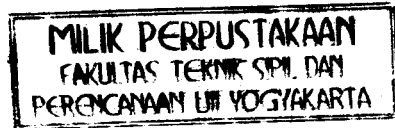
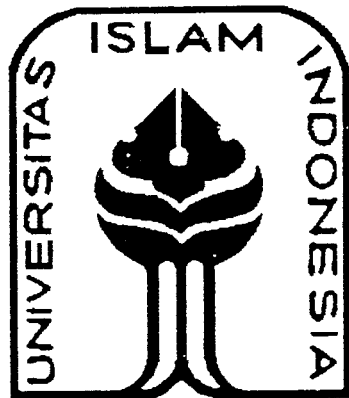


TUGAS AKHIR

Efek Kekakuan Tingkat Chopra Terhadap Respon Struktur Untuk Bangunan Bertingkat 5 dan 7

*(The Effect of Chopra's Stiffness Story to The Structural Response of 5 and 7
Story Buildings)*



Disusun oleh :

Nama : Adid 'Aviv Himmawan
No Mhs. : 95 310 045
NIRM : 950051013114120044

Nama : Zulhikmah Anna Purbati
No Mhs. : 95 310 283
NIRM : 950051013114120280

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

ALLAHU AKBAR, Alhamdulillah, finally I've finish my last assignment..... matur nuwun sanget Ya Allah SWT.....

Special thanks buat orang-orang tercinta di rumah, Bapak dan Ibu serta mba' Rivi dan de' Ovi, yang ga' bosan-bosan ngasi dorongan semangat, doa maupun bantuan yang tulus dan tanpa pamrih sedikitpun untukku selama ini, 24 jam..... (I ♥ you all)..... thanks a lot, moga-moga ngga kecewa dengan hasil yang kudapatkan.....

Makasih juga buat the big family of H. Maksun and H. M. Thowil yang uda ngedoain selama ini.

Teruntuk temen-temenku specially my best friends yang uda ngebantuun nyusun TA secara langsung ato ngga' langsung,.... yang udah jadi bagian dalam kehidupanku..... makasih guys ♪ and girls ♪ thanks 4 your help..... may God bless u all,

- Eka "gendhoet", Eka "wa' Ji", Fuad "totok", Ariffin "iping", Fanny "pa' Dekan", Sahala "salax", Siswoyo "sio", Deny, Argo, Bagus, Angga..... tanx 4 your advice and tanx 2 supported me.....
- Nuri "Mrs Goen", Hino, Andhi "mba' ndhut", bu Herlini, Riz, Latif..... makasih uda ngasi referensi buatku.....
- Aleem, Ce-cep, Evi "btk", Ery, Na2nk....ayo, cepetan dikelarin donk kuliahnya dan anyway tanx uda betah nemenin aku di kost2an.....
- Ade di GE- PE..... tanx buat kritik, joke and supportnya.....
- De-je n friends di Jakal, T-ag n gank di Gejayan, Viki n crew..... makasih uda jadi temen guyonku.... (he..he... buat ngilangin suntuk)...
- Masyarakat Civil UII angk '95 terutama komunitas klas C dan D... Rinda, Rina, Fery "mbantul", Luis, Anggi, Desi, Arief "pa' Tjokro", Erna, Esti, Kabul, Antie "bu Dekan", Otong, Pii, Andi "bajil", Seno, Pion, Je-Be, Eka Fitu..... dan konco-konco laen yang banyak banget n sorry ga dapat aku sebutin satu-satu (ntar malah kaya absensi)..... tanx being my friend n uda mau kasi pinjem catetan
- Kroni2ku yg laen..... wherever u're..... Heydar, Tiens, Yoe, Thia, Suzan, H-nink, Umar, Djenk Rat.... de el2..... tanx folks!.....

Buat Bp2 Pembimbing TA-ku Pa' Sarwidi, Pa' Helmy, Pa' Ilman.. terimakasih atas waktu, bimbingan dan kesempatan yang telah diberikan..... mohon maaf bila masih banyak kekurangan dan uda banyak nyusahin Bapak.....

Terimakasih juga aku sampaikan pada: Staff Pengajaran Civil UII, Mas Heri (sidang), Pa' Samaun (Pendadaran & TA), Pa' Tiyono (Surat 2) dan Pa' Samidjo (rumah tangga)..... yang banyak membantu pengurusan TA-ku

Tanx juga buat Bp'2 n Mas2 staff parkir Psychology..... yang uda nemenin nungguin Pak dosen n. uda jagain motorku..... ☺

Makasih buat tempat kost ku ☺..... yang uda ngasi tempat berteduh, nyimpen barang dan bikin aku pengen cepet2 kelar bikin TA-nya.....

Terakhir tapi yang penting..... buat Zuhikmah Anna Purbuti..... tanx 4 became my partner and work with me.....

ONCE AGAIN 2 U ALL..... Matur Nuwun..... ☺

"Katakanlah: Wahai Tuhan Yang mempunyai kerajaan, Engkau berikan kerajaan kepada orang yang Engkau kehendaki dan Engkau cabut kerajaan dari orang yang Engkau kehendaki. Engkau muliakan orang yang Engkau kehendaki dan Engkau hinakan orang yang Engkau kehendaki. Di tangan Engkaulah segala keputusan. Sesungguhnya Engkau Maha Kuasa atas segala sesuatu"

(QS: Ali Imran 26)

"Only one thing I knew, that I knew nothing"

(Socrates)

Candiwinangun, Ngaglik, Sleman, Jogja, May 10th 2001. 00:05 AM
☺ question and suggestion mail to: Adeed1@mail.com

ABSTRAKSI

Balok dan kolom yang berfungsi sebagai penahan beban-beban oleh pengaruh gravitasi, dalam perencanaan bangunan tahan gempa juga harus dapat menahan beban yang diakibatkan oleh pengaruh gempa. Kekakuan balok dan kolom akan mempengaruhi kekakuan tingkat. Kekakuan tingkat suatu struktur bangunan merupakan unsur yang sangat penting dalam desain bangunan tahan gempa, karena akan mempengaruhi respon struktur secara keseluruhan. Dalam suatu desain bangunan, penggunaan metode yang berbeda akan mempengaruhi nilai kekakuan yang berbeda sehingga akan mengakibatkan perbedaan pada respon struktur.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perbedaan ρ (perbandingan angka kekakuan balok terhadap kolom) terhadap kekakuan tingkat yang akan mempengaruhi nilai simpangan relatif, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar dan momen guling. Digunakan ρ dari 0, 0.5, 1, 5, sesuai dengan rumus, sampai tak terhingga (∞) dan diterapkan pada dua model struktur bangunan dengan tinggi berbeda yaitu model struktur bangunan bertingkat 5 dan 7, dengan menggunakan getaran gempa riwayat waktu (time history) dari beban gempa El Centro tahun 1940.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah bahwa, terjadi perbedaan respon struktur pada model struktur bangunan bertingkat 5 dan 7 untuk ρ yang sama. Nilai simpangan relatif yang terjadi mengalami penurunan dengan bertambahnya kekakuan dan apabila kekakuannya menurun, simpangan relatif cenderung mengalami kenaikan sampai pada suatu titik yang maksimum. Simpangan antar tingkat cenderung mengikuti pola simpangan relatif. Kapasitas gaya geser dasar dan momen guling cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kekakuan tingkat untuk beban gempa yang sama.

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk:

Ibu & Bapak Tercinta yang tak pernah berhenti berdo'a dan selalu memberi yang terbaik untuk ananda, kakakku tersayang (Mba' Alin) yang iuk pernah bosan memberikan motivasi dan support yang dibutuhkan serta adik-adikku yang maniez (Nuno, Anni, Iyos) atas pengertiannya. My Own (♥ Ihul) yang selalu ada dalam suka dan duka "LU 4-Ever". The Big Family in PWT [@(^ # ^)@ + ("!")] untuk do'anya



Ucapan Terimakasih Untuk:

My partner Adid thanks for cooperate with me, Sahabat Sejatiku Hanna, Bonny, Rinda 'n Rjina yg slalu berpendapat q-ta ini yg terhebat, Ipink, Fanny-Eka plus Eka 'Ndut thanks for literaturnya... kalian emang temen yg baik, konco² seperjuangan (D class family) is the best 'n siapa aja yang ikut senang dengan rampungnya TA ini.

MOTTO

*“Allah akan mengangkat derajat orang-orang yang beriman dan yang berilmu pengetahuan..”
(QS: Al Mujaadalah ayat 11)*

*“Jangan pernah melakukan sesuatu tanpa ada pengabdian”
(Babe)*

*“Yang menarik dalam hidup ialah jika kita mengejar sesuatu yang paling diharapkan oleh orang yang kita cintai”
(Kaka’)*

*“Jangan pernah menyesali masa lalu walau itu pahit karena siapapun tidak akan pernah bisa merubah masa lalu maka syukurilah dan jadikan masa lalu sebagai pelajaran yang berharga untuk melangkah menuju masa depan”
(Renungan Jiwa)*

*Created by: z_arnape@hotmail.com
adina:muete@ustaza.com*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahim

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan berkah, rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya kepada kami sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tidak lupa Shalawat dan salam kami haturkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya serta pengikutnya sampai akhir jaman.

Tugas Akhir dengan judul “EFEK DARI KEKAUAN TINGKAT CHOPRA PADA RESPON STRUKTUR UNTUK BANGUNAN BERTINGKAT 5 DAN 7” ini diajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari sumbangan saran dan pemikiran dari berbagai pihak yang sangat membantu, sehingga penyusun dapat menyelesaikan semua hambatan yang terjadi selama penyusunan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Untuk itu dengan penuh rasa hormat, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Ir. H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I,
4. Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku Dosen Pembimbing II,
5. staf dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
6. kedua orang tua dan saudara-saudara kami yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan, baik moral maupun material dalam penyusunan Tugas Akhir ini, dan
7. teman-teman dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu kami dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan ilmu, kemampuan dan pengalaman kami dalam penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penyusun harapkan guna perbaikan dan pengembangan selanjutnya.

Tidak ada yang dapat penyusun berikan selain ucapan terima kasih atas bantuan yang telah diberikan semoga dapat diterima sebagai amal baik disisi Allah SWT.

Akhir kata, penyusun berharap semoga tulisan ini bermanfaat dan memberkan tambahan ilmu bagi para pembaca. Semoga Allah meridloi kita semua. Amin.

وَالشُّكْرُ لِلَّهِ وَالصَّلَاةُ وَالزَّكَاةُ وَالسُّمُوعَةُ وَبِرَّكَاتِهِ

Yogyakarta, Mei 2001

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
ABSTRAKSI	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Pendekatan Masalah	4
1.7 Hipotesis	5
1.8 Sistematika Penulisan	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Pendahuluan	8
2.2 Penelitian Yang Dilakukan Sebelumnya	9
2.3 Pembahasan.....	10
2.4 Kesimpulan	11
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Penentuan Angka Kekakuan Tiap Tingkat.....	12
3.2 Struktur Dengan Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF) Akibat Pembebanan Dinamik	13
3.3 Struktur Dengan Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF) Akibat Gerakan Tanah	14
3.4 Struktur Dengan Derajat Kebebasan Banyak (MDOF) Akibat Pembebanan Dinamik	16
3.5 Struktur Dengan Derajat Kebebasan Banyak (MDOF) Akibat Beban Gempa.....	18
3.6 <i>Mode Shape</i> dan Frekuensi.....	22
3.7 Persamaan Differensial Independen (<i>Uncoupling</i>)	24
3.8 Respon Struktur Terhadap Beban Gempa	28
3.9 Kandungan Frekuensi.....	30
3.10 Jenis-jenis Simpangan	31
3.10.1 Simpangan Relatif.....	32
3.10.2 Simpangan Antar Tingkat (<i>Inter-story Drift</i>)	32
3.10.3 Simpangan Absolut.....	33

BAB IV METODE PENELITIAN	34
4.1 Pengumpulan Data	34
4.2 Pengolahan Data	35
4.3 Pengujian.....	36
BAB V ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN	38
5.1 Ananlisa dan Hasil	38
5.1.1 Perhitungan Massa.....	40
5.1.2 Perhitungan Kekakuan Tingkat.....	40
5.1.3 Ragam Goyangan (<i>Mode Shape</i>) dan Frekuensi Natural.....	42
5.1.4 Perhitungan Simpangan Antar Tingkat (<i>Inter-story Drift</i>).....	47
5.1.5 Perhitungan Gaya Geser Dasar	47
5.1.6 Perhitungan Momen Guling	48
5.2 Pembahasan	48
5.2.1 Simpangan Relatif Lantai.....	49
5.2.2 Simpangan Antar Tingkat	51
5.2.3 Gaya Geser Dasar	53
5.2.4 Momen Guling	55
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	58
6.1 Kesimpulan	58
6.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Model Sistem SDOF Akibat Beban Dinamik	14
Gambar 3.2 Model Sistem SDOF Akibat Gerakan Tanah	15
Gambar 3.3 Model Struktur Dengan Derajat Kebebasan Banyak (MDOF)	17
Gambar 3.4 <i>Ground Acceleration of El Centro Earthquake 1940</i>	19
Gambar 3.5 Model Sistem MDOF Dengan Beban Gempa	20
Gambar 3.6 <i>DLF</i> Lawan Frekuensi Rasio	30
Gambar 4.1 Bagan Alir (<i>Flow Chart</i>)	37
Gambar 5.1 Struktur 5 Lantai	38
Gambar 5.2 Struktur 7 Lantai	39
Gambar 5.3 Nilai Kekakuan Struktur 5 Lantai	42
Gambar 5.4 Nilai Kekakuan Struktur 7 Lantai	42
Gambar 5.5 Pola Goyangan Atau <i>Mode Shape</i>	45
Gambar 5.6 Simpangan Relatif Maksimum Struktur 5 Lantai	50
Gambar 5.7 Simpangan Relatif Maksimum Struktur 7 Lantai	50
Gambar 5.8 Simpangan Antat Tingkat Maksimum Struktur 5 Lantai	52
Gambar 5.9 Simpangan Antat Tingkat Maksimum Struktur 7 Lantai	52
Gambar 5.10 Gaya Geser Dasar Maksimum Struktur 5 Lantai	54
Gambar 5.11 Gaya Geser Dasar Maksimum Struktur 7 Lantai	54
Gambar 5.12 Momen Guling Lantai Maksimum Struktur 5 Lantai	56
Gambar 5.13 Momen Guling Lantai Maksimum Struktur 7 Lantai	57

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Perhitungan Massa	40
Tabel 5.2 Kekakuan Struktur 5 Lantai	41
Tabel 5.3 Kekakuan Struktur 7 Lantai	41
Tabel 5.4 Simpangan Relatif Maksimum Struktur 5 Lantai	49
Tabel 5.5 Simpangan Relatif Maksimum Struktur 7 Lantai	49
Tabel 5.6 Simpangan Antar Tingkat Maksimum Struktur 5 Lantai	51
Tabel 5.7 Simpangan Antar Tingkat Maksimum Struktur 7 Lantai	51
Tabel 5.8 Nilai Gaya Geser Dasar Struktur 5 Lantai	53
Tabel 5.9 Nilai Gaya Geser Dasar Struktur 7 Lantai	53
Tabel 5.10 Nilai Momen Lantai dan Momen Guling Struktur 5 Lantai	55
Tabel 5.11 Nilai Momen Lantai dan Momen Guling Struktur 7 Lantai	55

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Contoh Apikasi Program Matlab Untuk Struktur 5 Lantai
- Lampiran 2 Contoh Apikasi Program Matlab Untuk Struktur 7 Lantai
- Lampiran 3 Hasil Perhitungan Nilai a , b dan k
- Lampiran 4 Contoh Perhitungan Nilai q
- Lampiran 5 Contoh Perhitungan Modal Amplitudo Z
- Lampiran 6 Contoh Hasil Perhitungan Simpangan Relatif
- Lampiran 7 Contoh Gambar Plot Antara Simpangan Relatif Terhadap Waktu Akibat Gempa El Centro
- Lampiran 8 Contoh Hasil Perhitungan Simpangan Antar Tingkat
- Lampiran 9 Contoh Gambar Plot Antara Simpangan Antar Tingkat Terhadap Waktu Akibat Gempa El Centro
- Lampiran 10 Contoh Hasil Perhitungan Gaya Lantai dan Gaya Geser Dasar
- Lampiran 11 Contoh Gambar Plot Hasil Perhitungan Gaya Lantai Maksimum Akibat Gempa El Centro
- Lampiran 12 Contoh Hasil Perhitungan Momen Guling
- Lampiran 13 Contoh Gambar Plot Momen Guling Maksimum Akibat Gempa El Centro
- Lampiran 14 Kartu Peserta Tugas Akhir
- Lampiran 15 Surat Bimbingan Tugas Akhir

DAFTAR NOTASI

a	percepatan
c	redaman
$[C]$	matrik redaman
C^{*n}	matrik redaman efektif mode ke- n
F	gaya gesek
K	kekakuan
$[K]$	matrik kekakuan
K^{*n}	matrik kekakuan efektif mode ke- n
M	massa
$[M]$	matrik massa
M^{*n}	matrik massa efektif mode ke- n
$F(t)$	gaya luar
P^{*n}	vektor beban efektif mode ke - n
$\{P(t)\}$	vektor beban
$q(t)$	simpangan
$\dot{q}(t)$	kecepatan
$\ddot{q}(t)$	percepatan
t	waktu
Δt	perbedaan waktu
$y(t)$	simpangan
$\dot{y}(t)$	kecepatan
$\ddot{y}(t)$	percepatan
$\ddot{y}_b(t)$	percepatan tanah

$y(t)$	perpindahan relatif antara massa dan tanah
$y_b(t)$	perpindahan tanah
$y_t(t)$	perpindahan total
$\{y(t)\}$	vektor simpangan
$\{\dot{y}(t)\}$	vektor kecepatan
$\{\ddot{y}(t)\}$	vektor percepatan
$z(t)$	generalisasi perpindahan pada mode ke - n
$\dot{z}(t)$	generalisasi percepatan pada mode ke - n
$Z_n(t)$	modal amplitudo pada mode ke - n
$\dot{Z}_n(t)$	turunan pertama modal amplitudo ke - n
$\ddot{Z}_n(t)$	turunan kedua modal amplitudo modal ke - n
ϕ_n	mode shape/ragam bentuk ke - n
ω_n	frekuensi mode ke - n
ξ_n	rasio redaman mode ke - n
Γ_n	partisipasi faktor mode ke - n
ρ	perbandingan kekakuan balok terhadap kolom

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, pendekatan masalah, hipotesis serta sistematika penulisan yang akan dibahas sebagai berikut ini.

