037836
0,42	-3,3514	0,110236	0,029229	0,011481	0,0044047	-0,00011	0,025935	0,007015	0,003163	0,000389	-1,7E-05	0,036486
0,44	-23,52	0,085335	0,018766	-0,000937	-0,007419	-0,00899	0,02243	0,004504	-0,000258	-0,00066	-0,00142	0,024598
0,46	-9,7216	0,074223	0,001123	-0,011498	-0,01191	-0,00684	0,017462	0,00027	-0,0003165	-0,00105	-0,00108	0,012432
0,48	4,0768	0,053203	-0,01488	-0,013055	-0,006224	0,001699	0,012517	-0,003572	-0,003693	-0,00065	0,000269	0,005071
0,5	5,1744	0,033353	-0,0259	-0,008175	0,0015584	0,005057	0,007847	-0,006216	-0,00225	0,000138	0,0008	0,000319
0,52	16,1994	0,019573	-0,02558	0,002713	0,009288	0,006205	0,004605	-0,006139	0,000747	0,000821	0,000982	0,001015

t	$Y_g$ $Y_g * 980,6$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$Y_1$ $q_1 * \phi_1 * \Gamma$	$Y_2$ $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	$Y_3$ $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	$Y_4$ $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	$Y_5$ $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	$Y_{tot}$ $Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5$
0,54	27,2342	0,0164	-0,00973	0,01743	0,0159533	0,008469	0,003658	-0,002336	0,004798	0,00141	0,00134	0,009069
0,56	36,2592	0,027666	0,022914	0,033398	0,0216646	0,012153	0,006556	0,0055	0,009193	0,001913	0,001923	0,025085
0,58	24,0002	0,047473	0,060494	0,040422	0,0194695	0,008891	0,011169	0,014519	0,011126	0,001719	0,001407	0,03694
0,6	9,751	0,068712	0,080377	0,035037	0,0104152	0,001849	0,016166	0,021691	0,009644	0,00092	0,000293	0,048714
0,62	9,4178	0,090736	0,107043	0,023567	0,002996	-0,00014	0,021348	0,025691	0,006487	0,000265	-2,3E-05	0,053768
0,64	9,0748	0,112701	0,107462	0,011874	0,0004157	0,001736	0,026515	0,025792	0,003268	3,67E-05	0,000275	0,055887
0,66	8,7416	0,133797	0,09163	0,003667	0,001528	0,003328	0,031478	0,021992	0,001009	0,000136	0,000527	0,055141
0,68	-4,7628	0,148101	0,057284	-0,004138	-0,000202	-0,00053	0,034844	0,013749	-0,001139	-1,8E-05	-8,3E-06	0,047352
0,7	-18,2672	0,150118	0,00559	-0,01358	-0,006363	-0,00677	0,036318	0,001342	-0,003738	-0,00056	-0,00107	0,031288
0,72	-31,7716	0,134937	-0,05912	-0,025403	-0,01525	-0,01187	0,031747	-0,014189	-0,006992	-0,00135	-0,00188	0,007339
0,74	-32,977	0,103196	-0,12528	-0,035319	-0,020854	-0,012	0,024279	-0,030069	-0,009721	-0,00184	-0,0019	-0,01925
0,76	-56,0854	0,047413	-0,18993	-0,04838	-0,028601	-0,01648	0,011155	-0,045584	-0,013317	-0,00253	-0,00261	-0,05288
0,78	-44,4332	-0,02521	-0,23658	-0,055444	-0,029595	-0,0152	-0,00593	-0,05678	-0,015261	-0,00261	-0,00241	-0,08299
0,8	-32,7908	-0,10724	-0,25226	-0,052759	-0,023288	-0,00948	-0,02523	-0,060545	-0,014522	-0,00206	-0,0015	-0,10386
0,82	-31,3698	-0,19522	-0,23393	-0,044425	-0,016534	-0,00697	-0,04593	-0,056144	-0,012228	-0,00146	-0,0011	-0,11687
0,84	-29,9488	-0,28566	-0,1848	-0,034787	-0,012916	-0,00777	-0,06721	-0,044353	-0,009575	-0,00114	-0,00123	-0,12351
0,86	-28,5278	-0,37511	-0,11372	-0,026956	-0,012422	-0,00877	-0,08825	-0,027293	-0,00742	-0,0011	-0,00139	-0,12545
0,88	-27,1068	-0,46028	-0,03344	-0,022284	-0,0133	-0,0086	-0,10829	-0,008026	-0,006134	-0,00118	-0,00134	-0,12497
0,9	-40,3668	-0,54389	0,035924	-0,025353	-0,018289	-0,0117	-0,12796	0,008622	-0,006979	-0,00162	-0,00185	-0,12978
0,92	-53,5668	-0,62862	0,076517	-0,036533	-0,028423	-0,01702	-0,1479	0,018365	-0,010056	-0,00233	-0,00269	-0,14461
0,94	-66,7968	-0,717	0,075987	-0,053463	-0,035473	-0,02189	-0,16889	0,018237	-0,014716	-0,00313	-0,00346	-0,17176
0,96	-80,0268	-0,81136	0,029685	-0,072845	-0,043845	-0,02568	-0,19089	0,007125	-0,020051	-0,00387	-0,00406	-0,21175
0,98	-67,0908	-0,90348	-0,04817	-0,083367	-0,04336	-0,02177	-0,21256	-0,011561	-0,022947	-0,00383	-0,00344	-0,25435
1	-54,1646	-0,98552	-0,13775	-0,080843	-0,034996	-0,01476	-0,23186	-0,033061	-0,022252	-0,00309	-0,00234	-0,2926
1,02	-41,2384	-1,05023	-0,21733	-0,066844	-0,023634	-0,00949	-0,24709	-0,05216	-0,018399	-0,00209	-0,0015	-0,32124
1,04	-41,7362	-1,09646	-0,27262	-0,06036	-0,017313	-0,01009	-0,25796	-0,06543	-0,019662	-0,00153	-0,0016	-0,34038
1,06	-42,2478	-1,12366	-0,29398	-0,037761	-0,017128	-0,01267	-0,26436	-0,070558	-0,010394	-0,00151	-0,00201	-0,34863
1,08	-23,7944	-1,12446	-0,27058	-0,025609	-0,014541	-0,00841	-0,26455	-0,064942	-0,007049	-0,00128	-0,00133	-0,33916



