TUGAS AKHIR

ANALISA KEEFEKTIFAN SISTEM ISOLASI BOLA BERPUTAR PADA STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT 10

(Analysis of The Efectivity Rolling-Ball of Isolation System in a Ten-Stories Building Structure)

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

DISUSUN OLEH :
AGUS SUJATMIKO 95310069
M. ZAMRONI 95310227

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISA KEEFEKTIFAN SISTEM ISOLASI BOLA BERPUTAR PADA STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT 10

(Analysis of The Efectivity Rolling-Ball of Isolation System in a Ten-Stories Building Structure)

diajukan sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh :

Nama : Agus Sudjatmiko
No.Mhs : 95310069
NIRM : 950051013114120068

Nama : Muhammad Zamroni
No.Mhs : 95310227
NIRM : 950051013114120224

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

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

Tanggal : 07/12/2001

Ir. Helmi Akbar Bale, MT
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 7/12/01

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya terbesarku buat :

Kedua ***orang tua kami*** *yang tercinta berkat restu dan doa ayahanda dan ibundalah ananda dapat menuntaskan karya besar kami....*

Saudara-saudaraku
Mas Udin, Nopec *dan* ***Uyun*** *yang tercinta yang tiada henti-hentinya memberikan dorongan semangat demi terselesaikannya salah satu tugas terpenting dan terbesar dalam hidup kami ini....*

Teman-temanku
Teman-teman lempong sari B-7, ***Yusron*** *(jangan bosen ya ama onnik),* ***Sigit*** *(Bang thank's atas kebersamaannya),* ***Mas Adhi*** *(Nasehat-nasehatmu selalu ku ingat and still gaul kan ?),* ***Heru*** *(Ru..cari cewek lagi dong... jangan kebanyakan milih..),* ***Jimmy*** *(teruskan perjuanganmu, jim..), My partner* ***Agus'otong'Sujatmiko*** *(jangan sampai keterusan tong ntar asam uratnya kambuh dan yang sabar ya..),* ***Mbak Mimi*** *(sering-sering nimbang dong...),* ***Lia*** *(kamu benar-benar cewek li..'n jagain abang ya...),* ***Kaboel*** *(boel..jangan teori terus dong kapan prakteknya ?),* ***Sandot*** *(hati-hati kolesterol...),* ***Ajo'EQ'*** *(kapan lulusnya loe..),* ***Mail*** *(apa sih enaknya jadi jomblo sejati ?),* ***Teman-teman SMA Moeh1'seatle'*** *(akhirnya sang ketua lulus juga...),* ***Adek Anggie*** *(walaupun baru kenal tapi jangan lupain Abang ya),* ***T-Mack 'n Yudi*** *(jangan putus asa men... terjang terussss),* ***Mas Opang*** *(makasih atas bantuannya dan petuahnya),* ***Panji'97*** *(makasih atas kursus gratisnya),* ***Noyya*** *(jangan kebanyakan gaul ntar lupa ama yang lain...),* ***Teman-teman KKN (Didik, Asrori, Aris, Ma'cie, Debi, Yani dan Rinda),*** ***Ade'92*** *(kemana aja loe..? udah dapet jodoh belom..?),* ***Hakim*** *(TA-mu jadi acuanku tapi banyak koreksinya..),* ***Imam, Iping, Andi, Asyiq, Ade'95, Deni, Argo, Toto*** *dan kawan-kawan lain yang tidak dapat kami sebutkan semua disini... ... .*

Motto :

"Kesabaran dan Ketekunan Adalah Awal Dari Kesuksesan"

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada seluruh makhluk ciptaan-Nya. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, yang telah membawa manusia kejalan yang diridhoi Allah SWT.

Akhirnya kami (penulis) dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai acuan wawasan dan merupakan salah satu syarat dalam menempuh jenjang studi S1, yang telah dipresentasikan dihadapan mahasiswa dan dosen penguji dengan judul ***"Analisys of The Efectivity Rolling-Ball System of Isolation System in a Ten-Stories Building Structure*** **" ("Analisa Keefektifan Sistem Isolasi Bola Berputar pada Struktur Bangunan Bertingkat 10").**

Proses penyusunan tugas akhir ini berjalan dengan lancar berkat dukungan dari berbagai pihak, untuk itu perkenankanlah kami (penulis) mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,

3. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSc, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Satu dan Kepala Lembaga Penelitian Univesitas Islam Indonesia Yogyakarta,
4. Bapak Ir. Helmi Akbar Bale, MT. selaku Dosen Pembimbing Dua,
5. Bapak Ir. Suharyatmo, MT selaku Dosen Tamu Pendadaran,
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
7. Kedua orang tua dan saudara-saudara kami yang telah memberikan bantuan dan dorongan, baik moral maupun materil dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
8. Teman-teman Lempong sari B-7 (Yusron, Sigit-Lia, Heru, Mas Adhi, Jimmy, Sandy, Kaboel) dan teman-teman gaul (T-Mack, Yudi, Ajo'EQ', Ma'il, Mas Opank, Panji'97),dan
9. Teman-teman seperjuangan kelas D angkatan 1995 :

Semoga Allah SWT membalas segala amal kebaikan yang telah diberikan kepada kami (penulis), semoga tugas akhir ini dapat bermanfat untuk kita semua baik sekarang maupun untuk masa yang akan datang, Amin.

Walaikum salam Wr. Wb.

Yogyakarta, 03 Desember 2001

penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PERSEMBAHAN iii

HALAMAN MOTTO iv

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR NOTASI xiv

DAFTAR LAMPIRAN xvi

ABSTRAK xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Batasan Masalah 3

1.4. Tujuan Penelitian 4

1.5. Manfaat Penelitian 4

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Umum 5

2.2. Prinsip Sistem *Base Isolation* 7

2.3. Manfaat Sistem *Base Isolation* 8

2.4. Jenis-Jenis Isolasi Dasar (*Base Isolation*) 9

2.4.1. *Rubber Type Seismic Isolation* 9

2.4.2. *Non-Rubber Type Seismic Isolation* 9

2.4. Sistem Rolling-Ball untuk *Base Isolation* 10

2.6. Perletakkan *Isolator* Dasar 11

2.7. Penelitian Terdahulu 15

BAB III LANDASAN TEORI

3.1. Prinsip Bangunan Geser 17

3.2. Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Tunggal 18

3.3. Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Banyak 20

3.3.1 Nilai Karakterisktik (*Eigenproblem*) 24

3.4. Persamaan Gerak akibat Beban Gempa 26

3.5. Jenis-jenis Simpangan 28

3.5.1. Simpangan Relatif 28

3.5.2. Simpangan Antar Tingkat. 30

3.5.3. Simpangan Absolut 31

3.6. Gaya Geser Tingkat 32

3.7. Momen Guling (*Overturning Moment*) 33

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Data Struktur 34

4.2. Data Alat Peredam (*Base Isolator*) 35

4.3. Pengolahan Data 35

4.4. Hipotesis 37

4.5. Pengujian 37

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Analisis 39

5.1.1. Perhitungan Beban Struktur 39

5.1.2 Perhitungan Beban Tiap Node Tiap Tingkat 41

5.1.3. Menentukan Dukungan *Fixed Based* dan *Base Isolation* 42

5.1.4 Memvariasikan Nilai Kekakuan (*Stiffness*) Alat Peredam (Isolator) ... 42

5.1.5. Hasil Perhitungan Simpangan Relatif 43

5.1.6. Hasil Perhitungan Antar Tingkat (*Inter storey drift*) 46

5.1.7. Hasil Perhitungan Gaya Geser Tingkat 47

5.1.8. Hasil Perhitungan Momen Guling 49

5.1.9. Hasil Perhitungan Simpangan Relatif dengan Variasi Kekakuan pada Alat Peredam 50

5.1.10. Hasil Perhitungan Simpangan Antar Tingkat dengan Variasi Kekakuan pada Alat Peredam 53

5.1.11. Hasil Perhitungan Gaya Geser Tingkat dengan Variasi Kekakuan pada Alat Peredam 54

5.1.12. Hasil Perhitungan Momen Guling dengan Variasi Kekakuan pada Alat Peredam 56

5.2. Pembahasan 57

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan 63

6.2. Saran 64

PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Spesifikasi Sistem Bola Berputar (*Rolling-Ball*).....35

Tabel 5.1. Hasil perhitungan beban lantai..... 41

Tabel 5.2. Hasil perhitungan beban node..... 42

Tabel 5.3. Simpangan Relatif terhadap Pondasi (*Bottom Mounting Plate*) 44

Tabel 5.4. Simpangan Relatif terhadap *Base Plate* (*Top Mounting Plate*) 44

Tabel 5.5. Simpangan Antar Tingkat (*Inter Storey Drift*)..... 46

Tabel 5.6. Gaya Geser Tingkat..... 48

Tabel 5.7. Momen Guling(*Overturning Moment*)..... 49

Tabel 5.8. Simpangan Relatif terhadap Pondasi dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam..... 51

Tabel 5.9. Simpangan Relatif terhadap Plat Dasar dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam..... 51

Tabel 5.10. Simpangan Antar Tingkat dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam..... 53

Tabel 5.11. Gaya Geser Tingkat dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam..... 55

Tabel 5.12. Momen Guling (*Overturning Moment*) dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam..... 56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Klasifikasi sistem kontrol struktur..... 6

Gambar 2.2. Hubungan waktu getar alami struktur dan respons maksimum.... 7

Gambar 2.3. Isolator dasar ditempatkan pada dasar kolom lantai pertama..... 12

Gambar 2.4. Isolator dasar diletakan pada puncak dari kolom *basement*..... 13

Gambar 2.5. Isolator dasar diletakan pada tengah-tengah kolom *basement* 14

Gambar 2.6. Isolator dasar diletakan pada *sub-basement*..... 15

Gambar 3.1. Beban Dinamik pada Struktur SDOF 19

Gambar 3.2. Beban Dinamik pada Struktur MDOF..... 21

Gambar 3.3. Sistem Derajat Kebebasan Tunggal dengan Beban Gempa..... 27

Gambar 3.4. Simpangan Relatif pada Struktur *Base Isolation* ..... .30

Gambar 3.5. Model Struktur dengan Jenis-Jenis Simpanganya..... .32

Gambar 4.1.Bagan Alir Komparasi *Fixed Base* dengan *Base Isolation*..... 36

Gambar 4.2. Struktur 3D tanpa *rubber bearing* 37

Gambar 4.3. Struktur 3D denagan *rubber bearing* 38

Gambar 5.1. Grafik Simpangan Relatif Terhadap Pondasi 45

Gambar 5.2. Grafik Simpangan Relatif Terhadap *Base Plat* 45

Gambar 5.3. Grafik Simpangan Antar Tingkat (*inter storey drift*)..... 47

Gambar 5.4. Grafik Gaya Geser Tingkat 48

Gambar 5.5. Grafik Momen Guling 50

Gambar 5.6. Simpangan Relatif terhadap Pondasi dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam..... 52

Gambar 5.7. Simpangan Relatif terhadap Plat Dasar dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam..... 52

Gambar 5.8. Simpangan Antar Tingkat dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam 54

Gambar 5.9. Gaya Geser Tingkat (*inter story drift*) dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam 55

Gambar 5.10. Momen Guling (*overturning moment*) dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam 56

DAFTAR NOTASI

c = redaman struktur

C = koefisien redaman gempa

F = gaya geser tingkat

g = percepatan gravitasi

k = kekakuan struktur

m = massa struktur

T = waktu gempa alami struktur

t = waktu

V = gaya geser dasar

W_l = beban hidup

W_d = beban mati

y = simpangan

y_i = simpangan relatif

y_e = simpangan terhadap tanah

y_p = simpangan relatif terhadap plat dasar

y_f = simpangan relatif terhadap pondasi

$\ddot{y}$ = percepatan tanah

$\dot{y}$ = kecepatan

Z = modal amplitudo simpangan

ξ = ratio redaman

ω = frekuensi sudut

φ = mode shape

Δ_v = simpangan antar tingkat

$[C]$ = matriks redaman

$[K]$ = matriks kekakuan

$[M]$ = matriks massa

$P(t)$ = beban dinamik

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Grafik Perbandingan Bangunan *Fixed* dan *Isolated*

Lampiran II Grafik Variasi Kekakuan Alat Peredam

Lampiran III *Input Data*

Lampiran IV *Picture 1 Node Numbers.*

Lampiran V *Picture 2 Beam Numbers.*

Lampiran VI *Picture Design of Rolling-Ball Isolators*

Lampiran VII Grafik Percepatan Riwayat Waktu Gempa El-Centro1940

Lampiran VIII Gambar Visualisasi

Lampiran IX Periode Waktu Getar

Lampiran X Kartu Peserta Tugas Akhir.

ABSTRAK

Metode untuk mereduksi efek gempa bumi pada struktur adalah dengan sistem kontrol (seismic control). Salah satu sistem yang cukup berkembang baik adalah sistem kontrol bersifat pasif yang terletak pada dasar bangunan (base isolation).

Isolasi dasar (base isolation) yang digunakan dalam penelitian ini adalah bola berputar (rolling-ball) yang diletakkan pada dasar bangunan yaitu antara pondasi dengan bangunan atas. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui performansi isolasi dasar berdasarkan simpangan relatif pada plat dasar dan pondasi, simpangan antar tingkat (inter storey drift), gaya geser, momen guling dan variasi kekakuan alat peredam.

Pada tugas akhir ini menggunakan beban dinamik dengan getaran gempa berupa riwayat waktu dari gempa El Centro. Penulis menggunakan model struktur bangunan bertingkat 10 dengan massa tiap lantai sama. Dalam perhitungannya penulis menggunakan program SAP 90 version 5.4, sap2000 dan Microsoft Excel 2000, kemudian hasilnya disajikan dalam bentuk grafik, tabel simpangan struktur, simpangan antar tingkat, gaya geser dan momen guling.

Hasil analisis menunjukkan dengan menggunakan rolling-ball simpangan relatif pada plat dasar direduksi sampai dengan 97,982 % sedangkan pada pondasi direduksi sampai dengan 44,154 %. Untuk simpangan antar tingkat direduksi sampai dengan 97,842 %, gaya geser tingkat direduksi sebesar 98,593 % dan momen guling (overturning moment) direduksi sebesar 98,565 %. Pengaruh variasi kekakuan alat peredam cukup besar terhadap simpangan, gaya geser dan momen guling yang terjadi dengan peningkatan kurang lebih 50 %.

Hasil simpangan relatif, simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat dan momen guling diatas dapat membuktikan bahwa struktur yang menggunakan isolasi dasar berupa rolling-ball dapat mereduksi sebagian besar gaya-gaya yang terjadi pada struktur tersebut. Oleh karena itu, Indonesia yang sebagian besar wilayahnya rawan gempa sebaiknya mulai menjajaki penggunaan metode ini.

BAB I

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian sebagaimana yang akan diuraikan berikut ini.

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 waktunya tidak dapat diduga, sehingga sering menimbulkan korban jiwa maupun kerugian material. Kerusakan-kerusakan struktur yang disebabkan oleh gempa bumi antara lain permukaan tanah pecah-pecah, batu yang berjatuhan, tanah longsor, penurunan permukaan tanah, hilangnya daya dukung tanah dan kerusakan yang bersifat non material.

Pencegahan kerusakan bangunan atau pengamanan akibat getaran gempa bumi dapat ditempuh melalui dua cara, yaitu peningkatan kekuatan struktur bangunan dan isolasi getaran.

Sistem pencegahan kerusakan atau pengamanan yang paling populer adalah cara meningkatkan kekuatan struktur bangunan, bila bangunan tersebut berhubungan langsung dengan tanah atau tempat pondasi bangunan (*fixed base*).

Sistem pengamanan lain yang paling popularitas semakin meningkat dewasa ini adalah dengan cara mengisolasi bangunan atas terhadap pondasi bangunan tersebut dengan materi tertentu atau disebut desain bangunan dengan isolasi dasar (*isolated base*).

Salah satu bentuk alternatifnya yaitu isolator yang terdiri dari bola kaku yang berputar menempuh suatu permukaan *dissipative* (alat lapisan-karet-bola-berputar). Isolasi struktur dari komponen horisontal pergerakan tanah menjadi diadopsi secara lebih luas sebagai teknik untuk memberikan perlindungan dari kerusakan gempa. Berlawanan dengan metode-metode yang mengandalkan pada penguatan, isolasi seismik, dengan mengurangi tenaga gempa yang dipancarkan ke struktur tersebut, juga bisa melindungi isi dan elemen-elemen sekunder (seperti jendela dan perabotan) .Selain itu pengurangan atau penghilangan kerusakan permanen yang menonjol untuk struktur itu sendiri kemungkinan adalah membiarkannya dalam suatu kondisi yang bisa diperbaiki.

1.2 Rumusan Masalah

Bangunan tinggi relatif lebih fleksibel, sehingga gaya gempa dapat mengakibatkan simpangan yang terjadi relatif semakin besar.Dengan mengunakan sistem isolasi *rolling-ball* pada gedung bertingkat diharapkan dapat mengurangi simpangan horisontal struktur bangunan bertingkat. Untuk mengetahui efektifitas sistem isolasi *rolling-ball* ini terhadap gempa, penulis mencoba untuk melakukan komparasi antara bangunan konvensional tanpa isolasi *rolling-ball*, dengan

bangunan yang menggunakan sistem isolasi *rolling-ball* dengan beberapa tinjauan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil adalah:

1. parameter yang ditinjau sebagai komparasi adalah simpangan relatif, simpangan antar tingkat (*inter story drift*), gaya geser tingkat dan momen guling,
2. analisis dinamika struktur dibatasi pada kondisi linier elastis,
3. pada tiap lantai massa lantai struktur dianggap mengumpal pada satu titik (*lumped mass*),
4. parameter struktur bangunan yang digunakan adalah gedung perkantoran dengan tinggi sedang yakni 10 tingkat,
5. getaran gempa arah vertikal diabaikan,
6. efek P-delta dan torsi diabaikan,
7. digunakan dua model struktur yaitu model struktur tanpa isolasi dasar dan dengan isolasi dasar yang terletak didasar kolom lantai pertama atau diantara pondasi dengan bangunan atas,
8. kontrol redaman gempa (*seismic control*) dengan isolasi dasar (*base isolation*) yang digunakan adalah kontrol redaman pasif dengan *rolling-ball*,
9. metode analisa dinamika menggunakan riwayat waktu dengan data rekaman percepatan gempa *El-Centro* 1940, dan

10. analisis hitungan menggunakan program SAP90, SAP 2000 dan Microsoft Excel 2000

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besarnya simpangan horisontal, gaya geser, momen guling dan efektifitas sistem isolasi *rolling-ball* pada bangunan bertingkat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah untuk :

1. Mengetahui keefektifan simpangan bangunan dengan menggunakan sistem isolasi *rolling-ball* apabila dikenai gaya gempa, dan
2. Menambah alternatif penyelesaian pada banguanan tinggi tahan gempa, dengan mempergunakan sistem isolasi *rolling-ball*.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Bab kajian pustaka berisi tentang masalah umum *base isolation*, prinsip sistem *base isolation*, manfaat sistem *base isolation*, jenis-jenis *base isolation*, sistem *rolling ball* untuk *base isolation* dan perletakan *base isolation* sebagaimana yang akan dijelaskan berikut ini.

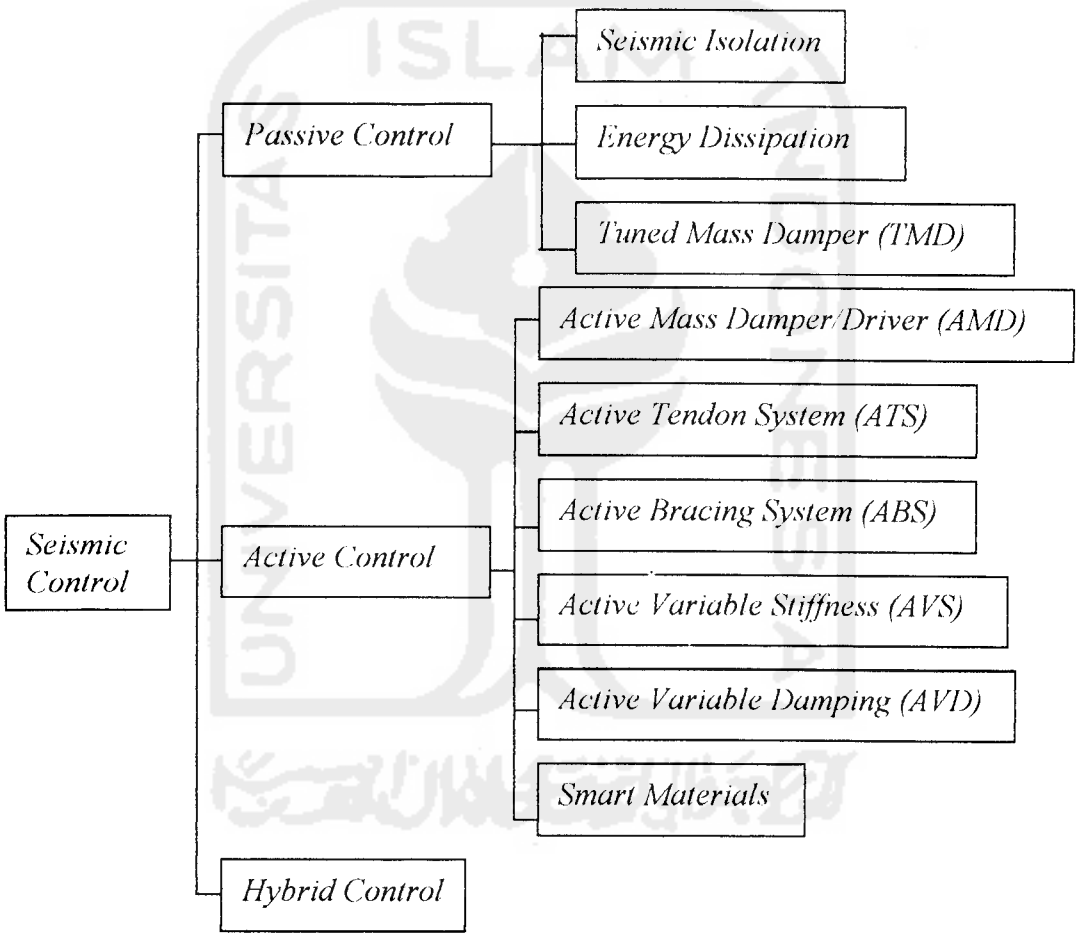
2.1 Umum

Perkembangan teknologi anti gempa dewasa ini telah memunculkan metode-metode baru. Metode yang sedang dan terus berkembang belakangan ini adalah sistem kontrol gempa *(seismic control)* pada struktur. Klasifikasi sistem kontrol gempa *(seismic control)* ini pada struktur dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Salah satu sistem kontrol gempa yang penggunaannya semakin luas dewasa ini adalah isolasi gempa bumi (*seismic isolation*). Bila sistem isolasi gempa dipasang pada dasar bangunan, disebut isolasi dasar (*base isolation*).

Isolasi dasar (*base isolation*) adalah suatu cara perlindungan bangunan terhadap getaran gempa bumi. Pada dasarnya, cara perlindungan tersebut dicapai melalui pengurangan getaran gempa bumi ke arah horisontal oleh suatu sistem sehingga memungkinkan bangunan untuk bergerak bebas saat berlangsung gempa bumi tanpa tertahan langsung oleh pondasi (Siswantoro dan Bhuana, 1995).

Perlindungan bangunan dengan menggunakan sistem isolasi dasar dinilai lebih unggul daripada melalui peningkatan struktur bangunan (cara konvensional) karena sistem tersebut sekaligus dapat melindungi seluruh isi bangunan. Perbandingan perilaku bangunan pada waktu menerima pergerakan tanah akibat gempa (*earthquake ground motion*) antara bangunan konvensional dengan bangunan yang telah menggunakan isolasi dasar.



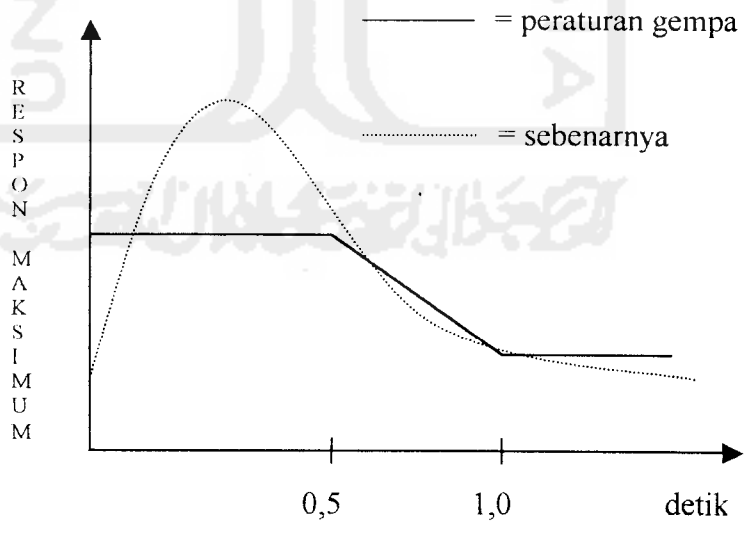
Gambar 2.1 Klasifikasi sistem kontrol struktur (Lin, 1997)

2.2 Prinsip Sistem Base Isolation

Prinsip dasar dari struktur dengan sistem isolasi dasar *(base isolation)* adalah penggunaan material khusus peredam getaran (*seismic isolator*) yang terletak diantara bangunan dengan pondasi dasar untuk mencegah getaran gempa langsung mengenai struktur.

Material peredam gempa (*seismic isolator*) yang digunakan bertujuan untuk memperbesar waktu getar alami struktur (T) akibat gempa, sehingga beban gempa yang mengenai struktur menjadi lebih kecil dan tidak membahayakan sturktur beserta isinya (Tjokrodimuljo,1993).

Respon maksimum suatu struktur terjadi bila waktu getar alami struktur rendah (dibawah 1 detik). Dengan demikian jika struktur mempunyai waktu getar alami lebih dari 1 detik, maka respon struktur akan mengecil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Hubungan waktu getar alami struktur dan respon maksimum

2.3. Manfaat Sistem Base Isolation

Banyak manfaat atau keuntungan yang cukup signifikan yang didapat dari bangunan yang menggunakan sistem isolasi dasar. Beberapa keuntungan yang didapat dari penggunaan sistem isolasi dasar pada bangunan antara lain seperti yang dijelaskan berikut ini.