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan kebutuhan hidup manusia dan keterbatasan lahan, maka pembangunan gedung bertingkat banyak merupakan salah satu alternatif untuk mengatasinya. Gedung bertingkat banyak selain sebagai solusi dari suatu permasalahan juga mempunyai permasalahan tersendiri sebagai akibat dari ketinggiannya terhadap permukaan tanah. Salah satu permasalahannya yaitu adanya pengaruh dari gaya-gaya lateral sebagai akibat dari angin dan gempa.

Indonesia yang terletak pada jalur gempa dunia dan empat sistem tektonik yang aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo Australia, lempeng Filipina dan lempeng Pasifik sehingga memiliki tingkat resiko akan terjadinya gempa bumi yang sangat tinggi. Oleh karena itu gaya gempa sangat berpengaruh dalam perencanaan

gedung bertingkat banyak di Indonesia agar struktur bangunan tersebut tahan terhadap guncangan gempa selain menahan beban gravitasi.

Kekakuan struktur pada suatu bangunan merupakan suatu unsur yang sangat penting dalam desain bangunan tahan gempa, karena perubahan kekakuan akan menyebabkan perubahan frekuensi struktur dan akan ikut mempengaruhi simpangan horizontal lantai, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar serta momen guling. Kekakuan struktur suatu bangunan bisa berubah baik bertambah maupun berkurang. Pertambahan yang terjadi diakibatkan karena adanya elemen-elemen non struktur, sedangkan terjadinya pengurangan diakibatkan mutu bahan yang rendah dan kerja yang buruk sewaktu pelaksanaan. Ada berbagai macam metode yang digunakan untuk menghitung besarnya kekakuan tingkat yang masing-masing memiliki prinsip yang berbeda-beda.

1.2 Rumusan Masalah

Penggunaan metode yang berbeda dalam perhitungan ρ (perbandingan kekakuan balok terhadap kolom) akan mempengaruhi nilai kekakuan tingkat yang akan mengakibatkan perbedaan respon struktur pada suatu model struktur bangunan sehingga akan berpengaruh pada desain bangunan tahan gempa. Seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan dari penggunaan metode yang berbeda dalam perhitungan nilai kekakuan pada suatu model struktur bangunan terhadap perbedaan respon struktur.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. analisis yang digunakan dalam menghitung besarnya kekakuan tingkat memakai rumus *chopra*,
2. prinsip perhitungan menggunakan prinsip bangunan geser, dimana simpangan horisontal bangunan hanya disebabkan oleh gaya geser horisontal,
3. analisis getaran tanah dengan menggunakan riwayat waktu (*time history*) dari gempa *El Centro* tahun 1940 (Chopra 1995),
4. getaran arah vertikal diabaikan.,
5. dukungan dianggap jepit sempurna,
6. massa dianggap terkonsentrasi pada satu titik di permukaan lantai,
7. gaya angin tidak diperhitungkan,
8. perilaku dinamika bangunan dalam keadaan linear elastis,
9. struktur bangunan yang ditinjau adalah model struktur bangunan bertingkat 5 dan 7,
10. sebagai pembanding ρ hasil dari perhitungan kekakuan model struktur, digunakan perbandingan kekakuan balok dengan kolom (ρ) 0, 0.5, 1, 5, ∞ ,
11. struktur dianggap mempunyai redaman sebesar 5 % untuk semua mode getaran (Widodo, 1997),
12. model struktur adalah struktur 2 dimensi, sehingga momen torsi diabaikan, dan
13. analisis hitungan menggunakan *Matlab Ver. 5.3.1.29215a (R11.1)* dan *MS. Excel 2000 (Copyright © 1985-1999)*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh variasi ρ yang akan menyebabkan perubahan kekakuan tingkat terhadap simpangan horizontal tingkat, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar, dan momen guling dengan menggunakan rumus *chopra* dalam penentuan kekakuan tingkat dan dengan menggunakan riwayat waktu (*Time History*) dari beban gempa *El Centro* tahun 1940 yang diterapkan pada model struktur bangunan bertingkat 5 dan 7.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. diharapkan dari penelitian ini dapat diketahui besarnya pengaruh perbedaan kekakuan tingkat yang menggunakan metode perhitungan *chopra* dengan variasi ρ sebagai asumsi elemen struktur yang berbeda pada model struktur bangunan bertingkat 5 dan 7, dan
2. menambah pengetahuan dan pemahaman tentang pengaruh dari perbedaan kekakuan terhadap besarnya simpangan tingkat dan penggunaannya pada perencanaan bangunan tahan gempa.

1.6 Pendekatan Masalah

Pendekatan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. penelitian dengan perencanaan numerik pada model struktur bangunan bertingkat 5 dan 7,

2. dibuat variasi kekakuan tingkat dengan merubah perbandingan kekakuan balok terhadap kolom, dan
3. diteliti pengaruh perubahan kekakuan tingkat dengan variasi perbandingan balok dengan kolom yang berbeda untuk mengetahui besarnya simpangan horizontal tingkat, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar, serta momen guling.

1.7 Hipotesis

Hipotesis yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. semakin bertambahnya kekakuan tingkat suatu struktur pada pembebanan dinamik, maka simpangan yang terjadi akan semakin kecil hingga mencapai suatu titik dimana simpangan yang terjadi akan semakin membesar sampai mencapai puncak dan kemudian akan mengecil kembali,
2. pemakaian tinggi model struktur bangunan yang berlainan akan dapat menunjukkan pengaruh perbedaan tinggi bangunan terhadap respon struktur,
3. timbul nilai respon struktur yang berbeda pada suatu model struktur yang mempunyai tinggi yang sama dengan ρ yang berbeda, dan
4. perubahan perbandingan kekakuan balok terhadap kolom (ρ) akan berpengaruh terhadap kekakuan tingkat yang mengakibatkan perubahan nilai simpangan horisontal tingkat, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar serta momen guling pada suatu model struktur bangunan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan suatu uraian yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas. Baik yang berasal dari buku-buku, kumpulan penelitian-penelitian yang sebelumnya.

2.1 Pendahuluan

Dalam analisis dinamika struktur, massa merupakan elemen yang sangat berpengaruh terhadap respon struktur (Paz, 1997). Selain itu kekakuan kolom dalam menahan beban horisontal dapat dimodelkan sebagai konstanta pegas. Pegas yang ditarik atau didesak dengan suatu beban (F) akan mengalami perpanjangan atau perpendekan yang biasa disebut simpangan (y). Dalam keadaan linear elastik dapat dirumuskan sebagai :

$$F = k \cdot y \tag{2.1}$$

Pada penentuan kekakuan tingkat dari suatu kolom pada struktur bangunan tahan gempa terdapat 3 metode yang berbeda untuk struktur MDOF (Widodo, 1995), yaitu

1. Metode *Chopra*

Pada metode ini kekakuan kolom dan kekakuan balok dihitung tanpa memperhitungkan kekakuan *joint*.

2. Metode Bangunan Geser (*Shear Building*)

Balok lantai tingkat dianggap tetap horisontal baik sebelum maupun sesudah penggoyangan. Pada prinsip ini dimungkinkan pemakaian *lump mass* model.

3. Metode *Muto*

Pada prinsip ini kekakuan *joint* ikut diperhitungkan sehingga hitungan kekakuan balok maupun kolom menjadi lebih teliti.

2.2 Penelitian yang dilakukan sebelumnya

Pada penelitian ini digunakan juga tinjauan pustaka dari empat penelitian terdahulu, yang akan dijelaskan berikut ini.

1. Penelitian Famularsih dan Wirogo (1999)

Penelitian ini mengambil pokok bahasan mengenai “Perubahan Kekakuan Terhadap Besarnya Gaya Geser Dalam dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Banyak”. Pada penelitian ini digunakan beban gempa berupa desain spektra (PPTGIUG 1983). Pada penelitian ini asumsi gempa yang digunakan kurang representatif dengan sifat bebannya, sehingga hasilnya tidak sesuai dengan kenyataan yang ada di lapangan.

2. Penelitian Ariffin dan Khoir (2000)

Kedua peneliti mengambil topik bahasan mengenai “Pengaruh Perubahan Kekakuan kolom Secara Serentak Terhadap Gaya Geser Dasar dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat 5 dengan Beban Gempa Berupa *Time History*”. Dalam penelitian tersebut, peneliti berusaha menggali pengaruh yang terjadi pada simpangan, gaya geser dasar dan momen guling gedung apabila kekakuan kolom

mengalami perubahan serentak dengan menggunakan prosentase kenaikan dan penurunan kekakuan kolom dan massa struktur yang tetap dengan getaran-getaran gempa (*time history*). Analisis dinamika struktur yang digunakan pada penelitian ini pada awalnya mempergunakan metode *central difference*, namun didapatkan hasil berupa simpangan yang nilainya sangat besar, sehingga peneliti melakukan perubahan terhadap metode yang dipergunakan, yaitu mempergunakan metode *Newmark's Acceleration Method* yang bersifat *unconditionally stable*.

3. Penelitian Dedi dan Wicaksono (2000)

Peneliti membahas tentang “Studi Komparasi Dukungan Jepit dan Jepit Fleksibel untuk Analisis Struktur Dinding Geser Kopel Simetris” yang dapat diambil kesimpulan bahwa Simpangan absolut struktur dengan tinjauan dukungan jepit jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan tinjauan jepit fleksibel.

4. Penelitian Pramulanto dan Nurianawati (2000)

Kedua peneliti ini mencoba mengambil pokok bahasan “Pengaruh Variasi Massa Baliho Terhadap Simpangan, Gaya Geser dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Lima”. Analisis dinamika struktur yang dipergunakan peneliti adalah metode *central difference* yang bersifat *conditionally stable*. Pada hasil penelitian ditemukan hasil berupa simpangan yang imajiner pada variasi massa *baliho* $0.005 \omega t$ dan $0.0075 \omega t$ dengan kekakuan sesuai periode $50 \% T_1$.

2.3 Pembahasan

Dari literatur yang didapat belum diketahui besarnya perbedaan dari respon struktur sebagai akibat dari perbedaan kekakuan tingkat yang dihitung dengan

perbandingan balok dan kolom yang berbeda, sehingga untuk mengetahui lebih pasti perlu dilakukan penelitian dengan variasi perbandingan balok dan kolom terhadap respon struktur dengan dua macam model struktur bangunan yang berbeda.

2.4 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk membandingkan respon struktur dari model struktur bertingkat 5 dan 7 perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi perbandingan balok terhadap kolom yang menggunakan rumus *Chopra* dalam perhitungan nilai kekakuan tingkat, dengan prinsip perhitungan *Shear Building*.

BAB III

LANDASAN TEORI

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

3.1 Penentuan Angka Kekakuan Tiap Tingkat

Untuk penentuan angka kekakuan tiap tingkat terdapat 3 metode yang berbeda, antara lain

1. Metode *Chopra*

Pada metode ini kekakuan kolom dan kekakuan balok dihitung tanpa memperhitungkan kekakuan joint.

Rumus:

$$k = \frac{2 \cdot 12EI}{h^3} \frac{12\rho + 1}{12\rho + 4} \quad (3.1)$$

$$\rho = \frac{\sum \frac{I_b}{L_b}}{\sum \frac{I_c}{L_c}} \quad (3.2)$$

2. Metode *Shear Building*

Balok lantai tingkat dianggap tetap horisontal baik sebelum maupun sesudah penggoyangan. Pada prinsip ini dimungkinkan pemakaian *lump mass* model.

Rumus :

$$k = 12EI / h^3 \quad (3.3)$$

3. Metode *Muto*

Pada prinsip ini kekakuan joint ikut diperhitungkan sehingga perhitungan kekakuan balok maupun kolom menjadi lebih teliti.

Rumus :

$$k = \frac{0,5 + k'}{2 + k'} k_f \quad (3.4)$$

$$k_f = \frac{12EI}{h^3} \quad (3.5)$$

$$k' = \frac{\sum k_b}{k_c} \quad (3.6)$$

3.2 Struktur Dengan Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF) Akibat Pembebanan Dinamik

Beban dinamik yang bekerja pada struktur dianggap bekerja secara langsung pada elevasi lantai, misalnya beban akibat putaran mesin $F(t) = F_0 \sin \omega t$. Model sistem dengan derajat kebebasan tunggal akibat beban dinamik ditunjukkan dalam Gambar 3.1.

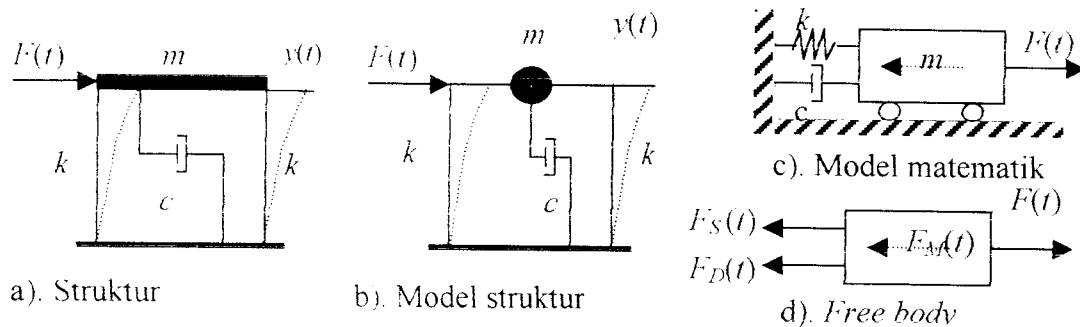
Keseimbangan dinamik dengan *free body diagram* sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1(d) adalah

$$F_M(t) + F_D(t) + F_S(t) = F(t) \quad (3.7)$$

dengan,

$$F_M(t) = m \cdot \ddot{y}(t), \quad F_D(t) = c \cdot \dot{y}(t), \quad F_S(t) = k \cdot y(t) \quad (3.8)$$

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



Gambar 3.1. Model sistem SDOF akibat beban dinamik

Persamaan (3.8) disubstitusi ke dalam persamaan (3.7), maka akan didapatkan

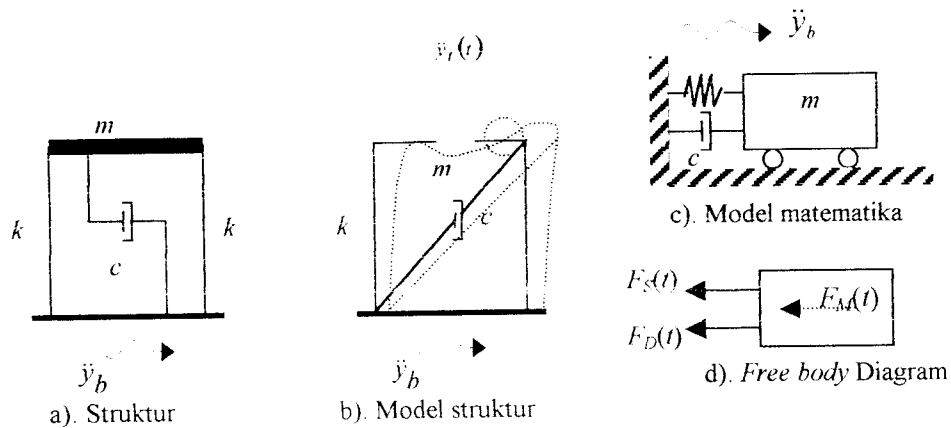
$$m \ddot{y}(t) + c \dot{y}(t) + k y(t) = F(t) \quad (3.9)$$

persamaan (3.9) disebut persamaan differensial gerakan (*differential equation of motion*).