t	$Y_G$ $Y_G * 980,6$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$y_1$ $q_1 * \phi_1 * \Gamma$	$y_2$ $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	$y_3$ $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	$y_4$ $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	$y_5$ $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	$y_{tot}$ $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
1,12	13,1124	-1,02292	-0,08827	0,005002	0,0047159	0,007084	-0,24066	-0,021187	0,001377	0,000417	0,001121	-0,25893
1,14	31,5658	-0,91184	0,050748	0,023955	0,0170383	0,012245	-0,21453	0,01218	0,006594	0,001505	0,001938	-0,19231
1,16	50,0192	-0,75705	0,198607	0,044281	0,0283805	0,016852	-0,17811	0,047667	0,012188	0,002508	0,002667	-0,11308
1,18	68,4726	-0,55772	0,335393	0,064954	0,0383945	0,022062	-0,13122	0,080497	0,017879	0,003392	0,003491	-0,02596
1,2	86,926	-0,31442	0,443478	0,085226	0,0476536	0,027778	-0,07397	0,106438	0,023459	0,00421	0,004395	0,064529
1,22	44,3352	-0,05303	0,486445	0,084969	0,038703	0,016238	-0,01248	0,116751	0,023388	0,00342	0,002569	0,133651
1,24	1,7542	0,20096	0,440288	0,058256	0,0132399	-0,00345	0,04728	0,105673	0,016035	0,00117	-0,00055	0,169611
1,26	-40,8366	0,423246	0,297656	0,009853	-0,018684	-0,0198	0,099577	0,07144	0,002712	-0,00165	-0,00313	0,168945
1,28	-83,4274	0,591403	0,069	-0,05036	-0,04857	-0,03126	0,139139	0,016561	-0,013862	-0,00429	-0,00495	0,1326
1,3	-126,008	0,685519	-0,21957	-0,112484	-0,073425	-0,04184	0,161282	-0,052699	-0,030961	-0,00649	-0,00662	0,064514
1,32	-168,599	0,688708	-0,53128	-0,169772	-0,094607	-0,05403	0,162032	-0,127512	-0,04673	-0,00836	-0,00855	-0,02912
1,34	-126,498	0,620794	-0,79188	-0,192124	-0,085643	-0,04339	0,146054	-0,190058	-0,052883	-0,00792	-0,00687	-0,11167
1,36	-84,4074	0,503055	-0,93744	-0,172028	-0,062226	-0,0216	0,118354	-0,224993	-0,047351	-0,0055	-0,00342	-0,16291
1,38	-87,2396	0,339874	-0,94381	-0,132941	-0,040062	-0,01674	0,079962	-0,226523	-0,036592	-0,00354	-0,00265	-0,18934
1,4	-90,0816	0,136871	-0,81271	-0,095474	-0,033986	-0,02427	0,032201	-0,195057	-0,02628	-0,00298	-0,00384	-0,19595
1,42	-92,9236	-0,09931	-0,57105	-0,071894	-0,039394	-0,03053	-0,02337	-0,137057	-0,019789	-0,00348	-0,00463	-0,18852
1,44	-91,3752	-0,35953	-0,26396	-0,063951	-0,047325	-0,02389	-0,08459	-0,063352	-0,017603	-0,00418	-0,00473	-0,17445
1,46	-89,8268	-0,63424	0,051997	-0,067737	-0,051442	-0,02657	-0,14922	0,01248	-0,018645	-0,00455	-0,0042	-0,16413
1,48	-92,8844	-0,91561	0,317494	-0,078581	-0,052314	-0,02618	-0,21541	0,076201	-0,02163	-0,00462	-0,00414	-0,16961
1,5	-95,9322	-1,19588	0,483227	-0,091328	-0,052027	-0,02822	-0,28135	0,115979	-0,025138	-0,0046	-0,00447	-0,19658
1,52	-126,44	-1,47842	0,507895	-0,111079	-0,060411	-0,03794	-0,34783	0,121899	-0,030575	-0,00534	-0,006	-0,26784
1,54	-74,9896	-1,73419	0,409206	-0,112186	-0,053021	-0,02704	-0,408	0,098213	-0,030679	-0,00468	-0,00428	-0,34963
1,56	-23,5298	-1,93607	0,227292	-0,084691	-0,026789	-0,00349	-0,4555	0,054552	-0,023311	-0,00237	-0,00055	-0,42718
1,58	27,9202	-2,05962	0,017049	-0,031554	0,0092399	0,017397	-0,48456	0,004092	-0,008685	0,000816	0,002753	-0,48559
1,6	79,3702	-2,0637	-0,16211	0,037207	0,0451943	0,031863	-0,49023	-0,038908	0,010241	0,003993	0,005042	-0,50986
1,62	130,83	-1,99108	-0,25723	0,110393	0,0763194	0,044466	-0,46844	-0,061738	0,030386	0,006743	0,007036	-0,48601
1,64	182,28	-1,76874	-0,23144	0,179646	0,1030009	0,058851	-0,41613	-0,055548	0,049448	0,009101	0,009312	-0,40382
1,66	233,73	-1,40817	-0,07053	0,241035	0,12791	0,074822	-0,3313	-0,016927	0,066345	0,011301	0,011839	-0,25874

