TUGAS AKHIR

PENEMPATAN EFEKTIF REDAMAN TUNGGAL UNTUK MENGURANGI SIMPANGAN PADA BANGUNAN BERTINGKAT 6 DAN 8

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

Disusun Oleh :

EKA DENY SAPUTRA
No. Mhs. 95 310 157

FANNI HARRY WIBOWO
No. Mhs. 95 310 173

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

2000

PENEMPATAN EFEKTIF REDAMAN TUNGGAL UNTUK MENGURANGI SIMPANGAN PADA BANGUNAN BERTINGKAT 6 DAN 8

The Effective Placement of a Single Magnetorheological Damper in Reducing The Displacements of 6th and 8th Storey Buildings

Disusun Oleh :

Nama : **EKA DENY SAPUTRA**
No. Mhs : **95 310 157**
Nirm. : **950051013114120155**

Nama : **FANNI HARRY WIBOWO**
No. Mhs : **95 310 173**
Nirm. : **950051013114120171**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

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

Tanggal : 19 - 12 - 2000

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

Tanggal : 19/12/2000

Skripsi ini tidak akan pernah terwujud tanpa perhatian, dukungan, bantuan, dorongan dan bimbingan dari orang-orang terdekat penulis, oleh karena itu ***Skripsi ini Aku Persembahkan Kepada :***

Kedua orang tuaku (Bapak **HARDJIMAN** *dan Ibu* **Hj. DJUMINTEN** *)*
yang selalu memberiku semangat, meberiku biaya dan keperluan kuliah, serta mendo'akan ananda agar mendapatkan kemudahan, kelancaran, rahmat dan barokah dari Allah SWT., sehingga ananda dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan secepatnya. Ananda mohon maaf jika selama ini banyak mengecewakan Bapak dan Ibu, semoga setelah ini ananda dapat memperbaiki segala kesalahan ananda dan menjadi anak yang berbakti kepada kedua orang-tua...Amin. (Makasih, ...do'anya telah dikabulkan oleh Allah SWT. sehingga aku mendapat barokah bulan Ramadhan dengan lulus ujian pendadaran, ...semoga Bapak dan Ibu selalu mendapatkan kebahagiaan di dunia dan akherat dari Allah SWT.)

Keluarga besar Bapak. **M. PRIYADI** *di Kuncen*
yang telah memberikan dukungan dan segala fasilitas, kasih sayang, bimbingan dan mengingatkanku jikalau daku berbuat kekeliruan, sehingga saya dapat tumbuh dan berkembang menjadi seorang Eka Deny dan dapat menyelesaikan sekolah dari TK hingga selesai Sarjana Teknik Sipil di kota Yogyakarta. ...Makasih ***Kakung, Uti,*** *Mbak* ***Tutik*** *dan Mas* ***Aris,*** *Mbak* ***Nanung*** *dan Mas* ***Jarot,*** *Om* ***Totok*** *dan Mbak* ***Yayak,*** *Mas* ***Dodok*** *dan Mbak* ***Frida.*** *...tak lupa Deny mohon maaf karena selama ini telah banyak berbuat kesalahan dan selalu menyusahkan keluarga besar* ***M. Priyadi.***

Keluarga besar Bapak **BACHTIAR** *di Ngampilan*
yang telah merestui saya untuk menyelesaikan skripsi ini bersama putra Bapak yang bernama Fanni Harry Wibowo, ...Makasih atas do'a dan restunya serta berbagai fasilitas yang Bapak berikan kepada Fanni sehingga saya dapat ikut menikmatinya....Alhamdulillaahirabbil'aalamiin.

Keluarga **H. MUNIF** *di Prawitotaman*
matur nuwun sampun nganggep dalem kados putra piyambak.....Bapak ***H. Munif*** *dan Ibu* ***Hj. Kaput*** *yang turut memberikan semangat dan do'a restu sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dan lulus ujian pendadaran... Mbak* ***Nunung*** *dan Mas* ***Djeni*** *matur nuwun atas kasih sayang dan suportnya, Mas* ***Dedi*** *dan Mbak* ***Ipuk*** *(calon kakak ipar) ...semoga berhasil mebangun keluarga Sakinah ...Special for* ***Noor Fuad (Totok)*** *gue ngomentarinya di bagian lainnya aja yach ...* ***Yu Mie*** *tolong Totok selalu diingatkan supaya kalo pacaran tidak kebablasen sehingga bikin ibu pusing (ngeyel ...di kethaq),* ***Harman*** *kreatif juga buat telpon kartu model tongkat pel dan punya pacar jangan banyak.*[2]

Teman-temanku dan Saudaraku
*...**AAP** pelajaran darimu kan ku ingat selalu ...**ADIT** "master SMS" cepet TA-mu dirampungke, ojo main SMS terus kapan rampunge, pasanganmu iku (**ANNA**) dilatih ngomong di depan forum, supaya di seminar nggak cuma seperti pager ayu, memangnya pajangan ...**AHMED** makasih cerita tentang drakulanya ...**ANDI** "tong Bajil" elu bener-bener cocok jadi cover boy, tiap hari fitness siapa takut ... **ANGGA** "mas Hendra ...raja minyak (koq bisa sich, apa karena lebatnya ?...emang hujan)" ayo cepetan TA-mu dirampungke, jangan kebanyakan ngeluyur di terminal and nyanggong di tempat sephia ...**ANGGI** "miss cuek" tunggu gue di Jakartamu ...**ANTIQ** "ibu dekan" tolong tetap jagain si Fanni (teman TA-ku) ...**ARI H.** "ibu direktris" sorry gua kagak bisa dateng di seminarmu ...**ARGO** jaga kesehatanmu itu penting lho ...**ARIEF** " mbah cokro" piye kabare Semarang, masih banjir ya, pindah di Dongkelan aja ...**AYU** kalo jualan harus berani dong, jangan malu-malu ...**BAGUS** "gus Aria" perasaan kamu nggarap tugasnya lebih dulu daripada aku, tapi...sorry gua selesai dulu, cepet dirampungke jangan terlalu banyak ngeGame (kalo seminar and makan-makan aku diundang lho) ... **BEJO** "piyungan" piye kabare pitikmu, kalo iwaknya udah siap panen ojo lali ngundang aku*

...DAVID kapan maju lagi, negosiasi dengan pak De..dong, emang enak ngitung terus nggak pernah tau selesainya, makasih atas sindirannya sehingga aku terpacu ...DENI "lancer merah" ayo dikebut dan tetap optimis (makasih buku Penzennya)...DESY "juraganne Dongkelan" makasih atas semangat yang telah kamu berikan (kapan mariednya ama mbah Cokro, Undangannya kutunggu) ...EKA "wanda endut" makasih suportnya, kapan jadi tidur di tempatku (janji melulu)...EMA gimana calon ibu kita, rawat dia biar cepet gede (sampaikan salamku untuk pak Ucil)...EKY "buaye nganggrung" (sephiamu udah banyak banget lho, kenalin dong) ...FANNI "pak Dekan Amik" makasih atas kepercayaannya dan kerjasamanya selama ini sehingga Skripsi ini terwujud...FERI "mbantul" kapan nduwe gawene, ojo lali undang teman-teman lho ...FUAD "mas Nur Baut (Totok)" jangan bikin ibu bingung lagi yach, apa nggak ada pandangan yang lebih baik lagi, cari yang dari Yogya –Jawa Tengah aja ...HERI kapan bisa maju sidang, jangan lupa ngurus ke S-2 ...HINO mas kalo ngenalin sephia jangan yang udah nggak lolos saringanmu (makasih atas ilmu, petunjuk dan pinjaman TA-mu) ...IPING udah bisa tidur belum, desain dengan bener-bener lho ... JIBAN jangan takut, beaya kuda-kudanya ntar diganti saat panen tembakau ...JIMI maju terus pantang mundur...LUIS kegagalan adalah satu sukses yang tertunda ...LATIF cepetan kejar bapakmu, jangan boleh pergi terus ...MARYANTO semoga sukses di pendadaranmu ...NEHLA kalo ikut seminar jangan hanya cari snack aja ...NURI bgaimana keadaan di Kalimantan, beda nggak ama Yogya ...NINUK tolong Bagus disuport ...NIVO sorri dulu ingon-ingonmu aku semprot minyak tanah ... NONIX makasih do'anya (kapan aku dapet siomay lagi and dikenalin ama temanmu)...RATIH semoga sukses di pendadaranmu ...SAHALA makasih atas saran untuk judul TA-ku, kapan aku ngrasakke gaji pertamamu ...SANDRA langsung lanjut ke Tesis untuk S-2, terus ndaftar jadi Direktur PERUMKA ...SENO kapan kamu nyusul mas Feri ...SINTA, TAMMY and VERA artist in class C ... WOYO wisuda Januari tidak masalah bukan ?? ...YUNUS makasih atas pinjaman dasinya ...YUSI makasih do'amu, semoga masalahmu cepat berlalu dan nikmatilah hidupmu, janganlah kau bikin pusing (semoga kamu ditunjukkan jalan yang lurus, jalan orang-orang yang diberi Rahmat) ...YOGA "si hitam manis" kang Hino ditemenin terus tuh.

Teman-temanku KKN unit KP-105 di Dusun Suren Desa Pagerharjo Kecamatan Samigaluh
AAN, AGUS, INDAH, MULYANTORO, NINING, SALMAN, PIPIT, YOSA
.....kapan kita bisa ketemu atau berkumpul lagi.....

Nggak lupa pula:
Mas BONI gimana tesismu, ...Om RAMLI dan Tante SAM boleh dong saya berkunjung ke Pondok Gede lagi, Mas ARI dan Mbak TITIN di Perum Narogong, adikku MEGA dan RESTU semoga kalian menjadi anak yang solehah, Mas HERMAN (kapan ke Jepang lagi), EDI (semoga kamu lekas sadar dan menjadi anak yang baik), JONO (semoga kamu betah kerja di situ, karena itu merupakan kesempatan emasmu), Mas TEGUH (cepet cari jodoh, di Tri Sakti kan banyak),
Mas Untung dan Mbak Uut (selamat atas kelahiran sang putra),

Spesial untuk sephiaku (kau sekarang dimana)
Kapan kita bisa bertemu lagi (jika itu jodohku)
semoga kita cepat bertemu

Buat teman-temanku yang tidak tertulis disini, jangan berkecil hati .....bukan aku ingin melupakanmu ....namun karena keterbatasanku .....aku mohon maaf sebesar-besarnya .....yang jelas segala bantuan, dukungan, dan segala jasamu .....akan kukenang selalu di dalam lubuk sanubariku dan di memoriku.

Kata demi kata kususun...dan...

Angka demi angka kuhitung...untuk...

Kesempurnaan karya akhir ini...

...Sebuah karya yang ingin kupersembahkan untuk...

Kedua Orang Tuaku yang tercinta (Papah dan Mamah) atas do'a, kasih sayang dan dukunganya dalam setiap langkahku...

Ibu Rasmoen, Mbak Irma dan Renni yang selalu membantu dengan do'a...

Om dan Tante Junus atas do'a dan perhatiannya dalam penyusunan karya akhir ini...

Bapak Hardjiman sekeluarga atas perhatiannya dalam menyusun TA ini...

Yang tersayang...,Anti yang selalu memberi semangat dan mendorongku untuk menyelesaikan study ini...

Ulik...he..he..,Trim's ya..,Ul...Do'a-mu manjur banget...

Tomblok...,Thank you..,wis Translete-in judul TA-ku..(don't get bored to help and send me ES-EM-ES...,Ocay...!!)

.....My Special Best Friend.....

Tubel...,ma' kasih banget kamu udah jadi tentor pribadiku selama kita kuliah (...I can't forget your patient to teach and to tell me about everything without bored..).....jangan Gede' Feeling.....

Apid...,trim's...udah pinjemin ADS-nya 'Pak Dekan'(terserah mo'diambil... apa dikasih untuk aku....he..he..)

Mbak Ari...yang udah pinjemin TA-nya...

Iping, A'ab, Hakim, Juhartono, Ahmad...,matur nuwun udah ngajarin aku about my skripsi...

Nit'not...,ta'tunggu janjimu ngasih durian...!!

Dena...insyaAllah...mobilmu cepet ketemu...ya..., God will always with us..., keep on pray.....

Fuad, Eka..ndhut2×..., Adit, Bagoes, Angga to accompany me for doing my TA....

..... Teman 2× seperjuangan TA-ku.....

Eka...,thank's to be my partner selama penyusunan TA ini ...and...ojo bosen2× dolan ning omahku....

Ahmed + Latif = kapan2× kita maen ke rumah pak Sarwidi lagi...

Mbak Endah + Herlina = ..jangan patah semangat,..pelan2× pasti selesai juga kok...good luck....

Mas Heri (pengajaran...) trim's ya...wis help me cari DOZEN...

My Computer.., Game FIFA'2001 and Football Manager-ku ..I'm READY to nge-GAME-lagi..., NOW... I FIGHT...YOU BACK.....!!...Hidup.....MU.....Hidup...VIERI.....

....GET..... SCHUDETO....

.....GOL.....GOL.....GOL.....

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalammu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillaahirabbil'aalamiin, segala puji ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan taufiq serta hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga berkat ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul :

PENEMPATAN EFEKTIF REDAMAN TUNGGAL UNTUK MENGURANGI SIMPANGAN PADA BANGUNAN BERTINGKAT 6 DAN 8

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi dan melengkapi salah satu syarat dalam mencapai gelar kesarjanaan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyusun sadar sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini banyak mendapat kesulitan karena keterbatasan kemampuan yang dimiliki baik dalam pengalaman dan teori ilmu. Namun terdorong oleh tekad yang besar untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya serta dorongan dan bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Untuk itu tidak berlebihan kiranya jika penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Moch. Samsudin, MT., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
5. Staf, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Teman-temanku di kelas ***C*** angkatan **'95**.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian laporan.

Akhirnya penghargaan yang khusus penulis sampaikan kepada bapak, ibu, kakak dan adik tercinta serta teman–temanku semua yang telah mendoakan dan memberikan banyak dorongan moril dan materiil selama penyusun mengikuti perkuliahan hingga selesainya tugas akhir ini. Semoga Allah SWT. memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua.

Wassalammu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, November 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PENGESAHAN ii

KATA PENGANTAR iii

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR vii

DAFTAR TABEL x

DAFTAR LAMPIRAN xiii

DAFTAR SIMBOL xiv

ABSTRAK xvi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang Masalah 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Batasan Masalah 3

1.4 Tujuan Penelitian 4

1.5 Manfaat Penelitian 5

1.6 Sistematika Penulisan 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1 Tinjauan Umum 7

2.2 Pembahasan 10

2.3 *Magnetorheological Damper* 10

BAB III LANDASAN TEORI 13

3.1 Struktur Berderajat Kebebasan Tunggal (SDOF) Akibat Pembebanan Dinamik 13

3.2 Struktur Berderajat Kebebasan Tunggal (SDOF) Akibat Gerakan Tanah 14

3.3 Struktur Dengan Derajat Kebebasan Banyak 16
3.4 *Mode Shape* dan Frekuensi 18
3.5 Persamaan Gerak Akibat Beban Gempa 21
3.6 Persamaan Differensial Independen (*uncoupling*) 23
3.7 Respon Struktur Terhadap Beban Gempa 26
3.8 Simpangan Struktur dan Kerusakan Yang Terjadi 29
3.8.1 Simpangan Relatif 29
3.8.2 Simpangan Antar Tingkat (*inter storey drift*) 30
3.8.3 Simpangan Absolut 30
BAB IV METODE PENELITIAN 32
4.1 Data yang Diperlukan 32
4.2 Pengolahan Data 33
4.3 Pengujian 33
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 51
5.1 Analisis 51
5.1.1 Ragam Goyangan (*Mode Shape*) dan Frekuensi Natural 53
5.1.2 Efek Redaman 61
5.1.3 Respon Terhadap Beban Gempa Bumi 65
5.1.4 Tabulasi Hasil Perhitungan Simpangan Relatif dan Antar Tingkat 68
5.2 Pembahasan 77
5.2.1 Simpangan Relatif 77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 99
6.1 Kesimpulan 99
6.2 Saran 100
DAFTAR PUSTAKA 101
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema *MR Damper*	12
Gambar 2.2	Skema pemasangan *MR Damper*	12
Gambar 3.1	Model sistem SDOF akibat beban dinamik	13
Gambar 3.2	Model sistem SDOF akibat gerakan tanah	15
Gambar 3.3	Model sistem MDOF	17
Gambar 3.4	Percepatan tanah Gempa El Centro tahun 1940	21
Gambar 3.5	Model sistem SDOF dengan beban gempa	22
Gambar 3.6	Simpangan struktur akibat gempa	30
Gambar 4.1	Struktur tanpa peredam tambahan	35
Gambar 4.2	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-1	36
Gambar 4.3	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-2	37
Gambar 4.4	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-3	38
Gambar 4.5	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-4	39
Gambar 4.6	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-5	40
Gambar 4.7	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-6	41
Gambar 4.8	Struktur tanpa peredam tambahan	42
Gambar 4.9	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-1	43
Gambar 4.10	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-2	44
Gambar 4.11	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-3	45
Gambar 4.12	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-4	46
Gambar 4.13	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-5	47
Gambar 4.14	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-6	48
Gambar 4.15	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-7	49
Gambar 4.16	Struktur dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-8	50
Gambar 5.1	Model Struktur Bertingkat 6	52

Gambar 5.2 Model Struktur Bertingkat 8 53
Gambar 5.3 Normal Modes struktur 6 tingkat 57
Gambar 5.4 Normal Modes struktur 8 tingkat 58
Gambar 5.5 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 1 dengan variasi letak peredam 78
Gambar 5.6 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 2 dengan variasi letak peredam 79
Gambar 5.7 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 3 dengan variasi letak peredam 80
Gambar 5.8 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 4 dengan variasi letak peredam 81
Gambar 5.9 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 5 dengan variasi letak peredam 82
Gambar 5.10 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 6 dengan variasi letak peredam 83
Gambar 5.11 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 1 dengan variasi letak peredam 85
Gambar 5.12 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 2 dengan variasi letak peredam 86
Gambar 5.13 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 3 dengan variasi letak peredam 87
Gambar 5.14 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 4 dengan variasi letak peredam 88
Gambar 5.15 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 5 dengan variasi letak peredam 89
Gambar 5.16 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 6 dengan variasi letak peredam 91
Gambar 5.17 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 7 dengan variasi letak peredam 92
Gambar 5.18 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 8 dengan variasi letak peredam 93

Gambar 5.19 Hubungan antara simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) dengan variasi letak peredam pada struktur bertingkat 6 97

Gambar 5.20 Hubungan antara simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) dengan variasi letak peredam pada struktur bertingkat 8 98

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1.3.1	Nilai Rasio Redaman Kritis (ξ) pada tiap pengubahan posisi *Magnetorheological Damper* untuk struktur bertingkat 6	66
Tabel 5.1.3.2	Nilai Rasio Redaman Kritis (ξ) pada tiap pengubahan posisi *Magnetorheological Damper* untuk struktur bertingkat 8	66
Tabel 5.1.3.3	Nilai a, b *dan* $\hat{k}$ untuk struktur bertingkat 6 tanpa mempergunakan *Magnetorheological Damper*.....	67
Tabel 5.1.3.4	Nilai a, b *dan* $\hat{k}$ untuk struktur bertingkat 8 tanpa mempergunakan *Magnetorheological Damper*.....	68
Tabel 5.1.4.1	Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 tanpa *Magnetorheological Damper*	69
Tabel 5.1.4.2	Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 1	69
Tabel 5.1.4.3	Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 2	70
Tabel 5.1.4.4	Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 3	70
Tabel 5.1.4.5	Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 4	71

Tabel 5.1.4.6 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 5 71

Tabel 5.1.4.7 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 6 72

Tabel 5.1.4.8 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 tanpa *Magnetorheological Damper* 72

Tabel 5.1.4.9 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 1 73

Tabel 5.1.4.10 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 2 73

Tabel 5.1.4.11 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 3 74

Tabel 5.1.4.12 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 4 74

Tabel 5.1.4.13 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 5 75

Tabel 5.1.4.14 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 6 75

Tabel 5.1.4.15 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 7 76

Tabel 5.1.4.16 Hasil Perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 8 76

Tabel 5.2.1 Perubahan nilai dan prosentase simpangan relatif struktur bertingkat 6 94

Tabel 5.2.2 Perubahan nilai dan prosentase simpangan relatif struktur bertingkat 8 95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Matlab Struktur Bertingkat 6

Lampiran 2. Perhitungan Nilai Rasio Redaman Struktur Bertingkat 6

Lampiran 3. Perhitungan Nilai $a, b \, dan \, \hat{k}$ struktur bertingkat 6

Lampiran 4. Contoh perhitungan nilai q_n untuk struktur bertingkat 6 tanpa *Magnetorheological Damper*

Lampiran 5. Contoh perhitungan nilai simpangan lantai 1 pada struktur bertingkat 6 tanpa *Magnetorheological Damper*

Lampiran 6. Contoh perhitungan nilai q_n untuk struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat I

Lampiran 7. Contoh perhitungan nilai simpangan lantai 1 pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat I

Lampiran 8. Perhitungan Matlab Struktur Bertingkat 8

Lampiran 9. Perhitungan Nilai Rasio Redaman Struktur Bertingkat 8

Lampiran 10. Perhitungan Nilai $a, b \, dan \, \hat{k}$ struktur bertingkat 8

Lampiran 11. Contoh perhitungan nilai q_n untuk struktur bertingkat 8 tanpa *Magnetorheological Damper*

Lampiran 12. Contoh perhitungan nilai simpangan lantai 1 pada struktur bertingkat 8 tanpa *Magnetorheological Damper*

Lampiran 13. Contoh perhitungan nilai q_n untuk struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper*

Lampiran 14. Contoh perhitungan nilai simpangan lantai 1 pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat I

DAFTAR SIMBOL

c	redaman
$[C]$	matrik redaman
$[C_n^*]$	matrik redaman efektif
F_D	gaya redam
F_M	gaya inersia
F_S	gaya tarik atau desak
F_n	gaya horisontal pada lantai ke-n
$\{F\}$	vektor beban
g	percepatan gravitasi
k	kekakuan
$[K]$	matrik kekakuan
$[K_n^*]$	matrik kekakuan efektif
m	massa
$[M]$	matrik massa
$[M_n^*]$	matrik massa efektif
P	gaya luar
P_n^*	vektor beban efektif *mode* ke-n
q_n	modal koordinat ke-n
$\dot{q}_n$	turunan pertama modal koordinat ke-n
$\ddot{q}_n$	turunan kedua modal koordinat ke-n
t	waktu
Δt	perbedaan waktu
y	simpangan struktur
$\dot{y}$	kecepatan struktur
$\ddot{y}$	percepatan struktur

y_g	simpangan tanah
$\dot{y}_g$	kecepatan tanah
$\ddot{y}_g$	percepatan tanah
y_{tot}	simpangan total
$\ddot{y}_n$	percepatan tanah pada waktu ke-*n*
$\{y\}$	Vector simpangan
$\{\dot{y}\}$	Vector kecepatan
$\{\ddot{y}\}$	Vector percepatan
z	generalisasi vektor perpindahan pada *mode* ke-*n*
$\ddot{z}$	generalisasi vektor percepatan pada *mode* 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*
ϕ_n	ragam goyangan (*mode shape*) bentuk ke-*n*
$\{\phi_n\}$	vektor ragam goyangan (*mode shape*) bentuk ke-*n*
ξ	rasio redaman
ω	frekuensi sudut
ω_n	frekuensi natural
Γ_n	Partisipasi faktor *mode* ke-*n*

ABSTRAK

Pada daerah yang rawan gempa, beban gempa harus diperhitungkan dalam analisis strukturnya. Bila terjadi gempa bumi, maka getaran gempa akan merambat ke permukaan tanah dan dapat dirasakan dipermukaan bumi. Getaran tersebut terjadi secara acak dan dalam berbagai arah. Getaran akibat gempa bumi dapat dimanifestasikan dalam bentuk percepatan tanah, kecepatan tanah dan simpangan tanah. Getaran gempa dari lapisan tanah dibawah struktur akan merambat pada struktur, selanjutnya mengakibatkan struktur bergetar. Percepatan massa struktur tersebutlah yang menyebabkan simpangan pada struktur.

Simpangan struktur merupakan salah satu hal yang paling dominan dalam menimbulkan kerusakan pada sebuah bangunan. Secara logika bila kita dapat mengurangi simpangan struktur, maka kita juga dapat mengurangi kerusakan bangunan yang terjadi. Salah satu cara yang dapat kita lakukan untuk mengurangi simpangan tersebut adalah dengan memberi peredam.

Peredaman secara umum dapat diartikan sebagai proses pelesapan energi (energy dissipation) pada suatu benda yang bergerak. Bila kita implementasikan dalam struktur, maka penggunaan peredam dapat membantu mengurangi simpangan relatif struktur yang terjadi.

Dalam penelitian ini dicoba beberapa variasi posisi redaman tunggal, untuk struktur bertingkat 6 dengan 6 variasi dan struktur bertingkat 8 dengan 8 variasi, lalu dibandingkan dengan tanpa menggunakan peredam tambahan. Peredam yang digunakan dalam penelitian ini adalah "Magnetorheoligical Damper".

Dari hasil analisis numeris yang telah dilakukan menunjukan bahwa penggunaan redaman tunggal yang paling optimum untuk struktur bertingkat 6 adalah pada tingkat 4 dan struktur bertingkat 8 pada tingkat 1.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang sangat membahayakan karena sering menimbulkan kerusakan pada struktur tanah maupun pada bangunan yang berada diatasnya dan waktu terjadinya tidak dapat diduga, sehingga sering menimbulkan korban jiwa maupun kerugian material. Kerusakan-kerusakan struktur tanah yang disebabkan oleh gempa bumi antara lain permukaan tanah pecah-pecah, batu yang berjatuhan (*rockfalls*), batu longsor (*rockslides*), penurunan permukaan tanah (*settlement*), tanah longsor (*landslides*), hilangnya daya dukung tanah/likuifikasi (*liquefaction*). Pada gempa Kobe tahun 1995, dominan kerusakan terjadi pada struktur tanah sehingga berakibat tidak berfungsinya bangunan-bangunan diatas permukaan tanah (Widodo, 1996).

Gempa ditinjau dari penyebabnya dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu: gempa runtuhan (*collapse earthquake*), gempa vulkanik (*volcanic earthquake*), gempa ledakan (*explosion earthquake*), gempa tektonik (*tectonic earthquake*). Gempa tektonik adalah gempa yang umumnya paling besar dibanding dengan jenis gempa-gempa yang lain (Widodo, 1996).

Kerusakan struktur akibat gempa berdasarkan pengamatan sejak gempa El Centro, California pada tahun 1940 sampai dengan gempa Kobe, Jepang pada tahun 1995 memiliki banyak kesamaan. Jenis kerusakan struktur bangunan yang pernah terjadi akibat gempa bumi antara lain adalah efek perlemahan tingkat (*soft-storey effects*), rusak geser dan efek dari perilaku kolom dan balok pendek (*shear failure, short column and short beam effects*), perbesaran rotasi total join (*beam column joint*), puntir (*torsi*) dan benturan antar bangunan yang berdekatan (*structural pounding*) (Widodo, 1996).

Bangunan tinggi cenderung bersifat lebih fleksibel atau memiliki periode getar dasar (T) relatif besar, dibanding bangunan pendek. Sifat bangunan tinggi yang lebih fleksibel mengakibatkan simpangan struktur relatif besar, sehingga pengaruh dari P-Δ sangat signifikan (P-Δ *effect*). Simpangan horisontal yang relatif besar dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan tinggi, misalnya: struktur terguling atau terjadi benturan antar bangunan yang letaknya saling berdekatan (*structural pounding*) (Sarwidi, 1999).

Pada daerah rawan gempa, kerusakan-kerusakan struktur bangunan akibat beban gempa dapat dikurangi dengan cara memperhitungkan beban gempa pada analisis perencanaan strukturnya agar bangunan yang direncanakan sesuai dengan prinsip-prinsip bangunan tahan gempa. Penggunaan alat peredam berupa *Magneto-rheological (MR) Damper* diharapkan dapat mempengaruhi perilaku struktur akibat beban dinamik, agar tercapai kestabilan struktur (Spencer dan kawan-kawan, 1996).

Analisis penempatan *Magnetorheological (MR) Damper* dengan tujuan mengurangi simpangan horisontal struktur pada bangunan bertingkat 6 dan bertingkat 8 merupakan pokok bahasan penulisan tugas akhir ini.

1.2 Rumusan Masalah

Bangunan tinggi relatif lebih fleksibel, sehingga gaya gempa dapat mengakibatkan simpangan horisontal yang terjadi relatif semakin besar. Penempatan peredam berupa *Magnetorheological (MR) Damper* dengan tepat, bertujuan untuk memperkecil simpangan horisontal struktur. Pada tingkat berapakah perletakan efektif peredam, sehingga secara maksimal mampu mengurangi simpangan horisontal pada struktur bertingkat 6 dan struktur bertingkat 8?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dipergunakan mengarahkan penelitian, pada analisis penempatan peredam tunggal, untuk mengurangi simpangan horisontal pada bangunan bertingkat 6 dan 8 adalah sebagai berikut ini.

1. Analisis dinamika struktur dibatasi pada kondisi linier elastis.
2. Analisis yang dipergunakan dalam menghitung kekakuan tingkat adalah prinsip bangunan geser (*shear building*).
3. Getaran gempa arah vertikal diabaikan.
4. Kolom tingkat terbawah dianggap menyatu dengan tanah (jepit).
5. Kolom dianggap tidak memiliki massa.
6. Beban gempa yang dipergunakan merupakan data gempa El Centro tahun 1940 (Chopra, 1995).

7. Kapasitas *Magnetorheological (MR) Damper* sebesar 15 kip.sec/in.
8. Nilai rasio redaman (ξ) pada keadaan struktur tanpa peredam tambahan untuk modal ke-1 adalah sebesar 2% – 5%.
9. Massa lantai struktur dianggap menggumpal di satu titik pada lantai (*lumped mass*).
10. Struktur ditinjau dua dimensi dan bergoyang arah horisontal (tidak memperhitungkan *torsi*).
11. Struktur bangunan yang ditinjau adalah model bangunan geser bertingkat 6 dan bertingkat 8.
12. Perhitungan analisis dinamika struktur mempergunakan *Newmark's Acceleration Method* (Chopra, 1995).
13. Analisis hitungan menggunakan program *Matlab Version 5.3.1* dan *Microsoft Excel 2000*.
14. Digunakan dua model perilaku, yaitu model tanpa peredam dan model dengan peredam berupa *Magnetorheological (MR) Damper*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada analisis penempatan efektif peredam tunggal untuk mengurangi simpangan horisontal pada bangunan bertingkat 6 dan 8 adalah untuk mendapatkan letak *Magnetorheological (MR) Damper* yang paling efektif, sehingga mengurangi simpangan horisontal struktur secara maksimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pada analisis penempatan peredam tunggal, untuk mengurangi simpangan struktur pada bangunan bertingkat 6 dan bertingkat 8 antara lain adalah :

1. mengetahui pola ragam goyangan gedung bertingkat genap, apabila dikenai gaya gempa, khususnya bangunan bertingkat 6 dan bertingkat 8,
2. sebagai salah satu alternatif dalam pemilihan pemakaian peredam tambahan, yaitu alat peredam berupa *Magnetorheological (MR) Damper*, dan
3. sebagai salah satu pertimbangan dalam perencanaan analisis dinamika struktur untuk perencanaan struktur tahan gempa.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dalam 6 Bab dengan sitematika penulisan adalah sebagai berikut.

1. Bab I mengenai Pendahuluan yang berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan.
2. Bab II berisi tentang Tinjauan Pustaka, yaitu tentang teori-teori umum mengenai dinamika struktur, pembahasan dari penelitian-penelitian yang pernah dilaksanakan dan *Magnetorheological Damper.*
3. Bab III berisi tentang Landasan Teori yang memuat struktur berderajat kebebasan tunggal (SDOF) akibat beban dinamik dan akibat gerakan tanah, struktur dengan derajat kebebasan banyak (MDOF), *mode shape* dan frekuensi, persamaan gerak

akibat beban gempa, persamaan differensial independen (*uncopling*), respon struktur terhadap beban gempa, dan hipotesis.

4. Bab IV berisi tentang Metode Penelitian atau tata cara penelitian yang meliputi data yang diperlukan, pengolahan data dan jalannya pengujian.
5. Bab V berisi tentang Analisis dan Pembahasan, yaitu dengan penjelasan pada analisis yang meliputi ragam bentuk (*mode shape*) dan frekuensi natural dan efek redaman pada struktur bertingkat 6 dan 8, contoh hitungan struktur bertingkat 6 dan 8 serta tabulasi perhitungan simpangan relatif dan simpangan antar tingkat yang terjadi, sedangkan pembahasan memuat simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan akibat penggunaan *Magnetorheological Damper* pada struktur bangunan bertingkat 6 dan 8, serta bahasan terhadap hasil perhitungan numeris berlandaskan berbagai teori, kepustakaan dan peraturan yang ada.
6. Bab VI berisi tentang Kesimpulan dan Saran yang dapat diambil dari penelitian numeris yang telah dilakukan ini.

Pada bagian akhir tugas akhir ini juga disertakan lampiran-lampiran yang meliputi contoh perhitungan menggunakan program komputer dengan bahasa Matlab dan Excel untuk struktur bertingkat 6 dan 8 tanpa *Magnetorheological Damper* dan struktur bertingkat 6 dan 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 1.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan suatu kumpulan informasi yang berupa buku-buku, brosur-brosur, jurnal-jurnal dari sebuah *home page* dan hasil penelitian sebelumnya yang digunakan untuk menyusun konsep dan langkah-langkah penelitian sebagai kelanjutan atau penyempurnaan, sekaligus untuk menghindari duplikasi dari penelitian sebelumnya. Acuan sebuah alat yang digunakan untuk mengurangi respon struktur akibat beban gempa pada tugas akhir ini juga akan diuraikan.

2.1 Tinjauan Umum

Dalam analisis dinamika struktur, massa merupakan elemen yang sangat berpengaruh terhadap respon struktur (Paz, 1997).

Simpangan struktur yang terlalu besar dapat mengakibatkan kerusakan pada sebuah struktur. Peredaman adalah proses pelesapan energi (*energy dissipation*) oleh beberapa mekanisme yang bekerja secara bersamaan. Nilai redaman strukutur yang melekat pada bangunan struktur adalah relatif kecil, sehingga untuk mengurangi respon gempa perlu dipergunakan peredam tambahan (Chopra, 1995).

Massa dan kekakuan struktur pada umumnya dapat dievaluasi secara agak mudah, baik dengan pertimbangan fisis yang sederhana atau dengan pernyataan tergeneralisasi, sedangkan mekanisme dasar kehilangan energi pada struktur-struktur

jarang diketahui secara lengkap, oleh karena itu pada umumnya tidak mungkin untuk menentukan koefisien redaman dengan cara hubungan pernyataan peredaman tergeneralisasi. Peredaman pada kebanyakan sistem struktur harus dievaluasi secara langsung dengan metode percobaan (Clough, 1982).

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini yang berupa penelitian-penelitian yang pernah dilaksanakan, adalah penelitian yang dilakukan oleh Rachmawati dan Wismawati (1999), penelitian yang dilakukan oleh Suprapti dan Novitasari (1999), penelitian yang telah dilakukan oleh Elfira dan Juhartono (2000), penelitian yang dilakukan oleh Pramulanto dan Nurianawati (2000), serta penelitian yang dilakukan oleh Khoir dan Ariffin (2000).

1. Penelitian Rachmawati dan Wismawati (1999)

Penelitian yang dilakukan oleh kedua peneliti ini mengambil pokok bahasan mengenai **Analisis Pengaruh Tinggi Dinding Geser Akibat Beban Lateral Gempa Pada Tinjauan Portal 2 Dimensi**. Pada penelitian ini digunakan beban gempa berupa *Static Lateral*, seperti yang tercantum dalam PPTGIUG tahun 1983. Peneliti mempergunakan dinding geser sebagai peredam untuk mengurangi simpangan antar tingkat maupun simpangan horisontal struktur. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa tinggi efektif penggunaan dinding geser sepanjang ¾ dari tinggi gedung (¾ H).

2. Penelitian Suprapti dan Novitasari (1999)

Penelitian yang dilakukan oleh kedua peneliti ini mengambil topik mengenai **Pengubahan Posisi Redaman Untuk Mengurangi Struktural Pounding Pada Bangunan Bertingkat Tinggi**. Pada penelitian ini peneliti mencoba memvariasikan

letak *Magnethorheological Damper* untuk mengurangi simpangan maksimum yang terjadi, sehingga dapat memberikan kontribusi dalam mengatasi permasalahan *Struktural Pounding*. Peneliti menggunakan model struktur bangunan geser bertingkat 5, beban gempa berupa gempa *El Centro* tahun 1940, peredam berupa *Magnethorheological Damper*. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa posisi *Magnethorheological Damper* untuk menghindari *Structural Pounding* pada bangunan bertingkat 5 terletak pada tingkat 3.

3. Penelitian Elfira dan Juhartono (2000)

Kedua peneliti ini mengambil pokok bahasan berupa **Penempatan Efektif Redaman Ganda Untuk Mengurangi Simpangan Pada Bangunan Tingkat Tinggi.** Penelitian ini bersifat penyempurnaan dari penelitian Novitasari dan Suprapti, pada penelitian ini peneliti mencoba memvariasikan letak dan jumlah peredam yang dipergunakan. Penelitian ini dihasilkan kesimpulan bahwa letak effektif *Magnethorheological Damper* terletak pada tingkat 3 dan tingkat 5.

4. Penelitian Pramulanto dan Nurianawati (2000)

Kedua peneliti ini mencoba mengambil pokok bahasan **Pengaruh Variasi Massa Baliho Terhadap Simpangan, Gaya Geser dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Lima**. Analisis dinamika struktur yang dipergunakan peneliti adalah metode *Central Difference* yang bersifat *Conditionally Stable*. Pada hasil penelitian ditemukan hasil berupa simpangan yang imajiner pada variasi massa baliho 0.005 wt dan 0.0075 wt dengan kekakuan sesuai periode 50 % T1.

5. Penelitian Khoir dan Ariffin (2000)

Pada penelitian ini kedua peneliti mengambil topik **Analisis Pengaruh Perubahan Kekakuan Tingkat Secara Serentak Terhadap Gaya Geser Dasar Dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Banyak Dengan Beban Gempa Berupa Time History**. Analisis dinamika struktur yang digunakan pada penelitian ini pada awalnya mempergunakan Metode *Central Difference*, namun didapatkan hasil berupa simpangan yang nilainya sangat besar, sehingga peneliti melakukan perubahan terhadap metode yang dipergunakan, yaitu mempergunakan metode *Newmark's Acceleration Method* yang bersifat *Unconditionally Stable*.

2.2 Pembahasan

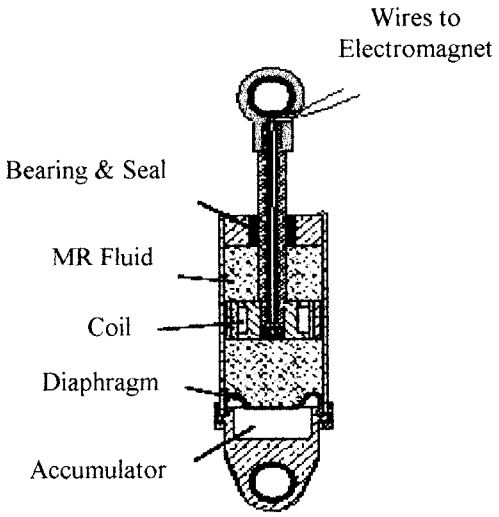
Dari penelitian yang telah dilakukan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan *Static Lateral* belum menghasilkan solusi yang optimal, sehingga masih diperlukan penelitian dengan mempergunakan beban gempa yang sesungguhnya yang berupa riwayat waktu (*time history*). Penggunaan *Central Difference Method* memiliki keterbatasan, dibuktikan dengan adanya dua penelitian yang mendapatkan hasil simpangan yang imajiner.

2.3 Magnetorheological Damper

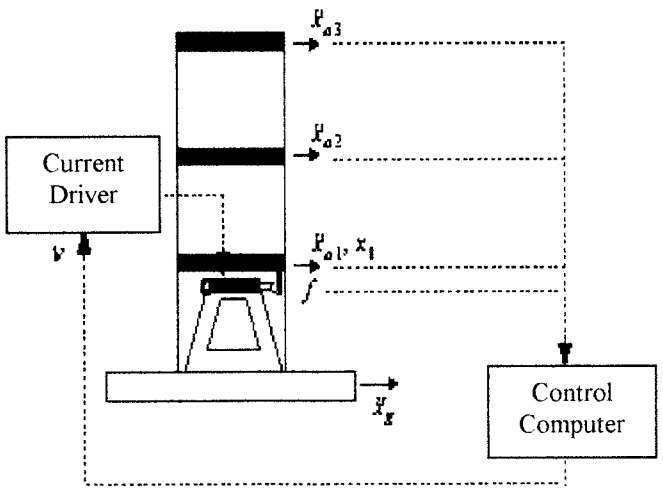
Hasil sebuah studi memperlihatkan bahwa respon struktur terhadap gempa bumi dapat dikurangi secara signifikan seiring bertambahnya nilai peredaman. Hasil uji memperlihatkan bahwa meskipun peredam dapat mengurangi respon struktur terhadap gempa, tetapi alat tersebut juga sangat tergantung pada temperatur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

Magnetorheological Damper (Gambar 2.1) adalah sebuah alat kontrol struktur yang dapat mengurangi respon strukutur akibat beban gempa, dikembangkan oleh *Lord Corporation. Magnetorheological Damper* menggunakan *MR Fluids* yang terdiri dari *silicone oil.* Jika sebuah gaya magnet bekerja maka partikel yang berada pada cairan tersebut akan membentuk suatu rantai partikel dan cairan tersebut akan menjadi semi solid, sehingga bersifat *semi-solid.* Magneto-Rheological Damper mempunyai beberapa karakter yang atraktif, tegangan leleh tinggi, elastisitas yang rendah dan dapat bekerja pada temperatur -40°–150°, sehingga dapat dipergunakan di struktur tidak terlindung (misal: struktur jembatan, menara) atau dipergunakan struktur terlindung (misal: struktur gedung).

Magnetorheological Damper mempunyai ukuran panjang 21,5 cm, dan silinder dengan garis tengah 3,8 cm. Silinder utama merupakan tempat dari *piston*, kumparan magnet, *accumulator* dan *MR fluids* sebanyak 50 ml. *Magnetorheological Damper* digerakkan oleh sebuah elektromagnetik pada kepala penghisap yang terhubung dengan sumber energi. Energi yang diperlukan untuk mengaktifkan alat dapat berupa sumber tenaga arus DC dengan beda potensial sebesar 0 – 3 Volt, sehingga dapat dioperasikan dengan mempergunakan baterai kamera. Skema pemasangan *Magnetorheological Damper* (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)

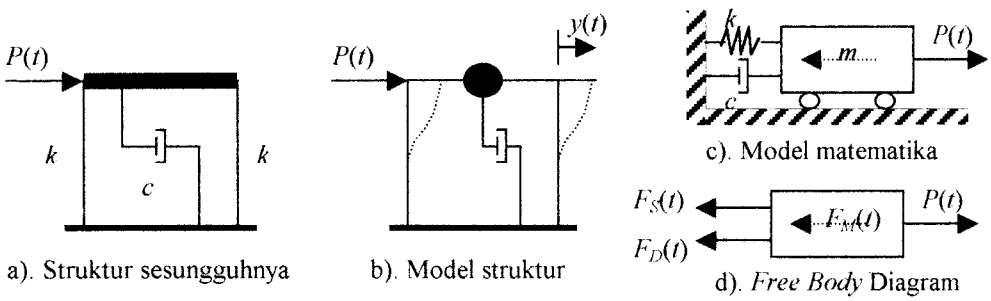
BAB III

LANDASAN TEORI

Landasan teori berupa teori-teori yang akan dipergunakan sebagai tuntunan untuk memecahkan masalah yang dihadapi. Dalam Bab III ini memuat teori-teori dinamika struktur, model-model matematika dan penjabarannya.

3.1 Struktur Berderajat Kebebasan Tunggal (SDOF) Akibat Pembebanan Dinamik

Beban dinamik seperti beban akibat putaran mesin atau beban akibat beban angin akan membebani secara langsung pada struktur bangunan dan umumnya dianggap bekerja secara langsung pada elevasi lantai, misalnya beban akibat putaran mesin $P(t) = P_O \sin \omega t$. Model sistem dengan derajat kebebasan tunggal akibat pembebanan dinamika ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Model sistem SDOF akibat beban dinamika

Berdasarkan keseimbangan dinamik dengan *free body diagram* sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1(d) adalah

$$F_M(t) + F_D(t) + F_S(t) = P(t) \tag{3.1}$$

dengan

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

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

Substitusi persamaan (3.2) ke dalam persamaan (3.1), sehingga persamaan diatas dapat ditulis menjadi,

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

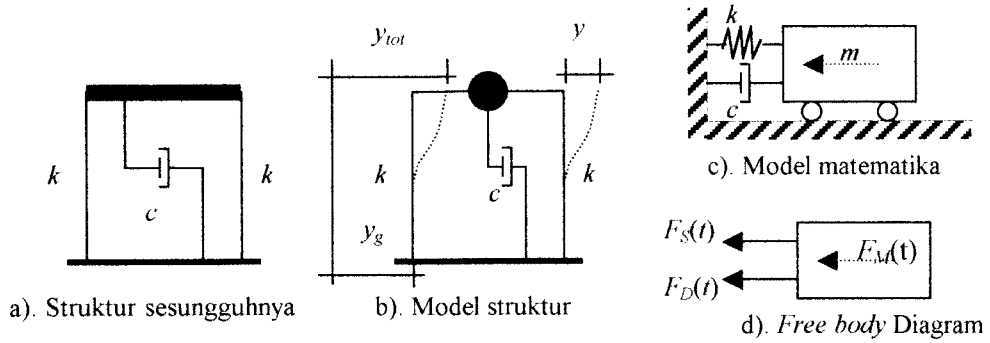
Persamaan diatas, disebut persamaan differensial gerakan (*differential equation of motion*) pada struktur dengan derajat kebebasan tunggal. Untuk selanjutnya $\ddot{y}(t)$, $\dot{y}(t)$, $y(t)$, $P(t)$ masing-masing adalah percepatan, kecepatan, simpangan dan beban gempa yang merupakan fungsi dari waktu, penulisannya dapat disederhanakan menjadi $\ddot{y}$, $\dot{y}$, y , P , sehingga persamaan (3.3) dapat ditulis dengan

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = P \tag{3.4}$$

3.2 Struktur Berderajat Kebebasan Tunggal (SDOF) Akibat Gerakan Tanah

Beban dinamik yang umum diperhitungkan didalam struktural analisis selain beban angin adalah beban gempa. Gempa bumi akan menyebabkan getaran pada tanah. Getaran pada permukaan tanah menyebabkan percepatan tanah dan simpangan

horisontal (*horizontal displacement*). Didalam hal ini mempergunakan anggapan bahwa fondasi dan tanah pendukung bergerak bersama-sama (Widodo, 1996).



Gambar 3.2. Model sistem SDOF akibat gerakan tanah

Model sistem dengan derajat kebebasan tunggal akibat gerakan tanah ditunjukkan dalam Gambar 3.2. Berdasar *free body diagram* yang ditunjukkan pada Gambar 3.2(d), maka persamaan differensial gerakan adalah

$$m\ddot{y}_{tot} + c\dot{y}_{tot} + k y_{tot} = 0 \qquad (3.5)$$

Persamaan (3.5) merupakan kondisi khusus dari persamaan (3.4). Akibat gempa bumi, tanah mempunyai percepatan, kecepatan, simpangan masing-masing sebesar $\ddot{y}_g$, $\dot{y}_g$, dan y_g terhadap posisi awal, maka

$$\ddot{y}_{tot} = \ddot{y}_g + \ddot{y}, \qquad \dot{y}_{tot} = \dot{y}_g + \dot{y}, \qquad \text{dan} \qquad y_{tot} = y_g + y \qquad (3.6)$$

Dengan mendistribusikan persamaan (3.6) ke dalam persamaan (3.5), maka persamaan (3.5) dapat ditulis menjadi

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = -m\ddot{y}_g - c\dot{y}_g - k y_g \qquad (3.7)$$

Pada kondisi *rigid body motion* dianggap antara tanah dan struktur tidak terjadi simpangan dan kecepatan. Dengan demikian persamaan (3.7) menjadi

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = -m\ddot{y}_g \qquad (3.8)$$

$$\ddot{y} + \frac{c}{m}\dot{y} + \frac{k}{m}y = -\ddot{y}_g \qquad (3.9)$$

Dalam prinsip dinamika struktur diperoleh hubungan

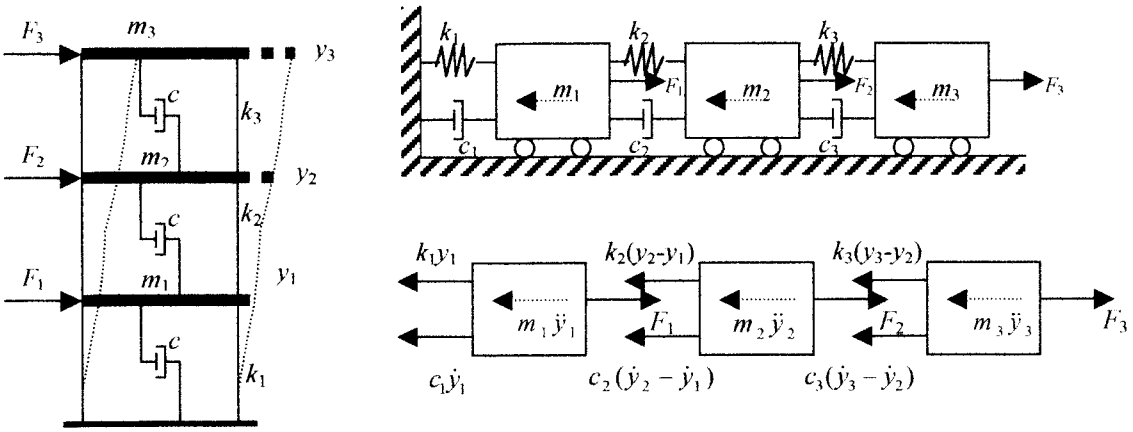
$$\frac{k}{m} = \omega^2 \qquad \frac{c}{m} = 2\xi\omega$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{(rad/dt)}, \quad \omega = \text{angular frequency} \qquad (3.10)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{(dt)}, \quad T = \text{periode} \qquad (3.11)$$

3.3 Struktur Dengan Derajat Kebebasan Banyak (MDOF)

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



a). Struktur MDOF

b). Model Matematika dan *Free Body* Diagram

Gambar 3.3 Model sistem MDOF

Pada struktur bangunan gedung bertingkat tiga seperti pada Gambar 3.3(a), struktur akan mempunyai tiga derajat kebebasan, sehingga struktur yang mempunyai *n* - tingkat akan mempunyai *n* - derajat kebebasan dan mempunyai *n* - modes. Persamaan differensial gerakan pada struktur seperti pada Gambar 3.3(a) disusun berdasarkan atas goyangan struktur menurut mode pertama. Berdasarkan keseimbangan dinamik seperti pada Gambar 3.3(c), maka akan diperoleh persamaan,

$$m_1 \ddot{y}_1 + c_1 \dot{y}_1 + k_1 y_1 - c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - k_2 (y_2 - y_1) = F_1 \quad (3.12a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + k_2 (y_2 - y_1) - c_3 (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) - k_3 (y_3 - y_2) = F_2 \quad (3.12b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3 + c_3 (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) + k_3 (y_3 - y_2) = F_3 \quad (3.12c)$$

Persamaan-persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk matriks yang lebih ringkas,

$$[M]\{\ddot{y}\} + [C]\{\dot{y}\} + [K]\{y\} = \{F\} \quad (3.13)$$

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

$$[M]=\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \tag{3.14a}$$

$$[K]=\begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2+k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \tag{3.14b}$$

$$[C]=\begin{bmatrix} c_1+c_2 & -c_2 & 0 \\ -c_2 & c_2+c_3 & -c_3 \\ 0 & -c_3 & c_3 \end{bmatrix} \tag{3.14c}$$

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

$$\{\ddot{y}\}=\begin{Bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{y}_3 \end{Bmatrix}, \quad \{\dot{y}\}=\begin{Bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \end{Bmatrix}, \quad \{y\}=\begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{Bmatrix} \quad \text{dan} \quad \{F\}=\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{Bmatrix} \tag{3.15}$$

3.4 *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 pergerakan massa tersebut disebut dengan getaran bebas (*free vibration system*). Gerakan suatu massa disebabkan adanya pembebanan dari luar misalnya beban angin, beban gempa dan lainnya, maka gerakan massa dikelompokkan sebagai gerakan dipaksa (*forced vibration system*). Untuk menyederhanakan permasalahan anggapan bahwa massa bergetar bebas (*free vibration system*) akan sangat membantu untuk menyelesaikan analisis dinamika struktur.

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

$$[M]\{\ddot{y}\}+[C]\{\dot{y}\}+[K]\{y\}=\{0\} \tag{3.16}$$

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

Maka persamaan (3.16) akan menjadi

$$[M]\{\ddot{y}\}+[K]\{y\}=\{0\} \tag{3.17}$$

Persamaan (3.17) diasumsikan pada getaran bebas, maka vektor $\{y\}$ berbentuk

$$\{y\}=\{\phi\}z \tag{3.18a}$$
$$\{\ddot{y}\}=\{\phi\}\ddot{z} \tag{3.18b}$$

dengan $\{\phi\}$ adalah vektor *mode shape* yaitu suatu vektor yang tidak berdimensi, yang memiliki paling sedikit sebuah elemen yang tidak sama dengan nol. Sedangkan z dan $\ddot{z}$ adalah vektor perpindahan dan vektor percepatan yang merupakan fungsi dari waktu. Jika persamaan (3.18) disubtitusikan ke dalam persamaan (3.17) maka akan didapatkan

$$[M]\{\phi\}\ddot{z}+[K]\{\phi\}z=\{0\} \tag{3.19}$$

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

$$\ddot{z}+(\text{constan})z=0 \tag{3.20}$$

Jika konstanta di atas adalah ω_n^2 (*undamped natural frequency*), maka persamaan (3.20) akan menjadi

$$\ddot{z} + \omega^2 z = 0 \tag{3.21}$$

Persamaan di atas diselesaikan dengan

$$z = A \sin \omega t \tag{3.22}$$

sehingga persamaan (3.18) akan menjadi

$$\{y\} = \{\phi\} A \sin \omega t \tag{3.23a}$$
$$\{\ddot{y}\} = -\omega^2 \{\phi\} A \sin \omega t \tag{3.23b}$$

Persamaan (3.23) disubstitusikan ke dalam persamaan (3.17) didapatkan

$$(-\omega^2 [M]\{\phi\} + [K]\{\phi\} \sin \omega t) = 0 \tag{3.24}$$

Persamaan (3.24) akan ada penyelesaiannya (*nontrivial solution*), jika A dan ω keduanya adalah tidak sama dengan nol, sehingga

$$\{[K] - \omega^2 [M]\}\{\phi\} = 0 \tag{3.25}$$

Persamaan (3.25) akan ada penyelesaiannya atau suatu sistem akan ada amplitudo yang terbatas apabila nilai determinan ($\{[K] - \omega^2[M]\}$) adalah nol, sehingga

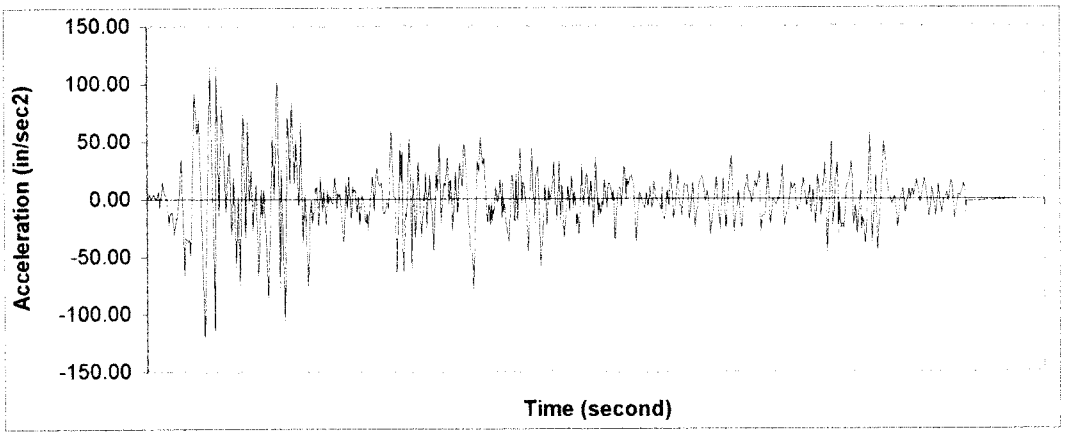
$$[K] - \omega^2 [M] = 0 \tag{3.26}$$

Persamaan (3.26) disebut dengan *eigenproblem*. Nilai determinan pada persamaan (3.26) akan menghasilkan suatu persamaan polinomial dengan derajat ke-n yaitu $\lambda = \omega^2$, kemudian nilai λ disubtitusikan dengan persamaan (3.25) maka akan menghasilkan nilai *mode shape* $\{\phi\}_n$ dan simpangan $(y)_n$. Indeks n menunjukkan ragam/pola goyangan.

3.5 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, dapat diartikan beban gempa berubah setiap detik. Beban lain biasanya bekerja pada arah vertikal, tetapi beban gempa bekerja secara simultan pada arah vertikal maupun horisontal bahkan beban gempa dapat berupa putaran (Hu dan kawan-kawan, 1996).

Analisis yang didasarkan pada riwayat waktu dapat digunakan sebagai beban gempa yang berpengaruh pada struktur. Pada tugas akhir ini dipakai analisa riwayat waktu gempa El Centro 1940 berupa percepatan tanah dalam satuan unit cm/sec^2, yang kemudian diubah ke dalam satuan unit in/sec^2 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.4.



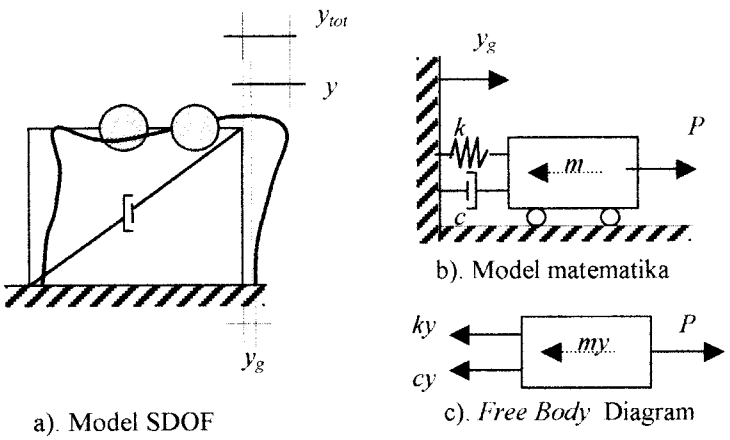
Gambar 3.4. Percepatan tanah Gempa El Centro tahun 1940

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)

$$y_{tot} = y + y_g \tag{3.27}$$



Gambar 3.5. Model sistem SDOF dengan beban gempa

Persamaan gerakan struktur yang dikenai beban gempa, dapat diturunkan melalui suatu pendekatan yang sama seperti pada persamaan gerakan struktur berderajat kebebasan tunggal, Gambar 3.5(a), sedangkan model matematisnya pada Gambar 3.5(b).