3.3 Struktur Dengan Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF) Akibat Beban Gempa

Beban dinamik yang umum diperhitungkan adalah beban gempa. Gempa bumi akan menyebabkan getaran pada tanah, percepatan tanah serta simpangan

horizontal (Widodo, 1997).



Gambar 3.2. Model sistem SDOF akibat gerakan tanah

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

$$F_M(t) + F_D(t) + F_S(t) = 0 \quad (3.10a)$$

$$\text{dengan } F_M(t) = m\ddot{y}_r(t), \quad F_D(t) = c\dot{y}(t), \quad F_S(t) = ky(t). \quad (3.10b)$$

Persamaan (3.10b) disubstitusi ke dalam persamaan (3.10a). Setelah terjadi gempa bumi, tanah mempunyai percepatan, kecepatan, simpangan masing-masing sebesar $\ddot{y}_b(t)$, $\dot{y}_b(t)$, dan $y_b(t)$ terhadap posisi awal, sedangkan hanya massa struktur saja yang mengalami percepatan akibat pergerakan tanah, maka persamaan (3.10) menjadi

$$m\ddot{y}_r(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = 0, \quad (3.11a)$$

dengan

$$\ddot{y}_r(t) = \ddot{y}_b(t) + \ddot{y}(t), \quad (3.11b)$$

Persamaan (3.11b) disubstitusi ke dalam persamaan (3.11a), maka persamaan (3.11a) dapat ditulis menjadi

$$m\ddot{y}(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = -m\ddot{y}_b(t) \quad (3.12)$$

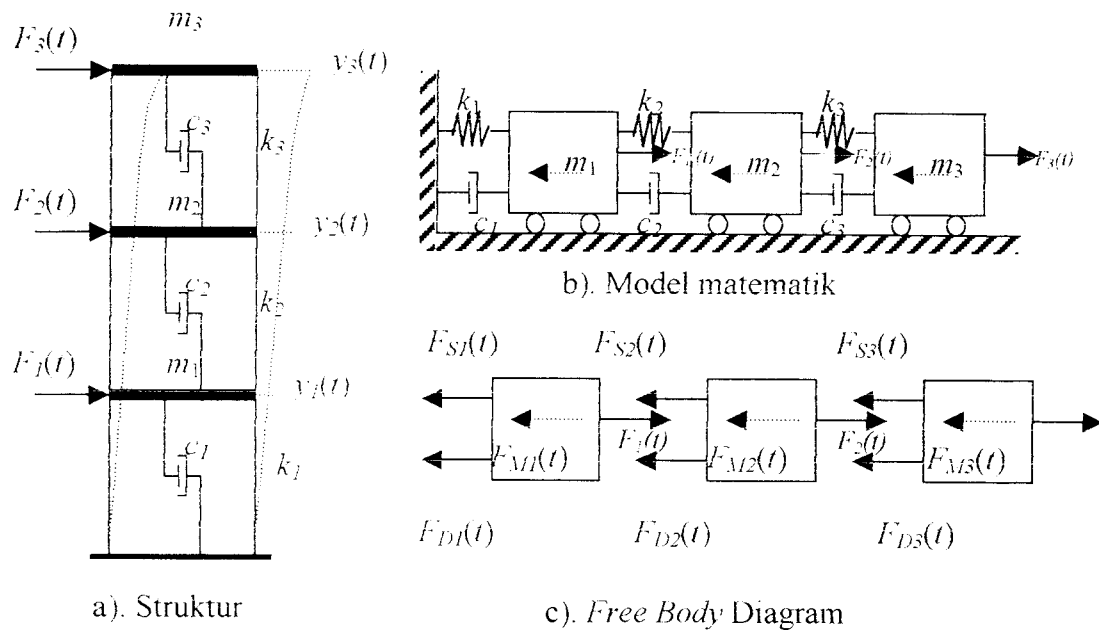
Persamaan (3.12) adalah persamaan differensial gerakan suatu massa dengan derajat kebebasan tunggal akibat beban gempa.

3.4 Struktur Dengan Derajat Kebebasan Banyak (MDOF) Akibat Beban Dinamik

Pada struktur bangunan gedung bertingkat banyak, umumnya massa struktur dapat digumpalkan pada setiap lantai (*lumped mass*), dengan demikian struktur yang semula mempunyai derajat kebebasan tak terhingga akan berubah menjadi struktur kebebasan terbatas. Untuk memperoleh persamaan differensial gerakan pada struktur kebebasan banyak, maka dapat digunakan anggapan *shear building* sebagaimana pada struktur SDOF.

Pada struktur bangunan gedung bertingkat tiga seperti pada Gambar 3.3(a), struktur akan mempunyai tiga derajat kebebasan, sehingga struktur yang mempunyai n - tingkat akan mempunyai n - derajat kebebasan dan mempunyai n - *modes*.

Untuk memperoleh persamaan differensial gerakan pada struktur MDOF umumnya dipakai goyangan senada untuk *mode* pertama yaitu goyangan yang $y_1(t) < y_2(t) < y_3(t)$.



Gambar 3.3 Model Struktur Dengan Derajat Kebebasan Banyak (MDOF)

Berdasarkan keseimbangan dinamik seperti pada Gambar 3.3(c), maka akan diperoleh persamaan seperti di bawah ini.

$$m_1 \ddot{y}_1(t) + c_1 \dot{y}_1(t) + k_1 y_1(t) - c_2 (\dot{y}_2(t) - \dot{y}_1(t)) - k_2 (y_2(t) - y_1(t)) = F_1(t) \quad (3.13a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2(t) + c_2 (\dot{y}_2(t) - \dot{y}_1(t)) + k_2 (y_2(t) - y_1(t)) - c_3 (\dot{y}_3(t) - \dot{y}_2(t)) - k_3 (y_3(t) - y_2(t)) = F_2(t) \quad (3.13b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3(t) + c_3 (\dot{y}_3(t) - \dot{y}_2(t)) + k_3 (y_3(t) - y_2(t)) = F_3(t) \quad (3.13c)$$

Selanjutnya persamaan (3.13) dapat ditulis menjadi matrik dengan ekspresi :

$$[M]\{\ddot{y}(t)\} + [C]\{\dot{y}(t)\} + [K]\{y(t)\} = \{F(t)\} \quad (3.14)$$

yang mana matrik ekspresi di atas (massa, redaman dan kekakuan) masing-masing adalah

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \quad (3.15a)$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \quad (3.15b)$$

$$[C] = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 \\ 0 & -c_3 & c_3 \end{bmatrix} \quad (3.15c)$$

$$\{\ddot{y}(t)\} = \begin{Bmatrix} \ddot{y}_1(t) \\ \ddot{y}_2(t) \\ \ddot{y}_3(t) \end{Bmatrix}, \{\dot{y}(t)\} = \begin{Bmatrix} \dot{y}_1(t) \\ \dot{y}_2(t) \\ \dot{y}_3(t) \end{Bmatrix}, \{y(t)\} = \begin{Bmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \\ y_3(t) \end{Bmatrix} \text{ dan } \{F(t)\} = \begin{Bmatrix} F_1(t) \\ F_2(t) \\ F_3(t) \end{Bmatrix} \quad (3.16)$$

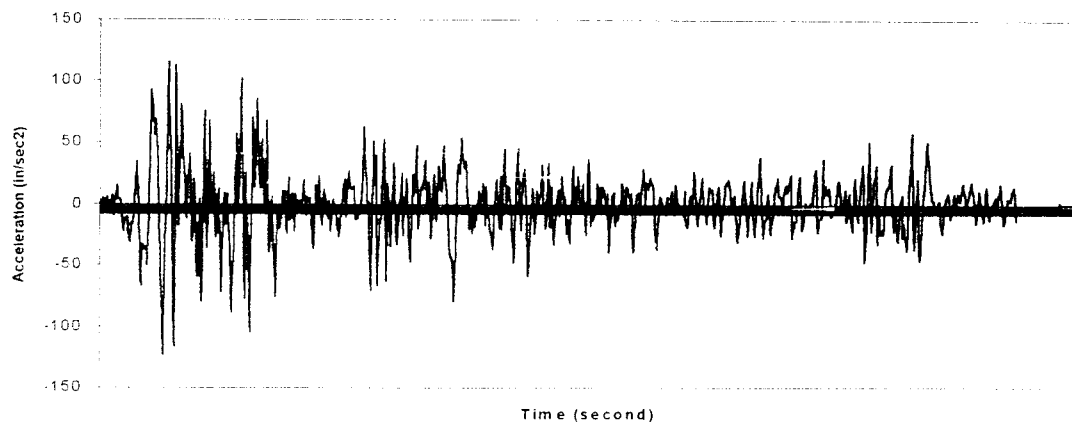
$\{\ddot{y}(t)\}$, $\{\dot{y}(t)\}$, $\{y(t)\}$, dan $\{F(t)\}$ adalah vektor percepatan, kecepatan, simpangan, dan gaya.

3.5 Struktur Dengan Derajat Kebebasan Banyak (MDOF) Akibat Beban Gempa

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

Analisis yang didasarkan pada riwayat waktu dapat digunakan sebagai

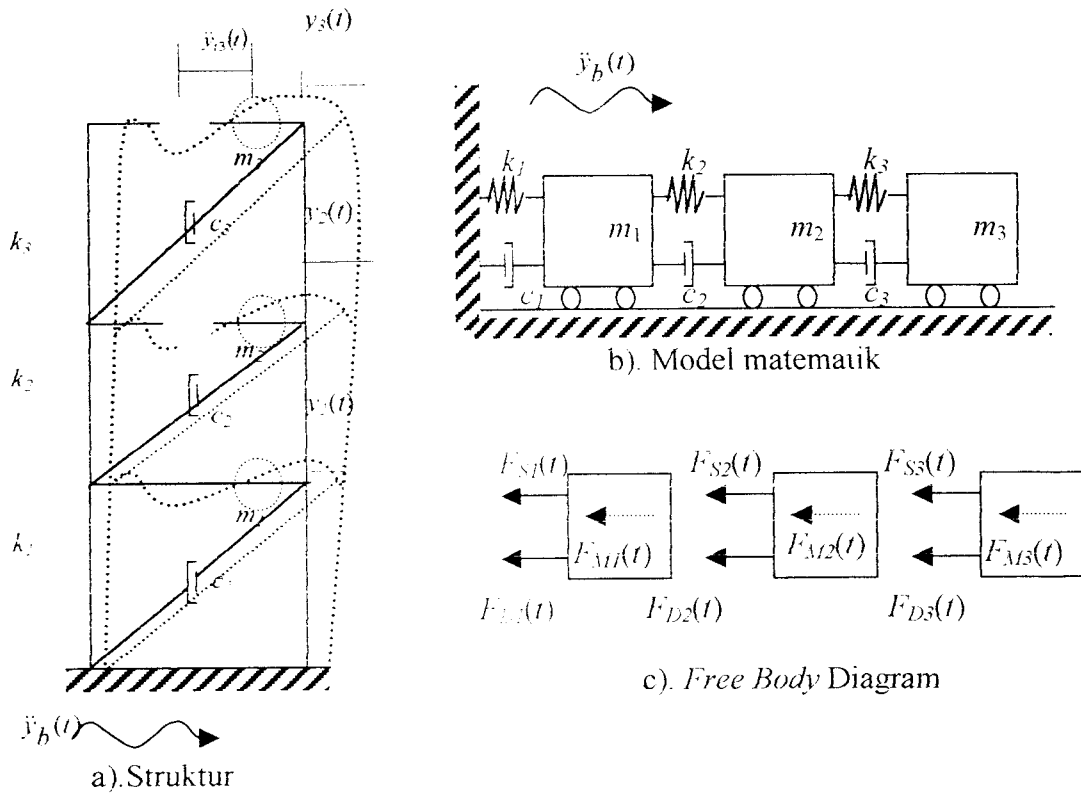
beban gempa yang berpengaruh pada struktur. Pada tugas akhir ini dipakai analisa riwayat waktu gempa El Centro tahun 1940 berupa percepatan tanah dalam satuan unit cm/sec^2 , yang kemudian diubah ke dalam satuan unit in/sec^2 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. *Ground Acceleration El Centro Earthquake 1940*

Percepatan tanah selama berlangsungnya gempa bumi bervariasi secara irreguler, sehingga penyelesaian menggunakan metode numerik akan sangat membantu. Hasil respon yang akan disajikan pada tugas akhir ini diperoleh dari penyelesaian persamaan untuk percepatan tanah yang bervariasi secara linier setiap $\Delta t = 0.02$ detik. Pada daerah rawan gempa, masalah prinsip yang perlu diperhatikan adalah perilaku struktur bawah akibat beban gempa. Perpindahan tanah dinotasikan dengan $y_b(t)$, sedangkan antara massa dengan tanah dinotasikan dengan $y(t)$, sehingga perpindahan total yang terjadi adalah (Chopra,1995)

$$y_t(t) = y(t) + y_b(t) \quad (3.17)$$



Gambar 3.5. Model Sistem MDOF dengan Beban Gempa

Persamaan gerakan struktur yang dikenai beban gempa, dapat diturunkan melalui suatu pendekatan yang sama seperti pada persamaan gerakan struktur berderajat kebebasan tunggal. Dengan menggunakan model SDOF pada Gambar 3.2, maka akan didapatkan persamaan (3.12).

Berdasarkan keseimbangan dinamik seperti pada Gambar 3.5(b), maka dari persamaan (3.12) akan diperoleh persamaan seperti di bawah ini.

$$m_1 \ddot{y}_1(t) + c_1 \dot{y}_1(t) + k_1 y_1(t) - c_2 (\dot{y}_2(t) - \dot{y}_1(t)) - k_2 (y_2(t) - y_1(t)) = -m_1 \ddot{y}_b(t) \tag{3.18}$$

$$m_2 \ddot{y}_2(t) + c_2 (\dot{y}_2(t) - \dot{y}_1(t)) + k_2 (y_2(t) - y_1(t)) - c_3 (\dot{y}_3(t) - \dot{y}_2(t)) - k_3 (y_3(t) - y_2(t)) = -m_2 \ddot{y}_b(t) \tag{3.19}$$

$$m_3 \ddot{y}_3(t) + c_3 (\dot{y}_3(t) - \dot{y}_2(t)) + k_3 (y_3(t) - y_2(t)) = -m_3 \ddot{y}_b(t) \tag{3.20}$$

Selanjutnya persamaan (3.13) dapat ditulis menjadi matrik dengan ekspresi :

$$[M]\{\ddot{y}(t)\} + [C]\{\dot{y}(t)\} + [K]\{y(t)\} = -[M]\{1\}\ddot{y}_b(t) \tag{3.21}$$

yang mana matrik ekspresi di atas (massa, redaman dan kekakuan) masing-masing adalah

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \quad (3.22a)$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \quad (3.22b)$$

$$[C] = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 \\ 0 & -c_3 & c_3 \end{bmatrix} \quad (3.22c)$$

$$\{\ddot{y}(t)\} = \begin{Bmatrix} \ddot{y}_1(t) \\ \ddot{y}_2(t) \\ \ddot{y}_3(t) \end{Bmatrix}, \{\dot{y}(t)\} = \begin{Bmatrix} \dot{y}_1(t) \\ \dot{y}_2(t) \\ \dot{y}_3(t) \end{Bmatrix}, \{y(t)\} = \begin{Bmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \\ y_3(t) \end{Bmatrix} \text{ dan } [M]\{\ddot{y}_b(t)\} = \begin{Bmatrix} -M_1\{\ddot{y}_b(t)\} \\ -M_2\{\ddot{y}_b(t)\} \\ -M_3\{\ddot{y}_b(t)\} \end{Bmatrix} \quad (3.23)$$

$\{\ddot{y}(t)\}$, $\{\dot{y}(t)\}$, $\{y(t)\}$, dan $[M]\{\ddot{y}_b(t)\}$ adalah vektor percepatan, kecepatan, simpangan, dan gaya.