t	$Y_0$ $Y_0 * 980,6$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$Y_1$ $q_1 * \phi_1 * \Gamma$	$Y_2$ $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	$Y_3$ $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	$Y_4$ $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	$Y_5$ $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	$Y_{tot}$ $Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5$
1,7	197,323	-0,36879	0,485532	0,268429	0,119466	0,057704	-0,08676	0,116532	0,073886	0,010555	0,009131	0,123339
1,72	179,1146	0,256014	0,762404	0,238576	0,0995638	0,047906	0,060232	0,182983	0,065668	0,008797	0,007581	0,325262
1,74	160,916	0,912863	0,959874	0,196065	0,0820945	0,043775	0,214769	0,230378	0,063973	0,007253	0,006927	0,5133
1,76	142,7076	1,573107	1,035452	0,153416	0,0701572	0,040758	0,370104	0,248517	0,042228	0,006199	0,006449	0,673498
1,78	158,2014	2,222293	0,98296	0,129281	0,0721897	0,045444	0,522838	0,235919	0,035585	0,006378	0,007191	0,807911
1,8	173,705	2,846851	0,819806	0,12937	0,0844877	0,053221	0,669778	0,19676	0,035609	0,007465	0,008422	0,918034
1,82	129,507	3,411024	0,599746	0,130123	0,0817562	0,042391	0,802511	0,134344	0,035816	0,007223	0,006708	0,986602
1,84	85,309	3,882256	0,234148	0,116715	0,0601008	0,021724	0,913377	0,056197	0,032126	0,00531	0,003438	1,010448
1,86	41,1208	4,232076	-0,11398	0,084478	0,0282093	0,004183	0,986679	-0,027357	0,023253	0,002492	0,000662	0,994729
1,88	-3,0772	4,436825	-0,43804	0,036522	-0,003976	-0,00788	1,04385	-0,105134	0,010053	-0,00036	-0,00125	0,947171
1,9	-47,2752	4,478207	-0,69644	-0,020204	-0,031459	-0,0187	1,053586	-0,167152	-0,005561	-0,00278	-0,00296	0,875134
1,92	-91,4732	4,343659	-0,86016	-0,078593	-0,054439	-0,0312	1,021931	-0,206445	-0,021633	-0,00481	-0,00494	0,784106
1,94	-135,661	4,02653	-0,9179	-0,133704	-0,075526	-0,04499	0,94732	-0,220304	-0,036802	-0,00667	-0,00712	0,676422
1,96	-179,859	3,526055	-0,87799	-0,183521	-0,097052	-0,05868	0,829574	-0,210725	-0,050615	-0,00857	-0,00929	0,550474
1,98	-224,057	2,847169	-0,76655	-0,228484	-0,119904	-0,07179	0,689852	-0,183979	-0,062891	-0,01059	-0,01136	0,401028
2	-268,246	2,000141	-0,62252	-0,270413	-0,143768	-0,08468	0,470572	-0,14941	-0,074432	-0,01027	-0,0134	0,220628
2,02	-312,444	1,000054	-0,49031	-0,311406	-0,167931	-0,09771	0,235282	-0,117679	-0,065716	-0,01484	-0,01546	0,001589
2,04	-245,235	-0,09008	-0,36732	-0,316945	-0,158743	-0,07942	-0,02119	-0,08816	-0,08724	-0,01403	-0,01257	-0,22318
2,06	-178,027	-1,20679	-0,24926	-0,276934	-0,118491	-0,04666	-0,28392	-0,059825	-0,076227	-0,01047	-0,00738	-0,43783
2,08	-110,828	-2,28818	-0,13102	-0,199658	-0,065653	-0,02012	-0,53834	-0,031447	-0,054956	-0,0056	-0,00318	-0,63373
2,1	-43,6198	-3,27572	-0,00757	-0,102148	-0,016244	-0,0024	-0,77068	-0,001817	-0,028117	-0,00144	-0,00038	-0,80243
2,12	23,5886	-4,11598	0,125106	-0,001423	0,0238689	0,013836	-0,96836	0,030026	-0,000392	0,002109	0,002189	-0,93443
2,14	90,797	-4,76204	0,269269	0,090936	0,0570295	0,032999	-1,12036	0,064627	0,02503	0,005039	0,005222	-1,02045
2,16	158,0054	-5,17477	0,425048	0,170418	0,0882634	0,054129	-1,21747	0,102015	0,048908	0,007798	0,008565	-1,05218
2,18	225,2138	-5,32367	0,590439	0,238336	0,1210904	0,074958	-1,2525	0,14171	0,065602	0,010699	0,011861	-1,02263
2,2	292,4222	-5,18757	0,761697	0,299194	0,1563311	0,09484	-1,22046	0,182814	0,082354	0,013812	0,015007	-0,92649
2,22	227,3306	-4,80884	0,881425	0,315143	0,1536671	0,077044	-1,1309	0,211549	0,086744	0,013579	0,012191	-0,80684
2,24	162,2292	-4,22793	0,902401	0,277041	0,1147437	0,042287	-0,9947	0,216584	0,076256	0,010138	0,006691	-0,68503