Dengan mensubstitusikan persamaan (3.2) ke dalam persamaan (3.1)dan menggunakan model satu derajat kebebasan pada Gambar 3.5, maka akan didapatkan persamaan

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = -m\ddot{y}_g \tag{3.28}$$

3.6 Persamaan Differensial 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 horisontal tiap-tiap massa. Simpangan massa ke-m atau y_m dapat diperoleh dengan menjumlahkan pengaruh atau kontribusi tiap-tiap modes. Kontribusi mode ke-n terhadap simpangan horisontal massa ke-m tersebut dinyatakan dalam produk antara ϕ_{mn} dengan suatu modal amplitudo Z_n yang dinyatakan dalam bentuk

$$\{Y\} = [\phi]\{Z\} \tag{3.29a}$$
$$\{\dot{Y}\} = [\phi]\{\dot{Z}\} \tag{3.29b}$$
$$\{\ddot{Y}\} = [\phi]\{\ddot{Z}\} \tag{3.29c}$$

Subtitusi persamaan (3.29) ke dalam persamaan (3.28) akan diperoleh

$$[M][\phi]\{\ddot{Z}\} + [C][\phi]\{\dot{Z}\} + [K][\phi]\{Z\} = -[M]\{1\}\ddot{y}_g$$

(3.30)

Apabila persamaan (3.30) dikalikan dengan *transpose* suatu mode $\{\phi\}^T$, maka

$$\{\phi\}^T[M][\phi]\{\ddot{Z}\} + \{\phi\}^T[C][\phi]\{\dot{Z}\} + \{\phi\}^T[K][\phi]\{Z\} = -\{\phi\}^T[M]\{1\}\ddot{y}_g \tag{3.31}$$

Misal, diambil struktur yang mempunyai 3 derajat kebebasan, maka suku pertama persamaan (3.31) berbentuk

$$\{\phi_{11} \quad \phi_{21} \quad \phi_{31}\}\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \phi_{13} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \phi_{23} \\ \phi_{31} & \phi_{32} & \phi_{33} \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \ddot{Z}_1 \\ \ddot{Z}_2 \\ \ddot{Z}_3 \end{Bmatrix} \tag{3.32}$$

Berdasarkan hubungan orthogonal, maka untuk mode ke-1 persamaan (3.32) akan menjadi

$$\{\phi_{11} \quad \phi_{21} \quad \phi_{31}\}\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \phi_{11} \\ \phi_{21} \\ \phi_{31} \end{Bmatrix}\ddot{Z}_1 \tag{3.33}$$

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

$$\{\phi\}_m^T[M]\{\phi\}_n = 0 \tag{3.34a}$$
$$\{\phi\}_m^T[K]\{\phi\}_n = 0 \tag{3.34b}$$
$$\{\phi\}_m^T[C]\{\phi\}_n = 0 \tag{3.34c}$$

Untuk mode ke-n maka secara umum persamaan (3.33) dapat ditulis dengan

$$\{\phi\}_n^T[M]\{\phi\}_n\ddot{Z}_n \tag{3.35}$$

Cara diatas juga berlaku untuk suku ke-2 dan ke-3 pada persamaan (3.30). Berdasarkan hubungan orthogonal persamaan (3.31) akan menjadi

$$\{\phi\}_n^T[M]\{\phi\}_n\ddot{Z}_n + \{\phi\}_n^T[C]\{\phi\}_n\dot{Z}_n + \{\phi\}_n^T[K]\{\phi\}_n Z_n = -\{\phi\}_n^T[M]\{1\}\ddot{y}_g \tag{3.36}$$

Persamaan (3.36) adalah persamaan differensial yang bebas/*independent* antara satu dengan yang lain. Persamaan tersebut diperoleh setelah diterapkan hubungan orthogonal, baik orthogonal matrik massa, matrik redaman dan matrik kekakuan.

Dengan demikian untuk *n* derajat dengan *n* persamaan diferensial yang dahulu bersifat *coupling* sekarang menjadi *independent uncoupling*. Berdasarkan sifat-sifat tersebut maka persamaan differensial dapat diselesaikan untuk setiap pengaruh mode.

Berdasarkan persamaan (3.36) maka dapat didefinisikan suatu generalisasi massa (*generalized mass*), redaman dan kekakuan sebagai berikut

$$M_n^* = \{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \tag{3.37a}$$

$$C_n^* = \{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n \tag{3.37b}$$

$$K_n^* = \{\phi\}_n^T [K] \{\phi\}_n \tag{3.37c}$$

Dengan definisi seperti pada persamaan (3.37) maka persamaan (3.36) akan menjadi

$$M_n^* \ddot{Z}_n + C_n^* \dot{Z}_n + K_n^* Z_n = -P_n^* \ddot{y}_g \tag{3.38}$$

dengan

$$P_n^* = \{\phi\}_n^T [M] \{1\} \tag{3.39}$$

Terdapat suatu hubungan bahwa

$$\xi_n = \frac{C_n^*}{C_{cr}^*} = \frac{C_n^*}{2M_n^* \omega_n} \text{ , maka } \frac{C_n^*}{M_n^*} = 2\xi_n \omega_n \tag{3.40a}$$

$$\omega_n^2 = \frac{K_n^*}{M_n^*} \text{ dan } \Gamma_n = \frac{P_n^*}{M_n^*} \tag{3.40b}$$

Dengan hubungan-hubungan seperti pada persamaan (3.40), maka persamaan (3.39) akan menjadi

$$\ddot{Z}_n + 2\xi_n \omega_n \dot{Z}_n + \omega_n^2 Z_n = -\Gamma_n \ddot{y}_g \tag{3.41}$$

dan

$$\Gamma_n = \frac{P_n^*}{M_n^*} = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \tag{3.42}$$

Persamaan (3.42) sering disebut dengan partisipasi setiap mode atau *mode participation factor*. Selanjutnya persamaan (3.41) juga dapat ditulis menjadi

$$\frac{\ddot{Z}_n}{\Gamma_n} + 2\xi_n\omega_n\frac{\dot{Z}_n}{\Gamma_n} + \omega_n^2\frac{Z_n}{\Gamma_n} = -\ddot{y}_g \tag{3.43}$$

Apabila diambil suatu notasi bahwa

$$\ddot{q}_n = \frac{\ddot{Z}_n}{\Gamma_n}\ ,\ \dot{q}_n = \frac{\dot{Z}_n}{\Gamma_n}\ dan\ q_n = \frac{Z_n}{\Gamma_n} \tag{3.44}$$

Maka persamaan (3.43) menjadi

$$\ddot{q}_n + 2\xi_n\omega_n\dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = -\ddot{y}_g \tag{3.45}$$

Persamaan (3.45) adalah persamaan diferensial yang *independent* karena persamaan tersebut hanya berhubungan dengan tiap-tiap mode.

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

3.7 Respon Struktur Terhadap Beban Gempa

Persamaan gerakan yang disebabkan adanya beban gempa dapat diselesaikan dengan persamaan (3.45). Nilai q_n dapat diperoleh dengan membandingkan antara persamaan (3.45) dengan persamaan gerakan mode ke-*n* sistem dari SDOF. Sistem SDOF mempunyai frekuensi natural (*natural frequency*) (ω_n) dan rasio redaman (ξ_n) mode ke-*n* dari sistem MDOF, dengan $n = 1, 2, 3, \ldots, i$.

Nilai yang akan dicari adalah q_n, misalnya dipergunakan metode *Newmark's Acceleration Method* untuk *unconditionally stable procedures*, maka proses integrasi adalah sebagai berikut.

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

$$\dot{q}_{n+1} = \dot{q}_n + [(1-\gamma)\Delta t]\ddot{q}_n + (\gamma \cdot \Delta t)\ddot{q}_{n+1}$$
$$q_{n+1} = q_n + (\Delta t)\dot{q}_n + [(0.5-\beta)(\Delta t)^2]\ddot{q}_n + [\beta(\Delta t)^2]\ddot{q}_{n+1} \qquad (3.46)$$

Parameter γ dan β untuk *Newmark's Average Acceleration Method* adalah $\gamma = 1/2$ dan $\beta = 1/4$, persamaan (3.46) kemudian disubstitusikan ke persamaan berikut,

$$\Delta q_n = q_{n+1} - q_n \qquad \Delta \dot{q}_n = \dot{q}_{n+1} - \dot{q}_n \qquad \Delta \ddot{q}_n = \ddot{q}_{n+1} - \ddot{q}_n \qquad (3.47a)$$
$$\Delta \ddot{y}_n = \ddot{y}_{n+1} - \ddot{y}_n \qquad (3.47b)$$

Dari substitusi persamaan (3.46) ke persamaan (3.47) diperoleh

$$\Delta \dot{q}_n = (\Delta t)\ddot{q}_n + (\gamma \cdot \Delta t)\Delta \ddot{q}_n \qquad (3.48a)$$
$$\Delta q_n = (\Delta t)\dot{q}_n + \frac{(\Delta t)^2}{2}\ddot{q}_n + \beta(\Delta t)^2 \Delta \ddot{q}_n \qquad (3.48b)$$

Dari persamaan (3.48b) diperoleh

$$\Delta \ddot{q}_n = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2}\Delta q_n - \frac{1}{\beta \cdot \Delta t}\dot{q}_n - \frac{1}{2\beta}\ddot{q}_n \qquad (3.49)$$

Substitusi persamaan (3.49) ke dalam persamaan (3.48a), akan diperoleh persamaan

$$\Delta \dot{q}_n = \frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t}\Delta q_n - \frac{\gamma}{\beta}\dot{q}_n + \Delta t\left(1 - \frac{\gamma}{2\beta}\right)\ddot{q}_n \qquad (3.50)$$

Substitusikan persamaan (3.49) dan persamaan (3.50) ke dalam persamaan (3.45), akan diperoleh

$$\left(\omega^2+\frac{2\xi\omega\gamma}{\beta\cdot\Delta t}+\frac{1}{\beta(\Delta t)^2}\right)\Delta q_n=\Delta\ddot{y}_n+\left(\frac{1}{\beta\cdot\Delta t}+\frac{2\xi\omega\gamma}{\beta}\right)\dot{q}_n+\left[\frac{1}{2\beta}+\Delta t\left(\frac{\gamma}{2\beta}-1\right)2\xi\omega\right]\ddot{q}_n \quad (3.51)$$

Persamaan (3.51) dapat ditulis menjadi,

$$\Delta q_n=\frac{\Delta\ddot{y}_n+a\cdot\dot{q}_n+b\cdot\ddot{q}_n}{\hat{k}} \quad (3.52)$$

dengan

$$a=\left[\frac{4}{\Delta t}+4\xi\omega\right] \quad (3.53a)$$

$$b=2 \quad (3.53b)$$

$$\hat{k}=\left[\omega^2+\frac{4\xi\omega}{\Delta t}+\frac{4}{\Delta t^2}\right] \quad (3.53c)$$

Untuk memulai iterasi diperlukan anggapan dimana

$$q_0=0 \quad (3.54a)$$

$$\dot{q}_0=0 \quad (3.54b)$$

$$\ddot{q}_0=0 \quad (3.54c)$$

maka

$$q_{n+1}=q_n+\Delta q_n \quad (3.55a)$$

$$\dot{q}_{n+1}=\dot{q}_n+\Delta\dot{q}_n \quad (3.55b)$$

$$\ddot{q}_{n+1}=\ddot{q}_n+\Delta\ddot{q}_n \quad (3.55c)$$

sehingga

$$\ddot{q}_0=\ddot{y}_0-\dot{q}_0 2\xi\omega-\ddot{q}\omega^2=0 \quad (3.56a)$$

$$\Delta\dot{q}_n=\frac{2}{\Delta t}\Delta q_n-2\dot{q}_n \quad (3.56b)$$

$$\Delta\ddot{q}_n=\frac{4}{(\Delta t)^2}\left(\Delta q_n-\Delta t\dot{q}_n\right)-2\ddot{q}_n \quad (3.56c)$$

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

$$y_n = \Gamma_n \phi_n q_n \tag{3.57}$$

Simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) dari suatu titik pada suatu lantai harus ditentukan sebagai simpangan horisontal titik itu, relatif terhadap titik yang sesuai pada lantai dibawahnya. Perbandingan antara simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) dan tinggi tingkat yang bersangkutan tidak boleh melampaui 0.005, dengan ketentuan bahwa dalam segala hal simpangan tersebut tidak boleh melebihi dari 2 cm (PPKGRG,1987).

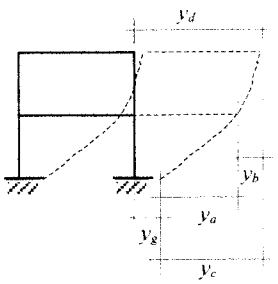
3.8 Simpangan Struktur dan Kerusakan Yang Terjadi

Gaya gempa dapat mengakibatkan terjadinya simpangan pada suatu struktur. Simpangan yang terlalu besar dapat menimbulkan kerusakan pada struktur. Kerusakan yang ditimbulkan antara lain adalah kerusakan struktur akibat benturan antar gedung yang berdekatan (*structural pounding*) dan kerusakan struktur akibat adanya efek perlemahan tingkat (*soft-storey effects*).

3.8.1 Simpangan Relatif

Simpangan relatif adalah simpangan suatu massa yang dihitung relatif terhadap pondasi. Simpangan relatif dapat mengakibatkan benturan antar bangunan (*struktural pounding*). Masalah *structural pounding* terjadi apabila bangunan-bangunan letaknya berdekatan dan periode getaran strukturnya berlainan, hal ini dapat menyebabkan kerusakan yang fatal pada bangunan bahkan dapat menyebabkan kerusakan total. Pencegahannya dapat dilakukan dengan memperhitungkan jarak

antara dua bangunan yang saling berdekatan atau dengan memberikan peredam tambahan pada struktur tersebut.



Gambar 3.6 Simpangan struktur akibat gempa

Dari Gambar 3.6 dapat dilihat bahwa y_c merupakan simpangan relatif lantai 2 terhadap pondasi, sedangkan y_a adalah simpangan relatif lantai 1 terhadap pondasi.

3.8.2 Simpangan Antar Tingkat (*inter storey drift*)

Simpangan antar tingkat adalah simpangan yang terjadi antara lantai tingkat terhadap lantai tingkat dibawahnya. Simpangan antar tingkat yang besar dapat menimbulkan efek perlemahan tingkat (*soft-storey effects*) dan jenis kerusakan tingkat yang lain, sehingga dapat mengakibatkan keruntuhan struktur secara mendadak. Dari Gambar 3.6 dapat dilihat bahwa y_b adalah simpangan antar tingkat antara lantai tingkat 2 terhadap lantai tingkat 1, sedangkan y_a merupakan simpangan antar tingkat untuk lantai tingkat 1.

3.8.3 Simpangan Absolut

Simpangan absolut adalah perhitungan simpangan suatu struktur yang memperhitungkan simpangan pada tanah atau pergeseran pada tanah. Akibat gempa

bumi, suatu struktur dapat mengalami perpindahan letak dan perpindahan lantai tingkat. Berdasarkan Gambar 3.6 dapat dilihat bahwa y_d merupakan simpangan absolut yang terjadi akibat gempa bumi.

Hubungan antara simpangan absolut dengan simpangan relatif maupun simpangan antar tingkat berdasarkan Gambar 3.6 dapat ditulis sebagai berikut,

$$y_c = y_a + y_b$$
$$y_d = y_g + y_a + y_b = y_g + y_c$$

HIPOTESIS

Perletakan *Magnetorheological (MR) Damper* tunggal dengan kemampuan meredam sebesar 15 kip/(in/sec) di tingkat 3 pada struktur bangunan bertingkat 6 dan di tingkat 4 pada struktur bangunan bertingkat 8, efektif mengurangi simpangan horisontal yang terjadi akibat adanya beban gempa El Centro.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan yang diuraikan menurut suatu urutan yang sistematis. Metode yang dipergunakan dalam penelitian tugas akhir ini meliputi penggunaan data yang diperlukan, pengolahan data dan pengujian yang akan dilaksanakan.

4.1 Data yang Diperlukan

Penelitian tugas akhir ini menggunakan suatu model *shear building* yang paling sederhana, untuk mempermudah melihat perbedaan hasil yang akan diteliti. Adapun data yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Struktur yang ditinjau menggunakan beban gempa El Centro tahun 1940 (Chopra, 1995 : 233 – 236).
2. Struktur merupakan suatu model dari *shear building* yang merupakan modifikasi dengan massa dan kekakuan yang telah ditentukan, seperti yang dikemukakan oleh Berg (1988 : 145).

Data dalam penulisan tugas akhir ini mengacu pada buku-buku, pendapat para ahli dan teori-teori yang berhubungan.

4.2 Pengolahan Data

Setelah semua data ditentukan, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisis data dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menentukan matrik massa [M] dan kekakuan kolom [K] tiap tingkat.
2. Membuat persamaan *eigenproblem* untuk menghitung *mode shape* (ϕ_n).
3. Dengan *trial and error* tentukan nilai koefisien redaman (c), sehingga didapatkan nilai rasio redaman untuk modal ke-1 pada struktur tanpa *Magnetorheological Damper* adalah sebesar 2% – 5%.
4. Mengubah tata letak redaman tiap-tiap tingkat dan menentukan matrik redaman [C].
5. Menghitung matrik massa efektif [M^*] dan matrik kekakuan efektif [K^*].
6. Menghitung matrik redaman efektif [C^*], yang kemudian hanya digunakan matrik redaman diagonal efektif.
7. Menghitung frekuensi sudut (ω).
8. Menghitung rasio redaman (ξ).
9. Menghitung nilai partisipasi faktor (Γ).
10. mencari nilai q_n dengan menggunakan metode *Newmark's*.
11. menghitung simpangan horisontal (Y)

4.3 Pengujian

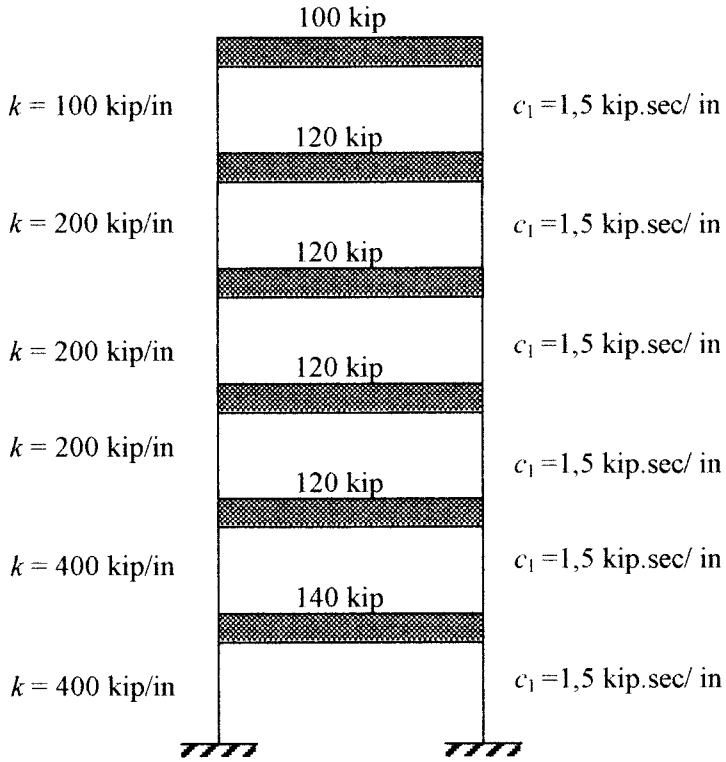
Dalam tugas akhir ini pengujian yang dilakukan mencakup pengaruh penggunaan *Magnetorheological Damper* terhadap nilai simpangan yang terjadi. Penggunaan alat peredam tersebut diharapkan dapat mengurangi simpangan struktur

bangunan yang terjadi, karena simpangan yang sangat besar dapat mengakibatkan keruntuhan bangunan. Peredam yang digunakan pada tugas akhir ini adalah peredam tunggal dengan kapasitas 15 kip/(in/sec).

Pengujian numeris dilakukan dengan menggunakan program komputer untuk mempermudah pengujian dan ketepatan perhitungan. Program komputer yang digunakan adalah bahasa ***MatLab*** (The MathWorks, 1984 - 1999) untuk mengolah data dan *Microsoft Excel* (Microsoft Corporation, 1985 – 1999) untuk mengolah data beserta grafiknya.

Pengujian dilakukan terhadap dua model struktur tanpa mempergunakan *Magnetorheological Damper* yang terdiri model 1 merupakan struktur bertingkat 6 dan model 2 merupakan struktur bertingkat 8, serta dilakukan pengujian terhadap struktur bertingkat 6 dan struktur bertingkat 8 yang mempergunakan peredam tambahan berupa *Magnetorheological Damper* tunggal dengan berbagai variasi berupa perubahan tingkat perletakan peredam.

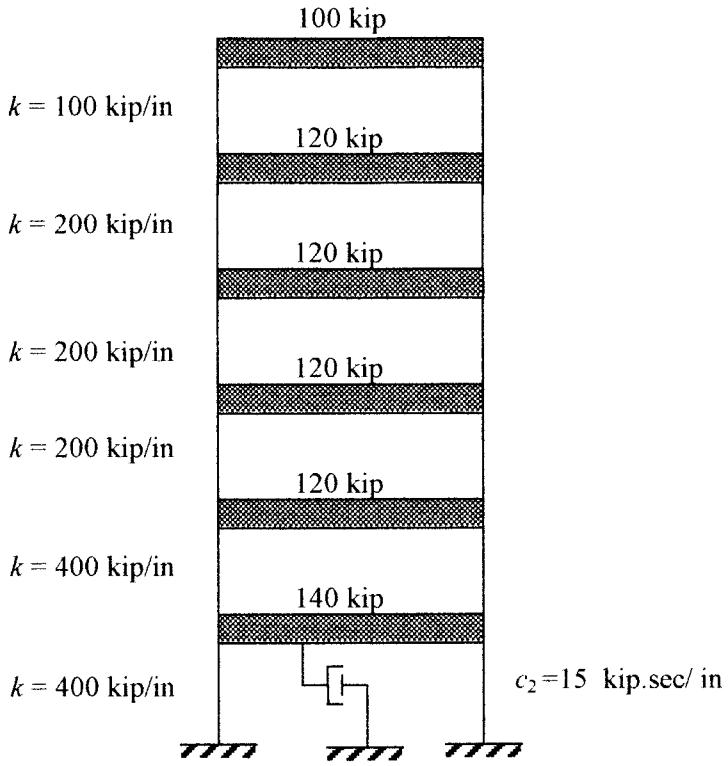
1. Model struktur tanpa peredam tambahan



Gambar 4.1 Struktur bertingkat 6 tanpa *Magnetorheological Damper*

$$[C1]=\begin{bmatrix} 3 & -1,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1,5 & 3 & -1,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1,5 & 3 & -1,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1,5 & 3 & -1,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1,5 & 3 & -1,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1,5 & 1,5 \end{bmatrix}$$

2. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* diletakan pada tingkat ke-1

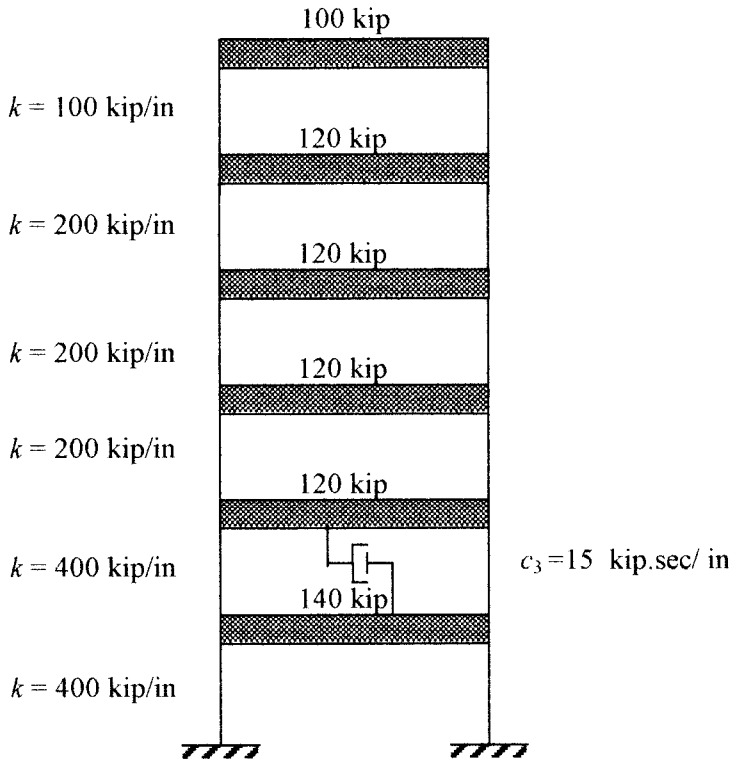


Gambar 4.2 Struktur bertingkat 6 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-1

$$[C2]=\begin{bmatrix} 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4. Mod

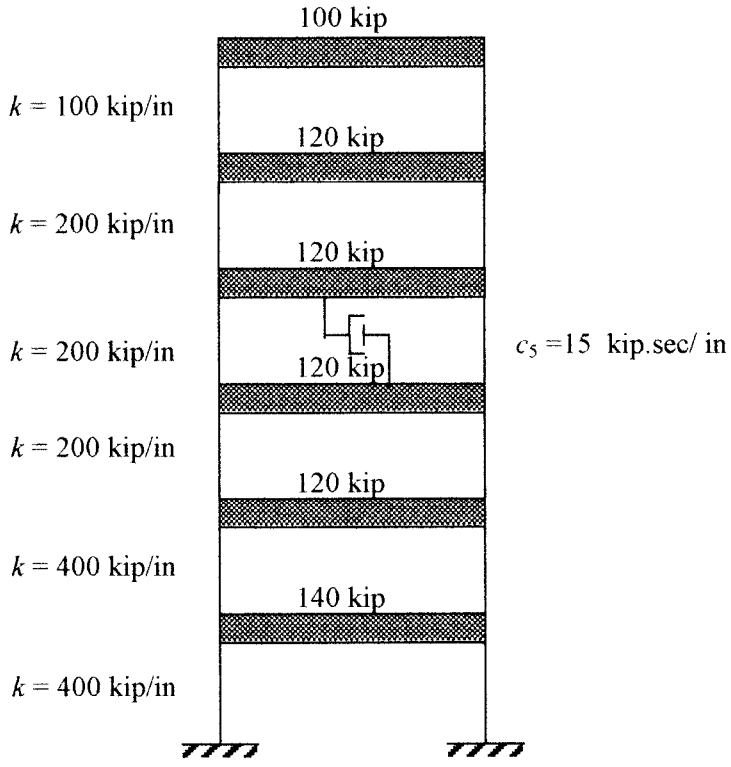
3. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* diletakan pada tingkat ke-2



Gambar 4.3 Struktur bertingkat 6 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-2

$$[C3]=\begin{bmatrix} 15 & -15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -15 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

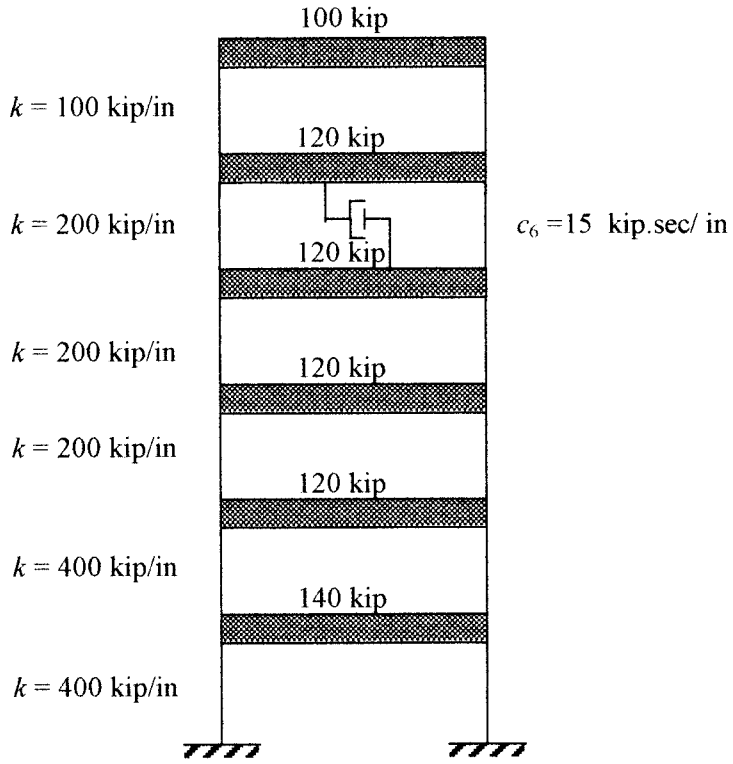
5. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* diletakan pada tingkat ke-4



Gambar 4.5 Struktur bertingkat 6 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-4

$$[C5]=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 15 & -15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -15 & 15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

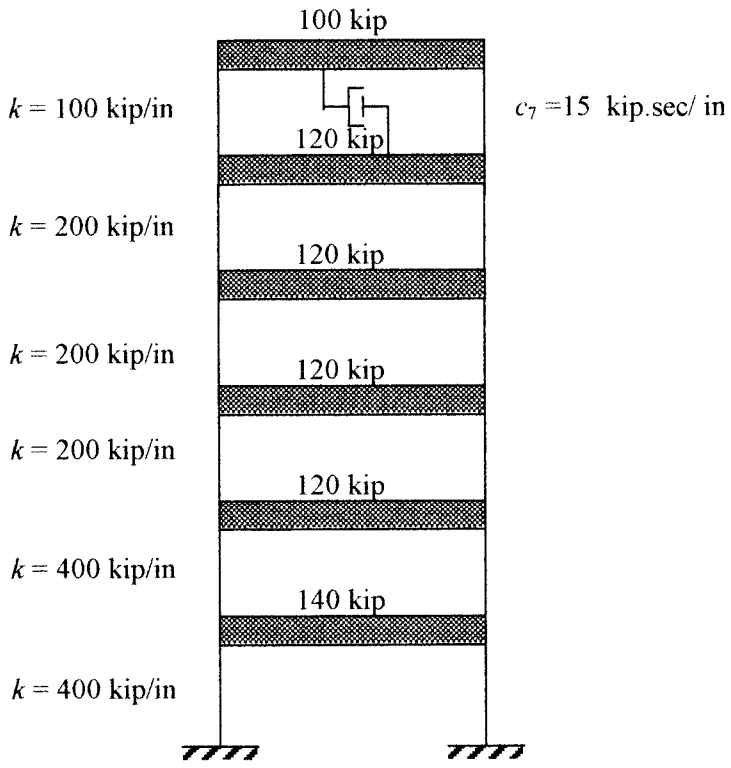
6. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* diletakan pada tingkat ke-5



Gambar 4.6 Struktur bertingkat 6 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-5

$$[C6]=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 15 & -15 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -15 & 15 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

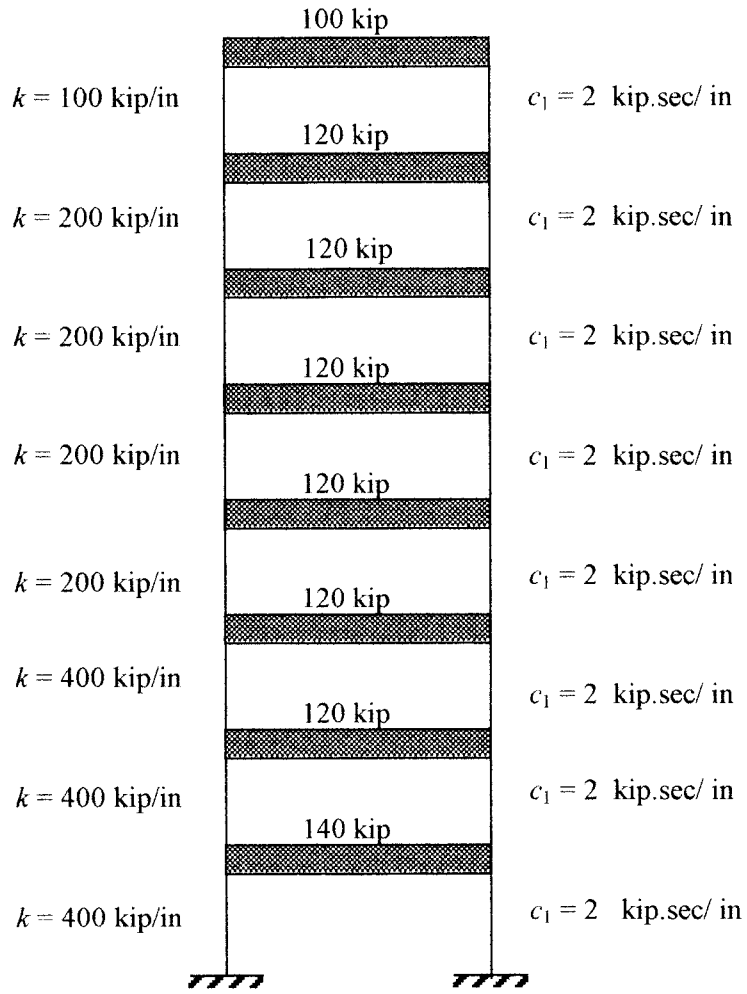
7. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* diletakan pada tingkat ke-6



Gambar 4.7 Struktur bertingkat 6 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-6

$$[C7]=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & -15 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -15 & 15 \end{bmatrix}$$

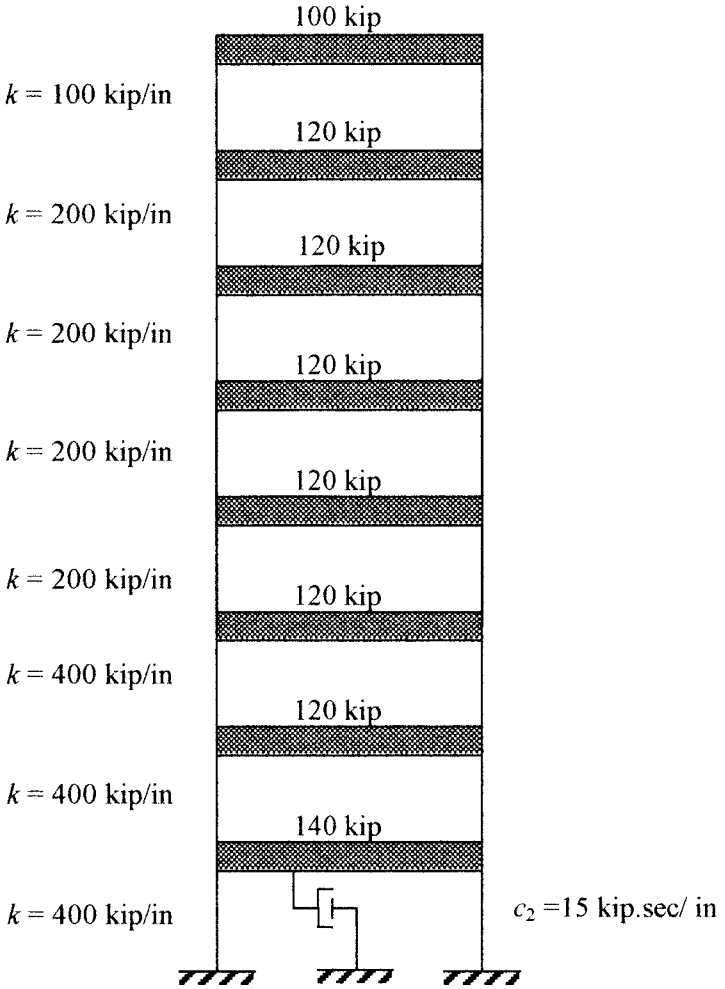
1. Model struktur tanpa peredam tambahan



Gambar 4.8 Struktur bertingkat 8 tanpa *Magnetorheological Damper*

$$[C1]=\begin{bmatrix} 4 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & 4 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 4 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 & 4 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2 & 4 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 4 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 4 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 2 \end{bmatrix}$$

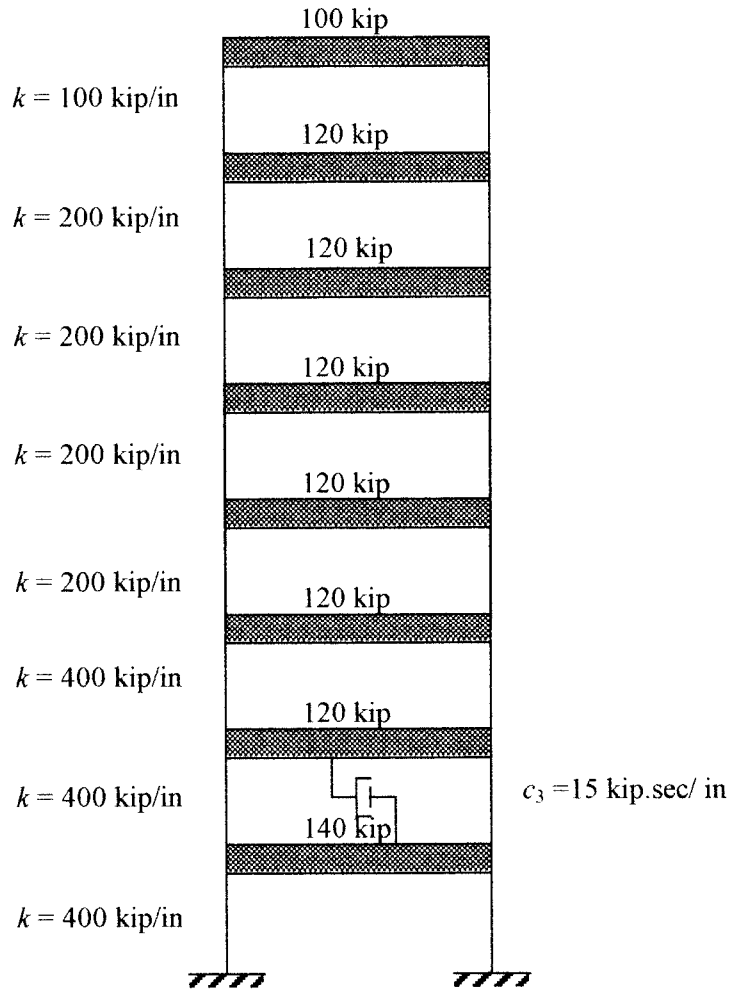
2. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat ke-1



Gambar 4.9 Struktur bertingkat 8 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-1

$$[C2] = \begin{bmatrix} 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

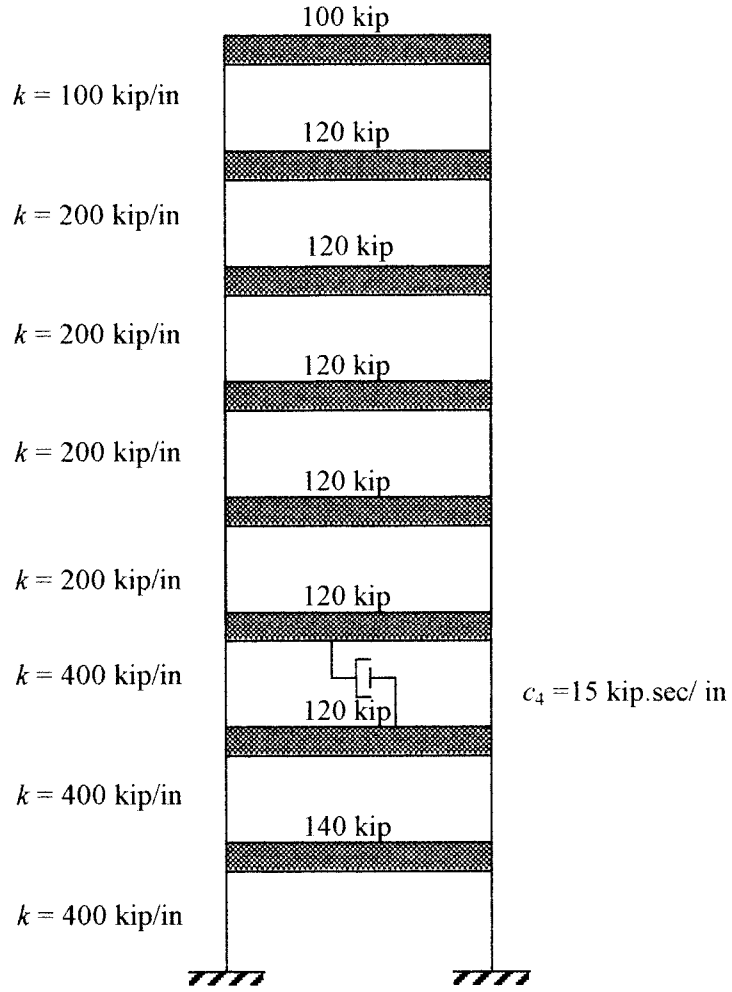
3. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat ke-2



Gambar 4.10 Struktur bertingkat 8 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-2

$$[C3] = \begin{bmatrix} 15 & -15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -15 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

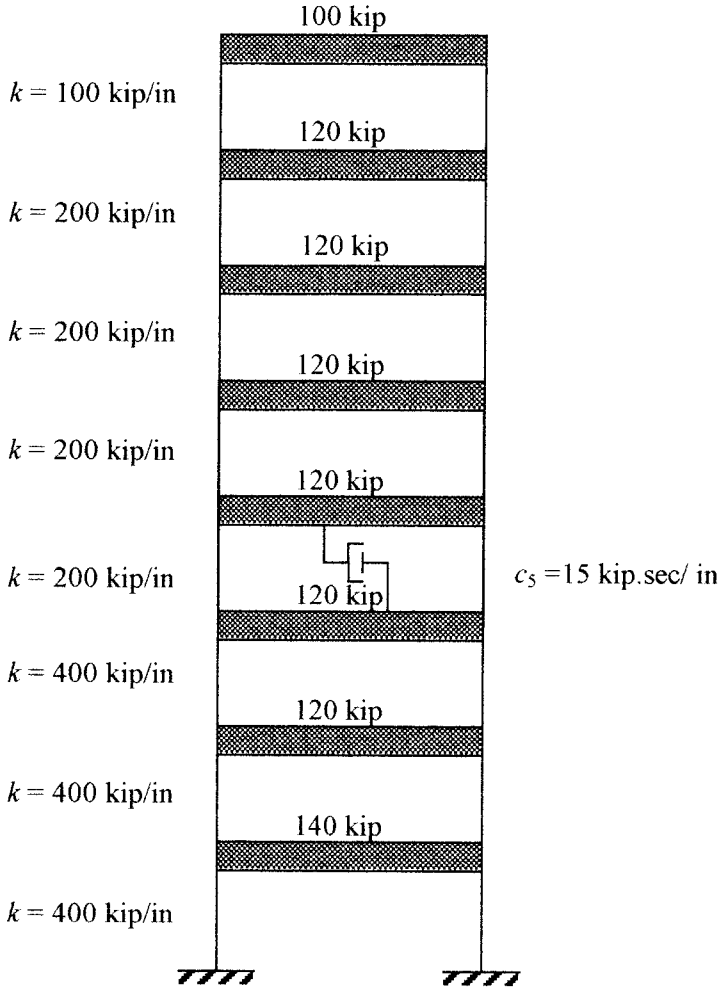
4. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat ke-3



Gambar 4.11 Struktur bertingkat 8 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-3

$$[C4] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 15 & -15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -15 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

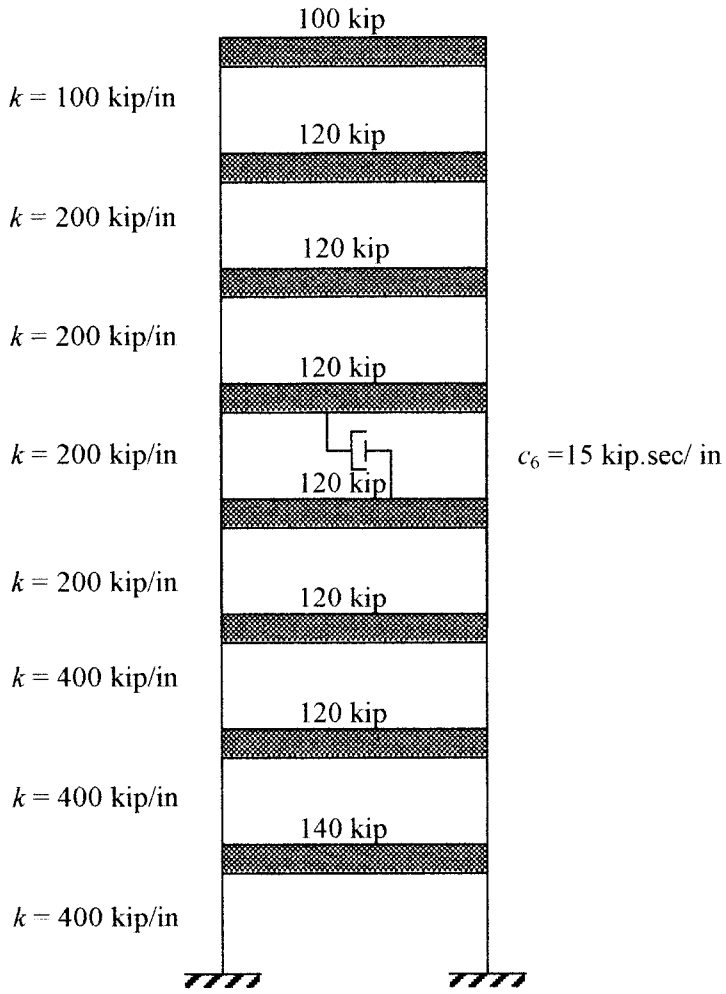
5. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat ke-4



Gambar 4.12 Struktur bertingkat 8 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-4

$$[C5] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 15 & -15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -15 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

6. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat ke-5



Gambar 4.13 Struktur bertingkat 8 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-5

$$[C6] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 15 & -15 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -15 & 15 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

engan *M*

100 kip/i

200 kip/i

200 kip/i

200 kip/in

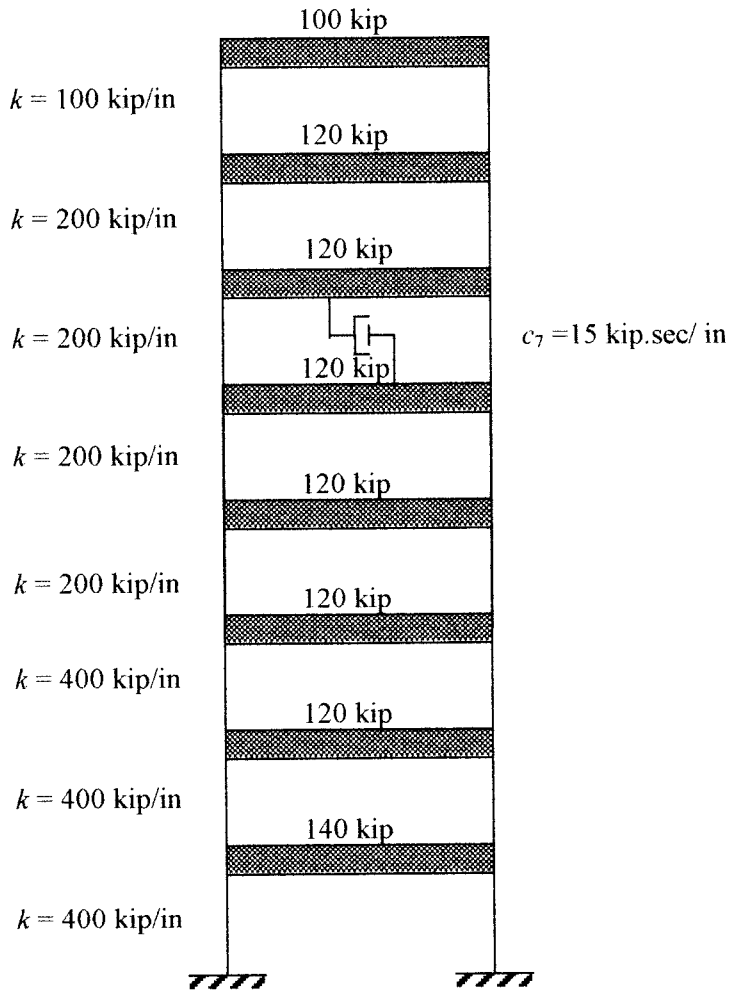
200 kip/in

400 kip/in

400 kip/in

400 kip/in

7. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat ke-6



Gambar 4.14 Struktur bertingkat 8 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-6

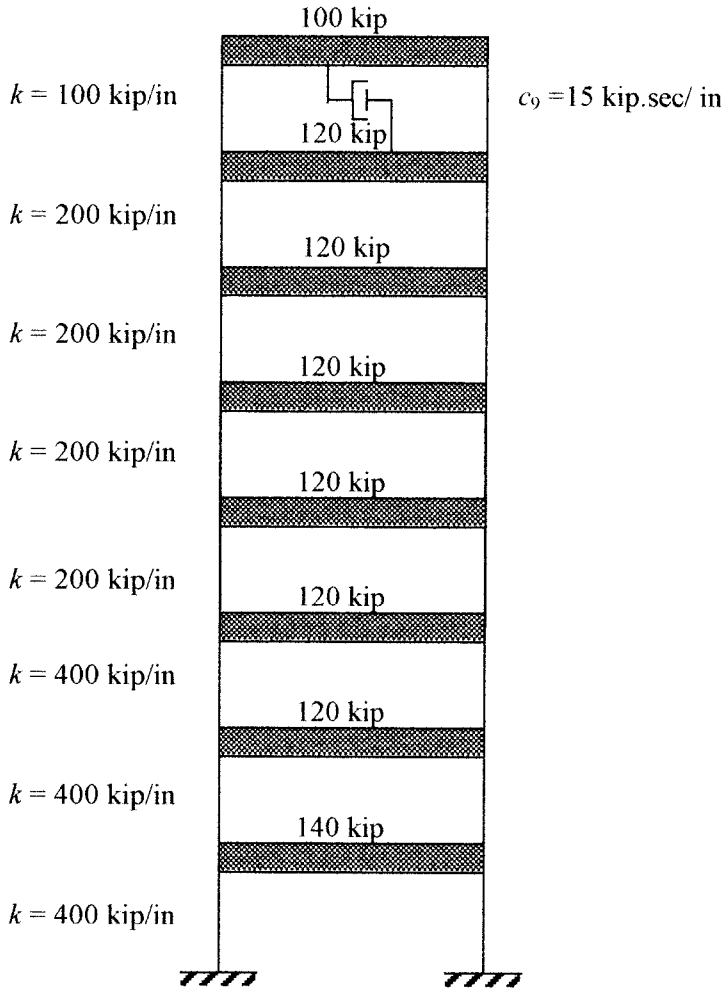
bar 4.15 S

F

$$= \begin{bmatrix} (\\ (\\ (\\ (\\ (\\ (\\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[C7] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & -15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -15 & 15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

9. Model struktur dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat ke-8



Gambar 4.16 Struktur bertingkat 8 dengan posisi *MR Damper* pada tingkat ke-8

$$[C9] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & -15 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -15 & 15 \end{bmatrix}$$

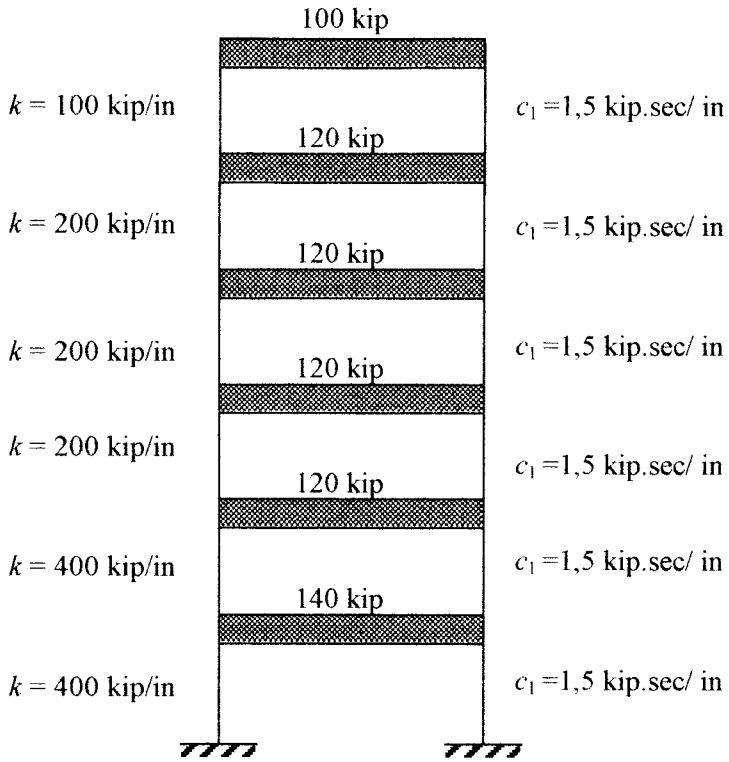
BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

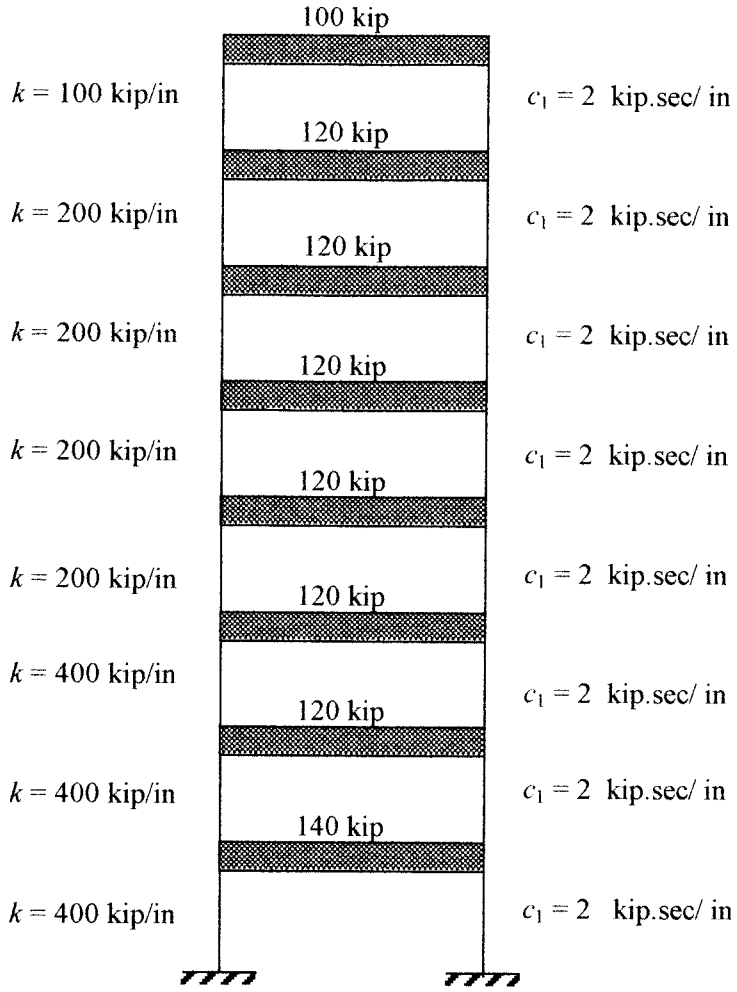
Bab ini berisi tentang perhitungan-perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan hasil, dan selanjutnya akan dikemukakan pembahasan dari hasil tersebut.