3.6 Mode Shape dan Frekuensi

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

Persamaan differensial gerak getaran bebas pada struktur seperti pada persamaan (3.14) dalam kondisi khusus dapat dinyatakan dengan

$$[M]\{\ddot{y}(t)\} + [C]\{\dot{y}(t)\} + [K]\{y(t)\} = 0 \quad (3.24)$$

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

Maka persamaan (3.24) akan menjadi

$$[M]\{\ddot{y}(t)\} + [K]\{y(t)\} = 0 \quad (3.25)$$

Persamaan (3.25) diasumsikan pada getaran bebas, maka vektor $\{y\}$ berbentuk

$$\{y(t)\} = \{\phi\} z(t) \quad (3.26a)$$

$$\{\dot{y}(t)\} = \{\phi\} \dot{z}(t) \quad (3.26b)$$

dengan $\{\phi\}$ adalah vektor *mode shape* yaitu suatu vektor yang tidak berdimensi, yang memiliki paling sedikit sebuah elemen yang tidak sama dengan nol. Sedangkan z dan \dot{z} adalah vektor perpindahan dan vektor percepatan. Jika persamaan (3.26) disubstitusikan ke dalam persamaan (3.25) maka akan didapatkan

$$[M]\{\phi\}\ddot{z}(t) + [K]\{\phi\}z(t) = 0 \quad (3.27)$$

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

$$\ddot{z}(t) + (\text{constan}) z(t) = 0 \quad (3.28)$$

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

(3.28) akan menjadi

$$\ddot{z}(t) + \omega_n^2 z(t) = 0 \quad (3.29)$$

Persamaan (3.29) diselesaikan dengan

$$z(t) = A \sin \omega_n t \quad (3.30)$$

Dengan demikian maka persamaan (3.26) akan menjadi

$$\{y(t)\} = \{\phi\} A \sin \omega t \quad (3.31a)$$

sehingga

$$\{\ddot{y}(t)\} = -\omega^2 \{\phi\} A \sin \omega t \quad (3.31b)$$

Persamaan (3.31) dimasukkan ke dalam persamaan (3.25) didapatkan

$$(-\omega^2 [M] \{\phi\} A \sin \omega t + [K] \{\phi\} A \sin \omega t) = 0 \quad (3.32)$$

Persamaan (3.29) akan ada penyelesaiannya (*nontrivial solution*), jika A dan ω

keduanya adalah tidak sama dengan nol, sehingga

$$([K] - \omega^2 [M]) \{\phi\} = 0 \quad (3.33a)$$

Persamaan (3.30) akan ada penyelesaiannya atau suatu sistem akan ada amplitudo

yang terbatas apabila nilai determinan ($\{[K] - \omega^2 [M]\}$) adalah nol, maka

$$[K] - \omega^2 [M] = 0 \quad (3.33b)$$

persamaan (3.33b) disebut dengan *eigenproblem*. Nilai determinan pada persamaan

(3.31) akan menghasilkan suatu persamaan polinomial dengan derajat ke- n yaitu

$\lambda = \omega_n^2$, kemudian nilai λ disubstitusikan dengan persamaan (3.27) maka akan

menghasilkan nilai *mode shape* $\{\phi\}_n$ dan simpangan $(y(t))_n$. Indeks n menunjukkan

ragam/pola goyangan.

3.7 Persamaan Differensial Independen (*Uncoupling*)

Pada kondisi standar struktur yang mempunyai n derajat kebebasan akan mempunyai n modes. Pada prinsip ini, masing-masing mode akan memberikan kontribusi pada simpangan horisontal tiap-tiap massa. Simpangan massa ke- n atau $y(t)_n$ dapat diperoleh dengan menjumlahkan pengaruh atau kontribusi tiap-tiap modes. Kontribusi mode ke- n terhadap simpangan horisontal massa ke- n tersebut dinyatakan dalam produk antara ϕ_{ni} dengan suatu modal amplitudo z_n yang

dinyatakan dalam bentuk

$$\{y(t)\} = [\varphi]\{\dot{z}(t)\} \quad (3.34a)$$

$$\{\dot{y}(t)\} = [\varphi]\{\ddot{z}(t)\} \quad (3.34b)$$

$$\{\ddot{y}(t)\} = [\varphi]\{\dddot{z}(t)\} \quad (3.34c)$$

Substitusi persamaan (3.34) ke dalam persamaan (3.14) akan diperoleh

$$[M][\varphi]\{\ddot{z}(t)\} + [C][\varphi]\{\dot{z}(t)\} + [K][\varphi]\{z(t)\} = \{F(t)\} \quad (3.35)$$

Apabila persamaan (3.35) dikalikan dengan *transpose* suatu mode φ_n^T , maka

$$\{\varphi_n^T [M][\varphi]\{\ddot{z}(t)\} + \{\varphi_n^T [C][\varphi]\{\dot{z}(t)\} + \{\varphi_n^T [K][\varphi]\{z(t)\} = -\{\varphi_n^T \{F(t)\} \quad (3.36)$$

Misal, diambil struktur yang mempunyai 3 derajat kebebasan, maka suku pertama persamaan (3.36) berbentuk

$$\begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{21} & \varphi_{31} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varphi_{11} \\ \varphi_{21} \\ \varphi_{31} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{z}_1(t) \\ \ddot{z}_2(t) \\ \ddot{z}_3(t) \end{Bmatrix} \quad (3.37)$$

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

$$\{\varphi_n^T [M]\{\varphi_i\} = 0 \quad (3.38a)$$

$$\{\varphi_n^T [K]\{\varphi_i\} = 0 \quad (3.38b)$$

$$\{\varphi_n^T [C]\{\varphi_i\} = 0 \quad (3.38c)$$

Untuk mode ke- n maka secara umum bentuk pada persamaan (3.37) dapat ditulis dengan

$$\{\varphi_n^T [M]\{\varphi_n\} \{\ddot{z}_n(t)\} \quad (3.39)$$

Persamaan (3.36) pada suku ke-2 dan ke-3 diubah seperti pada persamaan (3.39),

maka persamaan akan menjadi

$$\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n \ddot{z}_n(t) + \{\phi\}_n^T [C] \{\phi\}_n \dot{z}_n(t) + \{\phi\}_n^T [K] \{\phi\}_n z_n(t) = -\{\phi\}_n^T [M] \{1\} \ddot{y}_b(t) \quad (3.40)$$

Persamaan (3.40) adalah persamaan differensial yang bebas *independent* antara satu dengan yang lain. Persamaan tersebut diperoleh setelah diterapkan hubungan orthogonal, baik orthogonal matrik massa, matrik redaman dan matrik kekakuan. Dengan demikian untuk n derajat dengan n persamaan differensial yang dahulu bersifat *coupling* sekarang menjadi *independent uncoupling*. Dengan sifat-sifat tersebut maka persamaan differensial dapat diselesaikan untuk setiap pengaruh *mode*.

Berdasarkan persamaan (3.40), maka dapat didefinisikan suatu generalisasi massa (*generalized mass*), redaman dan kekakuan :

$$M_n^* = (\phi)_n^T [M] \{\phi\}_n, \quad (3.41a)$$

$$C_n^* = (\phi)_n^T [C] \{\phi\}_n = 2\xi\omega_n M_n^*, \quad (3.41b)$$

$$K_n^* = (\phi)_n^T [K] \{\phi\}_n = \omega_n^2 M_n^*, \quad (3.41c)$$

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

Dengan definisi seperti pada persamaan (3.41) maka persamaan (3.40) akan menjadi

$$M_n^* \ddot{z}_n(t) + C_n^* \dot{z}_n(t) + K_n^* z_n(t) = -P_n^* \ddot{y}_b(t) \quad (3.42)$$

atau dengan cara lain,

$$\ddot{z}_n(t) + 2\tilde{\xi}\omega_n \dot{z}_n(t) + \omega_n^2 z_n(t) = P_n \ddot{y}_b(t) M_n \quad (3.43)$$

Terdapat suatu normalisasi bahwa

$$\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n = 1 \quad (3.44a)$$

yang menghasilkan

$$M_n^* = 1 \quad (3.44b)$$

Berdasarkan hubungan-hubungan seperti pada persamaan (3.44), maka persamaan (3.37) akan menjadi

$$\ddot{z}_n(t) + 2\zeta_n \omega_n \dot{z}_n(t) + \omega_n^2 z_n(t) = -\Gamma_n \ddot{y}_b(t) \quad (3.45)$$

$$\Gamma_n = \frac{P_n^*}{M_n^*} = \frac{\{\phi\}_n^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_n^T [M] \{\phi\}_n} \quad (3.46)$$

Persamaan (3.46) sering disebut dengan partisipasi setiap *mode* atau *mode participation factor*.

Selanjutnya persamaan (3.45) juga dapat ditulis menjadi

$$\frac{\ddot{z}_n(t)}{\Gamma_n} + 2\zeta_n \omega_n \frac{\dot{z}_n(t)}{\Gamma_n} + \omega_n^2 \frac{z_n(t)}{\Gamma_n} = -\ddot{y}_b(t) \quad (3.47)$$

Apabila diambil suatu notasi bahwa

$$\ddot{q}_n(t) = \frac{\ddot{z}_n(t)}{\Gamma_n}, \quad \dot{q}_n(t) = \frac{\dot{z}_n(t)}{\Gamma_n} \quad \text{dan} \quad q_n(t) = \frac{z_n(t)}{\Gamma_n} \quad (3.48)$$

Maka persamaan (3.47) menjadi

$$\ddot{q}_n(t) + 2\zeta_n \omega_n \dot{q}_n(t) + \omega_n^2 q_n(t) = -\ddot{y}_b(t) \quad (3.49)$$

Persamaan (3.49) adalah persamaan diferensial yang *independent* karena persamaan tersebut hanya berhubungan dengan tiap-tiap *mode*.

Nilai partisipasi setiap *mode* akan dapat dihitung dengan mudah setelah koordinat setiap mode ϕ_{ni} telah diperoleh. Nilai $q_n(t)$, $\dot{q}_n(t)$ dan $\ddot{q}_n(t)$ dapat dihitung dengan integrasi secara numerik. Apabila nilai tersebut telah diperoleh maka nilai z_n dapat dihitung. Dengan demikian simpangan horisontal setiap tingkat akan dapat dihitung.

3.8 Respon Struktur Terhadap Beban Gempa

Persamaan gerakan yang disebabkan adanya beban gempa dapat diselesaikan dengan persamaan (3.49). Nilai $q_n(t)$ dapat diperoleh dengan membandingkan antara persamaan (3.49) dengan persamaan gerakan mode ke- n sistem dari SDOF. Sistem SDOF mempunyai frekuensi natural (*natural frequency*) (ω_n) dan rasio redaman (ξ_n) mode ke- n dari sistem MDOF, dengan $n = 1, 2, 3, \dots, i$.

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

$$\dot{q}_{n+1}(t) = \dot{q}_{n-1}(t) \left[(1-\gamma) + \Delta t \right] \ddot{q}_n(t) + (\gamma \cdot \Delta t) \ddot{q}_{n+1}(t) \quad (3.50a)$$

$$q_{n+1}(t) = q_n(t) + (\Delta t) \dot{q}_n(t) + \left[(0.5 - \beta)(\Delta t)^2 \right] \ddot{q}_n(t) + \left[\beta(\Delta t)^2 \right] \ddot{q}_{n+1}(t) \quad (3.50b)$$

Parameter γ dan β untuk *Newmark's Average Acceleration Method* adalah $\gamma=1/2$ dan $\beta=1/4$, persamaan (3.50) disubstitusikan ke persamaan berikut

$$\Delta q_n(t) = q_{n+1}(t) - q_n(t) \quad \Delta \dot{q}_n(t) = \dot{q}_{n+1}(t) - \dot{q}_n(t) \quad \Delta \ddot{q}_n(t) = \ddot{q}_{n+1}(t) - \ddot{q}_n(t) \quad (3.51a)$$

$$\Delta y_n(t) = y_{n+1}(t) - y_n(t) \quad (3.51b)$$

Dari substitusi persamaan (3.50) ke persamaan (3.51) diperoleh

$$\Delta \dot{q}_n(t) = (\Delta t) \ddot{q}_n(t) + (\gamma \cdot \Delta t) \Delta \ddot{q}_n(t) \quad (3.52a)$$

$$\Delta q_n(t) = (\Delta t) \dot{q}_n(t) + \frac{(\Delta t)^2}{2} \ddot{q}_n(t) + \beta(\Delta t)^2 \Delta \ddot{q}_n(t) \quad (3.52b)$$

Dari persamaan (3.52b) diperoleh

$$\Delta \ddot{q}_n(t) = \frac{\gamma}{\beta \cdot (\Delta t)^2} \Delta q_n(t) - \frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \dot{q}_n(t) - \frac{1}{2\beta} \ddot{q}_n(t) \quad (3.53a)$$

Substitusi persamaan (3.53a) ke dalam persamaan (3.52a), diperoleh persamaan

$$\Delta \dot{q}_n(t) = \frac{\gamma}{\beta \Delta t} \Delta q_n(t) - \frac{\gamma}{\beta} \dot{q}_n(t) + \Delta t \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta} \right) \ddot{q}_n(t) \quad (3.53b)$$

Substitusikan persamaan (3.53a) dan persamaan (3.53b) ke dalam persamaan (3.49) akan diperoleh

$$\left(\omega^2 + \frac{2\xi\omega\gamma}{\beta \cdot \Delta t} + \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} \right) \Delta q_n(t) = \Delta y + \left(\frac{1}{\beta \cdot \Delta t} + \frac{2\xi\omega\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \right) \dot{q}_n(t) + \left[\frac{1}{2\beta} + \Delta t \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) \xi\omega\gamma \right] \ddot{q}_n(t) \quad (3.54)$$

Persamaan (3.54) dapat ditulis menjadi

$$\Delta q_n(t) = \frac{\Delta \ddot{y}_n(t) + a \cdot \dot{q}_n(t) + b \cdot \ddot{q}_n(t)}{\hat{k}} \quad (3.55a)$$

dengan.

$$\begin{aligned} a &= \left[\frac{4}{\Delta t} + 4\xi\omega \right], \\ b &= 2, \\ \hat{k} &= \left[\omega^2 + \frac{4\xi\omega}{\Delta t} + \frac{4}{\Delta t^2} \right]. \end{aligned} \quad (3.55b)$$

Setelah diperoleh nilai $q_{n(t)}$ untuk tiap-tiap mode, selanjutnya nilai simpangan tiap mode dapat diperoleh $y_n(t)$,

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

Selanjutnya gaya geser tingkat akibat mode ke- n adalah

$$F_n(t) = [M]_n \Gamma_n \phi_n q_n(t) \quad (3.57a)$$

Sehingga gaya geser dasar

$$V_n(t) = - \left(\sum_{n=1}^i F_n(t) \right), \quad (3.57b)$$

dengan $i=5$ pada model struktur 5 lantai dan $i=7$ untuk model struktur 7 lantai. Momen guling didapat dengan mengalikan gaya lantai yang terjadi pada setiap tingkat ($F_n(t)$) dengan jarak (h_n), maka

$$M_n(t) = \sum_{i=i}^i (F_n(t) h_n) \quad (3.57c)$$

3.9 Kandungan Frekuensi (*Frequency Contents*)

Persamaan differensial gerakan suatu massa SDOF tanpa redaman dengan beban harmonik sederhana seperti pada persamaan (3.9) dalam kondisi khusus dapat dinyatakan dengan

$$y'' + \omega^2 y = \frac{P_o}{m(\omega^2 - \Omega^2)} \left\{ \sin(\Omega t) - \frac{\Omega}{\omega} \sin(\omega t) \right\} \quad (3.58)$$

Persamaan (3.58) menunjukkan bahwa respon struktur akan dipengaruhi baik oleh frekuensi sudut beban dinamik (Ω) dan frekuensi sudut akibat getaran struktur (ω). Respon struktur terdiri dari dua bagian pokok yaitu *steady state response* yaitu respon yang ditunjukkan oleh suku $\sin(\Omega t)$ dan *transient response* yang ditunjukkan oleh suku $\sin(\omega t)$.

Apabila frekuensi sudut beban dinamik sama dengan frekuensi sudut getaran struktur maka nilai penyebut persamaan di atas akan sama dengan nol sehingga respon struktur menjadi tak terhingga, keadaan ini disebut resonansi, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.6.

Persamaan (3.58) dapat ditulis dalam fungsi *dynamics load factor (DLF)* yaitu :

$$y(t) = y_{st} DLF, \quad y_{st} = \frac{P_o}{k} \quad \text{dan}$$

$$DLF = \frac{1}{1-r^2} \{ \sin(\Omega t) - r \sin(\omega t) \} \quad (3.59)$$

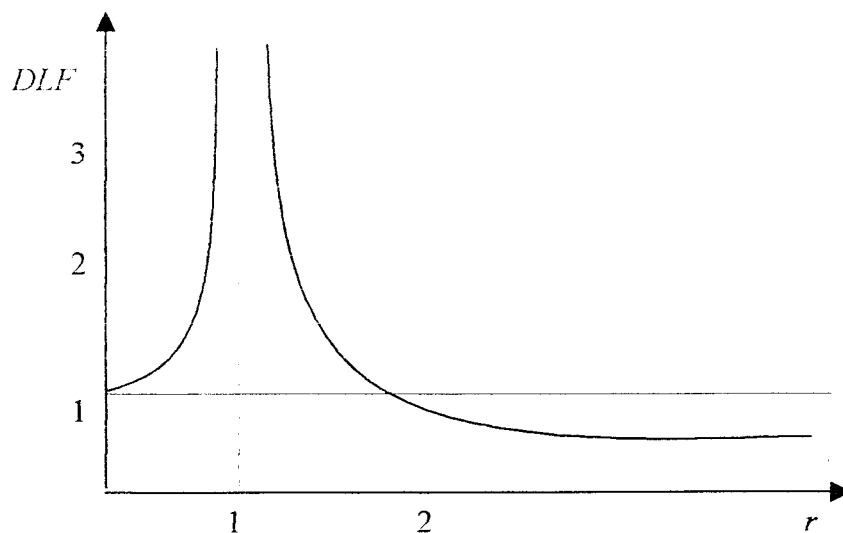
Di dalam soal-soal praktis, *transient response* sering diabaikan karena nilainya dianggap relatif kecil. Nilai *DLF* maksimum akan diperoleh apabila $\sin(\Omega t) = 1$, maka

$$DLF = \frac{1}{1-r^2} \quad (3.60)$$

dimana.

$$r = \frac{\Omega}{\omega} \quad (3.61)$$

Plot antara *DLF* dan nilai frekuensi rasio r dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 *DLF* lawan Frekuensi Rasio

3.10 Jenis- jenis Simpangan dan Efeknya Terhadap Kerusakan

Jenis-jenis simpangan yang terjadi pada struktur umumnya ada 3 macam, yaitu simpangan relatif, simpangan antar tingkat dan simpangan absolut. Jenis-jenis simpangan tersebut akan diuraikan sebagai berikut ini.