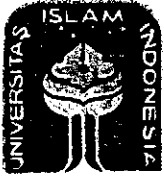
t	$Y_g$ $Y_g * 980,6$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$y_1$ $q_1 * \phi_1 * \Gamma$	$y_2$ $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	$y_3$ $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	$y_4$ $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	$y_5$ $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	$y_{tot}$ $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
2,28	32,046	-2,68161	0,557806	0,09419	0,0099057	-0,00133	-0,6309	0,133878	0,025926	0,000875	-0,00021	-0,47043
2,3	-33,0456	-1,82212	0,206957	-0,010024	-0,030084	-0,01621	-0,42869	0,049671	-0,002759	-0,00266	-0,00256	-0,387
2,32	-98,1372	-0,97683	-0,21651	-0,103273	-0,061894	-0,03463	-0,22982	-0,051963	-0,028426	-0,00547	-0,00548	-0,32116
2,34	-163,229	-0,1969	-0,65984	-0,181062	-0,091306	-0,05538	-0,04633	-0,158367	-0,048638	-0,00807	-0,00876	-0,27136
2,36	-228,33	0,470396	-1,06732	-0,245643	-0,122473	-0,07574	0,11067	-0,256166	-0,067586	-0,01082	-0,01199	-0,23589
2,38	-293,422	0,983059	-1,3905	-0,302294	-0,156432	-0,09497	0,231284	-0,333732	-0,083207	-0,01382	-0,01503	-0,2145
2,4	-4,1258	1,444632	-1,45605	-0,242332	-0,086724	-0,01374	0,339878	-0,349464	-0,066702	-0,00766	-0,00217	-0,08612
2,42	285,1702	1,956387	-1,1401	-0,035327	0,0804505	0,113272	0,460279	-0,273634	-0,009724	0,007108	0,017924	0,201952
2,44	219,324	2,47477	-0,53163	0,175438	0,1819722	0,119742	0,582238	-0,127596	0,04829	0,016078	0,018948	0,537958
2,46	153,4876	2,957644	0,22783	0,29991	0,175252	0,051896	0,695844	0,054681	0,082551	0,015484	0,008212	0,856772
2,48	87,6414	3,365534	0,970798	0,309787	0,1000895	-0,0006	0,791808	0,233	0,085269	0,008843	-9,4E-05	1,118826
2,5	21,7952	3,662754	1,534926	0,224093	0,0140884	-0,01546	0,861735	0,368395	0,061682	0,001245	-0,00245	1,29061
2,52	-44,051	3,818366	1,792729	0,085136	-0,048692	-0,01931	0,998346	0,43027	0,023494	-0,0043	-0,00306	1,344691
2,54	17,9732	3,857192	1,725405	-0,022386	-0,048646	0,002542	0,90748	0,414112	-0,006162	-0,00412	0,000402	1,311711
2,56	79,9974	3,806742	1,374064	-0,05598	0,0042151	0,031707	0,895611	0,329787	-0,015409	0,000372	0,005017	1,215379
2,58	142,0118	3,696259	0,831425	-0,012897	0,0688182	0,053661	0,869618	0,199549	-0,00355	0,00608	0,006491	1,080188
2,6	204,036	3,555757	0,224156	0,084096	0,1224365	0,069293	0,836562	0,053799	0,023148	0,010818	0,010965	0,935291
2,62	185,9354	3,383585	-0,34267	0,177691	0,1353605	0,062349	0,796055	-0,082244	0,04891	0,01196	0,009866	0,784546
2,64	167,825	3,179133	-0,77274	0,233431	0,1158929	0,047609	0,747953	-0,185463	0,064252	0,01024	0,007533	0,644516
2,66	134,8382	2,936963	-1,00194	0,237207	0,0817513	0,034362	0,690978	-0,240473	0,065292	0,007223	0,005437	0,528457
2,68	101,8514	2,65301	-1,00385	0,196856	0,0497505	0,025008	0,624173	-0,240993	0,054185	0,004396	0,003957	0,445777
2,7	68,8646	2,324648	-0,79411	0,131325	0,0268672	0,016832	0,546919	-0,190592	0,036147	0,002374	0,002663	0,397512
2,72	35,8778	1,950724	-0,42697	0,0604	0,0113963	0,007599	0,458946	-0,102477	0,016625	0,001007	0,001202	0,375304
2,74	2,891	1,531536	0,015071	-0,001927	-0,001634	-0,00261	0,360324	0,003617	-0,00053	-0,00014	-0,00041	0,362854
2,76	-30,0958	1,068772	0,436825	-0,049722	-0,016006	-0,01283	0,25145	0,104842	-0,013686	-0,00141	-0,00203	0,339162
2,78	-5,4878	0,588022	0,770923	-0,065273	-0,01568	-0,00638	0,138344	0,185028	-0,017966	-0,00139	-0,00101	0,30301
2,8	19,0904	0,114479	0,966923	-0,047891	-0,001079	0,007726	0,026934	0,23207	-0,013182	-9,5E-05	0,001223	0,246948
2,82	43,6884	-0,32782	1,00037	-0,007659	0,019615	0,018522	-0,07713	0,240097	-0,002108	0,001733	0,002931	0,166526