5.1 Analisis

Analisis menggunakan model struktur bertingkat 6 dan bertingkat 8 yang merupakan pengembangan model struktur bertingkat 5 yang dikemukakan oleh Berg (1988 : 145). Struktur, massa, kekakuan dan redaman dalam untuk model bertingkat 6 dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan untuk model bertingkat 8 dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.1 Model Struktur Bertingkat 6



Gambar 5.2 Model Struktur Bertingkat 8

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

Matrik massa dan kekakuan dari Gambar 5.1 adalah :

$$[M]=\begin{bmatrix} m1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m6 \end{bmatrix} \qquad (5.1a)$$

$$[M]=\begin{bmatrix} 0.3626 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3108 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3108 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3108 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3108 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2590 \end{bmatrix} \text{kip.sec}^2/\text{in}$$

$$[K]=\begin{bmatrix} k1+k2 & -k2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k2 & k2+k3 & -k3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -k3 & k3+k4 & -k4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -k4 & k4+k5 & -k5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -k5 & k5+k6 & -k6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -k6 & k6 \end{bmatrix} \qquad (5.1b)$$

$$[K]=\begin{bmatrix} 800 & -400 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -400 & 600 & -200 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -200 & 400 & -200 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -200 & 300 & -100 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -100 & 100 \end{bmatrix} \text{kip / in}$$

Matrik massa dan kekakuan dari Gambar 5.2 adalah :

$$[M]=\begin{bmatrix} m1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m8 \end{bmatrix} \qquad (5.2a)$$

$$[M]=\begin{bmatrix} 0.3626 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3108 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3108 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3108 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3108 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3108 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3108 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2590 \end{bmatrix} \text{kip.sec}^2/\text{in}$$

$$[K]=\begin{bmatrix} k1+k2 & -k2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k2 & k2+k3 & -k3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -k3 & k3+k4 & -k4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -k4 & k4+k5 & -k5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -k5 & k5+k6 & -k6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -k6 & k6+k7 & -k7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -k7 & k7+k8 & -k8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -k8 & k8 \end{bmatrix} \qquad (5.2b)$$

$$[K]=\begin{bmatrix} 800 & -400 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -400 & 800 & -400 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -400 & 600 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400 & -200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 300 & -100 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -100 & 100 \end{bmatrix} \text{ kip / in}$$

dengan : $m = \frac{w_n}{g}$, g = percapatan gravitasi

= 980.6 cm/sec² = 386.1 in/ sec²

Jika matrik massa dan kekakuan untuk struktur bertingkat 6 dan bertingkat 8 masing-masing disubstitusikan ke persamaan (3.26), diperoleh :

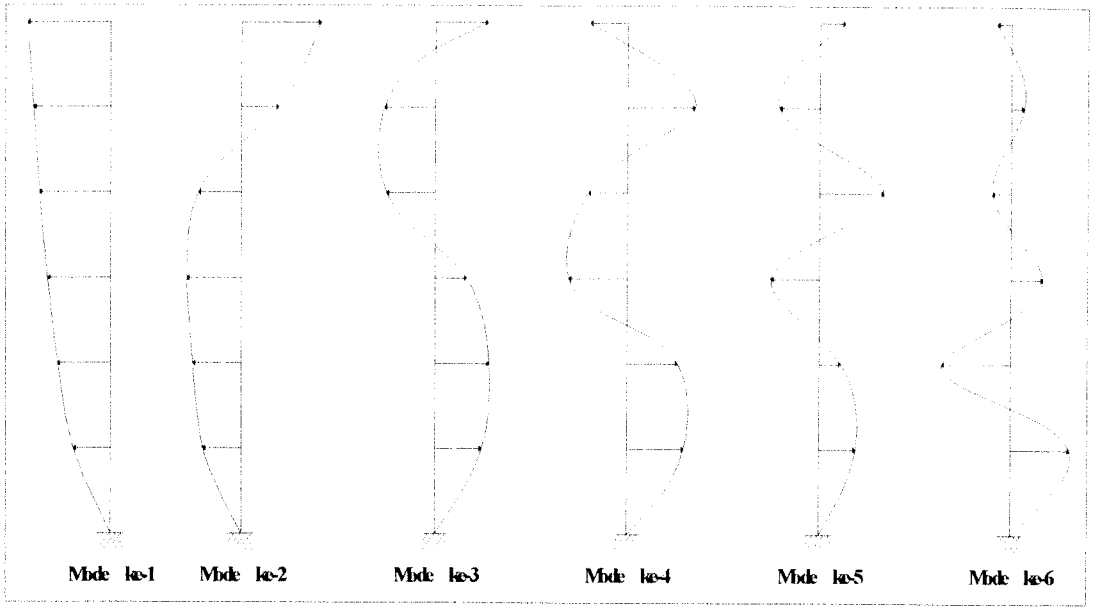
$$\begin{bmatrix} 800-0.3626\omega^2 & -400 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -400 & 600-0.3108\omega^2 & -200 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -200 & 400-0.3108\omega^2 & -200 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -200 & 400-0.3108\omega^2 & -200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -200 & 300-0.3108\omega^2 & -100 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -100 & 100-0.2590\omega^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \\ \phi_5 \\ \phi_6 \end{Bmatrix} = 0 \qquad (5.3)$$

$$\begin{bmatrix} 800-0.3626\omega^2 & -400 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -400 & 800-0.3108\omega^2 & -400 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -400 & 600-0.3108\omega^2 & -200 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -200 & 400-0.3108\omega^2 & -200 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -200 & 400-0.3108\omega^2 & -200 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 400-0.3108\omega^2 & -200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -200 & 300-0.3108\omega^2 & -100 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -100 & 100-0.2590\omega^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \\ \phi_5 \\ \phi_6 \\ \phi_7 \\ \phi_8 \end{Bmatrix} = 0 \quad (5.4)$$

Untuk mendapatkan nilai *mode shape* digunakan program Matlab (Lampiran 1 dan 6). Matlab adalah suatu program yang banyak dipakai untuk menyelesaikan persoalan matematika yang mempunyai variable yang kompleks, persamaan diferensial dan lainnya. Nilai *mode shape* yang diperoleh untuk struktur bertingkat 6 adalah sebagai berikut :

$$\phi_1 = \begin{Bmatrix} -8{,}6736e-2 \\ -1{,}6926e-1 \\ -3{,}2018e-1 \\ -4{,}4443e-1 \\ -5{,}3162e-1 \\ -6{,}1739e-1 \end{Bmatrix}, \phi_2 = \begin{Bmatrix} -2{,}3099e-1 \\ -3{,}8623e-1 \\ -4{,}7960e-1 \\ -3{,}0336e-1 \\ 4{,}3412e-2 \\ 6{,}8815e-1 \end{Bmatrix}, \phi_3 = \begin{Bmatrix} 3{,}8295e-1 \\ 5{,}0181e-1 \\ 1{,}4626e-1 \\ -3{,}8220e-1 \\ -4{,}5881e-1 \\ 4{,}7281e-1 \end{Bmatrix}, \phi_4 = \begin{Bmatrix} 4{,}0849e-1 \\ 3{,}1116e-1 \\ -5{,}4401e-1 \\ -2{,}4438e-1 \\ 5{,}7401e-1 \\ -2{,}2617e-1 \end{Bmatrix},$$

$$\phi_5 = \begin{Bmatrix} 2{,}6209e-1 \\ 1{,}3638e-2 \\ -5{,}2881e-1 \\ 6{,}9463e-1 \\ -4{,}0155e-1 \\ 8{,}7952e-2 \end{Bmatrix}, \phi_6 = \begin{Bmatrix} 6{,}6466e-1 \\ -7{,}0183e-1 \\ 2{,}4188e-1 \\ -8{,}1535e-2 \\ 2{,}2192e-2 \\ -2{,}8705e-3 \end{Bmatrix}$$

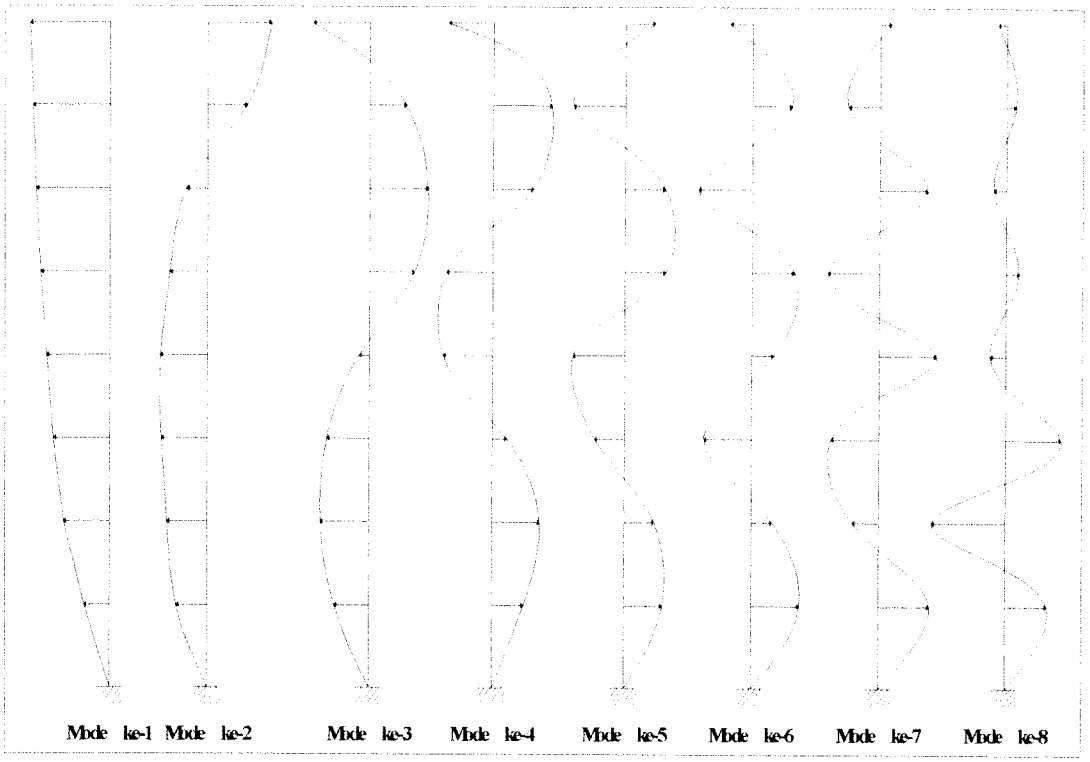


Gambar 5.3 Normal Modes struktur 6 tingkat

Nilai *mode shape* yang diperoleh untuk struktur bertingkat 8 adalah sebagai berikut :

$$\phi_1 = \begin{Bmatrix} -6{,}1830e-2 \\ -1{,}2181e-1 \\ -1{,}7868e-1 \\ -2{,}8325e-1 \\ -3{,}7332e-1 \\ -4{,}4427e-1 \\ -4{,}9247e-1 \\ -5{,}3843e-1 \end{Bmatrix}, \phi_2 = \begin{Bmatrix} -1{,}8723e-1 \\ -3{,}3415e-1 \\ -4{,}1942e-1 \\ -4{,}3515e-1 \\ -2{,}9029e-1 \\ -3{,}8296e-2 \\ 2{,}2783e-1 \\ 5{,}9192e-1 \end{Bmatrix}, \phi_3 = \begin{Bmatrix} -2{,}5019e-1 \\ -3{,}8426e-1 \\ -3{,}6547e-1 \\ -3{,}7112e-2 \\ 3{,}2078e-1 \\ 4{,}2345e-1 \\ 1{,}8921e-1 \\ -5{,}8034e-1 \end{Bmatrix}, \phi_4 = \begin{Bmatrix} 2{,}8282e-1 \\ 3{,}2920e-1 \\ 1{,}3970e-1 \\ -4{,}3951e-1 \\ -3{,}8886e-1 \\ 2{,}1907e-1 \\ 5{,}1305e-1 \\ -3{,}6950e-1 \end{Bmatrix},$$

$$\phi_5 = \begin{Bmatrix} 3{,}3359e-1 \\ 2{,}0259e-1 \\ -1{,}7026e-1 \\ -5{,}0945e-1 \\ 3{,}6769e-1 \\ 3{,}6697e-1 \\ -5{,}0989e-1 \\ 1{,}7115e-1 \end{Bmatrix}, \phi_6 = \begin{Bmatrix} 4{,}7048e-1 \\ 3{,}7895e-2 \\ -4{,}5704e-1 \\ 5{,}6977e-2 \\ 3{,}8351e-1 \\ -5{,}5189e-1 \\ 3{,}2870e-1 \\ -7{,}3304e-2 \end{Bmatrix}, \phi_7 = \begin{Bmatrix} 4{,}1000e-1 \\ -8{,}6587e-2 \\ -4{,}1907e-1 \\ 5{,}0449e-1 \\ -4{,}8428e-1 \\ 3{,}6266e-1 \\ -1{,}6510e-1 \\ 3{,}1048e-2 \end{Bmatrix}, \phi_8 = \begin{Bmatrix} 4{,}3421e-1 \\ -7{,}5541e-1 \\ 4{,}7642e-1 \\ -1{,}1421e-1 \\ 2{,}7368e-2 \\ -6{,}5083e-3 \\ 1{,}3393e-3 \\ -1{,}3829e-4 \end{Bmatrix}$$



Gambar 5.4 Normal Modes struktur 8 tingkat

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

$$[M^*]\{\ddot{q}\}+[K^*]\{q\}=\{F^*\} \tag{5.5a}$$

$$k^*_{mn}=[K^*]=\{\phi^T_m\}[K]\{\phi\}_n \tag{5.5b}$$

$$m^*_{mn}=[M^*]=\{\phi^T_m\}[M]\{\phi\}_n \tag{5.5c}$$

Elemen massa efektif dan kekakuan efektif untuk struktur bertingkat 6 dan bertingkat 8 masing-masing adalah sebagai berikut :

$$[M^*]=\begin{bmatrix} 0.2914 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2890 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3068 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3168 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3140 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3337 \end{bmatrix} \text{kip.sec}^2 / \text{in}$$

$$[K^*]=\begin{bmatrix} 1{,}5632e1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1{,}0456e2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2{,}3341e2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4{,}3273e2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 6{,}7466e2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1{,}1249e3 \end{bmatrix} \text{ kip / in}$$

$$[M^*]=\begin{bmatrix} 0.2960 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2945 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2966 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3079 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3151 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3220 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3195 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3206 \end{bmatrix} \text{ kip.sec}^2\text{/in}$$

$$[K^*]=\begin{bmatrix} 9{,}7541e0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6{,}9932e1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1{,}5185e2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2{,}8392e2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4{,}8403e2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6{,}8179e2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7{,}7924e2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1{,}3225e3 \end{bmatrix} \text{ kip / in}$$

Baik matrik massa maupun matrik kekakuan untuk struktur bertingkat 6 dan bertingkat 8 adalah matrik diagonal, sehingga hasil perkalian dari $[M^*]^{-1}$ dengan $[K^*]$ adalah $\lambda = \omega^2$ juga merupakan matrik diagonal :

$$\sqrt{[M^*]^{-1}[K^*]}=\begin{bmatrix} \omega 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \omega 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \omega 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \omega 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega 6 \end{bmatrix} \qquad (5.6)$$

$$\sqrt{[M^*]^{-1}[K^*]} = \begin{bmatrix} 7.3238 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 19.0195 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 27.5820 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 36.9593 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 46.3561 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 58.0613 \end{bmatrix} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$\sqrt{[M^*]^{-1}[K^*]} = \begin{bmatrix} \omega 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \omega 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \omega 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \omega 5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega 6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega 7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega 8 \end{bmatrix} \tag{5.7}$$

$$\sqrt{[M^*]^{-1}[K^*]} = \begin{bmatrix} 5.7407 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 15.4107 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 22.6271 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 30.3678 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 39.1966 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 46.0156 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 49.3888 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 64.2297 \end{bmatrix} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

Faktor partisipasi tiap mode sesuai dengan persamaan (3.42) :

$$\Gamma_n = \frac{P_n^*}{M_n^*} = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \tag{5.8}$$

Faktor partisipasi tiap mode untuk struktur bertingkat 6 dari persamaan (3.42) adalah :

$\Gamma_1 = -2.2194; \Gamma_2 = -0.8838; \Gamma_3 = 0.6563; \Gamma_4 = 0.3776; \Gamma_5 = 0.1553; \Gamma_6 = 0.2365$

Faktor partisipasi tiap mode untuk struktur bertingkat 8 dari persamaan (3.42) adalah :

$\Gamma_1 = -2.5355; \Gamma_2 = -1.0710; \Gamma_3 = -0.6591; \Gamma_4 = 0.3984; \Gamma_5 = 0.2757; \Gamma_6 = 0.2761;$

$\Gamma_7 = 0.2104; \Gamma_8 = 0.1314$

5.1.2 Efek Redaman

Persamaan gerakan dengan redaman adalah sebagai berikut :

$$[M]\{\ddot{y}\}+[C]\{\dot{y}\}+[K]\{y\}=\{F\} \tag{5.9}$$

Jika persamaan diatas diubah menjadi modal koordinat, kemudian dikalikan awal (*premultiply*) dengan $\{\phi\}_n^T$ untuk mendapatkan persamaan mode ke-*n*, sehingga diperoleh :

$$\{\phi\}_n^T[M]\{\phi\}_n\ddot{q}_n+\{\phi\}_n^T[C]\{\phi\}_n\dot{q}_n+\{\phi\}_n^T[K]\{\phi\}_n q_n=\{\phi\}_n^T\{F\} \tag{5.10}$$

Elemen dari matrik redaman efektif adalah :

$$c_{mn}^*=[C^*]=\{\phi\}_m^T[C]\{\phi\}_n \tag{5.11}$$

Hasil dari matrik redaman efektif untuk struktur bertingkat 6 adalah :

$$[C_1^*]=\begin{bmatrix} 0.1013 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9797 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2.1604 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3.4613 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5.0441 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.9735 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_2^*]=\begin{bmatrix} 0.1128 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8004 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2.2003 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.5031 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0304 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6.6274 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_3^*]=\begin{bmatrix} 0.1023 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3613 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2117 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1420 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9263 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 28.0098 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_4^*] = \begin{bmatrix} 0.3416 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1309 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.8957 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10.9705 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4.4130 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 13.3585 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_5^*] = \begin{bmatrix} 0.2314 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4657 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4.1897 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.3464 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 22.4506 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.5688 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_6^*] = \begin{bmatrix} 0.1141 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.8041 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0880 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10.0467 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 18.0248 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1613 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_7^*] = \begin{bmatrix} 0.1104 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6.2346 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 13.0182 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 9.6048 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3.5956 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0095 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

Hasil dari matrik redaman efektif untuk struktur bertingkat 8 adalah :

$$[C_1^*] = \begin{bmatrix} 0.0783 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7041 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.9488 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3.3818 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4.7698 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.6725 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6.7809 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6.9822 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_2^*] = \begin{bmatrix} 0.0573 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5257 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9390 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.1996 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.6693 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.3206 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.5215 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.8279 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_3^*] = \begin{bmatrix} 0.0540 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3241 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2697 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0323 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2574 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.8071 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.6992 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 21.2272 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_4^*] = \begin{bmatrix} 0.0486 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1089 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0053 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5387 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.0858 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.6739 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.6583 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 22.7600 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_5^*] = \begin{bmatrix} 0.1641 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0037 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.6177 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5.0321 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.7258 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.9629 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12.7956 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.2321 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_6^*] = \begin{bmatrix} 0.1215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3149 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.9214 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0384 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 11.5422 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.5990 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14.6659 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3008 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_7^*] = \begin{bmatrix} 0.0756 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9526 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1579 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5.5450 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 13.1246 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10.7611 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0172 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_8^*] = \begin{bmatrix} 0.0348 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.0621 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.8227 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.2957 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 11.5343 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 11.6318 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.1786 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0009 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_9^*] = \begin{bmatrix} 0.0316 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.9885 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8.8820 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 11.6821 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 6.9585 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.4241 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5768 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

Bila matrik massa dan kekakuan adalah matrik diagonal, sedangkan matrik redaman bukanlah matrik diagonal dan 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 ditentukan baik secara teoritis maupun ekperimen, permasalahannya terletak pada kecepatan yang selalu berkaitan meskipun diabaikan. Oleh karena itu dengan menganggap *modes* tanpa redaman, kemudian memasukan nilai redaman pada setiap persamaan modal akan dapat menyederhanakan permasalahan.

5.1.3 Respon Terhadap Beban Gempa Bumi

Seperti yang diperlihatkan pada persamaan (3.45), maka persamaan gerakan dengan redaman adalah sebagai berikut :

$$\ddot{q}_n + 2\xi_n \omega_n \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = -\Gamma_n \ddot{y}_g \tag{5.12}$$

Jika :
$$2\xi_n \omega_n = \frac{\{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \tag{5.13}$$

Maka persamaan diatas akan menjadi :

$$\ddot{q}_n + \frac{\{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}_n}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \ddot{y}_g \tag{5.14}$$

Dari persamaan diatas akan dihasilkan nilai redaman kritis, seperti pada Tabel 5.1.3.1 dan Tabel 5.1.3.2.

Tabel 5.1.3.1 Nilai Rasio Redaman Kritis (ξ) pada tiap pengubahan posisi *Magnetorheological Damper* untuk struktur bertingkat 6

	Letak Peredam						
	Tanpa Peredam (1)	Tingkat 1 (2)	Tingkat 2 (3)	Tingkat 3 (4)	Tingkat 4 (5)	Tingkat 5 (6)	Tingkat 6 (7)
ξ1	2.3720E-2	5.0154E-2	2.9788E-2	3.5614E-2	6.4211E-2	2.7885E-2	2.3963E-2
ξ2	8.9112E-2	1.2451E-1	1.0163E-1	1.6914E-1	1.3149E-1	9.4314E-2	1.1496E-1
ξ3	1.2764E-1	2.0043E-1	1.5157E-1	2.3968E-1	1.8189E-1	1.5435E-1	2.5112E-1
ξ4	1.2835E-1	2.3524E-1	1.6016E-1	2.7998E-1	1.8586E-1	2.9241E-1	5.3850E-1
ξ5	1.4781E-1	2.7778E-1	1.8069E-1	4.9257E-1	3.9532E-1	5.7684E-1	7.1496E-1
ξ6	1.7329E-1	3.4431E-1	8.9615E-1	6.4175E-1	9.4463E-1	7.9251E-1	9.4249E-1

Tabel 5.1.3.2 Nilai Rasio Redaman Kritis (ξ) pada tiap pengubahan posisi *Magnetorheological Damper* untuk struktur bertingkat 8

	Letak Peredam								
	Tanpa Peredam (1)	Tingkat 1 (2)	Tingkat 2 (3)	Tingkat 3 (4)	Tingkat 4 (5)	Tingkat 5 (6)	Tingkat 6 (7)	Tingkat 7 (8)	Tingkat 8 (9)
ξ_1	2.3054E-2	3.9929E-2	2.4780E-2	2.3449E-2	2.3463E-2	2.5112E-2	2.3054E-2	2.3076E-2	2.3055E-2
ξ_2	7.7576E-2	1.3551E-1	8.7999E-2	8.9593E-2	1.2584E-1	8.4877E-2	7.7994E-2	8.7831E-2	8.6900E-2
ξ_3	1.4520E-1	2.0937E-1	1.6108E-2	1.5948E-1	2.1508E-1	1.7988E-1	1.5698E-1	2.0652E-1	16349E-1
ξ_4	1.6956E-1	2.3715E-1	1.8965E-1	1.9837E-1	2.9005E-1	2.0537E-1	1.9178E-1	2.3889E-1	2.5137E-1
ξ_5	1.8087E-1	2.4955E-1	2.1655E-1	2.3342E-1	3.0794E-1	2.3484E-1	2.8582E-1	2.9792E-1	3.9996E-1
ξ_6	1.9143E-1	2.6138E-1	2.8615E-1	2.7586E-1	3.2517E-1	3.3457E-1	4.8790E-1	3.2383E-1	4.7313E-1
ξ_7	1.9310E-1	2.7301E-1	3.1032E-1	3.1710E-1	4.6222E-1	6.5784E-1	5.3408E-1	5.8562E-1	8.1792E-1
ξ_8	2.1487E-1	3.2692E-1	7.3037E-1	7.6760E-1	6.2033E-1	6.8215E-1	6.5778E-1	6.8185E-1	8.7669E-1

Tabel 5.1.4.1 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 tanpa *Magnetorheological Damper*

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	1.1015
1	1.1015	1.0413
2	2.1428	1.9147
3	4.0575	1.6129
4	5.6704	1.1436
5	6.8140	1.0927
6	7.9067	

Tabel 5.1.4.2 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 1

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	0.8150
1	0.8150	0.7700
2	1.5850	1.4121
3	2.9971	1.1887
4	4.1858	0.8410
5	5.0269	0.8146
6	5.8415	

Tabel 5.1.4.3 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 2

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	1.0229
1	1.0229	0.9654
2	1.9883	1.7768
3	3.7651	1.4950
4	5.2601	1.0585
5	6.3186	1.0162
6	7.3348	

Tabel 5.1.4.4 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 3

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	0.9563
1	0.9563	0.9057
2	1.8620	1.6631
3	3.5251	1.3860
4	4.9111	0.9786
5	5.8897	0.9526
6	6.8424	

Tabel 5.1.4.5 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 4

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	0.7115
1	0.7115	0.6695
2	1.3810	1.2262
3	2.6072	1.0391
4	3.6464	0.7377
5	4.3840	0.7062
6	5.0902	

Tabel 5.1.4.6 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 5

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	1.0434
1	1.0434	0.9887
2	2.0321	1.8254
3	3.8576	1.5266
4	5.3841	1.0785
5	6.4626	1.0472
6	7.5098	

Tabel 5.1.4.9 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 1

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.6351	0.6351
2	1.2676	0.6325
3	1.8792	0.6116
4	3.0418	1.1626
5	4.0614	1.0197
6	4.8700	0.8086
7	5.4273	0.5573
8	5.9488	0.5215

Tabel 5.1.4.10 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 2

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7138	0.7138
2	1.2676	0.6692
3	2.0712	0.6882
4	3.3943	1.3230
5	4.0614	1.1594
6	4.8700	0.9294
7	6.1034	0.6203
8	6.7011	0.5977

Tabel 5.1.4.11 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 3

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7231	0.7231
2	1.3951	0.6720
3	2.0901	0.6949
4	3.4280	1.3379
5	4.5988	1.1708
6	5.5422	0.9434
7	6.1699	0.6277
8	6.7795	0.6096

Tabel 5.1.4.12 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 4

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7001	0.7001
2	1.4025	0.7024
3	2.0909	0.6884
4	3.4158	1.3248
5	4.5825	1.1667
6	4.5308	0.9483
7	6.1700	0.6392
8	6.7960	0.6260

Tabe

Tabel 5.1.4.13 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 5

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7124	0.7124
2	1.3840	0.6716
3	2.0711	0.6871
4	3.3883	1.3171
5	4.5412	1.1529
6	5.4658	0.9247
7	6.0848	0.6189
8	6.6797	0.5949

Tabel 5.1.4.14 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 6

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7364	0.7364
2	1.4028	0.6664
3	2.1008	0.6980
4	3.4481	1.3473
5	4.6202	1.1721
6	4.5614	0.9412
7	6.1836	0.6222
8	6.7842	0.6007

$$[C_4^*] = \begin{bmatrix} 0.3416 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1309 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.8957 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10.9705 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4.4130 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 13.3585 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_5^*] = \begin{bmatrix} 0.2314 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4657 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4.1897 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.3464 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 22.4506 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.5688 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_6^*] = \begin{bmatrix} 0.1141 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.8041 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0880 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10.0467 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 18.0248 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1613 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_7^*] = \begin{bmatrix} 0.1104 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6.2346 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 13.0182 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 9.6048 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3.5956 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0095 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

Hasil dari matrik redaman efektif untuk struktur bertingkat 8 adalah :

$$[C_1^*] = \begin{bmatrix} 0.0783 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7041 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.9488 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3.3818 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4.7698 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.6725 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6.7809 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6.9822 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_2^*] = \begin{bmatrix} 0.0573 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5257 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9390 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.1996 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.6693 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.3206 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.5215 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.8279 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_3^*] = \begin{bmatrix} 0.0540 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3241 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2697 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0323 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2574 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.8071 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.6992 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 21.2272 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_4^*] = \begin{bmatrix} 0.0486 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1089 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0053 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5387 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.0858 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.6739 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.6583 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 22.7600 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_5^*] = \begin{bmatrix} 0.1641 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0037 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.6177 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5.0321 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.7258 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.9629 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12.7956 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.2321 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_6^*] = \begin{bmatrix} 0.1215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3149 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.9214 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0384 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 11.5422 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.5990 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14.6659 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3008 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_7^*] = \begin{bmatrix} 0.0756 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9526 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1579 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5.5450 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 13.1246 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10.7611 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0172 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_8^*] = \begin{bmatrix} 0.0348 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.0621 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.8227 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.2957 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 11.5343 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 11.6318 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.1786 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0009 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

$$[C_9^*] = \begin{bmatrix} 0.0316 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.9885 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8.8820 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 11.6821 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 6.9585 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.4241 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5768 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 \end{bmatrix} \text{ kip.sec / in}$$

Bila matrik massa dan kekakuan adalah matrik diagonal, sedangkan matrik redaman bukanlah matrik diagonal dan 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 ditentukan baik secara teoritis maupun ekperimen, permasalahannya terletak pada kecepatan yang selalu berkaitan meskipun diabaikan. Oleh karena itu dengan menganggap *modes* tanpa redaman, kemudian memasukan nilai redaman pada setiap persamaan modal akan dapat menyederhanakan permasalahan.

5.1.3 Respon Terhadap Beban Gempa Bumi

Seperti yang diperlihatkan pada persamaan (3.45), maka persamaan gerakan dengan redaman adalah sebagai berikut :

$$\ddot{q}_n + 2\xi_n \omega_n \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = -\Gamma_n \ddot{y}_g \tag{5.12}$$

Jika :
$$2\xi_n \omega_n = \frac{\{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \tag{5.13}$$

Maka persamaan diatas akan menjadi :

$$\ddot{q}_n + \frac{\{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}_n}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \ddot{y}_g \tag{5.14}$$

Dari persamaan diatas akan dihasilkan nilai redaman kritis, seperti pada Tabel 5.1.3.1 dan Tabel 5.1.3.2.

Tabel 5.1.3.1 Nilai Rasio Redaman Kritis (ξ) pada tiap pengubahan posisi *Magnetorheological Damper* untuk struktur bertingkat 6

	Letak Peredam						
	Tanpa Peredam (1)	Tingkat 1 (2)	Tingkat 2 (3)	Tingkat 3 (4)	Tingkat 4 (5)	Tingkat 5 (6)	Tingkat 6 (7)
ξ1	2.3720E-2	5.0154E-2	2.9788E-2	3.5614E-2	6.4211E-2	2.7885E-2	2.3963E-2
ξ2	8.9112E-2	1.2451E-1	1.0163E-1	1.6914E-1	1.3149E-1	9.4314E-2	1.1496E-1
ξ3	1.2764E-1	2.0043E-1	1.5157E-1	2.3968E-1	1.8189E-1	1.5435E-1	2.5112E-1
ξ4	1.2835E-1	2.3524E-1	1.6016E-1	2.7998E-1	1.8586E-1	2.9241E-1	5.3850E-1
ξ5	1.4781E-1	2.7778E-1	1.8069E-1	4.9257E-1	3.9532E-1	5.7684E-1	7.1496E-1
ξ6	1.7329E-1	3.4431E-1	8.9615E-1	6.4175E-1	9.4463E-1	7.9251E-1	9.4249E-1

Tabel 5.1.3.2 Nilai Rasio Redaman Kritis (ξ) pada tiap pengubahan posisi *Magnetorheological Damper* untuk struktur bertingkat 8

	Letak Peredam								
	Tanpa Peredam (1)	Tingkat 1 (2)	Tingkat 2 (3)	Tingkat 3 (4)	Tingkat 4 (5)	Tingkat 5 (6)	Tingkat 6 (7)	Tingkat 7 (8)	Tingkat 8 (9)
ξ_1	2.3054E-2	3.9929E-2	2.4780E-2	2.3449E-2	2.3463E-2	2.5112E-2	2.3054E-2	2.3076E-2	2.3055E-2
ξ_2	7.7576E-2	1.3551E-1	8.7999E-2	8.9593E-2	1.2584E-1	8.4877E-2	7.7994E-2	8.7831E-2	8.6900E-2
ξ_3	1.4520E-1	2.0937E-1	1.6108E-2	1.5948E-1	2.1508E-1	1.7988E-1	1.5698E-1	2.0652E-1	16349E-1
ξ_4	1.6956E-1	2.3715E-1	1.8965E-1	1.9837E-1	2.9005E-1	2.0537E-1	1.9178E-1	2.3889E-1	2.5137E-1
ξ_5	1.8087E-1	2.4955E-1	2.1655E-1	2.3342E-1	3.0794E-1	2.3484E-1	2.8582E-1	2.9792E-1	3.9996E-1
ξ_6	1.9143E-1	2.6138E-1	2.8615E-1	2.7586E-1	3.2517E-1	3.3457E-1	4.8790E-1	3.2383E-1	4.7313E-1
ξ_7	1.9310E-1	2.7301E-1	3.1032E-1	3.1710E-1	4.6222E-1	6.5784E-1	5.3408E-1	5.8562E-1	8.1792E-1
ξ_8	2.1487E-1	3.2692E-1	7.3037E-1	7.6760E-1	6.2033E-1	6.8215E-1	6.5778E-1	6.8185E-1	8.7669E-1

Nilai rasio redaman (Lampiran 2 dan 7) untuk setiap posisi redaman pada tiap-tiap *mode* telah diperoleh, selanjutnya dicari nilai q_n dengan menggunakan persamaan (3.52) atau mengunakan metode *Newmark's Average Acceleration* (Lampiran 4 dan 9) adalah

$$q_n = \frac{\Delta\ddot{y}_n + a \cdot \dot{q}_n + b \cdot \ddot{q}_n}{\hat{k}} \tag{5.15}$$

dengan

$$a = \left[\frac{4}{\Delta t} + 4\xi\omega\right] \tag{5.16a}$$

$$b = 2 \tag{5.16b}$$

$$\hat{k} = \left[\omega^2 + \frac{4\xi\omega}{\Delta t} + \frac{4}{\Delta t^2}\right] \tag{5.16c}$$

Nilai rasio redaman (ξ) yang digunakan sesuai dengan perhitungan sebelumnya dan Δt = 0,002 sec, maka nilai $a, b \; dan \; \hat{k}$ dihitung sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 5.1.3.3 dan Tabel 5.1.3.4.

Tabel 5.1.3.3 Nilai $a, b \; dan \; \hat{k}$ untuk struktur bertingkat 6 tanpa mempergunakan *Magnetorheological Damper*

Modal (1)	ω (2)	ξ (3)	a (4)	b (5)	$\hat{k}$ (6)
1	7.3238	2.3720E-02	200.69488	2.00	10088.38215
2	1.0195	8.9112E-02	206.77964	2.00	10700.74245
3	2.5820	1.2764E-01	214.08227	2.00	11464.88002
4	36.9593	1.2835E-01	218.97475	2.00	12314.70521
5	46.3561	1.4781E-01	227.40752	2.00	13519.25481
6	58.0613	1.7329E-01	240.24556	2.00	15383.35786

Tabel 5.1.3.4 Nilai a, b *dan* $\hat{k}$ untuk struktur bertingkat 8 tanpa mempergunakan *Magnetorheological Damper*

Modal (1)	ω (2)	ξ (3)	a (4)	b (5)	$\hat{k}$ (6)
1	5.7407	2.3054E-02	200.52938	2.00	10059.42486
2	1.4107	7.7576E-02	204.78209	2.00	10476.60367
3	2.6271	1.4520E-01	213.14176	2.00	11169.06921
4	30.3678	1.6956E-01	220.59679	2.00	11952.05504
5	39.1966	1.8087E-01	228.35825	2.00	12954.31709
6	46.0156	1.9143E-01	235.23537	2.00	13879.24083
7	49.3888	1.9310E-01	238.14806	2.00	14346.67650
8	64.2297	2.1487E-01	255.20440	2.00	16885.71292

Data tersebut digunakan sebagai input pada metode *Newmark's Average Acceleration* (*unconditionally stable procedures*) yang diolah dengan iterasi-iterasi melalui program komputer dengan bahasa Excel untuk mencari nilai simpangan relatif maksimum yang terjadi (Lampiran 5 dan 10).

Simpangan lantai dihitung dengan menggunakan persamaan (3.57)

$$y_n = \Gamma_n \phi_n q_n \tag{5.17}$$

5.1.4 Tabulasi Hasil Perhitungan Simpangan Relatif dan Antar Tingkat

Perhitungan secara numeris dengan program komputer menggunakan bahasa Matlab dan Excel akan menghasilkan nilai-nilai simpangan relatif maksimum dan *inter storey drift* yang dapat dilihat pada table-tabel berikut ini.

Tabel 5.1.4.1 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 tanpa *Magnetorheological Damper*

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	1.1015	1.1015
2	2.1428	1.0413
3	4.0575	1.9147
4	5.6704	1.6129
5	6.8140	1.1436
6	7.9067	1.0927

Tabel 5.1.4.2 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 1

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.8150	0.8150
2	1.5850	0.7700
3	2.9971	1.4121
4	4.1858	1.1887
5	5.0269	0.8410
6	5.8415	0.8146

Tabel 5.1.4.3 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 2

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	1.0229
1	1.0229	0.9654
2	1.9883	1.7768
3	3.7651	1.4950
4	5.2601	1.0585
5	6.3186	1.0162
6	7.3348	

Tabel 5.1.4.4 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 3

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	0.9563
1	0.9563	0.9057
2	1.8620	1.6631
3	3.5251	1.3860
4	4.9111	0.9786
5	5.8897	0.9526
6	6.8424	

Tabel 5.1.4.5 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 4

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	0.7115
1	0.7115	0.6695
2	1.3810	1.2262
3	2.6072	1.0391
4	3.6464	0.7377
5	4.3840	0.7062
6	5.0902	

Tabel 5.1.4.6 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 5

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	1.0434
1	1.0434	0.9887
2	2.0321	1.8254
3	3.8576	1.5266
4	5.3841	1.0785
5	6.4626	1.0472
6	7.5098	

Tabel 5.1.4.7 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 6

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	1.0978
1	1.0978	1.0428
2	2.1405	1.9177
3	4.0582	1.5945
4	5.6527	1.1263
5	6.7791	1.1078
6	7.8868	

Tabel 5.1.4.8 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 tanpa *Magnetorheological Damper*

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter story drift* (in) (3)
	0.0000	0.7333
1	0.7333	0.6693
2	1.4026	0.6959
3	2.0985	1.3493
4	3.4477	1.1746
5	4.6223	0.9413
6	5.5636	0.6200
7	6.1836	0.5987
8	6.7823	

Tabel 5.1.4.9 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 1

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.6351	0.6351
2	1.2676	0.6325
3	1.8792	0.6116
4	3.0418	1.1626
5	4.0614	1.0197
6	4.8700	0.8086
7	5.4273	0.5573
8	5.9488	0.5215

Tabel 5.1.4.10 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 2

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7138	0.7138
2	1.2676	0.6692
3	2.0712	0.6882
4	3.3943	1.3230
5	4.0614	1.1594
6	4.8700	0.9294
7	6.1034	0.6203
8	6.7011	0.5977

Tabel 5.1.4.11 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 3

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7231	0.7231
2	1.3951	0.6720
3	2.0901	0.6949
4	3.4280	1.3379
5	4.5988	1.1708
6	5.5422	0.9434
7	6.1699	0.6277
8	6.7795	0.6096

Tabel 5.1.4.12 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 4

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7001	0.7001
2	1.4025	0.7024
3	2.0909	0.6884
4	3.4158	1.3248
5	4.5825	1.1667
6	4.5308	0.9483
7	6.1700	0.6392
8	6.7960	0.6260

Tabel 5.1.4.13 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 5

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7124	0.7124
2	1.3840	0.6716
3	2.0711	0.6871
4	3.3883	1.3171
5	4.5412	1.1529
6	5.4658	0.9247
7	6.0848	0.6189
8	6.6797	0.5949

Tabel 5.1.4.14 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 6

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7364	0.7364
2	1.4028	0.6664
3	2.1008	0.6980
4	3.4481	1.3473
5	4.6202	1.1721
6	4.5614	0.9412
7	6.1836	0.6222
8	6.7842	0.6007

Tabel 5.1.4.15 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 7

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7249	0.7249
2	1.4085	0.6836
3	2.1046	0.6962
4	3.4397	1.3351
5	4.6081	1.1684
6	5.5522	0.9440
7	6.1850	0.6328
8	6.8028	0.6178

Tabel 5.1.4.16 Hasil perhitungan simpangan relatif dan *inter storey drift* pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* di tingkat 8

Lantai (1)	Simpangan (in) (2)	*Inter storey drift* (in) (3)
	0.0000	
1	0.7309	0.7309
2	1.4012	0.6703
3	2.0978	0.6965
4	3.4404	1.3427
5	4.6132	1.1727
6	4.5585	0.9453
7	6.1882	0.6297
8	6.7999	0.6117

5.2 Pembahasan

Peredaman digambarkan sebagai penyerapan kapasitas energi dari suatu material atau struktur. Dalam persoalan teknik gempa peredaman dapat dibagi menjadi dua klasifikasi yaitu perdam internal dan eksternal. Peredam internal disebut *material damping*, yang dapat berbentuk gesekan antar joint. Sedangkan *external damping* adalah penyerapan energi sistem dengan suatu alat yang menggunakan gas, cairan ataupun listrik (Hu dan kawan-kawan, 1996).

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

5.2.1 Simpangan Relatif

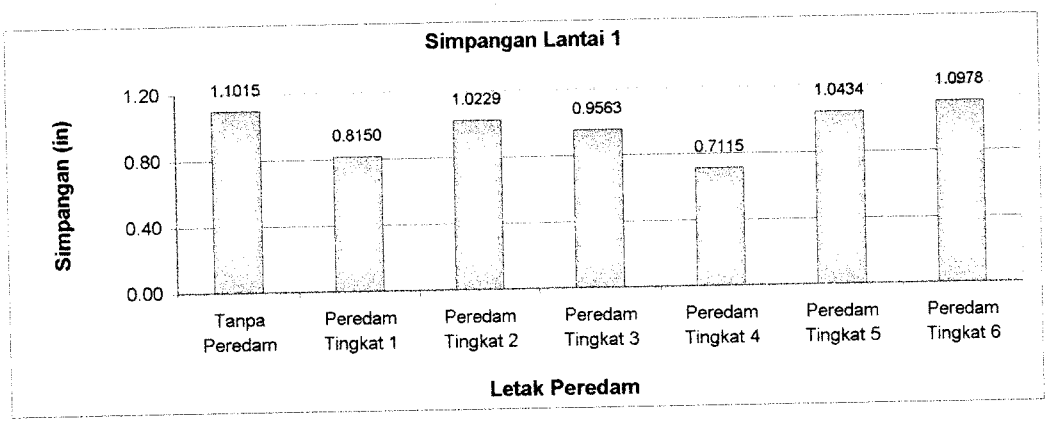
Simpangan relatif adalah simpangan yang diperoleh dari nilai simpangan absolut yang terjadi dikurangi dengan simpangan yang terjadi akibat gaya geser tanah atau simpangan struktur tanpa memperhitungkan simpangan akibat gaya geser tanah. Simpangan relatif maksimum struktur bertingkat 6 dan bertingkat 8 dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

1. Simpangan Relatif Maksimum Struktur Bertingkat 6

Pada sub bab ini dibahas simpangan relatif yang terjadi pada struktur bertingkat 6 akibat pembebanan dinamik berupa riwayat waktu dari gempa *El Centro* dan prosentase perubahan simpangan akibat penggunaan alat peredam berupa *Magnetorheological Damper*.

a. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 1

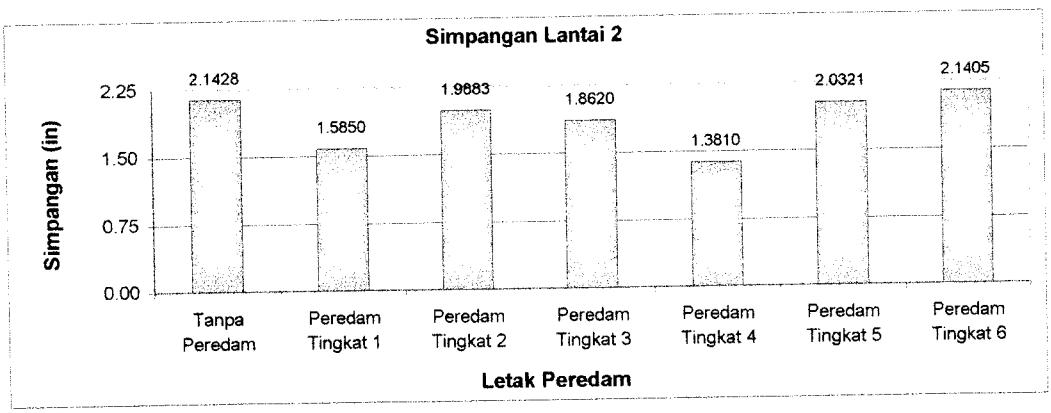
Simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 1 dapat dilihat Pada Gambar 5.5. Bangunan geser jika tidak dipasang peredam tambahan terjadi simpangan relatif maksimum sebesar 1,1015 in. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi sebesar 0,8150 in atau berkurang 26,010 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 2, simpangan yang terjadi adalah sebesar 1,0229 in atau berkurang 7,136 %. Jika pada tingkat 3 dipasang *Magnetorheological Damper*, maka simpangan berkurang 13,182 % atau sebesar 0,9563 in. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 4, maka simpangan berkurang 35,406 % atau sebesar 0,7115 in. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 5, maka terjadi simpangan sebesar 1,0434 in atau berkurang 5,275 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 6 akan menurunkan simpangan sebesar 0,336 % atau sebesar 1,0978 in.



Gambar 5.5 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 1 dengan variasi letak peredam

b. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 2

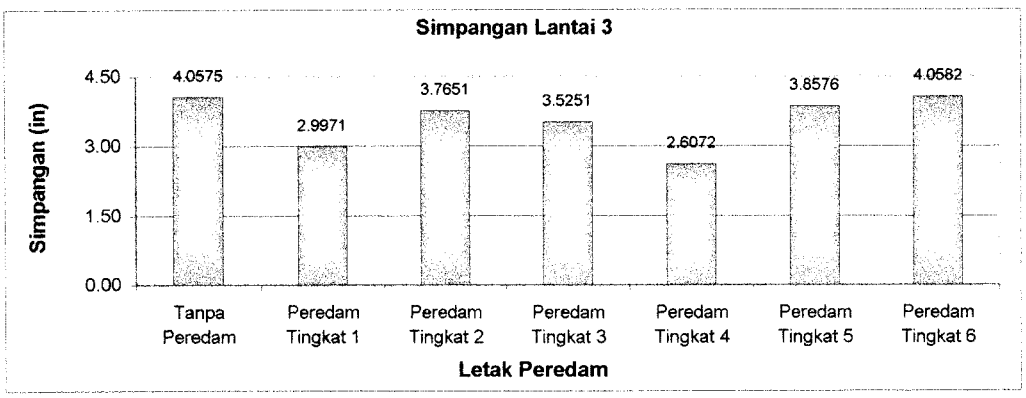
Dari Gambar 5.6 dapat dilihat simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 2. Simpangan yang terjadi pada bangunan geser tanpa mempergunakan peredam tambahan sebesar 2,1428 in. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi sebesar 1,5850 in atau berkurang 26,031 %. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 2, maka simpangan yang terjadi berkurang 7,210 % atau sebesar 1,9883 in. Simpangan yang terjadi jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 3 adalah sebesar 1,8620 in atau berkurang 13,104 %. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 4, maka simpangan berkurang 35,552 % atau sebesar 1,3810 in. Perubahan simpangan apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 5, maka simpangan berkurang 5,166 % atau sebesar 2,0321 in. Pengurangan simpangan sebesar 0,107 % atau simpangan yang terjadi sebesar 2,1405 in, jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 6.



Gambar 5.6 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 2 dengan variasi letak peredam

c. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 3

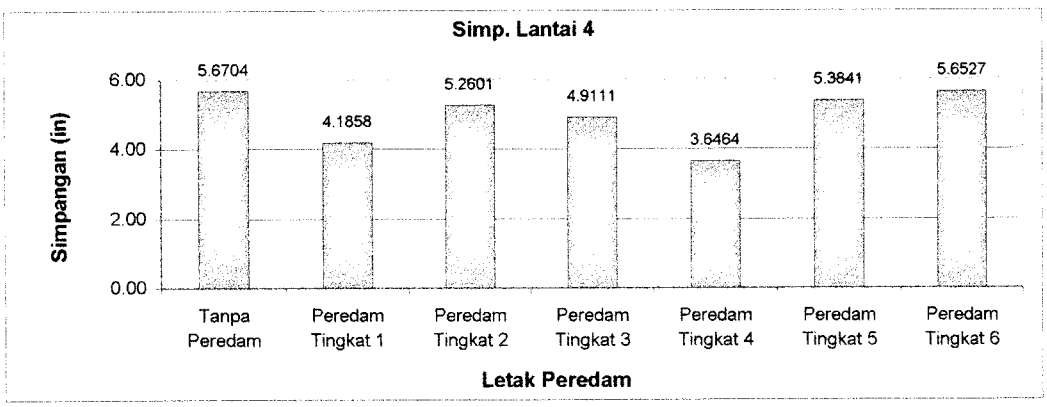
Simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 3 dapat dilihat pada Gambar 5.7. Simpangan yang terjadi pada bangunan geser tanpa peredam tambahan sebesar 4,0575 in. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi sebesar 2,9971 in atau berkurang 26,134 %. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 2, maka simpangan berkurang 7, 206 % atau sebesar 3,7651 in. Jika pada tingkat 3 dipasang *Magnetorheological Damper*, simpangan yang terjadi sebesar 3,5251 in atau berkurang 13,104 %. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 4, maka simpangan yang terjadi sebesar 2,6072 in atau berkurang 35,744 %. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 5, maka simpangan yang terjadi berkurang 4,927 % atau sebesar 3,8576 in. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 6 mengakibatkan simpangan yang terjadi sebesar 4,0582 in atau mengalami perbesaran, yaitu bertambah 0,017 %.



Gambar 5.7 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 3 dengan variasi letak peredam

d. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 4

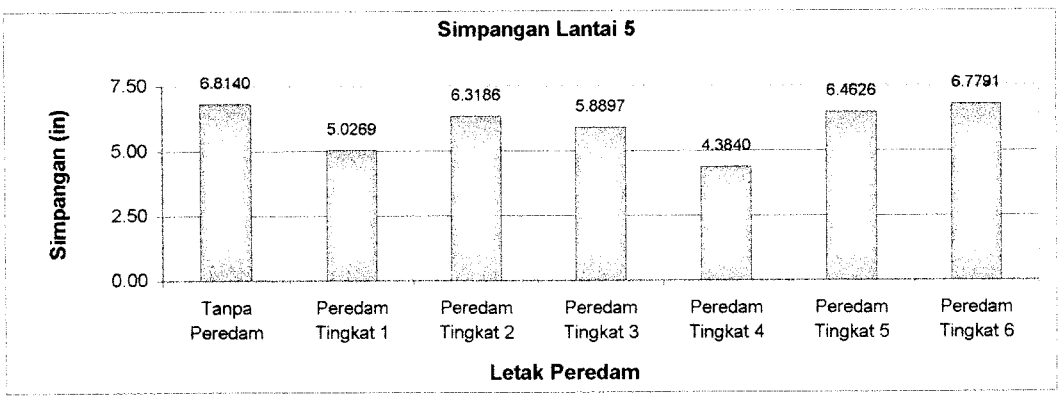
Pada Gambar 5.8 dapat dilihat simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 4. Bangunan geser tanpa peredam tambahan mengalami simpangan sebesar 5,6704 in. *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi sebesar 4,1858 in atau berkurang 26,182 %. Simpangan yang terjadi jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 2, sebesar 5,2601 in atau berkurang 7,236 %. Jika pada tingkat 3 dipasang *Magnetorheological Damper*, simpangan yang terjadi sebesar 4,9111 in atau berkurang 13,391 %. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 4, maka simpangan berkurang 35,694 % atau sebesar 3,6464 in. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 5 dapat mengurangi simpangan sebesar 5,049 % atau terjadi simpangan sebesar 5,3841 in. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 6, maka simpangan yang terjadi sebesar 5,6527 in atau berkurang 0,312 %.



Gambar 5.8 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 4 dengan variasi letak peredam

e. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 5

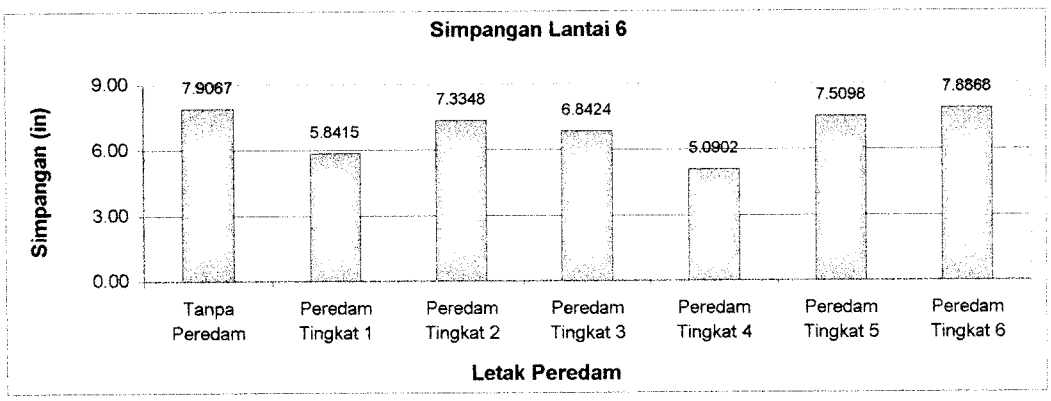
Simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 5 ditunjukkan oleh Gambar 5.9. Bangunan geser tanpa peredam tambahan mengalami simpangan sebesar 6,8140 in. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi sebesar 5,0269 in atau berkurang 26,227 %. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 2, maka simpangan yang terjadi berkurang 7,270 % atau sebesar 6,3186 in. Simpangan yang terjadi jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 3 adalah sebesar 5,8897 in atau berkurang 13,565 %. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 4, maka simpangan berkurang 35,662 % atau sebesar 4,3840 in. Perubahan simpangan apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 5, maka simpangan berkurang 5,157 % atau sebesar 6,4626 in. Pengurangan simpangan sebesar 0,512 % atau simpangan yang terjadi sebesar 6,7791 in, jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 6.



Gambar 5.9 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 5 dengan variasi letak peredam

f. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 6

Pada Gambar 5.10 dapat dilihat simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 6 apabila bangunan geser tidak dipasang peredam tambahan, yaitu sebesar 7,9067 in. *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi sebesar 5,8415 in atau berkurang 26,120 %. Simpangan yang terjadi jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 2, sebesar 7,3348 in atau berkurang 7,233 %. Jika pada tingkat 3 dipasang *Magnetorheological Damper*, simpangan yang terjadi sebesar 6,8424 in atau berkurang 13,461 %. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 4, maka simpangan berkurang 35,622 % atau sebesar 5,0902 in. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 5 dapat mengurangi simpangan yang terjadi sebesar 5,020 % atau terjadi simpangan sebesar 7,5098 in. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 6, maka simpangan yang terjadi sebesar 7,8868 in atau berkurang 0,252 %.



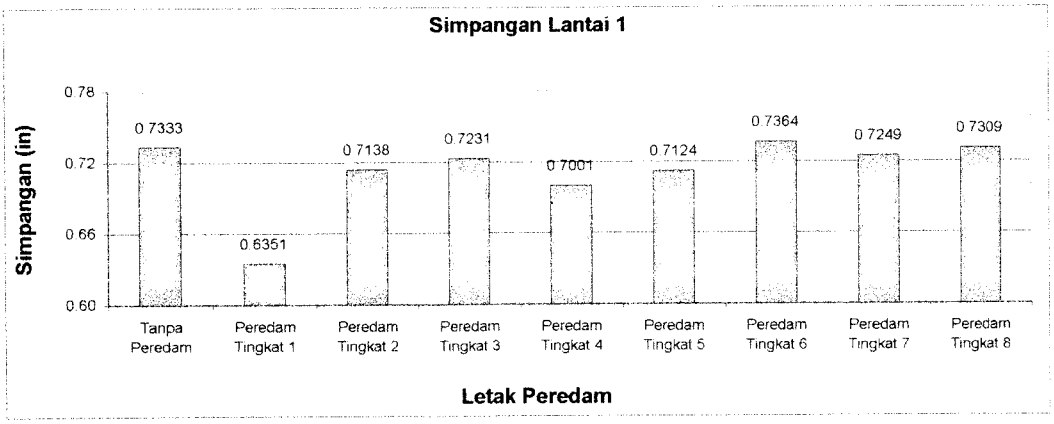
Gambar 5.10 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 6 dengan variasi letak peredam

2. Simpangan Relatif Maksimum Struktur Bertingkat 8

Simpangan relatif yang terjadi pada struktur bertingkat 8 akibat pembebanan dinamik berupa riwayat waktu dari gempa *El Centro* dan prosentase perubahan simpangan akibat penggunaan alat peredam berupa *Magnetorheological Damper* dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

a. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 1

Simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 1 dapat dilihat pada Gambar 5.11. Jika bangunan geser tidak dipasang peredam tambahan, simpangan relatif maksimum yang terjadi, sebesar 0,7333 in. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan berkurang 13,392 % atau sebesar 0,6351 in. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 2, maka simpangan yang terjadi sebesar 0,7138 in atau berkurang 2,659 %. Simpangan yang terjadi jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 3 adalah sebesar 0,7231 in atau berkurang 1,391 %. Jika pada tingkat 4 dipasang *Magnetorheological Damper*, maka simpangan akan berkurang 4,527 % atau sebesar 0,7001 in. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 5, maka simpangan yang terjadi sebesar 0,7124 in atau berkurang 2,850 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 6 akan meningkatkan simpangan sebesar 0,423 % atau sebesar 0,7364 in. *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 7, simpangan yang terjadi sebesar 0,7249 in atau berkurang 1,146 %. Perubahan simpangan jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 8, simpangan berkurang 0,327 % atau sebesar 0,7309 in.

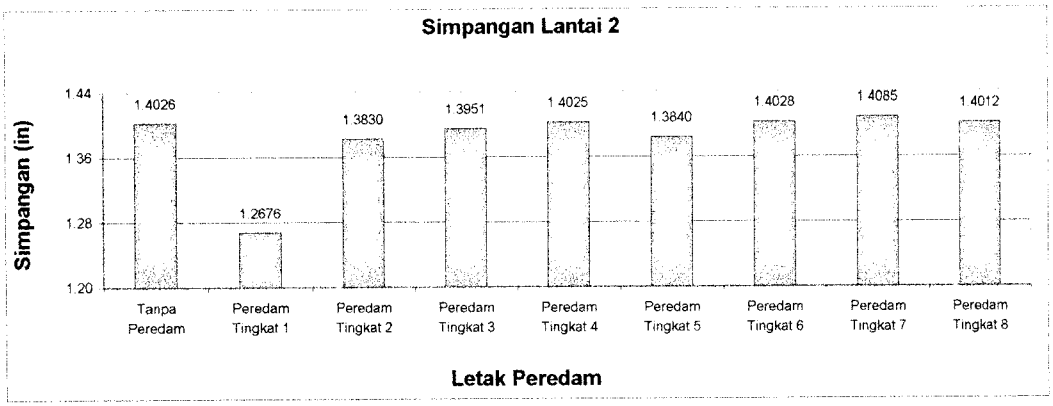


Gambar 5.11 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 1 dengan variasi letak peredam

b. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 2

Gambar 5.12 menunjukkan simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 2. Simpangan yang terjadi pada bangunan geser tanpa mempergunakan peredam tambahan adalah sebesar 1,4026 in. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan berkurang 9,625 % atau sebesar 1,2676 in. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 2 berpengaruh terhadap simpangan yang terjadi, yaitu sebesar 1,3830 in atau berkurang 1,397 %. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 3, maka simpangan yang terjadi berkurang 0,535 % atau sebesar 1,3951 in. Simpangan yang terjadi jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 4 adalah sebesar 1,4025 in atau berkurang 0,007 %. Perubahan simpangan apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 5, maka simpangan berkurang 1,326 % atau sebesar 1,3840 in. Perbesaran simpangan sebesar 0,014 % atau simpangan yang terjadi sebesar 1,4028 in, jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 6. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada

tingkat 7 berakibat simpangan yang terjadi sebesar 1,4085 in atau meningkat 0,421 %. Simpangan yang terjadi sebesar 1,4012 in apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 8 atau mengalami penurunan sebesar 0,100 %.

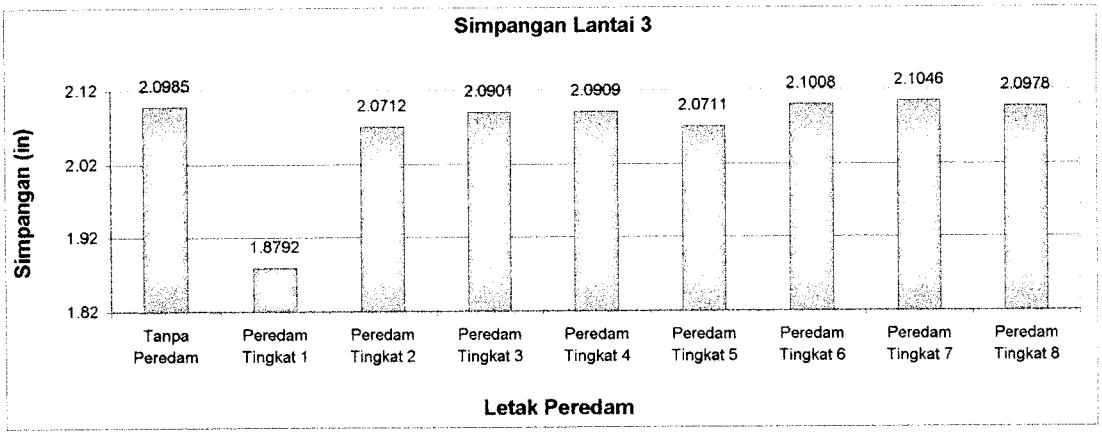


Gambar 5.12 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 2 dengan variasi letak peredam

c. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 3

Simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 3 dapat dilihat pada Gambar 5.13. Bangunan geser jika tidak dipasang peredam tambahan mengalami simpangan sebesar 2,0985 in. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi sebesar 1,8792 in atau berkurang 10,450 %. Jika dilakukan pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 2, maka simpangan yang terjadi sebesar 2,0712 in atau berkurang 1,301 %. Perubahan simpangan yang terjadi apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 3, simpangan berkurang 0,400 % atau sebesar 2,0901 in. Jika pada tingkat 4 dipasang *Magnetorheological Damper*, simpangan yang terjadi sebesar 2,0909 in atau berkurang 0,362 %. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 5, maka simpangan yang terjadi

berkurang 1,306 % atau sebesar 2,0711 in. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 6 mengakibatkan simpangan yang terjadi sebesar 2,1008 in atau terjadi perbesaran, yaitu bertambah 0,110 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 7 berakibat simpangan yang terjadi sebesar 2,1046 in atau meningkat 0,291 %. Simpangan yang terjadi sebesar 2,0978 in apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 8 atau mengalami penurunan sebesar 0,033 %.