3.10.1 Simpangan Relatif

Simpangan relatif tiap lantai menurut persamaan diferensial independen (*uncoupling*) adalah simpangan suatu massa yang diperoleh dengan menjumlahkan pengaruh atau kontribusi tiap-tiap mode.

$$y_n(t) = \sum_{r=1}^i \varphi_{nr} z_r(t) \quad (3.62)$$

dimana: $y_n(t)$ = simpangan relatif lantai ke- n

φ_{nr} = *mode shapes*, dan

$z_r(t)$ = modal amplitudo.

3.10.2 Simpangan Antar Tingkat (*Inter-story drift*)

Simpangan antar tingkat adalah simpangan yang terjadi pada tiap tingkat, simpangan ini dihitung dengan simpangan relatif lantai atas dikurangi simpangan relatif lantai di bawahnya. *Inter-story 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-story drift dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta y_n(t) = y_n(t) - y_{n-1}(t) \quad (3.63)$$

dimana : $\Delta y_n(t)$ = simpangan antar tingkat,

$y_n(t)$ = simpangan relatif lantai ke- n , dan

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

3.10.3 Simpangan Absolut

Simpangan absolut merupakan penjumlahan antara simpangan relatif tiap lantai dengan simpangan akibat tanah. Simpangan absolut mempunyai pengaruh terhadap kemungkinan terjadinya benturan antar bangunan yang berdekatan (*structural pounding*). Masalah *structural pounding* ini biasa terjadi pada bangunan yang berdekatan untuk memaksimalkan penggunaan lahan, hal ini dapat menyebabkan kerusakan yang fatal pada bangunan bahkan dapat menyebabkan kerusakan total. Hal ini dapat dicegah dengan memperkitungkan jarak antara dua bangunan yang berdekatan. Jarak tersebut dapat dihitung dengan menghitung simpangan absolut pada setiap lantai.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu aturan atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan. Metode yang dipergunakan dalam penulisan tugas akhir ini meliputi penggunaan data yang diperlukan, pengolahan data dan pengujian yang akan dilakukan.

4.1 Data yang Diperlukan

Pada penelitian ini digunakan suatu model yang sederhana, untuk mempermudah melihat perbedaan hasil yang akan diteliti.

Adapun data yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Struktur yang ditinjau dikenai beban gempa El Centro 1940 (Chopra, 1995 : 233-236).
2. Struktur merupakan struktur model dengan 5 dan 7 lantai.
3. Struktur berdiri di atas tanah keras.

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

4.2 Pengolahan Data

Setelah data ditentukan, maka dilakukan pengolahan dan analisis data dengan langkah-langkah berikut ini :

1. Menentukan nilai kekakuan berdasarkan rumus,
2. Menentukan matrik massa $[M]$ dan matrik kekakuan kolom $[K]$ tiap tingkat,
3. Membuat persamaan *eigenproblem* untuk menghitung *mode shape* (ϕ_n),
4. Menghitung matrik massa efektif $[M^*]$ dan matrik kekakuan efektif $[K^*]$,
5. Menghitung frekuensi sudut (ω),
6. Menghitung nilai faktor partisipasi (Γ),
7. Mencari nilai q_n ,
8. Menghitung simpangan horisontal tingkat (y_n),
9. Menghitung simpangan antar tingkat (Δy),
10. Menghitung gaya geser dasar (V_n),
11. Menghitung momen guling dasar (M_n),
12. Menganalisa hasil-hasil yang diperoleh,

Adapun diagram alir dari langkah-langkah diatas dapat dilihat pada Gambar 4.1.

4.3 Hipotesis

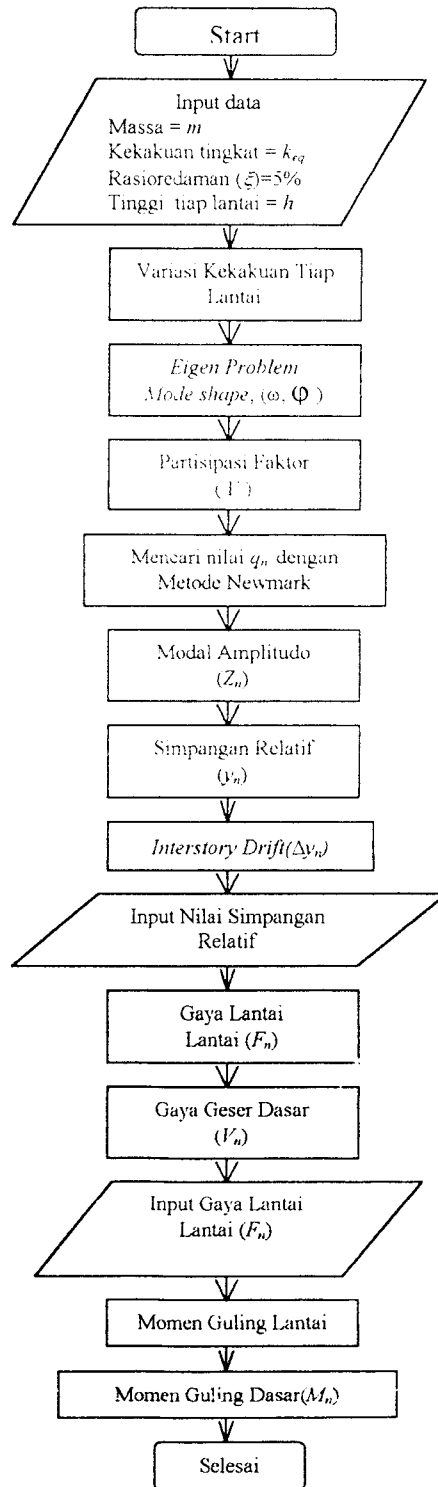
Hipotesis yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Pemakaian elemen struktur yang berbeda dalam menentukan kekakuan akan menghasilkan besar kekakuan yang berbeda.

2. Perbedaan besar kekakuan akan berpengaruh terhadap besar nilai simpangan tingkat, gaya geser, dan momen guling.

4.4 Pengujian

Pengujian numeris yang dilakukan pada tugas akhir ini mencakup pengaruh penggunaan elemen struktur yang berbeda untuk struktur bangunan bertingkat 5 dan 7. Pengujian dilakukan dengan menggunakan program komputer untuk mempermudah pengujian dan ketepatan perhitungan. Program komputer yang akan digunakan adalah bahasa *Matlab* untuk mengolah data dan *Excel* untuk mengolah grafik.



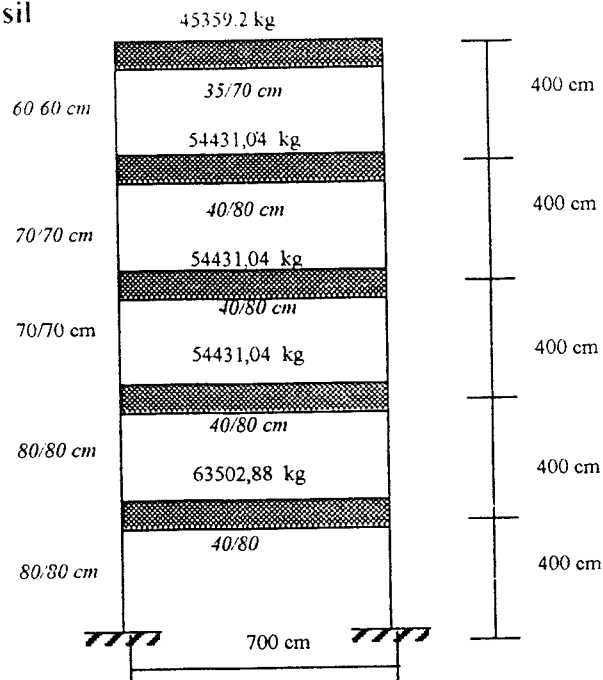
Gambar 4.1 Bagan alir (Flow chart)

BAB V

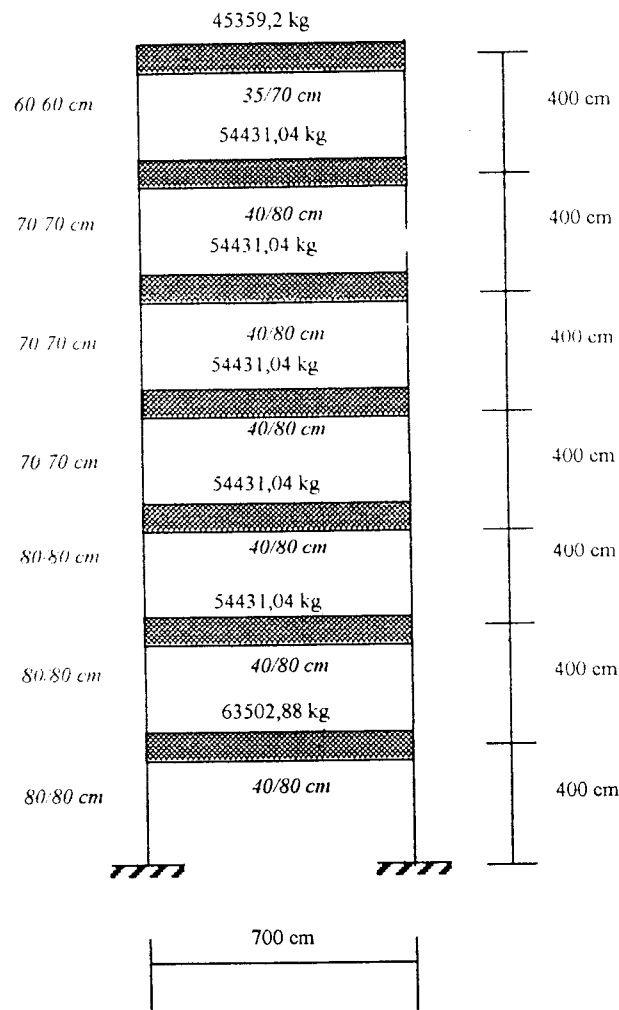
ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang analisa dan hasil yang meliputi perhitungan massa, perhitungan kekakuan tingkat dengan dua metode yang berbeda, ragam goyangan (*mode shapes*) dan frekuensi natural, perhitungan simpangan antar tingkat (*inter-story drift*), perhitungan gaya geser dasar, perhitungan momen guling dan pembahasan yang meliputi, simpangan relatif lantai, simpangan antar tingkat (*inter-story drift*), gaya geser dasar, momen guling sebagaimana yang akan diuraikan berikut ini.

5.1 Analisis dan Hasil



Gambar 5.1 Struktur 5 lantai (cm)



Gambar 5.2. Struktur 7 lantai

Pada analisis ini digunakan struktur model struktur bertingkat dengan dimensi dari struktur asli pada hotel Natour Garuda yang diteliti oleh Azmi dan Zain (1991) dengan pembebaran lebih kecil daripada beban pada struktur asli (beban rencana) seperti pada Gambar 5.1 dan 5.2.

5.1.1 Perhitungan Massa

Massa adalah berat dibagi dengan percepatan gravitasi, dengan percepatan gravitasi sebesar $g = 9,81 \text{ m/det}^2$, rumus adalah :

$$m = W/g \quad (5.1)$$

dimana m , W , dan g secara berturut-turut adalah massa, berat dan percepatan gravitasi. Dari rumus di atas perhitungan massa dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Perhitungan massa

W	m		
	kg dt ² /m	Pembulatan	kg dt ² /m
45359,2	4623,7717	≈	4700
54431,04	5548,5260	≈	5600
63502,88	6473,2803	≈	6500

5.1.2 Perhitungan Kekakuan Tingkat

Perhitungan kekakuan tingkat menggunakan rumus *chopra* dengan variasi pada perbandingan angka kekakuan balok dan kolom. Pada metode ini kekakuan kolom dan kekakuan balok dihitung tanpa memperhitungkan kekakuan joint. Untuk menghitung kekakuan pada metode ini digunakan rumus sebagai berikut.

$$k = \frac{2.12EI}{h^3} \frac{12\rho+1}{12\rho+4} \quad (5.2)$$

$$\rho = \frac{\sum \frac{I_b}{L_b}}{\sum \frac{I_c}{L_c}} \quad (5.3)$$

Contoh hasil perhitungan untuk struktur 5 lantai pada lantai 5 adalah :

$$\rho = \frac{\sum \frac{I_b}{L_b}}{\sum \frac{I_c}{L_c}} = \frac{\sum \frac{\frac{1}{12} \times 35 \times 70^3}{700}}{\sum 2 \frac{\frac{1}{12} \times 60 \times 60^3}{400}} = 0,265$$

$$k = \frac{2,12EI}{h^3} \frac{12\rho + 1}{12\rho + 4} = 8,1 \times 10^6 \frac{12 \times 0,265 + 1}{12 \times 0,265 + 4} = 4,713677 \times 10^6 \text{ kg/m}$$

Untuk perbandingan digunakan variabel 0, 0.5, 1, 5 dan hasilnya disajikan pada Tabel 5.2 untuk model struktur 5 lantai dan Tabel 5.3 untuk struktur 7 lantai.

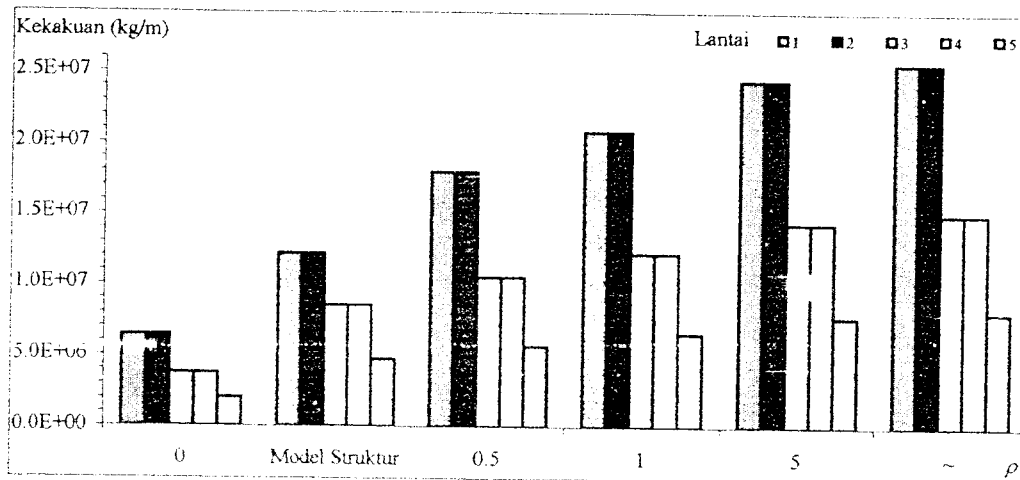
Tabel 5.2 Kekakuan struktur 5 lantai (kg/m)

Tingkat	0	Model Struktur	0,5	1	5	~
1	6400000	12160000	17920000	20800000	24400000	25600000
2	6400000	12160000	17920000	20800000	24400000	25600000
3	3751563	8504874	10504375	12192578	14302832	15006250
4	3751563	8504874	10504375	12192578	14302832	15006250
5	2025000	4713677	5670000	6581250	7720313	8100000

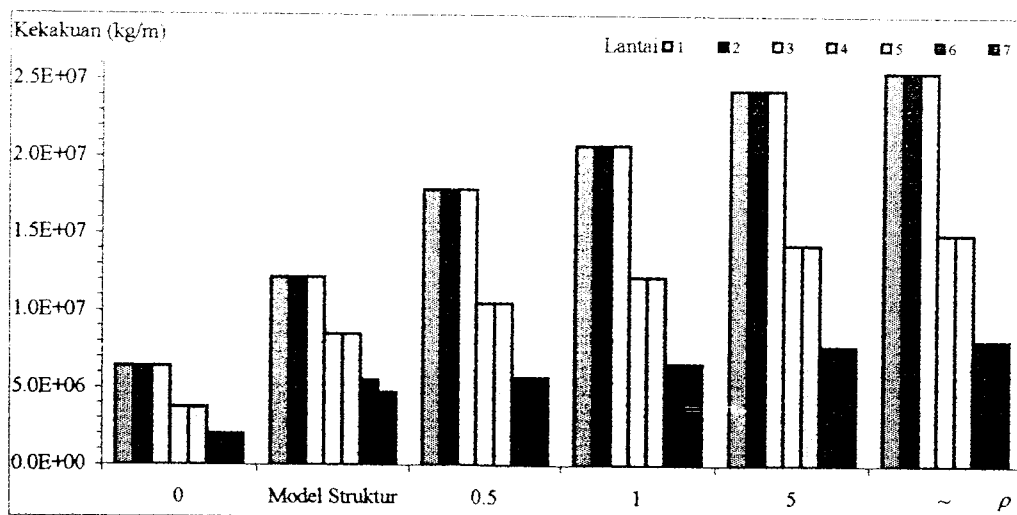
Tabel 5.3 Kekakuan struktur 7 lantai (kg/m)

Tingkat	0	Model Struktur	0,5	1	5	~
1	6400000	12160000	17920000	20800000	24400000	25600000
2	6400000	12160000	17920000	20800000	24400000	25600000
3	6400000	12160000	17920000	20800000	24400000	25600000
4	3751563	8504874	10504375	12192578	14302832	15006250
5	3751563	8504874	10504375	12192578	14302832	15006250
6	2025000	5519831	5670000	6581250	7720313	8100000
7	2025000	4713677	5670000	6581250	7720313	8100000

Untuk grafik dari Tabel 5.2 dan 5.3 disajikan pada Gambar 5.3 dan 5.4.