t	$y_g$ $Y_g * 980,6$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$y_1$ $q_1 * \phi_1 * \Gamma$	$y_2$ $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	$y_3$ $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	$y_4$ $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	$y_5$ $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	$y_{tot}$ $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
2,86	83,0844	-1,4004	0,623656	0,084103	0,0469999	0,026554	-0,24469	0,149683	0,023149	0,004418	0,004202	-0,06324
2,88	102,7726	-1,27697	0,30188	0,117752	0,0586631	0,03169	-0,30043	0,072454	0,032411	0,005183	0,005014	-0,18537
2,9	57,771	-1,4429	-0,04829	0,119765	0,0472649	0,019986	-0,39947	-0,011589	0,032965	0,004176	0,003162	-0,31076
2,92	12,7694	-1,55303	-0,38011	0,086924	0,0191022	-0,00022	-0,36538	-0,09123	0,029926	0,001688	-3,5E-05	-0,43103
2,94	-32,2322	-1,62371	-0,65083	0,02836	-0,014851	-0,01743	-0,38201	-0,156204	0,007806	-0,00131	-0,00276	-0,53448
2,96	-77,2496	-1,6719	-0,82941	-0,042057	-0,046028	-0,02975	-0,39335	-0,199066	-0,011576	-0,00407	-0,00471	-0,61276
2,98	-34,8488	-1,6803	-0,86739	-0,0836	-0,045818	-0,01637	-0,39532	-0,208181	-0,023011	-0,00405	-0,00259	-0,63315
3	7,5558	-1,63346	-0,74288	-0,080228	-0,017858	0,00683	-0,3843	-0,17825	-0,022083	-0,00158	0,001081	-0,58513
3,02	49,9506	-1,51824	-0,46336	-0,036331	0,0205714	0,023984	-0,3572	-0,11121	-0,01	0,001818	0,003795	-0,47279
3,04	9,9274	-1,35647	-0,09855	0,005707	0,0307051	0,011037	-0,31914	-0,023653	0,001571	0,002713	0,001746	-0,33676
3,06	-30,0958	-1,1706	0,267796	0,020197	0,0095166	-0,01328	-0,27541	0,064273	0,005559	0,000841	-0,0021	-0,20684
3,08	-70,1288	-0,983	0,552496	-3,52E-06	-0,02696	-0,03046	-0,23127	0,132604	-9,68E-07	-0,00238	-0,00482	-0,10587
3,1	-110,152	-0,81526	0,688403	-0,048246	-0,062381	-0,03967	-0,19181	0,165222	-0,01328	-0,00551	-0,00628	-0,05165
3,12	-150,175	-0,68755	0,636519	-0,111458	-0,089394	-0,04815	-0,16176	0,15277	-0,030679	-0,0079	-0,00762	-0,05519
3,14	-110,877	-0,58689	0,424358	-0,151032	-0,085632	-0,03717	-0,13808	0,101849	-0,041572	-0,00756	-0,00588	-0,09124
3,16	-71,5792	-0,49895	0,108502	-0,150573	-0,057133	-0,01753	-0,11762	0,026041	-0,041446	-0,00505	-0,00277	-0,14085
3,18	-32,2812	-0,41346	-0,23614	-0,112692	-0,020993	-0,0019	-0,09727	-0,056676	-0,031019	-0,00185	-0,0003	-0,18713
3,2	7,007	-0,31466	-0,53033	-0,050957	0,0103924	0,008311	-0,07403	-0,127284	-0,014926	0,000918	0,001315	-0,21311
3,22	-62,23	-0,23425	-0,74824	-0,016684	0,0013315	-0,01297	-0,05511	-0,179584	-0,004565	0,000118	-0,00205	-0,24119
3,24	-131,467	-0,20123	-0,87637	-0,032602	-0,042917	-0,04652	-0,04734	-0,210817	-0,008974	-0,00379	-0,00736	-0,27829
3,26	-200,704	-0,24206	-0,92549	-0,097207	-0,100129	-0,07277	-0,05695	-0,222125	-0,026757	-0,00885	-0,01151	-0,32619
3,28	-122,324	-0,32194	-0,8508	-0,145906	-0,10835	-0,04892	-0,07574	-0,2042	-0,040161	-0,00957	-0,00774	-0,33742
3,3	-43,953	-0,40616	-0,63838	-0,143784	-0,064853	-0,00501	-0,09556	-0,153216	-0,038577	-0,00573	-0,00079	-0,29487
3,32	34,4274	-0,46116	-0,29776	-0,065409	0,0027806	0,027534	-0,1085	-0,071465	-0,023509	0,000246	0,004357	-0,19887
3,34	112,798	-0,45555	0,138097	0,01463	0,06765	0,046595	-0,10718	0,033145	0,004027	0,005977	0,007373	-0,05666
3,36	191,1784	-0,36097	0,61918	0,133998	0,1182267	0,064124	-0,08492	0,148608	0,03688	0,010446	0,010147	0,121157
3,38	120,5498	-0,21139	1,028527	0,204326	0,1125788	0,044408	-0,04973	0,246855	0,056241	0,009947	0,007027	0,270337
3,4	49,9212	-0,04122	1,263815	0,198911	0,0617518	0,008174	-0,0097	0,303326	0,054751	0,005456	0,001293	0,355127