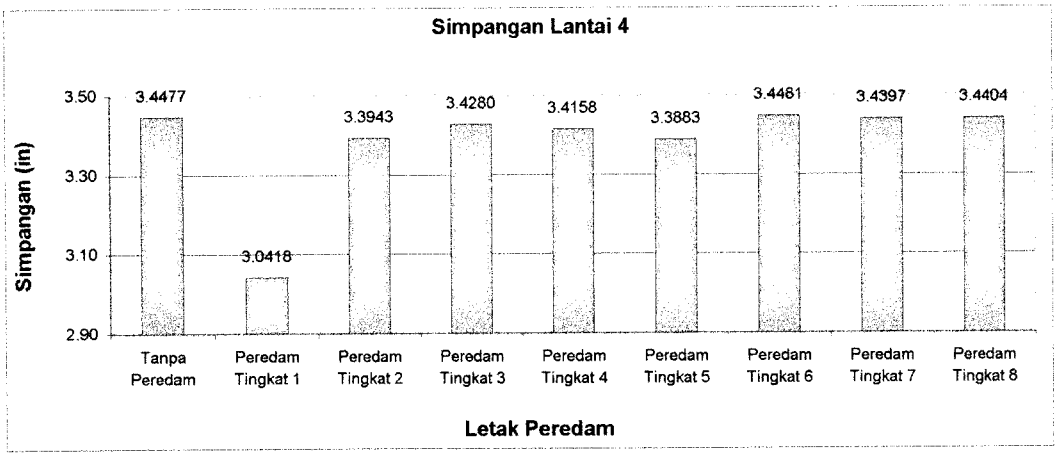


Gambar 5.13 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 3 dengan variasi letak peredam

d. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 4

Pada Gambar 5.14 dapat dilihat simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 4. Bangunan geser tanpa peredam tambahanmengalami simpangan sebesar 3,4477 in. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan berkurang 11,773 % atau sebesar 3,0418 in. *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 2, maka simpangan yang terjadi sebesar 3,3943 in atau berkurang 1,549 %. Simpangan yang terjadi jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 3

sebesar 3,4280 in atau berkurang 0,571 %. Jika pada tingkat 4 dipasang *Magnetorheological Damper*, simpangan yang terjadi sebesar 3,4158 in atau berkurang 0,925 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 5 dapat mengurangi simpangan sebesar 1,723 % atau terjadi simpangan sebesar 3,3883 in. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 6, maka simpangan yang terjadi 3,4481 in atau mengalami perbesaran simpangan sebesar 0,012 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 7 berakibat simpangan yang terjadi sebesar 3,4397 in atau berkurang 0,232 %. Simpangan yang terjadi sebesar 3,4404 in apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 8 atau mengalami penurunan sebesar 0,212 %.

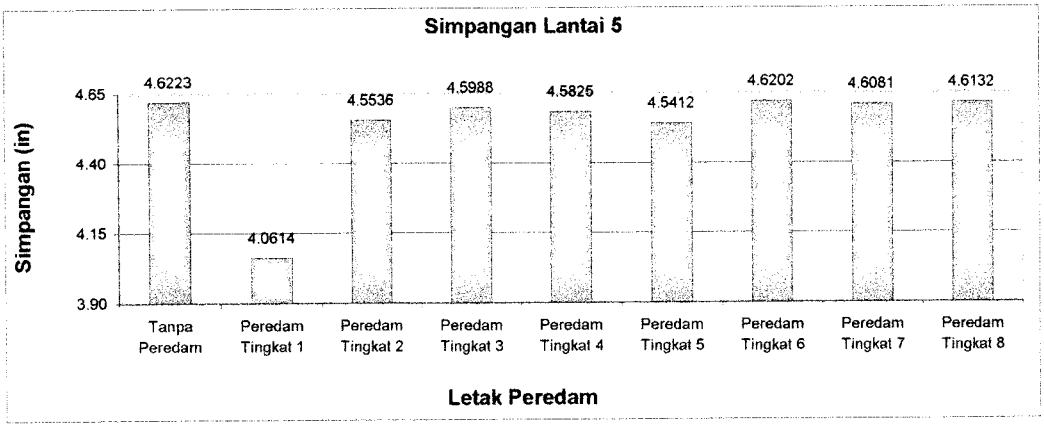


Gambar 5.14 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 4 dengan variasi letak peredam

e. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 5

Simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 5 ditunjukkan oleh Gambar 5.15. Simpangan yang terjadi pada bangunan geser tanpa mempergunakan peredam tambahan sebesar 4,6223 in. Pengurangan simpangan secara maksimum

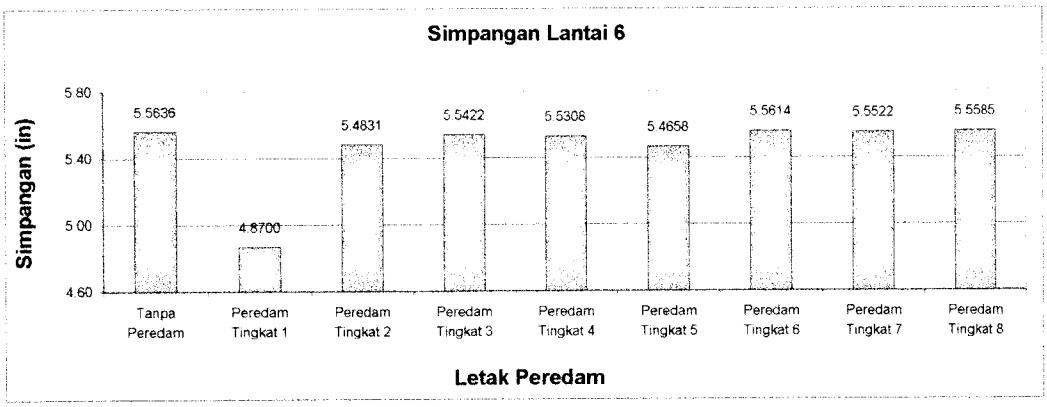
apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan berkurang 12,135 % atau sebesar 4,0614 in. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 2 berpengaruh terhadap simpangan yang terjadi, yaitu berkurang 1,486 % atau sebesar 4,5536 in. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 3, maka simpangan yang terjadi berkurang 0,508 % atau sebesar 4,5988 in. Simpangan yang terjadi jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 4 adalah sebesar 4,5825 in atau berkurang 0,861 %. Perubahan simpangan apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 5, maka simpangan berkurang 1,755 % atau sebesar 4,5412 in. Pengurangan simpangan sebesar 0,045 % atau simpangan yang terjadi sebesar 4,6202 in, jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 6. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 7 berakibat simpangan yang terjadi sebesar 4,6081 in atau berkurang 0,307 %. Simpangan yang terjadi sebesar 4,6132 in apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 8 atau mengalami penurunan sebesar 0,197 %.



Gambar 5.15 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 5 dengan variasi letak peredam

f. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 6

Pada Gambar 5.16 dapat dilihat simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 6. Bangunan geser tanpa peredam tambahan mengalami simpangan sebesar 5,5636 in. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan berkurang 12,467 % atau sebesar 4,8700 in. *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 2, maka simpangan yang terjadi sebesar 5,4831 in atau berkurang 1,447 %. Simpangan yang terjadi jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 3, sebesar 5,5422 in atau berkurang 0,385 %. Jika pada tingkat 4 dipasang *Magnetorheological Damper*, simpangan yang terjadi sebesar 5,5308 in atau berkurang 0,590 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 5 dapat mengurangi simpangan yang terjadi sebesar 1,758 % atau terjadi simpangan sebesar 5,4658 in. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 6, maka simpangan yang terjadi sebesar 5,5614 in atau berkurang 0,040 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 7 berakibat simpangan yang terjadi sebesar 5,5522 in atau berkurang 0,205 %. Simpangan yang terjadi sebesar 5,5585 in apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 8 atau mengalami penurunan sebesar 0,092 %.

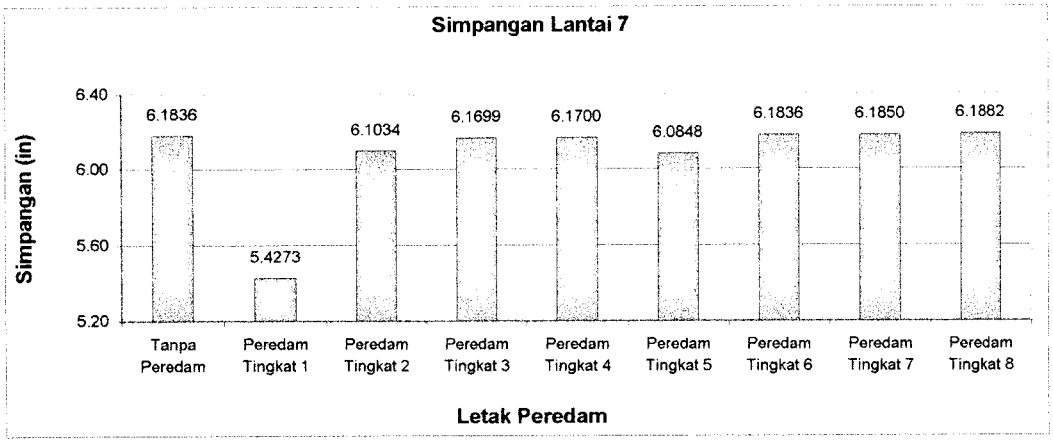


Gambar 5.16 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 6 dengan variasi letak peredam

g. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 7

Simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 7 dapat dilihat pada Gambar 5.17. Bangunan geser tanpa peredam tambahan mengalami simpangan sebesar 6,1836 in. Simpangan berkurang secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, karena berkurang 12,231 % atau sebesar 5,4273 in. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 2, maka simpangan yang terjadi sebesar 6,1034 in atau berkurang 1,297 %. Simpangan yang terjadi jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 3 adalah sebesar 6,1699 in atau berkurang 0,222 %. *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 4, maka simpangan akan berkurang 0,220 % atau sebesar 6,1700 in. *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 5, maka simpangan yang terjadi sebesar 6,0848 in atau berkurang 1,598 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 6 tidak mempengaruhi terhadap besarnya simpangan yang terjadi, karena simpangan yang terjadi sebesar 6,1836 in. *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 7, simpangan yang terjadi sebesar 6,1850 in atau meningkat 0,023 %.

Perubahan simpangan jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 8, simpangan yang terjadi sebesar 0,7309 in atau meningkat 0,074 %.

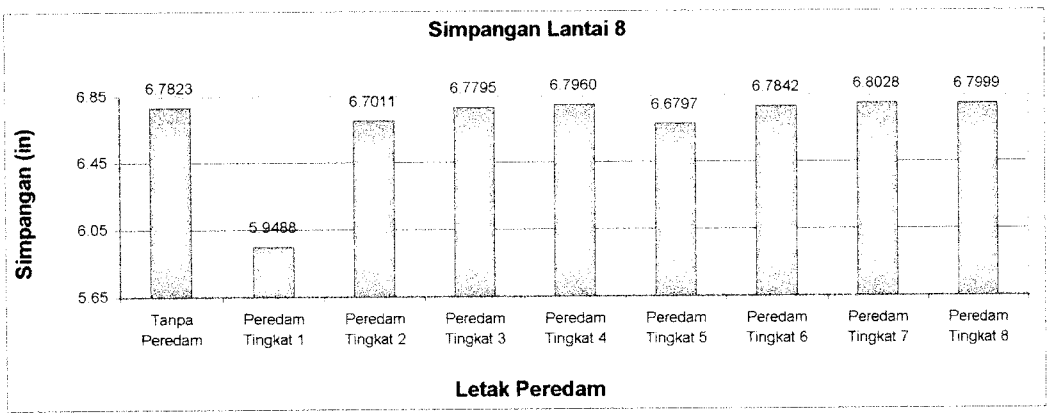


Gambar 5.17 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 7 dengan variasi letak peredam

h. Simpangan Relatif Maksimum Lantai 8

Pada Gambar 5.18 dapat dilihat simpangan relatif maksimum yang terjadi pada lantai 8. Bangunan geser tanpa peredam tambahan mengalami simpangan sebesar 6,7823 in. Pengurangan simpangan secara maksimum apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 1, maka simpangan yang terjadi sebesar 5,9488 in atau berkurang 12,289 %. Jika dilakukan pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 2, maka simpangan yang terjadi sebesar 6,7011 in atau berkurang 1,197 %. Perubahan simpangan yang terjadi apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 3, simpangan berkurang 0,041 % atau sebesar 6,7795 in. Jika pada tingkat 4 dipasang *Magnetorheological Damper*, simpangan yang terjadi sebesar 6,7960 in atau meningkat 0,202 %. Jika *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 5, maka simpangan yang terjadi

berkurang 1,513 % atau sebesar 6,6797 in. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 6 mengakibatkan simpangan yang terjadi sebesar 6,7842 in atau terjadi perbesaran, yaitu bertambah 0,028 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 7 berakibat simpangan yang terjadi sebesar 6,8028 in atau mengalami peningkatan sebesar 0,302 %. Simpangan yang terjadi sebesar 6,7999 in apabila *Magnetorheological Damper* dipasang pada tingkat 8 atau mengalami peningkatan sebesar 0,259 %.



Gambar 5.18 Hubungan antara simpangan relatif maksimum lantai 8 dengan variasi letak peredam

Prosentase perubahan nilai simpangan relatif struktur bertingkat 6 dan struktur bertingkat 8 dari perhitungan numeris, dapat disajikan dalam bentuk tabulasi sebagai berikut.

Tabel 5.2.1 Perubahan nilai dan prosentase simpangan relatif struktur bertingkat 6

Variasi (1)	Simpangan (in) (2)	Prosentase Perubahan (3)
Tanpa Peredam	7.9067	0.000%
Peredam Tingkat 1	5.8415	26.120%
Peredam Tingkat 2	7.3348	7.233%
Peredam Tingkat 3	6.8424	13.461%
Peredam Tingkat 4	5.0902	35.622%
Peredam Tingkat 5	7.5098	5.020%
Peredam Tingkat 6	7.8868	0.252%

Dari Tabel 5.2.1 dapat dilihat bahwa pemasangan *Magnetorheological Damper* yang "paling menguntungkan" berdasarkan perubahan simpangan relatif untuk struktur bertingkat 6 terletak pada tingkat 4. Prosentase penurunan simpangan relatif dapat mencapai 35,622 %. Pemasangan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 6 tidak menguntungkan, hal ini terlihat dengan kecilnya prosentase perubahan nilai simpangan relatif struktur, yaitu sebesar 0,252 %.

Tabel 5.2.2 Perubahan nilai dan prosentase simpangan relatif struktur bertingkat 8

Variasi (1)	Simpangan (in) (2)	Prosentase Perubahan (3)
Tanpa Peredam	6.7823	0.000%
Peredam Tingkat 1	5.9488	12.289%
Peredam Tingkat 2	6.7011	1.197%
Peredam Tingkat 3	6.7795	0.041%
Peredam Tingkat 4	6.7960	-0.202%
Peredam Tingkat 5	6.6797	1.513%
Peredam Tingkat 6	6.7842	-0.028%
Peredam Tingkat 7	6.8028	-0.302%
Peredam Tingkat 8	6.7999	-0.259%

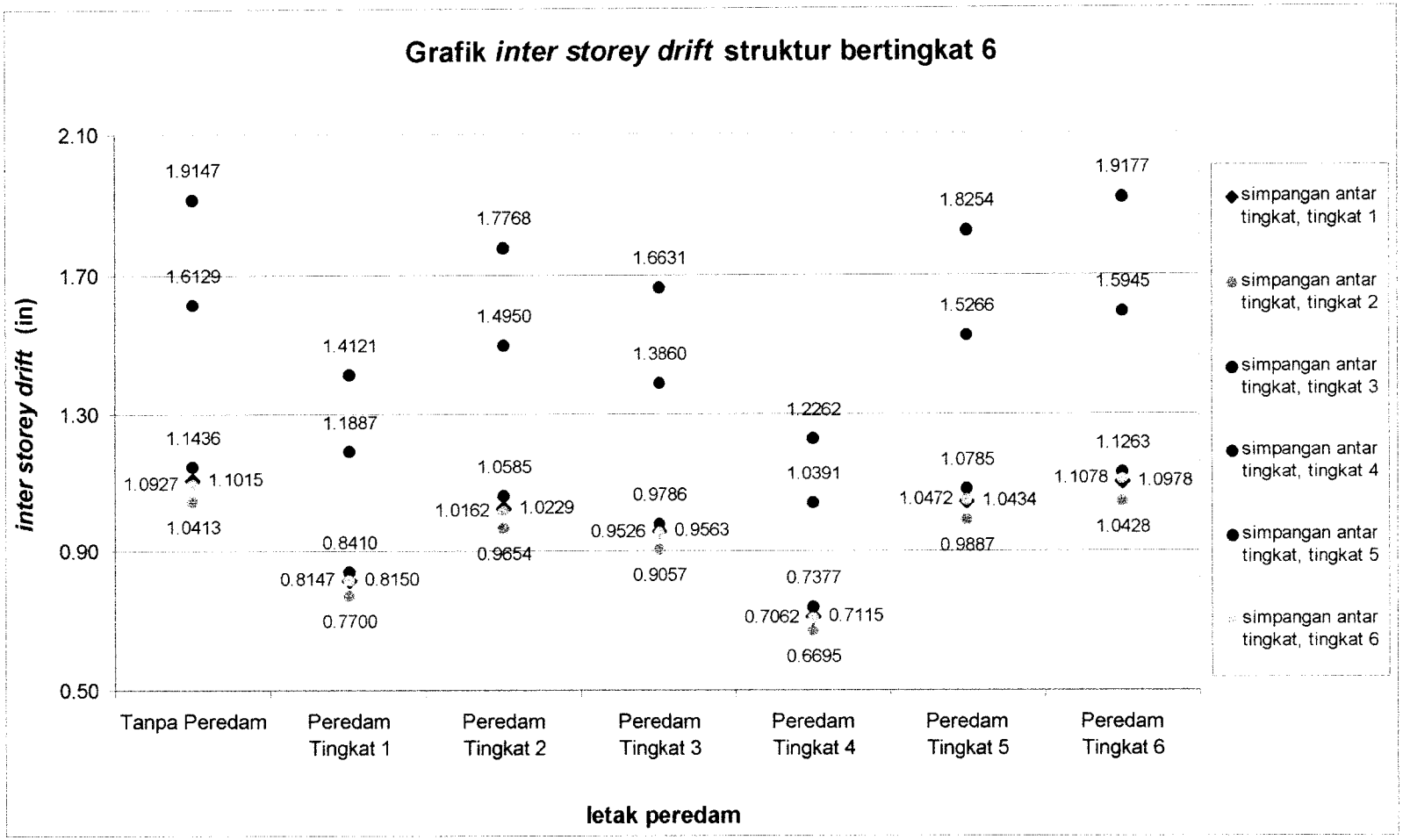
Dari Tabel 5.2.2 dapat dilihat bahwa pemasangan MR Damper yang "paling menguntungkan" berdasarkan perubahan simpangan relatif untuk struktuir bertingkat 8 terletak pada tingkat 1. Prosentase penurunan simpangan relatif dapat mencapai 12,289 %. Pemasangan MR Damper di struktur bertingkat 8 tidak seluruhnya "menguntungkan", ada beberapa variasi pemasangan MR Damper yang meningkatkan besarnya nilai simpangan relatif struktur, hal ini dapat dilihat pada pemasangan MR Damper pada tingkat 4, 6, 7 dan 8. Prosentase kenaikan nilai simpangan relatif pada pemasangan MR Damper pada tingkat 4, 6, 7 dan 8 secara berurutan sebesar 0,202 %, 0,028 %, 0,302 % dan 0,259 %.

Berdasarkan penelitian ini sifat bangunan tinggi tidak selalu memiliki simpangan struktur relatif lebih besar dibandingkan bangunan yang lebih rendah, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain :

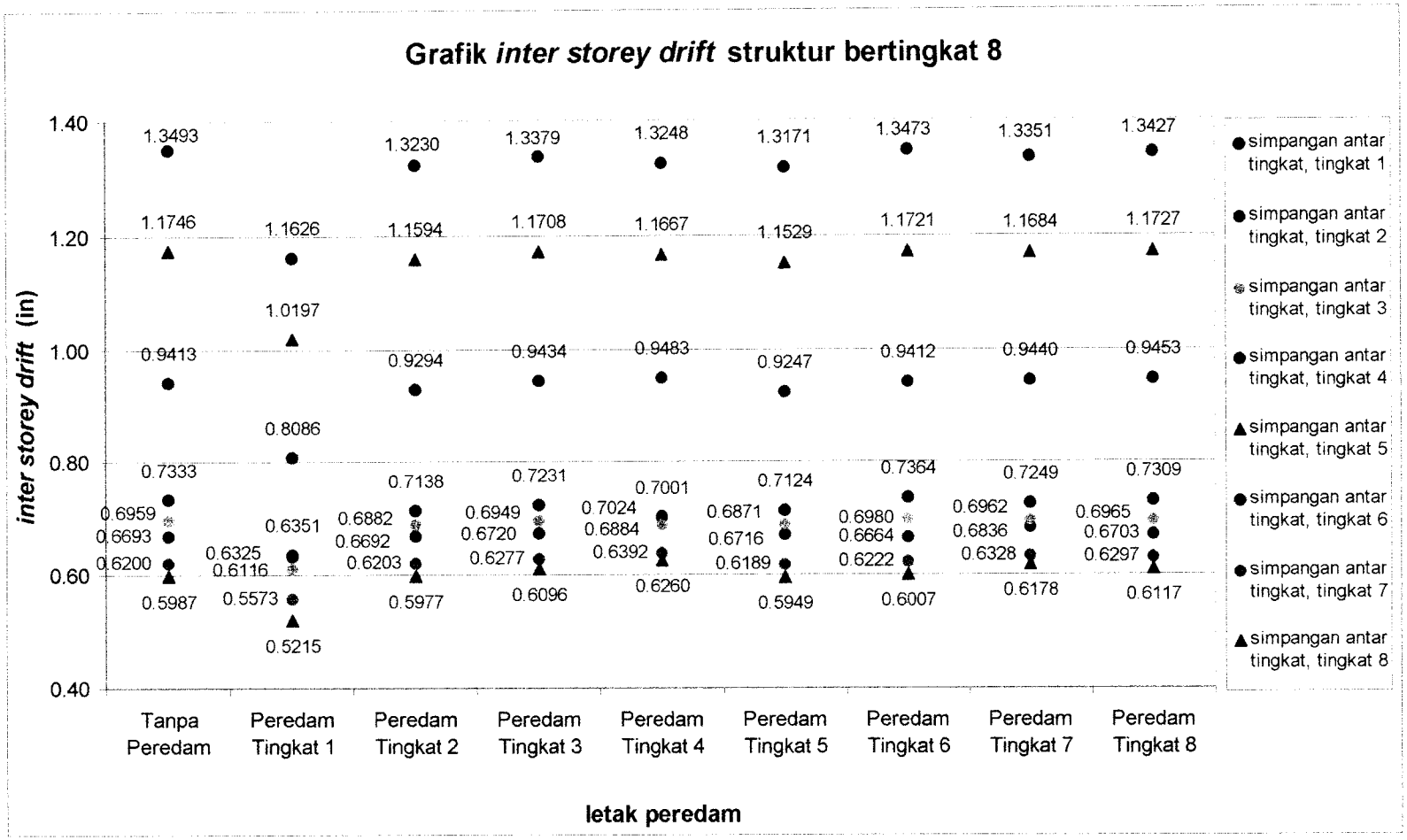
1. ketidakseragaman kekakuan struktur, dan
2. adanya efek yang "merugikan" dari penempatan *Magnetorheological Damper* yang tidak tepat.

Simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) yang disyaratkan dalam PPKGRG (1987) adalah sebesar 0,787 in atau 2 cm. Dari grafik hasil perhitungan perubahan nilai *inter storey drift* pada Gambar 5.19 untuk struktur bertingkat 6 dan Gambar 5.20 untuk struktur bertingkat 8, simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) yang terjadi tidak seluruhnya sesuai dengan ketentuan dalam PPKGRG (1987), hal ini dapat disebabkan struktur yang dianalisis merupakan model bangunan *shear building*, tidak merupakan struktur yang sebenarnya. Dari kedua grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa penempatan *Magnetorheological Damper* dengan tepat dapat menurunkan nilai *inter storey drift* secara maksimum.

Penempatan efektif *Magnetorheological Damper* dengan tujuan mengurangi simpangan horisontal struktur secara maksimal pada bangunan tinggi tidak cenderung berada di tingkat tengah dari suatu struktur bangunan, hal ini dimungkinkan oleh ketidakseragaman dari kekakuan struktur dan beban lantai.



Gambar 5.19 Hubungan antara simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) dengan variasi letak peredam pada struktur bertingkat 6



Gambar 5.20 Hubungan antara simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) dengan variasi letak peredam pada struktur bertingkat 8

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dengan judul Penempatan Efektif Redaman Tunggal Untuk Mengurangi Simpangan Pada Bangunan Bertingkat 6 dan 8, adalah sebagai berikut.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan teori-teori yang ada dan hasil penelitian numeris, penggunaan *Magnetorheological Damper* pada model bangunan geser untuk mengurangi simpangan yang terjadi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Simpangan relatif yang terjadi pada tiap lantai dapat dikurangi dengan menempatkan *Magnetorheological Damper* secara tepat.
2. Dari model struktur yang digunakan pada penelitian ini penggunaan *Magnetorheological Damper* dapat memberikan pengaruh yang "merugikan", yaitu meningkatkan simpangan relatif yang terjadi apabila tidak ditempatkan secara tepat. Pada struktur bertingkat 6 dapat dilihat pada Gambar 5.7, untuk struktur bertingkat 8 dapat dilihat pada Gambar 5.11, Gambar 5.12, Gambar 5.13,dan Gambar 5.14.

3. Berdasarkan perhitungan simpangan relatif didapatkan penempatan *Magnetorheological Damper* yang paling efektif mengurangi simpangan horisontal struktur untuk bangunan bertingkat 6 terletak di tingkat 4, sedangkan pada bangunan bertingkat 8 terletak di tingkat 1.
4. Penempatan *Magnetorheological Damper* secara tepat dapat mengurangi simpangan antar tingkat yang terjadi (*inter storey drift*).

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk bangunan yang mempunyai jumlah tingkat genap yang menggunakan peredam ganda.
2. Perlu diadakan penelitian untuk bangunan bertingkat lebih dari 10 tingkat.
3. Perlu dilakukan penelitian penggunaan *Magnetorheological Damper* pada struktur yang mempunyai kekakuan seragam.
4. Perlu diadakan penelitian respon struktur terhadap beban gempa selain *El-Centro*.
5. Perlu diadakan studi laboratorium sebagai pembuktian dari penelitian numeris yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Berg, G. V., 1988, **ELEMENTS OF STRUCTURAL DYNAMICS**, Prentice-Hall, New Jersey.

Chopra, A. K., 1995, **DYNAMICS OF STRUCTURES**, Prentice-Hall, New Jersey.

Clough, R. W. and J. Penzien, 1982, **DYNAMICS OF STRUCTURES**, Second Edition, McGraw-Hill, Tokyo.

Craig Jr., R. R., 1981, **STRUCTURAL DYNAMICS**, John Willey, New York.

Dowrick, D. J., 1978, **EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN**, John Wiley & Sons, Chichester.

Dyke, S. J., Spencer Jr. B.F., Sain, M. K. and Carlson, J. D., 1996, **MODELING AND CONTROL OF MAGNETORHEOLOGICAL DAMPERS FOR SEISMIC RESPONSE REDUCTION**, *Smart Materials and Structures*, Vol. 5, pp. 565-575.

Elfira, A. M. dan Juhartono, 2000, **PENEMPATAN EFEKTIF REDAMAN GANDA UNTUK MENGURANGI SIMPANGAN PADA BANGUNAN TINGKAT TINGGI**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Hu, Liu and Dong, 1996, **EARTHQUAKE ENGINEERING**, First Edition, Chapman & Hall, London.

Khoir, A. dan Ariffin, 2000, **ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN KEKAKUAN TINGKAT SECARA SERENTAK TERHADAP GAYA GESER DAN MOMEN GULING PADA GEDUNG BERTINGKAT BANYAK DENGAN BEBAN GEMPA BERUPA TIME HISTORY**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Microsoft Corporation (Copyright © 1985-1999), **Microsoft ® Excel 2000**, All Rights Reserved.

Paz, M., 1987, **DINAMIKA STRUKTUR TEORI DAN PERHITUNGAN**, (Terjemahan), Edisi kedua, Erlangga, Jakarta.

Pramulanto, H. dan Nurianawati, 2000, **PENGARUH VARIASI MASSA BALIHO TERHADAP SIMPANGAN, GAYA GESER DAN MOMEN GULING PADA GEDUNG BERTINGKAT LIMA**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Rachmawati, A. N. M. dan L. N. Wismawati, 1999, **ANALISIS PENGARUH TINGGI DINDING GESER AKIBAT BEBAN LATERAL GEMPA PADA TINJAUAN PORTAL 2 DIMENSI**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Sarwidi, 1999, **DIKTAT KULIAH TEKNIK GEMPA**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Sarwidi, 1999, **DIKTAT KULIAH METODE NUMERIK**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Suprapti dan Novitasari, 1999, **PENGUBAHAN POSISI REDAMAN UNTUK MENGURANGI STRUKTURAL POUNDING PADA BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

The MathWorks, Inc. (Copyright © 1984-1999), **Matlab Version 5.3.1.29215a (R11.1)**, All Rights Reserved.

Widodo, 1997, **PENGANTAR TEKNIK GEMPA**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Widodo, 1999, **DIKTAT KULIAH ANALISA DINAMIKA STRUKTUR**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMPIRAN

Proposal 1 kl
TA = 3 kl

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

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	EKA DENNY SAPUTRA	95 310 157		TSS
2.	FANNI HARRY WIBOWO	95 310 173		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR : PENEMPATANN EFEKTIF POSISI REDAMAN TUNGGAL UNTUK MENGURANGI SIMPANGAN STRUKTUR PADA BANGUNAN BERTINGKAT GENAP.

Dosen Pembimbing I : IR. H.M.SASUDIN, MT
Dosen Pembimbing II : IR. H.SARWIDI, MSc, PhD

Yogyakarta, 28 April 2000
Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil

IR. H.TADJUDDIN BM ARIS, MS

1

2

PERHITUNGAN MATLAB STRUKTUR BERTINGKAT 6

```
» M=[0.3626 0 0 0 0 0;0 0.3108 0 0 0 0;0 0 0.3108 0 0 0;0 0 0 0.3108 0 0;0 0 0 0 0.3108 0;0 0 0 0
    0 0.2590]

M = Matrik Massa

    0.3626         0         0         0         0         0
         0    0.3108         0         0         0         0
         0         0    0.3108         0         0         0
         0         0         0    0.3108         0         0
         0         0         0         0    0.3108         0
         0         0         0         0         0    0.2590

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

K = Matrik Kekakuan

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

» [V,D]=eig(K,M)

V = Mode Shape

  6.6466e-001  2.6209e-001  4.0849e-001  3.8295e-001 -2.3099e-001 -8.6736e-002
 -7.0183e-001  1.3638e-002  3.1116e-001  5.0181e-001 -3.8623e-001 -1.6926e-001
  2.4188e-001 -5.2881e-001 -5.4401e-001  1.4626e-001 -4.7960e-001 -3.2018e-001
 -8.1535e-002  6.9463e-001 -2.4438e-001 -3.8220e-001 -3.0336e-001 -4.4443e-001
  2.2192e-002 -4.0155e-001  5.7401e-001 -4.5881e-001  4.3412e-002 -5.3162e-001
 -2.8705e-003  8.7952e-002 -2.2617e-001  4.7281e-001  6.8815e-001 -6.1739e-001


D = λ

  3.3711e+003            0            0            0            0            0
            0  2.1489e+003            0            0            0            0
            0            0  1.3660e+003            0            0            0
            0            0            0  7.6077e+002            0            0
            0            0            0            0  3.6174e+002            0
            0            0            0            0            0  5.3638e+001

» Ø1=[-8.6736e-002;-1.6926e-001;-3.2018e-001;-4.4443e-001;-5.3162e-001;-6.1739e-001]

Ø1 = Mode ke-1

 -8.6736e-002
 -1.6926e-001
 -3.2018e-001
 -4.4443e-001
 -5.3162e-001
 -6.1739e-001

» Ø2=[-2.3099e-001;-3.8623e-001;-4.7960e-001;-3.0336e-001;4.3412e-002;6.8815e-001]

Ø2 = Mode ke-2

 -2.3099e-001
 -3.8623e-001
 -4.7960e-001
 -3.0336e-001
  4.3412e-002
  6.8815e-001
```

```
» Ø3=[3.8295e-001;5.0181e-001;1.4626e-001;-3.8220e-001;-4.5881e-001;4.7281e-001]

Ø3 = Mode ke-3

  3.8295e-001
  5.0181e-001
  1.4626e-001
 -3.8220e-001
 -4.5881e-001
  4.7281e-001

» Ø4=[4.0849e-001;3.1116e-001;-5.4401e-001;-2.4438e-001;5.7401e-001;-2.2617e-001]

Ø4 = Mode ke-4

  4.0849e-001
  3.1116e-001
 -5.4401e-001
 -2.4438e-001
  5.7401e-001
 -2.2617e-001

» Ø5=[2.6209e-001;1.3638e-002;-5.2881e-001;6.9463e-001;-4.0155e-001;8.7952e-002]

Ø5 = Mode ke-5

  2.6209e-001
  1.3638e-002
 -5.2881e-001
  6.9463e-001
 -4.0155e-001
  8.7952e-002

» Ø6=[6.6466e-001;-7.0183e-001;2.4188e-001;-8.1535e-002;2.2192e-002;-2.8705e-003]

Ø6 = Mode ke-6

  6.6466e-001
 -7.0183e-001
  2.4188e-001
 -8.1535e-002
  2.2192e-002
 -2.8705e-003

» C1=[3.0 -1.5 0 0 0 0;-1.5 3.0 -1.5 0 0 0;0 -1.5 3.0 -1.5 0 0;0 0 -1.5 3.0 -1.5 0;0 0 0 -1.5 3.0
     -1.5;0 0 0 0 -1.5 1.5]

C1 = Matrik Redaman Struktur Tanpa MR Damper

    3.0000   -1.5000         0         0         0         0
   -1.5000    3.0000   -1.5000         0         0         0
         0   -1.5000    3.0000   -1.5000         0         0
         0         0   -1.5000    3.0000   -1.5000         0
         0         0         0   -1.5000    3.0000   -1.5000
         0         0         0         0   -1.5000    1.5000

» C2=[15.0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0]

C2 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-1

    15     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
```

```
» C3=[15.0 -15.0 0 0 0 0;-15.0 15.0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0]

C3 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-2

    15   -15     0     0     0     0
   -15    15     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0

» C4=[0 0 0 0 0 0;0 15.0 -15.0 0 0 0;0 -15.0 15.0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0]

C4 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-3

     0     0     0     0     0     0
     0    15   -15     0     0     0
     0   -15    15     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0

» C5=[0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 15.0 -15.0 0 0;0 0 -15.0 15.0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0]

C5 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-4

     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0    15   -15     0     0
     0     0   -15    15     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0

» C6=[0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 15.0 -15.0 0;0 0 0 -15.0 15.0 0;0 0 0 0 0 0]

C6 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-5

     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0    15   -15     0
     0     0     0   -15    15     0
     0     0     0     0     0     0

» C7=[0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 15.0 -15.0;0 0 0 0 -15.0 15.0]

C7 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-6

     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0    15   -15
     0     0     0     0   -15    15

» Mn=[Ø1'*M*Ø1 0 0 0 0 0;0 Ø2'*M*Ø2 0 0 0 0;0 0 Ø3'*M*Ø3 0 0 0;0 0 0 Ø4'*M*Ø4 0 0;0 0 0 0 Ø5'*M*Ø5
     0;0 0 0 0 0 Ø6'*M*Ø6]

Mn = Matrik Massa Efektif

  2.9144e-001            0            0            0            0            0
            0  2.8904e-001            0            0            0            0
            0            0  3.0681e-001            0            0            0
            0            0            0  3.1679e-001            0            0
            0            0            0            0  3.1396e-001            0
            0            0            0            0            0  3.3368e-001
```

```
» Kn=[Ø1'*K*Ø1 0 0 0 0 0;0 Ø2'*K*Ø2 0 0 0 0;0 0 Ø3'*K*Ø3 0 0 0;0 0 0 Ø4'*K*Ø4 0 0;0 0 0 0 Ø5'*K*Ø5
    0;0 0 0 0 0 Ø6'*K*Ø6]

Kn = Matrik Kekakuan Efektif

  1.5632e+001             0             0             0             0             0
            0   1.0456e+002             0             0             0             0
            0             0   2.3341e+002             0             0             0
            0             0             0   4.3273e+002             0             0
            0             0             0             0   6.7466e+002             0
            0             0             0             0             0   1.1249e+003

» Cn1=[Ø1'*C1*Ø1 Ø1'*C1*Ø2 0 0 0 0;Ø1'*C1*Ø2 Ø2'*C1*Ø2 Ø2'*C1*Ø3 0 0 0;0 Ø2'*C1*Ø3 Ø3'*C1*Ø3
      Ø3'*C1*Ø4 0 0;0 0 Ø3'*C1*Ø4 Ø4'*C1*Ø4 Ø4'*C1*Ø5 0;0 0 0 Ø4'*C1*Ø5 Ø5'*C1*Ø5 Ø5'*C1*Ø6;0 0 0
      0 Ø5'*C1*Ø6 Ø6'*C1*Ø6]

Cn1 = Matrik Redaman Efektif Tanpa MR Damper

  1.0126e-001 -9.0742e-002             0             0             0             0
 -9.0742e-002   9.7976e-001   6.1086e-001             0             0             0
            0   6.1086e-001   2.1604e+000 -7.7638e-001             0             0
            0             0 -7.7638e-001   3.4612e+000 -4.9063e-001             0
            0             0             0 -4.9063e-001   5.0440e+000 -7.7978e-001
            0             0             0             0 -7.7978e-001   4.9735e+000

» Cn2=[Ø1'*C2*Ø1 Ø1'*C2*Ø2 0 0 0 0;Ø1'*C2*Ø2 Ø2'*C2*Ø2 Ø2'*C2*Ø3 0 0 0;0 Ø2'*C2*Ø3 Ø3'*C2*Ø3
      Ø3'*C2*Ø4 0 0;0 0 Ø3'*C2*Ø4 Ø4'*C2*Ø4 Ø4'*C2*Ø5 0;0 0 0 Ø4'*C2*Ø5 Ø5'*C2*Ø5 Ø5'*C2*Ø6;0 0 0
      0 Ø5'*C2*Ø6 Ø6'*C2*Ø6]

Cn2 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-1

  1.1285e-001   3.0053e-001             0             0             0             0
  3.0053e-001   8.0035e-001 -1.3269e+000             0             0             0
            0 -1.3269e+000   2.1998e+000   2.3465e+000             0             0
            0             0   2.3465e+000   2.5030e+000   1.6059e+000             0
            0             0             0   1.6059e+000   1.0304e+000   2.6130e+000
            0             0             0             0   2.6130e+000   6.6266e+000

» Cn3=[Ø1'*C3*Ø1 Ø1'*C3*Ø2 0 0 0 0;Ø1'*C3*Ø2 Ø2'*C3*Ø2 Ø2'*C3*Ø3 0 0 0;0 Ø2'*C3*Ø3 Ø3'*C3*Ø3
      Ø3'*C3*Ø4 0 0;0 0 Ø3'*C3*Ø4 Ø4'*C3*Ø4 Ø4'*C3*Ø5 0;0 0 0 Ø4'*C3*Ø5 Ø5'*C3*Ø5 Ø5'*C3*Ø6;0 0 0
      0 Ø5'*C3*Ø6 Ø6'*C3*Ø6]

Cn3 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-2

  1.0215e-001   1.9217e-001             0             0             0             0
  1.9217e-001   3.6149e-001 -2.7678e-001             0             0             0
            0 -2.7678e-001   2.1192e-001 -1.7353e-001             0             0
            0             0 -1.7353e-001   1.4210e-001   3.6273e-001             0
            0             0             0   3.6273e-001   9.2593e-001   5.0926e+000
            0             0             0             0   5.0926e+000   2.8009e+001

» Cn4=[Ø1'*C4*Ø1 Ø1'*C4*Ø2 0 0 0 0;Ø1'*C4*Ø2 Ø2'*C4*Ø2 Ø2'*C4*Ø3 0 0 0;0 Ø2'*C4*Ø3 Ø3'*C4*Ø3
      Ø3'*C4*Ø4 0 0;0 0 Ø3'*C4*Ø4 Ø4'*C4*Ø4 Ø4'*C4*Ø5 0;0 0 0 Ø4'*C4*Ø5 Ø5'*C4*Ø5 Ø5'*C4*Ø6;0 0 0
      0 Ø5'*C4*Ø6 Ø6'*C4*Ø6]

Cn4 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-3

  3.4165e-001   2.1137e-001             0             0             0             0
  2.1137e-001   1.3077e-001   4.9797e-001             0             0             0
            0   4.9797e-001   1.8962e+000   4.5608e+000             0             0
            0             0   4.5608e+000   1.0970e+001   6.9583e+000             0
            0             0             0   6.9583e+000   4.4137e+000 -7.6787e+000
            0             0             0             0 -7.6787e+000   1.3359e+001

» Cn5=[Ø1'*C5*Ø1 Ø1'*C5*Ø2 0 0 0 0;Ø1'*C5*Ø2 Ø2'*C5*Ø2 Ø2'*C5*Ø3 0 0 0;0 Ø2'*C5*Ø3 Ø3'*C5*Ø3
      Ø3'*C5*Ø4 0 0;0 0 Ø3'*C5*Ø4 Ø4'*C5*Ø4 Ø4'*C5*Ø5 0;0 0 0 Ø4'*C5*Ø5 Ø5'*C5*Ø5 Ø5'*C5*Ø6;0 0 0
      0 Ø5'*C5*Ø6 Ø6'*C5*Ø6]

Cn5 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-4

  2.3157e-001 -3.2847e-001             0             0             0             0
 -3.2847e-001   4.6591e-001 -1.3970e+000             0             0             0
            0 -1.3970e+000   4.1890e+000 -2.3751e+000             0             0
            0             0 -2.3751e+000   1.3467e+000   5.4987e+000             0
            0             0             0   5.4987e+000   2.2452e+001 -5.9352e+000
            0             0             0             0 -5.9352e+000   1.5690e+000
```

```
» Cn6=[Ø1'*C6*Ø1 Ø1'*C6*Ø2 0 0 0 0; Ø1'*C6*Ø2 Ø2'*C6*Ø2 Ø2'*C6*Ø3 0 0 0;0 Ø2'*C6*Ø3 Ø3'*C6*Ø3
      Ø3'*C6*Ø4 0 0;0 0 Ø3'*C6*Ø4 Ø4'*C6*Ø4 Ø4'*C6*Ø5 0;0 0 0 Ø4'*C6*Ø5 Ø5'*C6*Ø5 Ø5'*C6*Ø6;0 0 0
      0 Ø5'*C6*Ø6 Ø6'*C6*Ø6]

Cn6 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-5

  1.1403e-001 -4.5353e-001            0            0            0            0
 -4.5353e-001  1.8038e+000 -3.9849e-001            0            0            0
            0 -3.9849e-001  8.8036e-002 -9.4045e-001            0            0
            0            0 -9.4045e-001  1.0046e+001 -1.3457e+001            0
            0            0            0 -1.3457e+001  1.8024e+001 -1.7056e+000
            0            0            0            0 -1.7056e+000  1.6139e-001

» Cn7=[Ø1'*C7*Ø1 Ø1'*C7*Ø2 0 0 0 0; Ø1'*C7*Ø2 Ø2'*C7*Ø2 Ø2'*C7*Ø3 0 0 0;0 Ø2'*C7*Ø3 Ø3'*C7*Ø3
      Ø3'*C7*Ø4 0 0;0 0 Ø3'*C7*Ø4 Ø4'*C7*Ø4 Ø4'*C7*Ø5 0;0 0 0 Ø4'*C7*Ø5 Ø5'*C7*Ø5 Ø5'*C7*Ø6;0 0 0
      0 Ø5'*C7*Ø6 Ø6'*C7*Ø6]

Cn7 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-6

  1.1035e-001 -8.2949e-001            0            0            0            0
 -8.2949e-001  6.2353e+000  9.0098e+000            0            0            0
            0  9.0098e+000  1.3019e+001 -1.1182e+001            0            0
            0            0 -1.1182e+001  9.6043e+000 -5.8753e+000            0
            0            0            0 -5.8753e+000  3.5942e+000 -1.8402e-001
            0            0            0            0 -1.8402e-001  9.4219e-003

» Cnn1=[Ø1'*C1*Ø1 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C1*Ø2 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C1*Ø3 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C1*Ø4 0 0;0 0 0 0
      Ø5'*C1*Ø5 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C1*Ø6]

Cnn1 = Matrik Redaman Efektif Diagonal Tanpa MR Damper

  1.0126e-001            0            0            0            0            0
            0  9.7976e-001            0            0            0            0
            0            0  2.1604e+000            0            0            0
            0            0            0  3.4612e+000            0            0
            0            0            0            0  5.0440e+000            0
            0            0            0            0            0  4.9735e+000

» Cnn2=[Ø1'*C2*Ø1 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C2*Ø2 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C2*Ø3 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C2*Ø4 0 0;0 0 0 0
      Ø5'*C2*Ø5 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C2*Ø6]

Cnn2 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-1

  1.1285e-001            0            0            0            0            0
            0  8.0035e-001            0            0            0            0
            0            0  2.1998e+000            0            0            0
            0            0            0  2.5030e+000            0            0
            0            0            0            0  1.0304e+000            0
            0            0            0            0            0  6.6266e+000

» Cnn3=[Ø1'*C3*Ø1 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C3*Ø2 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C3*Ø3 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C3*Ø4 0 0;0 0 0 0
      Ø5'*C3*Ø5 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C3*Ø6]

Cnn3 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-2

  1.0215e-001            0            0            0            0            0
            0  3.6149e-001            0            0            0            0
            0            0  2.1192e-001            0            0            0
            0            0            0  1.4210e-001            0            0
            0            0            0            0  9.2593e-001            0
            0            0            0            0            0  2.8009e+001

» Cnn4=[Ø1'*C4*Ø1 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C4*Ø2 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C4*Ø3 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C4*Ø4 0 0;0 0 0 0
      Ø5'*C4*Ø5 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C4*Ø6]

Cnn4 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-3

  3.4165e-001            0            0            0            0            0
            0  1.3077e-001            0            0            0            0
            0            0  1.8962e+000            0            0            0
            0            0            0  1.0970e+001            0            0
            0            0            0            0  4.4137e+000            0
            0            0            0            0            0  1.3359e+001
```

```
» Cnn5=[Ø1'*C5*Ø10 0 0 0 0;0 Ø2'*C5*Ø2 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C5*Ø3 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C5*Ø4 0 0;0 0 0 0
       Ø5'*C5*Ø5 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C5*Ø6]

Cnn5 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-4

  2.3157e-001            0            0            0            0            0
            0  4.6591e-001            0            0            0            0
            0            0  4.1890e+000            0            0            0
            0            0            0  1.3467e+000            0            0
            0            0            0            0  2.2452e+001            0
            0            0            0            0            0  1.5690e+000

» Cnn6=[Ø1'*C6*Ø1 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C6*Ø2 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C6*Ø3 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C6*Ø4 0 0;0 0 0 0
       Ø5'*C6*Ø5 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C6*Ø6]

Cnn6 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-5

  1.1403e-001            0            0            0            0            0
            0  1.8038e+000            0            0            0            0
            0            0  8.8036e-002            0            0            0
            0            0            0  1.0046e+001            0            0
            0            0            0            0  1.8024e+001            0
            0            0            0            0            0  1.6139e-001

» Cnn7=[Ø1'*C7*Ø1 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C7*Ø2 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C7*Ø3 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C7*Ø4 0 0;0 0 0 0
       Ø5'*C7*Ø5 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C7*Ø6]

Cnn7 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-6

  1.1035e-001            0            0            0            0            0
            0  6.2353e+000            0            0            0            0
            0            0  1.3019e+001            0            0            0
            0            0            0  9.6043e+000            0            0
            0            0            0            0  3.5942e+000            0
            0            0            0            0            0  9.4219e-003

» I=[1;1;1;1;1;1]

I = Matrik I

     1
     1
     1
     1
     1
     1

» Wn=(inv(Mn)*Kn)

Wn =

  5.3638e+001            0            0            0            0            0
            0  3.6174e+002            0            0            0            0
            0            0  7.6077e+002            0            0            0
            0            0            0  1.3660e+003            0            0
            0            0            0            0  2.1489e+003            0
            0            0            0            0            0  3.3711e+003

» ω=sqrt(Wn)

ω = Frekuensi Sudut

  7.3238e+000            0            0            0            0            0
            0  1.9020e+001            0            0            0            0
            0            0  2.7582e+001            0            0            0
            0            0            0  3.6959e+001            0            0
            0            0            0            0  4.6356e+001            0
            0            0            0            0            0  5.8061e+001
```

```
» S1=((Cnn1/(2*ω*Mn))*I)

S1 =

  2.3720e-002
  8.9112e-002
  1.2764e-001
  1.4781e-001
  1.7329e-001
  1.2835e-001

» S2=((Cnn2/(2*ω*Mn))*I)

S2 =

  2.6434e-002
  7.2794e-002
  1.2997e-001
  1.0689e-001
  3.5398e-002
  1.7102e-001

» S3=((Cnn3/(2*ω*Mn))*I)

S3 =

  2.3929e-002
  3.2879e-002
  1.2521e-002
  6.0682e-003
  3.1810e-002
  7.2286e-001

» S4=((Cnn4/(2*ω*Mn))*I)

S4 =

  8.0032e-002
  1.1894e-002
  1.1204e-001
  4.6846e-001
  1.5163e-001
  3.4476e-001

» S5=((Cnn5/(2*ω*Mn))*I)

S5 =

  5.4246e-002
  4.2376e-002
  2.4751e-001
  5.7509e-002
  7.7134e-001
  4.0491e-002

» S6=((Cnn6/(2*ω*Mn))*I)

S6 =

  2.6712e-002
  1.6406e-001
  5.2015e-003
  4.2903e-001
  6.1922e-001
  4.1651e-003
```

```
» S7=((Cnn7/(2*ω*Mn))*I)

S7 =

  2.5849e-002
  5.6712e-001
  7.6920e-001
  4.1015e-001
  1.2348e-001
  2.4316e-004

» Γ1=(Ø1'*M*I)/(Ø1'*M*Ø1)

Γ1 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-1

 -2.2194e+000

» Γ2=(Ø2'*M*I)/(Ø2'*M*Ø2)

Γ2 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-2

 -8.8369e-001

» Γ3=(Ø3'*M*I)/(Ø3'*M*Ø3)

Γ3 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-3

  6.5626e-001

» Γ4=(Ø4'*M*I)/(Ø4'*M*Ø4)

Γ4 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-4

  3.7760e-001

» Γ5=(Ø5'*C7*I)/(Ø5'*M*Ø5)

Γ5 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-5

  1.5539e-001

» Γ6=(Ø6'*M*I)/(Ø6'*M*Ø6)

Γ6 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-6

  2.3635e-001

» U1=Γ1*Ø1

U1 =

  1.9250e-001
  3.7565e-001
  7.1061e-001
  9.8637e-001
  1.1799e+000
  1.3702e+000

» U2=Γ2*Ø2

U2 =

  2.0412e-001
  3.4131e-001
  4.2382e-001
  2.6808e-001
 -3.8363e-002
 -6.0811e-001
```

```
» U3=I`3*Ø3

U3 =

   2.5132e-001
   3.2932e-001
   9.5985e-002
  -2.5082e-001
  -3.0110e-001
   3.1029e-001

» U4=I`4*Ø4

U4 =

   1.5424e-001
   1.1749e-001
  -2.0542e-001
  -9.2277e-002
   2.1674e-001
  -8.5401e-002

» U5=I`5*Ø5

U5 =

   4.0727e-002
   2.1193e-003
  -8.2174e-002
   1.0794e-001
  -6.2398e-002
   1.3667e-002

» U6=I`6*Ø6

U6 =

   1.5709e-001
  -1.6588e-001
   5.7169e-002
  -1.9271e-002
   5.2451e-003
  -6.7845e-004

» U=U1+U2+U3+U4+U5+U6

U =

   1.0000e+000
   1.0000e+000
   9.9999e-001
   1.0000e+000
   1.0000e+000
   1.0000e+000

»
```

Tabel L.2 Perhitungan Nilai Rasio Redaman Struktur Bertingkat 6

Variasi 1. Tanpa Peredam

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	2.3720E-02	2.3720E-02
2	8.9112E-02	8.9112E-02
3	1.2764E-01	1.2764E-01
4	1.2835E-01	1.2835E-01
5	1.4781E-01	1.4781E-01
6	1.7329E-01	1.7329E-01

Variasi 2. *MR Damper* di Tingkat 1

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	2.6434E-02	5.0154E-02
2	3.5398E-02	1.2451E-01
3	7.2794E-02	2.0043E-01
4	1.0689E-01	2.3524E-01
5	1.2997E-01	2.7778E-01
6	1.7102E-01	3.4431E-01

Variasi 3. *MR Damper* di Tingkat 2

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	6.0682E-03	2.9788E-02
2	1.2521E-02	1.0163E-01
3	2.3929E-02	1.5157E-01
4	3.1810E-02	1.6016E-01
5	3.2879E-02	1.8069E-01
6	7.2286E-01	8.9615E-01

Variasi 4. *MR Damper* di Tingkat 3

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	1.1894E-02	3.5614E-02
2	8.0032E-02	1.6914E-01
3	1.1204E-01	2.3968E-01
4	1.5163E-01	2.7998E-01
5	3.4476E-01	4.9257E-01
6	4.6846E-01	6.4175E-01

Variasi 5. *MR Damper* di Tingkat 4

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	4.0491E-02	6.4211E-02
2	4.2376E-02	1.3149E-01
3	5.4246E-02	1.8189E-01
4	5.7509E-02	1.8586E-01
5	2.4751E-01	3.9532E-01
6	7.7134E-01	9.4463E-01

Variasi 6. *MR Damper* di Tingkat 5

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	4.1651E-03	2.7885E-02
2	5.2015E-03	9.4314E-02
3	2.6712E-02	1.5435E-01
4	1.6406E-01	2.9241E-01
5	4.2903E-01	5.7684E-01
6	6.1922E-01	7.9251E-01

Variasi 7. *MR Damper* di Tingkat 6

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	2.4316E-04	2.3963E-02
2	2.5849E-02	1.1496E-01
3	1.2348E-01	2.5112E-01
4	4.1015E-01	5.3850E-01
5	5.6712E-01	7.1493E-01
6	7.6920E-01	9.4249E-01

Tabel L.3 Perhitungan Nilai a, b dan k struktur bertingkat 6

Variasi 1. Tanpa *MR Damper*

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	7.3238E+00	2.3720E-02	200.69488	2.00	10088.38215
2	1.9020E+01	8.9112E-02	206.77964	2.00	10700.74245
3	2.7582E+01	1.2764E-01	214.08227	2.00	11464.88002
4	3.6959E+01	1.2835E-01	218.97475	2.00	12314.70521
5	4.6356E+01	1.4781E-01	227.40752	2.00	13519.25481
6	5.8061E+01	1.7329E-01	240.24556	2.00	15383.35786

Variasi 2. *MR Damper* di Tingkat I

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	7.3238E+00	5.0154E-02	201.46927	2.00	10127.10162
2	1.9020E+01	1.2451E-01	209.47272	2.00	10835.39644
3	2.7582E+01	2.0043E-01	222.11304	2.00	11866.41878
4	3.6959E+01	2.3524E-01	234.77694	2.00	13104.81471
5	4.6356E+01	2.7778E-01	251.50708	2.00	14724.23267
6	5.8061E+01	3.4431E-01	279.96393	2.00	17369.27630

Variasi 3. *MR Damper* di Tingkat II

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	7.3238E+00	2.9788E-02	200.87265	2.00	10097.27032
2	1.9020E+01	1.0163E-01	207.73201	2.00	10748.36092
3	2.7582E+01	1.5157E-01	216.72241	2.00	11596.88747
4	3.6959E+01	1.6016E-01	223.67741	2.00	12549.83837
5	4.6356E+01	1.8069E-01	233.50426	2.00	13824.09186
6	5.8061E+01	8.9615E-01	408.12546	2.00	23777.35275

Variasi 4. *MR Damper* di Tingkat III

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	7.3238E+00	3.5614E-02	201.04332	2.00	10105.80401
2	1.9020E+01	1.6914E-01	212.86817	2.00	11005.16896
3	2.7582E+01	2.3968E-01	226.44342	2.00	12082.93748
4	3.6959E+01	2.7998E-01	241.39112	2.00	13435.52385
5	4.6356E+01	4.9257E-01	291.33430	2.00	16715.59372
6	5.8061E+01	6.4175E-01	349.04259	2.00	20823.20907

Variasi 5. *MR Damper* di Tingkat IV

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	7.3238E+00	6.4211E-02	201.88107	2.00	10147.69175
2	1.9020E+01	1.3149E-01	210.00376	2.00	10861.94836
3	2.7582E+01	1.8189E-01	220.06756	2.00	11764.14472
4	3.6959E+01	1.8586E-01	227.47680	2.00	12739.80763
5	4.6356E+01	3.9532E-01	273.30182	2.00	15813.96952
6	5.8061E+01	9.4463E-01	419.38465	2.00	24340.31221

Variasi 6. *MR Damper* di Tingkat V

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	7.3238E+00	2.7885E-02	200.81690	2.00	10094.48288
2	1.9020E+01	9.4314E-02	207.17541	2.00	10720.53086
3	2.7582E+01	1.5435E-01	217.02913	2.00	11612.22306
4	3.6959E+01	2.9241E-01	243.22872	2.00	13527.40392
5	4.6356E+01	5.7684E-01	306.95998	2.00	17496.87774
6	5.8061E+01	7.9251E-01	384.05569	2.00	22573.86434

Variasi 7. *MR Damper* di Tingkat VI

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	7.3238E+00	2.3963E-02	200.70200	2.00	10088.73809
2	1.9020E+01	1.1496E-01	208.74616	2.00	10799.06824
3	2.7582E+01	2.5112E-01	227.70557	2.00	12146.04509
4	3.6959E+01	5.3850E-01	279.60969	2.00	15346.45198
5	4.6356E+01	7.1493E-01	332.56518	2.00	18777.13775
6	5.8061E+01	9.4249E-01	418.88765	2.00	24315.46210