Gambar 5.3 Nilai Kekakuan Struktur 5 lantai



Gambar 5.4 Nilai Kekakuan Struktur 7 lantai

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

Contoh perhitungan matrik massa dan kekakuan dari struktur 5 lantai untuk $\rho =$

~ adalah :

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_5 \end{bmatrix} \quad (5.5a)$$

$$[M] = \begin{bmatrix} 6500 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5600 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5600 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5600 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4700 \end{bmatrix} \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 & 0 & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2+k_3 & -k_3 & 0 & 0 \\ 0 & -k_3 & k_3+k_4 & -k_4 & 0 \\ 0 & 0 & -k_4 & k_4+k_5 & -k_5 \\ 0 & 0 & 0 & -k_5 & k_5 \end{bmatrix} \quad (5.5b)$$

$$[K] = \begin{bmatrix} 51200000 & -25600000 & 0 & 0 & 0 \\ -25600000 & 40660000 & -15060000 & 0 & 0 \\ 0 & -15060000 & 30120000 & -15060000 & 0 \\ 0 & 0 & -15060000 & 23160000 & -8100000 \\ 0 & 0 & 0 & -8100000 & 8100000 \end{bmatrix} \text{ kg/m}$$

Contoh perhitungan matrik massa dan kekakuan dari struktur 7 lantai untuk $\rho =$

~ adalah :

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_7 \end{bmatrix} \quad (5.6a)$$

$$[M] = \begin{bmatrix} 6500 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5600 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5600 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5600 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5600 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5600 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4700 \end{bmatrix} \text{ kg dt}^2/\text{m}$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2+k_3 & -k_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -k_3 & k_3+k_4 & -k_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -k_4 & k_4+k_5 & -k_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -k_5 & k_5+k_6 & -k_6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -k_6 & k_6+k_7 & -k_7 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -k_7 & k_7 \end{bmatrix} \quad (5.6b)$$

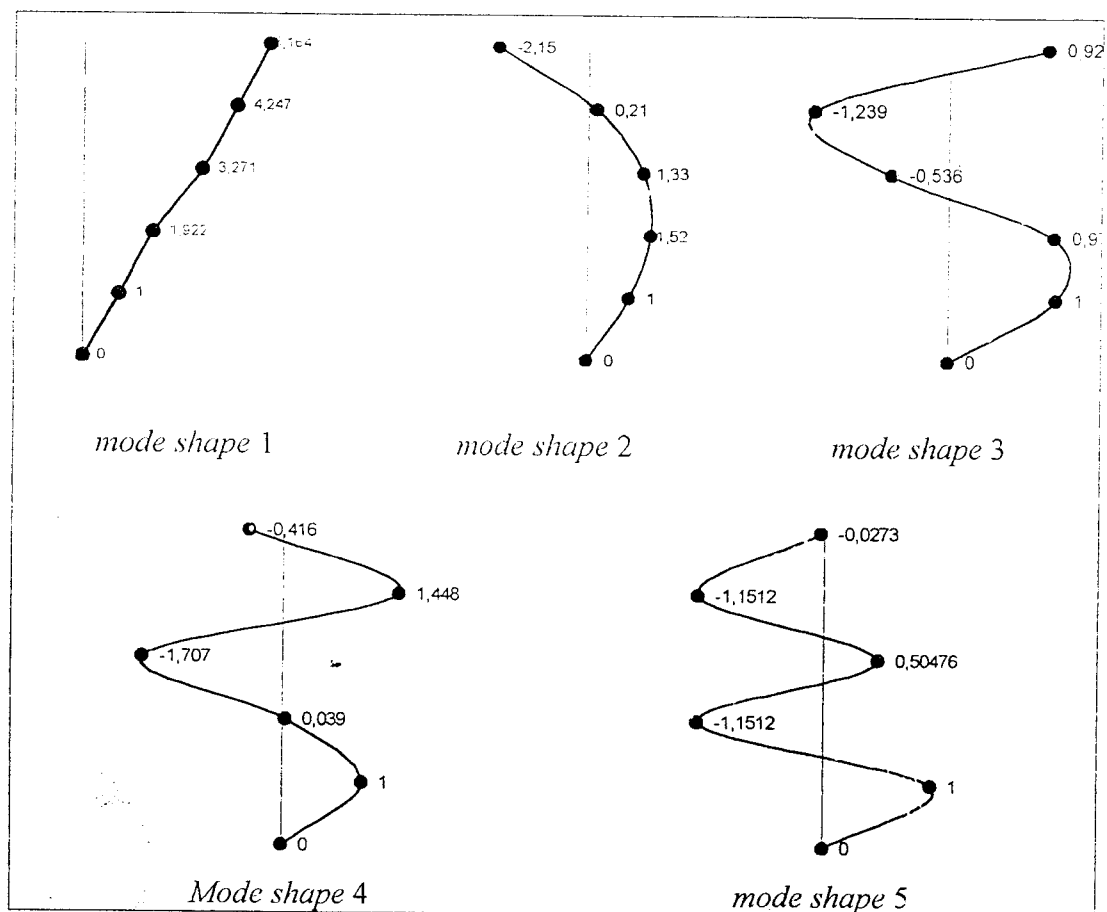
$$[K] = \begin{bmatrix} 51200000 & -25600000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -25600000 & 51200000 & -25600000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -25600000 & 40660000 & -15060000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -15060000 & 30120000 & -15060000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -15060000 & 23160000 & -8100000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -8100000 & 16200000 & -8100000 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -8100000 & 8100000 \end{bmatrix}$$

kg/m

Jika matrik massa dan kekakuan untuk struktur bertingkat 5 dan bertingkat 7 masing-masing disubstitusikan ke persamaan (3.31), diperoleh nilai *mode shapes*. Untuk mendapatkan nilai *mode shape* digunakan program Matlab (Lampiran 1). Matlab adalah suatu program yang banyak dipakai untuk menyelesaikan persoalan matematika yang mempunyai variable yang kompleks, persamaan diferensial dan lainnya. Nilai *mode shape* yang diperoleh untuk struktur bertingkat 5 untuk $\rho =$ ~ adalah sebagai berikut :

$$\varphi_1 = \begin{Bmatrix} 0,1290 \\ 0,2479 \\ 0,4219 \\ 0,5479 \\ 0,6662 \end{Bmatrix}, \varphi_2 = \begin{Bmatrix} 0,3198 \\ 0,4861 \\ 0,4267 \\ 0,0672 \\ -0,6891 \end{Bmatrix}, \varphi_3 = \begin{Bmatrix} 0,4655 \\ 0,4529 \\ -0,2497 \\ -0,5767 \\ 0,4281 \end{Bmatrix}, \varphi_4 = \begin{Bmatrix} 0,4022 \\ 0,0158 \\ -0,6864 \\ 0,5822 \\ -0,1673 \end{Bmatrix}, \varphi_5 = \begin{Bmatrix} 0,6191 \\ -0,7127 \\ 0,3125 \\ -0,7127 \\ 0,0169 \end{Bmatrix}$$

Pola goyangan (*mode shape*) diatas kemudian dinormalisasikan dan digambarkan pada Gambar 5.5



Gambar 5.5. Pola goyangan atau *mode shape*

Nilai mode shape untuk struktur yang lain dapat dilihat di Lampiran 1.

Vektor frekuensi sudut (ω) pada struktur 5 lantai untuk $\rho = \sim$ adalah:



$$\{\omega\} = \begin{Bmatrix} 17,4939 \\ 43,4925 \\ 63,6004 \\ 87,8736 \\ 111,4043 \end{Bmatrix}$$

Modal partisipasi faktor dihitung dengan persamaan,

$$\Gamma_n = \frac{F_n^*(t)}{M_n^*(t)} = \frac{\{\varphi\}_n^T [M] \{1\}}{\{\varphi\}_n^T [M] \{\varphi\}_n}$$

Vektor modal partisipasi faktor dari persamaan diatas adalah:

$$\{\Gamma\} = \begin{Bmatrix} 2,0683 \\ 0,8221 \\ 0,5233 \\ 0,2330 \\ 0,2148 \end{Bmatrix}$$

Dari persamaan (3.48b), didapat hasil:

$$\{a\} = \begin{Bmatrix} 203,4988 \\ 208,6985 \\ 212,7201 \\ 217,5747 \\ 222,2809 \end{Bmatrix} \quad \{b\} = \begin{Bmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{Bmatrix} \quad \{k\} = \begin{Bmatrix} 10480,9755 \\ 12326,5226 \\ 14681,0149 \\ 18600,5056 \\ 26524,9611 \end{Bmatrix}$$

Setelah nilai vektor $\{a\}$, $\{b\}$ dan $\{k\}$ diketahui dan disajikan pada Lampiran 3, maka nilai q_n dapat diselesaikan dan contoh perhitungannya disajikan pada Lampiran 4. Modal amplitudo dihitung dengan mengalikan matrik $[q]_{ni}$ dengan matrik vektor partisipasi mode $\{\Gamma\}$.

$$[z(t)]_n = [q]_{ni} \{\Gamma\}_n \quad (5.7)$$

Contoh hasil perhitungan z dengan analisis dinamik disajikan pada Lampiran 5 dan simpangan dihitung dengan persamaan,

$$y_n(t) = \sum_{n=1}^i \varphi_{ni} \cdot z_n(t) \quad (5.8)$$

Contoh hasil perhitungan simpangan relatif disajikan pada Lampiran 6 dan kemudian disajikan dalam bentuk plot grafik antara simpangan relatif lawan waktu. Gambar plot grafik antara simpangan relatif lawan waktu akibat gempa El Centro disajikan pada Lampiran 7.

5.1.4 Perhitungan Simpangan Antar Tingkat (*Inter-story Drift*)

Simpangan antar tingkat merupakan selisih antara simpangan relatif suatu lantai dengan simpangan relatif lantai dibawahnya pada waktu yang bersamaan. Besarnya nilai simpangan antar tingkat dapat dihitung dengan rumus:

$$\Delta y_n(t) = y_n(t) - y_{n-1}(t) \quad (5.9)$$

dimana, $\Delta y_n(t)$ dan $y_n(t)$ adalah simpangan antar tingkat dan simpangan relatif lantai yang terjadi pada waktu ke- n yang merupakan fungsi dari waktu.

Contoh perhitungan simpangan antar tingkat disajikan pada Lampiran 8 dan kemudian disajikan dalam bentuk plot grafik antara simpangan antar tingkat lawan waktu. Gambar plot grafik simpangan antar tingkat lawan waktu akibat gempa El Centro disajikan pada Lampiran 9.

5.1.5 Perhitungan Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar adalah penjumlahan dari gaya lantai teratas sampai paling bawah tetapi arahnya berlawanan dengan gaya lantai. Gaya geser tingkat ($F_n(t)$) merupakan perkalian antara simpangan antar tingkat ($y_n(t)$) dengan kekakuan (k_n) tiap tingkatnya.

$$F_n(t) = y_n(t) k_n = [M]_n \Gamma_n \phi_n q_n(t) \quad (5.10)$$

Gaya geser dasar (V) dapat dihitung dengan rumus:

$$V_n(t) = -\sum_{n=1}^i F_n(t) \quad (5.11)$$

Contoh perhitungan gaya lantai dan gaya geser dasar disajikan pada Lampiran 10. Hasil perhitungan gaya lantai maksimum akibat gempa El Centro diplot kedalam Lampiran 11.

5.1.6 Perhitungan Momen Guling

Momen guling ($M_n(t)$) merupakan penjumlahan dari perkalian antara gaya lantai ($F_n(t)$) dengan elevasi lantai (h_n) dengan rumus:

$$M_n(t) = \sum_{n=1}^i F_n(t)h_n \quad (5.12)$$

Contoh perhitungan momen guling dari tiap struktur dapat dilihat pada Lampiran 12. Hasil momen guling lantai akibat gempa El Centro disajikan pada Lampiran 13.

5.2 Pembahasan

Suatu beban gempa yang terjadi pada suatu struktur bangunan akan mengakibatkan struktur tersebut akan mengalami penggoyangan. Pola goyangan (*mode shapes*) akibat gempa dari suatu struktur ditentukan dari jumlah tingkat bangunan tersebut. Pola goyangan diurutkan mulai dari yang memiliki kontribusi paling besar terhadap simpangan struktur sampai yang terkecil.

Pada penelitian ini, kami mencoba untuk meneliti pengaruh variasi perbandingan kolom dan balok kekakuan, yang digunakan untuk menghitung kekakuan tingkat dengan menggunakan rumus *chopra*. Penelitian ini dilakukan terhadap dua model bangunan yang berbeda tingginya (5 dan 7 lantai). Struktur

dikenai beban gempa berupa riwayat waktu (*time history*) dari gempa El Centro untuk mendapatkan simpangan, gaya geser dasar serta momen guling.

Sesuai Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung (PPTGIUG 1981) disyaratkan bahwa perbandingan antar simpangan antar tingkat dan tinggi tingkat yang bersangkutan tidak boleh lebih dari 0,005. Syarat tersebut dengan catatan bahwa dalam segala hal simpangan antar tingkat yang terjadi tidak boleh lebih dari 2 cm.

5.2.1 Simpangan Relatif Lantai

Simpangan relatif lantai akan semakin membesar untuk lantai yang semakin tinggi, yang sesuai dengan pola goyangan pada mode pertama.