1. Kemampuan menahan beban bangunan yang diisolasi dan meneruskan defleksi horisontal relatif terhadap bumi/tanah (BPPP,1997).
2. Mempunyai tenaga pemulihan untuk mengembalikan bangunan pada posisi semula relatif terhadap bumi/tanah (BPPP,1997).
3. Kemampuan meredam untuk mengurangi akselerasi defleksi horisontal relatif terhadap tanah, sehingga dapat mencegah struktur rusak ataupun runtuh jika terkena gempa (BPPP,1997).
4. Penggunaannya sangat fleksibel karena dapat digunakan pada bangunan baru maupun bangunan lama (*retrofitting*). (Lin,1997 : 44-55)
5. Umur kerja dari isolatornya relatif panjang yakni berkisar 70-100 tahun sehingga bisa lebih lama dari umur bangunan itu sendiri (Lin, 1997).
6. Biayanya relatif lebih ekonomis, menurut Siswantoro dan Bhuana (1995) untuk bangunan baru penambahan sekitar 2,5%-7% dari total biaya, (bandingkan dengan penambahan biaya yang menggunakan konstruksi baja sebesar 20%-30%), sedangkan menurut Kelly (1997) pada bangunan yang menggunakan isolasi dasar dengan cara *retrofitting,* biaya isolatornya hanya 2%-4% dari total biaya rehabilitasi (*seismic rehabilitation*) dan

biaya perbaikkan setelah terkena gempa (*post earth quake repair cost*) lebih kecil dibandingkan dengan bangunan sistem konvensional.

2.4. Jenis-Jenis Isolasi Dasar (*Base Isolation*)

Secara garis besar isolasi dasar dibagi kedalam dua kelompok, yaitu isolasi dasar yang menggunakan material karet sebagai isolator (*rubber type seismic isolation*) dan yang menggunakan material selain karet sebagai isolatornya (*non-rubber type seismic isolation*) seperti yang akan dijelaskan berikut ini.

2.4.1. *Rubber Type Seismic Isolation*

Isolasi dasar yang menggunakan bantalan karet peredam gempa (*seismic rubber bearing*) sebagai isolatornya adalah yang paling populer penggunaannya. Popularitas bantalan karet ini meningkat karena mampu membuktikan keandalannya pada saat gempa bumi di Los Angeles awal tahun 1994 dan Kobe awal tahun 1995. macam-macam isolasi dasar dengan isolator bantalan karet yang banyak digunakan adalah *Laminated Rubber Lead Containing Bearing* dan *High Damping Laminated Rubber Bearing.*

2.4.2. *Non-Rubber Type Seismic Isolation*

Non-Rubber Type Seismic Isolation yang paling banyak dikenal antara lain, *lead extrusion damper, ball/rolling bearing* dan *sliding bearing.*

2.5 Sistem Rolling Ball untuk Base Isolation

Pada sistem isolasi seismik secara umum memenuhi tiga fungsi :

1. kemampuan untuk menanggung muatan dari struktur terisolasi dengan aman, sambil memungkinkan defleksi terhadap tanah,
2. pemberian suatu tenaga pemulihan untuk kembali struktur ke posisi awalnya terhadap tanah setelah gempa bumi, dan
3. pemberian damping untuk mengurangi akselerasi dan defleksi horisontal terhadap tanah.

Beberapa alat isolasi, dalam penampang karet alami damping khusus, menggabungkan ketiga fungsi, yang menjadikannya suatu pilihan yang menarik, namun penampang karet tidak bersifat ekonomis untuk struktur-struktur ringan, karena kekakuan horisontal yang diperlukan adalah rendah dan sulit untuk disesuaikan dengan diameter besar yang diperlukan untuk memberikan kapasitas defleksi horisontal yang cukup. Kesulitan ini bisa dihindarkan jika fungsi-fungsinya dipisahkan dan pada titik ini diusulkan penggunaan bola-bola baja yang berputar pada jalur-jalur yang dilapisi dengan bahan *dissipative* seperti karet. Pegas pendukung bukan hanya penampang muatan, bisa digunakan untuk memberikan tenaga pemulih. Dengan membuat pilihan yang tepat mengenai ketebalan dan sifat material lapisan terkait, hampir semua level damping yang diperlukaan bisa dipenuhi. Lebih jauh lagi, dengan memvariasikan ketebalan atau sifat material dari lapisan dissipatif di sepanjang jalur, resistansi putaran bisa diatur untuk berubah dalam suatu cara yang ditentukan sebelumnya seiring

dengan *displacement*. Sistem ini lebih berdaya guna dibanding isolator bergeser (*sliding*) yang juga sama konsepnya (Fuller and Muhr, 1997).

2.6 Perletakan Isolasi Dasar

Lokasi perletakan isolasi dasar yang dianjurkan adalah serendah mungkin agar dapat melindungi struktur sebanyak mungkin. Pertimbangan biaya dan praktis juga mempengaruhi pemilihan lokasi penempatan isolator dasar ini. Pada bangunan, pemilihan lokasi biasanya terletak pada lantai dasar (*ground level*) atau dibawah basement (Mayes,1984).

Tiap lokasi mempunyai keuntungan dan kerugian masing-masing yang berhubungan dengan pertimbangan-pertimbangan desain seperti simpangan geser (*shear displacement*) pada bangunan, partisi dan lain-lain.

Menurut Mayes dan kawan-kawan, ada empat macam perletakan isolator dasar pada bangunan berdasarkan keuntungan dan kerugiannya seperti yang diuraikan berikut ini.

1. Isolator dasar ditempatkan pada dasar kolom lantai pertama (*first story coloumns*) dapat dilihat pada Gambar 2.3.

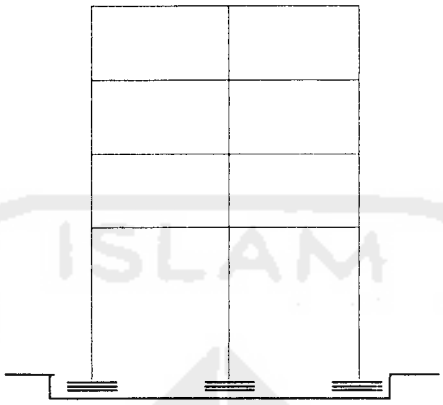
   Keuntungan isolator dasar ditempatkan pada dasar kolom lantai pertama (*first story coloumns*) adalah :

   a. penambahan biaya struktur kecil,

   b. dasar kolom bisa hubungkan dengan diafragma, dan

   c. mudah memasukan sistem cadangan untuk beban vertikal.

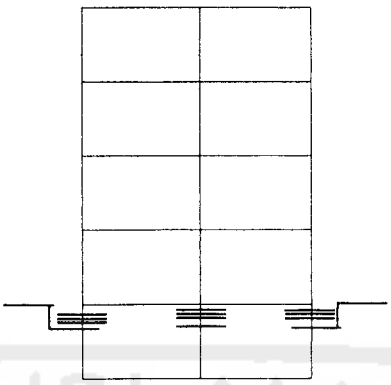
Kerugian isolasi dasar yang ditempatkan pada dasar kolom lantai pertama (*first story coloumns*) adalah membutuhkan kantilever khusus.



Gambar 2.3 Isolasi dasarditempatkan pada dasar kolom lantai pertama (*first story coloumns)*

2. Isolasi dasar diletakkan pada puncak dari kolom basement dapat dilihat pada Gambar 2.4. Keuntungan isolasi dasar diletakkan pada puncak dari kolom basement adalah :
   a. tidak diperlukan *sub-basement*,
   b. penambahan biaya struktur yang kecil,
   c. pada level isolasinya dasar kolom dihubungkan oleh diafragma, dan
   d. kolom juga berfungsi sebagai sistem cadangan untuk beban vertikal.

   Kerugian isolasi dasar diletakkan pada puncak kolom basement adalah :
   a. membutuhkan ruang khusus dibawah lantai pertama, dan
   b. membutuhkan perhatian khusus untuk tangga dibawah lantai pertama.



Gambar 2.4 Isolasi dasar diletakkan pada puncak dari kolom *basement*

3. Isolator dasar diletakkan pada tengah-tengah kolom basement (*mid-height of basement coloumns*) dapat dilihat pada Gambar 2.5. Keuntungan isolator dasar diletakkan pada tengah-tengah kolom basement (*mid-height basement coloumns*) adalah :

   a. tidak diperlukan sub-basement, dan

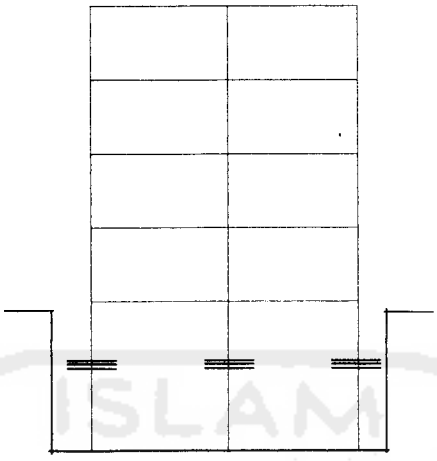
   b. kolom basement tidak perlu sekaku seperti pada base isolator yang diletakkan pada bagian atas atau dibawah kolom.

   Kerugian isolator dasar diletakkan pada tengah-tengah kolom basement (*mid-height of basement coloumns*) adalah :

   a. diperlukan perhatian khusus untuk elevator dan tangga akibat dari simpangan pada *mid-story*,

   b. tidak terdapat diafragma pada level, dan

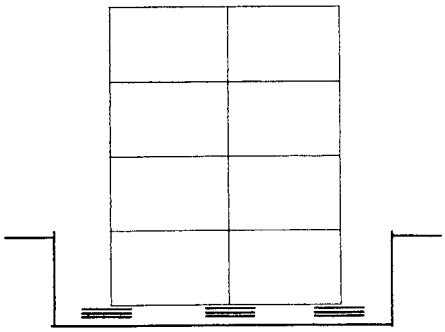
   c. sulit untuk memasang sistem cadangan untuk beban vertikal.



Gambar 2.5 Isolator dasar diletakkan pada tengah-tengah kolom *basement* (*mid-height of basement coloumns*)

4. Isolator dasar diletakkan pada sub-basement dapat dilihat pada Gambar 2.6. Keuntungan isolator dasar diletakkan pada sub-basement adalah :
   a. dasar kolom dihubungkan dengan diafragma pada level isolasinya, dan
   b. mudah untuk memasang sistem cadangan untuk beban vertikal.

   Kerugian isolator dasar diletakkan pada sub-basement adalah :
   a. diperlukan penambahan biaya untuk sub-basement, kecuali sub-basement memang diperlukan, dan
   b. membutuhkan dinding penahan tanah (*retaining wall*).



Gambar 2.6 Isolator dasar diletakkan pada *sub-basement*

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian yang berkaitan dengan sistem kontrol (*seismic control*) ini, digunakan juga sebagai tinjauan pustaka dari penelitian sebelumnya, yaitu seperti dapat yang dijelaskan berikut ini.

1. Penelitian Paldi dan Hakim (2000)

Penelitian ini mengambil topik "Performansi Bantalan Karet Sebagai Salah Satu Jenis Redaman Pasif Untuk Gedung Tahan Gempa ". Pada penelitian tersebut membuktikan bahwa dengan alat redaman bantalan karet dapat mengurangi simpangan dengan cara membandingkan perilaku struktur yang menggunakan alat isolasi dasar dengan yang tidak.

Oleh karena itu, atas dasar kesimpulan tersebut, kami mencoba jenis isolasi dasar yang lain yaitu bola yang berputar (*rolling–ball*) pada bangunan bertingkat, sehingga akan mendekati suatu kenyataan, dan hal ini belum menjadi obyek penelitian.

2. Penelitian Respati dan Soewendo (2001)

Penelitian ini mengambil topik "Pengaruh Variasi Massa Tingkat Terhadap Simpangan, Gaya Geser Dasar, Dan Momen Guling Pada Bangunan Bertingkat 5 Akibat Riwayat Waktu Goyangan Gempa *El Centro*". Pada penelitian tersebut membuktikan bahwa pola pembebanan yang berbentuk kerucut (massa lantai bawah sampai massa lantai atas semakin mengecil) lebih tahan gempa.

3. Penelitian Khoir dan Ariffin (2000)

Penelitian ini mengambil topik "Pengaruh Perubahan Tingkat Secara Serentak Terhadap Simpangan, Gaya Geser Dasar Dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Lima Menggunakan Eksitasi Gempa Berupa *Time History*". Pada penelitian tersebut membuktikan bahwa untuk pembebanan dengan beban gempa yang mempunyai kandungan frekuensi rendan dan sedang, nilai simpangan relatif yang terjadi dengan bertambahnya kekakuan mengalami penurunan, apabila kekakuannya menurun nilai simpangan relatif yang terjadi cenderung mengalami kenaikan sampai suatu titik maksimal. Untuk pembebanan dinamik dengan beban gempa yang mempunyai frekuensi tinggi, nilai simpangan yang terjadi cenderung fluktuatif dan memiliki beberapa nilai simpangan relatif maksimum. Kapasitas gaya geser dasar dan momen guling cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kekakuan tingkat untuk beban gempa yang mempunyai kandungan frekuensi rendah sampai sedang dan cenderung menaik untuk beban gempa yang mempunyai kandungan frekuensi tinggi.

BAB III

LANDASAN TEORI

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

3.1 Prinsip Bangunan Geser

Anggapan-anggapan dalam dinamika struktur sangatlah diperlukan untuk mempermudah penyelesaian masalah tetapi masih proporsional. Anggapan-anggapan dan penyederhanaan yang digunakan adalah sesuai dengan prinsip bangunan geser adalah:

1. massa lantai dari struktur termasuk beban yang harus didukung dianggap terkonsentrasi pada satu titik (*lumped mass*) ditengah bentang dan kolom dianggap tidak bermassa,
2. balok dan pelat lantai dianggap relatif sangat kaku dibanding kolom, *beam coloumn joint* mampu menahan rotasi (*joint* tidak berotasi dan simpangan hanya kearah horisotal tanpa adanya puntir),

3. simpangan massa dianggap tidak dipengaruhi oleh beban aksial kolom, sehingga dianggap balok harus tetap horisontal sebelum dan setelah terjadi penggoyangan.

Dengan anggapan-anggapan tersebut, portal seolah-olah menjadi bangunan kantilever yang bergoyang akibat gaya lintang saja.

3.2 Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF)

Bagian terpenting dari suatu struktur linear elastis yang dikenai beban luar adalah massa, kekakuan dan redaman. Sistem dengan derajat kebebasan tunggal mempunyai satu koordinat yang diperlukan untuk menyatakan posisi suatu massa pada saat tertentu.

Didalam masalah dimamik, lebih baik jika digunakan metode yang menghasilkan suatu analisa yang tersusun dan sistematik yaitu dengan penyederhanaan-penyederhanaan dan anggapan sehingga struktur dapat dimodel sedemikian, sehingga dapat ditelaah secara matematik tanpa adanya kehilangan ketelitian yang berarti. Gambar 3.1a memperlihatkan contoh struktur yang dianggap sebagai sistem dengan koordinat perpindahan tunggal. Model analisis sistem berderajat kebebasan tunggal, dijelaskan dengan model matematik seperti yang dikemukakan oleh Chopra (1995). Pada Gambar 3.1c , elemen massa m menyatakan massa dan sifat inersia struktur, elemen pegas k menyatakan gaya balik elastis dan kapasitas energi potensial struktur, elemen redaman c menyatakan sifat geseran dan kehilangan energi dari struktur dan gaya persatuan waktu, sedangkan $p(t)$ menyatakan gaya luar yang bekerja dalam suatu sistem struktur.

Hubungan analisis antara perpindahan y dan waktu t diberikan Hukum Newton II untuk gerak yaitu bahwa gaya adalah produk dari massa dan percepatan yang dapat ditulis seperti persamaan sebagai berikut.

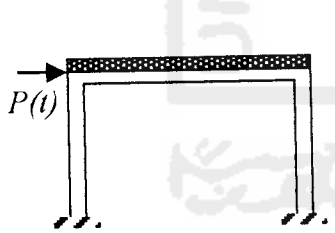
$$F = m\,a \tag{3.1}$$

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

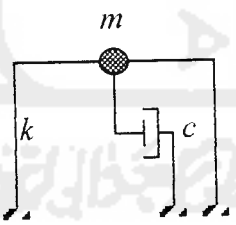
Salah satu pendekatan untuk menyusun persamaan gerak suatu massa *(differential equations of motion)* adalah dengan memakai prinsip *d'Alembert* yang berdasar pada Hukum Newton II. Prinsip d'Alembert mengatakan bahwa :

> suatu sistem dalam keadaan keseimbangan dinamik dapat diperoleh dengan menjumlahkan gaya luar dengan *fictitious force* yang biasanya disebut gaya inersia (Widodo,1997)

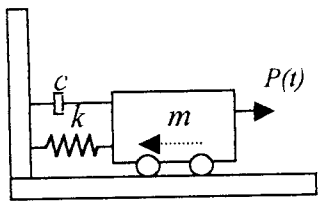
Penggunaan prinsip d'Alembert memungkinkan pemakai persamaan kesetimbangan untuk mendapatkan persamaan gerak seperti pada struktur SDOF yang terlihat seperti pada Gambar 3.1.



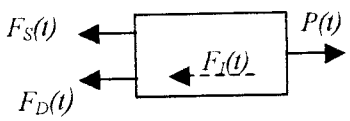
(a) Struktur SDOF



(b) Struktur SDOF yang disederhanakan



(c) Model Matematik



(d) Free Body Diagram

Gambar 3.1 Beban Dinamik Pada Struktur SDOF

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

$$F_I(t) + F_D(t) + F_S(t) = P(t) \tag{3.2}$$

dengan

$$F_I(t) = m\ddot{y}(t),\ F_D(t) = c\dot{y}(t) \quad \text{dan} \quad F_S(t) = ky(t) \tag{3.3}$$

F_I 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 masimg-masing adalah massa, redaman, dan kekakuan kolom.

Substitusi persamaan (3.3) ke dalam persamaan (3.2), sehingga persamaan diatas dapat ditulis menjadi :

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

persamaan diatas disebut juga 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 (3.4) dapat ditulis dengan

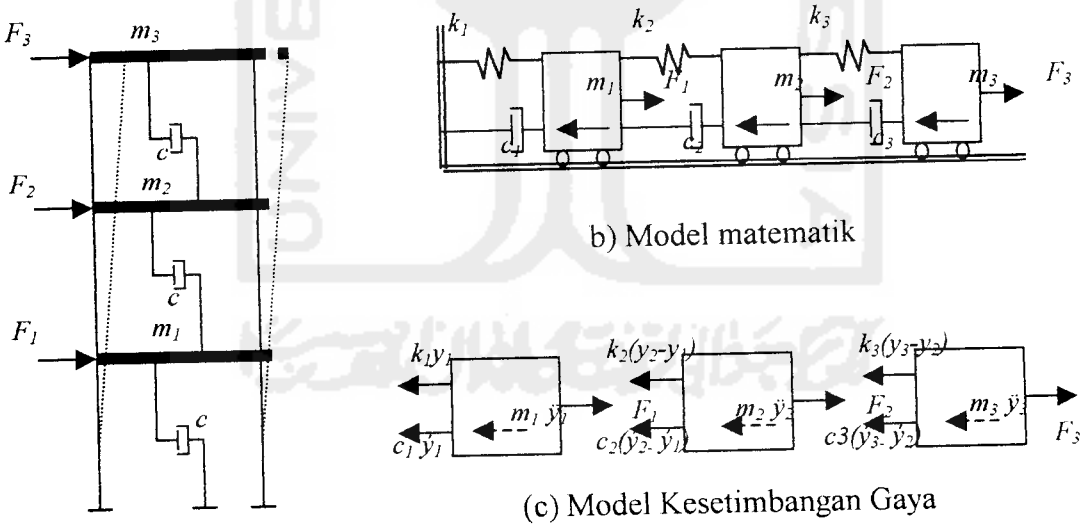
$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = P \tag{3.5}$$

3.3 Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Banyak (MDOF)

Secara umum struktur bangunan gedung tidaklah selalu dapat dinyatakan dalam suatu system yang mempunyai derajat kebebasan tunggal (SDOF). Struktur

bangunan gedung justru banyak yang mempunyai derajat kebebasan banyak (MDOF).

Pada struktur bangunan gedung bertingkat banyak, umumnya massa struktur dapat digumpalkan (*lumped mass*) pada tiap-tiap tingkatnya, dengan demikian struktur yang semula mempunyai derajat kebebasan tak terhingga akan dipandang sebagai struktur kebebasan terbatas. Untuk memperoleh persamaan defferensial 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 matematik

(c) Model Kesetimbangan Gaya

Gambar 3.2 Struktur MDOF

Pada struktur bangunan gedung bertingkat 3 seperti pada Gambar 3.2, maka struktur akan mempunyai tiga derajat kebebasan, sehingga struktur yang mempunyai *n* tingkat akan mempunyai *n* derajat kebebasan dan mempunyai *n* modes.

Untuk memperoleh persamaan differential gerakan pada struktur MDOF umumnya dipakai goyangan senada dengan mode pertama yaitu goyangan yang $y_3 = y_2 = y_1$. Berdasarkan keseimbangan dinamik seperti pada gambar 3.2c, maka akan diperoleh persamaan-persamaan :

$$m_1\ddot{y}_1 + c_1\dot{y}_1 + k_1y_1 - c_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - k_2(y_2 - y_1) - F_1 = 0, \qquad (3.6a)$$

$$m_2\ddot{y}_2 + c_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + k_2(y_2 - y_1) - c_3(\dot{y}_3 - \dot{y}_2) - k_3(y_3 - y_2) - F_2 = 0, \qquad (3.6b)$$

$$m_3\ddot{y}_3 + c_3(\dot{y}_3 - \dot{y}_2) + k_3(y_3 - y_2) - F_3 = 0. \qquad (3.6c)$$

Pada persamaan-persamaan tersebut diatas tampak bahwa untuk memperoleh kesetimbangan dinamik suatu massa yang ditinjau ternyata dipengaruhi oleh kekakuan, redaman dan simpangan massa sebelum dan sesudahnya. Persamaan dengan sifat-sifat seperti itu umumnya disebut *coupled equation* karena persamaan-persamaan tersebut akan tergantung satu sama lain. Penyelesaian persamaan *coupled* harus dilakukan secara simultan artinya dengan melibatkan semua persamaan yang ada. Pada struktur dengan derajat kebebasan banyak, persamaan differensial gerakannya merupakan persamaan yang *dependent* atau *coupled* antara satu dengan yang lain.

Selanjutnya dengan menyusun persamaan - persamaan diatas menurut parameter yang sama (percepatan, kecepatan dan simpangan) akan diperoleh,

$$m_1\ddot{y}_1 + (c_1 + c_2)\dot{y}_1 - c_2\dot{y}_2 + (k_1 + k_2)y_1 - k_2y_2 = F_1 , \tag{3.7a}$$

$$m_2\ddot{y}_2 - c_2\dot{y}_1 + (c_2 + c_3)\dot{y}_2 - c_3y_3 - k_2y_1 + (k_2 + k_3)y_2 - k_3y_3 = F_2 , \tag{3.7b}$$

$$m_3\ddot{y}_3 - c_3y_2 + c_3y_3 - k_3y_2 + k_3y_3 = F_3. \tag{3.7c}$$

Persamaan (3.7) dapat ditulis dalam matriks yang lebih kompak,

$$[M]\{\ddot{y}\} + [C]\{\dot{y}\} + [K]\{y\} = (F) \tag{3.8}$$

$[M]$, $[C]$, $[K]$ berturut-turut adalah matrik massa yang merupakan matrik diagonal sedangkan matrik redaman dan kekakuan merupakan matrik yang simetris.

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \tag{3.9a}$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \tag{3.9b}$$

$$[C] = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 \\ 0 & -c_3 & c_3 \end{bmatrix} \tag{3.9c}$$

sedangkan vektor percepatan, vektor kecepatan, vektor simpangan dan vektor beban adalah sebagai berikut :

$$\{\ddot{y}\}=\begin{Bmatrix}\ddot{y}\\ \ddot{y}\\ \ddot{y}\end{Bmatrix},\{\dot{y}\}=\begin{Bmatrix}\dot{y}\\ \dot{y}\\ \dot{y}\end{Bmatrix},\{y\}=\begin{Bmatrix}y\\ y\\ y\end{Bmatrix} dan \{F\}=\begin{Bmatrix}F_1\\ F_2\\ F_3\end{Bmatrix} \quad (3.9d)$$

3.3.1 Nilai Karakteristik *(Eigen Problem)*

Suatu struktur umumnya akan bergoyang akibat adanya pembebanan dari luar, misalnya gerakan akibat beban angin, gerakan akibat putaran mesin, ataupun akibat gerakan tanah. Gerakan tersebut dikelompokkan sebagai getaran yang dipaksa *(forced vibration system)*.

Getaran atau goyangan suatu struktur yang disebabkan oleh adanya kondisi awal *(initial values)* baik berupa simpangan awal maupun kecepatan awal disebut getaran bebas *(free vibration system)*. Pada kenyataannya getaran bebas jarang terjadi pada struktur MDOF, tetapi membahas jenis getaran ini akan diperoleh suatu besaran atau karakteristik dari struktur yang selanjutnya akan sangat berguna untuk pembahasan-pembahasan respon struktur berikutnya. Besaran-besaran tersebut adalah frekuensi sudut dan *normal modes*.

Pada getaran bebas untuk struktur dengan derajat kebebasan banyak, maka persamaan differensial geraknya adalah seperti pada persamaan (3.8) dengan nilai $\{F\}$ sama dengan vektor nol.