Tabel L.4 Contoh perhitungan nilai q_n untuk struktur bertingkat 6 tanpa *Magnetorheological Damper*

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in / sec^2)	q_n	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{\ddot{y}}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\ddot{q}_n$	q_{n1}
0.00	0.00630	2.43243	0.00000	-1.02703	-1.02703	-0.00010	-0.01018	-1.01803	0.00000	0.00000
0.02	0.00364	1.40540	-1.01803	-1.02317	-5.10235	-0.00051	-0.03022	-0.98554	-0.01018	-0.00010
0.04	0.00099	0.38224	-2.00357	1.27027	-10.84418	-0.00107	-0.02670	1.33720	-0.04040	-0.00061
0.06	0.00428	1.65251	-0.66636	1.27413	-13.52433	-0.00134	0.00013	1.34599	-0.06710	-0.00168
0.08	0.00758	2.92664	0.67963	1.27027	-10.80960	-0.00107	0.02678	1.31844	-0.06696	-0.00302
0.10	0.01087	4.19691	1.99806	-1.56371	-5.63271	-0.00056	0.02454	-1.54228	-0.04019	-0.00409
0.12	0.00682	2.63320	0.45578	-1.56371	-3.79254	-0.00038	-0.00630	-1.54135	-0.01565	-0.00465
0.14	0.00277	1.06950	-1.08557	-1.56371	-8.13920	-0.00081	-0.03679	-1.50765	-0.02195	-0.00503
0.16	-0.00128	-0.49421	-2.59322	1.91506	-15.05888	-0.00149	-0.03180	2.00617	-0.05873	-0.00584
0.18	0.00368	1.42085	-0.58705	1.91506	-17.42917	-0.00173	0.00831	2.00484	-0.09054	-0.00733
0.20	0.00864	3.33590	1.41779	1.91506	-11.75225	-0.00116	0.04796	1.96088	-0.08223	-0.00906
0.22	0.01360	5.25096	3.37866	-2.44401	-2.56333	-0.00025	0.04312	-2.44537	-0.03426	-0.01022
0.24	0.00727	2.80695	0.93330	-2.44401	1.19983	0.00012	-0.00582	-2.44837	0.00886	-0.01047
0.26	0.00094	0.36293	-1.51507	1.25869	-1.16180	-0.00012	-0.01759	1.27098	0.00304	-0.01036
0.28	0.00420	1.62162	-0.24410	-0.76834	-4.17744	-0.00041	-0.01230	-0.74185	-0.01455	-0.01047
0.30	0.00221	0.85328	-0.98595	-0.04247	-7.40393	-0.00073	-0.01968	0.00373	-0.02685	-0.01089
0.32	0.00210	0.81081	-0.98222	0.90347	-10.40054	-0.00103	-0.01002	0.96225	-0.04654	-0.01162
0.34	0.00444	1.71428	-0.01997	1.63320	-9.75763	-0.00097	0.01639	1.67939	-0.05656	-0.01265
0.36	0.00867	3.34749	1.65942	1.63320	-3.10856	-0.00031	0.04951	1.63253	-0.04016	-0.01362
0.38	0.01290	4.98069	3.29195	1.63320	10.09365	0.00100	0.08135	1.55127	0.00935	-0.01393
0.40	0.01713	6.61389	4.84322	-7.93822	19.95164	0.00198	0.01636	-8.04998	0.09070	-0.01292
0.42	-0.00343	-1.32432	-3.20676	-7.94208	7.13211	0.00071	-0.14344	-7.93016	0.10707	-0.01095
0.44	-0.02400	-9.26640	-11.13692	5.43629	-24.13689	-0.00239	-0.16651	5.62247	-0.03637	-0.01024
0.46	-0.00992	-3.83011	-5.51445	5.43629	-46.31039	-0.00459	-0.05328	5.70102	-0.20288	-0.01263
0.48	0.00416	1.60618	0.18657	0.43243	-50.60497	-0.00502	0.01071	0.69777	-0.25616	-0.01722
0.50	0.00528	2.03861	0.88434	4.34363	-43.14896	-0.00428	0.06320	4.55108	-0.24545	-0.02224
0.52	0.01653	6.38223	5.43543	4.34749	-21.35948	-0.00212	0.15279	4.40797	-0.18226	-0.02652
0.54	0.02779	10.72972	9.84339	4.34363	18.11640	0.00180	0.23851	4.16443	-0.02947	-0.02863
0.56	0.03904	15.07334	14.00783	-5.61776	64.35207	0.00638	0.21979	-6.03627	0.20904	-0.02684
0.58	0.02449	9.45559	7.97156	-5.61389	96.39489	0.00956	0.09783	-6.16040	0.42884	-0.02046
0.60	0.00995	3.84170	1.81116	-0.13127	109.19013	0.01082	0.02900	-0.72190	0.52667	-0.01090
0.62	0.00961	3.71042	1.08926	-0.13514	113.56348	0.01126	0.01435	-0.74392	0.55567	-0.00008
0.64	0.00926	3.57529	0.34535	-0.13127	114.95871	0.01140	-0.00052	-0.74231	0.57002	0.01118
0.66	0.00892	3.44401	-0.39696	-5.32046	108.18132	0.01072	-0.06666	-5.87248	0.56950	0.02257

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in/sec^2)	q_n	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\dot{q}_n$	q_{n1}
0.68	-0.00486	-1.87645	-6.26944	-5.32046	83.05724	0.00823	-0.18238	-5.69869	0.50284	0.03329
0.70	-0.01864	-7.19690	-11.96813	-5.32046	35.05798	0.00348	-0.29341	-5.40491	0.32046	0.04153
0.72	-0.03242	-12.51736	-17.37305	-0.47490	-29.79254	-0.00295	-0.34941	-0.19510	0.02705	0.04500
0.74	-0.03365	-12.99227	-17.56815	-9.10424	-108.93726	-0.01080	-0.43510	-8.37387	-0.32236	0.04205
0.76	-0.05723	-22.09650	-25.94201	4.59073	-199.31269	-0.01976	-0.46074	5.81052	-0.75747	0.03125
0.78	-0.04534	-17.50577	-20.13150	4.58687	-280.16269	-0.02777	-0.34068	6.19481	-1.21820	0.01149
0.80	-0.03346	-12.91891	-13.93669	0.55985	-340.17318	-0.03372	-0.25417	2.45679	-1.55888	-0.01628
0.82	-0.03201	-12.35906	-11.47989	0.55984	-386.26937	-0.03829	-0.20276	2.68402	-1.81305	-0.05000
0.84	-0.03056	-11.79922	-8.79588	0.55985	-421.59376	-0.04179	-0.14739	2.85259	-2.01581	-0.08828
0.86	-0.02911	-11.23937	-5.94328	0.55984	-445.46930	-0.04416	-0.08927	2.95934	-2.16320	-0.13007
0.88	-0.02766	-10.67953	-2.98394	-5.21235	-463.23928	-0.04592	-0.08687	-2.71921	-2.25247	-0.17423
0.90	-0.04116	-15.89188	-5.70314	-5.21235	-486.11222	-0.04819	-0.13985	-2.57919	-2.33934	-0.22015
0.92	-0.05466	-21.10423	-8.28233	-5.21235	-519.33871	-0.05148	-0.18950	-2.38528	-2.47919	-0.26833
0.94	-0.06816	-26.31658	-10.66761	-5.21235	-562.14082	-0.05572	-0.23477	-2.14198	-2.66869	-0.31981
0.96	-0.08166	-31.52893	-12.80958	5.09652	-603.23343	-0.05979	-0.17255	8.36376	-2.90347	-0.37553
0.98	-0.06846	-26.43241	-4.44583	5.09266	-621.14050	-0.06157	-0.00495	8.39687	-3.07602	-0.43533
1.00	-0.05527	-21.33975	3.95105	5.09266	-605.33975	-0.06000	0.16157	8.25501	-3.08097	-0.49690
1.02	-0.04208	-16.24709	12.20605	-0.19691	-561.69283	-0.05568	0.27107	2.69533	-2.91940	-0.55690
1.04	-0.04259	-16.44400	14.90138	-0.20077	-501.90279	-0.04975	0.32159	2.35602	-2.64832	-0.61258
1.06	-0.04311	-16.64477	17.25741	7.27026	-425.17867	-0.04215	0.43893	9.37836	-2.32673	-0.66233
1.08	-0.02428	-9.37451	26.63577	7.27026	-318.33059	-0.03155	0.62019	8.74729	-1.88780	-0.70448
1.10	-0.00545	-2.10425	35.38306	7.27026	-176.36740	-0.01748	0.78701	7.93454	-1.26761	-0.73603
1.12	0.01338	5.16602	43.31760	7.27026	-2.55012	-0.00025	0.93594	6.95864	-0.48061	-0.75351
1.14	0.03221	12.43628	50.27624	7.27026	199.20520	0.01975	1.06394	5.84147	0.45533	-0.75377
1.16	0.05104	19.70654	56.11771	7.27026	424.41534	0.04207	1.16843	4.60776	1.51927	-0.73402
1.18	0.06987	26.97681	60.72547	7.27026	668.12914	0.06623	1.24735	3.28456	2.68770	-0.69195
1.20	0.08870	34.24707	64.01003	-16.77991	900.98584	0.08931	1.06081	-21.93886	3.93506	-0.62572
1.22	0.04524	17.46716	42.07117	-16.77605	1070.01151	0.10606	0.61464	-22.67866	4.99587	-0.53641
1.24	0.00179	0.69112	19.39251	-16.77991	1148.00480	0.11379	0.15846	-22.93870	5.61051	-0.43035
1.26	-0.04167	-16.08879	-3.54619	-16.77991	1133.93015	0.11240	-0.29798	-22.70528	5.76897	-0.31655
1.28	-0.08513	-32.86869	-26.25147	-16.77605	1028.72106	0.10197	-0.74490	-21.98677	5.47099	-0.20415
1.30	-0.12858	-49.64474	-48.23824	-16.77991	835.24663	0.08279	-1.17290	-20.81325	4.72609	-0.10218
1.32	-0.17204	-66.42464	-69.05149	16.58686	591.59239	0.05864	-1.24230	13.87309	3.55320	-0.01939
1.34	-0.12908	-49.83779	-55.17841	16.58300	370.01166	0.03668	-0.95410	14.94720	2.31090	0.03925
1.36	-0.08613	-33.25479	-40.23121	-1.11583	190.72503	0.01891	-0.82306	-1.84392	1.35680	0.07593
1.38	-0.08902	-34.37062	-42.07512	-1.11969	21.84875	0.00217	-0.85090	-0.94022	0.53374	0.09483

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in/sec^2)	q_n	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\dot{q}_n$	q_{n1}
1.40	-0.09192	-35.49031	-43.01534	-1.11969	-150.80389	-0.01495	-0.86050	-0.01892	-0.31717	0.09700
1.42	-0.09482	-36.61000	-43.03426	0.61004	-321.80914	-0.03190	-0.83458	2.61101	-1.17766	0.08205
1.44	-0.09324	-35.99996	-40.42326	0.61004	-484.08209	-0.04798	-0.77394	3.45271	-2.01224	0.05015
1.46	-0.09166	-35.38993	-36.97054	-1.20463	-634.31672	-0.06288	-0.71525	2.41642	-2.78617	0.00217
1.48	-0.09478	-36.59456	-34.55412	-1.20077	-773.02635	-0.07663	-0.65970	3.13848	-3.50142	-0.06071
1.50	-0.09789	-37.79533	-31.41564	-12.01929	-909.96583	-0.09020	-0.69770	-6.93876	-4.16112	-0.13733
1.52	-0.12902	-49.81462	-38.35439	20.27025	-1031.57869	-0.10225	-0.50777	25.93139	-4.85882	-0.22753
1.54	-0.07652	-29.54437	-12.42300	20.27411	-1081.61967	-0.10721	0.01175	26.02081	-5.36659	-0.32979
1.56	-0.02401	-9.27026	13.59781	20.27025	-1027.22414	-0.10182	0.52744	25.54857	-5.35485	-0.43700
1.58	0.02849	10.99999	39.14637	20.27025	-870.27213	-0.08626	1.02833	24.54005	-4.82740	-0.53883
1.60	0.08099	31.27024	63.68643	20.27411	-614.80800	-0.06094	1.50393	23.02041	-3.79908	-0.62509
1.62	0.13350	51.54435	86.70684	20.27025	-266.93947	-0.02646	1.94428	21.01400	-2.29514	-0.68603
1.64	0.18600	71.81460	107.72084	20.27025	165.29492	0.01638	2.34020	18.57833	-0.35087	-0.71249
1.66	0.23850	92.08485	126.29916	-7.16988	644.67760	0.06390	2.41163	-11.43541	1.98933	-0.69611
1.68	0.21993	84.91497	114.86375	-7.17374	1105.80454	0.10961	2.15924	-13.80331	4.40096	-0.63220
1.70	0.20135	77.74124	101.06044	-7.17374	1511.54672	0.14983	1.86263	-15.85752	6.56021	-0.52259
1.72	0.18277	70.56750	85.20292	-7.16988	1853.65657	0.18374	1.52849	-17.55650	8.42284	-0.37276
1.74	0.16420	63.39762	67.64642	-7.17374	2125.30050	0.21067	1.16415	-18.87806	9.95133	-0.18902
1.76	0.14562	56.22388	48.76836	6.10424	2334.46087	0.23140	0.90913	-6.62354	11.11548	0.02165
1.78	0.16143	62.32812	42.14482	6.10810	2503.67573	0.24817	0.76819	-7.47040	12.02461	0.25305
1.80	0.17725	68.43623	34.67441	-17.41311	2619.38598	0.25964	0.37877	-31.47152	12.79280	0.50122
1.82	0.13215	51.02312	3.20289	-17.41311	2632.46075	0.26094	-0.24917	-31.32287	13.17158	0.76087
1.84	0.08705	33.61001	-28.11998	-17.40925	2519.81155	0.24977	-0.86745	-30.50526	12.92241	1.02181
1.86	0.04196	16.20076	-58.62523	-17.41311	2284.70399	0.22647	-1.46303	-29.05216	12.05495	1.27158
1.88	-0.00314	-1.21235	-87.67740	-17.41311	1932.97777	0.19160	-2.02342	-26.98739	10.59193	1.49805
1.90	-0.04824	-18.62546	-114.66479	-17.41311	1472.91257	0.14600	-2.53692	-24.36290	8.56851	1.68965
1.92	-0.09334	-36.03857	-139.02769	-17.40925	915.04281	0.09070	-2.99290	-21.23452	6.03158	1.83565
1.94	-0.13843	-53.44782	-160.26221	-17.41311	271.91042	0.02695	-3.38208	-17.68374	3.03868	1.92636
1.96	-0.18353	-70.86093	-177.94595	-17.41311	-442.22351	-0.04383	-3.69669	-13.77751	-0.34340	1.95331
1.98	-0.22863	-88.27404	-191.72345	-17.40925	-1211.68222	-0.12011	-3.93048	-9.60134	-4.04009	1.90947
2.00	-0.27372	-105.68329	-201.32479	-17.41311	-2019.71647	-0.20020	-4.07907	-5.25740	-7.97058	1.78937
2.02	-0.31882	-123.09640	-206.58220	26.47874	-2804.98786	-0.27804	-3.70485	42.67958	-12.04965	1.58917
2.04	-0.25024	-96.61766	-163.90262	26.47874	-3463.17276	-0.34328	-2.81934	45.87137	-15.75449	1.31112
2.06	-0.18166	-70.13893	-118.03125	26.47488	-3937.26073	-0.39028	-1.88001	48.06179	-18.57383	0.96784
2.08	-0.11309	-43.66405	-69.96946	26.47874	-4218.44109	-0.41815	-0.90716	49.22263	-20.45384	0.57756
2.10	-0.04451	-17.18531	-20.74683	26.47874	-4302.05879	-0.42644	0.07831	49.32482	-21.36100	0.15942

Tabel L.5 Contoh perhitungan nilai simpangan lantai 1 pada struktur bertingkat 6 tanpa *Magnetorheological Damper*

t_n	percepatan tanah (in / sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	Simp. Mode ke-1 Modal I	Simp. Mode ke-2 Modal I	Simp. Mode ke-3 Modal I	Simp. Mode ke-4 Modal I	Simp. Mode ke-5 Modal I	Simp. Mode ke-6 Modal I	Simp. Total Lantai I
0.00	2.43243	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
0.02	1.40540	-0.00010	-0.00010	-0.00009	-0.00008	-0.00008	-0.00007	-0.000019597	-0.000019591	-0.000022513	-0.000012863	-0.000003094	-0.000010488	-0.000088146
0.04	0.38224	-0.00061	-0.00056	-0.00050	-0.00045	-0.00039	-0.00032	-0.000116957	-0.000113581	-0.000126254	-0.000069442	-0.000015958	-0.000050950	-0.000493142
0.06	1.65251	-0.00168	-0.00146	-0.00125	-0.00104	-0.00083	-0.00061	-0.000323879	-0.000298941	-0.000313235	-0.000160482	-0.000033864	-0.000096490	-0.001226890
0.08	2.92664	-0.00302	-0.00241	-0.00184	-0.00133	-0.00088	-0.00049	-0.000581941	-0.000491567	-0.000462411	-0.000205315	-0.000035996	-0.000077355	-0.001854585
0.10	4.19691	-0.00409	-0.00278	-0.00170	-0.00083	-0.00022	0.00016	-0.000788203	-0.000567881	-0.000427278	-0.000127434	-0.000008866	0.000024727	-0.001894935
0.12	2.63320	-0.00465	-0.00236	-0.00076	0.00031	0.00076	0.00077	-0.000895683	-0.000481993	-0.000190459	0.000047892	0.000031125	0.000121562	-0.001367555
0.14	1.06950	-0.00503	-0.00157	0.00034	0.00120	0.00112	0.00060	-0.000968050	-0.000321048	0.000085429	0.000185013	0.000045639	0.000094708	-0.000878308
0.16	-0.49421	-0.00584	-0.00113	0.00074	0.00098	0.00029	-0.00041	-0.001123356	-0.000230879	0.000185249	0.000150636	0.000011770	-0.000063808	-0.001070389
0.18	1.42085	-0.00733	-0.00133	0.00017	-0.00031	-0.00117	-0.00133	-0.001410700	-0.000272150	0.000043277	-0.000048331	-0.000047503	-0.000208942	-0.001944349
0.20	3.33590	-0.00906	-0.00172	-0.00072	-0.00159	-0.00188	-0.00111	-0.001743272	-0.000351188	-0.000181442	-0.000245877	-0.000076747	-0.000174278	-0.002772804
0.22	5.25096	-0.01022	-0.00151	-0.00100	-0.00168	-0.00099	0.00026	-0.001967521	-0.000308792	-0.000251180	-0.000258629	-0.000040379	0.000040985	-0.002785516
0.24	2.80695	-0.01047	-0.00047	-0.00037	-0.00044	0.00086	0.00149	-0.002016433	-0.000095418	-0.000094098	-0.000068055	0.000035120	0.000234620	-0.002004264
0.26	0.36293	-0.01036	0.00071	0.00040	0.00092	0.00190	0.00119	-0.001993539	0.000145917	0.000101504	0.000142113	0.000077497	0.000187238	-0.001339270
0.28	1.62162	-0.01047	0.00130	0.00058	0.00129	0.00118	-0.00037	-0.002015707	0.000264955	0.000145844	0.000199539	0.000048228	-0.000058594	-0.001415736
0.30	0.85328	-0.01089	0.00118	0.00012	0.00061	-0.00053	-0.00154	-0.002095419	0.000240089	0.000030499	0.000093575	-0.000021648	-0.000242569	-0.001995473
0.32	0.81081	-0.01162	0.00038	-0.00080	-0.00070	-0.00198	-0.00142	-0.002236696	0.000077687	-0.000201327	-0.000107603	-0.000080436	-0.000222880	-0.002771255
0.34	1.71428	-0.01265	-0.00093	-0.00188	-0.00194	-0.00228	-0.00044	-0.002435152	-0.000190619	-0.000472694	-0.000299435	-0.000092856	-0.000069554	-0.003560310
0.36	3.34749	-0.01362	-0.00224	-0.00252	-0.00231	-0.00123	0.00053	-0.002621341	-0.000457024	-0.000632238	-0.000355693	-0.000050176	0.000082745	-0.004033727
0.38	4.98069	-0.01393	-0.00282	-0.00209	-0.00129	0.00066	0.00102	-0.002680656	-0.000574928	-0.000524137	-0.000199623	0.000026780	0.000160046	-0.003792518
0.40	6.61389	-0.01292	-0.00202	-0.00027	0.00096	0.00250	0.00115	-0.002488056	-0.000413180	-0.000066756	0.000148637	0.000101815	0.000180924	-0.002536617
0.42	-1.32432	-0.01095	-0.00034	0.00203	0.00303	0.00291	0.00071	-0.002107352	-0.000069334	0.000508996	0.000466896	0.000118457	0.000110809	-0.000971528
0.44	-9.26640	-0.01024	-0.00012	0.00219	0.00221	0.00027	-0.00122	-0.001971261	-0.000024615	0.000549438	0.000340702	0.000011130	-0.000191583	-0.001286189
0.46	-3.83011	-0.01263	-0.00302	-0.00117	-0.00218	-0.00447	-0.00374	-0.002431826	-0.000616840	-0.000293450	-0.000335756	-0.000182184	-0.000588175	-0.004448230
0.48	1.60618	-0.01722	-0.00767	-0.00598	-0.00696	-0.00727	-0.00395	-0.003315491	-0.001565968	-0.001504039	-0.001072763	-0.000295940	-0.000621249	-0.008375450
0.50	2.03861	-0.02224	-0.01177	-0.00935	-0.00859	-0.00549	-0.00118	-0.004281102	-0.002401695	-0.002348859	-0.001324307	-0.000223506	-0.000185961	-0.010765431
0.52	6.38223	-0.02652	-0.01379	-0.00961	-0.00597	-0.00041	0.00205	-0.005104443	-0.002815138	-0.002415260	-0.000920259	-0.000016615	0.000322306	-0.010949408
0.54	10.72972	-0.02863	-0.01235	-0.00591	0.00018	0.00507	0.00367	-0.005512010	-0.002520251	-0.001486017	0.000027771	0.000206504	0.000576460	-0.008707545
0.56	15.07334	-0.02684	-0.00622	0.00179	0.00799	0.00867	0.00380	-0.005166325	-0.001270219	0.000450963	0.001233046	0.000353067	0.000597703	-0.003801766
0.58	9.45559	-0.02046	0.00415	0.01162	0.01435	0.00903	0.00321	-0.003938400	0.000846885	0.002920365	0.002214062	0.000367753	0.000504088	0.002914752
0.60	3.84170	-0.01090	0.01593	0.01961	0.01565	0.00565	0.00178	-0.002099055	0.003251284	0.004927212	0.002413475	0.000230287	0.000280018	0.009003220
0.62	3.71042	-0.00008	0.02585	0.02238	0.01070	0.00019	-0.00011	-0.000015559	0.005275793	0.005623507	0.001650609	0.000007771	-0.000017332	0.012524789
0.64	3.57529	0.01118	0.03212	0.01931	0.00218	-0.00391	-0.00108	0.002151386	0.006556040	0.004853630	0.000336911	-0.000159186	-0.000169535	0.013569246
0.66	3.44401	0.02257	0.03408	0.01190	-0.00562	-0.00435	-0.00055	0.004344954	0.006955888	0.002990337	-0.000866547	-0.000177303	-0.000086591	0.013160736
0.68	-1.87645	0.03329	0.03120	0.00214	-0.00982	-0.00202	0.00025	0.006409200	0.006367970	0.000537148	-0.001514413	-0.000082461	0.000038884	0.011756328
0.70	-7.19690	0.04153	0.02267	-0.00850	-0.01041	-0.00016	-0.00050	0.007994044	0.004627400	-0.002135106	-0.001606402	-0.000006340	-0.000078555	0.008795042

t_n	percepatan tanah (in / sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	Simp. Mode ke-1 Modal I	Simp. Mode ke-2 Modal I	Simp. Mode ke-3 Modal I	Simp. Mode ke-4 Modal I	Simp. Mode ke-5 Modal I	Simp. Mode ke-6 Modal I	Simp. Total Lantai I
0.72	-12.51736	0.04500	0.00802	-0.01893	-0.00943	-0.00142	-0.00312	0.008662998	0.001636621	-0.004756750	-0.001453902	-0.000057654	-0.000489739	0.003541574
0.74	-12.99227	0.04205	-0.01193	-0.02785	-0.00887	-0.00558	-0.00589	0.008094516	-0.002434246	-0.006998449	-0.001368109	-0.000227458	-0.000925237	-0.003858983
0.76	-22.09650	0.03125	-0.03557	-0.03441	-0.01017	-0.01056	-0.00735	0.006015845	-0.007259549	-0.008648889	-0.001569374	-0.000430085	-0.001153951	-0.013046002
0.78	-17.50577	0.01149	-0.06079	-0.03840	-0.01362	-0.01406	-0.00747	0.002212689	-0.012407793	-0.009651551	-0.002100675	-0.000572505	-0.001173409	-0.023693244
0.80	-12.91891	-0.01628	-0.08364	-0.03867	-0.01697	-0.01381	-0.00620	-0.003133194	-0.017073361	-0.009717628	-0.002617013	-0.000562324	-0.000973672	-0.034077192
0.82	-12.35906	-0.05000	-0.09986	-0.03434	-0.01758	-0.00967	-0.00408	-0.009624160	-0.020382678	-0.008630620	-0.002712189	-0.000393798	-0.000640890	-0.042384335
0.84	-11.79922	-0.08828	-0.10707	-0.02659	-0.01511	-0.00460	-0.00279	-0.016994702	-0.021854625	-0.006683315	-0.002330384	-0.000187300	-0.000437580	-0.048487907
0.86	-11.23937	-0.13007	-0.10466	-0.01770	-0.01093	-0.00184	-0.00309	-0.025039283	-0.021363845	-0.004449158	-0.001686446	-0.000075073	-0.000485214	-0.053099018
0.88	-10.67953	-0.17423	-0.09337	-0.00998	-0.00699	-0.00252	-0.00416	-0.033539440	-0.019058341	-0.002507294	-0.001078423	-0.000102612	-0.000653519	-0.056939629
0.90	-15.89188	-0.22015	-0.07560	-0.00563	-0.00528	-0.00576	-0.00509	-0.042378673	-0.015432247	-0.001414682	-0.000814801	-0.000234717	-0.000799473	-0.061074594
0.92	-21.10423	-0.26833	-0.05559	-0.00671	-0.00745	-0.01011	-0.00608	-0.051654353	-0.011347183	-0.001687522	-0.001148320	-0.000411617	-0.000954951	-0.067203946
0.94	-26.31658	-0.31981	-0.03813	-0.01410	-0.01362	-0.01411	-0.00760	-0.061564039	-0.007782353	-0.003542713	-0.002100129	-0.000574567	-0.001194084	-0.076757885
0.96	-31.52893	-0.37553	-0.02736	-0.02686	-0.02213	-0.01683	-0.00954	-0.072290448	-0.005584571	-0.006750518	-0.003413791	-0.000685602	-0.001498282	-0.090223211
0.98	-26.43241	-0.43533	-0.02531	-0.04188	-0.02971	-0.01759	-0.01077	-0.083800959	-0.005165490	-0.010524422	-0.004582716	-0.000716403	-0.001691513	-0.106481504
1.00	-21.33975	-0.49690	-0.03075	-0.05400	-0.03232	-0.01555	-0.00974	-0.095653161	-0.006276938	-0.013572387	-0.004984402	-0.000633308	-0.001530566	-0.122650761
1.02	-16.24709	-0.55690	-0.04058	-0.05860	-0.02790	-0.01107	-0.00663	-0.107203864	-0.008282996	-0.014727946	-0.004303655	-0.000450859	-0.001041120	-0.136010439
1.04	-16.44400	-0.61258	-0.05177	-0.05406	-0.01829	-0.00638	-0.00372	-0.117921724	-0.010568034	-0.013586239	-0.002820409	-0.000259767	-0.000584138	-0.145740311
1.06	-16.64477	-0.66233	-0.06231	-0.04231	-0.00817	-0.00417	-0.00322	-0.127498709	-0.012719571	-0.010633874	-0.001260074	-0.000169730	-0.000505763	-0.152787722
1.08	-9.37451	-0.70448	-0.07019	-0.02678	-0.00158	-0.00485	-0.00450	-0.135611694	-0.014327852	-0.006730634	-0.000243264	-0.000197407	-0.000707514	-0.157818365
1.10	-2.10425	-0.73603	-0.07249	-0.01017	0.00086	-0.00580	-0.00457	-0.141685873	-0.014797592	-0.002555621	0.000133285	-0.000236237	-0.000718585	-0.159860623
1.12	5.16602	-0.75351	-0.06654	0.00552	0.00107	-0.00421	-0.00180	-0.145051202	-0.013582674	0.001387111	0.000165394	-0.000171663	-0.000282191	-0.157535226
1.14	12.43628	-0.75377	-0.05095	0.01877	0.00166	0.00054	0.00254	-0.145099862	-0.010399393	0.004717075	0.000256123	0.000021903	0.000399048	-0.150105106
1.16	19.70654	-0.73402	-0.02571	0.02890	0.00467	0.00694	0.00612	-0.141298757	-0.005248197	0.007263163	0.000720422	0.000282848	0.000960901	-0.137319620
1.18	26.97681	-0.69195	0.00786	0.03614	0.01076	0.01275	0.00789	-0.133200337	0.001604377	0.009083344	0.001658962	0.000519212	0.001239074	-0.119095367
1.20	34.24707	-0.62572	0.04742	0.04147	0.01910	0.01653	0.00866	-0.120451528	0.009678604	0.010421142	0.002946491	0.000673306	0.001360917	-0.095371069
1.22	17.46716	-0.53641	0.08770	0.04413	0.02607	0.01667	0.00835	-0.103259497	0.017901186	0.011091003	0.004020987	0.000678991	0.001311900	-0.068255431
1.24	0.69112	-0.43035	0.11919	0.04000	0.02528	0.01063	0.00471	-0.082842228	0.024329311	0.010053137	0.003899144	0.000433003	0.000739917	-0.043387716
1.26	-16.08879	-0.31655	0.13192	0.02515	0.01283	-0.00146	-0.00256	-0.060936741	0.026927225	0.006321629	0.001978790	-0.000059412	-0.000402167	-0.026170678
1.28	-32.86869	-0.20415	0.11908	-0.00101	-0.00941	-0.01565	-0.01050	-0.039299818	0.024306032	-0.000253462	-0.001451538	-0.000637409	-0.001649473	-0.018985667
1.30	-49.64474	-0.10218	0.07775	-0.03601	-0.03551	-0.02746	-0.01634	-0.019670426	0.015870603	-0.009048900	-0.005477805	-0.001118334	-0.002566508	-0.022011370
1.32	-66.42464	-0.01939	0.00906	-0.07532	-0.05875	-0.03482	-0.01987	-0.003732789	0.001849836	-0.018928583	-0.009062353	-0.001418273	-0.003121174	-0.034413334
1.34	-49.83779	0.03925	-0.07912	-0.11092	-0.07200	-0.03646	-0.02080	0.007555596	-0.016150170	-0.027876824	-0.011105528	-0.001484885	-0.003266713	-0.052328525
1.36	-33.25479	0.07593	-0.17056	-0.13095	-0.06824	-0.03005	-0.01684	0.014615919	-0.034814153	-0.032910067	-0.010525270	-0.001223777	-0.002645839	-0.067503186
1.38	-34.37062	0.09483	-0.24813	-0.12775	-0.04781	-0.01770	-0.00959	0.018255211	-0.050648384	-0.032107074	-0.007374083	-0.000720880	-0.001506621	-0.074101831
1.40	-35.49031	0.09700	-0.30099	-0.10388	-0.02127	-0.00749	-0.00540	0.018672115	-0.061438514	-0.026107794	-0.003280515	-0.000305093	-0.000848135	-0.073307935
1.42	-36.61000	0.08205	-0.32398	-0.06860	-0.00170	-0.00581	-0.00743	0.015794573	-0.066130351	-0.017240937	-0.000262081	-0.000236592	-0.001167506	-0.069242894
1.44	-35.99996	0.05015	-0.31613	-0.03292	0.00307	-0.01220	-0.01246	0.009654018	-0.064528234	-0.008272475	0.000473209	-0.000496807	-0.001957036	-0.065127324
1.46	-35.38993	0.00217	-0.28039	-0.00629	-0.00674	-0.02091	-0.01524	0.000417076	-0.057234026	-0.001579767	-0.001040195	-0.000851513	-0.002394405	-0.062682830

t_n	percepatan tanah (in / sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	Simp. Mode ke-1 Modal I	Simp. Mode ke-2 Modal I	Simp. Mode ke-3 Modal I	Simp. Mode ke-4 Modal I	Simp. Mode ke-5 Modal I	Simp. Mode ke-6 Modal I	Simp. Total Lantai I
1.48	-36.59456	-0.06071	-0.22331	0.00539	-0.02448	-0.02588	-0.01389	-0.011686547	-0.045582812	0.001354014	-0.003776497	-0.001054148	-0.002181980	-0.062927969
1.50	-37.79533	-0.13733	-0.15424	0.00058	-0.04130	-0.02494	-0.01086	-0.026436937	-0.031483434	0.000146116	-0.006370786	-0.001015745	-0.001706595	-0.066867380
1.52	-49.81462	-0.22753	-0.08473	-0.01877	-0.05115	-0.02103	-0.01027	-0.043800318	-0.017295695	-0.004716659	-0.007889597	-0.000856656	-0.001613307	-0.076172232
1.54	-29.54437	-0.32979	-0.02468	-0.04617	-0.05113	-0.01762	-0.01232	-0.063484237	-0.005038561	-0.011603608	-0.007887004	-0.000717468	-0.001934668	-0.090665546
1.56	-9.27026	-0.43700	0.02295	-0.06911	-0.03882	-0.01315	-0.01135	-0.084123005	0.004683560	-0.017368499	-0.005987424	-0.000535643	-0.001782226	-0.105113237
1.58	10.99999	-0.53883	0.06008	-0.07497	-0.01498	-0.00469	-0.00373	-0.103723834	0.012263367	-0.018841472	-0.002310342	-0.000191149	-0.000585507	-0.113388937
1.60	31.27024	-0.62509	0.08994	-0.05722	0.01462	0.00757	0.00739	-0.120329805	0.018358304	-0.014381290	0.002254466	0.000308278	0.001161314	-0.112628733
1.62	51.54435	-0.68603	0.11652	-0.01641	0.04253	0.02107	0.01662	-0.132061175	0.023784961	-0.004123113	0.006560450	0.000857963	0.002611153	-0.102369761
1.64	71.81460	-0.71249	0.14403	0.04089	0.06323	0.03296	0.02164	-0.137154742	0.029398633	0.010275650	0.009752606	0.001342510	0.003398899	-0.082986444
1.66	92.08485	-0.69611	0.17624	0.10450	0.07522	0.04202	0.02441	-0.134000691	0.035975064	0.026262070	0.011601815	0.001711320	0.003835279	-0.054615142
1.68	84.91497	-0.63220	0.21354	0.16144	0.07888	0.04702	0.02659	-0.121699369	0.043587155	0.040573794	0.012166377	0.001914962	0.004177470	-0.019279611
1.70	77.74124	-0.52259	0.25042	0.19732	0.07377	0.04552	0.02634	-0.100599120	0.051116204	0.049590581	0.011378173	0.001853699	0.004137470	0.017477008
1.72	70.56750	-0.37276	0.27926	0.20269	0.06118	0.03766	0.02265	-0.071756760	0.057002043	0.050940593	0.009436002	0.001533755	0.003557344	0.050712977
1.74	63.39762	-0.18902	0.29397	0.17738	0.04551	0.02761	0.01779	-0.036386481	0.060005556	0.044578276	0.007020035	0.001124558	0.002793926	0.079135870
1.76	56.22388	0.02165	0.29079	0.12936	0.03187	0.02008	0.01446	0.004167132	0.059355982	0.032510802	0.004915903	0.000817949	0.002271398	0.104039167
1.78	62.32812	0.25305	0.26983	0.07283	0.02474	0.01821	0.01418	0.048711808	0.055078599	0.018304075	0.003816086	0.000741640	0.002227369	0.128879577
1.80	68.43623	0.50122	0.23611	0.02481	0.02719	0.02286	0.01712	0.096485333	0.048194228	0.006235940	0.004193375	0.000931026	0.002689037	0.158728939
1.82	51.02312	0.76087	0.19506	-0.00292	0.03672	0.02982	0.01992	0.146466767	0.039816309	-0.000733212	0.005664140	0.001214566	0.003128691	0.195557260
1.84	33.61001	1.02181	0.14841	-0.00951	0.04428	0.03079	0.01716	0.196697684	0.030292430	-0.002391134	0.006829549	0.001253927	0.002695633	0.235378090
1.86	16.20076	1.27158	0.09629	-0.00190	0.04115	0.02121	0.00819	0.244779103	0.019654525	-0.000476906	0.006347238	0.000863767	0.001286549	0.272454276
1.88	-1.21235	1.49805	0.03960	0.01009	0.02472	0.00416	-0.00203	0.288374351	0.008083225	0.002535950	0.003812794	0.000169421	-0.000319270	0.302656470
1.90	-18.62546	1.68965	-0.02021	0.01666	-0.00133	-0.01316	-0.00875	0.325258185	-0.004126138	0.004186046	-0.000205425	-0.000535799	-0.001373999	0.323202871
1.92	-36.03857	1.83565	-0.08138	0.01065	-0.02962	-0.02483	-0.01151	0.353363353	-0.016610728	0.002675952	-0.004568353	-0.001011139	-0.001808557	0.332040528
1.94	-53.44782	1.92636	-0.14204	-0.01087	-0.05290	-0.02973	-0.01347	0.370823609	-0.028993410	-0.002732107	-0.008159443	-0.001210800	-0.002115507	0.327612342
1.96	-70.86093	1.95331	-0.20054	-0.04636	-0.06728	-0.03127	-0.01764	0.376012028	-0.040934646	-0.011650584	-0.010376593	-0.001273533	-0.002770367	0.309006306
1.98	-88.27404	1.90947	-0.25562	-0.09075	-0.07339	-0.03430	-0.02431	0.367573805	-0.052176183	-0.022807864	-0.011320121	-0.001397028	-0.003819327	0.276053282
2.00	-105.68329	1.78937	-0.30654	-0.13725	-0.07547	-0.04175	-0.03152	0.344453266	-0.062570746	-0.034494292	-0.011639977	-0.001700268	-0.004951044	0.229096939
2.02	-123.09640	1.58917	-0.35320	-0.17933	-0.07886	-0.05313	-0.03732	0.305914340	-0.072094855	-0.045069674	-0.012162634	-0.002163819	-0.005863049	0.168560310
2.04	-96.61766	1.31112	-0.39196	-0.20861	-0.08394	-0.06232	-0.03868	0.252391371	-0.080007048	-0.052428117	-0.012947546	-0.002538049	-0.006076421	0.098394190
2.06	-70.13893	0.96784	-0.41229	-0.21348	-0.08318	-0.05933	-0.03153	0.186309342	-0.084156389	-0.053652044	-0.012829219	-0.002416286	-0.004953543	0.028301861
2.08	-43.66405	0.57756	-0.40270	-0.18641	-0.06920	-0.04070	-0.01749	0.111181073	-0.082199886	-0.046848430	-0.010672804	-0.001657440	-0.002746732	-0.032944220
2.10	-17.18531	0.15942	-0.35650	-0.12927	-0.04164	-0.01361	-0.00377	0.030687502	-0.072768746	-0.032487569	-0.006422633	-0.000554092	-0.000592458	-0.082137997
2.12	9.29343	-0.26702	-0.27235	-0.05168	-0.00623	0.01084	0.00456	-0.051401609	-0.055591606	-0.012987784	-0.000960538	0.000441471	0.000716220	-0.119783847
2.14	35.77217	-0.68212	-0.15413	0.03249	0.02872	0.02547	0.00850	-0.131308454	-0.031461700	0.008165728	0.004429856	0.001037192	0.001334970	-0.147802408
2.16	62.25090	-1.06664	-0.01010	0.10933	0.05637	0.03080	0.01263	-0.205327663	-0.002062214	0.027476916	0.008694522	0.001254445	0.001983492	-0.167980502
2.18	88.72964	-1.40210	0.14853	0.16858	0.07418	0.03317	0.02016	-0.269904598	0.030317710	0.042368145	0.011441308	0.001350898	0.003167105	-0.181259433
2.20	115.20838	-1.67122	0.30928	0.20592	0.08436	0.03950	0.03049	-0.321709921	0.063130925	0.051751560	0.013011951	0.001608786	0.004789890	-0.187416810
2.22	89.56362	-1.86339	0.45531	0.21881	0.08794	0.04895	0.03733	-0.358703429	0.092938796	0.054992244	0.013564530	0.001993465	0.005863797	-0.189350596

Tabel L.6 Contoh perhitungan nilai q_n untuk struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat 1

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in/sec^2)	$\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\dot{q}_n$	q_{n1}
0.00	0.00630	2.43243	0.00000	-1.02703	-1.02703	-0.00010	-0.01014	-1.01414	0.00000	0.00000
0.02	0.00364	1.40540	-1.01414	-1.02317	-5.09461	-0.00050	-0.03002	-0.97412	-0.01014	-0.00010
0.04	0.00099	0.38224	-1.98826	1.27027	-10.79833	-0.00107	-0.02630	1.34678	-0.04017	-0.00060
0.06	0.00428	1.65251	-0.64148	1.27413	-13.39903	-0.00132	0.00062	1.34464	-0.06646	-0.00167
0.08	0.00758	2.92664	0.70317	1.27027	-10.58932	-0.00105	0.02713	1.30643	-0.06585	-0.00299
0.10	0.01087	4.19691	2.00959	-1.56371	-5.34507	-0.00053	0.02466	-1.55351	-0.03872	-0.00404
0.12	0.00682	2.63320	0.45608	-1.56371	-3.48451	-0.00034	-0.00628	-1.54063	-0.01406	-0.00457
0.14	0.00277	1.06950	-1.08455	-1.56371	-7.83195	-0.00077	-0.03664	-1.49530	-0.02035	-0.00491
0.16	-0.00128	-0.49421	-2.57985	1.91506	-14.72644	-0.00145	-0.03144	2.01615	-0.05699	-0.00568
0.18	0.00368	1.42085	-0.56370	1.91506	-17.02744	-0.00168	0.00871	1.99884	-0.08843	-0.00714
0.20	0.00864	3.33590	1.43514	1.91506	-11.27410	-0.00111	0.04810	1.93944	-0.07971	-0.00882
0.22	0.01360	5.25096	3.37457	-2.44401	-2.06421	-0.00020	0.04285	-2.46456	-0.03161	-0.00993
0.24	0.00727	2.80695	0.91001	-2.44401	1.63880	0.00016	-0.00628	-2.44808	0.01123	-0.01014
0.26	0.00094	0.36293	-1.53806	1.25869	-0.81999	-0.00008	-0.01800	1.27625	0.00495	-0.00998
0.28	0.00420	1.62162	-0.26181	-0.76834	-3.92071	-0.00039	-0.01262	-0.73830	-0.01305	-0.01006
0.30	0.00221	0.85328	-1.00012	-0.04247	-7.21384	-0.00071	-0.01990	0.01036	-0.02567	-0.01044
0.32	0.00210	0.81081	-0.98976	0.90347	-10.25617	-0.00101	-0.01014	0.96525	-0.04557	-0.01116
0.34	0.00444	1.71428	-0.02451	1.63320	-9.63940	-0.00095	0.01623	1.67233	-0.05571	-0.01217
0.36	0.00867	3.34749	1.64782	1.63320	-3.02427	-0.00030	0.04909	1.61316	-0.03948	-0.01312
0.38	0.01290	4.98069	3.26098	1.63320	10.09177	0.00100	0.08043	1.52067	0.00961	-0.01342
0.40	0.01713	6.61389	4.78165	-7.93822	19.76511	0.00195	0.01509	-8.05399	0.09004	-0.01242
0.42	-0.00343	-1.32432	-3.27234	-7.94208	6.69406	0.00066	-0.14416	-7.87162	0.10513	-0.01047
0.44	-0.02400	-9.26640	-11.14397	5.43629	-24.71526	-0.00244	-0.16599	5.68913	-0.03903	-0.00981
0.46	-0.00992	-3.83011	-5.45483	5.43629	-46.77848	-0.00462	-0.05188	5.72216	-0.20502	-0.01225
0.48	0.00416	1.60618	0.26732	0.43243	-50.78926	-0.00502	0.01227	0.69242	-0.25689	-0.01687
0.50	0.00528	2.03861	0.95975	4.34363	-43.02105	-0.00425	0.06444	4.52415	-0.24462	-0.02188
0.52	0.01653	6.38223	5.48390	4.34749	-20.98693	-0.00207	0.15314	4.34614	-0.18019	-0.02613
0.54	0.02779	10.72972	9.83004	4.34363	18.55436	0.00183	0.23731	4.07102	-0.02705	-0.02821
0.56	0.03904	15.07334	13.90105	-5.61776	64.54587	0.00637	0.21683	-6.11891	0.21026	-0.02637
0.58	0.02449	9.45559	7.78214	-5.61389	95.99686	0.00948	0.09373	-6.19120	0.42709	-0.02000
0.60	0.00995	3.84170	1.59094	-0.13127	107.98096	0.01066	0.02461	-0.72127	0.52083	-0.01052
0.62	0.00961	3.71042	0.86967	-0.13514	111.49193	0.01101	0.01006	-0.73304	0.54543	0.00014
0.64	0.00926	3.57529	0.13663	-0.13127	112.05707	0.01107	-0.00448	-0.72149	0.55549	0.01115
0.66	0.00892	3.44401	-0.58487	-5.32046	104.52184	0.01032	-0.06992	-5.82269	0.55101	0.02222

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in / sec^2)	q_n	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\dot{q}_n$	q_{n1}
0.68	-0.00486	-1.87645	-6.40755	-5.32046	78.78889	0.00778	-0.18418	-5.60246	0.48109	0.03254
0.70	-0.01864	-7.19690	-12.01001	-5.32046	30.47822	0.00301	-0.29287	-5.26673	0.29691	0.04032
0.72	-0.03242	-12.51736	-17.27675	-0.47490	-34.21352	-0.00338	-0.34593	-0.03956	0.00404	0.04333
0.74	-0.03365	-12.99227	-17.31631	-9.10424	-112.61635	-0.01112	-0.42826	-8.19315	-0.34189	0.03995
0.76	-0.05723	-22.09650	-25.50946	4.59073	-201.58846	-0.01991	-0.45030	5.98924	-0.77014	0.02883
0.78	-0.04534	-17.50577	-19.52022	4.58687	-280.33480	-0.02768	-0.32728	6.31209	-1.22044	0.00892
0.80	-0.03346	-12.91891	-13.20812	0.55985	-337.67518	-0.03334	-0.23892	2.52386	-1.54772	-0.01876
0.82	-0.03201	-12.35906	-10.68426	0.55984	-380.76328	-0.03760	-0.18655	2.71360	-1.78665	-0.05210
0.84	-0.03056	-11.79922	-7.97066	0.55985	-412.92002	-0.04077	-0.13098	2.84310	-1.97320	-0.08970
0.86	-0.02911	-11.23937	-5.12757	0.55984	-433.62273	-0.04282	-0.07345	2.91048	-2.10418	-0.13047
0.88	-0.02766	-10.67953	-2.21708	-5.21235	-448.37117	-0.04427	-0.07219	-2.78452	-2.17763	-0.17329
0.90	-0.04116	-15.89188	-5.00161	-5.21235	-468.48367	-0.04626	-0.12641	-2.63816	-2.24981	-0.21757
0.92	-0.05466	-21.10423	-7.63977	-5.21235	-499.22849	-0.04930	-0.17718	-2.43803	-2.37623	-0.26383
0.94	-0.06816	-26.31658	-10.07780	-5.21235	-539.80001	-0.05330	-0.22345	-2.18915	-2.55340	-0.31312
0.96	-0.08166	-31.52893	-12.26695	5.09652	-578.88725	-0.05716	-0.16252	8.28198	-2.77685	-0.36643
0.98	-0.06846	-26.43241	-3.98497	5.09266	-595.06976	-0.05876	0.00273	8.24244	-2.93937	-0.42359
1.00	-0.05527	-21.33975	4.25747	5.09266	-578.03587	-0.05708	0.16548	8.03266	-2.93664	-0.48235
1.02	-0.04208	-16.24709	12.29013	-0.19691	-533.92179	-0.05272	0.27013	2.43256	-2.77117	-0.53943
1.04	-0.04259	-16.44400	14.72269	-0.20077	-474.63802	-0.04687	0.31527	2.08154	-2.50104	-0.59215
1.06	-0.04311	-16.64477	16.80422	7.27026	-399.48687	-0.03945	0.42681	9.07259	-2.18577	-0.63902
1.08	-0.02428	-9.37451	25.87682	7.27026	-295.35251	-0.02916	0.60146	8.39274	-1.75896	-0.67846
1.10	-0.00545	-2.10425	34.26955	7.27026	-157.39058	-0.01554	0.76084	7.54494	-1.15750	-0.70763
1.12	0.01338	5.16602	41.81450	7.27026	10.98528	0.00108	0.90179	6.54960	-0.39666	-0.72317
1.14	0.03221	12.43628	48.36409	7.27026	205.76662	0.02032	1.02158	5.42993	0.50513	-0.72209
1.16	0.05104	19.70654	53.79402	7.27026	422.44369	0.04171	1.11800	4.21147	1.52671	-0.70177
1.18	0.06987	26.97681	58.00550	7.27026	656.10833	0.06479	1.18932	2.92147	2.64471	-0.66005
1.20	0.08870	34.24707	60.92697	-16.77991	877.51347	0.08665	0.99694	-22.16004	3.83403	-0.59527
1.22	0.04524	17.46716	38.76693	-16.77605	1034.04984	0.10211	0.54878	-22.65603	4.83097	-0.50862
1.24	0.00179	0.69112	16.11090	-16.77991	1099.29588	0.10855	0.09549	-22.67247	5.37975	-0.40651
1.26	-0.04167	-16.08879	-6.56157	-16.77991	1073.18989	0.10597	-0.35328	-22.20452	5.47524	-0.29796
1.28	-0.08513	-32.86869	-28.76609	-16.77605	957.61033	0.09456	-0.78801	-21.26912	5.12197	-0.19199
1.30	-0.12858	-49.64474	-50.03521	-16.77991	756.30782	0.07468	-1.19975	-19.90431	4.33395	-0.09743
1.32	-0.17204	-66.42464	-69.93952	16.58686	508.15376	0.05018	-1.25065	14.81419	3.13420	-0.02275
1.34	-0.12908	-49.83779	-55.12533	16.58300	285.81105	0.02822	-0.94487	15.76334	1.88356	0.02743
1.36	-0.08613	-33.25479	-39.36199	-1.11583	109.27600	0.01079	-0.79832	-1.10813	0.93868	0.05565
1.38	-0.08902	-34.37062	-40.47012	-1.11969	-53.78131	-0.00531	-0.81179	-0.23847	0.14036	0.06644

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in/sec^2)	q_n	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\dot{q}_n$	q_{n+1}
1.40	-0.09192	-35.49031	-40.70859	-1.11969	-217.80842	-0.02151	-0.80790	0.62744	-0.67143	0.06113
1.42	-0.09482	-36.61000	-40.08115	0.61004	-377.59033	-0.03729	-0.76987	3.17551	-1.47932	0.03963
1.44	-0.09324	-35.99996	-36.90564	0.61004	-526.34403	-0.05197	-0.69900	3.91132	-2.24919	0.00234
1.46	-0.09166	-35.38993	-32.99431	-1.20463	-661.16298	-0.06529	-0.63227	2.76170	-2.94819	-0.04963
1.48	-0.09478	-36.59456	-30.23261	-1.20077	-783.01855	-0.07732	-0.57099	3.36595	-3.58046	-0.11492
1.50	-0.09789	-37.79533	-26.86666	-12.01929	-902.14266	-0.08908	-0.60530	-6.79643	-4.15145	-0.19224
1.52	-0.12902	-49.81462	-33.66309	20.27025	-1005.39482	-0.09928	-0.41427	25.89965	-4.75675	-0.28132
1.54	-0.07652	-29.54437	-7.76344	20.27411	-1037.05339	-0.10240	0.10165	25.69218	-5.17102	-0.38060
1.56	-0.02401	-9.27026	17.92874	20.27025	-965.19294	-0.09531	0.60793	24.93578	-5.06936	-0.48300
1.58	0.02849	10.99999	42.86452	20.27025	-792.84166	-0.07829	1.09395	23.66588	-4.46143	-0.57831
1.60	0.08099	31.27024	66.53039	20.27411	-525.10891	-0.05185	1.54978	21.91683	-3.36748	-0.65660
1.62	0.13350	51.54435	88.44722	20.27025	-169.04685	-0.01669	1.96616	19.72120	-1.81770	-0.70845
1.64	0.18600	71.81460	108.16842	20.27025	266.51564	0.02632	2.33480	17.14342	0.14845	-0.72514
1.66	0.23850	92.08485	125.31184	-7.16988	743.75334	0.07344	2.37768	-12.85589	2.48325	-0.69883
1.68	0.21993	84.91497	112.45596	-7.17374	1197.06676	0.11820	2.09856	-15.05567	4.86093	-0.62538
1.70	0.20135	77.74124	97.40029	-7.17374	1589.75126	0.15698	1.77900	-16.90076	6.95950	-0.50718
1.72	0.18277	70.56750	80.49953	-7.16988	1914.36706	0.18903	1.42642	-18.35721	8.73849	-0.35020
1.74	0.16420	63.39762	62.14232	-7.17374	2165.02828	0.21379	1.04873	-19.41123	10.16491	-0.16117
1.76	0.14562	56.22388	42.73109	6.10424	2350.77150	0.23213	0.78539	-6.92358	11.21365	0.05262
1.78	0.16143	62.32812	35.80752	6.10810	2495.15936	0.24638	0.64037	-7.57793	11.99903	0.28475
1.80	0.17725	68.43623	28.22959	-17.41311	2585.49737	0.25530	0.25167	-31.29206	12.63940	0.53113
1.82	0.13215	51.02312	-3.06248	-17.41311	2573.61723	0.25413	-0.36898	-30.77319	12.89107	0.78644
1.84	0.08705	33.61001	-33.83567	-17.40925	2437.73629	0.24071	-0.97277	-29.60607	12.52209	1.04057
1.86	0.04196	16.20076	-63.44173	-17.41311	2182.53622	0.21551	-1.54720	-27.83627	11.54932	1.28128
1.88	-0.00314	-1.21235	-91.27801	-17.41311	1815.15094	0.17924	-2.08055	-25.49860	10.00212	1.49680
1.90	-0.04824	-18.62546	-116.77661	-17.41311	1344.98763	0.13281	-2.56208	-22.65463	7.92158	1.67603
1.92	-0.09334	-36.03857	-139.43124	-17.40925	783.50213	0.07737	-2.98231	-19.36816	5.35950	1.80884
1.94	-0.13843	-53.44782	-158.79940	-17.41311	143.91886	0.01421	-3.33325	-15.72665	2.37719	1.88621
1.96	-0.18353	-70.86093	-174.52605	-17.41311	-559.08278	-0.05521	-3.60853	-11.80098	-0.95606	1.90042
1.98	-0.22863	-88.27404	-186.32703	-17.40925	-1309.68894	-0.12933	-3.80332	-7.67844	-4.56460	1.84522
2.00	-0.27372	-105.68329	-194.00546	-17.41311	-2091.30276	-0.20651	-3.91472	-3.46065	-8.36792	1.71589
2.02	-0.31882	-123.09640	-197.46612	26.47874	-2843.02715	-0.28073	-3.50818	44.11404	-12.28264	1.50938
2.04	-0.25024	-96.61766	-153.35207	26.47874	-3461.58991	-0.34181	-2.59981	46.72294	-15.79082	1.22865
2.06	-0.18166	-70.13893	-106.62914	26.47488	-3891.93014	-0.38431	-1.64958	48.30030	-18.39063	0.88684
2.08	-0.11309	-43.66405	-58.32884	26.47874	-4127.66531	-0.40759	-0.67819	48.83911	-20.04021	0.50253
2.10	-0.04451	-17.18531	-9.48973	26.47874	-4166.62068	-0.41143	0.29352	48.33158	-20.71840	0.09494