Tabel 5.4 Simpangan Relatif Maksimum Struktur 5 lantai (m)

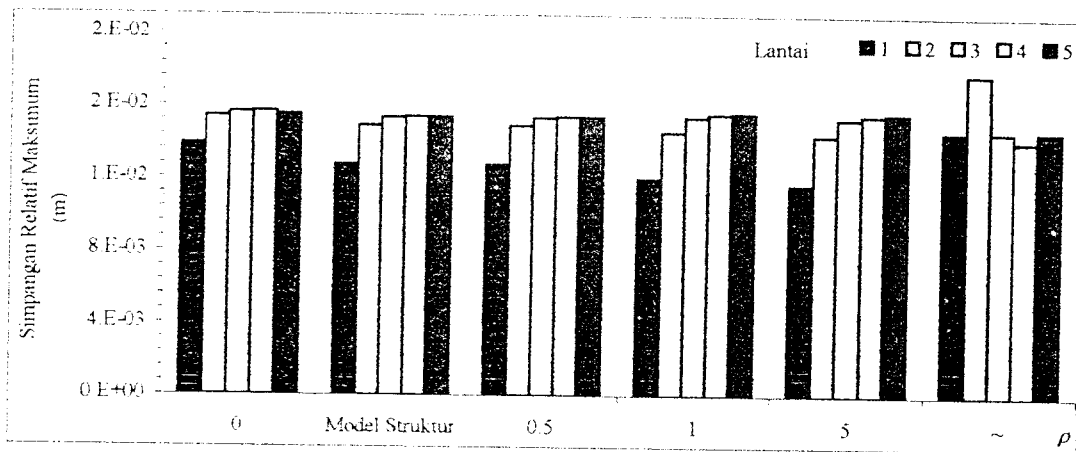
Tingkat	0	Model Struktur	0,5	1	5	~
1	0,013899	0,0127766	0,0127766	0,0120141	0,0116776	0,0146618
2	0,015407	0,0149206	0,0149206	0,0146054	0,0144184	0,0178339
3	0,015568	0,0153718	0,0153718	0,0154333	0,0153605	0,014680
4	0,015713	0,0154334	0,0154334	0,015606	0,0155625	0,0141713
5	0,015539	0,0154211	0,0154211	0,0156643	0,0156538	0,0147194

Tabel 5.5 Simpangan Relatif Maksimum Struktur 7 lantai (m)

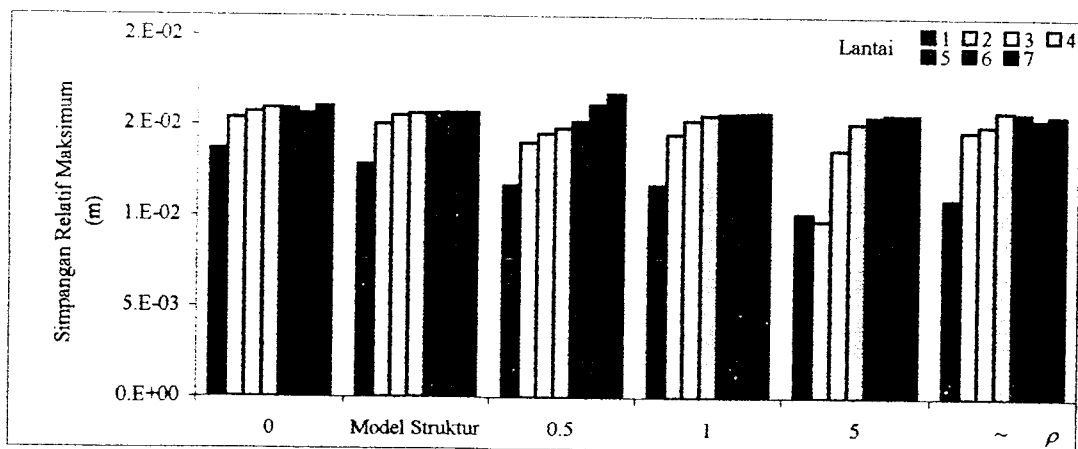
Tingkat	0	Model Struktur	0,5	1	5	~
1	0,013672	0,012844	0,0116571	0,0116972	0,0101470	0,010936
2	0,015389	0,015058	0,0140203	0,0145051	0,0097450	0,014742
3	0,015714	0,015525	0,0145463	0,0152768	0,0136699	0,015024
4	0,015941	0,015663	0,0148362	0,0155747	0,0151594	0,015838
5	0,015901	0,015701	0,0152285	0,0156582	0,0155205	0,015756
6	0,015627	0,015720	0,0161689	0,0156958	0,0156422	0,015378
7	0,016082	0,015730	0,0167729	0,0157039	0,0156200	0,015586

Simpangan relatif lantai diambil yang paling maksimum dari waktu pembebanan pada semua beban gempa terhadap variasi kekakuan tingkat. Nilai simpangan

tertinggi dari simpangan relatif pada struktur 5 lantai dapat dilihat pada Tabel 5.4, sedangkan pada struktur 7 lantai dapat dilihat pada Tabel 5.5. Plot grafik dari Tabel 5.4 dan 5.5 dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan 5.7.



Gambar 5.6 Simpangan Relatif Maksimum Struktur 5 lantai



Gambar 5.7 Simpangan Relatif Maksimum Struktur 7 lantai

Dari Tabel 5.4 dan 5.5 dapat dilihat bahwa baik pada struktur 5 maupun 7 lantai, terjadi nilai simpangan maksimum yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kekakuan akan mempengaruhi nilai simpangan relatif maksimum selain bentuk struktur yang berbeda. Dari Tabel 5.4 dan 5.5 juga dapat dilihat bahwa semakin

besar perbandingan kolom dengan balok pada beberapa lantai ada kecenderungan memperbesar simpangan yang terjadi baik pada struktur 5 lantai maupun 7 lantai. Hasil berbeda dengan diperoleh bila tanpa memperhitungkan kekakuan balok ρ . Adanya nilai simpangan relatif maksimum untuk setiap tingkat yang berbeda diakibatkan karena pembebanan dinamik tidak seperti beban statik yang semakin kaku suatu struktur akan semakin kecil pula simpangannya.

5.2.2 Simpangan Antar Tingkat (*Inter-story Drift*)

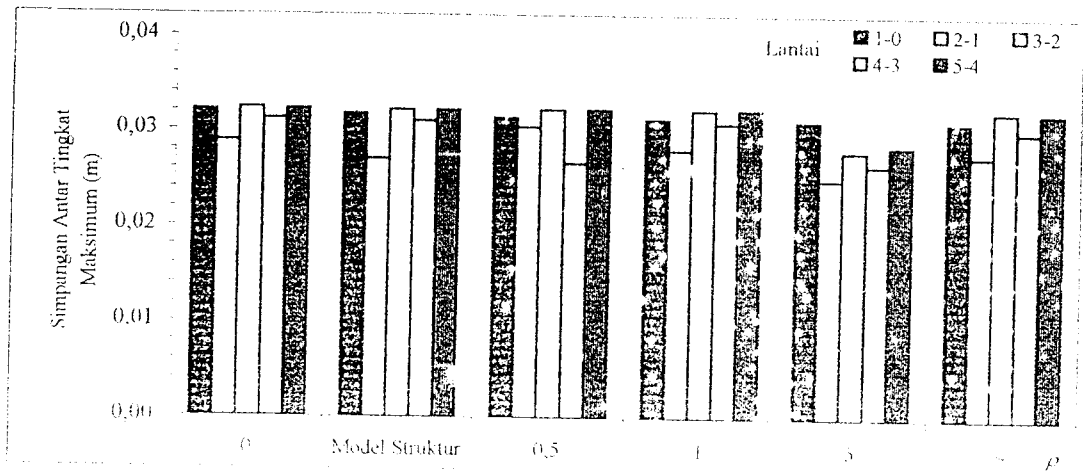
Simpangan antar tingkat merupakan selisih antara simpangan relatif suatu lantai dengan simpangan relatif lantai dibawahnya. Nilai simpangan antar tingkat maksimum dari tiap struktur dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan 5.7. Untuk plot grafik Tabel 5.6 dan 5.7 dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan 5.9.

Tabel 5.6 Simpangan Antar Tingkat Maksimum Struktur 5 lantai (m)

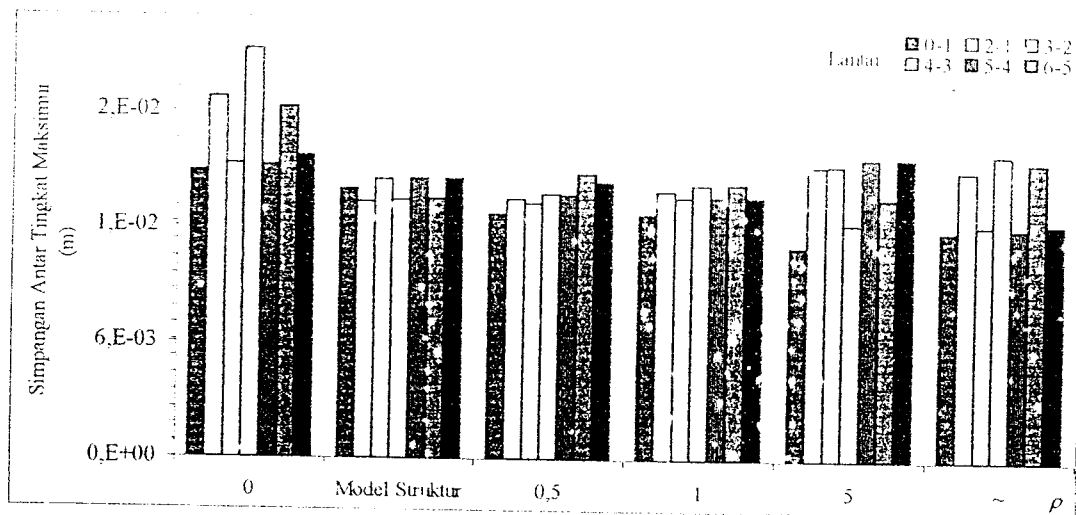
Tingkat	0	Model Struktur	0,5	1	5	~
0-1	0,013899	0,0127766	0,0127766	0,0120141	0,0116776	0,0146618
1-2	0,0167103	0,0167751	0,0167853	0,0168035	0,0132017	0,0168620
2-3	0,0323787	0,0321469	0,0322186	0,0321640	0,0278817	0,0321036
3-4	0,0166653	0,0167135	0,0166126	0,0166016	0,0137104	0,0165808
4-5	0,0322039	0,0321346	0,0322769	0,0322553	0,0284298	0,0320121

Tabel 5.7 Simpangan Antar Tingkat Maksimum Struktur 7 lantai (m)

Tingkat	0	Model Struktur	0,5	1	5	~
0-1	0,013672	0,012844	0,0116571	0,0116972	0,0101470	0,010936
1-2	0,017167	0,0122141	0,0123628	0,0128079	0,014019	0,0138066
2-3	0,0139973	0,0133111	0,0121835	0,0124689	0,0140719	0,0112172
3-4	0,019428	0,0123520	0,0126528	0,0131058	0,011289	0,0146212
4-5	0,0139573	0,0133476	0,0125758	0,0125524	0,0144330	0,0111347
5-6	0,016699	0,0123720	0,0135932	0,0131435	0,012504	0,0142434
6-7	0,0144106	0,0133577	0,0131798	0,0125605	0,0144108	0,0113422



Gambar 5.8 Nilai Simpangan Antar Tingkat Maksimum Struktur 5 Lantai



Gambar 5.9 Nilai Simpangan Antar Tingkat Maksimum Struktur 7 Lantai

Dari Tabel 5.6 dan 5.7 dapat dilihat bahwa pada struktur 7 lantai diperoleh hasil simpangan antar tingkat maksimum yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa pada beban gempa yang sama bila diterapkan pada struktur yang memiliki nilai kekakuan yang berbeda akan menghasilkan nilai simpangan antar tingkat maksimum yang berbeda letak dan nilainya. Secara keseluruhan simpangan antar

tingkat baik pada struktur 5 maupun 7 lantai tersebut masih memenuhi syarat PPTGIUG 1981 dimana nilai perbandingan antara simpangan dengan tinggi tingkat terbesar adalah 0,0036 atau lebih kecil dari 0,005 dan lebih kecil dari 2 cm.

5.2.3 Gaya Geser Dasar

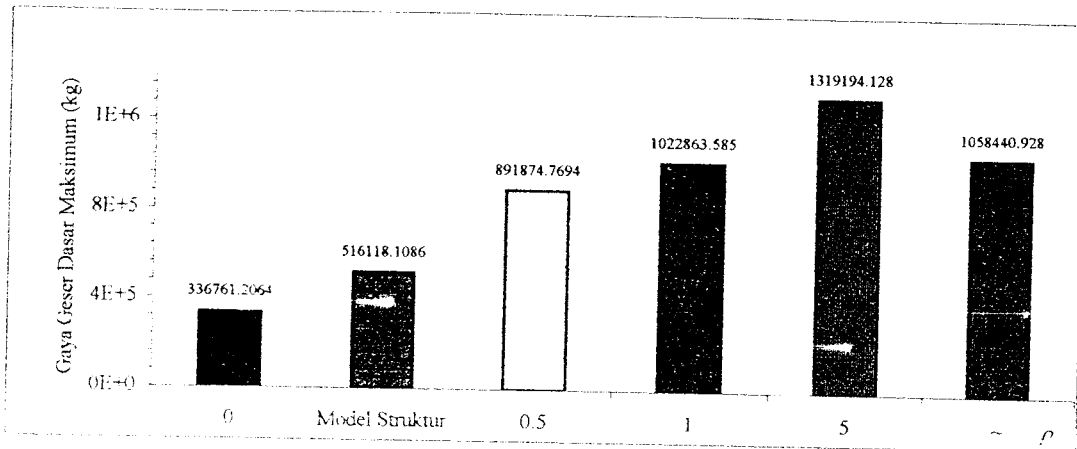
Nilai gaya geser tingkat dipengaruhi oleh simpangan relatif lantai dan kekakuan tingkat. Nilai dari gaya geser tingkat dan gaya geser dasar maksimum tiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.8 Nilai Gaya Geser Tingkat dan Dasar Struktur 5 lantai (kg)

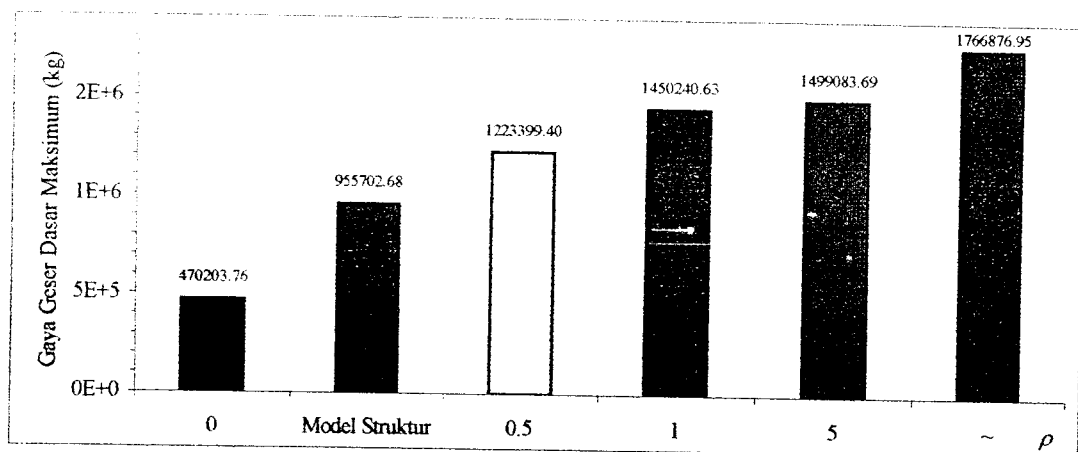
Tingkat	0	Model Struktur	0,5	1	5	~
1	88956,22	155363,62	215292,87	242894,46	357748,59	285747,54
2	98607,22	181433,90	261727,87	299903,22	435146,97	360748,16
3	58781,69	130734,94	162111,72	187290,61	209967,85	228716,15
4	58950,35	131259,33	163925,79	189753,12	202692,64	58235,37
5	31465,72	72689,95	88816,52	103022,19	113638,08	124993,70
ΣF	336761,21	516118,11	891874,77	1022863,59	1319194,13	1058440,93

Tabel 5.9 Nilai Gaya Geser Tingkat dan Dasar Struktur 7 lantai (kg)

Tingkat	0	Model Struktur	0,5	1	5	~
1	87503,38	156177,78	208902,93	243302,24	247587,07	279954,00
2	98490,40	183100,76	251245,01	301706,08	237779,96	377401,73
3	100569,71	188785,55	260670,24	317757,53	333546,18	384609,01
4	59791,27	133212,65	155839,98	189903,06	216825,42	237672,27
5	59641,15	133523,76	159960,61	190920,50	221990,31	236433,17
6	31644,97	86756,92	91677,98	103298,97	120762,97	124562,69
7	32562,87	74145,26	95102,65	103352,24	120591,79	126244,09
ΣF	470203,76	955702,68	1223399,40	1450240,63	1499083,69	1766876,95



Gambar 5.10 Gaya Geser Dasar Maksimum Struktur 5 Lantai



Gambar 5.11 Gaya Geser Dasar Maksimum Struktur 7 Lantai

Hasil nilai dari gaya geser dasar maksimum dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan 5.11. Dari Tabel 5.9 dan 5.10 pada struktur 5 dan 7 lantai baik diperoleh hasil gaya lantai yang berbeda-beda. Sehingga dapat dilihat bahwa nilai gaya geser tingkat berbanding lurus dengan nilai simpangan relatif. Dari hasil diatas ternyata didapat perbedaan bahwa ternyata pada struktur 5 lantai nilai maksimum didapat pada nilai $\rho = 5$, sedangkan pada struktur 7 lantai didapat pada nilai $\rho = \sim$. Hal ini

menunjukkan bahwa semakin kecil nilai kekakuan berpengaruh juga pada gaya geser dasar yang sesuai dengan teori bahwa gaya geser dasar didapat dari penjumlahan gaya geser tingkat yang berlawanan arah sedangkan gaya geser tingkat didapat dari perhitungan simpangan relatif yang dikalikan dengan nilai kekakuan tingkat dari masing-masing struktur.

5.2.4 Momen Guling Lantai

Momen guling dipengaruhi oleh gaya geser tingkat dan elevasi lantai, dimana besarnya momen guling merupakan penjumlahan dari hasil kali antara gaya setiap lantai dengan elevasi lantainya.