t	$Y_0$ $Y_0^*980,6$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$Y_1$ $q_1 * \phi_1 * \Gamma$	$Y_2$ $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	$Y_3$ $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	$Y_4$ $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	$Y_5$ $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	$Y_{tot}$ $Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5$
3,44	-91,336	0,227419	0,981338	0,010097	-0,060548	-0,03853	0,053505	0,235529	0,002779	-0,00535	-0,0061	0,280368
3,46	-26,0974	0,317654	0,519677	-0,073058	-0,062131	-0,01674	0,074734	0,124727	-0,020109	-0,00649	-0,00265	0,171213
3,48	39,151	0,410089	-0,016	-0,088611	-0,016527	0,019194	0,096481	-0,003639	-0,02439	-0,00146	0,003037	0,069829
3,5	104,3994	0,527416	-0,50048	-0,03612	0,0459288	0,045206	0,124085	-0,12012	-0,009942	0,004058	0,007153	0,005234
3,52	169,6478	0,690713	-0,81955	0,06297	0,1010704	0,060834	0,162504	-0,196998	0,017333	0,00893	0,009626	0,001694
3,54	110,5734	0,870015	-0,9402	0,140173	0,1042643	0,040646	0,204688	-0,225657	0,038583	0,009212	0,006432	0,033258
3,56	51,499	1,035976	-0,8663	0,160005	0,062852	0,008241	0,243734	-0,207918	0,044042	0,005553	0,001304	0,086714
3,58	-7,5656	1,16076	-0,63733	0,118776	0,0053391	-0,01506	0,273092	-0,152964	0,032693	0,000472	-0,00238	0,15091
3,6	10,4272	1,249109	-0,29011	0,058676	-0,022501	-0,00738	0,293877	-0,069628	0,016151	-0,00199	-0,00117	0,237244
3,62	28,42	1,306714	0,117301	0,01189	-0,015003	0,010823	0,30743	0,028153	0,003273	-0,00133	0,001713	0,339243
3,64	46,4226	1,340012	0,516531	-0,005867	0,0105343	0,021127	0,315264	0,123972	-0,001615	0,00957	0,003343	0,441921
3,66	64,4154	1,355944	0,841565	0,005881	0,0364956	0,023469	0,319012	0,201983	0,001619	0,003225	0,003714	0,529552
3,68	19,8058	1,33714	1,015935	0,017711	0,0344596	0,00771	0,314589	0,243833	0,004875	0,003045	0,00122	0,567561
3,7	-24,794	1,267955	0,991788	0,011354	0,0068338	-0,0131	0,298311	0,238037	0,003125	0,000604	-0,00207	0,538004
3,72	-69,3938	1,134882	0,758309	-0,018713	-0,031053	-0,0288	0,267003	0,182001	-0,005151	-0,00274	-0,00456	0,436552
3,74	-40,2486	0,955862	0,372572	-0,044436	-0,044082	-0,01924	0,224885	0,089421	-0,012231	-0,00389	-0,00304	0,295136
3,76	-11,1034	0,749588	-0,06112	-0,049804	-0,029077	-0,00015	0,176355	-0,019469	-0,013709	-0,00257	-2,4E-05	0,140584
3,78	2,8224	0,528922	-0,5131	-0,036321	-0,00469	0,00664	0,124439	-0,123146	-0,009997	-0,00041	0,001367	-0,00775
3,8	16,7482	0,306692	-0,83983	-0,010934	0,0147668	0,008769	0,072155	-0,201326	-0,00301	0,001306	0,001388	-0,12949
3,82	30,6638	0,095302	-0,9943	0,018248	0,0250961	0,00915	0,022422	-0,23864	0,005023	0,002217	0,001448	-0,20753
3,84	-22,3244	-0,11994	-0,9742	0,023282	0,0094494	-0,0057	-0,02822	-0,233817	0,006408	0,000835	-0,0009	-0,25569
3,86	-75,3228	-0,35305	-0,80551	-0,005451	-0,02584	-0,02766	-0,08306	-0,19333	-0,0015	-0,00228	-0,00438	-0,28455
3,88	-128,331	-0,61698	-0,54214	-0,063141	-0,066718	-0,04664	-0,14516	-0,130119	-0,01738	-0,00589	-0,00738	-0,30583
3,9	-181,339	-0,92326	-0,2547	-0,137561	-0,103227	-0,06131	-0,21721	-0,061131	-0,037864	-0,00912	-0,0097	-0,33503
3,92	-140,601	-1,24482	0,01995	-0,185392	-0,105089	-0,04876	-0,29287	0,004788	-0,05103	-0,00928	-0,00772	-0,35611
3,94	-98,862	-1,55516	0,247773	-0,186256	-0,076952	-0,02544	-0,36588	0,059467	-0,051818	-0,0068	-0,00403	-0,36906
3,96	-59,1332	-1,8291	0,403737	-0,149114	-0,037846	-0,00836	-0,43033	0,0969	-0,041044	-0,00334	-0,00132	-0,37914
3,98	-18,3946	-2,04352	0,476325	-0,083207	-0,003154	0,001416	-0,48078	0,114322	-0,022903	-0,00028	0,000224	-0,38941