Tabel L.7 Contoh perhitungan nilai simpangan lantai 1 pada struktur bertingkat 6 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat I

t_n	percepatan tanah (in sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	Simp. Mode ke-1 Modal I	Simp. Mode ke-2 Modal I	Simp. Mode ke-3 Modal I	Simp. Mode ke-4 Modal I	Simp. Mode ke-5 Modal I	Simp. Mode ke-6 Modal I	Simp. Total Lantai I
0.00	2.43243	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
0.02	1.40540	-0.00010	-0.00009	-0.00009	-0.00008	-0.00007	-0.00006	-0.000019522	-0.000019347	-0.000021751	-0.000012088	-0.000002841	-0.000009289	-0.000084838
0.04	0.38224	-0.00060	-0.00055	-0.00048	-0.00042	-0.00035	-0.00028	-0.000116363	-0.000111736	-0.000120796	-0.000064234	-0.000014382	-0.000044209	-0.000471719
0.06	1.65251	-0.00167	-0.00143	-0.00118	-0.00094	-0.00073	-0.00052	-0.000321622	-0.000292410	-0.000295518	-0.000145288	-0.000029830	-0.000082159	-0.001166825
0.08	2.92664	-0.00299	-0.00234	-0.00170	-0.00117	-0.00076	-0.00043	-0.000576316	-0.000476935	-0.000427887	-0.000180929	-0.000031078	-0.000067035	-0.001760179
0.10	4.19691	-0.00404	-0.00267	-0.00153	-0.00070	-0.00020	0.00007	-0.000777602	-0.000544466	-0.000384075	-0.000108454	-0.000008291	0.000011012	-0.001811876
0.12	2.63320	-0.00457	-0.00222	-0.00064	0.00026	0.00057	0.00053	-0.000879203	-0.000453811	-0.000160474	0.000039720	0.000023049	0.000082780	-0.001347939
0.14	1.06950	-0.00491	-0.00145	0.00032	0.00092	0.00079	0.00041	-0.000945438	-0.000295346	0.000079620	0.000141464	0.000032192	0.000064507	-0.000923002
0.16	-0.49421	-0.00568	-0.00105	0.00055	0.00060	0.00010	-0.00028	-0.001094311	-0.000213994	0.000139091	0.000093061	0.000004264	-0.000044739	-0.001116627
0.18	1.42085	-0.00714	-0.00130	-0.00009	-0.00051	-0.00096	-0.00091	-0.001374237	-0.000266172	-0.000022446	-0.000078137	-0.000039141	-0.000143372	-0.001923504
0.20	3.33590	-0.00882	-0.00174	-0.00093	-0.00142	-0.00137	-0.00078	-0.001697901	-0.000354468	-0.000233822	-0.000218949	-0.000055705	-0.000121888	-0.002682733
0.22	5.25096	-0.00993	-0.00157	-0.00107	-0.00122	-0.00059	0.00011	-0.001912204	-0.000319627	-0.000269307	-0.000188571	-0.000023961	0.000017015	-0.002696654
0.24	2.80695	-0.01014	-0.00056	-0.00033	-0.00004	0.00073	0.00090	-0.001951441	-0.000114879	-0.000082663	-0.000006244	0.000029794	0.000141302	-0.001984131
0.26	0.36293	-0.00998	0.00057	0.00049	0.00096	0.00126	0.00071	-0.001920290	0.000115532	0.000122126	0.000147933	0.000051495	0.000112222	-0.001370982
0.28	1.62162	-0.01006	0.00110	0.00064	0.00094	0.00056	-0.00020	-0.001935877	0.000224180	0.000160534	0.000145667	0.000022889	-0.000031972	-0.001414579
0.30	0.85328	-0.01044	0.00095	0.00016	0.00014	-0.00058	-0.00084	-0.002010403	0.000194109	0.000038997	0.000021238	-0.000023650	-0.000132626	-0.001912335
0.32	0.81081	-0.01116	0.00017	-0.00075	-0.00094	-0.00136	-0.00086	-0.002147527	0.000035424	-0.000188298	-0.000144826	-0.000055567	-0.000134543	-0.002635337
0.34	1.71428	-0.01217	-0.00107	-0.00176	-0.00176	-0.00145	-0.00052	-0.002342480	-0.000218493	-0.000442293	-0.000271648	-0.000059206	-0.000081237	-0.003415358
0.36	3.34749	-0.01312	-0.00226	-0.00231	-0.00179	-0.00081	-0.00006	-0.002525710	-0.000461400	-0.000580917	-0.000276776	-0.000032937	-0.000008785	-0.003886524
0.38	4.98069	-0.01342	-0.00271	-0.00186	-0.00079	0.00033	0.00045	-0.002583196	-0.000552500	-0.000467215	-0.000122065	0.000013495	0.000070235	-0.003641246
0.40	6.61389	-0.01242	-0.00181	-0.00016	0.00105	0.00157	0.00096	-0.002391368	-0.000369831	-0.000039008	0.000162452	0.000064000	0.000150538	-0.002423217
0.42	-1.32432	-0.01047	-0.00009	0.00187	0.00252	0.00195	0.00090	-0.002015665	-0.000018965	0.000470931	0.000387939	0.000079266	0.000141709	-0.000954785
0.44	-9.26640	-0.00981	0.00010	0.00178	0.00139	0.00003	-0.00069	-0.001888422	0.000020604	0.000446735	0.000214932	0.000001344	-0.000109009	-0.001313816
0.46	-3.83011	-0.01225	-0.00282	-0.00157	-0.00256	-0.00350	-0.00294	-0.002358219	-0.000575554	-0.000395255	-0.000395084	-0.000142536	-0.000461903	-0.004328552
0.48	1.60618	-0.01687	-0.00742	-0.00601	-0.00631	-0.00545	-0.00331	-0.003247403	-0.001514632	-0.001509520	-0.000973326	-0.000222165	-0.000520300	-0.007987346
0.50	2.03861	-0.02188	-0.01139	-0.00877	-0.00707	-0.00411	-0.00142	-0.004212826	-0.002325862	-0.002205009	-0.001090095	-0.000167229	-0.000223034	-0.010224054
0.52	6.38223	-0.02613	-0.01328	-0.00858	-0.00450	-0.00067	0.00084	-0.005030587	-0.002711552	-0.002155962	-0.000693883	-0.000027426	0.000131653	-0.010487757
0.54	10.72972	-0.02821	-0.01178	-0.00489	0.00047	0.00302	0.00232	-0.005429515	-0.002403701	-0.001228477	0.000072486	0.000123193	0.000363769	-0.008502243
0.56	15.07334	-0.02637	-0.00576	0.00216	0.00646	0.00592	0.00323	-0.005076826	-0.001176601	0.000544041	0.000995840	0.000240998	0.000506751	-0.003965796
0.58	9.45559	-0.02000	0.00424	0.01077	0.01126	0.00710	0.00355	-0.003849913	0.000865230	0.002706654	0.001736834	0.000289212	0.000557713	0.002305731
0.60	3.84170	-0.01052	0.01539	0.01738	0.01224	0.00563	0.00259	-0.002025166	0.003142295	0.004367219	0.001887725	0.000229442	0.000406351	0.008007868
0.62	3.71042	0.00014	0.02454	0.01923	0.00870	0.00215	0.00070	0.000027379	0.005010120	0.004833898	0.001342389	0.000087397	0.000109777	0.011410960
0.64	3.57529	0.01115	0.03009	0.01624	0.00287	-0.00103	-0.00057	0.002146663	0.006141791	0.004082174	0.000442202	-0.000041850	-0.000089287	0.012681692
0.66	3.44401	0.02222	0.03155	0.01003	-0.00227	-0.00218	-0.00055	0.004276688	0.006440495	0.002520586	-0.000349618	-0.000088799	-0.000086011	0.012713341
0.68	-1.87645	0.03254	0.02857	0.00231	-0.00518	-0.00173	-0.00018	0.006263481	0.005831443	0.000579407	-0.000798991	-0.000070648	-0.000027806	0.011776886
0.70	-7.19690	0.04032	0.02044	-0.00602	-0.00648	-0.00160	-0.00083	0.007761132	0.004172174	-0.001513651	-0.000998840	-0.000065278	-0.000130691	0.009224846

t_n	percepatan tanah (in sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	Simp. Mode ke-1 Modal I	Simp. Mode ke-2 Modal I	Simp. Mode ke-3 Modal I	Simp. Mode ke-4 Modal I	Simp. Mode ke-5 Modal I	Simp. Mode ke-6 Modal I	Simp. Total Lantai I
0.72	-12.51736	0.04333	0.00674	-0.01450	-0.00767	-0.00320	-0.00276	0.008340474	0.001375181	-0.003644265	-0.001182540	-0.000130217	-0.000433106	0.004325527
0.74	-12.99227	0.03995	-0.01174	-0.02231	-0.00954	-0.00610	-0.00482	0.007690130	-0.002396170	-0.005607158	-0.001471236	-0.000248425	-0.000757070	-0.002789929
0.76	-22.09650	0.02883	-0.03352	-0.02887	-0.01230	-0.00920	-0.00624	0.005549473	-0.006842672	-0.007255833	-0.001897649	-0.000374786	-0.000980208	-0.011801676
0.78	-17.50577	0.00892	-0.05672	-0.03392	-0.01565	-0.01158	-0.00702	0.001717599	-0.011576961	-0.008524521	-0.002413313	-0.000471664	-0.001103165	-0.022372025
0.80	-12.91891	-0.01876	-0.07767	-0.03605	-0.01766	-0.01178	-0.00658	-0.003611117	-0.015853761	-0.009059905	-0.002724649	-0.000479917	-0.001034423	-0.032763772
0.82	-12.35906	-0.05210	-0.09246	-0.03405	-0.01678	-0.00948	-0.00500	-0.010029782	-0.018872066	-0.008557964	-0.002587480	-0.000386108	-0.000786052	-0.041219452
0.84	-11.79922	-0.08970	-0.09906	-0.02868	-0.01364	-0.00647	-0.00367	-0.017267483	-0.020220763	-0.007208005	-0.002104265	-0.000263370	-0.000576893	-0.047640779
0.86	-11.23937	-0.13047	-0.09712	-0.02175	-0.01000	-0.00460	-0.00338	-0.025116432	-0.019823514	-0.005466818	-0.001541949	-0.000187279	-0.000531017	-0.052667008
0.88	-10.67953	-0.17329	-0.08742	-0.01515	-0.00732	-0.00441	-0.00375	-0.033358906	-0.017843822	-0.003806396	-0.001129617	-0.000179742	-0.000588614	-0.056907096
0.90	-15.89188	-0.21757	-0.07227	-0.01079	-0.00675	-0.00567	-0.00439	-0.041881725	-0.014750965	-0.002712314	-0.001040962	-0.000230950	-0.000689285	-0.061306201
0.92	-21.10423	-0.26383	-0.05555	-0.01066	-0.00911	-0.00816	-0.00555	-0.050786850	-0.011339333	-0.002678927	-0.001404508	-0.000332163	-0.000871405	-0.067413186
0.94	-26.31658	-0.31312	-0.04157	-0.01575	-0.01423	-0.01140	-0.00729	-0.060276384	-0.008485177	-0.003958709	-0.002194066	-0.000464473	-0.001144657	-0.076523466
0.96	-31.52893	-0.36643	-0.03387	-0.02555	-0.02083	-0.01467	-0.00919	-0.070537119	-0.006913691	-0.006420329	-0.003212781	-0.000597433	-0.001443516	-0.089124868
0.98	-26.43241	-0.42359	-0.03391	-0.03754	-0.02658	-0.01675	-0.01031	-0.081540839	-0.006921173	-0.009435526	-0.004099160	-0.000682353	-0.001619509	-0.104298560
1.00	-21.33975	-0.48235	-0.04007	-0.04741	-0.02853	-0.01617	-0.00956	-0.092852164	-0.008178820	-0.011914567	-0.004400197	-0.000658601	-0.001501468	-0.119505817
1.02	-16.24709	-0.53943	-0.04912	-0.05129	-0.02532	-0.01281	-0.00721	-0.103839701	-0.010025563	-0.012890118	-0.003905913	-0.000521703	-0.001132127	-0.132315124
1.04	-16.44400	-0.59215	-0.05820	-0.04804	-0.01852	-0.00858	-0.00495	-0.113988700	-0.011879170	-0.012072776	-0.002855951	-0.000349440	-0.000777516	-0.141923553
1.06	-16.64477	-0.63902	-0.06568	-0.03944	-0.01156	-0.00595	-0.00424	-0.123010809	-0.013406762	-0.009910984	-0.001782600	-0.000242304	-0.000665467	-0.149018926
1.08	-9.37451	-0.67846	-0.07009	-0.02812	-0.00688	-0.00544	-0.00453	-0.130604415	-0.014307148	-0.007068355	-0.001061061	-0.000221600	-0.000710957	-0.153973537
1.10	-2.10425	-0.70763	-0.06912	-0.01569	-0.00418	-0.00514	-0.00389	-0.136218594	-0.014107821	-0.003943055	-0.000644463	-0.000209407	-0.000610700	-0.155734042
1.12	5.16602	-0.72317	-0.06067	-0.00308	-0.00184	-0.00318	-0.00157	-0.139210337	-0.012383706	-0.000773314	-0.000283302	-0.000129428	-0.000246614	-0.153026701
1.14	12.43628	-0.72209	-0.04385	0.00890	0.00148	0.00070	0.00153	-0.139001524	-0.008950521	0.002235638	0.000228829	0.000028373	0.000240202	-0.145219003
1.16	19.70654	-0.70177	-0.01895	0.01973	0.00636	0.00553	0.00432	-0.135090230	-0.003868336	0.004958048	0.000980616	0.000225093	0.000678328	-0.132116482
1.18	26.97681	-0.66005	0.01268	0.02931	0.01256	0.01013	0.00645	-0.127060251	0.002587808	0.007365078	0.001937289	0.000412716	0.001013061	-0.113744299
1.20	34.24707	-0.59527	0.04891	0.03786	0.01937	0.01388	0.00824	-0.114588682	0.009983430	0.009514142	0.002987881	0.000565334	0.001295150	-0.090242746
1.22	17.46716	-0.50862	0.08497	0.04380	0.02417	0.01522	0.00876	-0.097908555	0.017343500	0.011008748	0.003728650	0.000620014	0.001375336	-0.063832307
1.24	0.69112	-0.40651	0.11208	0.04248	0.02221	0.01129	0.00570	-0.078252921	0.022876926	0.010675482	0.003426092	0.000459977	0.000894829	-0.039919616
1.26	-16.08879	-0.29796	0.12120	0.02992	0.01098	0.00167	-0.00078	-0.057357065	0.024740154	0.007519061	0.001693339	0.000068127	-0.000122178	-0.023458562
1.28	-32.86869	-0.19199	0.10651	0.00578	-0.00750	-0.01059	-0.00793	-0.036957443	0.021740871	0.001453573	-0.001157556	-0.000431337	-0.001246162	-0.016598053
1.30	-49.64474	-0.09743	0.06585	-0.02724	-0.02873	-0.02197	-0.01376	-0.018754802	0.013440381	-0.006844873	-0.004431159	-0.000894841	-0.002162293	-0.019647588
1.32	-66.42464	-0.02275	0.00072	-0.06467	-0.04824	-0.03069	-0.01822	-0.004378600	0.000146376	-0.016253454	-0.007440299	-0.001250017	-0.002862009	-0.032038003
1.34	-49.83779	0.02743	-0.08115	-0.09895	-0.06093	-0.03489	-0.02041	0.005280590	-0.016564983	-0.024867297	-0.009397754	-0.001420769	-0.003206960	-0.050177174
1.36	-33.25479	0.05565	-0.16432	-0.11908	-0.06080	-0.03145	-0.01779	0.010713400	-0.033541948	-0.029927120	-0.009378355	-0.001280717	-0.002794429	-0.066209169
1.38	-34.37062	0.06644	-0.23309	-0.11844	-0.04760	-0.02175	-0.01180	0.012790562	-0.047577829	-0.029767564	-0.007342353	-0.000885813	-0.001853524	-0.074636521
1.40	-35.49031	0.06113	-0.27830	-0.09996	-0.02929	-0.01275	-0.00788	0.011768266	-0.056806026	-0.025121944	-0.004518056	-0.000519141	-0.001238280	-0.076435181
1.42	-36.61000	0.03963	-0.29639	-0.07207	-0.01520	-0.00975	-0.00838	0.007628076	-0.060498741	-0.018112349	-0.002344876	-0.000397252	-0.001316877	-0.075042020
1.44	-35.99996	0.00234	-0.28757	-0.04391	-0.01030	-0.01260	-0.01104	0.000450688	-0.058698540	-0.011035094	-0.001588457	-0.000513278	-0.001733732	-0.073118413
1.46	-35.38993	-0.04963	-0.25530	-0.02269	-0.01413	-0.01754	-0.01275	-0.009554270	-0.052112665	-0.005702657	-0.002179842	-0.000714296	-0.002003076	-0.072266806

t_n	percepatan tanah (in / sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	Simp. Mode ke-1 Modal I	Simp. Mode ke-2 Modal I	Simp. Mode ke-3 Modal I	Simp. Mode ke-4 Modal I	Simp. Mode ke-5 Modal I	Simp. Mode ke-6 Modal I	Simp. Total Lantai I
1.48	-36.59456	-0.11492	-0.20589	-0.01251	-0.02274	-0.02091	-0.01259	-0.022121920	-0.042027243	-0.003144115	-0.003507425	-0.000851497	-0.001978063	-0.073630263
1.50	-37.79533	-0.19224	-0.14772	-0.01417	-0.03149	-0.02149	-0.01172	-0.037005850	-0.030151617	-0.003562211	-0.004857630	-0.000875409	-0.001840758	-0.078293476
1.52	-49.81462	-0.28132	-0.09074	-0.02636	-0.03790	-0.02099	-0.01204	-0.054154139	-0.018522612	-0.006625966	-0.005845411	-0.000854924	-0.001890771	-0.087893822
1.54	-29.54437	-0.38060	-0.04294	-0.04441	-0.04029	-0.02041	-0.01304	-0.073265086	-0.008765303	-0.011161921	-0.006213590	-0.000831274	-0.002047979	-0.102285154
1.56	-9.27026	-0.48300	-0.00539	-0.05849	-0.03500	-0.01680	-0.01082	-0.092977812	-0.001099906	-0.014699077	-0.005398780	-0.000684406	-0.001699676	-0.116559657
1.58	10.99999	-0.57831	0.02528	-0.05889	-0.02010	-0.00783	-0.00392	-0.111324586	0.005160336	-0.014799091	-0.003100249	-0.000318869	-0.000615609	-0.124998067
1.60	31.27024	-0.65660	0.05306	-0.04122	0.00184	0.00490	0.00482	-0.126395237	0.010829725	-0.010359524	0.000284266	0.000199735	0.000757242	-0.124683794
1.62	51.54435	-0.70845	0.08196	-0.00656	0.02600	0.01815	0.01244	-0.136376717	0.016730279	-0.001647518	0.004009790	0.000739397	0.001953481	-0.114591289
1.64	71.81460	-0.72514	0.11553	0.03989	0.04789	0.02951	0.01820	-0.139590027	0.023581353	0.010024005	0.007386915	0.001202004	0.002859115	-0.094536635
1.66	92.08485	-0.69883	0.15634	0.09083	0.06519	0.03852	0.02316	-0.134523992	0.031912403	0.022827757	0.010054397	0.001568736	0.003638201	-0.064522496
1.68	84.91497	-0.62538	0.20327	0.13690	0.07598	0.04438	0.02692	-0.120386430	0.041491952	0.034405372	0.011719727	0.001807415	0.004229305	-0.026732659
1.70	77.74124	-0.50718	0.24940	0.16708	0.07741	0.04469	0.02705	-0.097632106	0.050908104	0.041990005	0.011939882	0.001820064	0.004248832	0.013274781
1.72	70.56750	-0.35020	0.28599	0.17417	0.06917	0.03926	0.02346	-0.067413478	0.058377149	0.043773064	0.010668899	0.001599007	0.003685277	0.050689919
1.74	63.39762	-0.16117	0.30635	0.15825	0.05507	0.03132	0.01900	-0.031024423	0.062531347	0.039770767	0.008494722	0.001275685	0.002985097	0.084033194
1.76	56.22388	0.05262	0.30651	0.12526	0.04036	0.02444	0.01588	0.010129301	0.062565294	0.031480006	0.006225889	0.000995266	0.002495311	0.113891067
1.78	62.32812	0.28475	0.28681	0.08555	0.03016	0.02121	0.01502	0.054813706	0.058544308	0.021499613	0.004652069	0.000863810	0.002359897	0.142733403
1.80	68.43623	0.53113	0.25264	0.05149	0.02837	0.02300	0.01669	0.102242694	0.051569792	0.012939853	0.004376154	0.000936769	0.002621615	0.174686876
1.82	51.02312	0.78644	0.20992	0.03084	0.03358	0.02707	0.01848	0.151388862	0.042848478	0.007750304	0.005179430	0.001102553	0.002902660	0.211172288
1.84	33.61001	1.04057	0.16083	0.02251	0.03824	0.02712	0.01629	0.200309208	0.032828757	0.005656737	0.005897640	0.001104315	0.002558734	0.248355391
1.86	16.20076	1.28128	0.10607	0.02047	0.03523	0.01978	0.00964	0.246646675	0.021650192	0.005144005	0.005434166	0.000805756	0.001514648	0.281195442
1.88	-1.21235	1.49680	0.04701	0.01820	0.02254	0.00721	0.00174	0.288133197	0.009594981	0.004573994	0.003476138	0.000293584	0.000273420	0.306345314
1.90	-18.62546	1.67603	-0.01451	0.01046	0.00270	-0.00617	-0.00471	0.322636313	-0.002962351	0.002628460	0.000416803	-0.000251134	-0.000740497	0.321727593
1.92	-36.03857	1.80884	-0.07649	-0.00562	-0.01942	-0.01698	-0.00939	0.348202376	-0.015613033	-0.001412525	-0.002995823	-0.000691683	-0.001474561	0.326014751
1.94	-53.44782	1.88621	-0.13703	-0.03023	-0.03932	-0.02455	-0.01348	0.363095498	-0.027971494	-0.007597282	-0.006064882	-0.000999972	-0.002117644	0.318344225
1.96	-70.86093	1.90042	-0.19462	-0.06134	-0.05460	-0.03032	-0.01809	0.365831165	-0.039724823	-0.015415291	-0.008421645	-0.001234933	-0.002842261	0.298192211
1.98	-88.27404	1.84522	-0.24823	-0.09562	-0.06543	-0.03628	-0.02341	0.355203896	-0.050668351	-0.024032412	-0.010092263	-0.001477703	-0.003678244	0.265254922
2.00	-105.68329	1.71589	-0.29749	-0.12958	-0.07379	-0.04362	-0.02900	0.330308804	-0.060723450	-0.032565019	-0.011382025	-0.001776476	-0.004555233	0.219306602
2.02	-123.09640	1.50938	-0.34263	-0.16042	-0.08217	-0.05230	-0.03440	0.290556484	-0.069936940	-0.040315739	-0.012673951	-0.002129883	-0.005403392	0.160096579
2.04	-96.61766	1.22865	-0.38035	-0.18299	-0.08903	-0.05853	-0.03699	0.236515087	-0.077637169	-0.045988160	-0.013731966	-0.002383749	-0.005810488	0.090963555
2.06	-70.13893	0.88684	-0.40055	-0.18781	-0.08718	-0.05532	-0.03248	0.170715800	-0.081759678	-0.047201323	-0.013447024	-0.002253141	-0.005102589	0.020952045
2.08	-43.66405	0.50253	-0.39228	-0.16804	-0.07163	-0.04066	-0.02155	0.096736435	-0.080071513	-0.042232000	-0.011047773	-0.001655848	-0.003384702	-0.041655401
2.10	-17.18531	0.09494	-0.34936	-0.12440	-0.04441	-0.01991	-0.00953	0.018276121	-0.071311008	-0.031263628	-0.006849132	-0.000810865	-0.001497613	-0.093456125
2.12	9.29343	-0.31649	-0.27078	-0.06360	-0.01188	-0.00013	-0.00017	-0.060924672	-0.055271219	-0.015983796	-0.001832638	-0.000005160	-0.000026351	-0.134043836
2.14	35.77217	-0.71254	-0.16037	0.00449	0.01906	0.01467	0.00660	-0.137163982	-0.032735351	0.001128824	0.002939704	0.000597622	0.001036242	-0.164196941
2.16	62.25090	-1.07458	-0.02589	0.06998	0.04402	0.02479	0.01280	-0.206856297	-0.005285676	0.017587454	0.006789513	0.001009541	0.002011291	-0.184744175
2.18	88.72964	-1.38497	0.12237	0.12548	0.06226	0.03314	0.01999	-0.266606830	0.024977636	0.031536437	0.009603071	0.001349857	0.003140047	-0.195999782
2.20	115.20838	-1.62743	0.27318	0.16755	0.07604	0.04267	0.02822	-0.313280673	0.055762265	0.042109500	0.011728889	0.001737913	0.004433366	-0.197508740
2.22	89.56362	-1.79250	0.41115	0.19244	0.08491	0.05105	0.03373	-0.345056225	0.083924758	0.048363605	0.013096256	0.002079260	0.005297940	-0.192294405

PERHITUNGAN MATLAB STRUKTUR BERTINGKAT 8

```
» M=[0.3626 0 0 0 0 0 0 0;0 0.3108 0 0 0 0 0 0;0 0 0.3108 0 0 0 0 0;0 0 0 0.3108 0 0 0 0;0 0 0 0
   0.3108 0 0 0;0 0 0 0 0 0.3108 0 0;0 0 0 0 0 0 0.3108 0;0 0 0 0 0 0 0 0.2590]

M = Matrik Massa

  Columns 1 through 7

    0.3626         0         0         0         0         0         0
         0    0.3108         0         0         0         0         0
         0         0    0.3108         0         0         0         0
         0         0         0    0.3108         0         0         0
         0         0         0         0    0.3108         0         0
         0         0         0         0         0    0.3108         0
         0         0         0         0         0         0    0.3108
         0         0         0         0         0         0         0

  Column 8

         0
         0
         0
         0
         0
         0
         0
    0.2590

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

K = Matrik Kekakuan

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

» [V,D]=eig(K,M)

V = Mode Shape

  Columns 1 through 6

  4.3421e-001  4.1000e-001  4.7048e-001  3.3359e-001  2.8282e-001 -2.5019e-001
 -7.5541e-001 -8.6587e-002  3.7895e-002  2.0259e-001  3.2920e-001 -3.8426e-001
  4.7642e-001 -4.1907e-001 -4.5704e-001 -1.7026e-001  1.3970e-001 -3.6547e-001
 -1.1421e-001  5.0449e-001  5.6977e-002 -5.0945e-001 -4.3951e-001 -3.7112e-002
  2.7368e-002 -4.8428e-001  3.8351e-001  3.6769e-001 -3.8886e-001  3.2078e-001
 -6.5083e-003  3.6266e-001 -5.5189e-001  3.6697e-001  2.1907e-001  4.2345e-001
  1.3393e-003 -1.6510e-001  3.2870e-001 -5.0989e-001  5.1305e-001  1.8921e-001
 -1.3829e-004  3.1048e-002 -7.3304e-002  1.7115e-001 -3.6950e-001 -5.8034e-001

  Columns 7 through 8

 -6.1830e-002 -1.8723e-001
 -1.2181e-001 -3.3415e-001
 -1.7868e-001 -4.1942e-001
 -2.8325e-001 -4.3515e-001
 -3.7332e-001 -2.9029e-001
 -4.4427e-001 -3.8296e-002
 -4.9247e-001  2.2783e-001
 -5.3843e-001  5.9192e-001
```

```
D = λ

  Columns 1 through 6

  4.1255e+003            0            0            0            0            0
            0  2.4393e+003            0            0            0            0
            0            0  2.1174e+003            0            0            0
            0            0            0  1.5364e+003            0            0
            0            0            0            0  9.2220e+002            0
            0            0            0            0            0  5.1198e+002
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  3.2955e+001            0
            0  2.3749e+002

» Ø1=[-6.1830e-002;-1.2181e-001;-1.7868e-001;-2.8325e-001;-3.7332e-001;-4.4427e-001;-4.9247e-001;
     -5.3843e-001]

Ø1 = Mode ke-1

 -6.1830e-002
 -1.2181e-001
 -1.7868e-001
 -2.8325e-001
 -3.7332e-001
 -4.4427e-001
 -4.9247e-001
 -5.3843e-001

» Ø2=[-1.8723e-001;-3.3415e-001;-4.1942e-001;-4.3515e-001;-2.9029e-001;-3.8296e-002;2.2783e-001;
     5.9192e-001]

Ø2 = Mode ke-2

 -1.8723e-001
 -3.3415e-001
 -4.1942e-001
 -4.3515e-001
 -2.9029e-001
 -3.8296e-002
  2.2783e-001
  5.9192e-001

» Ø3=[-2.5019e-001;-3.8426e-001;-3.6547e-001;-3.7112e-002;3.2078e-001;4.2345e-001;1.8921e-001;
     -5.8034e-001]

Ø3 = Mode ke-3

 -2.5019e-001
 -3.8426e-001
 -3.6547e-001
 -3.7112e-002
  3.2078e-001
  4.2345e-001
  1.8921e-001
 -5.8034e-001
```

```
» Ø4=[2.8282e-001;3.2920e-001;1.3970e-001;-4.3951e-001;-3.8886e-001;2.1907e-001;5.1305e-001;
     -3.6950e-001]

Ø4 = Mode ke-4

  2.8282e-001
  3.2920e-001
  1.3970e-001
 -4.3951e-001
 -3.8886e-001
  2.1907e-001
  5.1305e-001
 -3.6950e-001

» Ø5=[3.3359e-001;2.0259e-001;-1.7026e-001;-5.0945e-001;3.6769e-001;3.6697e-001;-5.0989e-001;
     1.7115e-001]

Ø5 = Mode ke-5

  3.3359e-001
  2.0259e-001
 -1.7026e-001
 -5.0945e-001
  3.6769e-001
  3.6697e-001
 -5.0989e-001
  1.7115e-001

» Ø6=[4.7048e-001;3.7895e-002;-4.5704e-001;5.6977e-002;3.8351e-001;-5.5189e-001;3.2870e-001;
     -7.3304e-002]

Ø6 = Mode ke-6

  4.7048e-001
  3.7895e-002
 -4.5704e-001
  5.6977e-002
  3.8351e-001
 -5.5189e-001
  3.2870e-001
 -7.3304e-002

» Ø7=[4.1000e-001;-8.6587e-002;-4.1907e-001;5.0449e-001;-4.8428e-001;3.6266e-001;-1.6510e-001;
     3.1048e-002]

Ø7 = Mode ke-7

  4.1000e-001
 -8.6587e-002
 -4.1907e-001
  5.0449e-001
 -4.8428e-001
  3.6266e-001
 -1.6510e-001
  3.1048e-002

» Ø8=[4.3421e-001;-7.5541e-001;4.7642e-001;-1.1421e-001;2.7368e-002;-6.5083e-003;1.3393e-003;
     -1.3829e-004]

Ø8 = Mode ke-8

  4.3421e-001
 -7.5541e-001
  4.7642e-001
 -1.1421e-001
  2.7368e-002
 -6.5083e-003
  1.3393e-003
 -1.3829e-004
```

```
» C1=[4.0 -2.0 0 0 0 0 0 0;-2.0 4.0 -2.0 0 0 0 0 0;0 -2.0 4.0 -2.0 0 0 0 0;0 0 -2.0 4.0 -2.0 0 0
      0;0 0 0 -2.0 4.0 -2.0 0 0;0 0 0 0 -2.0 4.0 -2.0 0;0 0 0 0 0 -2.0 4.0 -2.0;0 0 0 0 0 0 -2.0
      2.0]
```

C1 = Matrik Redaman Struktur Tanpa MR Damper

4	-2	0	0	0	0	0	0
-2	4	-2	0	0	0	0	0
0	-2	4	-2	0	0	0	0
0	0	-2	4	-2	0	0	0
0	0	0	-2	4	-2	0	0
0	0	0	0	-2	4	-2	0
0	0	0	0	0	-2	4	-2
0	0	0	0	0	0	-2	2

```
» C2=[15.0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0
      0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0]
```

C2 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-1

15	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

```
» C3=[15.0 -15.0 0 0 0 0 0 0;-15.0 15.0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0
      0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0]
```

C3 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-2

15	-15	0	0	0	0	0	0
-15	15	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

```
» C4=[0 0 0 0 0 0 0 0;0 15.0 -15.0 0 0 0 0 0;0 -15.0 15.0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0
      0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0]
```

C4 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-3

0	0	0	0	0	0	0	0
0	15	-15	0	0	0	0	0
0	-15	15	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

```
» C5=[0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 15.0 -15.0 0 0 0 0;0 0 -15.0 15.0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0
      0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0]
```

C5 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-4

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	15	-15	0	0	0	0
0	0	-15	15	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

```
» C6=[0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 15.0 -15.0 0 0 0;0 0 0 -15.0 15.0 0 0
     0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0]

C6 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-5

     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0    15   -15     0     0     0
     0     0     0   -15    15     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0

» C7=[0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 15.0 -15.0 0 0;0 0 0
     0 -15.0 15.0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0]

C7 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-6

     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0    15   -15     0     0
     0     0     0     0   -15    15     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0

» C8=[0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0
     15.0 -15.0 0;0 0 0 0 0 -15.0 15.0 0;0 0 0 0 0 0 0 0]

C8 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-7

     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0    15   -15     0
     0     0     0     0     0   -15    15     0
     0     0     0     0     0     0     0     0

» C9=[0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0
     0 0;0 0 0 0 0 0 15.0 -15.0;0 0 0 0 0 0 -15.0 15.0]

C9 = Matrik Redaman Struktur dengan MR Damper pada Tingkat ke-8

     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0    15   -15
     0     0     0     0     0     0   -15    15

» Mn=[Ø1'*M*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*M*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*M*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*M*Ø4 0 0 0
     0;0 0 0 0 Ø5'*M*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*M*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*M*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
     Ø8'*M*Ø8]

Mn = Matrik Massa Efektif

  Columns 1 through 6

  2.9598e-001            0            0            0            0            0
            0  2.9446e-001            0            0            0            0
            0            0  2.9660e-001            0            0            0
            0            0            0  3.0787e-001            0            0
            0            0            0            0  3.1505e-001            0
            0            0            0            0            0  3.2199e-001
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0
```

```
  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  3.1946e-001            0
            0  3.2056e-001

» Kn=[Ø1'*K*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*K*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*K*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*K*Ø4 0 0 0
     0;0 0 0 0 Ø5'*K*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*K*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*K*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
     Ø8'*K*Ø8]

Kn = Matrik Kekakuan Efektif

  Columns 1 through 6

  9.7541e+000            0            0            0            0            0
            0  6.9932e+001            0            0            0            0
            0            0  1.5185e+002            0            0            0
            0            0            0  2.8392e+002            0            0
            0            0            0            0  4.8403e+002            0
            0            0            0            0            0  6.8179e+002
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  7.7924e+002            0
            0  1.3225e+003

» Cn1=[Ø1'*C1*Ø1  Ø1'*C1*Ø2  0  0  0  0  0  0;Ø1'*C1*Ø2  Ø2'*C1*Ø2  Ø2'*C1*Ø3  0  0  0  0  0;0  Ø2'*C1*Ø3
     Ø3'*C1*Ø3   Ø3'*C1*Ø4  0  0  0  0  0;0  0  Ø3'*C1*Ø4  Ø4'*C1*Ø4  Ø4'*C1*Ø5  0  0  0;0  0  0  Ø4'*C1*Ø5
     Ø5'*C1*Ø5  Ø5'*C1*Ø6  0  0;0  0  0  0  0  Ø5'*C1*Ø6  Ø6'*C1*Ø6  Ø6'*C1*Ø7  0;0  0  0  0  0  Ø6'*C1*Ø7
     Ø7'*C1*Ø7 Ø7'*C1*Ø8;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C1*Ø8 Ø8'*C1*Ø8]

Cn1 = Matrik Redaman Efektif Tanpa MR Damper

  Columns 1 through 6

  7.8343e-002 -6.7209e-002            0            0            0            0
 -6.7209e-002  7.0406e-001 -4.1007e-001            0            0            0
            0 -4.1007e-001  1.9489e+000  8.4024e-001            0            0
            0            0  8.4024e-001  3.3820e+000 -9.1891e-001            0
            0            0            0 -9.1891e-001  4.7692e+000 -1.0701e+000
            0            0            0            0 -1.0701e+000  5.6726e+000
            0            0            0            0            0 -1.2234e+000
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
 -1.2234e+000            0
  6.7804e+000 -7.1876e-001
 -7.1876e-001  6.9825e+000
```

```
» Cn2=[Ø1'*C2*Ø1 Ø1'*C2*Ø2 0 0 0 0 0 0;Ø1'*C2*Ø2 Ø2'*C2*Ø2 Ø2'*C2*Ø3 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C2*Ø3
      Ø3'*C2*Ø3 Ø3'*C2*Ø4 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C2*Ø4 Ø4'*C2*Ø4 Ø4'*C2*Ø5 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C2*Ø5
      Ø5'*C2*Ø5 Ø5'*C2*Ø6 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C2*Ø6 Ø6'*C2*Ø6 Ø6'*C2*Ø7 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C2*Ø7
      Ø7'*C2*Ø7 Ø7'*C2*Ø8;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C2*Ø8 Ø8'*C2*Ø8]

Cn2 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-1

  Columns 1 through 6

  5.7344e-002  1.7365e-001           0           0           0           0
  1.7365e-001  5.2583e-001  7.0265e-001           0           0           0
            0  7.0265e-001  9.3893e-001 -1.0614e+000           0           0
            0           0 -1.0614e+000  1.1998e+000  1.4152e+000           0
            0           0           0  1.4152e+000  1.6692e+000  2.3542e+000
            0           0           0           0  2.3542e+000  3.3203e+000
            0           0           0           0           0  2.8935e+000
            0           0           0           0           0           0

  Columns 7 through 8

            0           0
            0           0
            0           0
            0           0
            0           0
  2.8935e+000           0
  2.5215e+000  2.6704e+000
  2.6704e+000  2.8281e+000

» Cn3=[Ø1'*C3*Ø1 Ø1'*C3*Ø2 0 0 0 0 0 0;Ø1'*C3*Ø2 Ø2'*C3*Ø2 Ø2'*C3*Ø3 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C3*Ø3
      Ø3'*C3*Ø3 Ø3'*C3*Ø4 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C3*Ø4 Ø4'*C3*Ø4 Ø4'*C3*Ø5 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C3*Ø5
      Ø5'*C3*Ø5 Ø5'*C3*Ø6 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C3*Ø6 Ø6'*C3*Ø6 Ø6'*C3*Ø7 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C3*Ø7
      Ø7'*C3*Ø7 Ø7'*C3*Ø8;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C3*Ø8 Ø8'*C3*Ø8]

Cn3 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-2

  Columns 1 through 6

  5.3964e-002  1.3218e-001           0           0           0           0
  1.3218e-001  3.2378e-001  2.9546e-001           0           0           0
            0  2.9546e-001  2.6962e-001 -9.3272e-002           0           0
            0           0 -9.3272e-002  3.2267e-002 -9.1137e-002           0
            0           0           0 -9.1137e-002  2.5742e-001  8.5003e-001
            0           0           0           0  8.5003e-001  2.8069e+000
            0           0           0           0           0  3.2222e+000
            0           0           0           0           0           0

  Columns 7 through 8

            0           0
            0           0
            0           0
            0           0
            0           0
  3.2222e+000           0
  3.6990e+000  8.8612e+000
  8.8612e+000  2.1228e+001

» Cn4=[Ø1'*C4*Ø1 Ø1'*C4*Ø2 0 0 0 0 0 0;Ø1'*C4*Ø2 Ø2'*C4*Ø2 Ø2'*C4*Ø3 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C4*Ø3
      Ø3'*C4*Ø3 Ø3'*C4*Ø4 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C4*Ø4 Ø4'*C4*Ø4 Ø4'*C4*Ø5 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C4*Ø5
      Ø5'*C4*Ø5 Ø5'*C4*Ø6 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C4*Ø6 Ø6'*C4*Ø6 Ø6'*C4*Ø7 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C4*Ø7
      Ø7'*C4*Ø7 Ø7'*C4*Ø8;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C4*Ø8 Ø8'*C4*Ø8]

Cn4 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-3

  Columns 1 through 6

  4.8513e-002  7.2740e-002           0           0           0           0
  7.2740e-002  1.0906e-001 -2.4033e-002           0           0           0
            0 -2.4033e-002  5.2960e-003 -5.3411e-002           0           0
            0           0 -5.3411e-002  5.3865e-001  1.0598e+000           0
            0           0           0  1.0598e+000  2.0853e+000  2.7680e+000
            0           0           0           0  2.7680e+000  3.6744e+000
            0           0           0           0           0  2.4684e+000
            0           0           0           0           0           0
```

```
  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  2.4684e+000            0
  1.6582e+000 -6.1434e+000
 -6.1434e+000  2.2761e+001

» Cn5=[Ø1'*C5*Ø1  Ø1'*C5*Ø2  0  0  0  0  0  0;Ø1'*C5*Ø2  Ø2'*C5*Ø2  Ø2'*C5*Ø3  0  0  0  0  0;0  Ø2'*C5*Ø3
      Ø3'*C5*Ø3  Ø3'*C5*Ø4  0  0  0  0;0  0  Ø3'*C5*Ø4  Ø4'*C5*Ø4  Ø4'*C5*Ø5  0  0  0;0  0  0  Ø4'*C5*Ø5
      Ø5'*C5*Ø5  Ø5'*C5*Ø6  0  0;0  0  0  0  Ø5'*C5*Ø6  Ø6'*C5*Ø6  Ø6'*C5*Ø7  0;0  0  0  0  0  Ø6'*C5*Ø7
      Ø7'*C5*Ø7 Ø7'*C5*Ø8;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C5*Ø8 Ø8'*C5*Ø8]

Cn5 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-4

  Columns 1 through 6

  1.6402e-001  2.4673e-002            0            0            0            0
  2.4673e-002  3.7115e-003 -7.7476e-002            0            0            0
            0 -7.7476e-002  1.6173e+000 -2.8528e+000            0            0
            0            0 -2.8528e+000  5.0323e+000  2.9469e+000            0
            0            0            0  2.9469e+000  1.7257e+000 -2.6152e+000
            0            0            0            0 -2.6152e+000  3.9632e+000
            0            0            0            0            0  7.1209e+000
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  7.1209e+000            0
  1.2794e+001 -8.1822e+000
 -8.1822e+000  5.2327e+000

» Cn6=[Ø1'*C6*Ø1  Ø1'*C6*Ø2  0  0  0  0  0  0;Ø1'*C6*Ø2  Ø2'*C6*Ø2  Ø2'*C6*Ø3  0  0  0  0  0;0  Ø2'*C6*Ø3
      Ø3'*C6*Ø3  Ø3'*C6*Ø4  0  0  0  0;0  0  Ø3'*C6*Ø4  Ø4'*C6*Ø4  Ø4'*C6*Ø5  0  0  0;0  0  0  Ø4'*C6*Ø5
      Ø5'*C6*Ø5  Ø5'*C6*Ø6  0  0;0  0  0  0  Ø5'*C6*Ø6  Ø6'*C6*Ø6  Ø6'*C6*Ø7  0;0  0  0  0  0  Ø6'*C6*Ø7
      Ø7'*C6*Ø7 Ø7'*C6*Ø8;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C6*Ø8 Ø8'*C6*Ø8]

Cn6 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-5

  Columns 1 through 6

  1.2169e-001 -1.9571e-001            0            0            0            0
 -1.9571e-001  3.1477e-001  7.7766e-001            0            0            0
            0  7.7766e-001  1.9213e+000  2.7191e-001            0            0
            0            0  2.7191e-001  3.8481e-002  6.6641e-001            0
            0            0            0  6.6641e-001  1.1541e+001  4.2962e+000
            0            0            0            0  4.2962e+000  1.5994e+000
            0            0            0            0            0 -4.8430e+000
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
 -4.8430e+000            0
  1.4665e+001 -2.0998e+000
 -2.0998e+000  3.0066e-001
```

```
» Cn7=[Ø1'*C7*Ø1 Ø1'*C7*Ø2 0 0 0 0 0 0;Ø1'*C7*Ø2 Ø2'*C7*Ø2 Ø2'*C7*Ø3 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C7*Ø3
      Ø3'*C7*Ø3 Ø3'*C7*Ø4 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C7*Ø4 Ø4'*C7*Ø4 Ø4'*C7*Ø5 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C7*Ø5
      Ø5'*C7*Ø5 Ø5'*C7*Ø6 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C7*Ø6 Ø6'*C7*Ø6 Ø6'*C7*Ø7 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C7*Ø7
      Ø7'*C7*Ø7 Ø7'*C7*Ø8;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C7*Ø8 Ø8'*C7*Ø8]

Cn7 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-6

  Columns 1 through 6

  7.5509e-002 -2.6818e-001            0            0            0            0
 -2.6818e-001  9.5251e-001  3.8808e-001            0            0            0
            0  3.8808e-001  1.5812e-001  9.3624e-001            0            0
            0            0  9.3624e-001  5.5437e+000 -6.5656e-003            0
            0            0            0 -6.5656e-003  7.7760e-006  1.0102e-002
            0            0            0            0  1.0102e-002  1.3125e+001
            0            0            0            0            0 -1.1883e+001
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
 -1.1883e+001            0
  1.0760e+001 -4.3037e-001
 -4.3037e-001  1.7214e-002

» Cn8=[Ø1'*C8*Ø1 Ø1'*C8*Ø2 0 0 0 0 0 0;Ø1'*C8*Ø2 Ø2'*C8*Ø2 Ø2'*C8*Ø3 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C8*Ø3
      Ø3'*C8*Ø3 Ø3'*C8*Ø4 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C8*Ø4 Ø4'*C8*Ø4 Ø4'*C8*Ø5 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C8*Ø5
      Ø5'*C8*Ø5 Ø5'*C8*Ø6 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C8*Ø6 Ø6'*C8*Ø6 Ø6'*C8*Ø7 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C8*Ø7
      Ø7'*C8*Ø7 Ø7'*C8*Ø8;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C8*Ø8 Ø8'*C8*Ø8]

Cn8 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-7

  Columns 1 through 6

  3.4849e-002 -1.9241e-001            0            0            0            0
 -1.9241e-001  1.0623e+000 -9.3506e-001            0            0            0
            0 -9.3506e-001  8.2303e-001 -1.0329e+000            0            0
            0            0 -1.0329e+000  1.2964e+000 -3.8667e+000            0
            0            0            0 -3.8667e+000  1.1533e+001 -1.1582e+001
            0            0            0            0 -1.1582e+001  1.1632e+001
            0            0            0            0            0 -6.9711e+000
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
 -6.9711e+000            0
  4.1780e+000 -6.2125e-002
 -6.2125e-002  9.2377e-004

» Cn9=[Ø1'*C9*Ø1 Ø1'*C9*Ø2 0 0 0 0 0 0;Ø1'*C9*Ø2 Ø2'*C9*Ø2 Ø2'*C9*Ø3 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C9*Ø3
      Ø3'*C9*Ø3 Ø3'*C9*Ø4 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C9*Ø4 Ø4'*C9*Ø4 Ø4'*C9*Ø5 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C9*Ø5
      Ø5'*C9*Ø5 Ø5'*C9*Ø6 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C9*Ø6 Ø6'*C9*Ø6 Ø6'*C9*Ø7 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C9*Ø7
      Ø7'*C9*Ø7 Ø7'*C9*Ø8;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C9*Ø8 Ø8'*C9*Ø8]

Cn9 = Matrik Redaman Efektif dengan MR Damper pada Tingkat ke-8

  Columns 1 through 6

  3.1685e-002 -2.5100e-001            0            0            0            0
 -2.5100e-001  1.9884e+000 -4.2028e+000            0            0            0
            0 -4.2028e+000  8.8831e+000  1.0187e+001            0            0
            0            0  1.0187e+001  1.1683e+001 -9.0158e+000            0
            0            0            0 -9.0158e+000  6.9572e+000 -4.1067e+000
            0            0            0            0 -4.1067e+000  2.4241e+000
            0            0            0            0            0 -1.1828e+000
            0            0            0            0            0            0
```

```
  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
 -1.1828e+000            0
  5.7711e-001 -4.3474e-003
 -4.3474e-003  3.2749e-005

» Cnn1=[Ø1'*C1*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C1*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C1*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C1*Ø4 0
       0 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C1*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C1*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C1*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
       Ø8'*C1*Ø8]

Cnn1 = Matrix Redaman Efektif Diagonal Tanpa MR Damper

  Columns 1 through 6

  7.8343e-002            0            0            0            0            0
            0  7.0406e-001            0            0            0            0
            0            0  1.9489e+000            0            0            0
            0            0            0  3.3820e+000            0            0
            0            0            0            0  4.7692e+000            0
            0            0            0            0            0  5.6726e+000
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  6.7804e+000            0
            0  6.9825e+000

» Cnn2=[Ø1'*C2*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C2*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C2*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C2*Ø4 0
       0 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C2*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C2*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C2*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
       Ø8'*C2*Ø8]

Cnn2 = Matrix Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-1

  Columns 1 through 6

  5.7344e-002            0            0            0            0            0
            0  5.2583e-001            0            0            0            0
            0            0  9.3893e-001            0            0            0
            0            0            0  1.1998e+000            0            0
            0            0            0            0  1.6692e+000            0
            0            0            0            0            0  3.3203e+000
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  2.5215e+000            0
            0  2.8281e+000
```

```
» Cnn3=[Ø1'*C3*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C3*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C3*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C3*Ø4 0
       0 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C3*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C3*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C3*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
       Ø8'*C3*Ø8]

Cnn3 = Matrix Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-2

  Columns 1 through 6

  5.3964e-002            0            0            0            0            0
            0  3.2378e-001            0            0            0            0
            0            0  2.6962e-001            0            0            0
            0            0            0  3.2267e-002            0            0
            0            0            0            0  2.5742e-001            0
            0            0            0            0            0  2.8069e+000
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  3.6990e+000            0
            0  2.1228e+001

» Cnn4=[Ø1'*C4*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C4*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C4*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C4*Ø4 0
       0 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C4*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C4*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C4*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
       Ø8'*C4*Ø8]

Cnn4 = Matrix Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-3

  Columns 1 through 6

  4.8513e-002            0            0            0            0            0
            0  1.0906e-001            0            0            0            0
            0            0  5.2960e-003            0            0            0
            0            0            0  5.3865e-001            0            0
            0            0            0            0  2.0853e+000            0
            0            0            0            0            0  3.6744e+000
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  1.6582e+000            0
            0  2.2761e+001

» Cnn5=[Ø1'*C5*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C5*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C5*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C5*Ø4 0
       0 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C5*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C5*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C5*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
       Ø8'*C5*Ø8]

Cnn5 = Matrix Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-4

  Columns 1 through 6

  1.6402e-001            0            0            0            0            0
            0  3.7115e-003            0            0            0            0
            0            0  1.6173e+000            0            0            0
            0            0            0  5.0323e+000            0            0
            0            0            0            0  1.7257e+000            0
            0            0            0            0            0  3.9632e+000
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0
```

```
  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  1.2794e+001            0
            0  5.2327e+000

» Cnn6=[Ø1'*C6*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C6*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C6*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C6*Ø4 0
      0 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C6*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C6*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C6*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
      Ø8'*C6*Ø8]

Cnn6 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-5

  Columns 1 through 6

  1.2169e-001            0            0            0            0            0
            0  3.1477e-001            0            0            0            0
            0            0  1.9213e+000            0            0            0
            0            0            0  3.8481e-002            0            0
            0            0            0            0  1.1541e+001            0
            0            0            0            0            0  1.5994e+000
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  1.4665e+001            0
            0  3.0066e-001

» Cnn7=[Ø1'*C7*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C7*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C7*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C7*Ø4 0
      0 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C7*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C7*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C7*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
      Ø8'*C7*Ø8]

Cnn7 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-6

  Columns 1 through 6

  7.5509e-002            0            0            0            0            0
            0  9.5251e-001            0            0            0            0
            0            0  1.5812e-001            0            0            0
            0            0            0  5.5437e+000            0            0
            0            0            0            0  7.7760e-006            0
            0            0            0            0            0  1.3125e+001
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  1.0760e+001            0
            0  1.7214e-002
```

```
» Cnn8=[Ø1'*C8*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C8*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C8*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C8*Ø4 0
       0 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C8*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C8*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C8*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
       Ø8'*C8*Ø8]

Cnn8 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-7

  Columns 1 through 6

  3.4849e-002            0            0            0            0            0
            0  1.0623e+000            0            0            0            0
            0            0  8.2303e-001            0            0            0
            0            0            0  1.2964e+000            0            0
            0            0            0            0  1.1533e+001            0
            0            0            0            0            0  1.1632e+001
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  4.1780e+000            0
            0  9.2377e-004

» Cnn9=[Ø1'*C9*Ø1 0 0 0 0 0 0 0;0 Ø2'*C9*Ø2 0 0 0 0 0 0;0 0 Ø3'*C9*Ø3 0 0 0 0 0;0 0 0 Ø4'*C9*Ø4 0
       0 0 0;0 0 0 0 Ø5'*C9*Ø5 0 0 0;0 0 0 0 0 Ø6'*C9*Ø6 0 0;0 0 0 0 0 0 Ø7'*C9*Ø7 0;0 0 0 0 0 0 0
       Ø8'*C9*Ø8]

Cnn9 = Matrik Redaman Efektif Diagonal dengan MR Damper pada Tingkat ke-8

  Columns 1 through 6

  3.1685e-002            0            0            0            0            0
            0  1.9884e+000            0            0            0            0
            0            0  8.8831e+000            0            0            0
            0            0            0  1.1683e+001            0            0
            0            0            0            0  6.9572e+000            0
            0            0            0            0            0  2.4241e+000
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  5.7711e-001            0
            0  3.2749e-005

» I=[1;1;1;1;1;1;1;1;]

I = Matrik I

     1
     1
     1
     1
     1
     1
     1
     1
```

```
» Wn=(inv(Mn)*Kn)

Wn =

  Columns 1 through 6

  3.2955e+001            0            0            0            0            0
            0  2.3749e+002            0            0            0            0
            0            0  5.1198e+002            0            0            0
            0            0            0  9.2220e+002            0            0
            0            0            0            0  1.5364e+003            0
            0            0            0            0            0  2.1174e+003
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  2.4393e+003            0
            0  4.1255e+003

» ω=sqrt(Wn)

ω = Frekuensi Sudut

  Columns 1 through 6

  5.7407e+000            0            0            0            0            0
            0  1.5411e+001            0            0            0            0
            0            0  2.2627e+001            0            0            0
            0            0            0  3.0368e+001            0            0
            0            0            0            0  3.9197e+001            0
            0            0            0            0            0  4.6016e+001
            0            0            0            0            0            0
            0            0            0            0            0            0

  Columns 7 through 8

            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
            0            0
  4.9389e+001            0
            0  6.4230e+001

» S1=((Cnn1/(2*ω*Mn))*I)

S1 =

  2.3054e-002
  7.7576e-002
  1.4520e-001
  1.8087e-001
  1.9310e-001
  1.9143e-001
  2.1487e-001
  1.6956e-001
```

```
» S2=((Cnn2/(2*ω*Mn))*I)

S2 =

  1.6875e-002
  5.7937e-002
  6.9953e-002
  6.4165e-002
  6.7587e-002
  1.1205e-001
  7.9907e-002
  6.8677e-002

» S3=((Cnn3/(2*ω*Mn))*I)

S3 =

  1.5880e-002
  3.5675e-002
  2.0088e-002
  1.7256e-003
  1.0423e-002
  9.4724e-002
  1.1722e-001
  5.1550e-001

» S4=((Cnn4/(2*ω*Mn))*I)

S4 =

  1.4276e-002
  1.2017e-002
  3.9457e-004
  2.8807e-002
  8.4432e-002
  1.2400e-001
  5.2548e-002
  5.5273e-001

» S5=((Cnn5/(2*ω*Mn))*I)

S5 =

  4.8267e-002
  4.0895e-004
  1.2049e-001
  2.6912e-001
  6.9876e-002
  1.3374e-001
  4.0546e-001
  1.2707e-001

» S6=((Cnn6/(2*ω*Mn))*I)

S6 =

  3.5810e-002
  3.4682e-002
  1.4314e-001
  2.0580e-003
  4.6728e-001
  5.3972e-002
  4.6474e-001
  7.3013e-003
```

```
» S7=((Cnn7/(2*ω*Mn))*I)

S7 =

  2.2220e-002
  1.0495e-001
  1.1780e-002
  2.9647e-001
  3.1485e-007
  4.4291e-001
  3.4098e-001
  4.1802e-004

» S8=((Cnn8/(2*ω*Mn))*I)

S8 =

  1.0255e-002
  1.1705e-001
  6.1318e-002
  6.9329e-002
  4.6698e-001
  3.9252e-001
  1.3240e-001
  2.2433e-005

» S9=((Cnn9/(2*ω*Mn))*I)

S9 =

  9.3239e-003
  2.1909e-001
  6.6182e-001
  6.2482e-001
  2.8170e-001
  8.1805e-002
  1.8289e-002
  7.9528e-007

» Γ1=(Ø1'*M*I)/(Ø1'*M*Ø1)

Γ1 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-1

 -2.5355e+000

» Γ2=(Ø2'*M*I)/(Ø2'*M*Ø2)

Γ2 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-2

 -1.0709e+000

» Γ3=(Ø3'*M*I)/(Ø3'*M*Ø3)

Γ3 = Partisisipası Faktor Mode Shape ke-3

 -6.5902e-001

» Γ4=(Ø4'*M*I)/(Ø4'*M*Ø4)

Γ4 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-4

  3.9845e-001

» Γ5=(Ø5'*C7*I)/(Ø5'*M*Ø5)

Γ5 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-5

  2.7570e-001
```

```
» Γ6=(Ø6'*M*I)/(Ø6'*M*Ø6)

Γ6 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-6

  2.7602e-001

» Γ7=(Ø7'*M*I)/(Ø7'*M*Ø7)

Γ7 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-7

  2.1046e-001

» Γ8=(Ø8'*M*I)/(Ø8'*M*Ø8)

Γ8 = Partisisipasi Faktor Mode Shape ke-8

  1.3134e-001

» U1=Γ1*Ø1

U1 =

  1.5677e-001
  3.0885e-001
  4.5305e-001
  7.1819e-001
  9.4657e-001
  1.1265e+000
  1.2487e+000
  1.3652e+000

» U2=Γ2*Ø2

U2 =

  2.0051e-001
  3.5785e-001
  4.4917e-001
  4.6602e-001
  3.1088e-001
  4.1013e-002
 -2.4399e-001
 -6.3391e-001

» U3=Γ3*Ø3

U3 =

  1.6488e-001
  2.5324e-001
  2.4085e-001
  2.4458e-002
 -2.1140e-001
 -2.7906e-001
 -1.2469e-001
  3.8246e-001

» U4=Γ4*Ø4

U4 =

  1.1269e-001
  1.3117e-001
  5.5663e-002
 -1.7512e-001
 -1.5494e-001
  8.7287e-002
  2.0442e-001
 -1.4723e-001
```

```
» U5=Γ5*Ø5

U5 =

   9.1970e-002
   5.5853e-002
  -4.6940e-002
  -1.4045e-001
   1.0137e-001
   1.0117e-001
  -1.4058e-001
   4.7186e-002

» U6=Γ6*Ø6

U6 =

   1.2986e-001
   1.0460e-002
  -1.2615e-001
   1.5727e-002
   1.0586e-001
  -1.5233e-001
   9.0729e-002
  -2.0234e-002

» U7=Γ7*Ø7

U7 =

   8.6288e-002
  -1.8223e-002
  -8.8196e-002
   1.0617e-001
  -1.0192e-001
   7.6325e-002
  -3.4747e-002
   6.5343e-003

» U8=Γ8*Ø8

U8 =

   5.7027e-002
  -9.9212e-002
   6.2571e-002
  -1.5000e-002
   3.5944e-003
  -8.5477e-004
   1.7590e-004
  -1.8162e-005

» U=U1+U2+U3+U4+U5+U6+U7+U8

U =

   1.0000e+000
   9.9999e-001
   1.0000e+000
   9.9999e-001
   1.0000e+000
   1.0000e+000
   1.0000e+000
   1.0000e+000

»
```

Tabel L.9 Perhitungan Nilai Rasio Redaman Struktur Bertingkat 8

Variasi 1. Tanpa Peredam

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	2.3054E-02	2.3054E-02
2	7.7576E-02	7.7576E-02
3	1.4520E-01	1.4520E-01
4	1.6956E-01	1.6956E-01
5	1.8087E-01	1.8087E-01
6	1.9143E-01	1.9143E-01
7	1.9310E-01	1.9310E-01
8	2.1487E-01	2.1487E-01

Variasi 2. *MR Damper* di Tingkat 1

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	1.6875E-02	3.9929E-02
2	5.7937E-02	1.3551E-01
3	6.4165E-02	2.0937E-01
4	6.7587E-02	2.3715E-01
5	6.8677E-02	2.4955E-01
6	6.9953E-02	2.6138E-01
7	7.9907E-02	2.7301E-01
8	1.1205E-01	3.2692E-01

Variasi 3. *MR Damper* di Tingkat 2

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	1.7256E-03	2.4780E-02
2	1.0423E-02	8.7999E-02
3	1.5880E-02	1.6108E-01
4	2.0088E-02	1.8965E-01
5	3.5675E-02	2.1655E-01
6	9.4724E-02	2.8615E-01
7	1.1722E-01	3.1032E-01
8	5.1550E-01	7.3037E-01

Variasi 4. *MR Damper* di Tingkat 3

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	3.9457E-04	2.3449E-02
2	1.2017E-02	8.9593E-02
3	1.4276E-02	1.5948E-01
4	2.8807E-02	1.9837E-01
5	5.2548E-02	2.3342E-01
6	8.4432E-02	2.7586E-01
7	1.2400E-01	3.1710E-01
8	5.5273E-01	7.6760E-01

Variasi 5. *MR Damper* di Tingkat 4

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	4.0895E-04	2.3463E-02
2	4.8267E-02	1.2584E-01
3	6.9876E-02	2.1508E-01
4	1.2049E-01	2.9005E-01
5	1.2707E-01	3.0794E-01
6	1.3374E-01	3.2517E-01
7	2.6912E-01	4.6222E-01
8	4.0546E-01	6.2033E-01