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

frekuensi sudut pada struktur dengan redaman *(damped frequency)* nilainya hampir sama dengan frekuensi sudut pada struktur tanpa redaman, bila nilai rasio

redaman cukup kecil dan diadopsi untuk struktur dengan derajat kebebasan banyak. Untuk nilai [C] = 0 persamaan (3.10) menjadi :

$$[M]\{\ddot{y}\} + +[K]\{y\} = 0 \tag{3.11}$$

Persamaan (3.11) adalah persamaan differensial pada struktur MDOF yang dianggap tidak mempunyai redaman, maka penyelesaian persamaan tersebut diharapkan dalam fungsi harmonik, menurut bentuk :

$$Y = \omega(\phi)_i \sin(\omega t) \tag{3.12a}$$

$$\dot{Y} = \omega(\phi)_i \cos(\omega t) \tag{3.12b}$$

$$\ddot{Y} = -\omega^2(\phi)_i \sin(\omega t) \tag{3.12c}$$

$\{o\}_i$ adalah ordinat massa pada mode ke-i. Persamaan (3.12) disubstitusikan kedalam persamaan (3.11), sehingga akan diperoleh :

$$-\omega^2[M]\ \{o\}_i \sin(\omega t) + [K]\ \{o\}_i \sin(\omega t) - 0 \tag{3.13}$$

$$\{[K]-\omega^2\ [M]\}\ \{o\}_i = 0 \tag{3.14}$$

persamaan (3.14) adalah persamaan *eigen problem.*

Persamaan simultan, baik persamaan yang homogen maupun yang tidak homogen dapat diselesaikan dengan memakai dalil atau hukum Cramer (1704-1752). Dalil tersebut menyatakan bahwa penyelesaian persamaan simultan yang homogen akan ada nilainya apabila determinan dari matrik yang merupakan koefisien dari vector $\{o\}i$ adalah nol, sehingga :

$$\{[K]-\omega^2\ [M]\} = 0 \tag{3.15}$$

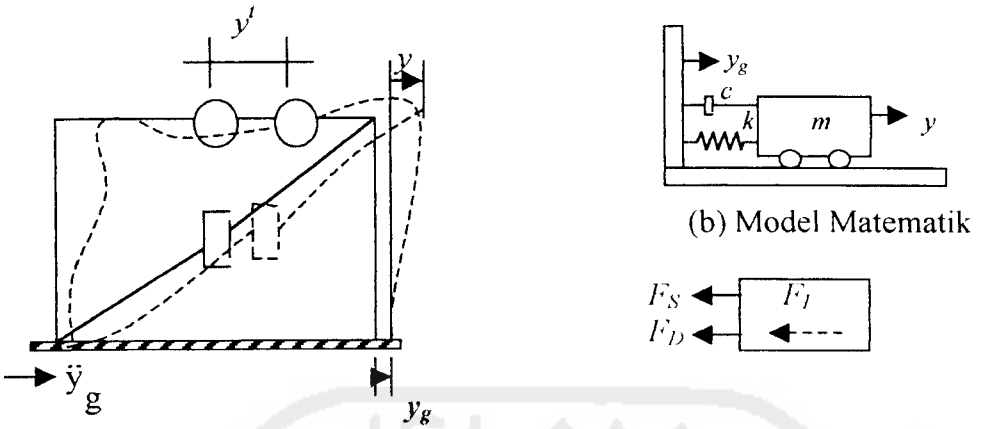
Jumlah mode pada struktur dengan derajat kebebasan banyak biasanya dapat dihubungkan dengan jumlah massa. Mode ini sendiri adalah ragam goyangan suatu struktur bangunan. Apabila jumlah derajat kebebasan adalah n, maka persamaan (3.15) akan menghasilkan ω^2 untuk i = 1,2,3,...,n. Selanjutnya substitusi masing-masing frekuensi sudut (ω_i) kedalam persamaan (3.14) akan diperoleh nilai-nilai o_i, o_2, o_3, ... o_n

3.4 Persamaan Gerak akibat Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang merupakan fungsi dari waktu. Umumnya beban yang bekerja pada struktur menggunakan satuan gaya, tetapi beban gempa berupa percepatan tanah, beban lain biasanya statis, tidak berubah pada periode waktu yang pendek. Tetapi beban gempa merupakan beban dinamis yang berubah secara cepat dalam waktu yang pendek. Beban lain biasanya bekerja secara vertikal tetapi beban gempa bekerja secara simultan pada arah vertikal maupun horisontal bahkan bisa berupa putaran, (Hu, Liu and Dong, 1996).

Pada daerah rawan gempa , masalah yang prinsip dan perlu diperhatikan adalah perilaku struktur bagian bawah yang terkena beban gempa. Perpindahan tanah dinotasikan dengan y_g, sedangkan antara massa dengan tanah dinotasikan dengan y, sehingga perpindahan total yang terjadi menurut Chopra,1995 adalah :

$$y^t = y + y_g \tag{3.15}$$



Gambar 3.3 Sistem Derajat Kebebasan Tunggal dengan Beban Gempa

Dengan menggunakan konsep keseimbangan dinamis dari *free body diagram* pada Gambar 3.3c akan didapatkan persamaan :

$$F_I(t) + F_D(t) + F_S(t) = 0 \qquad (3.16a)$$

$$F_I(t) = m\,\ddot{y}^t(t), F_D(t) = c\,\dot{y}(t) \text{ dan } F_S(t) = ky(t) \qquad (3.16b)$$

sedangkan $\ddot{y}^t$, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.3,

$$\ddot{y}^t(t) = \ddot{y}(t) + \ddot{y}_g(t) \qquad (3.17)$$

F_I adalah gaya inersia, F_D adalah gaya redam, F_S adalah gaya tarik/desak pegas yang mempresentasikan kekauan kolom, $\ddot{y}_g(t)$ adalah percepatan tanah akibat gempa 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.

Subtitusi persamaan (3.16b) dan (3.17) ke dalam persamaan (3.16a), maka pesamaan (3.16a) dapat ditulis menjadi :

$$m\ddot{y}(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = 0 \quad (3.18a)$$

$$m\{\ddot{y}(t) + \ddot{y}_g(t)\} + c\dot{y}(t) + ky(t) = 0 \quad (3.18b)$$

$$m\ddot{y}(t) + m\ddot{y}_g(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = 0 \quad (3.18c)$$

$$m\ddot{y}(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = -m\ddot{y}_g(t) \quad (3.18d)$$

Persamaan (3.18d) adalah persamaan differensial gerakan suatu massa dengan derajat kebebasan tunggal akibat *basi motion.* Ruas kanan pada persamaan (3.18d) biasa disebut sebagai beban gempa. Untuk selanjutnya $\ddot{y}(t)$, $\dot{y}(t)$, $ky(t)$ masing-masing adalah percepatan, kecepatan dan simpangan merupakan fungsi dari waktu, penulisannya dapat disederhanakan menjadi $\ddot{y}$, $\dot{y}$, y sehingga persamaan (3.18d) dapat ditulis dengan :

$$m\ddot{y}(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = -m\ddot{y}_g(t) \quad (3.19)$$

3.5 Jenis-jenis Simpangan

Jenis-jenis simpangan yang terjadi pada struktur umumnya ada 3 macam, yaitu simpangan relatif, simpangan antar tingkat dan simpangan absolut. Simpangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah simpangan relatif dan simpangan antar tingkat (*inter story drift*) adalah sebagai berikut ini.

3.5.1 Simpangan Relatif

Simpangan relatif tiap lantai menurut persamaan *differensial independent* (*uncoupling*) adalah simpangan suatu massa yang diperoleh dengan menjumlahkan pengaruh atau konstribusi tiap-tiap mode.

$$y_i = \sum \phi_{ij} Z_j \tag{3.20}$$

dimana: y_i = simpangan relatif lantai ke-*i*

ϕ_{ij} *mode shapes*, dan

Z_j modal amplitudo.

Pada perhitungan simpangan relatif pada struktur bangunan yang menggunakan sistem base isolation dibedakan menjadi dua jenis :

1. simpangan relatif struktur terhadap *bottom mounting plate* (Plat baja *rolling-ball* yang menempel pada pondasi), dan
2. simpangan relatif terhadap *top mounting plate* (plat baja *rolling-ball* yang menempel pada *base plate* atau struktur bagian atas).

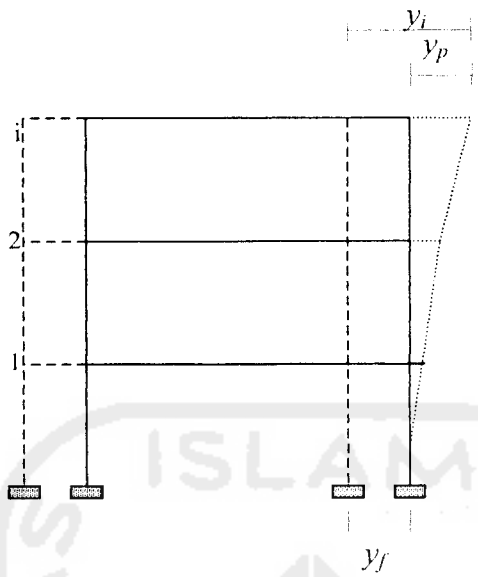
Jenis-jenis simpangan relatif pada sistem *base isolation* dapat dilihat pada Gambar 3.4.

$$y_i = y_p + y_f \tag{3.21}$$

dimana: y_i = simpangan relatif lantai ke i,

y_p = simpangan relatif terhadap plat dasar, dan

y_f = simpangan relatif terhadap pondasi



Gambar 3.4 Simpangan relatif pada struktur *base isolation*

3.5.2 Simpangan Antar Tingkat (*Inter-storey Drift*)

Simpangan antar tingkat adalah simpangan yang terjadi pada tiap tingkat, simpangan ini dihitung dengan cara simpangan relatif lantai atas dikurangi simpangan relatif lantai dibawahnya. *Inter-storey drift* yang berlebihan sangat mungkin terjadi pada tingkat yang lemah. Terjadinya distribusi kekakuan struktur secara vertikal yang tidak merata akan menyebabkan adanya suatu tingkat yang lemah tersebut. *Inter-storey drift* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta y_i = y_i - y_{i-1} \tag{3.22}$$

dimana: Δy_i = simpangan antar tingkat,

y_i = simpangan relatif lantai ke-i, dan

y_{i-1} = simpangan relatif lantai ke-$(i-1)$

3.5.3 Simpangan Absolut

Simpangan absolut merupakan penjumlahan antara simpangan relatif tiap lantai dengan simpangan akibat tanah. Simpangan absolut dihitung dengan rumus:

$$yt_i = y_i + y_g \tag{3.23}$$

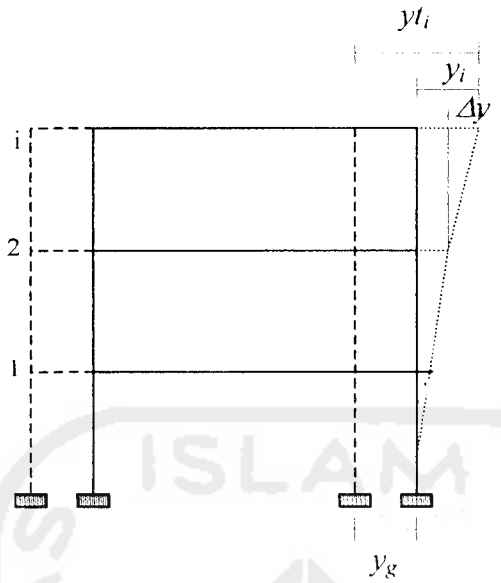
dimana: yt_i = simpangan absolut

y_i = simpangan relatif lantai ke-i, dan

y_g = simpangan akibat tanah

Simpangan absolut mempunyai pengaruh terhadap kemungkinan terjadinya benturan antar bangunan yang berdekatan (*structural pounding*). Masalah *stuctural pounding* ini biasa terjadi pada bangunan yang berdekatan karena keterbatasan lahan. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan total pada bangunan. *Structural pounding* dapat dicegah dengan memperhitungkan jarak antara dua bangunan yang berdekatan dengan menghitung simpangan absolut pada setiap lantai.

Simpangan tanah y_g pada keadaan *rigid body motion* umumnya dianggap tidak akan menyebabkan perbedaan simpangan dan kecepatan antara tanah dengan massa struktur. Oleh karena itu, simpangan tanah dianggap sama dengan nol.



Gambar 3.5 Model struktur dengan jenis-jenis simpangannya

3.6 Gaya Geser Tingkat

Gaya geser tingkat sering dipakai dalam analisis struktur, karena gaya geser tingkat akan menyebabkan rotasi pada penampang horisontal lantai yang nantinya akan berpengaruh pada besarnya gaya geser dasar dan momen guling struktur (*overturning moment*). Gaya geser tingkat pada mode ke-*j* adalah

$$F_j = K_i \, . \, y_j \, , \tag{3.24}$$

dimana : F_j = gaya geser tingkat

K_i = kekakuan tingkat

y_j = simpangan relatif

sehingga gaya geser dasar adalah,

$$V = -(\sum_{j-1}^{n} F_j) \, . \tag{3.25}$$

3.7 Momen Guling (*Overturning Moment*)

Momen guling didapat dengan mengalikan gaya geser tingkat yang terjadi pada setiap tingkat (F_j) dengan tinggi tingkat (h_j), maka

$$M = \sum_{j=1}^{n} F_j^* h_j \,. \tag{3.26}$$

dimana : M = momen guling

F_j = gaya geser tingkat

h_j = tinggi bangunan

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tata cara pelaksanaan penelitian yang diuraikan menurut suatu urutan yang sistematis. Metode penelitian tugas akhir ini meliputi data struktur, data alat peredam, pengolahan data. hipotesis dan pengujian penelitian seperti yang di uraikan berikut ini.

4.1 Data Struktur

Penelitian ini menggunakan suatu model *shear building* yang paling sederhana, untuk mempermudah melihat perbedaan hasil yang diteliti. Data-data struktur yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. model struktur adalah rangka beton bertingkat 10 yang berfungsi sebagai perkantoran dengan luas kurang lebih 3240 m^2,
2. aspek rasio model struktur bangunan adalah H/W =1,7 dimana H = tinggi bangunan dan W = lebar bangunan, sehingga gaya tarik keatas pada dasar kolom (*pull out force*) dianggap tidak terjadi (www.takenaka.co.jp/, *opened on* 3 Maret 2001),
3. modulus elastisitas material (kolom dan balok) = $2{,}4 \times 10^7$ kN/m^2,
4. redaman struktur beton = 5%,
5. percepatan gravitasi = 9,81 m/det^2,

6. tinggi tiap tingkat = 3,2 m,
7. ukuran kolom (0,80 x 0,80) m dan balok (0,80 x 0,40) m,
8. tebal plat lantai dan atap 0,125 m,
9. data gempa *El-Centro 1940* untuk analisis riwayat waktu.

4.2 Data Alat Peredam (*Base Isolator*)

Alat peredam (*base isolator*) yang digunakan adalah bola berputar (*Rolling-Ball)* (www.structural.mechanics/REEDS.com) seperti yang terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Spesifikasi Sistem Bola Berputar (*Rolling-Ball)*

Total stiffnes (kN/m)	100
Allowable displecement due to seismic excitation (mm)	±83
Damping ratio (%)	20
Design load per ball (KN)	15.5
Diameter of the ball (mm)	25

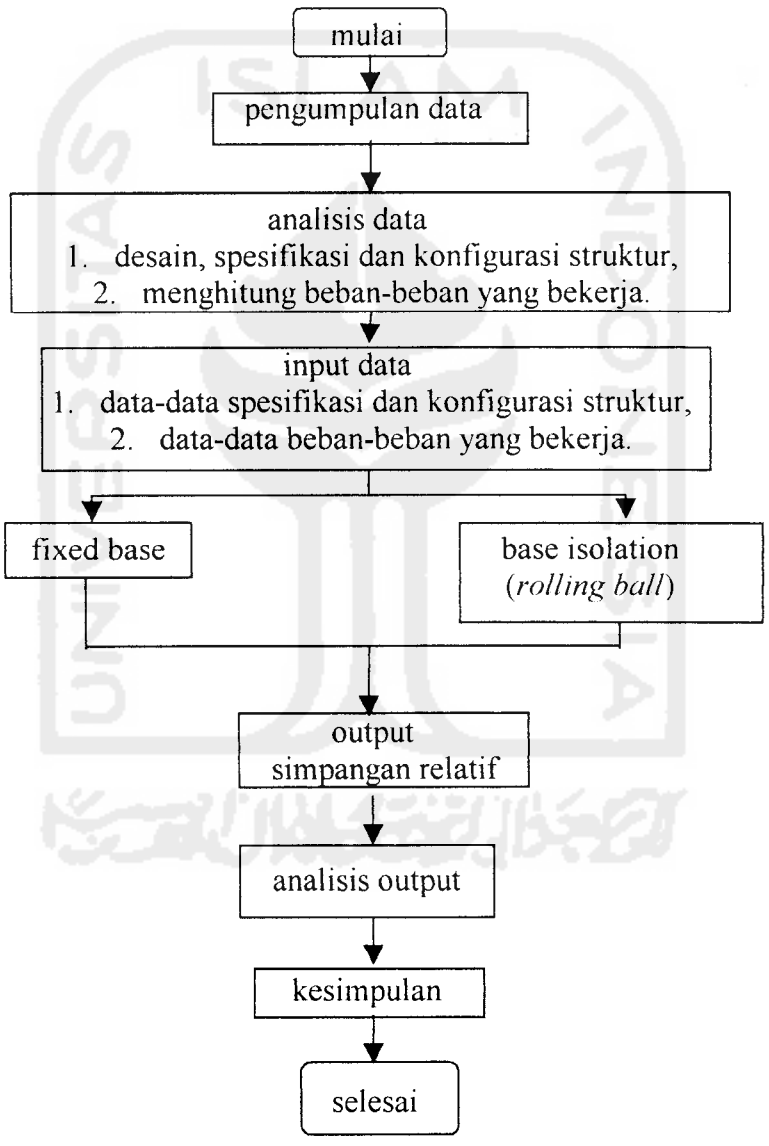
4.3 Pengolahan Data

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

1. menghitung beban-beban struktur,
2. menghitung beban tiap node tiap tingkat,
3. menentukan dukungan *fixed based* dan *base isolation*,
4. analisis dinamik riwayat waktu (*time history*),
5. memvariasikan nilai kekakuan alat peredam,

6. perhitungan simpangan relatif,
7. perhitungan simpangan antar tingkat,
8. perhitungan gaya geser tingkat, dan
9. perhitungan momen guling.

Bagan alir dari metode penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



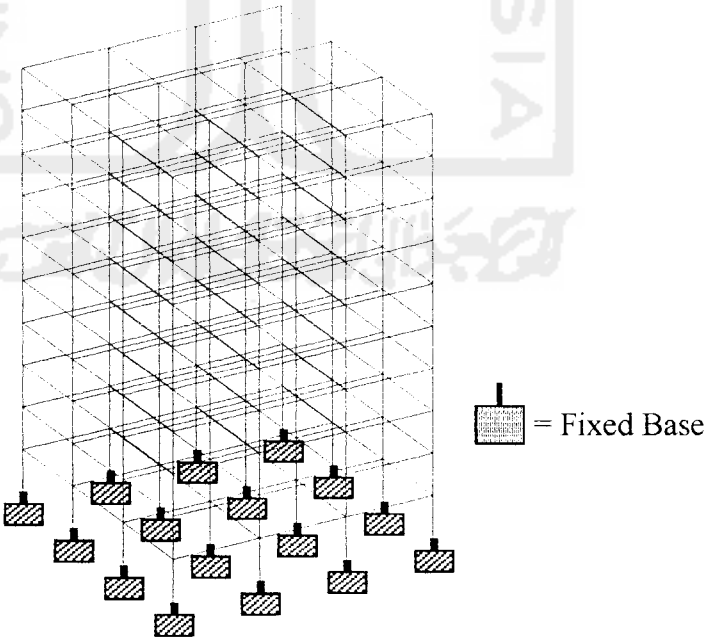
Gambar 4.1. Bagan alir komparasi *fixed base* dengan *base isolation*

4.4 Hipotesis

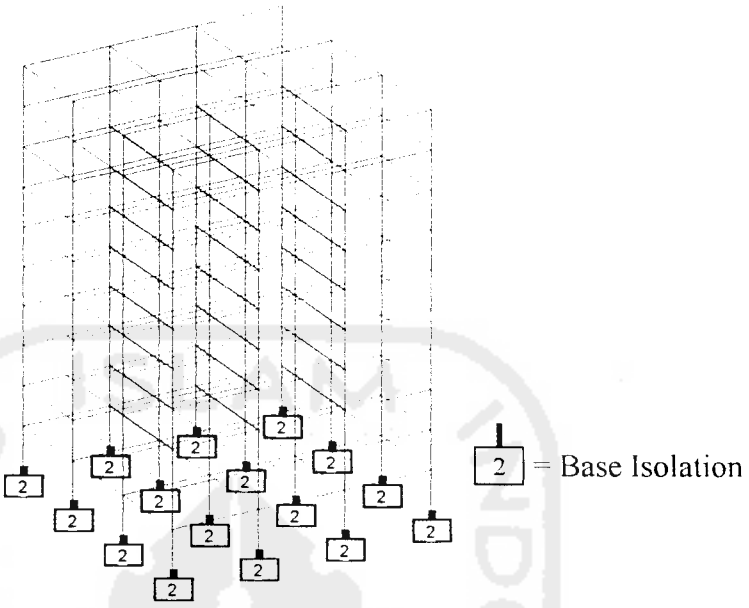
Rolling ball system dapat melakukan reduksi simpangan relatif, simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat dan momen guling sampai dengan 50%, akibat beban dinamis khususnya beban gempa.

4.5 Pengujian

Pengujian data menggunakan program komputer untuk mempermudahkan pengujian dan ketepatan perhitungan. Program komputer yang digunakan adalah SAP90, SAP2000 untuk mengolah data dan program *Excel* untuk mengolah grafik. Model struktur yang di gunakan penelitian ini tanpa dan dengan *Rolling Ball* dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Struktur 3D tanpa *Rolling-Ball*



Gambar 4.3 Struktur 3D dengan *Rolling Ball*

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis dan pembahasan merupakan proses penelitian yang dilaksanakan sesuai dengan metode penelitian yang diuraikan sebagai berikut.

5.1 Analisis

Analisis penelitian ini dibantu dengan mengunakan program SAP90 *version 5.4*, SAP2000 dan Microsoft Excel. Adapun urutan analisis penelitian ini adalah meliputi perhitungan beban struktur, perhitungan beban tiap node tiap tingkat, memvariasikan nilai kekakuan (*stiffness*) alat peredam (*isolator*), hasil perhitungan simpangan relatif, hasil perhitungan simpangan antar tingkat (*inter story drift*), hasil perhitungan gaya geser tingkat, hasil perhitungan momen guling (*overturning moment*), hasil perhitungan variasi nilai kekakuan diuraikan sebagai berikut ini.

5.1.1 Perhitungan Beban Struktur

Pembebanan struktur dalam penelitian ini meliputi beban tetap dan beban sementara (beban gempa). Beban tetap meliputi beban hidup dan beban mati, yang bekerja secara merata. Beban tetap terdiri dari beban akibat berat plat dan dinding. Beban tetap balok dan kolom sudah dihitung sendiri didalam program SAP90 dan

SAP2000. Fungsi struktur adalah untuk perkantoran. Perhitungan pembebanan di jelaskan sebagai berikut ini,

1. Perhitungan berat beban hidup (W_l)

   Perhitungan berat beban hidup lantai dan atap diasumsikan sama, maka menurut PPIUG (1983) di peroleh beban hidup (q_l) gedung : 250 kg/m^2. Sehingga beban hidup yang bekerja pada struktur tersebut (Gambar 4.2) dapat dihitung dengan rumus :

   $W_l = q_l \times A$

   dimana W_l, q_l, dan A adalah berat beban hidup, beban hidup merata dan luas struktur. Dengan rumus diatas di peroleh berat plat = 250 kg/m^2 x (18 m x 18 m) = 81000 kg.

2. Perhitungan berat beban mati (W_d)

   Perhitungan berat beban mati untuk plat atap dan lantai diasumsikan sama maka perhitungan berat beban mati meliputi plat dan dinding sehingga dapat dicari dengan rumus :

   Berat beban plat: $W_d = t_p \times \gamma \times A$

   Berat dinding : $W_d = q \times h$

   Dimana W_d, t_p, γ , A, q, dan h adalah berat beban mati, tebal plat , berat jenis beton, luas plat, berat tembok dan tinggi struktur tiap tingkat. Dengan rumus tersebut diatas dapat dihitung berat beban lantai, atap dan dinding.

a. Beban mati akibat plat = 0.125 mx 2400 kg/m^3 x (18 m x 18 m) = 97200 kg

b. Beban mati dinding (q = 750 kg/m^2)

Beban mati dinding yang diperhitungkan adalah disekeliling struktur bangunan penuh untuk dinding lantai dan atap, sehingga dapat diuraikan hitungan sebagai berikut.

Dinding lantai = 750 kg/m^2 x 3.2 m x 18 m x 4 sisi = 172800 kg

Dengan data dari beban mati dan beban hidup, maka dapat dihitung beban total yang bekerja pada tiap tingkat, dengan persamaan berikut :

$W_{tot} = W_d + W_l$

dengan W_{tot} , W_d , W_l adalah berat total, berat beban mati dan berat beban hidup.

Dengan persamaan diatas diperoleh beban tiap tingkat, seperti yang disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil perhitungan beban tiap lantai

No	Tingkat	Beban tiap lantai (kg)
1	1 s/d 10	351000

5.1.2 Perhitungan Beban Tiap Node Tiap Tingkat

Perhitungan ini bertujuan untuk memudahkan pendefinisian beban-beban struktur. Cara perhitungan yaitu membagi beban total tiap tingkat dengan jumlah node tiap tingkat dimana tiap tingkat mempunyai 16 node seperti di sajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil perhitungan beban node

No	Tingkat	Beban tiap node tiap tingkat (kg)
1	1 s/d 10	219375

5.1.3 Menentukan Dukungan *Fixed Based* dan *Base Isolation* (*Rolling-Ball*)

Dukungan merupakan tempat tumpuan struktur bangunan terhadap permukaan tanah atau tempat berdirinya struktur bangunan tersebut. Dalam penelitian ini menggunakan dua macam dukungan yaitu dukungan dengan *fixed based* (Gambar 4.2) dan dukungan dengan *base isolation* (Gambar 4.3).

Dukungan *fixed based* diasumsikan tidak dapat bergerak kearah horisontal, vertikal dan tidak boleh terjadinya momen puntir. Berbeda dengan dukungan *base isolation* yang dapat bergerak kearah horisontal dengan batas ketentuan tertentu (Tabel 4.1), tetapi pada dukungan *base isolation* juga tidak boleh terjadi momen puntir.

Setelah memasukan data-data dukungan *fixed based* dan *base isolation* kedalam *SAP90* dan SAP2000 maka dapat dilanjutkan dengan memasukan beban-beban gempa yang dianalisis menurut riwayat waktu (*El Centro, 1940*).

5.1.4 Memvariasikan Nilai Kekakuan (*Stiffness*) Alat Peredam (*Isolator*)

Nilai kekakuan yang sesuai dengan spesifikasi alat peredam (*isolator*) sebesar 100 KN/m seperti yang terdapat pada Tabel 4.1. Dengan mencoba memvariasikan nilai kekakuan pada alat peredam (*isolator*) bertujuan untuk mengetahui perbandingan hasil dari variasi kekakuan tersebut. Nilai-nilai

kekakuan yang digunakan bervariasi dari 25 kN/m sampai 200 kN/m. Kemudian nilai-nilai tersebut dimasukkan kedalam SAP90 dan SAP2000 untuk membandingkan hasil dari variasi nilai kekakuan pada alat peredam (*isolator*).