t	$Y_G$ $Y_G^*980,6$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$Y_1$ $q_1 * \phi_1 * \Gamma$	$Y_2$ $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	$Y_3$ $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	$Y_4$ $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	$Y_5$ $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	$Y_{tot}$ $Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5$
4,02	-9,7608	-2,24398	0,372641	0,037339	0,0191365	0,001449	-0,52794	0,089437	0,010278	0,001691	0,000229	-0,4263
4,04	-41,8656	-2,25456	0,191986	0,04029	-0,005461	-0,01543	-0,53043	0,046078	0,01109	-0,00048	-0,00244	-0,47619
4,06	-21,0406	-2,20331	-0,03001	0,022437	-0,020623	-0,01364	-0,51837	-0,007202	0,006176	-0,00182	-0,00216	-0,52338
4,08	-0,2058	-2,08593	-0,24379	0,004137	-0,016526	7,51E-06	-0,49076	-0,058511	0,001139	-0,00146	1,19E-06	-0,54959
4,1	20,6192	-1,90032	-0,40194	-0,001846	0,0008352	0,011498	-0,44709	-0,096468	-0,000508	7,38E-05	0,00181	-0,54218
4,12	-14,2982	-1,66848	-0,49001	-0,009604	0,0045551	0,001224	-0,39254	-0,117608	-0,002644	0,000402	0,000194	-0,5122
4,14	-49,2156	-1,41302	-0,50663	-0,027307	-0,01062	-0,01804	-0,33244	-0,121595	-0,007516	-0,00096	-0,00285	-0,46536
4,16	-84,133	-1,15642	-0,46351	-0,056849	-0,037268	-0,03257	-0,27207	-0,111246	-0,015648	-0,00329	-0,00515	-0,40741
4,18	-119,05	-0,92038	-0,36321	-0,095625	-0,064699	-0,0412	-0,21664	-0,091974	-0,026321	-0,00572	-0,00652	-0,34707
4,2	-153,968	-0,72515	-0,29483	-0,139072	-0,08766	-0,04906	-0,17061	-0,070762	-0,03828	-0,00775	-0,00776	-0,29516
4,22	-188,885	-0,58897	-0,22858	-0,182868	-0,105988	-0,05899	-0,13857	-0,05486	-0,050335	-0,00937	-0,00933	-0,26246
4,24	-223,803	-0,52755	-0,21022	-0,224224	-0,122224	-0,07019	-0,12412	-0,050455	-0,061718	-0,0106	-0,01111	-0,2582
4,26	-177,821	-0,52196	-0,22424	-0,235956	-0,114677	-0,05828	-0,1228	-0,05382	-0,064947	-0,01013	-0,00922	-0,26092
4,28	-131,839	-0,55224	-0,24937	-0,210662	-0,086118	-0,0352	-0,12992	-0,059851	-0,057985	-0,00761	-0,00557	-0,26094
4,3	-85,8578	-0,59804	-0,26256	-0,155571	-0,049633	-0,01649	-0,1407	-0,063017	-0,042821	-0,00439	-0,00261	-0,25353
4,32	-39,8762	-0,63931	-0,24326	-0,084678	-0,016014	-0,00438	-0,15041	-0,058384	-0,023308	-0,00141	-0,00069	-0,23421
4,34	6,1054	-0,65687	-0,17712	-0,011704	0,0110949	0,00649	-0,15454	-0,042511	-0,003222	0,00098	0,001027	-0,19827
4,36	52,0968	-0,63302	-0,05859	0,054178	0,0335649	0,019502	-0,14893	-0,014061	0,014913	0,002966	0,003086	-0,14203
4,38	98,0784	-0,55195	0,108227	0,109543	0,0548962	0,03401	-0,12986	0,025975	0,030152	0,00485	0,005382	-0,0636
4,4	144,06	-0,40024	0,310383	0,155622	0,077424	0,048326	-0,09416	0,074494	0,042835	0,008941	0,007647	0,037654
4,42	95,5892	-0,20425	0,491054	0,165517	0,0735264	0,03526	-0,04805	0,117857	0,045559	0,006496	0,005579	0,127438
4,44	47,1184	0,009272	0,59807	0,134098	0,044546	0,009668	0,002181	0,143542	0,036911	0,003936	0,00153	0,188099
4,46	-1,3524	0,214029	0,593434	0,07137	0,0051565	-0,01043	0,050355	0,142429	0,019645	0,000456	-0,00165	0,211234
4,48	50,3818	0,424342	0,499978	0,026025	-0,001888	0,005452	0,099835	0,119999	0,007163	-0,00017	0,000863	0,227693
4,5	102,116	0,653823	0,356546	0,022708	0,0261135	0,035641	0,153825	0,085574	0,00625	0,002307	0,00564	0,253596
4,52	153,8502	0,914987	0,210669	0,063288	0,0708853	0,057619	0,215269	0,050562	0,01742	0,006263	0,009117	0,298632
4,54	205,5942	1,218907	0,109735	0,134916	0,1141718	0,069937	0,286772	0,026337	0,037136	0,010087	0,011067	0,371399
4,56	257,3284	1,574917	0,092282	0,219708	0,1479266	0,081182	0,37053	0,022148	0,060475	0,01307	0,012846	0,479069