Variasi 6. *MR Damper* di Tingkat 5

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	2.0580E-03	2.5112E-02
2	7.3013E-03	8.4877E-02
3	3.4682E-02	1.7988E-01
4	3.5810E-02	2.0537E-01
5	5.3972E-02	2.3484E-01
6	1.4314E-01	3.3457E-01
7	4.6474E-01	6.5784E-01
8	4.6728E-01	6.8215E-01

Variasi 7. *MR Damper* di Tingkat 6

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	3.1485E-07	2.3054E-02
2	4.1802E-04	7.7994E-02
3	1.1780E-02	1.5698E-01
4	2.2220E-02	1.9178E-01
5	1.0495E-01	2.8582E-01
6	2.9647E-01	4.8790E-01
7	3.4098E-01	5.3408E-01
8	4.4291E-01	6.5778E-01

Variasi 8. *MR Damper* di Tingkat 7

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	2.2433E-05	2.3076E-02
2	1.0255E-02	8.7831E-02
3	6.1318E-02	2.0652E-01
4	6.9329E-02	2.3889E-01
5	1.1705E-01	2.9792E-01
6	1.3240E-01	3.2383E-01
7	3.9252E-01	5.8562E-01
8	4.6698E-01	6.8185E-01

Variasi 9. *MR Damper* di Tingkat 8

Modal	Rasio Redaman	Rasio Terpakai
1	7.9528E-07	2.3055E-02
2	9.3239E-03	8.6900E-02
3	1.8289E-02	1.6349E-01
4	8.1805E-02	2.5137E-01
5	2.1909E-01	3.9996E-01
6	2.8170E-01	4.7313E-01
7	6.2482E-01	8.1792E-01
8	6.6182E-01	8.7669E-01

Tabel L.10 Perhitungan Nilai a, b dan k struktur bertingkat 8

Variasi 1. Tanpa *MR Damper*

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	5.7407E+00	2.3054E-02	200.52938	2.00	10059.42486
2	1.5411E+01	7.7576E-02	204.78209	2.00	10476.60367
3	2.2627E+01	1.4520E-01	213.14176	2.00	11169.06921
4	3.0368E+01	1.6956E-01	220.59679	2.00	11952.05504
5	3.9197E+01	1.8087E-01	228.35825	2.00	12954.31709
6	4.6016E+01	1.9143E-01	235.23537	2.00	13879.24083
7	4.9389E+01	1.9310E-01	238.14806	2.00	14346.67650
8	6.4230E+01	2.1487E-01	255.20440	2.00	16885.71292

Variasi 2. *MR Damper* Tingkat I

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	5.7407E+00	3.9929E-02	200.91688	2.00	10078.79972
2	1.5411E+01	1.3551E-01	208.35338	2.00	10655.16784
3	2.2627E+01	2.0937E-01	218.94966	2.00	11459.46413
4	3.0368E+01	2.3715E-01	228.80708	2.00	12362.56966
5	3.9197E+01	2.4955E-01	239.12645	2.00	13492.72708
6	4.6016E+01	2.6138E-01	248.11065	2.00	14523.00467
7	4.9389E+01	2.7301E-01	253.93476	2.00	15136.01150
8	6.4230E+01	3.2692E-01	283.99229	2.00	18325.10722

Variasi 3. *MR Damper* Tingkat II

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	5.7407E+00	2.4780E-02	200.56902	2.00	10061.40655
2	1.5411E+01	8.7999E-02	205.42461	2.00	10508.72944
3	2.2627E+01	1.6108E-01	214.57903	2.00	11240.93256
4	3.0368E+01	1.8965E-01	223.03716	2.00	12074.07366
5	3.9197E+01	2.1655E-01	233.95244	2.00	13234.02688
6	4.6016E+01	2.8615E-01	252.66991	2.00	14750.96794
7	4.9389E+01	3.1032E-01	261.30558	2.00	15504.55222
8	6.4230E+01	7.3037E-01	387.64666	2.00	23507.82592

Variasi 4. *MR Damper* Tingkat III

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	5.7407E+00	2.3449E-02	200.53845	2.00	10059.87837
2	1.5411E+01	8.9593E-02	205.52287	2.00	10513.64247
3	2.2627E+01	1.5948E-01	214.43422	2.00	11233.69192
4	3.0368E+01	1.9837E-01	224.09640	2.00	12127.03546
5	3.9197E+01	2.3342E-01	236.59745	2.00	13366.27756
6	4.6016E+01	2.7586E-01	250.77590	2.00	14656.26701
7	4.9389E+01	3.1710E-01	262.64501	2.00	15571.52370
8	6.4230E+01	7.6760E-01	397.21179	2.00	23986.08250

Variasi 5. *MR Damper* Tingkat IV

Modal	ω	ξ	a	b	$\hat{k}$
1	5.7407E+00	2.3463E-02	200.53878	2.00	10059.89445
2	1.5411E+01	1.2584E-01	207.75728	2.00	10625.36297
3	2.2627E+01	2.1508E-01	219.46646	2.00	11485.30416
4	3.0368E+01	2.9005E-01	235.23295	2.00	12683.86310
5	3.9197E+01	3.0794E-01	248.28130	2.00	13950.46965
6	4.6016E+01	3.2517E-01	259.85209	2.00	15110.07680
7	4.9389E+01	4.6222E-01	291.31433	2.00	17004.99004
8	6.4230E+01	6.2033E-01	359.37518	2.00	22094.25208

Tabel L.11 Contoh perhitungan nilai q_n untuk struktur bertingkat 8 tanpa *Magnetorheological Damper*

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in / sec ^{2})	q_n	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\dot{q}_n$	q_{n1}
0.00	0.00630	2.43243	0.00000	-1.02703	-1.02703	-0.00010	-0.01021	-1.02096	0.00000	0.00000
0.02	0.00364	1.40540	-1.02096	-1.02317	-5.11241	-0.00051	-0.03040	-0.99837	-0.01021	-0.00010
0.04	0.00099	0.38224	-2.01933	1.27027	-10.91238	-0.00108	-0.02725	1.31323	-0.04061	-0.00061
0.06	0.00428	1.65251	-0.70609	1.27413	-13.74732	-0.00137	-0.00093	1.31941	-0.06787	-0.00170
0.08	0.00758	2.92664	0.61332	1.27027	-11.29840	-0.00112	0.02527	1.30059	-0.06879	-0.00306
0.10	0.01087	4.19691	1.91391	-1.56371	-6.46334	-0.00064	0.02279	-1.54856	-0.04352	-0.00418
0.12	0.00682	2.63320	0.36535	-1.56371	-4.98988	-0.00050	-0.00815	-1.54520	-0.02073	-0.00483
0.14	0.00277	1.06950	-1.17985	-1.56371	-9.71359	-0.00097	-0.03881	-1.52161	-0.02887	-0.00532
0.16	-0.00128	-0.49421	-2.70146	1.91506	-17.06122	-0.00170	-0.03423	1.98001	-0.06769	-0.00629
0.18	0.00368	1.42085	-0.72145	1.91506	-19.96514	-0.00198	0.00536	1.97905	-0.10192	-0.00799
0.20	0.00864	3.33590	1.25760	1.91506	-14.93192	-0.00148	0.04467	1.95215	-0.09656	-0.00997
0.22	0.01360	5.25096	3.20975	-2.44401	-6.42836	-0.00064	0.03986	-2.43350	-0.05188	-0.01145
0.24	0.00727	2.80695	0.77624	-2.44401	-3.30229	-0.00033	-0.00878	-2.43087	-0.01202	-0.01209
0.26	0.00094	0.36293	-1.65463	1.25869	-6.22275	-0.00062	-0.02025	1.28443	-0.02081	-0.01242
0.28	0.00420	1.62162	-0.37020	-0.76834	-9.74127	-0.00097	-0.01473	-0.73253	-0.04105	-0.01304
0.30	0.00221	0.85328	-1.10272	-0.04247	-13.43409	-0.00134	-0.02198	0.00736	-0.05578	-0.01401
0.32	0.00210	0.81081	-1.09536	0.90347	-16.88124	-0.00168	-0.01229	0.96203	-0.07776	-0.01534
0.34	0.00444	1.71428	-0.13333	1.63320	-16.69134	-0.00166	0.01417	1.68413	-0.09005	-0.01702
0.36	0.00867	3.34749	1.55080	1.63320	-10.48063	-0.00104	0.04757	1.65495	-0.07588	-0.01868
0.38	0.01290	4.98069	3.20575	1.63320	2.36755	0.00024	0.08016	1.60423	-0.02831	-0.01972
0.40	0.01713	6.61389	4.80998	-7.93822	12.07849	0.00120	0.01638	-7.98212	0.05185	-0.01949
0.42	-0.00343	-1.32432	-3.17214	-7.94208	-0.60527	-0.00006	-0.14247	-7.90238	0.06822	-0.01829
0.44	-0.02400	-9.26640	-11.07453	5.43629	-31.60043	-0.00314	-0.16565	5.58366	-0.07424	-0.01835
0.46	-0.00992	-3.83011	-5.49086	5.43629	-53.65158	-0.00533	-0.05355	5.62623	-0.23990	-0.02149
0.48	0.00416	1.60618	0.13537	0.43243	-58.14231	-0.00578	0.00891	0.62055	-0.29345	-0.02682
0.50	0.00528	2.03861	0.75592	4.34363	-51.20272	-0.00509	0.06007	4.49547	-0.28454	-0.03260
0.52	0.01653	6.38223	5.25139	4.34749	-30.16149	-0.00300	0.14910	4.40683	-0.22446	-0.03769
0.54	0.02779	10.72972	9.65823	4.34363	8.54649	0.00085	0.23570	4.25324	-0.07537	-0.04069
0.56	0.03904	15.07334	13.91147	-5.61776	54.35574	0.00540	0.21969	-5.85398	0.16033	-0.03984
0.58	0.02449	9.45559	8.05749	-5.61389	86.70584	0.00862	0.10190	-5.92492	0.38002	-0.03444
0.60	0.00995	3.84170	2.13256	-0.13127	100.77265	0.01002	0.03794	-0.47146	0.48192	-0.02582
0.62	0.00961	3.71042	1.66110	-0.13514	107.43328	0.01068	0.02828	-0.49458	0.51986	-0.01580
0.64	0.00926	3.57529	1.16652	-0.13127	112.11818	0.01115	0.01830	-0.50343	0.54813	-0.00512
0.66	0.00892	3.44401	0.66309	-5.32046	109.59104	0.01089	-0.04342	-5.66800	0.56643	0.00603

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in / sec^2)	$\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\ddot{q}_n$	q_{n1}
0.68	-0.00486	-1.87645	-5.00491	-5.32046	89.54842	0.00890	-0.15582	-5.57258	0.52301	0.01692
0.70	-0.01864	-7.19690	-10.57749	-5.32046	47.15596	0.00469	-0.26560	-5.40465	0.36719	0.02582
0.72	-0.03242	-12.51736	-15.98214	-0.47490	-12.06765	-0.00120	-0.32314	-0.34984	0.10159	0.03051
0.74	-0.03365	-12.99227	-16.33198	-9.10424	-86.19595	-0.00857	-0.41376	-8.71233	-0.22155	0.02931
0.76	-0.05723	-22.09650	-25.04431	4.59073	-172.89724	-0.01719	-0.44813	5.27578	-0.63532	0.02074
0.78	-0.04534	-17.50577	-19.76853	4.58687	-252.21245	-0.02507	-0.34034	5.50323	-1.08344	0.00355
0.80	-0.03346	-12.91891	-14.26530	0.55985	-313.48085	-0.03116	-0.26873	1.65797	-1.42378	-0.02152
0.82	-0.03201	-12.35906	-12.60733	0.55984	-364.05241	-0.03619	-0.23400	1.81446	-1.69251	-0.05268
0.84	-0.03056	-11.79922	-10.79286	0.55985	-407.34774	-0.04049	-0.19639	1.94635	-1.92651	-0.08887
0.86	-0.02911	-11.23937	-8.84652	0.55984	-442.83778	-0.04402	-0.15641	2.05203	-2.12290	-0.12937
0.88	-0.02766	-10.67953	-6.79448	-5.21235	-475.87071	-0.04731	-0.17197	-3.60782	-2.27931	-0.17339
0.90	-0.04116	-15.89188	-10.40231	-5.21235	-517.57097	-0.05145	-0.24257	-3.45252	-2.45128	-0.22069
0.92	-0.05466	-21.10423	-13.85483	-5.21235	-573.11869	-0.05697	-0.30962	-3.25279	-2.69385	-0.27215
0.94	-0.06816	-26.31658	-17.10762	-5.21235	-641.71307	-0.06379	-0.37227	-3.01149	-3.00348	-0.32912
0.96	-0.08166	-31.52893	-20.11911	5.09652	-712.07769	-0.07079	-0.32722	7.51598	-3.37574	-0.39291
0.98	-0.06846	-26.43241	-12.60312	5.09266	-762.66727	-0.07582	-0.17568	7.63775	-3.70297	-0.46370
1.00	-0.05527	-21.33975	-4.96537	5.09266	-782.62177	-0.07780	-0.02268	7.66262	-3.87865	-0.53951
1.02	-0.04208	-16.24709	2.69725	-0.19691	-777.13434	-0.07725	0.07723	2.32863	-3.90133	-0.61731
1.04	-0.04259	-16.44400	5.02588	-0.20077	-756.99380	-0.07525	0.12298	2.24668	-3.82410	-0.69457
1.06	-0.04311	-16.64477	7.27256	7.27026	-720.36743	-0.07161	0.24112	9.56645	-3.70112	-0.76982
1.08	-0.02428	-9.37451	16.83901	7.27026	-652.88376	-0.06490	0.42973	9.29544	-3.46000	-0.84143
1.10	-0.00545	-2.10425	26.13445	7.27026	-548.11848	-0.05449	0.61173	8.90405	-3.03027	-0.90633
1.12	0.01338	5.16602	35.03849	7.27026	-407.64067	-0.04052	0.78475	8.39803	-2.41854	-0.96082
1.14	0.03221	12.43628	43.43652	7.27026	-233.47917	-0.02321	0.94658	7.78462	-1.63379	-1.00135
1.16	0.05104	19.70654	51.22114	7.27026	-28.09352	-0.00279	1.09515	7.07243	-0.68721	-1.02456
1.18	0.06987	26.97681	58.29356	7.27026	205.66049	0.02044	1.22858	6.27130	0.40794	-1.02735
1.20	0.08870	34.24707	64.56486	-16.77991	440.52017	0.04379	1.10614	-18.51589	1.63652	-1.00690
1.22	0.04524	17.46716	46.04898	-16.77605	625.30551	0.06216	0.73080	-19.01805	2.74266	-0.96311
1.24	0.00179	0.69112	27.03092	-16.77991	733.81222	0.07295	0.34786	-19.27604	3.47346	-0.90095
1.26	-0.04167	-16.08879	7.75489	-16.77991	765.01593	0.07605	-0.03766	-19.27622	3.82132	-0.82800
1.28	-0.08513	-32.86869	-11.52133	-16.77605	718.91453	0.07147	-0.42063	-19.01996	3.78365	-0.75195
1.30	-0.12858	-49.64474	-30.54129	-16.77991	596.52284	0.05930	-0.79606	-18.52348	3.36303	-0.68049
1.32	-0.17204	-66.42464	-49.06476	16.58686	433.20913	0.04307	-0.82743	15.38662	2.56696	-0.62119
1.34	-0.12908	-49.83779	-33.67814	16.58300	298.05469	0.02963	-0.51613	15.74315	1.73954	-0.57812
1.36	-0.08613	-33.25479	-17.93499	-1.11583	208.34266	0.02071	-0.37569	-1.69894	1.22340	-0.54849
1.38	-0.08902	-34.37062	-19.63394	-1.11969	129.60418	0.01288	-0.40704	-1.43655	0.84771	-0.52778

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in / sec ^{2})	q_n	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\dot{q}_n$	q_{n1}
1.40	-0.09192	-35.49031	-21.07048	-1.11969	45.10677	0.00448	-0.43294	-1.15287	0.44067	-0.51490
1.42	-0.09482	-36.61000	-22.22335	0.61004	-42.28611	-0.00420	-0.43583	0.86393	0.00773	-0.51041
1.44	-0.09324	-35.99996	-21.35942	0.61004	-127.95452	-0.01272	-0.41580	1.13929	-0.42810	-0.51462
1.46	-0.09166	-35.38993	-20.22013	-1.20463	-210.86983	-0.02096	-0.40846	-0.40568	-0.84389	-0.52734
1.48	-0.09478	-36.59456	-20.62582	-1.20077	-293.58547	-0.02919	-0.41381	-0.12942	-1.25235	-0.54830
1.50	-0.09789	-37.79533	-20.75523	-12.01929	-387.64399	-0.03854	-0.52122	-10.61136	-1.66616	-0.57748
1.52	-0.12902	-49.81462	-31.36660	20.27025	-481.09677	-0.04783	-0.40779	21.95432	-2.18738	-0.61602
1.54	-0.07652	-29.54437	-9.41228	20.27411	-518.95791	-0.05159	0.03141	21.96596	-2.59517	-0.66385
1.56	-0.02401	-9.27026	12.55368	20.27025	-468.73041	-0.04660	0.46789	21.68202	-2.56375	-0.71543
1.58	0.02849	10.99999	34.23570	20.27025	-331.53992	-0.03296	0.89591	21.11928	-2.09586	-0.76203
1.60	0.08099	31.27024	55.35498	20.27411	-109.64187	-0.01090	1.30997	20.28658	-1.19995	-0.79499
1.62	0.13350	51.54435	75.64155	20.27025	193.61395	0.01925	1.70468	19.18474	0.11001	-0.80589
1.64	0.18600	71.81460	94.82629	20.27025	573.82153	0.05704	2.07494	17.84113	1.81469	-0.78664
1.66	0.23850	92.08485	112.66742	-7.16988	998.14950	0.09923	2.14328	-11.00724	3.88963	-0.72960
1.68	0.21993	84.91497	101.66018	-7.17374	1405.92097	0.13976	1.91035	-12.28535	6.03290	-0.63037
1.70	0.20135	77.74124	89.37483	-7.17374	1764.43159	0.17540	1.65358	-13.39191	7.94325	-0.49061
1.72	0.18277	70.56750	75.98292	-7.16988	2069.24251	0.20570	1.37653	-14.31331	9.59683	-0.31521
1.74	0.16420	63.39762	61.66961	-7.17374	2316.64579	0.23030	1.08289	-15.04997	10.97336	-0.10951
1.76	0.14562	56.22388	46.61964	6.10424	2516.97558	0.25021	0.90857	-2.38216	12.05625	0.12079
1.78	0.16143	62.32812	44.23748	6.10810	2694.41034	0.26785	0.85529	-2.94549	12.96482	0.37100
1.80	0.17725	68.43623	41.29199	-17.41311	2836.50986	0.28198	0.55731	-26.85336	13.82011	0.63885
1.82	0.13215	51.02312	14.43862	-17.41311	2894.55938	0.28775	0.01976	-26.90126	14.37742	0.92082
1.84	0.08705	33.61001	-12.46263	-17.40925	2844.72317	0.28279	-0.51518	-26.59253	14.39718	1.20857
1.86	0.04196	16.20076	-39.05517	-17.41311	2688.22592	0.26723	-1.04055	-25.94463	13.88200	1.49136
1.88	-0.00314	-1.21235	-64.99980	-17.41311	2427.67587	0.24133	-1.54956	-24.95631	12.84145	1.75860
1.90	-0.04824	-18.62546	-89.95611	-17.41311	2067.03114	0.20548	-2.03558	-23.64615	11.29189	1.99993
1.92	-0.09334	-36.03857	-113.60226	-17.40925	1611.54837	0.16020	-2.49234	-22.02917	9.25631	2.20541
1.94	-0.13843	-53.44782	-135.63143	-17.41311	1067.69939	0.10614	-2.91403	-20.13971	6.76397	2.36561
1.96	-0.18353	-70.86093	-155.77114	-17.41311	443.07222	0.04405	-3.29535	-17.99242	3.84995	2.47175
1.98	-0.22863	-88.27404	-173.76356	-17.40925	-253.72264	-0.02522	-3.63144	-15.61682	0.55460	2.51580
2.00	-0.27372	-105.68329	-189.38038	-17.41311	-1013.17042	-0.10072	-3.91817	-13.05674	-3.07684	2.49058
2.02	-0.31882	-123.09640	-202.43712	26.47874	-1781.10125	-0.17706	-3.71577	33.29736	-6.99501	2.38986
2.04	-0.25024	-96.61766	-169.13976	26.47874	-2459.62733	-0.24451	-3.02941	35.33862	-10.71078	2.21280
2.06	-0.18166	-70.13893	-133.80114	26.47488	-2996.43944	-0.29787	-2.30700	36.90221	-13.74019	1.96829
2.08	-0.11309	-43.66405	-96.89893	26.47874	-3385.25258	-0.33653	-1.55816	37.98165	-16.04719	1.67042
2.10	-0.04451	-17.18531	-58.91728	26.47874	-3621.74655	-0.36004	-0.79281	38.55385	-17.60535	1.33389

Tabel L.12 Contoh perhitungan nilai simpangan lantai 1 pada struktur bertingkat 8 tanpa *Magnetorheological Damper*

t_n	percepatan tanah (in/sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	q_{n7}	q_{n8}	Simp. Mode ke-1 Modal I	Simp. Mode ke-2 Modal I	Simp. Mode ke-3 Modal I	Simp. Mode ke-4 Modal I	Simp. Mode ke-5 Modal I	Simp. Mode ke-6 Modal I	Simp. Mode ke-7 Modal I	Simp. Mode ke-8 Modal I	Simp. Total Lantai I
0.00	2.43243	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
0.02	1.40540	-0.00010	-0.00010	-0.00009	-0.00009	-0.00008	-0.00007	-0.00007	-0.00006	-0.000016006	-0.000019656	-0.000015161	-0.000009683	-0.000007291	-0.000009609	-0.000006177	-0.000003469	-0.000087052
0.04	0.38224	-0.00061	-0.00057	-0.00052	-0.00047	-0.00042	-0.00038	-0.00036	-0.00029	-0.000095679	-0.000115183	-0.000086346	-0.000053406	-0.000038666	-0.000049316	-0.000031196	-0.000016274	-0.000486066
0.06	1.65251	-0.00170	-0.00154	-0.00134	-0.00114	-0.00094	-0.00080	-0.00074	-0.00051	-0.000265742	-0.000308964	-0.000220528	-0.000128808	-0.000086768	-0.000104118	-0.000063875	-0.000028940	-0.001207745
0.08	2.92664	-0.00306	-0.00262	-0.00209	-0.00160	-0.00114	-0.00085	-0.00073	-0.00035	-0.000479986	-0.000525518	-0.000344484	-0.000180839	-0.000105298	-0.000110622	-0.000063164	-0.000019705	-0.001829616
0.10	4.19691	-0.00418	-0.00323	-0.00219	-0.00133	-0.00061	-0.00023	-0.00009	0.00022	-0.000656064	-0.000646773	-0.000361565	-0.000149487	-0.000055810	-0.000029507	-0.000007818	0.000012431	-0.001894595
0.12	2.63320	-0.00483	-0.00311	-0.00150	-0.00033	0.00043	0.00068	0.00074	0.00063	-0.000756792	-0.000623004	-0.000247987	-0.000037576	0.000039309	0.000088543	0.000063533	0.000036177	-0.001437796
0.14	1.06950	-0.00532	-0.00264	-0.00055	0.00066	0.00109	0.00100	0.00090	0.00034	-0.000834556	-0.000528458	-0.000090447	0.000074220	0.000100659	0.000130104	0.000077534	0.000019518	-0.001051427
0.16	-0.49421	-0.00629	-0.00247	-0.00009	0.00082	0.00068	0.00024	0.00003	-0.00051	-0.000985936	-0.000494647	-0.000015339	0.000092441	0.000062121	0.000030708	0.000002292	-0.000029182	-0.001337542
0.18	1.42085	-0.00799	-0.00287	-0.00041	0.00001	-0.00061	-0.00107	-0.00121	-0.00107	-0.001251825	-0.000574997	-0.000067716	0.000001415	-0.000055866	-0.000139176	-0.000103988	-0.000061228	-0.002253380
0.20	3.33590	-0.00997	-0.00338	-0.00098	-0.00100	-0.00163	-0.00169	-0.00157	-0.00064	-0.001562969	-0.000676981	-0.000161247	-0.000112511	-0.000150248	-0.000218858	-0.000135623	-0.000036627	-0.003055064
0.22	5.25096	-0.01145	-0.00321	-0.00098	-0.00122	-0.00138	-0.00085	-0.00052	0.00049	-0.001795674	-0.000643757	-0.000160858	-0.000138007	-0.000127033	-0.000110938	-0.000044874	0.000027931	-0.002993210
0.24	2.80695	-0.01209	-0.00210	-0.00018	-0.00046	0.00000	0.00079	0.00109	0.00118	-0.001895856	-0.000421329	-0.000028939	-0.000051315	0.000000459	0.000101985	0.000093854	0.000067440	-0.002133702
0.26	0.36293	-0.01242	-0.00071	0.00070	0.00045	0.00120	0.00164	0.00163	0.00058	-0.001947321	-0.000142178	0.000114879	0.000050399	0.000110460	0.000212632	0.000140874	0.000033184	-0.001427070
0.28	1.62162	-0.01304	0.00025	0.00093	0.00067	0.00121	0.00094	0.00060	-0.00066	-0.002044298	0.000049559	0.000153170	0.000075892	0.000111495	0.000122621	0.000052066	-0.000037754	-0.001517250
0.30	0.85328	-0.01401	0.00063	0.00049	0.00021	0.00024	-0.00053	-0.00093	-0.00116	-0.002196110	0.000127182	0.000081070	0.000023878	0.000021993	-0.000068680	-0.000080236	-0.000066404	-0.002157306
0.32	0.81081	-0.01534	0.00041	-0.00048	-0.00070	-0.00107	-0.00171	-0.00181	-0.00070	-0.002405472	0.000082730	-0.000079942	-0.000079255	-0.000098042	-0.000221812	-0.000156416	-0.000039673	-0.002997881
0.34	1.71428	-0.01702	-0.00037	-0.00175	-0.00171	-0.00201	-0.00194	-0.00161	-0.00003	-0.002668556	-0.000073234	-0.000289142	-0.000192392	-0.000184623	-0.000252546	-0.000139285	-0.000001622	-0.003801401
0.36	3.34749	-0.01868	-0.00128	-0.00274	-0.00219	-0.00196	-0.00109	-0.00052	0.00032	-0.002928680	-0.000256450	-0.000452345	-0.000246857	-0.000179878	-0.000141409	-0.000044871	0.000018338	-0.004232153
0.38	4.98069	-0.01972	-0.00169	-0.00279	-0.00161	-0.00071	0.00048	0.00089	0.00046	-0.003092015	-0.000337996	-0.000459370	-0.000181236	-0.000064850	0.000062056	0.000076969	0.000026212	-0.003970231
0.40	6.61389	-0.01949	-0.00095	-0.00140	0.00022	0.00139	0.00209	0.00203	0.00071	-0.003055118	-0.000190089	-0.000230869	0.000025118	0.000128128	0.000271367	0.000175372	0.000040320	-0.002835771
0.42	-1.32432	-0.01829	0.00052	0.00072	0.00227	0.00292	0.00253	0.00199	0.00061	-0.002866882	0.000105232	0.000118692	0.000255615	0.000268870	0.000328877	0.000171370	0.000034574	-0.001583652
0.44	-9.26640	-0.01835	0.00045	0.00111	0.00200	0.00157	0.00023	-0.00045	-0.00094	-0.002876315	0.000089857	0.000183472	0.000225779	0.000144536	0.000030453	-0.000038519	-0.000053845	-0.002294581
0.46	-3.83011	-0.02149	-0.00286	-0.00174	-0.00163	-0.00281	-0.00403	-0.00426	-0.00304	-0.003368788	-0.000572526	-0.000286319	-0.000183671	-0.000258395	-0.000523458	-0.000367387	-0.000173593	-0.005734136
0.48	1.60618	-0.02682	-0.00814	-0.00617	-0.00623	-0.00683	-0.00656	-0.00591	-0.00297	-0.004204915	-0.001632190	-0.001018130	-0.000702059	-0.000628382	-0.000851683	-0.000509615	-0.000169144	-0.009716117
0.50	2.03861	-0.03260	-0.01324	-0.00970	-0.00881	-0.00737	-0.00504	-0.00368	-0.00051	-0.005111028	-0.002654503	-0.001599811	-0.000992772	-0.000678255	-0.000654578	-0.000317412	-0.000028911	-0.012037269
0.52	6.38223	-0.03769	-0.01668	-0.01083	-0.00803	-0.00412	-0.00066	0.00062	0.00178	-0.005908991	-0.003344741	-0.001785231	-0.000904955	-0.000378858	-0.000086196	0.000053604	0.000101619	-0.012253750
0.54	10.72972	-0.04069	-0.01695	-0.00842	-0.00358	0.00160	0.00415	0.00446	0.00252	-0.006379039	-0.003397727	-0.001388212	-0.000403968	0.000146926	0.000538351	0.000384557	0.000143536	-0.010355576
0.56	15.07334	-0.03984	-0.01249	-0.00178	0.00398	0.00787	0.00760	0.00655	0.00252	-0.006245847	-0.002505067	-0.000293481	0.000448252	0.000723509	0.000986308	0.000565567	0.000143549	-0.006177209
0.58	9.45559	-0.03444	-0.00324	0.00804	0.01241	0.01217	0.00846	0.00647	0.00246	-0.005398746	-0.000648918	0.001325633	0.001398081	0.001118893	0.001098533	0.000558009	0.000140395	-0.000408120
0.60	3.84170	-0.02582	0.00857	0.01775	0.01790	0.01192	0.00597	0.00396	0.00168	-0.004047489	0.001719083	0.002925940	0.002017634	0.001096386	0.000774764	0.000341948	0.000095956	0.004924222
0.62	3.71042	-0.01580	0.02013	0.02405	0.01786	0.00693	0.00127	0.00020	0.00017	-0.002477008	0.004035930	0.003965611	0.002012544	0.000637618	0.000164426	0.000017660	0.000009824	0.008366605
0.64	3.57529	-0.00512	0.02982	0.02566	0.01274	0.00014	-0.00265	-0.00234	-0.00071	-0.000802726	0.005978817	0.004231238	0.001435344	0.000013053	-0.000343513	-0.000201687	-0.000040498	0.010270028
0.66	3.44401	0.00603	0.03680	0.02279	0.00495	-0.00488	-0.00362	-0.00229	-0.00034	0.000944567	0.007378439	0.003757326	0.000557748	-0.000448498	-0.000470062	-0.000198025	-0.000019339	0.011502156
0.68	-1.87645	0.01692	0.04001	0.01597	-0.00312	-0.00657	-0.00222	-0.00078	0.00017	0.002652477	0.008023241	0.002633372	-0.000351531	-0.000604355	-0.000288319	-0.000067535	0.000009943	0.012007293
0.70	-7.19690	0.02582	0.03781	0.00549	-0.01028	-0.00611	-0.00106	-0.00034	-0.00067	0.004048035	0.007581211	0.000904385	-0.001158124	-0.000561747	-0.000138029	-0.000029475	-0.000038274	0.010607981
0.72	-12.51736	0.03051	0.02860	-0.00822	-0.01625	-0.00582	-0.00233	-0.00247	-0.00287	0.004782931	0.005734733	-0.001355592	-0.001831438	-0.000535426	-0.000302045	-0.000213152	-0.000163405	0.006116607
0.74	-12.99227	0.02931	0.01197	-0.02373	-0.02078	-0.00708	-0.00581	-0.00618	-0.00480	0.004594864	0.002400777	-0.003912334	-0.002341599	-0.000651004	-0.000754266	-0.000533543	-0.000273527	-0.001470632
0.76	-22.09650	0.02074	-0.01169	-0.03936	-0.02400	-0.01013	-0.00993	-0.00961	-0.00557	0.003251553	-0.002344696	-0.006489089	-0.002704227	-0.000931739	-0.001289406	-0.000828870	-0.000317850	-0.011654323
0.78	-17.50577	0.00355	-0.04128	-0.05349	-0.02632	-0.01423	-0.01303	-0.01147	-0.00565	0.000557055	-0.008276662	-0.008819075	-0.002965697	-0.001308345	-0.001691697	-0.000989708	-0.000322165	-0.023816294
0.80	-12.91891	-0.02152	-0.07338	-0.06329	-0.02679	-0.01683	-0.01314	-0.01060	-0.00490	-0.003373522	-0.014713801	-0.010435256	-0.003018767	-0.001548058	-0.001705727	-0.000914379	-0.000279582	-0.035989093
0.82	-12.35906	-0.05268	-0.10361	-0.06619	-0.02438	-0.01593	-0.00991	-0.00731	-0.00348	-0.008258930	-0.020775196	-0.010913825	-0.002747913	-0.001465428	-0.001287478	-0.000630759	-0.000198673	-0.046278202
0.84	-11.79922	-0.08887	-0.12871	-0.06191	-0.01982	-0.01224	-0.00572	-0.00405	-0.00263	-0.013932465	-0.025808433	-0.010208379	-0.002233471	-0.001125729	-0.000743301	-0.000349432	-0.000149875	-0.054551083
0.86	-11.23937	-0.12937	-0.14643	-0.05188	-0.01469	-0.00794	-0.00321	-0.00287	-0.00286	-0.020280731	-0.029361178	-0.008554524	-0.001655079	-0.000730494	-0.000416299	-0.000247648	-0.000162816	-0.061408769
0.88	-10.67953	-0.17339	-0.15528	-0.03842	-0.01048	-0.00504	-0.00331	-0.00386	-0.00346	-0.027182087	-0.031135996	-0.006334037	-0.001181159	-0.000463483	-0.000429942	-0.000333420	-0.000197102	-0.067257226
0.90	-15.89188	-0.22069	-0.15521	-0.02470	-0.00864	-0.00488	-0.00556	-0.00602	-0.00393	-0.034598242	-0.031120717	-0.004072885	-0.000973285	-0.000448381	-0.000722477	-0.000519792	-0.000224179	-0.072679958
0.92	-21.10423	-0.27215	-0.14806	-0.01464	-0.01058	-0.00809	-0.00913	-0.00862	-0.00475	-0.042664270	-0.029686997	-0.002413021	-0.001191924	-0.000744248	-0.001185650	-0.000743946	-0.000270861	-0.078900917

t_n	perceptation : tanah (m / sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	q_{n7}	q_{n8}	Simp. Mode ke-1 Modal I	Simp. Mode ke-2 Modal I	Simp. Mode ke-3 Modal I	Simp. Mode ke-4 Modal I	Simp. Mode ke-5 Modal I	Simp. Mode ke-6 Modal I	Simp. Mode ke-7 Modal I	Simp. Mode ke-8 Modal I	Simp. Total Lantai I
0.94	-26.31658	-0.32912	-0.13679	-0.01150	-0.01680	-0.01403	-0.01300	-0.01123	-0.00623	-0.051595975	-0.027428622	-0.001895827	-0.001892674	-0.001290670	-0.001688562	-0.000968787	-0.000355531	-0.087116648
0.96	-31.52893	-0.39291	-0.12462	-0.01692	-0.02638	-0.02089	-0.01624	-0.01352	-0.00795	-0.061596682	-0.024987050	-0.002789469	-0.002972753	-0.001921594	-0.002109295	-0.001166619	-0.000453437	-0.097996900
0.98	-26.43241	-0.46370	-0.11368	-0.02984	-0.03667	-0.02603	-0.01779	-0.01476	-0.00877	-0.072693978	-0.022793775	-0.004919690	-0.004132820	-0.002394040	-0.002310579	-0.001273475	-0.000500168	-0.111018526
1.00	-21.33975	-0.53951	-0.10395	-0.04610	-0.04354	-0.02661	-0.01641	-0.01368	-0.00759	-0.084579682	-0.020843552	-0.007601697	-0.004906074	-0.002447052	-0.002131041	-0.001180287	-0.000432767	-0.124122151
1.02	-16.24709	-0.61731	-0.09432	-0.06052	-0.04373	-0.02178	-0.01222	-0.01021	-0.00501	-0.096776365	-0.018912185	-0.009978029	-0.004928416	-0.002002649	-0.001586291	-0.000881082	-0.000285606	-0.135350621
1.04	-16.44400	-0.69457	-0.08421	-0.06930	-0.03709	-0.01385	-0.00740	-0.00630	-0.00312	-0.108887530	-0.016885311	-0.011426305	-0.004180162	-0.001273479	-0.000960379	-0.000543423	-0.000177645	-0.144334234
1.06	-16.64477	-0.76982	-0.07414	-0.07110	-0.02647	-0.00691	-0.00473	-0.00441	-0.00327	-0.120684816	-0.014864995	-0.011723771	-0.002982637	-0.000635869	-0.000613790	-0.000380121	-0.000186386	-0.152072386
1.08	-9.37451	-0.84143	-0.06437	-0.06582	-0.01526	-0.00353	-0.00481	-0.00482	-0.00425	-0.131911303	-0.012906446	-0.010852800	-0.001719962	-0.000324896	-0.000624696	-0.000415747	-0.000242600	-0.158998450
1.10	-2.10425	-0.90633	-0.05372	-0.05332	-0.00523	-0.00286	-0.00534	-0.00514	-0.00356	-0.142086098	-0.010770849	-0.008791560	-0.000589322	-0.000263161	-0.000693491	-0.000443205	-0.000202848	-0.163840535
1.12	5.16602	-0.96082	-0.04041	-0.03414	0.00317	-0.00238	-0.00378	-0.00314	-0.00069	-0.150628191	-0.008103362	-0.005628742	0.000357268	-0.000218929	-0.000491402	-0.000271083	-0.000039140	-0.165023581
1.14	12.43628	-1.00135	-0.02301	-0.00997	0.01006	-0.00003	0.00047	0.00122	0.00256	-0.156981022	-0.004613566	-0.001644585	0.001133561	-0.000002889	0.000061570	0.000105398	0.000146226	-0.161795308
1.16	19.70654	-1.02456	-0.00049	0.01676	0.01600	0.00491	0.00625	0.00638	0.00462	-0.160619652	-0.000098866	0.002763049	0.001803502	0.000451320	0.000810986	0.000550764	0.000263229	-0.154075670
1.18	26.97681	-1.02735	0.02764	0.04346	0.02177	0.01177	0.01172	0.01065	0.00558	-0.161057472	0.005541149	0.007165463	0.002452839	0.001082544	0.001521733	0.000918715	0.000318088	-0.142056941
1.20	34.24707	-1.00690	0.06134	0.06784	0.02803	0.01913	0.01572	0.01338	0.00659	-0.157852379	0.012300266	0.011185359	0.003158904	0.001759038	0.002041986	0.001154503	0.000375722	-0.125876602
1.22	17.46716	-0.96311	0.09780	0.08615	0.03320	0.02377	0.01655	0.01348	0.00694	-0.150987141	0.019610786	0.014204937	0.003741436	0.002185675	0.002149688	0.001163169	0.000395889	-0.107535560
1.24	0.69112	-0.90095	0.12947	0.09190	0.03226	0.02076	0.01140	0.00858	0.00396	-0.141242136	0.025960413	0.015152493	0.003635887	0.001909006	0.001480909	0.000740195	0.000225687	-0.092137545
1.26	-16.08879	-0.82800	0.14729	0.07950	0.02095	0.00802	0.00010	-0.00134	-0.00233	-0.129806120	0.029532791	0.013107366	0.002360645	0.000737779	0.000012974	-0.000115628	-0.000132965	-0.084303158
1.28	-32.86869	-0.75195	0.14386	0.04734	-0.00108	-0.01145	-0.01373	-0.01287	-0.00867	-0.117883814	0.028846236	0.007805892	-0.000121932	-0.001053033	-0.001783381	-0.001110831	-0.000494622	-0.085795485
1.30	-49.64474	-0.68049	0.11407	-0.00235	-0.03080	-0.03213	-0.02585	-0.02243	-0.01283	-0.106679969	0.022872887	-0.000387494	-0.003470368	-0.002954716	-0.003356508	-0.001935189	-0.000731529	-0.096642885
1.32	-66.42464	-0.62119	0.05542	-0.06442	-0.06331	-0.04912	-0.03412	-0.02871	-0.01542	-0.097383525	0.011111268	-0.010620930	-0.007134760	-0.004517292	-0.004430993	-0.002477132	-0.000879600	-0.116332964
1.34	-49.83779	-0.57812	-0.02870	-0.12904	-0.09094	-0.05777	-0.03691	-0.03067	-0.01643	-0.090632225	-0.005753809	-0.021276219	-0.010247891	-0.005313302	-0.004793488	-0.002646165	-0.000937150	-0.141600250
1.36	-33.25479	-0.54849	-0.12632	-0.18112	-0.10323	-0.05327	-0.03153	-0.02582	-0.01344	-0.085987224	-0.025328968	-0.029863195	-0.011633006	-0.004898800	-0.004094985	-0.002228150	-0.000766161	-0.164800489
1.38	-34.37062	-0.52778	-0.22335	-0.20823	-0.09497	-0.03686	-0.01984	-0.01589	-0.00779	-0.082740331	-0.044784615	-0.034332750	-0.010701816	-0.003390121	-0.002576039	-0.001370945	-0.000444193	-0.180340810
1.40	-35.49031	-0.51490	-0.30975	-0.20715	-0.07113	-0.01793	-0.00961	-0.00805	-0.00510	-0.080720529	-0.062108768	-0.034154497	-0.008016134	-0.001648579	-0.001248082	-0.000694730	-0.000290571	-0.188881890
1.42	-36.61000	-0.51041	-0.37860	-0.18179	-0.04215	-0.00634	-0.00705	-0.00740	-0.00729	-0.080017567	-0.075913448	-0.029974051	-0.004749404	-0.000583120	-0.000914889	-0.000638185	-0.000415501	-0.193206164
1.44	-35.99996	-0.51462	-0.42472	-0.13992	-0.01807	-0.00621	-0.01196	-0.01265	-0.01079	-0.080676571	-0.085160135	-0.023069411	-0.002035914	-0.000570720	-0.001552973	-0.001091527	-0.000615109	-0.194772362
1.46	-35.38993	-0.52734	-0.44489	-0.09108	-0.00542	-0.01502	-0.01940	-0.01862	-0.01171	-0.082670664	-0.089204814	-0.015016639	-0.000611115	-0.001381694	-0.002519714	-0.001606589	-0.000667510	-0.193678740
1.48	-36.59456	-0.54830	-0.43841	-0.04499	-0.00609	-0.02660	-0.02415	-0.02101	-0.00995	-0.085956941	-0.087906199	-0.007418123	-0.000686778	-0.002446625	-0.003135862	-0.001812907	-0.000567508	-0.189930944
1.50	-37.79533	-0.57748	-0.40738	-0.01006	-0.01783	-0.03508	-0.02420	-0.01936	-0.00829	-0.090532292	-0.081683358	-0.001657940	-0.002009265	-0.003226007	-0.003142486	-0.001670303	-0.000472788	-0.184394439
1.52	-49.81462	-0.61602	-0.35721	0.00724	-0.03641	-0.03831	-0.02184	-0.01695	-0.00924	-0.096573487	-0.071624388	0.001193377	-0.004102866	-0.003523540	-0.002836481	-0.001462521	-0.000526963	-0.179456868
1.54	-29.54437	-0.66385	-0.29381	0.00535	-0.05533	-0.03630	-0.01949	-0.01597	-0.01131	-0.104071086	-0.058911620	0.000881928	-0.006235382	-0.003338831	-0.002530449	-0.001378089	-0.000645191	-0.176228722
1.56	-9.27026	-0.71543	-0.21887	-0.00875	-0.06462	-0.02739	-0.01505	-0.01331	-0.00923	-0.112158729	-0.043885069	-0.001442718	-0.007281865	-0.002518650	-0.001954606	-0.001148151	-0.000526198	-0.170915986
1.58	10.99999	-0.76203	-0.13197	-0.02378	-0.05628	-0.01104	-0.00593	-0.00556	-0.00158	-0.119463606	-0.026460982	-0.003920395	-0.006341938	-0.001015513	-0.000770160	-0.000480069	-0.000089971	-0.158542635
1.60	31.27024	-0.79499	-0.03380	-0.02961	-0.02914	0.00961	0.00696	0.00629	0.00714	-0.124630454	-0.006776906	-0.004881809	-0.003283505	0.000883643	0.000904231	0.000542979	0.000407305	-0.136834515
1.62	51.54435	-0.80589	0.07397	-0.01900	0.01197	0.03008	0.02065	0.01876	0.01286	-0.126339156	0.014830961	-0.003132093	0.001348914	0.002766820	0.002681041	0.001618523	0.000733540	-0.105491450
1.64	71.81460	-0.78664	0.18886	0.01144	0.05874	0.04697	0.03241	0.02884	0.01578	-0.123321800	0.037867393	0.001885981	0.006618881	0.004319818	0.004208660	0.002488839	0.000899686	-0.065032543
1.66	92.08485	-0.72960	0.30787	0.06104	0.10253	0.05930	0.04140	0.03598	0.01876	-0.114379142	0.061730156	0.010064743	0.011554522	0.005453830	0.005376776	0.003104286	0.001069553	-0.016025275
1.68	84.91497	-0.63037	0.42514	0.12327	0.13485	0.06636	0.04671	0.03983	0.02204	-0.098823591	0.085244331	0.020324526	0.015195878	0.006103421	0.006065693	0.003436695	0.001257076	0.038804028
1.70	77.74124	-0.49061	0.53000	0.18511	0.14758	0.06587	0.04593	0.03857	0.02225	-0.076913170	0.106269818	0.030520919	0.016630405	0.006057637	0.005965018	0.003327778	0.001269023	0.093127427
1.72	70.56750	-0.31521	0.61077	0.23270	0.13777	0.05748	0.03903	0.03241	0.01849	-0.049415580	0.122464553	0.038368258	0.015525140	0.005286729	0.005068197	0.002796397	0.001054222	0.141147915
1.74	63.39762	-0.10951	0.65848	0.25643	0.10993	0.04470	0.02969	0.02484	0.01403	-0.017167698	0.132031418	0.042280532	0.012388374	0.004111464	0.003856192	0.002143712	0.000799827	0.180443822
1.76	56.22388	0.12079	0.66758	0.25218	0.07337	0.03234	0.02218	0.01939	0.01176	0.018935814	0.133856401	0.041579920	0.008267841	0.002974246	0.002880244	0.001673327	0.000670513	0.210838305
1.78	62.32812	0.37100	0.63754	0.22265	0.03957	0.02497	0.01950	0.01813	0.01227	0.058161343	0.127832410	0.036710114	0.004459503	0.002296824	0.002531791	0.001563971	0.000699708	0.234255665
1.80	68.43623	0.63885	0.57392	0.17721	0.01943	0.02587	0.02286	0.02157	0.01481	0.100152084	0.115077218	0.029219076	0.002190021	0.002379028	0.002968432	0.001861038	0.000844692	0.254691589
1.82	51.02312	0.92082	0.48413	0.12617	0.01689	0.03286	0.02875	0.02619	0.01629	0.144357360	0.097072054	0.020802152	0.001903208	0.003022011	0.003732882	0.002259882	0.000928985	0.274078535
1.84	33.61001	1.20857	0.37308	0.07539	0.02583	0.03773	0.02960	0.02532	0.01288	0.189467302	0.074806327	0.012430586	0.002910969	0.003470467	0.003843786	0.002184733	0.000734255	0.289848426
1.86	16.20076	1.49136	0.24518	0.02793	0.03570	0.03327	0.02116	0.01615	0.00538	0.233800578	0.049160530	0.004605858	0.004022495	0.003059754	0.002747720	0.001393835	0.000306809	0.299097577
1.88	-1.21235	1.75860	0.10614	-0.01413	0.03745	0.01825	0.00592	0.00228	-0.00166	0.275694939	0.021281537	-0.002329766	0.004220200	0.001678350	0.000768353	0.000196513	-0.000094747	0.301415379
1.90	-18.62546	1.99993	-0.03757	-0.04996	0.02612	-0.00327	-0.01012	-0.01047	-0.00564	0.313528786	-0.007533702	-0.008237371	0.002943860	-0.000300377	-0.001313810	-0.000903772	-0.000321665	0.297861948

t_n	percepatan tanah (cm/sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	q_{n7}	q_{n8}	Simp. Mode ke-1 Modal I	Simp. Mode ke-2 Modal I	Simp. Mode ke-3 Modal I	Simp. Mode ke-4 Modal I	Simp. Mode ke-5 Modal I	Simp. Mode ke-6 Modal I	Simp. Mode ke-7 Modal I	Simp. Mode ke-8 Modal I	Simp. Total Lantai I
1.92	-36.03857	2.20541	-0.17936	-0.07995	0.00164	-0.02502	-0.02198	-0.01858	-0.00779	0.345742205	-0.035962610	-0.013182940	0.000184704	-0.002301449	-0.002853718	-0.001603450	-0.000444512	0.289578231
1.94	-53.44782	2.36561	-0.31309	-0.10554	-0.03201	-0.04203	-0.02850	-0.02262	-0.01074	0.370857204	-0.062777942	-0.017401030	-0.003606838	-0.003865125	-0.003700957	-0.001952096	-0.000612476	0.276940741
1.96	-70.86093	2.47175	-0.43367	-0.12877	-0.06868	-0.05262	-0.03208	-0.02578	-0.01546	0.387496647	-0.086954708	-0.021231933	-0.007739286	-0.004839784	-0.004165968	-0.002224816	-0.000881866	0.259458288
1.98	-88.27404	2.51580	-0.53740	-0.15191	-0.10236	-0.05857	-0.03630	-0.03100	-0.02089	0.394401658	-0.107754042	-0.025046948	-0.011535142	-0.005386457	-0.004713673	-0.002675224	-0.001191475	0.236098696
2.00	-105.68329	2.49058	-0.62230	-0.17696	-0.12900	-0.06343	-0.04344	-0.03904	-0.02562	0.390447545	-0.124777060	-0.029176602	-0.014537547	-0.005833964	-0.005640500	-0.003368654	-0.001460801	0.205652417
2.02	-123.09640	2.38986	-0.68817	-0.20533	-0.14742	-0.07052	-0.05341	-0.04853	-0.02937	0.374657902	-0.137985441	-0.033854784	-0.016613222	-0.006486159	-0.006936224	-0.004187766	-0.001675014	0.166919292
2.04	-96.61766	2.21280	-0.73238	-0.23374	-0.15551	-0.07798	-0.06128	-0.05443	-0.03033	0.346900526	-0.146848550	-0.038539401	-0.017524085	-0.007171690	-0.007957460	-0.004696981	-0.001729775	0.122432585
2.06	-70.13893	1.96829	-0.74597	-0.25143	-0.14735	-0.07739	-0.05830	-0.04936	-0.02480	0.308568734	-0.149573991	-0.041455143	-0.016604953	-0.007117702	-0.007570364	-0.004259349	-0.001414229	0.080573004
2.08	-43.66405	1.67042	-0.71901	-0.24692	-0.11941	-0.06263	-0.04141	-0.03230	-0.01403	0.261871053	-0.144167768	-0.040712038	-0.013456282	-0.005759772	-0.005377749	-0.002787268	-0.000800130	0.048810047
2.10	-17.18531	1.33389	-0.64568	-0.21418	-0.07486	-0.03562	-0.01683	-0.01066	-0.00399	0.209113957	-0.129464338	-0.035313423	-0.008435540	-0.003275662	-0.002185128	-0.000919976	-0.000227553	0.029292338
2.12	9.29343	0.97385	-0.52463	-0.15304	-0.02144	-0.00368	0.00613	0.00701	0.00202	0.152671246	-0.105194338	-0.025233468	-0.002416347	-0.000338461	0.000796259	0.000604508	0.000115199	0.021004598
2.14	35.77217	0.60568	-0.35893	-0.06858	0.03168	0.02513	0.02150	0.01712	0.00572	0.094952589	-0.071968102	-0.011307680	0.003570101	0.002311168	0.002791614	0.001477568	0.000325999	0.022153256
2.16	62.25090	0.24476	-0.15550	0.03046	0.07703	0.04601	0.02945	0.02220	0.01052	0.038371692	-0.031180239	0.005021582	0.008680419	0.004231123	0.003824569	0.001915681	0.000599676	0.031464503
2.18	88.72964	-0.09367	0.07557	0.13368	0.11081	0.05896	0.03465	0.02751	0.01764	-0.014685350	0.015152629	0.022040976	0.012486968	0.005422248	0.004500068	0.002373566	0.001005916	0.048297021
2.20	115.20838	-0.39479	0.32219	0.23115	0.13345	0.06775	0.04226	0.03676	0.02564	-0.061891176	0.064603116	0.038112215	0.015038199	0.006230962	0.005487615	0.003171587	0.001462072	0.072214590
2.22	89.56362	-0.64948	0.56643	0.31049	0.14438	0.07328	0.05089	0.04636	0.02959	-0.101819664	0.113574357	0.051194171	0.016270203	0.006739215	0.006608630	0.004000098	0.001687701	0.098254711
2.24	63.91499	-0.85968	0.78142	0.35477	0.13803	0.06973	0.05139	0.04617	0.02398	-0.134772250	0.156681883	0.058495010	0.015554320	0.006413422	0.006673004	0.003984040	0.001367255	0.114396684
2.26	38.27023	-1.03306	0.93921	0.35081	0.11075	0.05287	0.03812	0.03178	0.01133	-0.161952569	0.188321052	0.057841888	0.012479936	0.004862401	0.004949857	0.002741897	0.000645966	0.109890428
2.28	12.62547	-1.17773	1.01832	0.29583	0.06598	0.02568	0.01528	0.00959	0.00023	-0.184633508	0.204183050	0.048776088	0.007435157	0.002361888	0.001984742	0.000827479	0.000013332	0.080948228
2.30	-13.01929	-1.30216	1.00537	0.19672	0.01197	-0.00459	-0.00814	-0.01038	-0.00505	-0.204140154	0.201586458	0.032435448	0.001349382	-0.000422271	-0.001057336	-0.000895432	-0.000287807	0.028568289
2.32	-38.66405	-1.41502	0.89595	0.06767	-0.04159	-0.03083	-0.02511	-0.02229	-0.00733	-0.221832219	0.179646034	0.011157817	-0.004686857	-0.002835424	-0.003260164	-0.001922977	-0.000417965	-0.044151755
2.34	-64.30882	-1.52508	0.69458	-0.07332	-0.08684	-0.04939	-0.03429	-0.02733	-0.01144	-0.239086040	0.139271006	-0.012088804	-0.009786251	-0.004542238	-0.004452287	-0.002358188	-0.000652274	-0.133695076
2.36	-89.95744	-1.64111	0.41395	-0.20818	-0.11983	-0.06106	-0.03945	-0.03105	-0.01884	-0.257276513	0.083000634	-0.034324660	-0.013503579	-0.005615907	-0.005122603	-0.002679568	-0.001074146	-0.236596342
2.38	-115.60220	-1.77176	0.07331	-0.32209	-0.14107	-0.06974	-0.04585	-0.03843	-0.02729	-0.277759084	0.014699557	-0.053105992	-0.015896940	-0.006413998	-0.005954363	-0.003315823	-0.001556436	-0.349303081
2.40	-1.62548	-1.91157	-0.29016	-0.39331	-0.14293	-0.06910	-0.04661	-0.04088	-0.02600	-0.299676055	-0.058180803	-0.064848811	-0.016106591	-0.006355259	-0.006052447	-0.003527746	-0.001482974	-0.456230687
2.42	112.35124	-2.02720	-0.61229	-0.38549	-0.10171	-0.03707	-0.01990	-0.01601	-0.00069	-0.317803551	-0.122769448	-0.063559088	-0.011462042	-0.003409638	-0.002583959	-0.001381743	-0.000039075	-0.523008544
2.44	86.40918	-2.08585	-0.83557	-0.28107	-0.01113	0.02867	0.03377	0.03403	0.03478	-0.326999482	-0.167540449	-0.046342063	-0.001254000	0.002636855	0.004385504	0.002936233	0.001983306	-0.530194095
2.46	60.47098	-2.08348	-0.94083	-0.10732	0.09539	0.09235	0.07741	0.07104	0.04455	-0.326626898	-0.188646695	-0.017694913	0.010749075	0.008493590	0.010052266	0.006129470	0.002540726	-0.495003379
2.48	34.52892	-2.03073	-0.93382	0.08645	0.17353	0.11620	0.07946	0.06607	0.02134	-0.318358080	-0.187240360	0.014253085	0.019554933	0.010686977	0.010318041	0.005701269	0.001216949	-0.443867185
2.50	8.58686	-1.93889	-0.83020	0.25306	0.19539	0.08961	0.04174	0.02644	-0.00754	-0.303960046	-0.166462492	0.041723874	0.022018377	0.008241719	0.005420931	0.002281703	-0.000429749	-0.391165684
2.52	-17.35520	-1.81968	-0.65367	0.35587	0.15524	0.02823	-0.01009	-0.01892	-0.01815	-0.285270895	-0.131067410	0.058675448	0.017493693	0.002596597	-0.001310766	-0.001632305	-0.001034971	-0.341550608
2.54	7.08107	-1.68011	-0.42868	0.37876	0.07169	-0.03533	-0.04468	-0.04136	-0.00926	-0.263390167	-0.085953697	0.062449181	0.008078239	-0.003248867	-0.005802782	-0.003568500	-0.000528047	-0.291964641
2.56	31.51734	-1.51740	-0.17330	0.33117	-0.01804	-0.06678	-0.04189	-0.02841	0.00687	-0.237883214	-0.034749237	0.054602904	-0.002032600	-0.006141404	-0.005439245	-0.002451103	0.000391993	-0.233701907
2.58	55.94975	-1.32411	0.09723	0.23887	-0.07700	-0.05068	-0.00585	0.00853	0.01790	-0.207580136	0.019495494	0.039385394	-0.008676843	-0.004661278	-0.000760181	0.000735858	0.001021053	-0.161040640
2.60	80.38602	-1.09319	0.36703	0.13281	-0.08412	0.00246	0.04003	0.04476	0.02051	-0.171380102	0.073593501	0.021897017	-0.009479699	0.000226002	0.005197867	0.003862489	0.001169581	-0.074913342
2.62	73.25475	-0.82131	0.61799	0.03996	-0.04061	0.06443	0.07002	0.06045	0.01882	-0.128757250	0.123912474	0.006588452	-0.004576092	0.005925823	0.009093417	0.005216430	0.001073008	0.018476262
2.64	66.11963	-0.51194	0.82849	-0.02393	0.03164	0.10414	0.07008	0.05060	0.01606	-0.080256576	0.166120244	-0.003944998	0.003565798	0.009577849	0.009101225	0.004366509	0.000916106	0.109446158
2.66	53.12350	-0.17274	0.97801	-0.05362	0.10250	0.10496	0.04529	0.02631	0.01325	-0.027080653	0.196101406	-0.008841588	0.011550707	0.009653608	0.005881673	0.002269880	0.000755765	0.190290797
2.68	40.12737	0.18709	1.05138	-0.05184	0.14648	0.07146	0.01376	0.00471	0.01042	0.029330265	0.210812668	-0.008547623	0.016506362	0.006572581	0.001787293	0.000406540	0.000594037	0.257462123
2.70	27.13125	0.55757	1.04046	-0.02726	0.15028	0.02303	-0.00730	-0.00384	0.00726	0.087409772	0.208622123	-0.004495141	0.016935149	0.002118413	-0.000947590	-0.000330956	0.000413864	0.309725634
2.72	14.13512	0.92861	0.94511	0.00827	0.11531	-0.01810	-0.01144	-0.00061	0.00389	0.145577839	0.189504971	0.001363167	0.012994699	-0.001664281	-0.001485523	-0.000053066	0.000221791	0.346459599
2.74	1.13900	1.29018	0.77289	0.04229	0.05470	-0.03802	-0.00418	0.00543	0.00059	0.202261592	0.154972416	0.006973259	0.006163994	-0.003497025	-0.000542360	0.000468566	0.000033853	0.366834295
2.76	-11.85723	1.63243	0.53795	0.06410	-0.01279	-0.03595	0.00342	0.00581	-0.00251	0.255915884	0.107864518	0.010568284	-0.001440811	-0.003306281	0.000443932	0.000501708	-0.000143199	0.378484035
2.78	-23.66602	1.94806	0.26166	0.06850	-0.06758	-0.01994	0.00452	-0.00026	-0.00419	0.305396968	0.052466214	0.011293678	-0.007615413	-0.001833500	0.000586395	-0.000022497	-0.000238839	0.366833086
2.80	7.52123	2.23467	-0.02750	0.05817	-0.09361	0.00061	0.00125	-0.00583	-0.00231	0.350328873	-0.005513049	0.009591357	-0.010549009	0.000056085	0.000162704	-0.000502667	-0.000133955	0.345442360
2.82	17.21234	2.49251	-0.29902	0.04022	-0.08456	0.01794	-0.00048	-0.00453	0.00241	0.390750737	-0.059956263	0.006631238	-0.009529280	0.001649955	-0.000062228	-0.000390849	0.000137711	0.329231623
2.84	24.97295	2.72202	-0.52558	0.02212	-0.04619	0.02738	0.00264	0.00349	0.00662	0.426730547	-0.105383151	0.003647768	-0.005204970	0.002518179	0.000343005	0.000301014	0.000377763	0.323330155
2.86	32.73356	2.92361	-0.68553	0.01017	0.00737	0.02872	0.00985	0.01329	0.00832	0.458334059	-0.137454986	0.001677487	0.000830685	0.002641810	0.001279634	0.001146471	0.000474653	0.328929812
2.88	40.49031	3.09788	-0.76445	0.00862	0.05957	0.02550	0.01795	0.01989	0.00851	0.485653870	-0.153279117	0.001420642	0.006712585	0.002345556	0.002331580	0.001716372	0.000485324	0.347386810