5.1.5 Hasil Perhitungan Simpangan Relatif

Simpangan relatif merupakan pergeseran struktur kearah horisontal relatif terhadap pondasi yang terjadi akibat beban-beban horisontal khususnya beban gempa. Simpangan relatif disini dibedakan kedalam dua jenis, simpangan relatif struktur terhadap *bottom mounting plate* (plat baja *rolling-ball* yang menempel pada pondasi) dan simpangan relatif terhadap *top mounting plate* (plat baja *rolling-ball* yang menempel pada *base plate* atau struktur bagian atas).

Hasil simpangan relatif didapat dari output SAP2000 setelah memasukkan semua beban struktur dan beban gempa yang telah di jelaskan diatas. Hasil perhitungan simpangan relatif untuk struktur dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4. Hubungan antara simpangan bangunan yang menggunakan *rolling-ball* (*isolated*) dengan bangunan tanpa *rolling-ball* (*fixed*) tersebut disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2.

Tabel 5.3 Simpangan Relatif Terhadap Pondasi

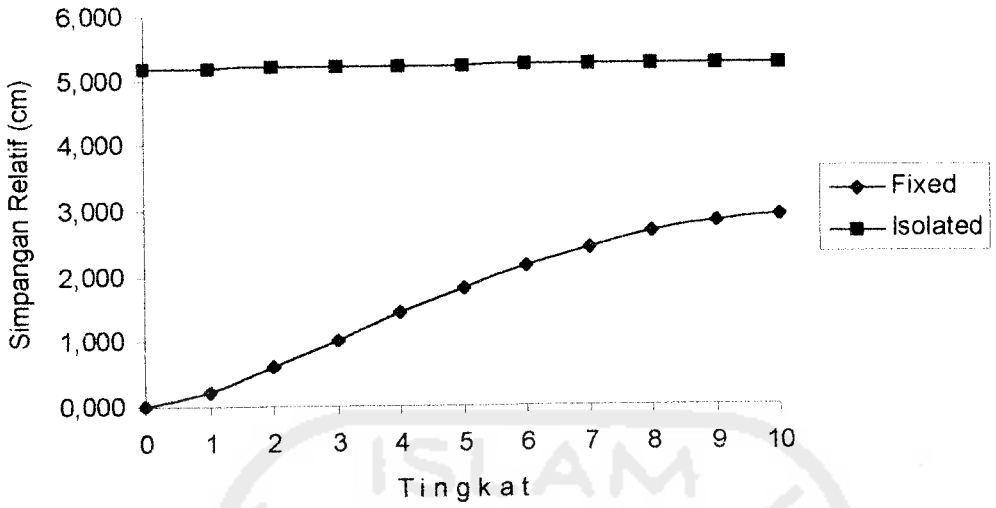
(*Bottom Mounting Plate*)

Lantai	Simpangan Relatif (cm)	
	Fixed Based	*Rolling-Ball*
0	0	5.175
1	0.217	5.181
2	0.601	5.190
3	1.018	5.199
4	1.424	5.207
5	1.801	5.214
6	2.136	5.220
7	2.422	5.225
8	2.649	5.229
9	2.815	5.232
10	2.923	5.234

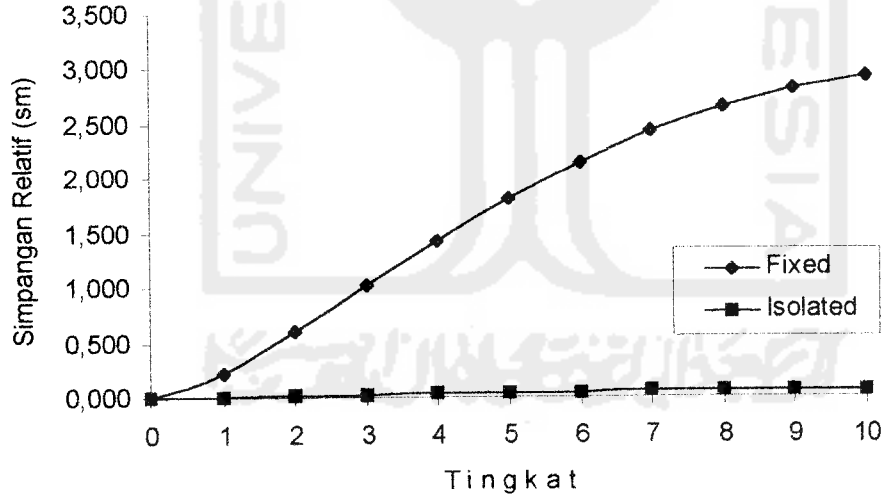
Tabel 5.4 Simpangan Relatif Terhadap *Base Plate*

(*Top Mounting Plate*)

Lantai	Simpangan Relatif (cm)	
	Fixed Based	*Rolling-Ball*
0	0	0
1	0.217	0.006
2	0.601	0.015
3	1.018	0.024
4	1.424	0.032
5	1.801	0.039
6	2.136	0.045
7	2.422	0.050
8	2.649	0.054
9	2.815	0.057
10	2.923	0.059



Gambar 5.1 Simpangan Relatif Terhadap Pondasi



Gambar 5.2 Simpangan Relatif Terhadap Plat Dasar

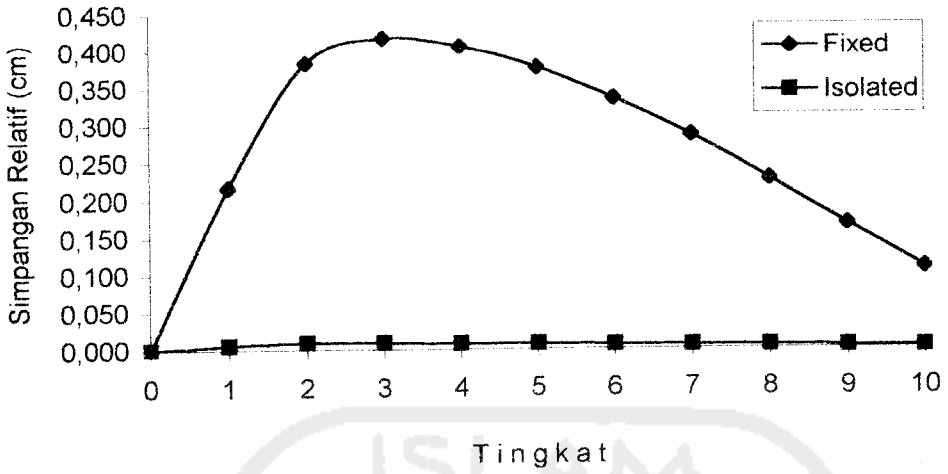
5.1.6 Hasil Perhitungan Simpangan Antar Tingkat (*inter storey drift*)

Simpangan antar tingkat yang terjadi didapat dari selisih simpangan lantai atas dengan lantai dibawahnya. Menurut PPTGIUG 1983, perbandingan simpangan antar tingkat suatu tingkat dan tinggi tingkat yang bersangkutan tidak boleh lebih dari 0,005, dengan ketentuan bahwa dalam segala hal simpangan yang terjadi tidak boleh lebih dari 2 cm.

Hasil perhitungan simpangan antar tingkat untuk struktur dapat dilihat Tabel 5.5. Hubungan antara simpangan antar tingkat bangunan yang menggunakan *rolling-ball* (*isolated*) dengan bangunan tanpa *rolling-ball* (*fixed*) tersebut disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 5.3.

Tabel 5.5 Simpangan Antar Tingkat (*inter story drift*)

Lantai	Simpangan Antar Tingkat (cm)	
	Fixed Based	*Rolling-Ball*
0	0	0
1	0.217	0.006
2	0.387	0.009
3	0.417	0.009
4	0.406	0.008
5	0.377	0.007
6	0.335	0.006
7	0.286	0.005
8	0.227	0.004
9	0.166	0.003
10	0.108	0.002



Gambar 5.3 Simpangan Antar Tingkat (*inter storey drift*)

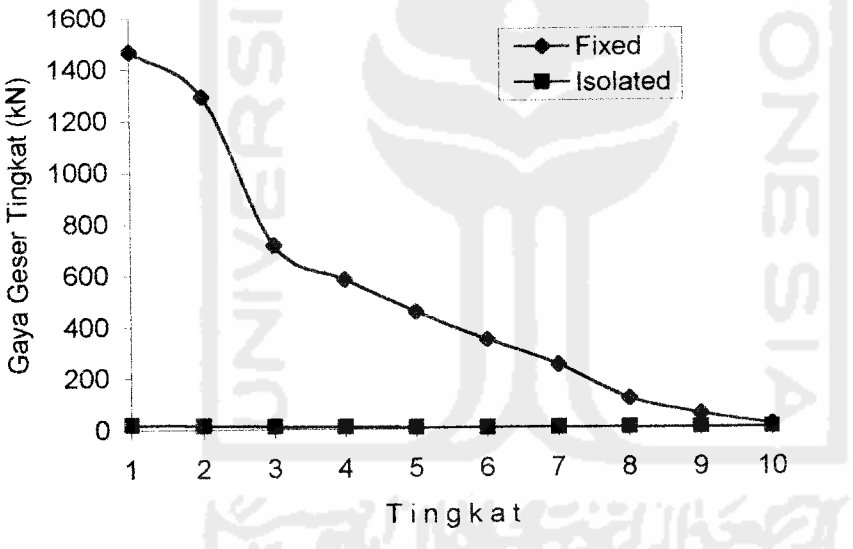
5.1.7 Hasil Perhitungan Gaya Geser Tingkat

Besarnya gaya geser tingkat dipengaruhi oleh simpangan relatif dan kekakuan tingkat. Gaya geser akan semakin besar pada lantai yang lebih rendah karena gaya geser tingkat akan ditahan oleh struktur tingkat dibawahnya. Komulatif dari gaya geser lantai atas hingga ke lantai paling bawah akan menimbulkan reaksi yang besarnya sama tetapi dengan arah yang berlawanan, gaya reaksi ini sering disebut gaya geser dasar.

Hasil perhitungan gaya geser tingkat untuk struktur dapat dilihat Tabel 5.6. Hubungan antara gaya geser tingkat bangunan yang menggunakan *rolling-ball* (*isolated*) dengan bangunan tanpa *rolling-ball* (*fixed*) tersebut disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 5.4.

Tabel 5.6 Gaya Geser Tingkat

Lantai	Gaya Geser Tingkat (kN)	
	Fixed Based	*Rolling-Ball*
0	0	0
1	1467.720	20.650
2	1292.420	15.511
3	716.620	12.387
4	581.820	9.451
5	457.220	6.990
6	344.620	4.894
7	246.630	3.168
8	114.030	1.806
9	52.730	0.812
10	11.780	0.168



Gambar 5.4 Gaya Geser Tingkat

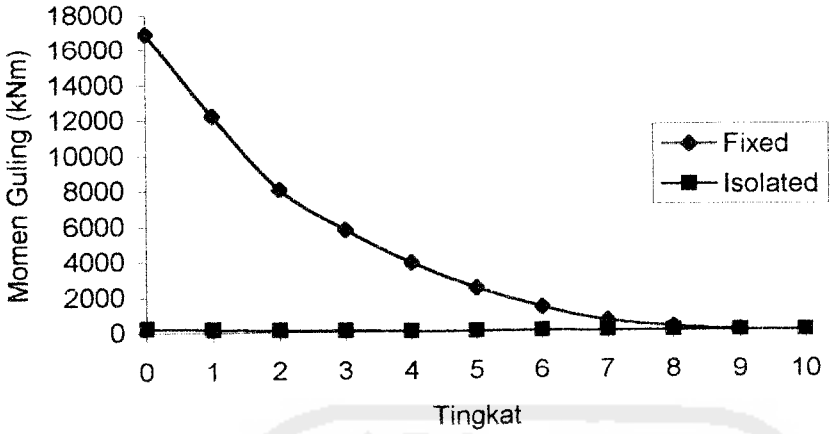
5.1.8 Hasil perhitungan Momen Guling (*Overturning moment*)

Momen guling didapat dengan mengalikan gaya geser tingkat yang terjadi dengan tinggi tingkat. Gedung tinggi yang relatif langsing mempunyai kemampuan yang lebih kecil umtuk memikul momen guling akibat gempa, karena bangunan yang kurang lebar menyebabkan tegangan pada kolom akan semakin besar dan kolom luarlah yang paling menderita.

Hasil perhitungan momen guling untuk struktur dapat dilihat Tabel 5.7. Hubungan antara momen guling bangunan yang menggunakan *rolling-ball* (*isolated*) dengan bangunan tanpa *rolling-ball* (*fixed*) tersebut disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 5.5.

Tabel 5.7 Momen Guling (*overturning moment*)

Lantai	Momen Guling (kNm)	
	Fixed Based	*Rolling-Ball*
0	16913.888	242.659
1	12217.184	176.578
2	8081.440	126.942
3	5788.256	87.332
4	3926.432	57.087
5	2463.328	34.718
6	1360.544	19.057
7	571.326	8.918
8	206.432	3.138
9	37.696	0.539
10	0.000	0.000



Gambar 5.5 Momen Guling (*overturning moment*)

5.1.9 Hasil Perhitungan Simpangan Relatif dengan Variasi Kekakuan pada Alat Peredam (*Isolator*)

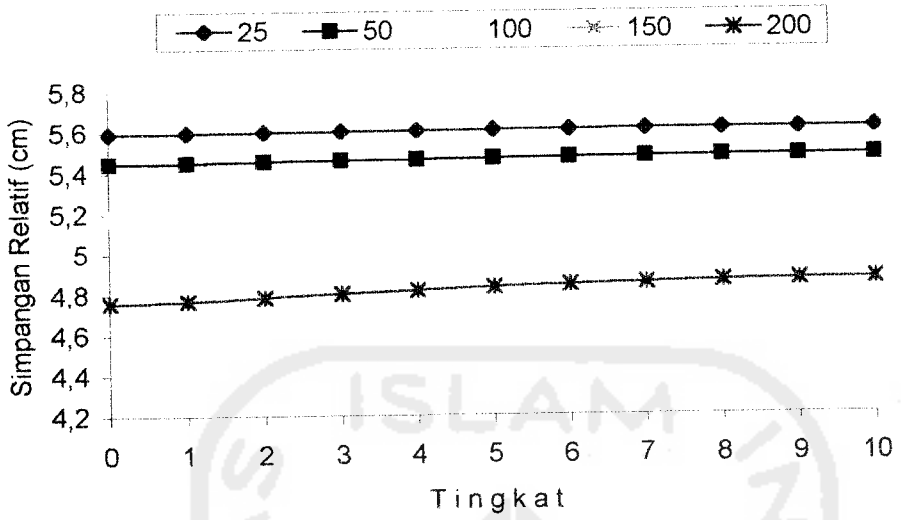
Hasil simpangan relatif dengan variasi kekakuan pada alat peredam didapat dari output SAP2000 setelah memasukan semua beban struktur dan beban gempa yang telah di jelaskan diatas. Hasil perhitungan simpangan relatif dengan variasi kekakuan alat peredam untuk struktur dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9. Hubungan antara simpangan relatif dengan variasi kekakuan alat peredam (*isolator*) tersebut disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.

Tabel 5.8 Simpangan Relatif Terhadap Pondasi dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam (*isolator*)

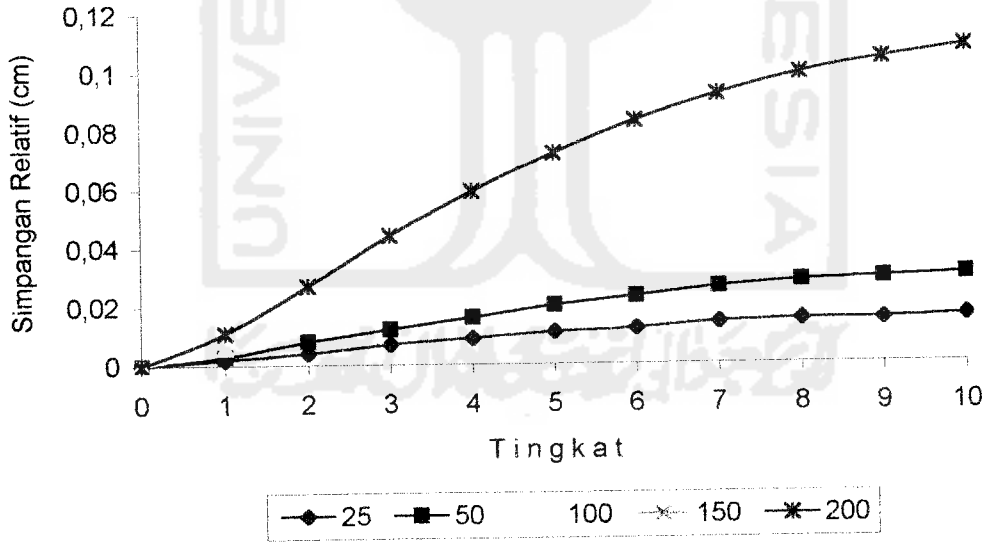
Lantai	Simpangan Relatif (cm)				
	K=25 kN/m	K=50 kN/m	K=100 kN/m	K=150 kN/m	K=200 kN/m
0	5.594	5.446	5.175	4.759	4.759
1	5.596	5.449	5.181	4.770	4.770
2	5.598	5.454	5.190	4.786	4.786
3	5.601	5.458	5.199	4.803	4.803
4	5.603	5.462	5.207	4.818	4.818
5	5.605	5.466	5.214	4.831	4.831
6	5.606	5.469	5.220	4.842	4.842
7	5.608	5.472	5.225	4.851	4.851
8	5.609	5.474	5.229	4.858	4.858
9	5.609	5.475	5.232	4.863	4.863
10	5.610	5.476	5.234	4.867	4.867

Tabel 5.9 Simpangan Relatif Terhadap Plat Dasar dengan Veriasi Kekakuan Alat Peredam (*isolator*)

Lantai	Simpangan Relatif (cm)				
	K=25 kN/m	K=50 kN/m	K=100 kN/m	K=150 kN/m	K=200 kN/m
0	0	0	0	0	0
1	0.0020	0.0030	0.0060	0.0110	0.0110
2	0.0040	0.0080	0.0150	0.0270	0.0270
3	0.0070	0.0120	0.0240	0.0440	0.0440
4	0.0090	0.0160	0.0320	0.0590	0.0590
5	0.0110	0.0200	0.0390	0.0720	0.0720
6	0.0120	0.0230	0.0450	0.0830	0.0830
7	0.0140	0.0260	0.0500	0.0920	0.0920
8	0.0150	0.0280	0.0540	0.0990	0.0990
9	0.0150	0.0290	0.0570	0.1040	0.1040
10	0.0160	0.0300	0.0590	0.1080	0.1080



Gambar 5.6 Simpangan Relatif Terhadap Pondasi dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam (*isolator*)



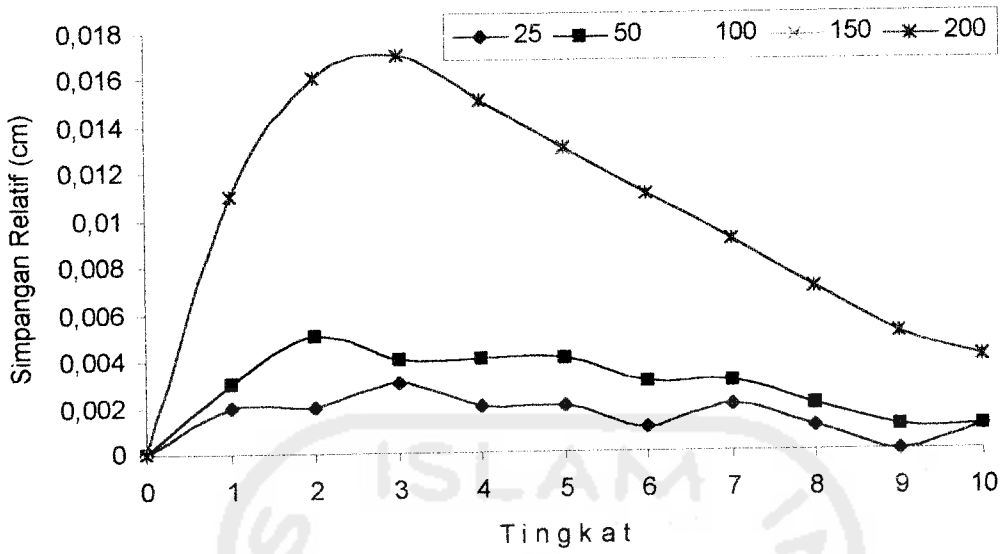
Gambar 5.7 Simpangan Relatif Terhadap Plat Dasar dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam (*isolator*)

5.1.10 Hasil Perhitungan Simpangan Antar Tingkat dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam (*Isolator*)

Hasil perhitungan simpangan antar tingkat untuk struktur dapat dilihat Tabel 5.10. Hubungan antara simpangan antar tingkat dengan variasi kekakuan alat peredam tersebut disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 5.8.

Tabel 5.10 Simpangan Antar Tingkat dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam

Lantai	Simpangan Antar Tingkat (cm)				
	K=25 kN/m	K=50 kN/m	K=100 kN/m	K=150 kN/m	K=200 kN/m
0	0	0	0	0	0
1	0.0020	0.0030	0.0060	0.0110	0.0110
2	0.0020	0.0050	0.0090	0.0160	0.0160
3	0.0030	0.0040	0.0090	0.0170	0.0170
4	0.0020	0.0040	0.0080	0.0150	0.0150
5	0.0020	0.0040	0.0070	0.0130	0.0130
6	0.0010	0.0030	0.0060	0.0110	0.0110
7	0.0020	0.0030	0.0050	0.0090	0.0090
8	0.0010	0.0020	0.0040	0.0070	0.0070
9	0.0000	0.0010	0.0030	0.0050	0.0050
10	0.0010	0.0010	0.0020	0.0040	0.0040



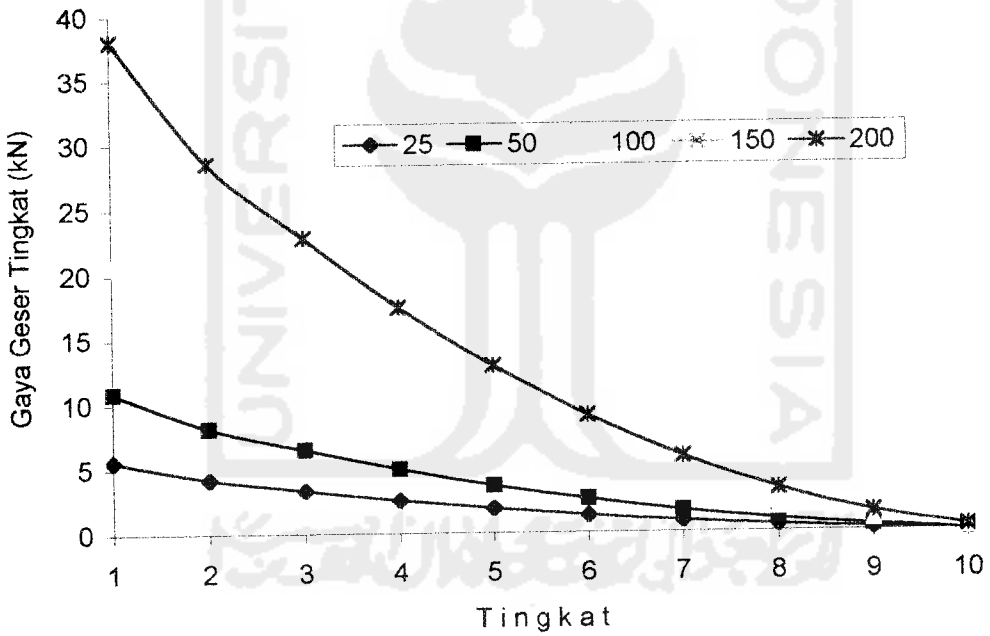
Gambar 5.8 Simpangan Antar Tingkat dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam (*isolator*)

5.1.11 Hasil Perhitungan Gaya Geser Tingkat dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam (*Isolator*)

Hasil perhitungan gaya geser tingkat untuk struktur dapat dilihat Tabel 5.11. Hubungan antara gaya geser tingkat dengan variasi kekakuan alat peredam (*isolator*) tersebut disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 5.9.

Tabel 5.11 Gaya Geser Tingkat dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam (*isolator*)

Lantai	Gaya Geser Tingkat (kN)				
	K=25 kN/m	K=50 kN/m	K=100 kN/m	K=150 kN/m	K=200 kN/m
0	0	0	0	0	0
1	5.5734	10.8562	20.6503	38.0422	38.0422
2	4.184	8.1522	15.5113	28.5902	28.5902
3	3.338	6.5042	12.3783	22.8232	22.8232
4	2.5482	4.9652	9.4513	17.4312	17.4312
5	1.8842	3.6712	6.9903	12.8952	12.8952
6	1.3191	2.572	4.8943	9.0312	9.0312
7	0.8537	1.6637	3.1683	5.8482	5.8482
8	0.4866	0.9484	1.8063	3.3352	3.3352
9	0.2187	0.4264	0.8122	1.5002	1.5002
10	0.04533	0.08836	0.1684	0.3112	0.3112



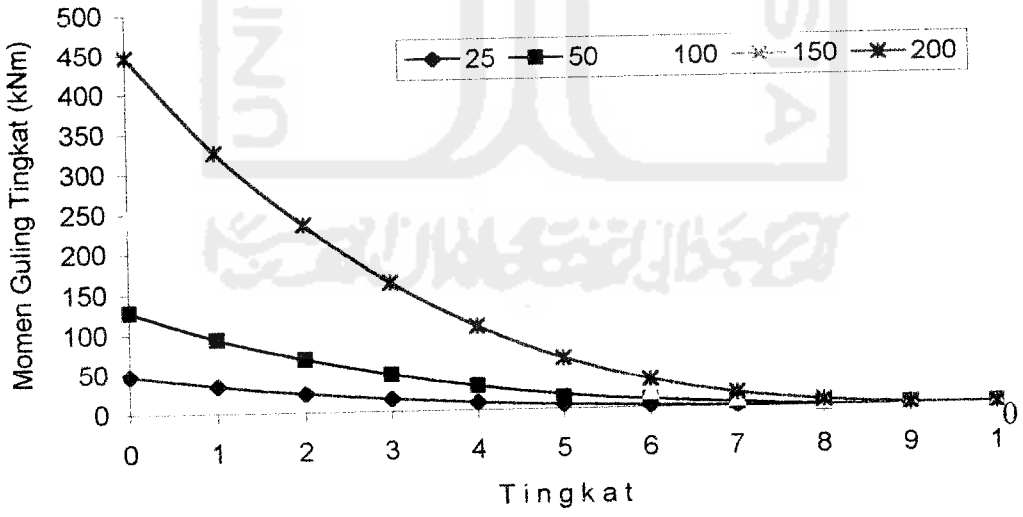
Gambar 5.9 Gaya Geser Tingkat dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam (*isolator*)

5.1.12 Hasil Perhitungan Momen Guling dengan Variasi Kekakuan pada Alat Peredam (*Isolator*)

Hasil perhitungan momen guling untuk struktur dapat dilihat Tabel 5.12. Hubungan antara momen guling dengan variasi kekakuan alat peredam (*isolator*) tersebut disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 5.10.