t	$y_t$ $Y_g * 980,6$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$y_1$ $q_1 * \phi_1 * \Gamma$	$y_2$ $q_2 * \phi_2 * \Gamma_2$	$y_3$ $q_3 * \phi_3 * \Gamma_3$	$y_4$ $q_4 * \phi_4 * \Gamma_4$	$y_5$ $q_5 * \phi_5 * \Gamma_5$	$y_{tot}$ $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$
4,6	75,7932	2,250505	0,16336	0,221583	0,0722593	0,013646	0,529476	0,039208	0,060991	0,006394	0,002159	0,638218
4,62	-14,9646	2,479374	0,165934	0,124554	-0,001226	-0,02083	0,583321	0,039825	0,034284	-0,00011	-0,0033	0,654026
4,64	-105,732	2,581535	0,095964	-0,00966	-0,067707	-0,04506	0,607357	0,023032	-0,002659	-0,00598	-0,00713	0,614617
4,66	-196,5	2,522889	-0,0689	-0,153624	-0,120618	-0,06768	0,593559	-0,016537	-0,042258	-0,01066	-0,01071	0,513399
4,68	-66,5322	2,362288	-0,24551	-0,215308	-0,098703	-0,03142	0,555775	-0,058925	-0,059264	-0,00872	-0,00497	0,423894
4,7	63,4942	2,159567	-0,34659	-0,164307	-0,013993	0,031301	0,508081	-0,083905	-0,045226	-0,00124	0,004953	0,382667
4,72	16,3758	1,904053	-0,38188	-0,074822	0,0398753	0,031955	0,447966	-0,091607	-0,020623	0,003523	0,005056	0,344316
4,74	-30,7426	1,5871	-0,35555	-0,065644	0,0346276	-0,00684	0,373397	-0,085334	-0,001526	0,003059	-0,00108	0,288513
4,76	-77,861	1,202286	-0,29545	0,014005	-0,010436	-0,03828	0,282861	-0,070911	0,003855	-0,00092	-0,00606	0,208825
4,78	-124,979	0,745522	-0,2316	-0,018867	-0,063678	-0,05011	0,175399	-0,055585	-0,005193	-0,00563	-0,00793	0,101065
4,8	-172,098	0,215099	-0,19449	-0,089033	-0,105148	-0,05593	0,050606	-0,046679	-0,024506	-0,00929	-0,00885	-0,03872
4,82	-219,216	-0,38835	-0,20934	-0,175207	-0,131729	-0,06706	-0,09137	-0,050244	-0,048226	-0,01164	-0,01061	-0,21209
4,84	-266,335	-1,06196	-0,29153	-0,259079	-0,150228	-0,08309	-0,24985	-0,069969	-0,071312	-0,01327	-0,01315	-0,41755
4,86	-155,34	-1,7387	-0,38096	-0,278762	-0,121446	-0,05455	-0,40906	-0,091433	-0,07673	-0,01073	-0,00863	-0,59659
4,88	-44,345	-2,35392	-0,41699	-0,216365	-0,052759	-0,00347	-0,55381	-0,10008	-0,059555	-0,00466	-0,00055	-0,71865
4,9	66,6596	-2,84728	-0,34951	-0,086991	0,0299455	0,039663	-0,66988	-0,083886	-0,023944	0,002646	0,006276	-0,76879
4,92	177,6544	-3,16447	-0,14807	0,078612	0,1062454	0,069862	-0,7445	-0,035539	0,021638	0,009387	0,011055	-0,73796
4,94	141,7472	-3,31634	0,134397	0,202178	0,1261029	0,055887	-0,78023	0,032256	0,05565	0,011142	0,008843	-0,67234
4,96	105,84	-3,31844	0,430751	0,248589	0,0967452	0,026893	-0,78073	0,103384	0,068425	0,008548	0,004255	-0,59612
4,98	69,9426	-3,19039	0,672144	0,220699	0,0491984	0,009153	-0,7506	0,16132	0,060748	0,004347	0,001448	-0,52274
5	34,0354	-2,9551	0,800678	0,143991	0,0067083	0,002768	-0,69524	0,192169	0,039634	0,000789	0,000438	-0,46223



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

Proposal max 1 bulan  
 TA 23 bulan  
 Sejak 07 Juli 99

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	SUBBAPTI	94 810 081		STRUKTUR
2.	NOVITASAFI	94 810 187		STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR : ~~PEMBAHASAN PERUSAHAAN BERKEMAJUAN UNTUK MENINGKATKAN STRUKTURAL~~  
~~PEMUNGKING PADA PANGGUNG PERTUKANGAN TINGGI~~

Dosen Pembimbing I : ~~IR. H. SARWIDI, M.Sc., Ph.D~~  
 Dosen Pembimbing II : ~~IR. HELMI ANRAF PALEH, M.E~~

1



2



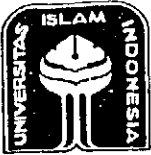
Yogyakarta, 10 JULI 1999

An. Dekan,  
 Fakultas Jurusan Teknik Sipil.

IR. H. TADJUDDIN M. ARIS, MS

الجامعة الإسلامية  
 الجامعة الإسلامية  
 الجامعة الإسلامية





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

No. Surat : 24 P.11.11.1999  
Lamp. :  
H a l : EMBEINGAN TUGAS AKHIR.

Yogyakarta, 01 Juli 1999

Kepada Yth. :  
Bapak/Ibu **IR.H. SARWIDI, MSc, Ph.D**  
di -  
**YOGYAKARTA.**

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan tersebut dibawah ini :

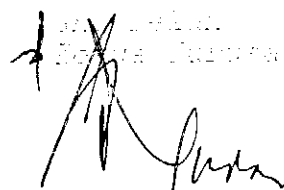
1. Nama : **Suprapti**  
No. Mhs. : **94 810 031**  
N.I.R.M. : **940051013114130001**  
Bidang Studi : **Struktur**  
Semester : **Genap**  
Tahun Akademi : **1998-1999**
2. Nama : **Novitasari**  
No. Mhs. : **94 810 187**  
N.I.R.M. : **940051013114110166**  
Bidang Studi : **Struktur**  
Semester : **1998-1999**  
Tahun Akademi : **1998-1999**

Dapat diberikan petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir, kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok, dengan dosen Pembimbing sbb. :

Dosen Pembimbing I : **Ir.H.Sarwidi, MSc, Ph.D**  
Dosen Pembimbing II : **Ir.Helmi Akbar BAle,MT**  
Dengan mengambil topik:

**PENGUBAHAN POSISI REDAMAN UNTUK MENGURANGI STRUKTUR POUNDING PADA BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI.**

Daripada atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.  
Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

  
(**IR.H.TADJUDDIN IM ARIS, MS**)

Tembusan Kepada Yth. :  
Mahasiswa sbb.  
Arasli.