Tabel L.13 Contoh perhitungan nilai q_n untuk struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat I

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in / sec^2)	q_n	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\dot{q}_n$	q_{n1}
0.00	0.00630	2.43243	0.00000	-1.02703	-1.02703	-0.00010	-0.01019	-1.01900	0.00000	0.00000
0.02	0.00364	1.40540	-1.01900	-1.02317	-5.10849	-0.00051	-0.03031	-0.99257	-0.01019	-0.00010
0.04	0.00099	0.38224	-2.01156	1.27027	-10.88910	-0.00108	-0.02705	1.31827	-0.04050	-0.00061
0.06	0.00428	1.65251	-0.69329	1.27413	-13.68320	-0.00136	-0.00067	1.31918	-0.06754	-0.00169
0.08	0.00758	2.92664	0.62589	1.27027	-11.18412	-0.00111	0.02547	1.29516	-0.06822	-0.00305
0.10	0.01087	4.19691	1.92105	-1.56371	-6.31053	-0.00063	0.02289	-1.55356	-0.04275	-0.00416
0.12	0.00682	2.63320	0.36749	-1.56371	-4.81958	-0.00048	-0.00809	-1.54424	-0.01986	-0.00478
0.14	0.00277	1.06950	-1.17675	-1.56371	-9.53398	-0.00095	-0.03868	-1.51480	-0.02796	-0.00526
0.16	-0.00128	-0.49421	-2.69154	1.91506	-16.85686	-0.00167	-0.03397	1.98575	-0.06664	-0.00621
0.18	0.00368	1.42085	-0.70579	1.91506	-19.71118	-0.00196	0.00565	1.97692	-0.10061	-0.00788
0.20	0.00864	3.33590	1.27112	1.91506	-14.62150	-0.00145	0.04485	1.94231	-0.09496	-0.00983
0.22	0.01360	5.25096	3.21343	-2.44401	-6.08573	-0.00060	0.03984	-2.44238	-0.05011	-0.01129
0.24	0.00727	2.80695	0.77105	-2.44401	-2.96500	-0.00029	-0.00888	-2.43025	-0.01027	-0.01189
0.26	0.00094	0.36293	-1.65920	1.25869	-5.90723	-0.00059	-0.02031	1.28731	-0.01915	-0.01218
0.28	0.00420	1.62162	-0.37188	-0.76834	-9.44042	-0.00094	-0.01474	-0.73071	-0.03946	-0.01277
0.30	0.00221	0.85328	-1.10260	-0.04247	-13.13845	-0.00130	-0.02195	0.01055	-0.05421	-0.01371
0.32	0.00210	0.81081	-1.09204	0.90347	-16.58080	-0.00165	-0.01221	0.96329	-0.07615	-0.01501
0.34	0.00444	1.71428	-0.12876	1.63320	-16.37730	-0.00162	0.01423	1.68023	-0.08836	-0.01666
0.36	0.00867	3.34749	1.55147	1.63320	-10.15837	-0.00101	0.04748	1.64465	-0.07413	-0.01828
0.38	0.01290	4.98069	3.19613	1.63320	2.66967	0.00026	0.07980	1.58789	-0.02666	-0.01929
0.40	0.01713	6.61389	4.78402	-7.93822	12.30749	0.00122	0.01582	-7.98571	0.05314	-0.01902
0.42	-0.00343	-1.32432	-3.20170	-7.94208	-0.48865	-0.00005	-0.14278	-7.87502	0.06897	-0.01780
0.44	-0.02400	-9.26640	-11.07672	5.43629	-31.54807	-0.00313	-0.16538	5.61526	-0.07382	-0.01785
0.46	-0.00992	-3.83011	-5.46146	5.43629	-53.54553	-0.00531	-0.05287	5.63561	-0.23920	-0.02098
0.48	0.00416	1.60618	0.17415	0.43243	-57.90125	-0.00574	0.00966	0.61733	-0.29207	-0.02629
0.50	0.00528	2.03861	0.79149	4.34363	-50.81526	-0.00504	0.06065	4.48198	-0.28241	-0.03204
0.52	0.01653	6.38223	5.27346	4.34749	-29.66194	-0.00294	0.14923	4.37606	-0.22177	-0.03708
0.54	0.02779	10.72972	9.64952	4.34363	9.06912	0.00090	0.23505	4.20621	-0.07254	-0.04002
0.56	0.03904	15.07334	13.85574	-5.61776	54.74621	0.00543	0.21815	-5.89677	0.16252	-0.03912
0.58	0.02449	9.45559	7.95897	-5.61389	86.78595	0.00861	0.09975	-5.94339	0.38066	-0.03369
0.60	0.00995	3.84170	2.01557	-0.13127	100.42230	0.00996	0.03555	-0.47593	0.48041	-0.02508
0.62	0.00961	3.71042	1.53964	-0.13514	106.60959	0.01058	0.02584	-0.49557	0.51596	-0.01512
0.64	0.00926	3.57529	1.04406	-0.13127	110.81340	0.01099	0.01587	-0.50089	0.54180	-0.00454
0.66	0.00892	3.44401	0.54318	-5.32046	107.81147	0.01070	-0.04566	-5.65205	0.55767	0.00646

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in / sec ^{2})	q_n	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\dot{q}_n$	$q_{n\,l}$
0.68	-0.00486	-1.87645	-5.10887	-5.32046	87.33412	0.00867	-0.15752	-5.53381	0.51201	0.01715
0.70	-0.01864	-7.19690	-10.64269	-5.32046	44.61895	0.00443	-0.26630	-5.34427	0.35450	0.02582
0.72	-0.03242	-12.51736	-15.98696	-0.47490	-14.72749	-0.00146	-0.32253	-0.27889	0.08820	0.03024
0.74	-0.03365	-12.99227	-16.26585	-9.10424	-88.71593	-0.00880	-0.41157	-8.62547	-0.23433	0.02878
0.76	-0.05723	-22.09650	-24.89132	4.59073	-174.96360	-0.01736	-0.44416	5.36645	-0.64590	0.01998
0.78	-0.04534	-17.50577	-19.52487	4.58687	-253.47418	-0.02515	-0.33481	5.56917	-1.09006	0.00262
0.80	-0.03346	-12.91891	-13.95570	0.55985	-313.63100	-0.03112	-0.26206	1.70550	-1.42487	-0.02253
0.82	-0.03201	-12.35906	-12.25021	0.55984	-362.87210	-0.03600	-0.22650	1.85020	-1.68692	-0.05365
0.84	-0.03056	-11.79922	-10.40000	0.55985	-404.67979	-0.04015	-0.18831	1.96940	-1.91343	-0.08965
0.86	-0.02911	-11.23937	-8.43061	0.55984	-438.57487	-0.04351	-0.14799	2.06175	-2.10173	-0.12980
0.88	-0.02766	-10.67953	-6.36886	-5.21235	-469.95820	-0.04663	-0.16338	-3.60078	-2.24973	-0.17332
0.90	-0.04116	-15.89188	-9.96964	-5.21235	-509.98655	-0.05060	-0.23377	-3.43762	-2.41311	-0.21994
0.92	-0.05466	-21.10423	-13.40726	-5.21235	-563.82993	-0.05594	-0.30046	-3.23099	-2.64688	-0.27054
0.94	-0.06816	-26.31658	-16.63825	-5.21235	-630.65843	-0.06257	-0.36260	-2.98399	-2.94734	-0.32649
0.96	-0.08166	-31.52893	-19.62224	5.09652	-699.17099	-0.06937	-0.31716	7.52807	-3.30994	-0.38906
0.98	-0.06846	-26.43241	-12.09417	5.09266	-747.84232	-0.07420	-0.16574	7.61394	-3.62711	-0.45843
1.00	-0.05527	-21.33975	-4.48023	5.09266	-765.91519	-0.07599	-0.01357	7.60327	-3.79285	-0.53263
1.02	-0.04208	-16.24709	3.12305	-0.19691	-758.72501	-0.07528	0.08491	2.24505	-3.80642	-0.60862
1.04	-0.04259	-16.44400	5.36810	-0.20077	-737.17863	-0.07314	0.12887	2.15058	-3.72151	-0.68390
1.06	-0.04311	-16.64477	7.51868	7.27026	-699.51473	-0.06940	0.24483	9.44530	-3.59264	-0.75704
1.08	-0.02428	-9.37451	16.96398	7.27026	-631.43434	-0.06265	0.43065	9.13750	-3.34782	-0.82645
1.10	-0.00545	-2.10425	26.10148	7.27026	-526.63356	-0.05225	0.60916	8.71299	-2.91716	-0.88910
1.12	0.01338	5.16602	34.81447	7.27026	-386.81716	-0.03838	0.77807	8.17838	-2.30800	-0.94135
1.14	0.03221	12.43628	42.99285	7.27026	-214.13236	-0.02125	0.93527	7.54167	-1.52993	-0.97973
1.16	0.05104	19.70654	50.53452	7.27026	-11.13676	-0.00110	1.07881	6.81211	-0.59465	-1.00097
1.18	0.06987	26.97681	57.34663	7.27026	219.23889	0.02175	1.20693	6.00009	0.48416	-1.00208
1.20	0.08870	34.24707	63.34671	-16.77991	449.68218	0.04462	1.07948	-18.74516	1.69109	-0.98033
1.22	0.04524	17.46716	44.60156	-16.77605	629.08202	0.06242	0.70049	-19.15415	2.77057	-0.93571
1.24	0.00179	0.69112	25.44740	-16.77991	731.51003	0.07258	0.31578	-19.31657	3.47106	-0.87329
1.26	-0.04167	-16.08879	6.13083	-16.77991	756.32290	0.07504	-0.06959	-19.22103	3.78685	-0.80071
1.28	-0.08513	-32.86869	-13.09020	-16.77605	703.90215	0.06984	-0.45052	-18.87113	3.71725	-0.72567
1.30	-0.12858	-49.64474	-31.96133	-16.77991	575.63990	0.05711	-0.82208	-18.28526	3.26674	-0.65583
1.32	-0.17204	-66.42464	-50.24660	16.58686	407.26653	0.04041	-0.84849	15.64416	2.44466	-0.59872
1.34	-0.12908	-49.83779	-34.60244	16.58300	268.07495	0.02660	-0.53254	15.95058	1.59617	-0.55831
1.36	-0.08613	-33.25479	-18.65186	-1.11583	175.28041	0.01739	-0.38815	-1.51102	1.06362	-0.53171
1.38	-0.08902	-34.37062	-20.16288	-1.11969	94.26915	0.00935	-0.41563	-1.23739	0.67548	-0.51432

t_n	percepatan tanah ($\ddot{y}_n$)	percepatan tanah (in / sec^2)	q_n	$\Delta\ddot{y}_n$	$\Delta\hat{y}_n$	Δq_n	$\Delta\dot{q}_n$	$\Delta\ddot{q}_n$	$\dot{q}_n$	q_{n1}
1.40	-0.09192	-35.49031	-21.40027	-1.11969	8.28699	0.00082	-0.43747	-0.94623	0.25984	-0.50497
1.42	-0.09482	-36.61000	-22.34650	0.61004	-79.77039	-0.00791	-0.43622	1.07085	-0.17762	-0.50415
1.44	-0.09324	-35.99996	-21.27565	0.61004	-165.27295	-0.01640	-0.41212	1.33938	-0.61384	-0.51206
1.46	-0.09166	-35.38993	-19.93627	-1.20463	-247.21056	-0.02453	-0.40085	-0.21254	-1.02596	-0.52846
1.48	-0.09478	-36.59456	-20.14880	-1.20077	-328.16945	-0.03256	-0.40241	0.05676	-1.42681	-0.55299
1.50	-0.09789	-37.79533	-20.09204	-12.01929	-419.72511	-0.04164	-0.50599	-10.41491	-1.82922	-0.58555
1.52	-0.12902	-49.81462	-30.50695	20.27025	-509.92731	-0.05059	-0.38898	22.11594	-2.33521	-0.62719
1.54	-0.07652	-29.54437	-8.39101	20.27411	-543.84415	-0.05396	0.05246	22.02832	-2.72419	-0.67779
1.56	-0.02401	-9.27026	13.63731	20.27025	-489.25067	-0.04854	0.48920	21.64573	-2.67173	-0.73174
1.58	0.02849	10.99999	35.28304	20.27025	-347.66995	-0.03450	0.91553	20.98735	-2.18253	-0.78029
1.60	0.08099	31.27024	56.27039	20.27411	-121.74510	-0.01208	1.32605	20.06428	-1.26699	-0.81478
1.62	0.13350	51.54435	76.33467	20.27025	184.80555	0.01834	1.71549	18.87952	0.05906	-0.82686
1.64	0.18600	71.81460	95.21419	20.27025	567.23522	0.05628	2.07891	17.46245	1.77455	-0.80853
1.66	0.23850	92.08485	112.67664	-7.16988	992.40775	0.09846	2.13958	-11.39572	3.85346	-0.75225
1.68	0.21993	84.91497	101.28091	-7.17374	1399.48928	0.13885	1.89941	-12.62056	5.99303	-0.65378
1.70	0.20135	77.74124	88.66035	-7.17374	1755.87222	0.17421	1.63655	-13.66536	7.89244	-0.51493
1.72	0.18277	70.56750	74.99499	-7.16988	2057.35656	0.20413	1.35472	-14.51809	9.52900	-0.34071
1.74	0.16420	63.39762	60.47690	-7.17374	2300.50241	0.22825	1.05773	-15.18084	10.88372	-0.13658
1.76	0.14562	56.22388	45.29606	6.10424	2495.93443	0.24764	0.88131	-2.46101	11.94145	0.09167
1.78	0.16143	62.32812	42.83505	6.10810	2668.08654	0.26472	0.82675	-2.99504	12.82276	0.33931
1.80	0.17725	68.43623	39.84001	-17.41311	2804.68340	0.27828	0.52854	-26.82618	13.64951	0.60403
1.82	0.13215	51.02312	13.01383	-17.41311	2857.22332	0.28349	-0.00725	-26.75235	14.17805	0.88231
1.84	0.08705	33.61001	-13.73853	-17.40925	2802.26643	0.27804	-0.53803	-26.32546	14.17080	1.16580
1.86	0.04196	16.20076	-40.06399	-17.41311	2641.51329	0.26209	-1.05694	-25.56580	13.63277	1.44383
1.88	-0.00314	-1.21235	-65.62979	-17.41311	2378.02503	0.23594	-1.55734	-24.47484	12.57584	1.70592
1.90	-0.04824	-18.62546	-90.10464	-17.41311	2016.17859	0.20004	-2.03283	-23.07369	11.01849	1.94186
1.92	-0.09334	-36.03857	-113.17833	-17.40925	1561.60527	0.15494	-2.47736	-21.37967	8.98566	2.14190
1.94	-0.13843	-53.44782	-134.55800	-17.41311	1021.09796	0.10131	-2.88545	-19.42910	6.50830	2.29684
1.96	-0.18353	-70.86093	-153.98710	-17.41311	402.50395	0.03994	-3.25213	-17.23832	3.62285	2.39815
1.98	-0.22863	-88.27404	-171.22541	-17.40925	-285.37565	-0.02831	-3.57289	-14.83817	0.37072	2.43809
2.00	-0.27372	-105.68329	-186.06358	-17.41311	-1032.90976	-0.10248	-3.84401	-12.27345	-3.20217	2.40977
2.02	-0.31882	-123.09640	-198.33703	26.47874	-1785.89053	-0.17719	-3.62693	33.98098	-7.04617	2.30729
2.04	-0.25024	-96.61766	-164.35605	26.47874	-2446.64019	-0.24275	-2.92891	35.82150	-10.67310	2.13010
2.06	-0.18166	-70.13893	-128.53454	26.47488	-2963.46769	-0.29403	-2.19896	37.17293	-13.60201	1.88735
2.08	-0.11309	-43.66405	-91.36161	26.47874	-3330.92645	-0.33049	-1.44690	38.03354	-15.80097	1.59332
2.10	-0.04451	-17.18531	-53.32807	26.47874	-3545.56538	-0.35178	-0.68271	38.38503	-17.24787	1.26283

Tabel L.14 Contoh perhitungan nilai simpangan lantai 1 pada struktur bertingkat 8 dengan *Magnetorheological Damper* pada tingkat I

t_n	percepatan tanah (m/sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	q_{n7}	q_{n8}	Simp. Modal I Mode ke-1	Simp. Modal I Mode ke-2	Simp. Modal I Mode ke-3	Simp. Modal I Mode ke-4	Simp. Modal I Mode ke-5	Simp. Modal I Mode ke-6	Simp. Modal I Mode ke-7	Simp. Modal I Mode ke-8	Simp. Total Tingkat I
0.00	2.43243	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
0.02	1.40540	-0.00010	-0.00010	-0.00009	-0.00008	-0.00008	-0.00007	-0.00007	-0.00006	-0.000015975	-0.000019327	-0.000014777	-0.000009362	-0.000007000	-0.000009183	-0.000005855	-0.000003196	-0.000084675
0.04	0.38224	-0.00061	-0.00056	-0.00051	-0.00045	-0.00040	-0.00036	-0.00034	-0.00026	-0.000095435	-0.000112649	-0.000083522	-0.000051161	-0.000036758	-0.000046668	-0.000029247	-0.000014821	-0.000470260
0.06	1.65251	-0.00169	-0.00150	-0.00128	-0.00108	-0.00089	-0.00075	-0.00069	-0.00046	-0.000264808	-0.000299776	-0.000210968	-0.000121801	-0.000081410	-0.000097339	-0.000059127	-0.000026155	-0.001161385
0.08	2.92664	-0.00305	-0.00251	-0.00197	-0.00149	-0.00106	-0.00079	-0.00067	-0.00032	-0.000477643	-0.000504140	-0.000324468	-0.000168039	-0.000097272	-0.000102317	-0.000058008	-0.000018437	-0.001750323
0.10	4.19691	-0.00416	-0.00304	-0.00202	-0.00120	-0.00055	-0.00022	-0.00010	0.00015	-0.000651605	-0.000610406	-0.000332826	-0.000135377	-0.000050780	-0.000028332	-0.000008646	0.000008486	-0.001809488
0.12	2.63320	-0.00478	-0.00286	-0.00133	-0.00028	0.00037	0.00058	0.00061	0.00050	-0.000749762	-0.000574432	-0.000219549	-0.000031428	0.000034150	0.000075436	0.000052780	0.000028572	-0.001384233
0.14	1.06950	-0.00526	-0.00237	-0.00045	0.00058	0.00092	0.00083	0.00073	0.00028	-0.000824728	-0.000474950	-0.000074212	0.000064997	0.000084372	0.000108015	0.000062872	0.000016222	-0.001037413
0.16	-0.49421	-0.00621	-0.00221	-0.00011	0.00062	0.00048	0.00014	-0.00003	-0.00039	-0.000973024	-0.000443513	-0.000018087	0.000069865	0.000044440	0.000018059	-0.000002240	-0.000022041	-0.001326541
0.18	1.42085	-0.00788	-0.00264	-0.00052	-0.00020	-0.00065	-0.00097	-0.00104	-0.00085	-0.001235222	-0.000529830	-0.000086392	-0.000022249	-0.000060236	-0.000126200	-0.000089612	-0.000048523	-0.002198263
0.20	3.33590	-0.00983	-0.00318	-0.00113	-0.00109	-0.00146	-0.00143	-0.00129	-0.00056	-0.001541818	-0.000638284	-0.000186182	-0.000123143	-0.000134703	-0.000185250	-0.000111151	-0.000031763	-0.002952296
0.22	5.25096	-0.01129	-0.00306	-0.00112	-0.00116	-0.00110	-0.00065	-0.00038	0.00030	-0.001769248	-0.000613322	-0.000184201	-0.000130841	-0.000101588	-0.000084386	-0.000032762	0.000017164	-0.002899183
0.24	2.80695	-0.01189	-0.00202	-0.00030	-0.00031	0.00017	0.00072	0.00091	0.00087	-0.001863908	-0.000405505	-0.000050135	-0.000034669	0.000015329	0.000094111	0.000078235	0.000049729	-0.002116812
0.26	0.36293	-0.01218	-0.00075	0.00056	0.00056	0.00110	0.00132	0.00125	0.00048	-0.001910027	-0.000149636	0.000092277	0.000063093	0.000101572	0.000171986	0.000107788	0.000027248	-0.001495698
0.28	1.62162	-0.01277	0.00007	0.00078	0.00069	0.00093	0.00064	0.00036	-0.00042	-0.002001910	0.000013417	0.000128818	0.000077543	0.000085356	0.000082849	0.000031244	-0.000023704	-0.001606387
0.30	0.85328	-0.01371	0.00032	0.00037	0.00015	-0.00001	-0.00056	-0.00079	-0.00081	-0.002148751	0.000063314	0.000060466	0.000017447	-0.000000959	-0.000072202	-0.000068210	-0.000046358	-0.002195253
0.32	0.81081	-0.01501	-0.00001	-0.00053	-0.00075	-0.00109	-0.00142	-0.00139	-0.00060	-0.002353112	-0.000001552	-0.000087829	-0.000084813	-0.000099915	-0.000183771	-0.000120128	-0.000034281	-0.002965401
0.34	1.71428	-0.01666	-0.00083	-0.00167	-0.00167	-0.00177	-0.00155	-0.00125	-0.00025	-0.002611017	-0.000165457	-0.000275623	-0.000188442	-0.000162433	-0.000200746	-0.000107693	-0.000014111	-0.003725521
0.36	3.34749	-0.01828	-0.00171	-0.00251	-0.00205	-0.00160	-0.00088	-0.00049	0.00005	-0.002865756	-0.000342085	-0.000413938	-0.000231227	-0.000147443	-0.000114182	-0.000042483	0.000002853	-0.004154263
0.38	4.98069	-0.01929	-0.00202	-0.00244	-0.00143	-0.00049	0.00033	0.00055	0.00037	-0.003023764	-0.000405488	-0.000402742	-0.000161682	-0.000044695	0.000043026	0.000047742	0.000020863	-0.003926740
0.40	6.61389	-0.01902	-0.00118	-0.00106	0.00029	0.00128	0.00165	0.00154	0.00076	-0.002982239	-0.000235953	-0.000174765	0.000032816	0.000118095	0.000214205	0.000133150	0.000043551	-0.002851140
0.42	-1.32432	-0.01780	0.00038	0.00091	0.00211	0.00249	0.00206	0.00166	0.00068	-0.002790803	0.000075960	0.000149684	0.000237416	0.000228655	0.000267725	0.000143078	0.000038886	-0.001649398
0.44	-9.26640	-0.01785	0.00037	0.00108	0.00165	0.00109	0.00010	-0.00033	-0.00080	-0.002798403	0.000073795	0.000177466	0.000186485	0.000100554	0.000012975	-0.000028452	-0.000045433	-0.002321014
0.46	-3.83011	-0.02098	-0.00281	-0.00189	-0.00189	-0.00287	-0.00357	-0.00360	-0.00270	-0.003289116	-0.000563623	-0.000311868	-0.000212833	-0.000263979	-0.000463754	-0.000311024	-0.000154185	-0.005570381
0.48	1.60618	-0.02629	-0.00784	-0.00622	-0.00607	-0.00623	-0.00567	-0.00504	-0.00267	-0.004121986	-0.001572214	-0.001024975	-0.000683938	-0.000573317	-0.000736083	-0.000435218	-0.000152200	-0.009299931
0.50	2.03861	-0.03204	-0.01256	-0.00944	-0.00814	-0.00640	-0.00434	-0.00327	-0.00070	-0.005022607	-0.002517916	-0.001556536	-0.000916925	-0.000588455	-0.000563205	-0.000281972	-0.000039924	-0.011487540
0.52	6.38223	-0.03708	-0.01557	-0.01024	-0.00711	-0.00343	-0.00076	0.00014	0.00112	-0.005813009	-0.003121027	-0.001688419	-0.000800729	-0.000315254	-0.000098246	0.000011751	0.000064112	-0.011760820
0.54	10.72972	-0.04002	-0.01547	-0.00770	-0.00292	0.00141	0.00317	0.00328	0.00196	-0.006274384	-0.003101206	-0.001269379	-0.000328627	0.000130032	0.000411289	0.000283327	0.000111909	-0.010037040
0.56	15.07334	-0.03912	-0.01088	-0.00131	0.00385	0.00667	0.00623	0.00539	0.00246	-0.006133319	-0.002181958	-0.000215307	0.000434022	0.000613167	0.000808895	0.000464674	0.000140294	-0.006069531
0.58	9.45559	-0.03369	-0.00188	0.00781	0.01118	0.01037	0.00744	0.00595	0.00273	-0.005281773	-0.000376179	0.001287127	0.001259560	0.000953674	0.000966086	0.000513327	0.000155685	-0.000522492
0.60	3.84170	-0.02508	0.00923	0.01647	0.01573	0.01036	0.00584	0.00433	0.00195	-0.003931867	0.001850293	0.002715348	0.001773003	0.000952578	0.000759008	0.000373912	0.000111261	0.004603536
0.62	3.71042	-0.01512	0.01968	0.02173	0.01543	0.00646	0.00214	0.00123	0.00038	-0.002369855	0.003946499	0.003582125	0.001739120	0.000593717	0.000277300	0.000106533	0.000021610	0.007897049
0.64	3.57529	-0.00454	0.02804	0.02268	0.01101	0.00112	-0.00124	-0.00122	-0.00054	-0.000711603	0.005622629	0.003738903	0.001240759	0.000103314	-0.000160879	-0.000105124	-0.000030513	0.009697485
0.66	3.44401	0.00646	0.03367	0.01982	0.00470	-0.00284	-0.00246	-0.00171	-0.00030	0.001012036	0.006752149	0.003267405	0.000530001	-0.000260752	-0.000319166	-0.000147511	-0.000017031	0.010817132
0.68	-1.87645	0.01715	0.03576	0.01379	-0.00163	-0.00444	-0.00192	-0.00100	0.00004	0.002688982	0.007169603	0.002273512	-0.000183701	-0.000408269	-0.000249096	-0.000086220	0.000002052	0.011206863
0.70	-7.19690	0.02582	0.03287	0.00479	-0.00740	-0.00483	-0.00163	-0.00104	-0.00076	0.004047415	0.006590761	0.000789686	-0.000833392	-0.000444534	-0.000211079	-0.000089446	-0.000043096	0.009806315
0.72	-12.51736	0.03024	0.02366	-0.00694	-0.01273	-0.00577	-0.00313	-0.00294	-0.00261	0.004741437	0.004744855	-0.001144088	-0.001434119	-0.000530352	-0.000406963	-0.000253444	-0.000148606	0.005568720
0.74	-12.99227	0.02878	0.00791	-0.02028	-0.01746	-0.00788	-0.00610	-0.00590	-0.00426	0.004512359	0.001586499	-0.003344306	-0.001967864	-0.000724300	-0.000791991	-0.000508909	-0.000242948	-0.001481460
0.76	-22.09650	0.01998	-0.01391	-0.03393	-0.02157	-0.01100	-0.00937	-0.00865	-0.00516	0.003132434	-0.002789141	-0.005594917	-0.002431117	-0.001011480	-0.001216428	-0.000746216	-0.000294130	-0.010950995
0.78	-17.50577	0.00262	-0.04070	-0.04663	-0.02512	-0.01446	-0.01190	-0.01042	-0.00561	0.000410974	-0.008161706	-0.007688147	-0.002830534	-0.001330112	-0.001545697	-0.000899200	-0.000319699	-0.022364120
0.80	-12.91891	-0.02253	-0.06925	-0.05585	-0.02679	-0.01625	-0.01215	-0.01011	-0.00515	-0.003531672	-0.013886261	-0.009208831	-0.003019293	-0.001494155	-0.001577589	-0.000872701	-0.000293856	-0.033884359
0.82	-12.35906	-0.05365	-0.09553	-0.05928	-0.02538	-0.01496	-0.00973	-0.00772	-0.00384	-0.008410024	-0.019155265	-0.009773786	-0.002859585	-0.001376080	-0.001263933	-0.000666097	-0.000218860	-0.043723631
0.84	-11.79922	-0.08965	-0.11679	-0.05671	-0.02150	-0.01162	-0.00652	-0.00511	-0.00290	-0.014054294	-0.023416735	-0.009349929	-0.002423144	-0.001068764	-0.000846094	-0.000441024	-0.000165274	-0.051765257
0.86	-11.23937	-0.12980	-0.13130	-0.04940	-0.01672	-0.00817	-0.00448	-0.00390	-0.00289	-0.020348858	-0.026327573	-0.008144298	-0.001884271	-0.000751794	-0.000582246	-0.000336385	-0.000164571	-0.058539995
0.88	-10.67953	-0.17332	-0.13811	-0.03924	-0.01249	-0.00606	-0.00428	-0.00422	-0.00326	-0.027170641	-0.027691999	-0.006469409	-0.001407215	-0.000557077	-0.000555230	-0.000363953	-0.000186176	-0.064401700
0.90	-15.89188	-0.21994	-0.13753	-0.02883	-0.01022	-0.00611	-0.00565	-0.00555	-0.00371	-0.034480573	-0.027576080	-0.004753010	-0.001152123	-0.000561933	-0.000733935	-0.000478986	-0.000211403	-0.069948043
0.92	-21.10423	-0.27054	-0.13161	-0.02138	-0.01137	-0.00880	-0.00832	-0.00767	-0.00461	-0.042413124	-0.026389930	-0.003525635	-0.001280826	-0.000809046	-0.001080806	-0.000662117	-0.000262794	-0.076424278

t_n	percepatan tanah (m / sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	q_{n7}	q_{n8}	Simp. Modal I Mode ke-1	Simp. Modal I Mode ke-2	Simp. Modal I Mode ke-3	Simp. Modal I Mode ke-4	Simp. Modal I Mode ke-5	Simp. Modal I Mode ke-6	Simp. Modal I Mode ke-7	Simp. Modal I Mode ke-8	Simp. Total Tingkat I
0.94	-26.31658	-0.32649	-0.12326	-0.01956	-0.01647	-0.01368	-0.01174	-0.01031	-0.00608	-0.051183178	-0.024715553	-0.003225746	-0.001855539	-0.001257728	-0.001524265	-0.000889888	-0.000346962	-0.084998860
0.96	-31.52893	-0.38906	-0.11537	-0.02458	-0.02477	-0.01943	-0.01509	-0.01296	-0.00768	-0.060992711	-0.023132856	-0.004053549	-0.002790897	-0.001787279	-0.001960117	-0.001118424	-0.000437971	-0.096273805
0.98	-26.43241	-0.45843	-0.10959	-0.03534	-0.03390	-0.02397	-0.01718	-0.01460	-0.00848	-0.071867919	-0.021974115	-0.005826286	-0.003819843	-0.002204896	-0.002230940	-0.001260222	-0.000483534	-0.109667754
1.00	-21.33975	-0.53263	-0.10533	-0.04807	-0.04013	-0.02484	-0.01651	-0.01388	-0.00758	-0.083500181	-0.021119841	-0.007925959	-0.004521719	-0.002284162	-0.002143387	-0.001197355	-0.000432102	-0.123124706
1.02	-16.24709	-0.60862	-0.10094	-0.05841	-0.04062	-0.02118	-0.01298	-0.01074	-0.00545	-0.095413556	-0.020238923	-0.009630120	-0.004577584	-0.001948210	-0.001685056	-0.000927127	-0.000311043	-0.134731620
1.04	-16.44400	-0.68390	-0.09540	-0.06358	-0.03535	-0.01487	-0.00856	-0.00709	-0.00376	-0.107215093	-0.019128193	-0.010482634	-0.003983831	-0.001367668	-0.001111226	-0.000611650	-0.000214354	-0.144114648
1.06	-16.64477	-0.75704	-0.08887	-0.06312	-0.02687	-0.00921	-0.00581	-0.00515	-0.00358	-0.118681487	-0.017820053	-0.010407259	-0.003028001	-0.000847225	-0.000754600	-0.000444769	-0.000203936	-0.152187330
1.08	-9.37451	-0.82645	-0.08140	-0.05747	-0.01792	-0.00610	-0.00533	-0.00513	-0.00401	-0.129562041	-0.016321060	-0.009474908	-0.002018858	-0.000561027	-0.000691553	-0.000443076	-0.000228867	-0.159301390
1.10	-2.10425	-0.88910	-0.07168	-0.04660	-0.00952	-0.00461	-0.00515	-0.00493	-0.00321	-0.139383643	-0.014373165	-0.007682988	-0.001072959	-0.000424203	-0.000668369	-0.000425605	-0.000183244	-0.164214177
1.12	5.16602	-0.94135	-0.05804	-0.03078	-0.00171	-0.00280	-0.00328	-0.00282	-0.00088	-0.147575129	-0.011637981	-0.005075451	-0.000192726	-0.000257534	-0.000425332	-0.000243454	-0.000049991	-0.165457598
1.14	12.43628	-0.97973	-0.03927	-0.01113	0.00568	0.00057	0.00064	0.00108	0.00178	-0.153591850	-0.007873844	-0.001834743	0.000639574	0.000052636	0.000083021	0.000093063	0.000101231	-0.162330911
1.16	19.70654	-1.00097	-0.01471	0.01076	0.01288	0.00567	0.00564	0.00554	0.00380	-0.156922557	-0.002949774	0.001773706	0.001451848	0.000521644	0.000732358	0.000477798	0.000216508	-0.154698469
1.18	26.97681	-1.00208	0.01572	0.03313	0.02016	0.01183	0.01045	0.00940	0.00524	-0.157095783	0.003151522	0.005462641	0.002271474	0.001088031	0.001357310	0.000811345	0.000299005	-0.142654454
1.20	34.24707	-0.98033	0.05157	0.05445	0.02766	0.01809	0.01433	0.01232	0.00666	-0.153685647	0.010341022	0.008977923	0.003117257	0.001663808	0.001861515	0.001062717	0.000379957	-0.126281449
1.22	17.46716	-0.93571	0.08971	0.07152	0.03351	0.02195	0.01568	0.01307	0.00706	-0.146691096	0.017987082	0.011792434	0.003776587	0.002018290	0.002035902	0.001127834	0.000402830	-0.107550137
1.24	0.69112	-0.87329	0.12250	0.07824	0.03287	0.01914	0.01157	0.00910	0.00420	-0.136906083	0.024561788	0.012899442	0.003703613	0.001760645	0.001502949	0.000785579	0.000239628	-0.091452438
1.26	-16.08879	-0.80071	0.14114	0.06925	0.02200	0.00792	0.00160	0.00022	-0.00151	-0.125527860	0.028300025	0.011417857	0.002478998	0.000728277	0.000207705	0.000019145	-0.000086246	-0.082462100
1.28	-32.86869	-0.72567	0.13879	0.04291	0.00111	-0.00915	-0.01110	-0.01053	-0.00729	-0.113763688	0.027827878	0.007074841	0.000124719	-0.000841418	-0.001442038	-0.000908870	-0.000415641	-0.082344217
1.30	-49.64474	-0.65583	0.11099	0.00093	-0.02667	-0.02756	-0.02285	-0.01999	-0.01156	-0.102814890	0.022254536	0.000154039	-0.003005288	-0.002535145	-0.002966834	-0.001725281	-0.000659180	-0.091298042
1.32	-66.42464	-0.59872	0.05593	-0.05244	-0.05686	-0.04352	-0.03172	-0.02696	-0.01483	-0.093861138	0.011213910	-0.008647072	-0.006408053	-0.004002937	-0.004118898	-0.002326170	-0.000845755	-0.108996114
1.34	-49.83779	-0.55831	-0.02252	-0.10875	-0.08264	-0.05297	-0.03582	-0.03005	-0.01646	-0.087526339	-0.004516109	-0.017930296	-0.009312307	-0.004871808	-0.004651590	-0.002593382	-0.000938488	-0.132340319
1.36	-33.25479	-0.53171	-0.11244	-0.15455	-0.09466	-0.05105	-0.03207	-0.02649	-0.01393	-0.083356586	-0.022544863	-0.025482427	-0.010667015	-0.004694906	-0.004164553	-0.002285570	-0.000794261	-0.153990181
1.38	-34.37062	-0.51432	-0.20034	-0.17916	-0.08861	-0.03832	-0.02191	-0.01772	-0.00877	-0.080630199	-0.040169471	-0.029540285	-0.009985672	-0.003524537	-0.002844741	-0.001528787	-0.000500206	-0.168723898
1.40	-35.49031	-0.50497	-0.27730	-0.18053	-0.06944	-0.02274	-0.01247	-0.01038	-0.00611	-0.079163896	-0.055601244	-0.029766132	-0.007825410	-0.002091675	-0.001619437	-0.000895428	-0.000348619	-0.177311840
1.42	-36.61000	-0.50415	-0.33774	-0.16265	-0.04629	-0.01256	-0.00933	-0.00899	-0.00745	-0.079034996	-0.067720436	-0.026817663	-0.005216234	-0.001155574	-0.001211950	-0.000775305	-0.000424632	-0.182356789
1.44	-35.99996	-0.51206	-0.37783	-0.13213	-0.02721	-0.01106	-0.01243	-0.01250	-0.00989	-0.080275779	-0.075757950	-0.021786267	-0.003066360	-0.001017292	-0.001613589	-0.001078640	-0.000564030	-0.185159907
1.46	-35.38993	-0.52846	-0.39551	-0.09647	-0.01689	-0.01635	-0.01783	-0.01686	-0.01070	-0.082846506	-0.079303801	-0.015905322	-0.001903786	-0.001503619	-0.002315723	-0.001454954	-0.000610020	-0.185843730
1.48	-36.59456	-0.55299	-0.39091	-0.06282	-0.01632	-0.02400	-0.02159	-0.01891	-0.00986	-0.086691726	-0.078382212	-0.010357298	-0.001839651	-0.002207655	-0.002803726	-0.001632092	-0.000562055	-0.184476414
1.50	-37.79533	-0.58555	-0.36648	-0.03713	-0.02364	-0.03008	-0.02226	-0.01836	-0.00904	-0.091796215	-0.073482040	-0.006121795	-0.002664482	-0.002766045	-0.002890752	-0.001583943	-0.000515727	-0.181821000
1.52	-49.81462	-0.62719	-0.32740	-0.02404	-0.03609	-0.03342	-0.02155	-0.01751	-0.00983	-0.098324801	-0.065646128	-0.003963522	-0.004067445	-0.003073199	-0.002798598	-0.001510900	-0.000560631	-0.179945223
1.54	-29.54437	-0.67779	-0.27877	-0.02424	-0.04917	-0.03366	-0.02067	-0.01735	-0.01105	-0.106256430	-0.055896775	-0.003996183	-0.005540491	-0.003095939	-0.002684798	-0.001497248	-0.000629978	-0.179597841
1.56	-9.27026	-0.73174	-0.22111	-0.03123	-0.05487	-0.02799	-0.01684	-0.01451	-0.00874	-0.114715617	-0.044334990	-0.005149571	-0.006182957	-0.002573781	-0.002186579	-0.001252449	-0.000498268	-0.176894212
1.58	10.99999	-0.78029	-0.15265	-0.03557	-0.04665	-0.01468	-0.00768	-0.00642	-0.00217	-0.122325633	-0.030607754	-0.005865524	-0.005257521	-0.001349844	-0.000996784	-0.000554400	-0.000123916	-0.167081376
1.60	31.27024	-0.81478	-0.07273	-0.02985	-0.02366	0.00400	0.00529	0.00519	0.00521	-0.127733441	-0.014582867	-0.004921772	-0.002666552	0.000367591	0.000686628	0.000447661	0.000297089	-0.148105662
1.62	51.54435	-0.82686	0.01824	-0.00967	0.01036	0.02398	0.01882	0.01694	0.01081	-0.129627117	0.003656656	-0.001594768	0.001167855	0.002205863	0.002443396	0.001461700	0.000616576	-0.119669839
1.64	71.81460	-0.80853	0.11888	0.02604	0.04926	0.04181	0.03042	0.02656	0.01483	-0.126752572	0.023836925	0.004293530	0.005550966	0.003845364	0.003949732	0.002292045	0.000845719	-0.082138291
1.66	92.08485	-0.75225	0.22708	0.07541	0.08684	0.05599	0.03954	0.03397	0.01880	-0.117929550	0.045532418	0.012433939	0.009786170	0.005149676	0.005135129	0.002931141	0.001071914	-0.035889164
1.68	84.91497	-0.65378	0.33764	0.13204	0.11654	0.06510	0.04539	0.03872	0.02209	-0.102493212	0.067699433	0.021771059	0.013133151	0.005987545	0.005894215	0.003340955	0.001259749	0.016592894
1.70	77.74124	-0.51493	0.44038	0.18450	0.13123	0.06637	0.04554	0.03861	0.02199	-0.080724952	0.088301238	0.030420471	0.014788843	0.006104127	0.005914396	0.003331924	0.001253789	0.069389837
1.72	70.56750	-0.34071	0.52408	0.22160	0.12771	0.05937	0.03983	0.03356	0.01857	-0.053413358	0.105083811	0.036537348	0.014391776	0.005459916	0.005172134	0.002895554	0.001058942	0.117186123
1.74	63.39762	-0.13658	0.58007	0.23674	0.10895	0.04755	0.03154	0.02668	0.01487	-0.021412346	0.116310354	0.039034515	0.012277230	0.004373384	0.004096349	0.002301854	0.000847959	0.157829300
1.76	56.22388	0.09167	0.60284	0.22836	0.08177	0.03558	0.02440	0.02116	0.01278	0.014370661	0.120875669	0.037651512	0.009214872	0.003272147	0.003168420	0.001826060	0.000728955	0.191108297
1.78	62.32812	0.33931	0.59152	0.20048	0.05501	0.02780	0.02112	0.01906	0.01261	0.053193502	0.118604897	0.033055367	0.006198839	0.002556996	0.002742720	0.001645000	0.000718972	0.218716294
1.80	68.43623	0.60403	0.55083	0.16229	0.03745	0.02737	0.02311	0.02125	0.01423	0.094694072	0.110446117	0.026759114	0.004219860	0.002517661	0.003000780	0.001833891	0.000811706	0.244283201
1.82	51.02312	0.88231	0.48679	0.12241	0.03226	0.03243	0.02752	0.02485	0.01542	0.138319328	0.097605429	0.020182149	0.003635061	0.002982267	0.003573702	0.002144314	0.000879393	0.269321643
1.84	33.61001	1.16580	0.40261	0.08420	0.03437	0.03565	0.02780	0.02399	0.01278	0.182761812	0.080726633	0.013882521	0.003873564	0.003278622	0.003610558	0.002069870	0.000729001	0.290932582
1.86	16.20076	1.44383	0.30084	0.04814	0.03583	0.03094	0.02037	0.01621	0.00665	0.226349473	0.060320535	0.007938067	0.004037482	0.002845789	0.002644663	0.001398632	0.000379173	0.305913815
1.88	-1.21235	1.70592	0.18539	0.01425	0.03071	0.01759	0.00731	0.00439	0.00034	0.267436711	0.037172457	0.002350333	0.003460442	0.001617648	0.000948775	0.000378925	0.000019611	0.313384901
1.90	-18.62546	1.94186	0.06110	-0.01785	0.01644	-0.00098	-0.00669	-0.00701	-0.00418	0.304425538	0.012250549	-0.002943194	0.001852408	-0.000090530	-0.000869006	-0.000604805	-0.000238177	0.313782783

t_n	percepatan tanah (in / sec^2)	q_{n1}	q_{n2}	q_{n3}	q_{n4}	q_{n5}	q_{n6}	q_{n7}	q_{n8}	Simp. Modal I Mode ke-1	Simp. Modal I Mode ke-2	Simp. Modal I Mode ke-3	Simp. Modal I Mode ke-4	Simp. Modal I Mode ke-5	Simp. Modal I Mode ke-6	Simp. Modal I Mode ke-7	Simp. Modal I Mode ke-8	Simp. Total Tingkat I
1.92	-36.03857	2.14190	-0.06680	-0.04881	-0.00622	-0.01997	-0.01795	-0.01539	-0.00746	0.335786050	-0.013394860	-0.008047324	-0.000701469	-0.001836278	-0.002330969	-0.001328315	-0.000425453	0.307721381
1.94	-53.44782	2.29684	-0.19316	-0.07935	-0.03420	-0.03575	-0.02561	-0.02103	-0.01092	0.360075932	-0.038731205	-0.013083326	-0.003853617	-0.003288298	-0.003325139	-0.001814991	-0.000622635	0.295356720
1.96	-70.86093	2.39815	-0.31337	-0.11017	-0.06353	-0.04724	-0.03118	-0.02587	-0.01516	0.375958531	-0.062834354	-0.018164537	-0.007158899	-0.004345121	-0.004049417	-0.002232534	-0.000864350	0.276309317
1.98	-88.27404	2.43809	-0.42373	-0.14179	-0.09078	-0.05561	-0.03691	-0.03168	-0.01980	0.382219251	-0.084962649	-0.023377527	-0.010230247	-0.005114733	-0.004793584	-0.002733474	-0.001129263	0.249877775
2.00	-105.68329	2.40977	-0.52171	-0.17450	-0.11395	-0.06311	-0.04420	-0.03897	-0.02429	0.377780395	-0.104608647	-0.028771000	-0.012840589	-0.005804622	-0.005739824	-0.003362229	-0.001384927	0.215268556
2.02	-123.09640	2.30729	-0.60608	-0.20835	-0.13269	-0.07175	-0.05307	-0.04711	-0.02844	0.361714071	-0.121525934	-0.034353298	-0.014953289	-0.006598396	-0.006892085	-0.004064976	-0.001622085	0.171704007
2.04	-96.61766	2.13010	-0.67281	-0.23936	-0.14454	-0.07916	-0.05961	-0.05226	-0.03009	0.333935559	-0.134904813	-0.039466173	-0.016288684	-0.007279949	-0.007740421	-0.004509172	-0.001715810	0.122030536
2.06	-70.13893	1.88735	-0.71150	-0.25704	-0.14255	-0.07773	-0.05649	-0.04806	-0.02550	0.295879461	-0.142662692	-0.042381132	-0.016064065	-0.007148626	-0.007336171	-0.004147024	-0.001454429	0.074685323
2.08	-43.66405	1.59332	-0.71096	-0.25119	-0.12197	-0.06283	-0.04145	-0.03356	-0.01590	0.249784406	-0.142555520	-0.041416832	-0.013744544	-0.005778043	-0.005383018	-0.002895528	-0.000906490	0.037104431
2.10	-17.18531	1.26283	-0.66439	-0.21751	-0.08470	-0.03729	-0.01992	-0.01477	-0.00644	0.197973739	-0.133216479	-0.035863286	-0.009545005	-0.003429939	-0.002586172	-0.001274577	-0.000367181	0.011691100
2.12	9.29343	0.91104	-0.56959	-0.15738	-0.03719	-0.00800	0.00070	0.00166	0.00020	0.142824485	-0.114208931	-0.025947997	-0.004191201	-0.000735365	0.000090764	0.000143051	0.000011390	-0.002013804
2.14	35.77217	0.55327	-0.42887	-0.07666	0.01256	0.01848	0.01597	0.01298	0.00511	0.086735772	-0.085992422	-0.012640283	0.001415841	0.001699838	0.002073367	0.001119769	0.000291593	-0.005296524
2.16	62.25090	0.20474	-0.24842	0.01604	0.05776	0.03875	0.02605	0.02071	0.01045	0.032097191	-0.049811526	0.002644565	0.006509489	0.003563651	0.003382444	0.001786873	0.000595791	0.000768477
2.18	88.72964	-0.11955	-0.03752	0.11143	0.09455	0.05322	0.03407	0.02814	0.01699	-0.018742374	-0.007523335	0.018371959	0.010654940	0.004894787	0.004424712	0.002428460	0.000968655	0.015477804
2.20	115.20838	-0.40508	0.19259	0.20125	0.12247	0.06484	0.04334	0.03759	0.02407	-0.063505093	0.038616134	0.033181987	0.013801641	0.005963357	0.005627758	0.003243841	0.001372548	0.038302173
2.22	89.56362	-0.64313	0.42493	0.27507	0.13962	0.07313	0.05173	0.04580	0.02800	-0.100824092	0.085203492	0.045353599	0.015733709	0.006725448	0.006717685	0.003952128	0.001596934	0.064458902
2.24	63.91499	-0.83603	0.63389	0.31794	0.13930	0.07153	0.05117	0.04459	0.02394	-0.131063851	0.127100433	0.052421882	0.015697707	0.006578875	0.006645123	0.003847238	0.001364999	0.082592406
2.26	38.27023	-0.99183	0.79302	0.31836	0.11738	0.05605	0.03789	0.03131	0.01360	-0.155488936	0.159008729	0.052491531	0.013227853	0.005154635	0.004920193	0.002701719	0.000775510	0.082791236
2.28	12.62547	-1.11902	0.88243	0.27433	0.07714	0.03015	0.01678	0.01205	0.00358	-0.175428402	0.176936165	0.045231437	0.008693174	0.002772704	0.002179003	0.001040007	0.000203958	0.061628047
2.30	-13.01929	-1.22637	0.88998	0.19211	0.02656	0.00105	-0.00431	-0.00542	-0.00285	-0.192257821	0.178450084	0.031675200	0.002992861	0.000096503	-0.000560341	-0.000467563	-0.000162411	0.019766511
2.32	-38.66405	-1.32284	0.81179	0.08376	-0.02516	-0.02467	-0.02016	-0.01725	-0.00714	-0.207380929	0.162771943	0.013810687	-0.002835608	-0.002268896	-0.002618081	-0.001488881	-0.000406944	-0.040416709
2.34	-64.30882	-1.41743	0.65192	-0.03598	-0.07062	-0.04388	-0.03032	-0.02461	-0.01200	-0.222211009	0.130717048	-0.005933019	-0.007958266	-0.004035442	-0.003937157	-0.002123633	-0.000684501	-0.116165979
2.36	-89.95744	-1.51912	0.42141	-0.15279	-0.10601	-0.05732	-0.03781	-0.03112	-0.01840	-0.238152378	0.084496834	-0.025192741	-0.011946118	-0.005271403	-0.004910239	-0.002685195	-0.001049236	-0.204710478
2.38	-115.60220	-1.63668	0.13671	-0.25523	-0.13141	-0.06814	-0.04622	-0.03966	-0.02546	-0.256582107	0.027412250	-0.042082630	-0.014808784	-0.006266948	-0.006001737	-0.003422480	-0.001451990	-0.303204425
2.40	-1.62548	-1.76475	-0.16906	-0.32413	-0.13858	-0.06943	-0.04778	-0.04156	-0.02450	-0.276660396	-0.033898414	-0.053443254	-0.015616639	-0.006385880	-0.006204669	-0.003586446	-0.001397389	-0.397193088
2.42	112.35124	-1.87019	-0.43731	-0.32513	-0.10404	-0.03993	-0.02208	-0.01707	-0.00281	-0.293190002	-0.087685605	-0.053607938	-0.011724365	-0.003672346	-0.002866919	-0.001472597	-0.000159962	-0.454379734
2.44	86.40918	-1.92047	-0.61741	-0.24170	-0.02226	0.02142	0.02863	0.02951	0.02783	-0.301071997	-0.123797282	-0.039852170	-0.002508228	0.001970199	0.003717454	0.002546157	0.001587174	-0.457408693
2.46	60.47098	-1.91184	-0.69682	-0.09956	0.07428	0.08012	0.06897	0.06266	0.03769	-0.299719598	-0.139719152	-0.016415975	0.008370776	0.007368787	0.008956177	0.005406543	0.002149591	-0.423602852
2.48	34.52892	-1.85526	-0.68609	0.05712	0.14494	0.10251	0.07171	0.05894	0.02176	-0.290848436	-0.137567055	0.009418660	0.016333165	0.009427973	0.009311984	0.005085920	0.001240938	-0.377596851
2.50	8.58686	-1.76218	-0.60297	0.18890	0.16627	0.08123	0.04056	0.02704	0.00054	-0.276256933	-0.120902468	0.031145234	0.018736814	0.007470926	0.005267112	0.002332929	0.000030815	-0.332175571
2.52	-17.35520	-1.64446	-0.47031	0.26727	0.13501	0.03095	-0.00223	-0.00930	-0.01010	-0.257802029	-0.094301640	0.044067274	0.015213898	0.002846358	-0.000289489	-0.000802607	-0.000575793	-0.291644028
2.54	7.08107	-1.50916	-0.30881	0.28241	0.06842	-0.02098	-0.03152	-0.02860	-0.00834	-0.236590696	-0.061919924	0.046563239	0.007709948	-0.001929737	-0.004093784	-0.002467488	-0.000475395	-0.253203836
2.56	31.51734	-1.35350	-0.13070	0.24620	-0.00157	-0.04692	-0.03145	-0.02135	0.00114	-0.212188674	-0.026206270	0.040592675	-0.000176515	-0.004314156	-0.004084040	-0.001842499	0.000064951	-0.208155529
2.58	55.94975	-1.17002	0.05602	0.18213	-0.04536	-0.03534	-0.00505	0.00476	0.01159	-0.183423840	0.011233247	0.030028940	-0.005112165	-0.003250420	-0.000655455	0.000410723	0.000661175	-0.150107796
2.60	80.38602	-0.95166	0.24320	0.11478	-0.04810	0.00484	0.03029	0.03264	0.01850	-0.149191855	0.048764514	0.018925676	-0.005420934	0.000445231	0.003933773	0.002816679	0.001054914	-0.078672002
2.62	73.25475	-0.69504	0.42033	0.06252	-0.01318	0.05194	0.05556	0.04806	0.02087	-0.108960888	0.084279383	0.010308485	-0.001485637	0.004776655	0.007214399	0.004147244	0.001190339	0.001469979
2.64	66.11963	-0.40355	0.57267	0.03245	0.04045	0.08272	0.05956	0.04572	0.01882	-0.063264440	0.114826674	0.005349962	0.004558228	0.007607340	0.007733818	0.003945220	0.001073352	0.081830152
2.66	53.12350	-0.08474	0.68538	0.02327	0.08965	0.08534	0.04463	0.03118	0.01434	-0.013284940	0.137424992	0.003836324	0.010102348	0.007848699	0.005796241	0.002690855	0.000817948	0.155232468
2.68	40.12737	0.25239	0.74717	0.02914	0.11703	0.06336	0.02259	0.01512	0.01007	0.039567531	0.149814737	0.004804789	0.013188431	0.005827267	0.002933185	0.001304790	0.000574030	0.218014759
2.70	27.13125	0.59812	0.75165	0.04199	0.11531	0.03007	0.00505	0.00500	0.00691	0.093766977	0.150713336	0.006923876	0.012994529	0.002765586	0.000656155	0.000431095	0.000394211	0.268645764
2.72	14.13512	0.94268	0.69804	0.05384	0.08758	0.00006	-0.00282	0.00179	0.00437	0.147783670	0.139963300	0.008876654	0.009868937	0.000005492	-0.000365836	0.000154047	0.000249266	0.306535530
2.74	1.13900	1.27642	0.59078	0.05819	0.04396	-0.01781	-0.00321	0.00166	0.00161	0.200104186	0.118458056	0.009593684	0.004953578	-0.001637652	-0.000417346	0.000143279	0.000091963	0.331289747
2.76	-11.85713	1.58992	0.43878	0.05097	-0.00303	-0.02276	-0.00196	0.00017	-0.00162	0.249251055	0.087979904	0.008403214	-0.000341669	-0.002093668	-0.000254656	0.000014491	-0.000092156	0.342866516
2.78	-2.16602	1.87635	0.25634	0.03282	-0.04096	-0.01847	-0.00235	-0.00318	-0.00379	0.294154641	0.051398354	0.005411890	-0.004615292	-0.001698795	-0.000305572	-0.000274260	-0.000216169	0.343854796
2.80	7.52123	2.13380	0.06362	0.01021	-0.05931	-0.00837	-0.00251	-0.00450	-0.00256	0.334516254	0.012755912	0.001683350	-0.006683629	-0.000770070	-0.000325916	-0.000388206	-0.000145932	0.340641763
2.82	17.21234	2.36303	-0.11776	-0.00871	-0.05404	0.00412	0.00025	-0.00110	0.00152	0.370452154	-0.023611236	-0.001436533	-0.006090098	0.000378863	0.000032599	-0.000095237	0.000086883	0.339717394
2.84	24.97295	2.56494	-0.26904	-0.01796	-0.02925	0.01535	0.00589	0.00557	0.00548	0.402105458	-0.053945967	-0.002960937	-0.003296346	0.001411879	0.000764703	0.000480756	0.000312719	0.344872265
2.86	32.73356	2.74041	-0.37602	-0.01460	0.00578	0.02302	0.01243	0.01223	0.00761	0.429614001	-0.075396130	-0.002406851	0.000651871	0.002116831	0.001614503	0.001055594	0.000434018	0.357683837
2.88	40.49031	2.89047	-0.42971	0.00139	0.04073	0.02696	0.01790	0.01664	0.00852	0.453138485	-0.086161707	0.000229588	0.004590363	0.002479328	0.002324939	0.001436078	0.000486054	0.378523128