Tabel 5.12 Momen Guling dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam (*isolator*)

Lantai	Momen Guling (kNm)				
	K=25 kN/m	K=50 kN/m	K=100 kN/m	K=150 kN/m	K=200 kN/m
0	65.444	127.513	242.659	447.386	447.386
1	47.609	92.773	176.578	325.650	325.650
2	34.220	66.686	126.942	234.161	234.161
3	23.539	45.873	87.332	161.128	161.128
4	15.384	29.984	57.087	105.348	105.348
5	9.355	18.336	34.718	64.083	64.083
6	5.134	10.006	19.057	35.183	35.183
7	2.402	4.682	8.918	16.469	16.469
8	0.845	1.647	3.138	5.797	5.797
9	0.145	0.283	0.539	0.996	0.996
10	0	0	0	0	0



Gambar 5.10 Momen Guling dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam (*isolator*)

5.2 Pembahasan

Pada penelitian ini, kami mencoba membandingkan struktur yang menggunakan bola berputar (*rolling-ball*) dengan struktur tanpa *base isolation*. Penempatan bola berputar (*rolling-ball*) di antara pondasi dengan dasar kolom, sedangkan struktur *fixed base* di asumsikan jepit.

Dari hasil penelitian yang kami lakukan ternyata, struktur yang menggunakan bola berputar (*rollling-ball*) menghasilkan simpangan relatif dan simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat dan momen guling yang lebih kecil dari struktur *fixed base*, ini sesuai dengan teori bahwa sifat yang dimiliki bola berputar (*rolling-ball*) ini mampu meredam akselerasi atau percepatan beban gempa pada bangunan. Sedangkan variasi kekakuan alat peredam (*isolator*) ternyata tidak begitu besar pengaruhnya terhadap simpangan relatif, simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat maupun momen guling.

Besarnya reduksi simpangan relatif, simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat dan momen guling oleh struktur yang menggunakan bola berputar (*rolling-ball*) dapat dilihat pada :

1. Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 yang dimanifestasikan dengan grafik pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 memperlihatkan besarnya reduksi simpangan akibat penggunaan bola berputar (*rolling-ball*). Seperti telah dijelaskan sebelumnya, simpangan disini dibedakan menjadi dua macam, simpangan relatif terhadap pondasi (bagian bawah *rolling-ball*) dan simpangan relatif terhadap plat dasar/*base plat* (bagian atas *rolling-ball*). Untuk simpangan relatif terhadap pondasi, Tabel 5.4 dan

grafik pada Gambar 5.3 memperlihatkan simpangan yang dapat direduksi melalui pengunaan bola berputar (*rolling-ball*) sampai 44,154 %. Simpangan relatif maksimum yang terjadi pada puncak bangunan struktur dengan bola berputar (*rolling-ball*) sebesar 5,234 cm , lebih besar dari struktur tanpa bola berputar (*rolling-ball*) yang sebesar 2,923 cm. Yang perlu diperhatikan disini adalah adanya simpangan sebesar 5,175 cm pada dasar struktur yang menggunakan bola berputar (*rolling-ball*). Simpangan ini adalah simpangan yang terjadi pada bola berputar (*rolling-ball*) akibat respons terhadap beban gempa. Besarnya simpangan yang terjadi pada *rolling-ball* yaitu 5,175 cm masih lebih kecil dari persyaratan pada Tabel 4.1 yang sebesar 8,3 cm, sehingga *rolling-ball* ini dapat digunakan untuk struktur ini. Adapun untuk simpangan relatif terhadap *base plat* (bagian atas *rolling-ball*), Tabel 5.4 dan grafik pada Gambar 5.2 memperlihatkan simpangan yang dapat direduksi mencapai 97,982 %. Simpangan relatif (terhadap plat dasar/*base plat*) maksimum yang terjadi sebesar 0.059 cm, jauh lebih kecil dari simpangan maksimum struktur yang tidak menggunakan bola berputar (*rolling-ball*) yang sebesar 2,923 cm. Hal ini membuktikan bahwa struktur yang menggunakan bola berputar (*rolling-ball*) mampu menghasilkan simpangan relatif yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur tanpa *rolling-ball* (fixed),ini sesuai dengan teori bahwa sifat yang dimiliki bola berputar (*rolling-*

ball) ini mampu meredam akselerasi atau percepatan beban gempa pada bangunan.

2. Tabel 5.5 yang dimanifestasikan dengan grafik pada Gambar 5.3 memperlihatkan bahwa struktur yang mengunakan *base isolation* dapat mereduksi simpangan antar tingkat (*inter storey drift*) sebesar 97,842 % dari struktur tanpa bola berputar (*rolling-ball*). Besarnya simpangan antar tingkat maksimum yang terjadi pada struktur yang menggunakan bola berputar (*rolling-ball*) adalah 0,009 cm di lantai ketiga sedangkan pada struktur tanpa bola berputar (*rolling-ball*) sebesar 0.417 cm pada lantai ketiga. Simpangan antar tingkat disini diukur dari lantai pertama sehingga simpangan pada dasar struktur yang sebesar 5,175 cm tidak dimasukkan karena simpangan tersebut sebenarnya terjadi pada bola berputar (*rolling-ball*) dan bukan pada struktur bangunannya. Hal ini membuktikan bahwa struktur yang menggunakan bola berputar (*rolling-ball*) mampu menghasilkan simpangan antar tingkat yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur tanpa *rolling-ball* (*fixed*), ini sesuai dengan teori bahwa sifat yang dimiliki bola berputar (*rolling-ball*) ini mampu meredam akselerasi atau percepatan beban gempa pada bangunan.

3. Tabel 5.6 yang dimanivestasikan dengan grafik pada Gambar 5.4 memperlihatkan bahwa struktur yang menggunakan bola berputar (*rolling-ball*) dapat mereduksi gaya geser tingkat sebesar 98,593 % dari struktur tanpa bola berputar (*rolling-ball*). Gaya geser tingkat

yang terjadi pada struktur dipengaruhi oleh besarnya simpangan relatif, semakin besar simpangan relatif yang terjadi maka semakin besar gaya geser tingkat yang terjadi. Besarnya gaya geser tingkat maksimum yang terjadi pada struktur yang menggunakan *rolling-ball* adalah 20,650 kN dilantai pertama, sedangkan struktur tanpa *rolling-ball* mengalami gaya geser maksimum sebesar 1467,720 kN dilantai pertama. Selain simpangan relatif, kekakuan juga berpengaruh terhadap gaya geser tingkat, tetapi dalam penelitian ini kekakuan struktur dianggap sama. . Hal ini membuktikan bahwa struktur yang menggunakan boal berputar (*rolling-ball*) mampu menghasilkan gaya geser tingkat yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur tanpa *rolling-ball* (*fixed*), ini sesuai dengan teori bahwa sifat yang dimiliki bola berputar (*rolling-ball*) ini mampu meredam akselerasi atau percepatan beban gempa pada bangunan.

4. Tabel 5.7 yang dimanivestasikan dalam grafik pada Gambar 5.5 memperlihatkan bahwa struktur yang menggunakan bola berputar (*rolling-ball*) dapat mereduksi momen guling sebesar 98,565 % dari struktur tanpa bola berputar (*rolling-ball*).. Besarnya momen guling dipengaruhi oleh besar kecilnya gaya lateral yang terjadi, semakin besar gaya lateral yang terjadi pada struktur bangunan maka semakin besar pula momen gulingnya. Besarnya momen guling maksimum yang terjadi pada struktur yang menggunakan *rolling-ball* adalah 16913,888 kNm, sedangkan pada struktur tanpa *rolling-ball* sebesar

242,659 kNm. Perbedaan tersebut disebabkan struktur yang menggunakan *rolling-ball* dapat meredam gaya-gaya lateral yang terjadi pada struktur lebih besar daripada struktur tanpa *rolling-ball*, sehingga menghasilkan momen guling yang lebih kecil.

5. Tabel 5.8 dan tabel 5.9 yang dimanivestasikan dengan grafik pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 memperlihatkan besarnya simpangan yang terjadi akibat variasi kekakuan pada alat peredam (*isolator*). Untuk simpangan relatif terhadap pondasi Tabel 5.8 dan grafik pada Gambar 5.6 memperlihatkan simpangan yang lebih stabil dan merata pada kekakuan 25 kN/m dibandingkan nilai kekakuan alat peredam (*isolator*) yang semakin besar. Begitu pula yang terjadi pada simpangan relatif terhadap plat dasar dengan variasi kekakuan alat peredam (*isolator*), simpangan relatif maksimum yang terjadi pada kekakuan 25 kN/m adalah 0,016 cm ternyata lebih kecil dibandingkan dengan simpangan relatif maksimum yang terjadi pada kekakuan 200 kN/m sebesar 0,108 cm. Hal ini membuktikan bahwa dengan semakin kecil nilai kekakuan pada alat peredam (*isolator*) maka simpangan relatif yang terjadi akan lebih stabil.

6. Tabel 5.10 yang dimanivestasikan dengan grafik pada Gambar 5.8 memperlihatkan besarnya simpangan maksimum antar tingkat akibat variasi kekakuan alat peredam (*isolator*) terjadi antara tingkat 2 dan tingkat 3 hal ini disebabkan oleh perilaku pada struktur bangunan itu sendiri yang diakibatkan dengan adanya perbedaan kekakuan disetiap

tingkatnya. Besarnya simpangan antar tingkat maksimum pada kekakuan 25 kN/m sebesar 0,003 cm, sedangkan pada kekakuan 200 kN/m sebesar 0,017 cm. Hal ini membuktikan bahwa dengan semakin besar kekakuan pada alat peredam (*isolator*) semakin besar pula simpangan antar tingkat yang terjadi.

7. Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 yang dimanivestasikan dengan grafik pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 memperlihatkan besarnya nilai gaya geser tingkat dan momen guling. Untuk gaya geser tingkat, Tabel 5.11 dan Gambar 5.9 memperlihatkan pada kekakuan 25 kNm, gaya geser yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan kekakuan 200 kNm. Peningkatan yang terjadi dengan memvariasikan nilai kekakuan kurang lebih sebesar 50 %. Begitu juga pada Tabel 5.12 dan Gambar 5.10 menunjukkan bahwa momen guling yang terjadi dengan nilai kekakuan yang berbeda digunakan pada alat peredam (*isolator*) pengaruhnya mengalami peningkatan kurang lebih sebesar 50 %.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini maka, dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran demi kelanjutan penelitian sejenis dimasa yang akan datang.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari dua model struktur yang menggunakan isolasi dasar (*rolling-ball*) dan tanpa isolasi dasar (*fixed base*) dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. simpangan relatif terhadap pondasi dapat direduksi sampai dengan 44,154 % , sedangkan simpangan relatif terhadap *base plat* (bagian atas *rolling-ball*) dapat direduksi sampai dengan 97,982 % dengan mengunakan isolasi dasar khususnya bola berputar *(rolling-ball)*,
2. simpangan antar tingkat yang terjadi dapat direduksi sampai dengan 97,842 % dengan menggunakan isolasi dasar khususnya bola berputar (*rolling-ball)*,
3. gaya geser tingkat yang terjadi dapat direduksi sampai dengan 98,593 % dengan menggunakan isolasi dasar khususnya bola berputar (*rolling-ball*),

4. momen guling yang terjadi dapat direduksi sampai dengan 98,565 % dengan menggunakan isolasi dasar khususnya bola berputar (*rolling-ball*), dan
5. variasi kekakuan pada alat peredam pengaruhnya cukup besar terhadap simpangan horisontal, gaya geser dan momen guling yang terjadi dengan peningkatan kurang lebih 50 %..

6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diambil dari hasil penelitian ini agar dapat dilanjutkan dan menjadi perhatian antara lain adalah :

1. penelitian ini belum memperhitungkan gaya-gaya dalam dan gaya torsi yang terjadi sehingga perlu penelitian selanjutnya,
2. penempatan *base isolator* khususnya *rolling-ball* perlu diperhitungkan juga untuk mengetahui posisi yang paling efektif,
3. untuk struktur tingkat tinggi, perlu juga diperhitungkan gaya tarik (*pull out force*) yang terjadi pada *base isolator* tersebut, terutama pada bagian sambungan antara bola berputar dengan struktur,
4. perlu juga untuk mempertimbangkan pengaruh P-delta efek yang terjadi,
5. perlunya diadakan penelitian lebih lanjut pada struktur *base isolation* dengan memvariasikan massa lantai bangunan dan tinggi bangunan,
6. semakin berkembangnya teknologi *base isolation* memunculkan banyak alternatif pilihan *base isolator* yang digunakan, sehingga perlu diteliti mana yang paling efisien,

7. perlu dibandingkan dengan sistem struktur tahan gempa lainnya seperti dinding geser dan diagonal *bracing*, mana yang lebih efesien baik secara struktural maupun secara ekonomi tekniknya,
8. perlu penelitian lebih lanjut tentang spesifikasi alat peredam khususnya bola berputar (*rolling-ball*) dengan nilai kekakuan yang lebih kecil dan efisien,
9. perlu dibentuknya suatu team dari kalangan universitas untuk membuat peraturan mengenai petunjuk merancang dan standar nasional bagi *isolated building* khusus negara Indonesia, dan
10. perlu pengenalan sistem perlindungan bangunan terhadap gempa tersebut kepada arsitek, kontraktor, konsultan konstruksi, instansi pengambil kebijakan, perguruan tinggi dan industri karet.

DAFTAR PUSTAKA

Khoir, A., dan Ariffin (2000), "Pengaruh Perubahan Kekakuan Tingkat Secara Serentak Terhadap Simpangan, Gaya Geser Dasar Dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Lima Menggunakan Eksitasi Gempa Berupa Time History ", Tugas Akhir program S-1, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Bhuana, K.S. dan. S. Honggokusumo (1995), "Mekanisme Penyerapan Getaran Gempa Bumi oleh Bantalan Karet Alam", Simposium Nasional-Himpunan Polimer Indonesia 1995, diselenggarakan oleh Pusat Penelitian Karet, Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor, : 178-182.

BPPP. (1997), "Bantalan Karet Peredam Gempa ", oleh Biro Perencanaan, Pengkajian dan Pengambangan, disajikan pada "Seminar Sehari Antisipasi Bencana Gempa Bumi dalam Peningkatan Keselamatan Bangunan", 20 Nopember 1997, Jakarta.

Conveney, V.A, C.J. Derham., K.N.G. Fuller., dan A.G. Thomas. (1998) "Vibration Isolation and Earthquake Protection of Building" in : Natural Rubber Science and Technology (ed. A.D. Roberts), Oxford University Press, New York, : 938.

Chopra A.K. (1995), "Dynamics Of Structures", Prentice Hall.

Paldi, E.P., dan N.Hakim (2000), "Performansi Bantalan Karet Sebagai Salah Satu Jenis Redaman Pasif Untuk Gedung Tahan Gempa ", Tugas Akhir program S-1, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Fuller, K.N.G., dan A. H. Muhr (1997), " Optimization Of High Damping Rubber Bearing And Development Of Rolling-Ball Rubber-Layer System For Base Isolation", International Post-SMIRT Conference Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation and Active Control of Seismic Vibrations of Structures, Taormina, Italy, Agustus 25 – 27 1997, : 271-290.

Kelly, M. J. (1997), " New Application and R&D for Isolated Civil Building in The United States", International Post-SMIRT Conference Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation and Active Control of

Seismic Vibrations of Structures, Taormina, Italy, Agustus 25 – 27 1997, : 69-89.

Respati, K.D., dan A.A. Soewendo (2001), "Pengaruh Variasi Massa Tingkat Terhadap Simpangan, Gaya Geser, Dan Momen Guling Pada Bangunan Bertingkat 5 Akibat Riwayat Waktu Goyangan Gempa El Centro ", Tugas Akhir program S-1, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Lin Z. F. (1997), "Progress of Application New Projects, R&D and Development of Design Rules for Seismic Isolation and Passive Energy Dissipation of Civil Building, Bridges and Nuclear and Non Nuclear Plants in P R China", International Post-SMIRT Conference Seminar on Sesmic Isolation, Passive Energy Dissipation and Active Control of Seismic Vibrations of Structures, Taormina, Sicily, Italy, Agustus 25 – 27 1997, : 45-55.

Lin Z. F. (1997), "Seismic Control of Structures" (Chinese), Chinese Seismic Publishing House, 1997.

Mayes, R.I., R. Jones, T. E Kelly, dan M. R. Button. (1984), "Design Guidelines for Base Isolated Buildings With Energi Dissipators", Eartquake Spectra, I, No.1, : 41-74.

Muhr, A. H.,dan M. Sulong (1997), "Rolling Ball Isolation System For Light Structures", International Post-SMIRT Conference Seminar on Sesmic Isolation, Passive Energy Dissipation and Active Control of Seismic Vibrations of Structures, Taormina, Sicily, Italy, Agustus 25 27 1997, : 795-811.

Paz, M. (1987), "Dinamika Struktur, Teori & Perhitungan", Alih bahasa, Manu, A.P., Penerbit Erlangga.

Pedoman Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983, Dep. PU. Ditjen Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, Dep. PU. Ditjen Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

Sarwidi (1999), *Diktat Kuliah Teknik Gempa*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

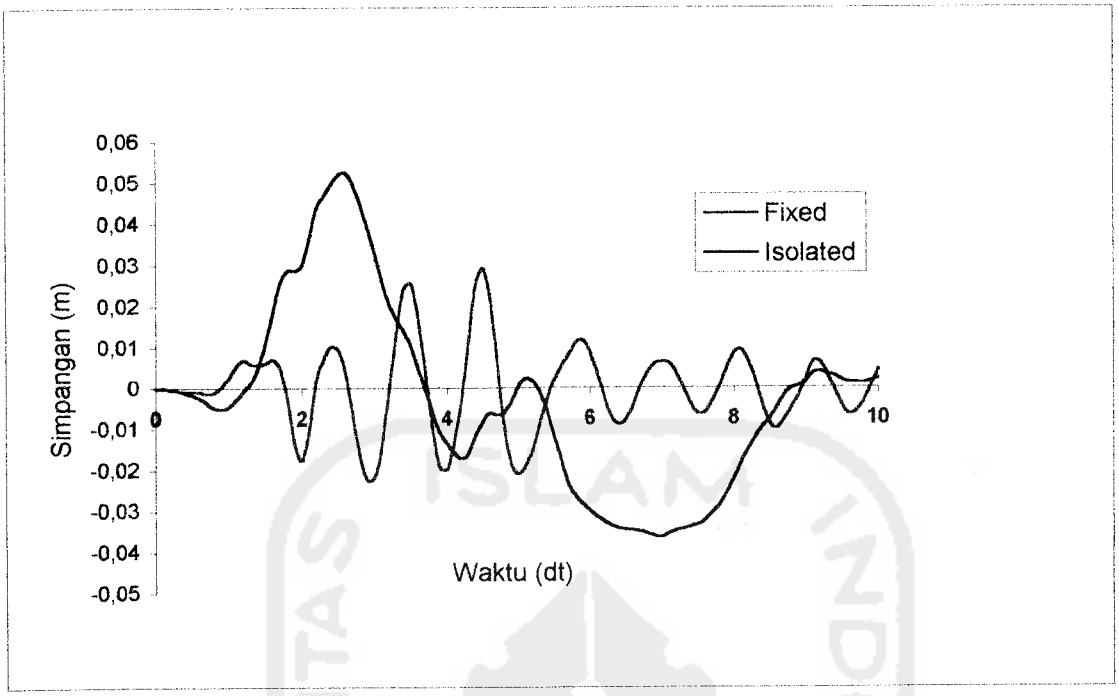
Tjkrodimulyo, K, *Teknik Gempa*, Diktat Kuliah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitac Gajah Mada, Yogyakarta.

Widodo (1996), "Analisis Dinamika Struktur", Diktat Kuliah Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

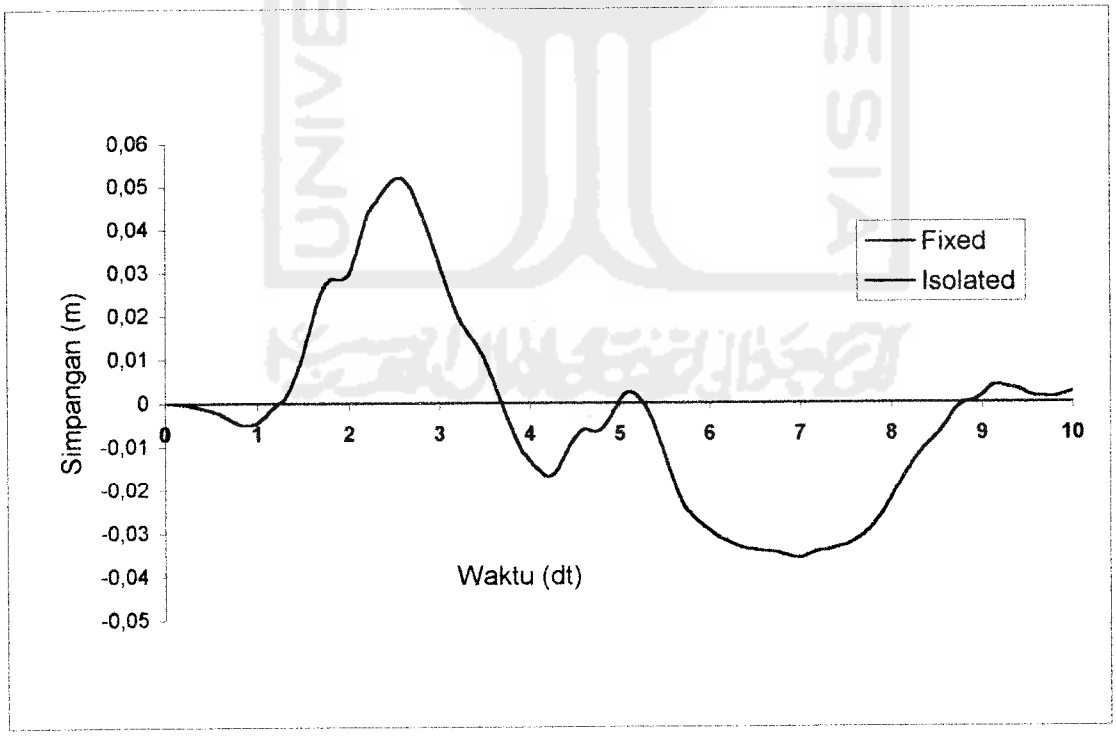
http://www.structural.mechanics/REEDS.com

http://www..takenaka.co.jp

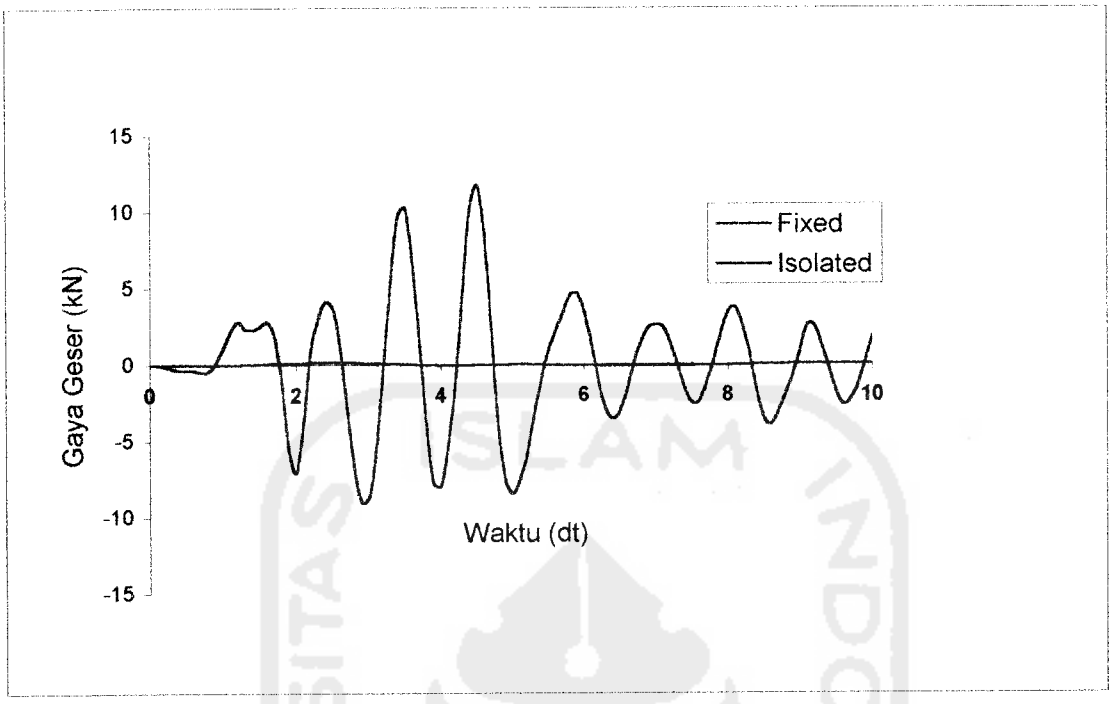
LAMPIRAN I



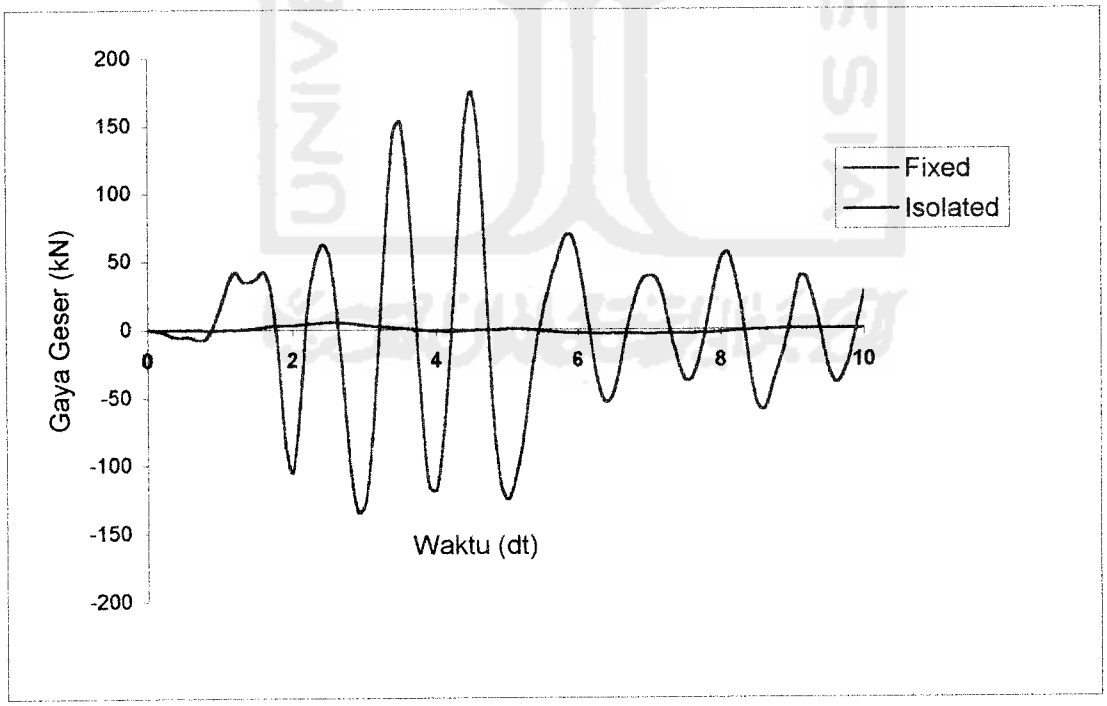
Gambar Lampiran 1.1 Grafik Simpangan Relatif Lantai Atas Akibat Time History



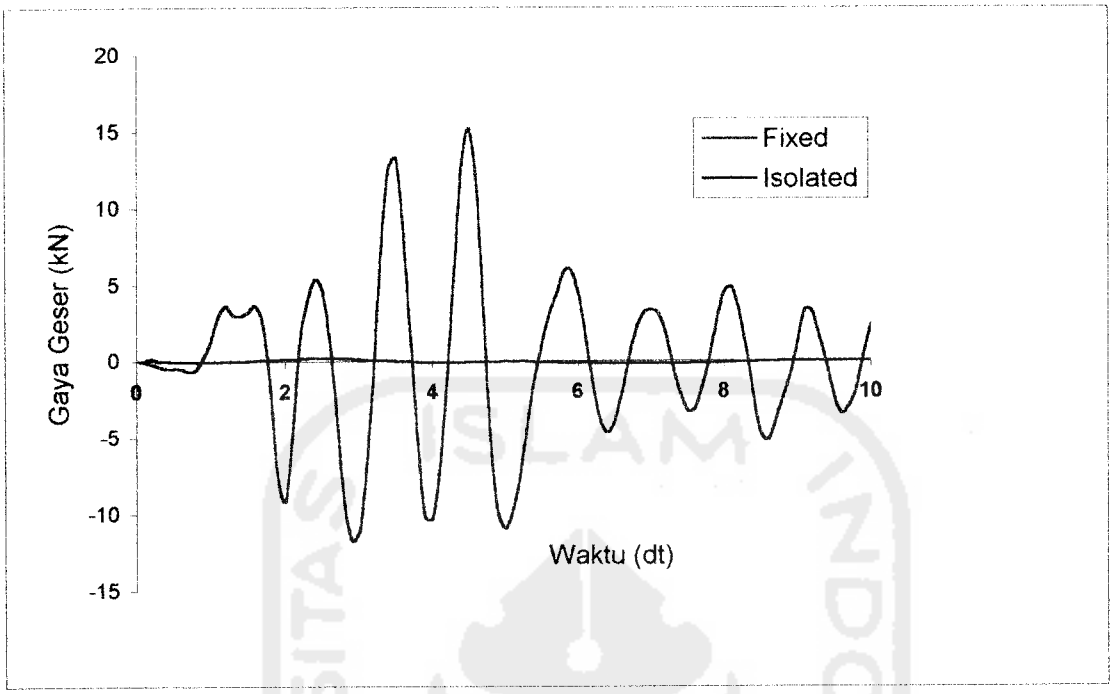
Gambar Lampiran 1.2 Grafik Simpangan Relatif Lantai Bawah Akibat Time History



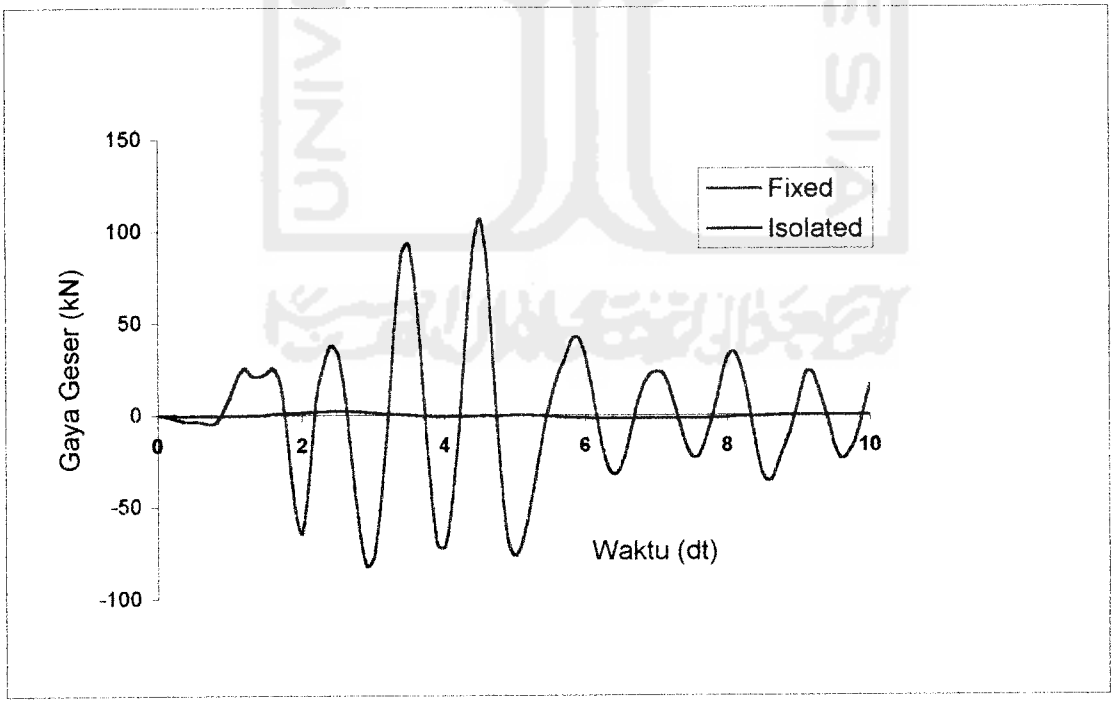
Gambar Lampiran 1.3 Grafik Gaya Geser Kolom Paling Atas Akibat Time History



Gambar Lampiran 1.4 Grafik Gaya Geser Kolom Paling Bawah Akibat Time History

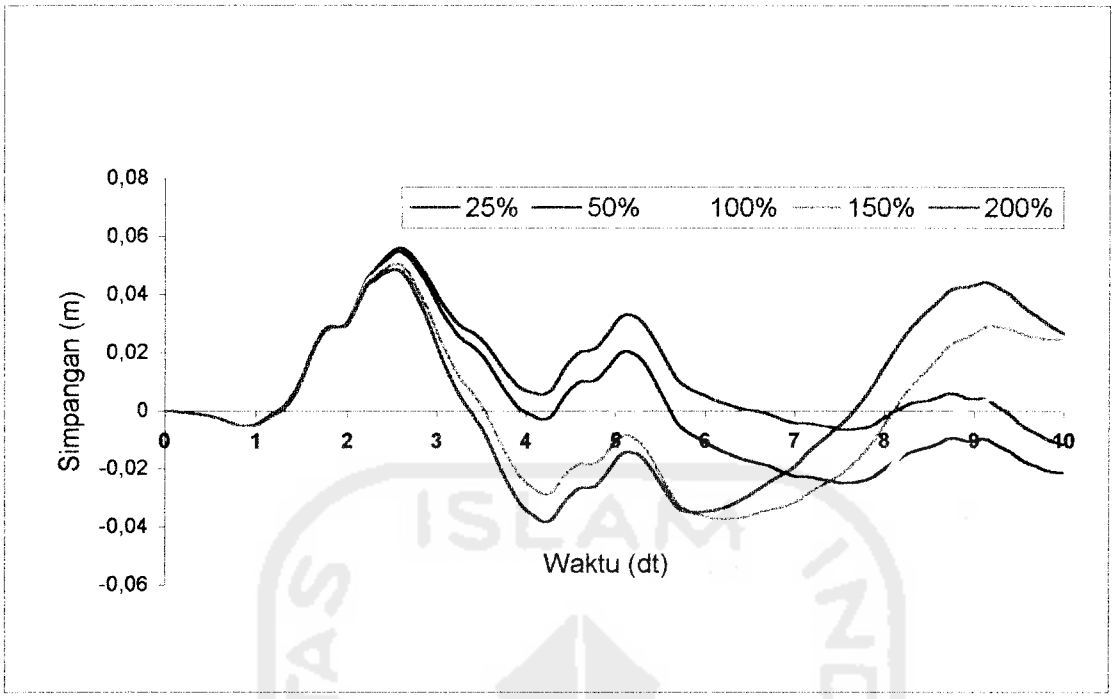


Gambar Lampiran 1.5 Grafik Gaya Geser Balok Paling Atas Akibat Time History

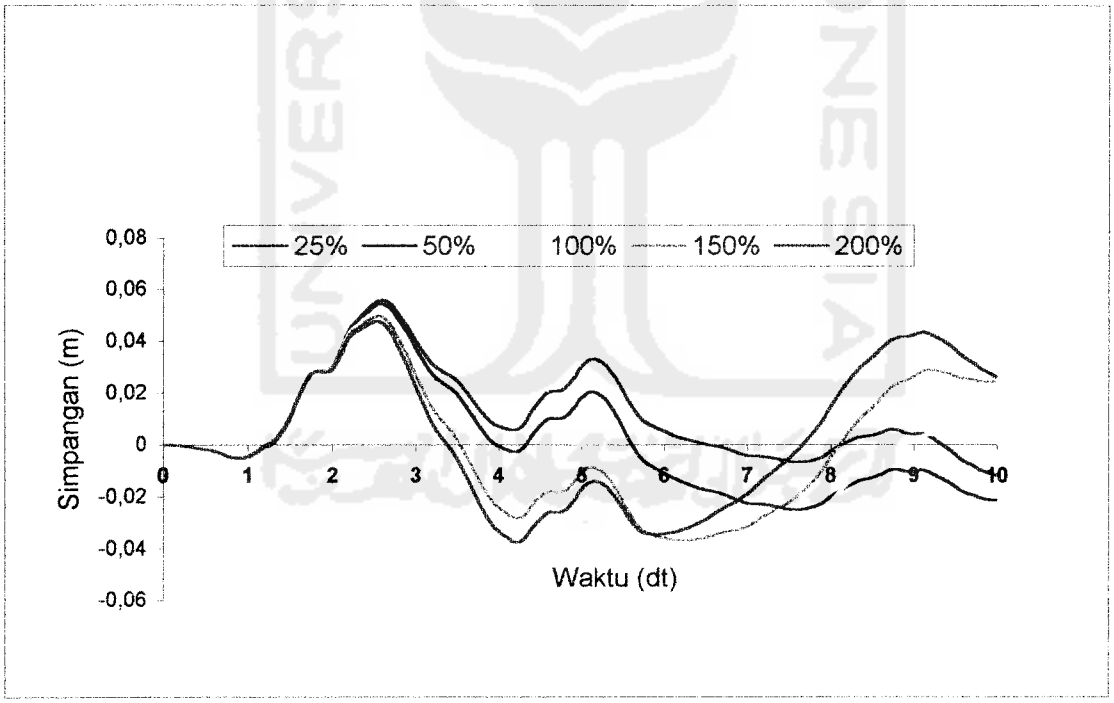


Gambar Lampiran 1.6 Grafik Gaya Geser Balok Paling Bawah Akibat Time History

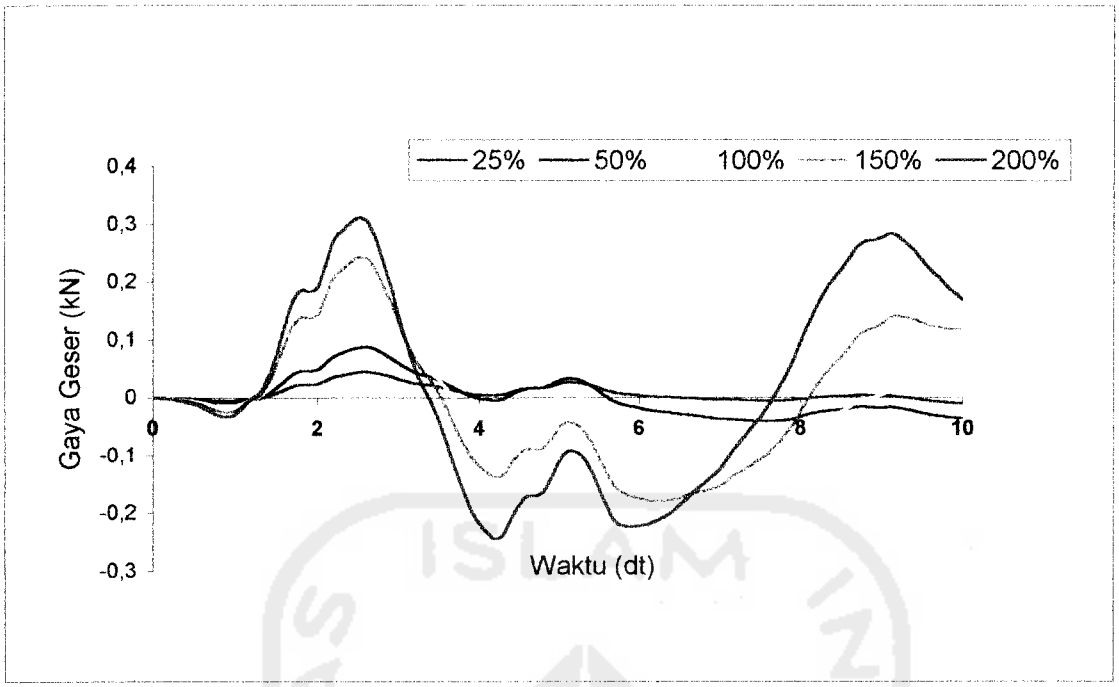
LAMPIRAN II



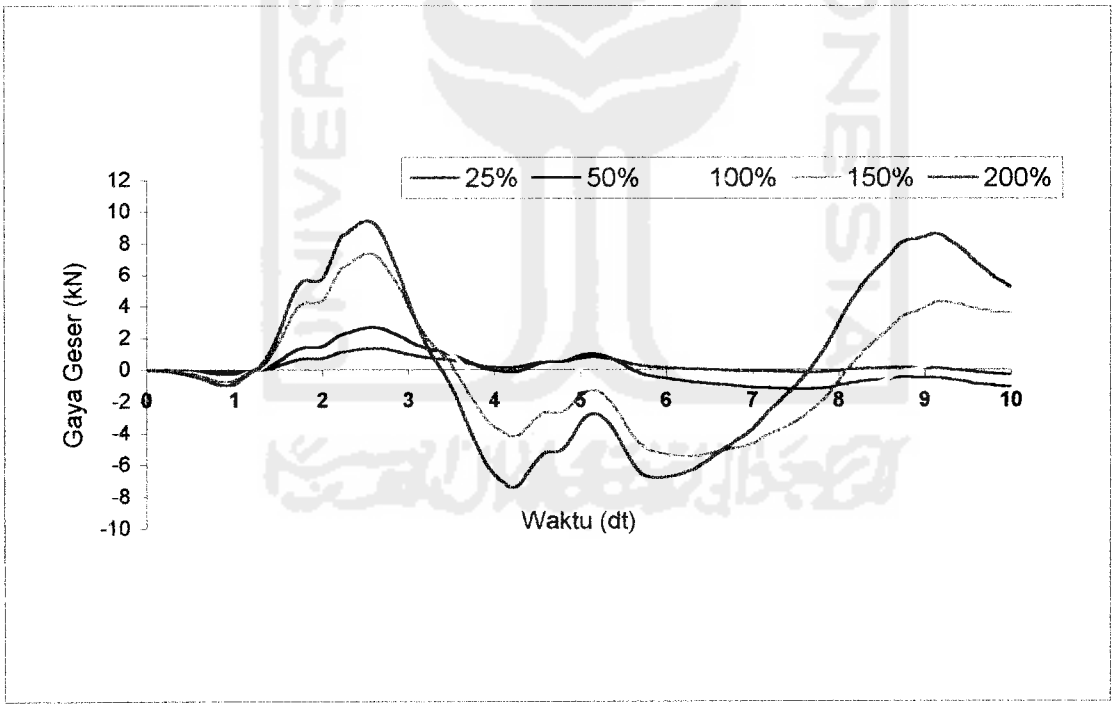
Gambar Lampiran 2.1 Grafik Simpangan Realtif Lantai Atas Dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam



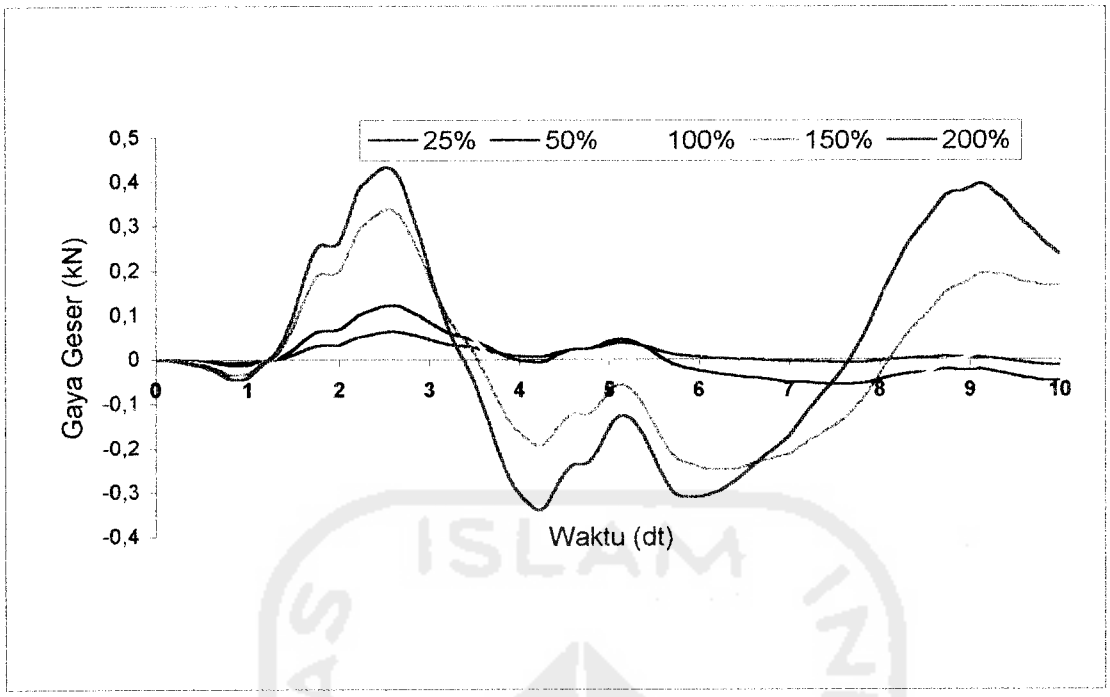
Gambar Lampiran 2.2 Grafik Simpangan Relatif Lantai Bawah Dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam



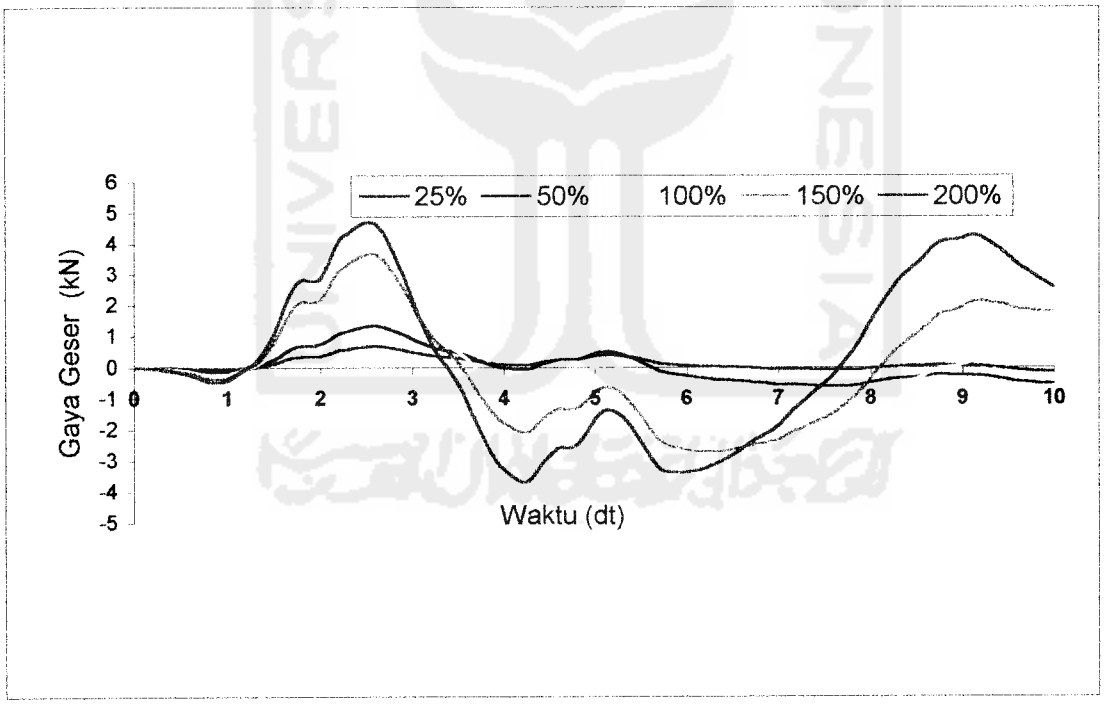
Gambar Lampiran 2.3 Grafik Gaya Geser Kolom Paling Atas Dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam



Gambar Lampiran 2.4 Grafik Gaya Geser Kolom Paling Bawah Dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam



Gambar Lampiran 2.5 Grafik Gaya Geser Balok Paling Atas Dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam



Gambar Lampiran 2.6 Grafik Gaya Geser Balok Paling Bawah Dengan Variasi Kekakuan Alat Peredam

LAMPIRAN III

Civil Engineering
ANALISA STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA UNIT : KN-M-DTK

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
1	DEAD	1,0000
2	LIVE	1,0000

T I M E H I S T O R Y C A S E S

HISTORY CASE	HISTORY TYPE	NUMBER OF TIME STEPS	TIME STEP INCREMENT
HIST1	LINEAR	100	0,10000

J O I N T D A T A

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	0,00000	0,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
2	6,00000	0,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
3	12,00000	0,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
4	18,00000	0,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
5	0,00000	6,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
6	6,00000	6,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
7	12,00000	6,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
8	18,00000	6,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
9	0,00000	12,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
10	6,00000	12,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
11	12,00000	12,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
12	18,00000	12,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
13	0,00000	18,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
14	6,00000	18,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
15	12,00000	18,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
16	18,00000	18,00000	0,00000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
17	0,00000	0,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
18	6,00000	0,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
19	12,00000	0,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
20	18,00000	0,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
21	0,00000	6,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
22	6,00000	6,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
23	12,00000	6,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
24	18,00000	6,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
25	0,00000	12,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
26	6,00000	12,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
27	12,00000	12,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
28	18,00000	12,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
29	0,00000	18,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
30	6,00000	18,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
31	12,00000	18,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
32	18,00000	18,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
33	0,00000	0,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
34	6,00000	0,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
35	12,00000	0,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
36	18,00000	0,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
37	0,00000	6,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
38	6,00000	6,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
39	12,00000	6,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
40	18,00000	6,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
41	0,00000	12,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
42	6,00000	12,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
43	12,00000	12,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
44	18,00000	12,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
45	0,00000	18,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
46	6,00000	18,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
47	12,00000	18,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
48	18,00000	18,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000

49	0,00000	0,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
50	6,00000	0,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
51	12,00000	0,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
52	18,00000	0,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
53	0,00000	6,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
54	6,00000	6,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
55	12,00000	6,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
56	18,00000	6,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
57	0,00000	12,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
58	6,00000	12,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
59	12,00000	12,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
60	18,00000	12,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
61	0,00000	18,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
62	6,00000	18,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
63	12,00000	18,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
64	18,00000	18,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
65	0,00000	0,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
66	6,00000	0,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
67	12,00000	0,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
68	18,00000	0,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
69	0,00000	6,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
70	6,00000	6,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
71	12,00000	6,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
72	18,00000	6,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
73	0,00000	12,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
74	6,00000	12,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
75	12,00000	12,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
76	18,00000	12,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
77	0,00000	18,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
78	6,00000	18,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
79	12,00000	18,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
80	18,00000	18,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
81	0,00000	0,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
82	6,00000	0,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
83	12,00000	0,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
84	18,00000	0,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
85	0,00000	6,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
86	6,00000	6,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
87	12,00000	6,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
88	18,00000	6,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
89	0,00000	12,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
90	6,00000	12,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
91	12,00000	12,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
92	18,00000	12,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
93	0,00000	18,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
94	6,00000	18,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
95	12,00000	18,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
96	18,00000	18,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
97	0,00000	0,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
98	6,00000	0,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
99	12,00000	0,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
100	18,00000	0,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
101	0,00000	6,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
102	6,00000	6,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
103	12,00000	6,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
104	18,00000	6,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
105	0,00000	12,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
106	6,00000	12,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
107	12,00000	12,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
108	18,00000	12,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
109	0,00000	18,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
110	6,00000	18,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
111	12,00000	18,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
112	18,00000	18,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
113	0,00000	0,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
114	6,00000	0,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
115	12,00000	0,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
116	18,00000	0,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
117	0,00000	6,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
118	6,00000	6,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
119	12,00000	6,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
120	18,00000	6,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
121	0,00000	12,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
122	6,00000	12,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000

123	12,00000	12,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
124	18,00000	12,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
125	0,00000	18,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
126	6,00000	18,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
127	12,00000	18,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
128	18,00000	18,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
129	0,00000	0,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
130	6,00000	0,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
131	12,00000	0,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
132	18,00000	0,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
133	0,00000	6,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
134	6,00000	6,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
135	12,00000	6,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
136	18,00000	6,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
137	0,00000	12,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
138	6,00000	12,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
139	12,00000	12,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
140	18,00000	12,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
141	0,00000	18,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
142	6,00000	18,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
143	12,00000	18,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
144	18,00000	18,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
145	0,00000	0,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
146	6,00000	0,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
147	12,00000	0,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
148	18,00000	0,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
149	0,00000	6,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
150	6,00000	6,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
151	12,00000	6,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
152	18,00000	6,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
153	0,00000	12,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
154	6,00000	12,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
155	12,00000	12,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
156	18,00000	12,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
157	0,00000	18,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
158	6,00000	18,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
159	12,00000	18,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
160	18,00000	18,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
161	0,00000	0,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
162	6,00000	0,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
163	12,00000	0,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
164	18,00000	0,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
165	0,00000	6,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
166	6,00000	6,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
167	12,00000	6,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
168	18,00000	6,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
169	0,00000	12,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
170	6,00000	12,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
171	12,00000	12,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
172	18,00000	12,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
173	0,00000	18,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
174	6,00000	18,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
175	12,00000	18,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
176	18,00000	18,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
177	9,00000	9,00000	3,20000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
178	9,00000	9,00000	6,40000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
179	9,00000	9,00000	9,60000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
180	9,00000	9,00000	12,80000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
181	9,00000	9,00000	16,00000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
182	9,00000	9,00000	19,20000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
183	9,00000	9,00000	22,40000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
184	9,00000	9,00000	25,60000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
185	9,00000	9,00000	28,80000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
186	9,00000	9,00000	32,00000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000

O I N T M A S S D A T A

JOINT	M-U1	M-U2	M-U3	M-R1	M-R2	M-R3
177	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
178	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
179	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
180	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930

181	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
182	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
183	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
184	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
185	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
186	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930

J O I N T C O N S T R A I N T D A T A

JOINT	TYPE
17	177MS
18	177MS
19	177MS
20	177MS
21	177MS
22	177MS
23	177MS
24	177MS
25	177MS
26	177MS
27	177MS
28	177MS
29	177MS
30	177MS
31	177MS
32	177MS
177	177MS
33	178MS
34	178MS
35	178MS
36	178MS
37	178MS
38	178MS
39	178MS
40	178MS
41	178MS
42	178MS
43	178MS
44	178MS
45	178MS
46	178MS
47	178MS
48	178MS
178	178MS
49	179MS
50	179MS
51	179MS
52	179MS
53	179MS
54	179MS
55	179MS
56	179MS
57	179MS
58	179MS
59	179MS
60	179MS
61	179MS
62	179MS
63	179MS
64	179MS
179	179MS
65	180MS
66	180MS
67	180MS
68	180MS
69	180MS
70	180MS
71	180MS
72	180MS
73	180MS
74	180MS
75	180MS

76 180MS
77 180MS
78 180MS
79 180MS
80 180MS
180 180MS
81 181MS
82 181MS
83 181MS
84 181MS
85 181MS
86 181MS
87 181MS
88 181MS
89 181MS
90 181MS
91 181MS
92 181MS
93 181MS
94 181MS
95 181MS
96 181MS
181 181MS
97 182MS
98 182MS
99 182MS
100 182MS
101 182MS
102 182MS
103 182MS
104 182MS
105 182MS
106 182MS
107 182MS
108 182MS
109 182MS
110 182MS
111 182MS
112 182MS
182 182MS
113 183MS
114 183MS
115 183MS
116 183MS
117 183MS
118 183MS
119 183MS
120 183MS
121 183MS
122 183MS
123 183MS
124 183MS
125 183MS
126 183MS
127 183MS
128 183MS
183 183MS
129 184MS
130 184MS
131 184MS
132 184MS
133 184MS
134 184MS
135 184MS
136 184MS
137 184MS
138 184MS
139 184MS
140 184MS
141 184MS
142 184MS
143 184MS
144 184MS
184 184MS

145	185MS
146	185MS
147	185MS
148	185MS
149	185MS
150	185MS
151	185MS
152	185MS
153	185MS
154	185MS
155	185MS
156	185MS
157	185MS
158	185MS
159	185MS
160	185MS
185	185MS
161	186MS
162	186MS
163	186MS
164	186MS
165	186MS
166	186MS
167	186MS
168	186MS
169	186MS
170	186MS
171	186MS
172	186MS
173	186MS
174	186MS
175	186MS
176	186MS
186	186MS

F R A M E E L E M E N T D A T A

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
1	1	17	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
2	2	18	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
3	3	19	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
4	4	20	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
5	5	21	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
6	6	22	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
7	7	23	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
8	8	24	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
9	9	25	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
10	10	26	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
11	11	27	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
12	12	28	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
13	13	29	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
14	14	30	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
15	15	31	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
16	16	32	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
17	17	33	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
18	18	34	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
19	19	35	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
20	20	36	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
21	21	37	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
22	22	38	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
23	23	39	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
24	24	40	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
25	25	41	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
26	26	42	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
27	27	43	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
28	28	44	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
29	29	45	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
30	30	46	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
31	31	47	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
32	32	48	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
33	33	49	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200

34	34	50	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
35	35	51	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
36	36	52	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
37	37	53	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
38	38	54	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
39	39	55	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
40	40	56	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
41	41	57	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
42	42	58	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
43	43	59	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
44	44	60	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
45	45	61	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
46	46	62	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
47	47	63	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
48	48	64	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
49	49	65	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
50	50	66	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
51	51	67	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
52	52	68	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
53	53	69	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
54	54	70	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
55	55	71	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
56	56	72	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
57	57	73	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
58	58	74	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
59	59	75	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
60	60	76	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
61	61	77	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
62	62	78	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
63	63	79	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
64	64	80	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
65	65	81	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
66	66	82	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
67	67	83	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
68	68	84	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
69	69	85	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
70	70	86	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
71	71	87	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
72	72	88	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
73	73	89	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
74	74	90	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
75	75	91	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
76	76	92	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
77	77	93	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
78	78	94	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
79	79	95	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
80	80	96	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
81	81	97	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
82	82	98	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
83	83	99	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
84	84	100	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
85	85	101	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
86	86	102	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
87	87	103	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
88	88	104	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
89	89	105	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
90	90	106	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
91	91	107	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
92	92	108	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
93	93	109	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
94	94	110	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
95	95	111	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
96	96	112	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
97	97	113	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
98	98	114	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
99	99	115	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
100	100	116	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
101	101	117	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
102	102	118	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
103	103	119	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
104	104	120	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
105	105	121	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
106	106	122	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
107	107	123	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200

108	108	124	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
109	109	125	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
110	110	126	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
111	111	127	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
112	112	128	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
113	113	129	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
114	114	130	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
115	115	131	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
116	116	132	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
117	117	133	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
118	118	134	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
119	119	135	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
120	120	136	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
121	121	137	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
122	122	138	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
123	123	139	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
124	124	140	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
125	125	141	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
126	126	142	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
127	127	143	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
128	128	144	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
129	129	145	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
130	130	146	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
131	131	147	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
132	132	148	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
133	133	149	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
134	134	150	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
135	135	151	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
136	136	152	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
137	137	153	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
138	138	154	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
139	139	155	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
140	140	156	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
141	141	157	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
142	142	158	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
143	143	159	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
144	144	160	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
145	145	161	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
146	146	162	1	-90,000	000000	1	0,000	0,000	0,000	3,200
147	147	163	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
148	148	164	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
149	149	165	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
150	150	166	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,001	3,200
151	151	167	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
152	152	168	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
153	153	169	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
154	154	170	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
155	155	171	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
156	156	172	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
157	157	173	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
158	158	174	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
159	159	175	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
160	160	176	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
161	17	18	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
162	18	19	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
163	19	20	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
164	21	22	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
165	22	23	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
166	23	24	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
167	25	26	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
168	26	27	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
169	27	28	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
170	29	30	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
171	30	31	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
172	31	32	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
173	17	21	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
174	21	25	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
175	25	29	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
176	18	22	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
177	22	26	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
178	26	30	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
179	19	23	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
180	23	27	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
181	27	31	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000

182	20	24	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
183	24	28	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
184	28	32	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
185	33	34	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
186	34	35	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
187	35	36	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
188	37	38	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
189	38	39	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
190	39	40	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
191	41	42	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
192	42	43	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
193	43	44	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
194	45	46	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
195	46	47	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
196	47	48	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
197	33	37	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
198	37	41	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
199	41	45	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
200	34	38	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
201	38	42	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
202	42	46	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
203	35	39	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
204	39	43	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
205	43	47	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
206	36	40	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
207	40	44	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
208	44	48	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
209	49	50	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
210	50	51	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
211	51	52	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
212	53	54	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
213	54	55	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
214	55	56	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
215	57	58	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
216	58	59	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
217	59	60	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
218	61	62	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
219	62	63	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
220	63	64	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
221	49	53	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
222	53	57	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
223	57	61	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
224	50	54	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
225	54	58	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
226	58	62	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
227	51	55	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
228	55	59	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
229	59	63	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
230	52	56	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
231	56	60	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
232	60	64	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
233	65	66	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
234	66	67	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
235	67	68	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
236	69	70	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
237	70	71	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
238	71	72	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
239	73	74	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
240	74	75	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
241	75	76	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
242	77	78	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
243	78	79	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
244	79	80	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
245	65	69	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
246	69	73	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
247	73	77	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
248	66	70	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
249	70	74	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
250	74	78	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
251	67	71	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
252	71	75	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
253	75	79	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
254	68	72	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
255	72	76	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000

256	76	80	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
257	81	82	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
258	82	83	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
259	83	84	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
260	85	86	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
261	86	87	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
262	87	88	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
263	89	90	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
264	90	91	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
265	91	92	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
266	93	94	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
267	94	95	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
268	95	96	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
269	81	85	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
270	85	89	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
271	89	93	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
272	82	86	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
273	86	90	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
274	90	94	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
275	83	87	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
276	87	91	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
277	91	95	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
278	84	88	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
279	88	92	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
280	92	96	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
281	97	98	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
282	98	99	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
283	99	100	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
284	101	102	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
285	102	103	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
286	103	104	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
287	105	106	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
288	106	107	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
289	107	108	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
290	109	110	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
291	110	111	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
292	111	112	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
293	97	101	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
294	101	105	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
295	105	109	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
296	98	102	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
297	102	106	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
298	106	110	2	0,000	000000	1	0,000	0,000	0,000	6,000
299	99	103	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
300	103	107	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
301	107	111	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
302	100	104	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
303	104	108	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
304	108	112	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
305	113	114	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
306	114	115	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
307	115	116	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
308	117	118	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
309	118	119	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
310	119	120	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
311	121	122	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
312	122	123	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
313	123	124	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
314	125	126	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
315	126	127	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
316	127	128	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
317	113	117	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
318	117	121	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
319	121	125	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
320	114	118	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
321	118	122	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
322	122	126	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
323	115	119	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
324	119	123	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
325	123	127	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
326	116	120	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
327	120	124	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
328	124	128	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
329	129	130	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000

330	130	131	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
331	131	132	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
332	133	134	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
333	134	135	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
334	135	136	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
335	137	138	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
336	138	139	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
337	139	140	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
338	141	142	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
339	142	143	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
340	143	144	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
341	129	133	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
342	133	137	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
343	137	141	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
344	130	134	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
345	134	138	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
346	138	142	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
347	131	135	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
348	135	139	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
349	139	143	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
350	132	136	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
351	136	140	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
352	140	144	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
353	145	146	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
354	146	147	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
355	147	148	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
356	149	150	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
357	150	151	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
358	151	152	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
359	153	154	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
360	154	155	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
361	155	156	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
362	157	158	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
363	158	159	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
364	159	160	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
365	145	149	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
366	149	153	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
367	153	157	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
368	146	150	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
369	150	154	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
370	154	158	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
371	147	151	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
372	151	155	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
373	155	159	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
374	148	152	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
375	152	156	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
376	156	160	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
377	161	162	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
378	162	163	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
379	163	164	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
380	165	166	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
381	166	167	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
382	167	168	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
383	169	170	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
384	170	171	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
385	171	172	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
386	173	174	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
387	174	175	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
388	175	176	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
389	161	165	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
390	165	169	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
391	169	173	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
392	162	166	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
393	166	170	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
394	170	174	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
395	163	167	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
396	167	171	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
397	171	175	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
398	164	168	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
399	168	172	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
400	172	176	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000

:ivil Engineering
NALISA STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA UNIT : KN-M-DTK

. T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
1	DEAD	1,0000
2	LIVE	1,0000

T I M E H I S T O R Y C A S E S

HISTORY CASE	HISTORY TYPE	NUMBER OF TIME STEPS	TIME STEP INCREMENT
HIST1	LINEAR	100	0,10000

J O I N T D A T A

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	0,00000	0,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
2	6,00000	0,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
3	12,00000	0,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
4	18,00000	0,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
5	0,00000	6,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
6	6,00000	6,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
7	12,00000	6,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
8	18,00000	6,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
9	0,00000	12,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
10	6,00000	12,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
11	12,00000	12,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
12	18,00000	12,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
13	0,00000	18,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
14	6,00000	18,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
15	12,00000	18,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
16	18,00000	18,00000	0,00000	0 0 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
17	0,00000	0,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
18	6,00000	0,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
19	12,00000	0,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
20	18,00000	0,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
21	0,00000	6,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
22	6,00000	6,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
23	12,00000	6,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
24	18,00000	6,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
25	0,00000	12,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
26	6,00000	12,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
27	12,00000	12,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
28	18,00000	12,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
29	0,00000	18,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
30	6,00000	18,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
31	12,00000	18,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
32	18,00000	18,00000	3,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
33	0,00000	0,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
34	6,00000	0,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
35	12,00000	0,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
36	18,00000	0,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
37	0,00000	6,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
38	6,00000	6,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
39	12,00000	6,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
40	18,00000	6,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
41	0,00000	12,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
42	6,00000	12,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
43	12,00000	12,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
44	18,00000	12,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
45	0,00000	18,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
46	6,00000	18,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
47	12,00000	18,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
48	18,00000	18,00000	6,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000

49	0,00000	0,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
50	6,00000	0,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
51	12,00000	0,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
52	18,00000	0,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
53	0,00000	6,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
54	6,00000	6,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
55	12,00000	6,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
56	18,00000	6,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
57	0,00000	12,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
58	6,00000	12,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
59	12,00000	12,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
60	18,00000	12,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
61	0,00000	18,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
62	6,00000	18,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
63	12,00000	18,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
64	18,00000	18,00000	9,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
65	0,00000	0,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
66	6,00000	0,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
67	12,00000	0,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
68	18,00000	0,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
69	0,00000	6,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
70	6,00000	6,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
71	12,00000	6,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
72	18,00000	6,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
73	0,00000	12,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
74	6,00000	12,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
75	12,00000	12,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
76	18,00000	12,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
77	0,00000	18,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
78	6,00000	18,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
79	12,00000	18,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
80	18,00000	18,00000	12,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
81	0,00000	0,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
82	6,00000	0,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
83	12,00000	0,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
84	18,00000	0,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
85	0,00000	6,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
86	6,00000	6,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
87	12,00000	6,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
88	18,00000	6,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
89	0,00000	12,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
90	6,00000	12,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
91	12,00000	12,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
92	18,00000	12,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
93	0,00000	18,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
94	6,00000	18,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
95	12,00000	18,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
96	18,00000	18,00000	16,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
97	0,00000	0,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
98	6,00000	0,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
99	12,00000	0,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
100	18,00000	0,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
101	0,00000	6,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
102	6,00000	6,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
103	12,00000	6,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
104	18,00000	6,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
105	0,00000	12,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
106	6,00000	12,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
107	12,00000	12,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
108	18,00000	12,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
109	0,00000	18,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
110	6,00000	18,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
111	12,00000	18,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
112	18,00000	18,00000	19,20000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
113	0,00000	0,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
114	6,00000	0,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
115	12,00000	0,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
116	18,00000	0,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
117	0,00000	6,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
118	6,00000	6,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
119	12,00000	6,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
120	18,00000	6,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
121	0,00000	12,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
122	6,00000	12,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000

123	12,00000	12,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
124	18,00000	12,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
125	0,00000	18,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
126	6,00000	18,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
127	12,00000	18,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
128	18,00000	18,00000	22,40000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
129	0,00000	0,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
130	6,00000	0,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
131	12,00000	0,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
132	18,00000	0,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
133	0,00000	6,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
134	6,00000	6,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
135	12,00000	6,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
136	18,00000	6,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
137	0,00000	12,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
138	6,00000	12,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
139	12,00000	12,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
140	18,00000	12,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
141	0,00000	18,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
142	6,00000	18,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
143	12,00000	18,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
144	18,00000	18,00000	25,60000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
145	0,00000	0,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
146	6,00000	0,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
147	12,00000	0,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
148	18,00000	0,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
149	0,00000	6,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
150	6,00000	6,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
151	12,00000	6,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
152	18,00000	6,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
153	0,00000	12,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
154	6,00000	12,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
155	12,00000	12,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
156	18,00000	12,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
157	0,00000	18,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
158	6,00000	18,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
159	12,00000	18,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
160	18,00000	18,00000	28,80000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
161	0,00000	0,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
162	6,00000	0,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
163	12,00000	0,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
164	18,00000	0,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
165	0,00000	6,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
166	6,00000	6,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
167	12,00000	6,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
168	18,00000	6,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
169	0,00000	12,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
170	6,00000	12,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
171	12,00000	12,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
172	18,00000	12,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
173	0,00000	18,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
174	6,00000	18,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
175	12,00000	18,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
176	18,00000	18,00000	32,00000	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
177	9,00000	9,00000	3,20000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
178	9,00000	9,00000	6,40000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
179	9,00000	9,00000	9,60000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
180	9,00000	9,00000	12,80000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
181	9,00000	9,00000	16,00000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
182	9,00000	9,00000	19,20000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
183	9,00000	9,00000	22,40000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
184	9,00000	9,00000	25,60000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
185	9,00000	9,00000	28,80000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000
186	9,00000	9,00000	32,00000	0 0 1 1 1 0	0,000	0,000	0,000

O I N T S P R I N G D A T A

JOINT	K-U1	K-U2	K-U3	K-R1	K-R2	K-R3
1	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000

5	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000
16	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000

O I N T M A S S D A T A

JOINT	M-U1	M-U2	M-U3	M-R1	M-R2	M-R3
177	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
178	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
179	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
180	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
181	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
182	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
183	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
184	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
185	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930
186	371,560	371,560	0,000	0,000	0,000	61,930

J O I N T C O N S T R A I N T D A T A

JOINT	TYPE
17	177MS
18	177MS
19	177MS
20	177MS
21	177MS
22	177MS
23	177MS
24	177MS
25	177MS
26	177MS
27	177MS
28	177MS
29	177MS
30	177MS
31	177MS
32	177MS
177	177MS
33	178MS
34	178MS
35	178MS
36	178MS
37	178MS
38	178MS
39	178MS
40	178MS
41	178MS
42	178MS
43	178MS
44	178MS
45	178MS
46	178MS
47	178MS
48	178MS
178	178MS
49	179MS
50	179MS
51	179MS
52	179MS
53	179MS
54	179MS

55	179MS
56	179MS
57	179MS
58	179MS
59	179MS
60	179MS
61	179MS
62	179MS
63	179MS
64	179MS
179	179MS
65	180MS
66	180MS
67	180MS
68	180MS
69	180MS
70	180MS
71	180MS
72	180MS
73	180MS
74	180MS
75	180MS
76	180MS
77	180MS
78	180MS
79	180MS
80	180MS
180	180MS
81	181MS
82	181MS
83	181MS
84	181MS
85	181MS
86	181MS
87	181MS
88	181MS
89	181MS
90	181MS
91	181MS
92	181MS
93	181MS
94	181MS
95	181MS
96	181MS
181	181MS
97	182MS
98	182MS
99	182MS
100	182MS
101	182MS
102	182MS
103	182MS
104	182MS
105	182MS
106	182MS
107	182MS
108	182MS
109	182MS
110	182MS
111	182MS
112	182MS
182	182MS
113	183MS
114	183MS
115	183MS
116	183MS
117	183MS
118	183MS
119	183MS
120	183MS
121	183MS
122	183MS
123	183MS
124	183MS

125	183MS
126	183MS
127	183MS
128	183MS
183	183MS
129	184MS
130	184MS
131	184MS
132	184MS
133	184MS
134	184MS
135	184MS
136	184MS
137	184MS
138	184MS
139	184MS
140	184MS
141	184MS
142	184MS
143	184MS
144	184MS
184	184MS
145	185MS
146	185MS
147	185MS
148	185MS
149	185MS
150	185MS
151	185MS
152	185MS
153	185MS
154	185MS
155	185MS
156	185MS
157	185MS
158	185MS
159	185MS
160	185MS
185	185MS
161	186MS
162	186MS
163	186MS
164	186MS
165	186MS
166	186MS
167	186MS
168	186MS
169	186MS
170	186MS
171	186MS
172	186MS
173	186MS
174	186MS
175	186MS
176	186MS
186	186MS

F R A M E E L E M E N T D A T A

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
1	1	17	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
2	2	18	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
3	3	19	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
4	4	20	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
5	5	21	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
6	6	22	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
7	7	23	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
8	8	24	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
9	9	25	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
10	10	26	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
11	11	27	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200

12	12	28	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
13	13	29	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
14	14	30	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
15	15	31	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
16	16	32	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
17	17	33	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
18	18	34	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
19	19	35	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
20	20	36	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
21	21	37	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
22	22	38	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
23	23	39	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
24	24	40	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
25	25	41	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
26	26	42	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
27	27	43	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
28	28	44	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
29	29	45	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
30	30	46	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
31	31	47	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
32	32	48	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
33	33	49	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
34	34	50	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
35	35	51	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
36	36	52	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
37	37	53	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
38	38	54	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
39	39	55	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
40	40	56	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
41	41	57	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
42	42	58	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
43	43	59	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
44	44	60	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
45	45	61	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
46	46	62	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
47	47	63	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
48	48	64	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
49	49	65	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
50	50	66	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
51	51	67	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
52	52	68	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
53	53	69	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
54	54	70	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
55	55	71	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
56	56	72	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
57	57	73	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
58	58	74	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
59	59	75	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
60	60	76	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
61	61	77	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
62	62	78	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
63	63	79	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
64	64	80	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
65	65	81	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
66	66	82	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
67	67	83	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
68	68	84	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
69	69	85	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
70	70	86	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
71	71	87	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
72	72	88	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
73	73	89	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
74	74	90	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
75	75	91	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
76	76	92	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
77	77	93	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
78	78	94	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
79	79	95	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
80	80	96	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
81	81	97	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
82	82	98	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
83	83	99	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
84	84	100	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
85	85	101	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200

86	86	102	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
87	87	103	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
88	88	104	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
89	89	105	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
90	90	106	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
91	91	107	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
92	92	108	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
93	93	109	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
94	94	110	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
95	95	111	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
96	96	112	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
97	97	113	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
98	98	114	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
99	99	115	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
100	100	116	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
101	101	117	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
102	102	118	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
103	103	119	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
104	104	120	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
105	105	121	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
106	106	122	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
107	107	123	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
108	108	124	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
109	109	125	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
110	110	126	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
111	111	127	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
112	112	128	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
113	113	129	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
114	114	130	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
115	115	131	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
116	116	132	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
117	117	133	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
118	118	134	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
119	119	135	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
120	120	136	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
121	121	137	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
122	122	138	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
123	123	139	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
124	124	140	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
125	125	141	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
126	126	142	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
127	127	143	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
128	128	144	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
129	129	145	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
130	130	146	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
131	131	147	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
132	132	148	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
133	133	149	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
134	134	150	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
135	135	151	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
136	136	152	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
137	137	153	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
138	138	154	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
139	139	155	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
140	140	156	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
141	141	157	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
142	142	158	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
143	143	159	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
144	144	160	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
145	145	161	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
146	146	162	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
147	147	163	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
148	148	164	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
149	149	165	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
150	150	166	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
151	151	167	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
152	152	168	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
153	153	169	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
154	154	170	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
155	155	171	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
156	156	172	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
157	157	173	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
158	158	174	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
159	159	175	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200

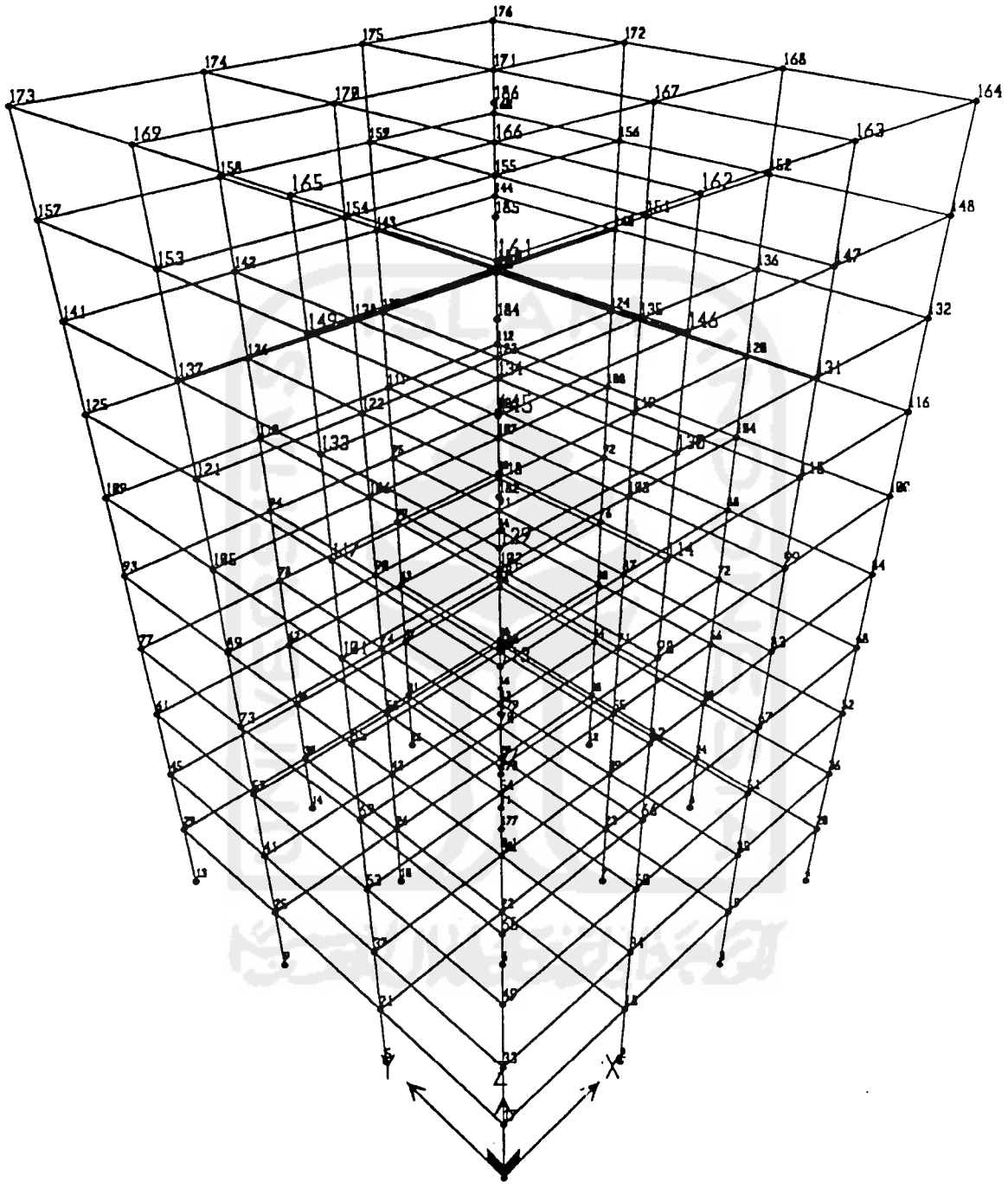
160	160	176	1	-90,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	3,200
161	17	18	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
162	18	19	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
163	19	20	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
164	21	22	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
165	22	23	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
166	23	24	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
167	25	26	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
168	26	27	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
169	27	28	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
170	29	30	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
171	30	31	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
172	31	32	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
173	17	21	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
174	21	25	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
175	25	29	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
176	18	22	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
177	22	26	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
178	26	30	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
179	19	23	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
180	23	27	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
181	27	31	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
182	20	24	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
183	24	28	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
184	28	32	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
185	33	34	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
186	34	35	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
187	35	36	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
188	37	38	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
189	38	39	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
190	39	40	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
191	41	42	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
192	42	43	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
193	43	44	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
194	45	46	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
195	46	47	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
196	47	48	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
197	33	37	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
198	37	41	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
199	41	45	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
200	34	38	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
201	38	42	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
202	42	46	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
203	35	39	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
204	39	43	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
205	43	47	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
206	36	40	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
207	40	44	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
208	44	48	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
209	49	50	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
210	50	51	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
211	51	52	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
212	53	54	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
213	54	55	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
214	55	56	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
215	57	58	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
216	58	59	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
217	59	60	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
218	61	62	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
219	62	63	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
220	63	64	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
221	49	53	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
222	53	57	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
223	57	61	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
224	50	54	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
225	54	58	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
226	58	62	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
227	51	55	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
228	55	59	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
229	59	63	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
230	52	56	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
231	56	60	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
232	60	64	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
233	65	66	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000

234	66	67	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
235	67	68	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
236	69	70	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
237	70	71	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
238	71	72	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
239	73	74	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
240	74	75	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
241	75	76	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
242	77	78	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
243	78	79	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
244	79	80	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
245	65	69	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
246	69	73	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
247	73	77	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
248	66	70	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
249	70	74	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
250	74	78	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
251	67	71	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
252	71	75	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
253	75	79	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
254	68	72	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
255	72	76	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
256	76	80	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
257	81	82	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
258	82	83	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
259	83	84	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
260	85	86	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
261	86	87	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
262	87	88	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
263	89	90	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
264	90	91	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
265	91	92	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
266	93	94	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
267	94	95	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
268	95	96	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
269	81	85	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
270	85	89	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
271	89	93	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
272	82	86	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
273	86	90	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
274	90	94	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
275	83	87	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
276	87	91	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
277	91	95	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
278	84	88	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
279	88	92	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
280	92	96	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
281	97	98	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
282	98	99	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
283	99	100	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
284	101	102	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
285	102	103	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
286	103	104	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
287	105	106	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
288	106	107	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
289	107	108	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
290	109	110	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
291	110	111	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
292	111	112	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
293	97	101	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
294	101	105	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
295	105	109	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
296	98	102	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
297	102	106	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
298	106	110	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
299	99	103	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
300	103	107	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
301	107	111	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
302	100	104	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
303	104	108	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
304	108	112	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
305	113	114	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
306	114	115	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
307	115	116	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000

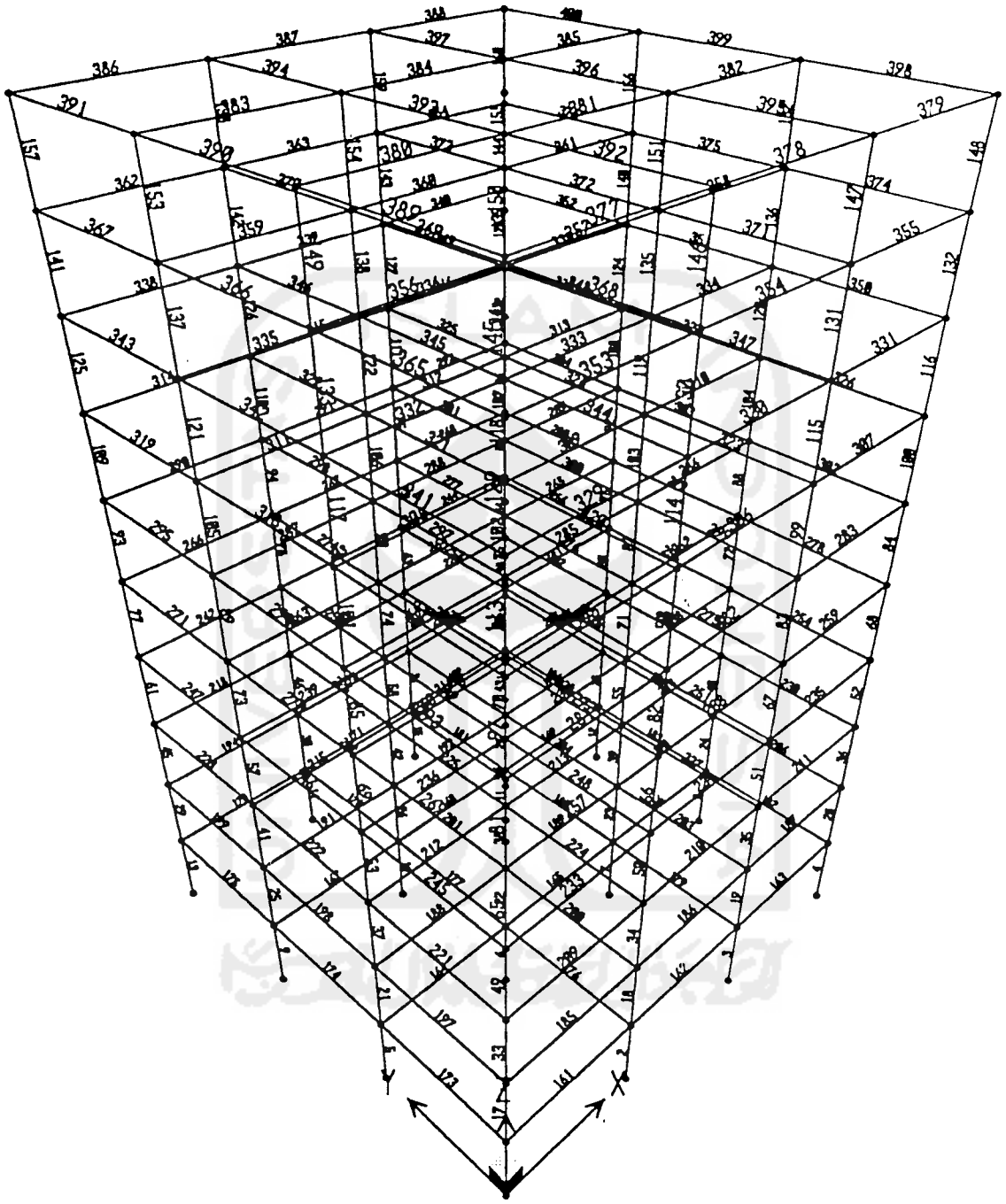
308	117	118	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
309	118	119	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
310	119	120	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
311	121	122	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
312	122	123	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
313	123	124	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
314	125	126	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
315	126	127	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
316	127	128	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
317	113	117	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
318	117	121	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
319	121	125	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
320	114	118	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
321	118	122	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
322	122	126	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
323	115	119	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
324	119	123	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
325	123	127	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
326	116	120	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
327	120	124	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
328	124	128	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
329	129	130	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
330	130	131	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
331	131	132	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
332	133	134	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
333	134	135	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
334	135	136	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
335	137	138	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
336	138	139	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
337	139	140	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
338	141	142	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
339	142	143	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
340	143	144	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
341	129	133	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
342	133	137	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
343	137	141	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
344	130	134	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
345	134	138	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
346	138	142	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
347	131	135	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
348	135	139	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
349	139	143	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
350	132	136	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
351	136	140	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
352	140	144	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
353	145	146	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
354	146	147	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
355	147	148	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
356	149	150	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
357	150	151	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
358	151	152	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
359	153	154	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
360	154	155	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
361	155	156	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
362	157	158	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
363	158	159	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
364	159	160	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
365	145	149	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
366	149	153	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
367	153	157	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
368	146	150	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
369	150	154	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
370	154	158	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
371	147	151	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
372	151	155	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
373	155	159	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
374	148	152	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
375	152	156	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
376	156	160	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
377	161	162	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
378	162	163	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
379	163	164	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
380	165	166	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
381	166	167	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000

382	167	168	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
383	169	170	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
384	170	171	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
385	171	172	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
386	173	174	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
387	174	175	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
388	175	176	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
389	161	165	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
390	165	169	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
391	169	173	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
392	162	166	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
393	166	170	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
394	170	174	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
395	163	167	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
396	167	171	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
397	171	175	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
398	164	168	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
399	168	172	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000
400	172	176	2	0,000	000000	4	0,000	0,000	0,000	6,000

LAMPIRAN IV



LAMPIRAN V



LAMPIRAN VI

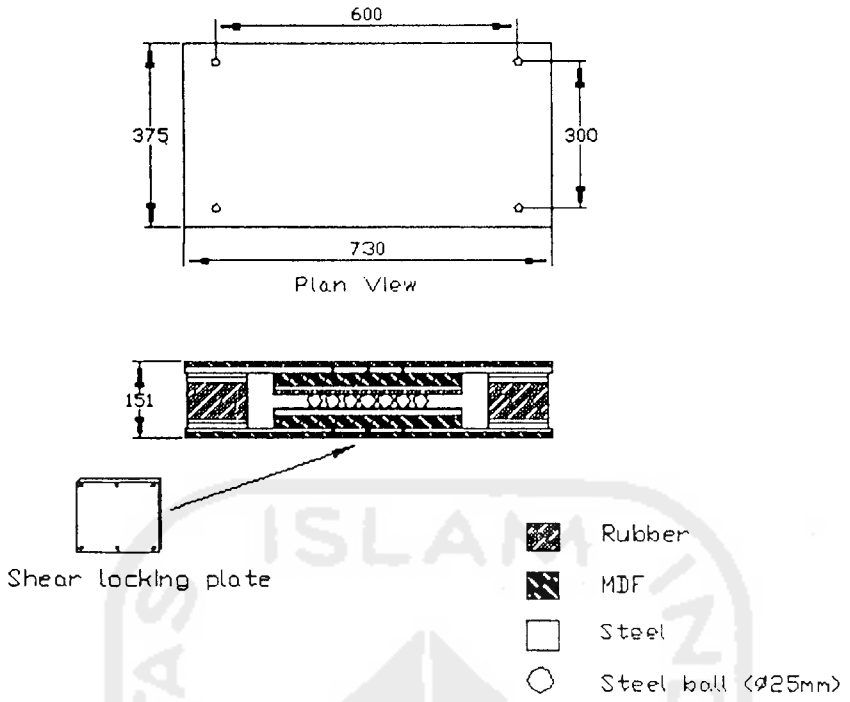


Figure 1: Final design of rolling ball isolators for GIS

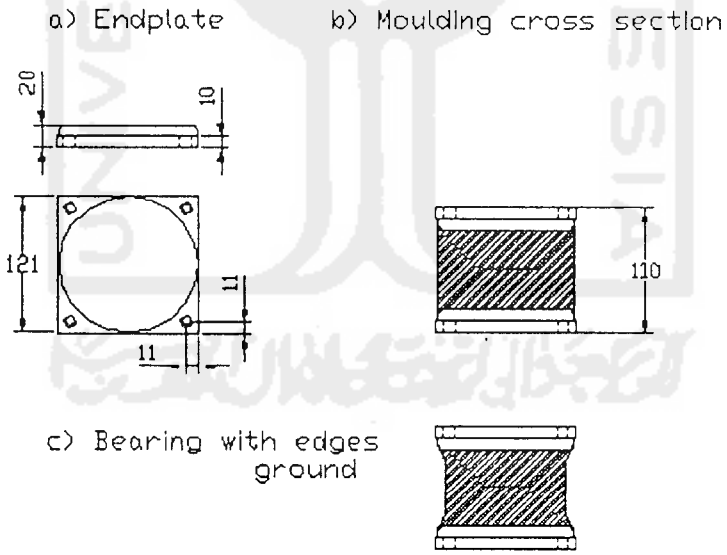
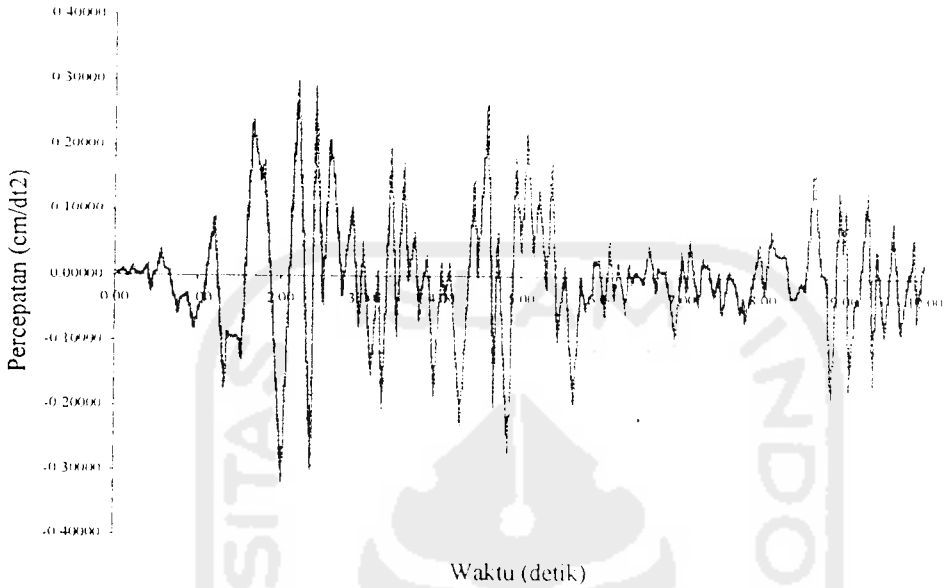


Figure 2: Rubber Spring for RB System

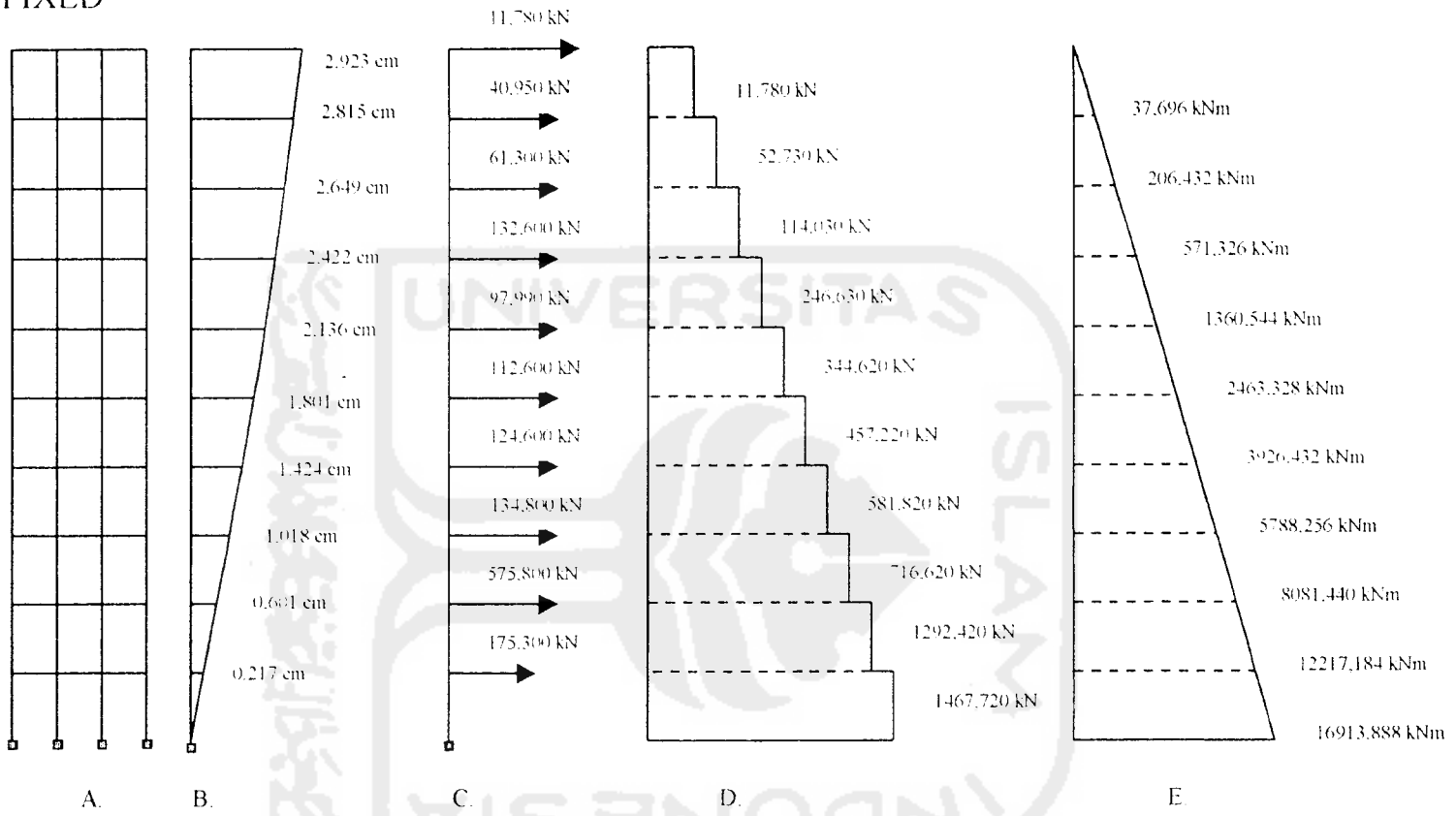
LAMPIRAN VII

Percepatan Riwayat Waktu Gempa El Centro Penuh



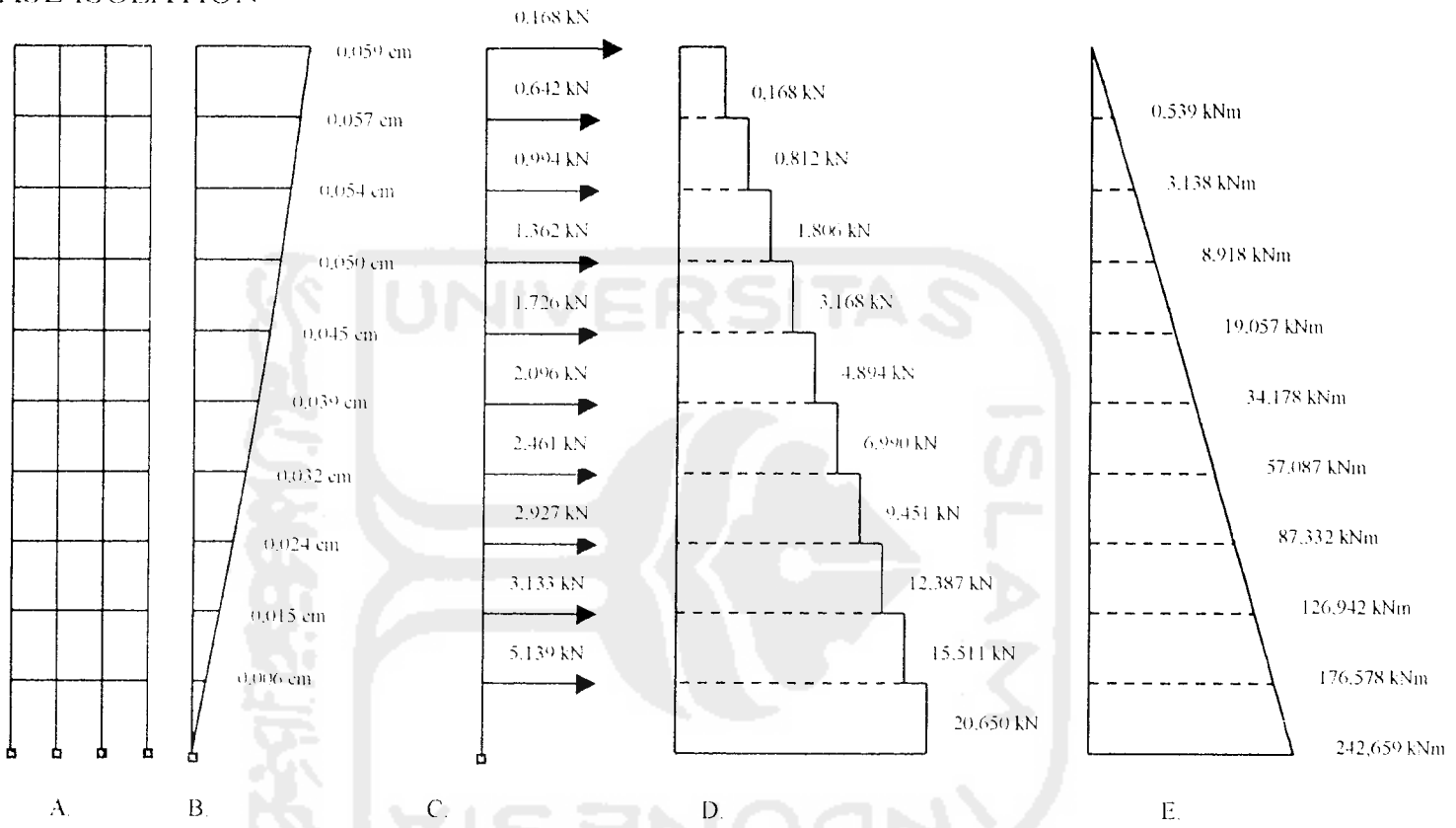
LAMPIRAN VIII

FIXED



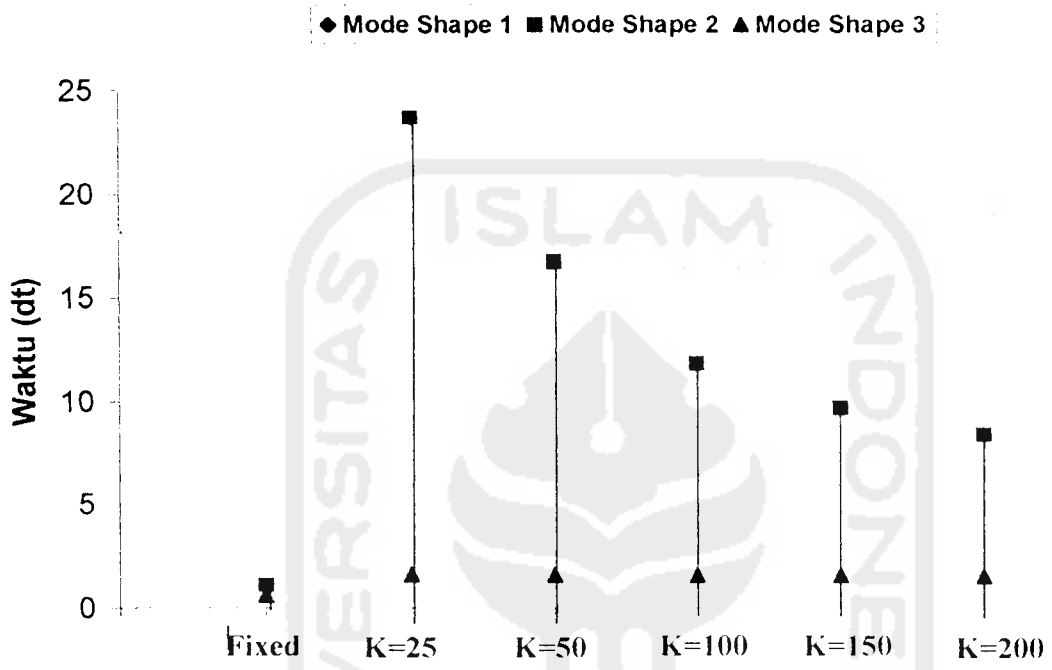
A. GAMBAR STRUKTUR GEDUNG.
B. GAMBAR SIMPANGAN RELATIF.
C. GAMBAR GAYA LANTAI.
D. GAMBAR GAYA GESER TINGKAT.
E. GAMBAR MOMEN GULING.

BASE ISOLATION



A. GAMBAR STRUKTUR GEDUNG
B. GAMBAR SIMPANGAN RELATIF TERHADAP PLAT DASAR
C. GAMBAR GAYA LANTAI
D. GAMBAR GAYA GESER TINGKAT
E. GAMBAR MOMEN GULING

LAMPIRAN IX



Grafik Periode Waktu Getar

LAMPIRAN X

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	AGUS SUJATMIKO	95 310 069	STRUKTUR
2	M.ZAMRONI	95 310 227	STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR :

ANALISA KEEFEKTIFAN SISTEM ISOLASI BOLA BERPUTAR PADA STRUKTUR BANGUNAN BERLANTAI 10.

PERIODE I : SEPTEMBER - PEBRUARI
TAHUN : 2000 / 2001

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Sept.	Okt.	Nop.	Des.	Jan.	Peb.
1.	Pendaftaran						
2.	Penentuan Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA.						
6.	Sidang-Sidang						
7.	Pendadaran.						

DOSEN PEMBIMBING I : IR. H. SARWIDI, MSc, Ph.D
DOSEN PEMBIMBING II : IR. HELMI AKBAR BALE, MT

Yogyakarta, 12 April 2000

a.n. Dekan

IR. H. TADJUDDIN BM ARIS, MS

Catatan.

Seminar : .....
Sidang : .....
Pendadaran : .....