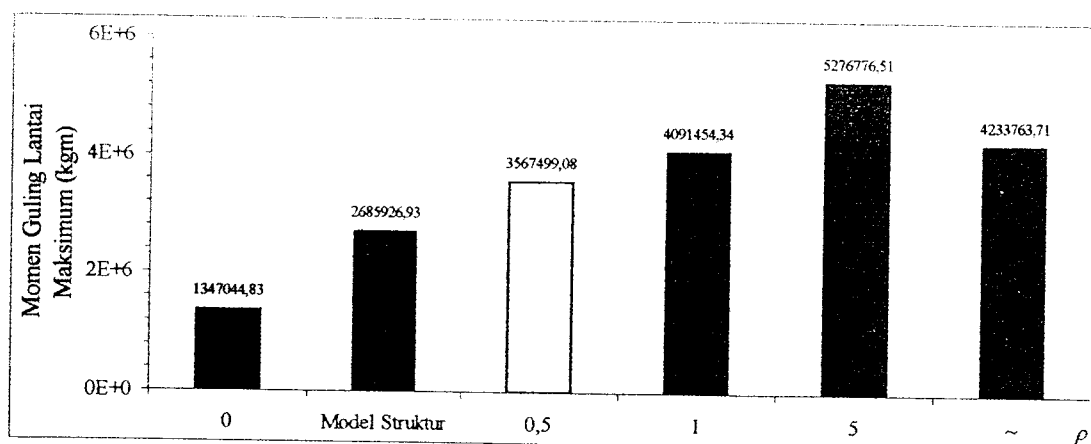
Tabel 5.10 Nilai Momen Lantai dan Momen Guling Struktur 5 lantai (kgm)

Tingkat	0	Model Struktur	0,5	1	5	~
1	355824,89	621454,49	861171,48	971577,83	1430994,34	1142990,17
2	394428,89	725735,60	1046911,50	1199612,86	1740587,86	1442992,63
3	235126,76	522939,75	648446,86	749162,44	839871,41	914864,61
4	235801,41	525037,30	655703,17	759012,46	810770,58	232941,49
5	125862,86	290759,78	355266,07	412088,75	454552,32	499974,81
Σm	1347044,83	2685926,93	3567499,08	4091454,34	5276776,51	4233763,71

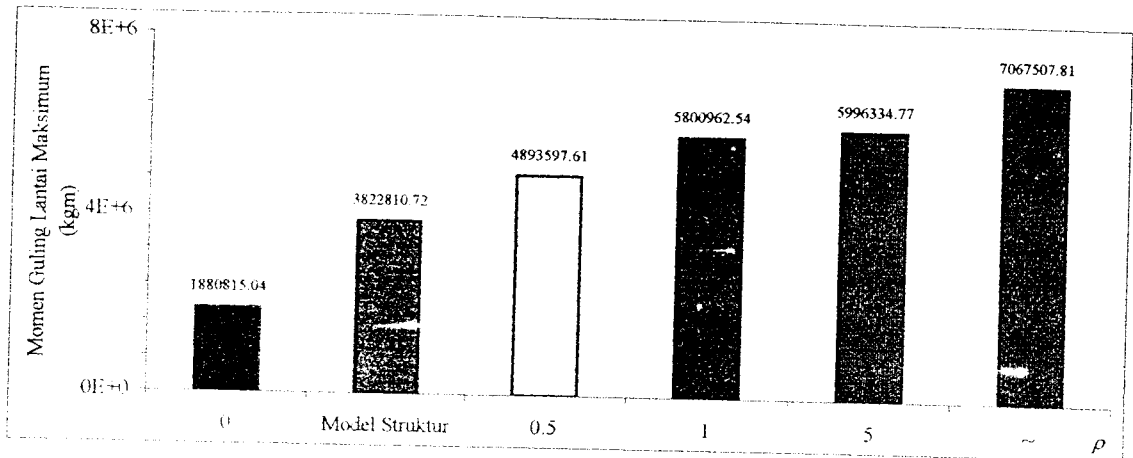
Tabel 5.11 Nilai Momen Lantai dan Momen Guling Struktur 7 lantai (kgm)

Tingkat	0	Model Struktur	0,5	1	5	~
1	350013,53	624711,12	835611,74	973208,97	990348,29	1119815,99
2	393961,60	732403,04	1004980,03	1206824,32	951119,83	1509606,92
3	402278,86	755142,18	1042680,96	1271030,13	1334184,70	1538436,03
4	239165,08	532850,59	623359,91	759612,25	867301,66	950689,08
5	238564,61	534095,04	639842,46	763682,01	887961,26	945732,68
6	126579,87	347027,69	366711,91	413195,90	483051,87	498250,75
7	130251,48	296581,04	380410,60	413408,96	482367,16	504976,36
Σm	1880815,04	3822810,72	4893597,61	5800962,54	5996334,77	7067507,81

Tabel dari nilai momen lantai dan momen guling maksimum dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan 5.11. Grafik dari nilai momen guling maksimum dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan 5.13. Dari Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa baik pada struktur 5 dan 7 lantai baik diperoleh hasil momen lantai yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa nilai momen berbanding lurus dengan nilai simpangan relatif. Dari hasil di atas ternyata didapat perbedaan bahwa ternyata pada struktur 5 lantai nilai maksimum didapat pada nilai $\rho = 5$, sedangkan pada struktur 7 lantai didapat pada nilai $\rho = \sim$. Dari momen lantai didapat nilai momen guling yang besarnya berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai kekakuan berpengaruh juga pada momen guling, karena pada dasarnya momen guling merupakan penjumlahan dari perkalian antara gaya horizontal lantai dengan elevasi lantai.



Gambar 5.12 Momen Guling Lantai Maksimum Struktur 5 Lantai



Gambar 5.13 Momen Guling Lantai Maksimum Struktur 7 Lantai

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian tentang variasi kekakuan dengan variasi ρ menggunakan rumus kekakuan *chopra* dan saran yang dapat diambil dari hasil penelitian numerik adalah sebagai berikut ini.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian numeris tentang pengaruh perubahan kekakuan terhadap simpangan horisontal tingkat, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar, dan momen guling pada model struktur bangunan bertingkat 5 dan 7 dengan menggunakan getaran gempa berupa riwayat waktu (*time history*) dari beban gempa El Centro tahun 1940 sebagai berikut ini.

1. Untuk beberapa model struktur yang mempunyai tinggi yang sama dengan ρ yang berbeda mempunyai pola respon struktur yang cenderung fluktuatif.
2. Pola simpangan antar tingkat maksimum yang terjadi perbedaan dengan pola simpangan relatif maksimum.
3. Terjadi perbedaan pola pada nilai maksimum respon struktur pada model struktur bertingkat 5 dan 7.

4. Besar gaya geser dasar dan momen guling yang terjadi akibat pembebanan dinamik dengan menggunakan getaran gempa berupa riwayat waktu (*time history*) dari beban gempa El Centro tahun 1940, pada model struktur bertingkat 5 akan semakin besar bila ρ bertambah, sedangkan pada model struktur bertingkat 7, gaya geser dasar dan momen guling maksimum terjadi pada $\rho = 5$.
5. Besarnya perubahan respon struktur tidak selalu berbanding lurus dengan besarnya perubahan kekakuan tingkat. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya pengaruh kandungan frekuensi yang dominan yaitu frekuensi gempa.
6. Simpangan struktur terbesar tidak selalu terjadi pada saat percepatan gempa yang tertinggi pula. Hal ini mungkin disebabkan pada struktur tersebut telah terjadi perlemahan kekakuan struktur.

6.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan dari hasil penelitian ini adalah :

1. perlu diadakan penelitian mengenai respon struktur dengan menggunakan metode Muto dalam menghitung kekakuan tingkat,
2. perlu diadakan penelitian serupa dengan memperhitungkan efek *P-delta*,
3. perlu diadakan penelitian serupa dengan menggunakan getaran gempa berupa *response spectrum* dari getaran gempa pada tiap-tiap daerah gempa di Indonesia,
4. perlu diadakan penelitian serupa dengan dimensi struktur yang mempunyai ketinggian yang berbeda (bangunan bertingkat genap),
5. perlu diadakan penelitian serupa dengan struktur yang telah berdiri,

6. perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh kandungan frekuensi terhadap respon struktur dari beban gempa Bucharest, Parkfield, Koyna dan lain-lain, dan
7. perlu diadakan penelitian serupa untuk membandingkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dengan hasil perhitungan menggunakan SAP 90 atau Etabs.

DAFTAR PUSTAKA

- Berg, G.V., 1988, **Elements of Structural Dynamics**, Prentice Hall International edition, Inc.
- Chopra, A. K., 1995, **Dynamic of Structures Theory and Applications to Earthquake Engineering**, Prentice Hall International, Inc.
- Clough, R. W. and J. Penzien, 1993, **Dynamic of Structures**, Second Edition, McGraw-Hill International Editions.
- Hu, Y. X., S.C. Liu. And Dong., 1996, **Earthquake Engineering**, E & FN Spon.
- Paz., M. 1987, **Dinamika Struktur Teori dan Perhitungan**, (Terjemahan), Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Muto, K. dan Wira., 1987, **Analisa Perancangan Gedung Tahan Gempa**, Erlangga, Jakarta.
- Microsoft Corporation (Copyright © 1985-1999), **Microsoft ® Excel 2000**, All Rights Reserved.
- The Math Works, Inc. (Copyright © 1994-1999), **Matlab version 5.3.1.29215a (R11.1)**, All Rights Reserved.
- Famularsih, E. dan H.S. Wirogo ,1999, **Perubahan Kekakuan Terhadap Besarnya Gaya Geser Dalam dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Banyak**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Khoir, A dan Ariffin, 2000, **Analisis Pengaruh Perubahan Kekakuan Tingkat Secara Serentak Terhadap Gaya Geser Dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Banyak Dengan Beban Gempa Berupa Time History**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

- Pramulanto, H. dan Nurianawati, 2000, **Pengaruh Variasi Massa Baliho Terhadap Simpangan, Gaya Geser dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Lima**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia.
- Dedi, D. dan Wicaksono, A., 2000, **Studi Komparasi Dukungan Jepit dan Jepit Fleksibel untuk Analisis Struktur Dinding Geser Kopel Simetris**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Sarwidi, 1999, **Diktat Kuliah Metode Numerik**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Sarwidi, 1999, **Diktat Kuliah Teknik Gempa**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Sarwidi, 2000, **Diktat Analisis Dinamika Struktur**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Vierck, R.K., 1995, **Analisis Getaran**, *Terjemahan oleh Dicky Rezady Munaf*, Refika Offset, Bandung.
- Widodo, 1997, **Diktat Kuliah Teknik Gempa**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Widodo, 1997, **Diktat Kuliah Analisa Dinamika Struktur**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Puskim, 1981, **Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung**, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman (Puskim), DPU, UYJ1981.

LAMPIRAN

Lampiran 1

(Contoh Aplikasi Program Matlab Untuk Struktur 5 Lantai)

Hasil Perhitungan Mode Shapes, Partisipasi Faktor, Frekuensi Sudut, Nilai a, b, dan x, Periode Getar Struktur, dan Frekuensi Struktur dengan Program Matlab Versi 5.3 untuk Bangunan 5 lantai dengan Nilai $\rho = \dots$

*M=[6500,0,0,0,0,0;0,5600,0,0,0,0;0,0,5600,0,0,0,0;0,0,0,4700,0,0;0,0,0,0,4700,0;0,0,0,0,0,4700]

K =

6500	0	0	0	0	0
0	5600	0	0	0	0
0	0	5600	0	0	0
0	0	0	5600	0	0
0	0	0	0	4700	0
0	0	0	0	0	4700

*K=[5.12E+7,0,0,0,0,0;-2.56E+7,0,0,0,0,0;-2.56E+7,0,0,0,0,0;-1.506E+7,0,0,0,0,0;-1.506E+7,0,0,0,0,0;-1.506E+7,0,0,0,0,0;-8.1E+6,0,0,0,0,0;-8.1E+6,0,0,0,0,0;-8.1E+6,0,0,0,0,0]

K =

51200000	-25600000	0	0	0	0
-25600000	40960000	-15060000	0	0	0
0	-15060000	40960000	-15060000	0	0
0	0	-15060000	40960000	-15060000	0
0	0	0	-15060000	40960000	-15060000
0	0	0	0	-8100000	8100000

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

V =

0.6191	0.4022	0.4655	0.3198	0.1290
-0.7127	0.0158	0.4729	0.4861	0.2479
0.3125	-0.6864	-0.2497	0.4219	0.4219
-0.1045	0.5622	-0.7767	0.0672	0.5479
0.0169	-0.1673	0.4081	-0.6891	0.6662

D =

1.0e+004 *

1.2411	0	0	0	0
0	0.7722	0	0	0
0	0	0.4045	0	0
0	0	0	0.1092	0
0	0	0	0	0.0306

* Q1=[0.1290;0.2479;0.4219;0.5479;0.6662]

Q1 =

0.1290
0.2479
0.4219
0.5479
0.6662

* Q2=[0.3198;0.4861;0.4267;0.0672;-0.6891]

Q2 =

0.3198
0.4861
0.4267
0.0672
-0.6891

*M=[6500,0,0,0,0,0;0,5600,0,0,0,0;0,0,5600,0,0,0,0;0,0,0,4700,0,0;0,0,0,0,4700,0;0,0,0,0,0,4700]

K =

6500	0	0	0	0	0
0	5600	0	0	0	0
0	0	5600	0	0	0
0	0	0	5600	0	0
0	0	0	0	4700	0
0	0	0	0	0	4700

*K=[5.12E+7,0,0,0,0,0;-2.56E+7,0,0,0,0,0;-2.56E+7,0,0,0,0,0;-1.506E+7,0,0,0,0,0;-1.506E+7,0,0,0,0,0;-1.506E+7,0,0,0,0,0;-8.1E+6,0,0,0,0,0;-8.1E+6,0,0,0,0,0;-8.1E+6,0,0,0,0,0]

K =

51200000	-25600000	0	0	0	0
-25600000	40960000	-15060000	0	0	0
0	-15060000	40960000	-15060000	0	0
0	0	-15060000	40960000	-15060000	0
0	0	0	-15060000	40960000	-15060000
0	0	0	0	-8100000	8100000

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

V =

0.6191	0.4022	0.4655	0.3198	0.1290
-0.7127	0.0158	0.4729	0.4861	0.2479
0.3125	-0.6864	-0.2497	0.4219	0.4219
-0.1045	0.5622	-0.7767	0.0672	0.5479
0.0169	-0.1673	0.4081	-0.6891	0.6662

D =

1.0e+004 *

1.2411	0	0	0	0
0	0.7722	0	0	0
0	0	0.4045	0	0
0	0	0	0.1092	0
0	0	0	0	0.0306

* Q1=[0.1290;0.2479;0.4219;0.5479;0.6662]

Q1 =

0.1290
0.2479
0.4219
0.5479
0.6662

* Q2=[0.3198;0.4861;0.4267;0.0672;-0.6891]

Q2 =

0.3198
0.4861
0.4267
0.0672
-0.6891

```

> Wn=(Lim(Mn)*Kn)
Wn =
1.0e+004 *
0.0306 0 0 0 0 0
0 0.1892 0 0 0 0
0 0 0.4045 0 0 0
0 0 0 0.7722 0 0
0 0 0 0 1.2411 0

> W=sgfct(Wn)
W =
17.4939 0 0 0 0 0
0 43.4925 0 0 0 0
0 0 63.6004 0 0 0
0 0 0 87.8736 0 0
0 0 0 0 111.4043 0

> T1=(Q1**M+I)/(Q1**M+Q1)
T1 =
2.0483

> T2=(Q2**M+I)/(Q2**M+Q2)
T2 =
0.8221

> T3=(Q3**M+I)/(Q3**M+Q3)
T3 =
0.5233

> T4=(Q4**M+I)/(Q4**M+Q4)
T4 =
0.2330

> T5=(Q5**M+I)/(Q5**M+Q5)
T5 =
0.2143

> U1=T1*Q1
U1 =
0.2668
0.5127
0.8726
1.1332
1.3779

> U2=T2*Q2
U2 =
0.2629
0.3996
0.3508
0.0552
-0.5665

```

```

> Q1=0.002
Q1 =
0.0020
0.0020
-0.0020
-0.0020
0.0020

> Q2=1.1111
Q2 =
0.1111
0.0047
-0.1111
0.1111
-0.0047

> Q3=0.0025
Q3 =
0.1118
-0.1131
0.0071
-0.0025
0.1136

> Q4=2.1111+0.0049i
Q4 =
1.0964
0.0005
0.0049
0.0005
1.0964

```


Lampiran 2

(Contoh Aplikasi Program Matlab Untuk Struktur 7
Lantai)

TUGAS AKHIR

Efek Kekakuan Tingkat Chopra Terhadap Respon Struktur Untuk Bangunan Bertingkat 5 dan 7

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

Nama : Adid 'Aviv Himmawan
No Mhs. : 95 310 045
NIRM : 950051013114120044

Nama : Zuthikmah Anna Purbati
No Mhs. : 95 310 283
NIRM : 950051013114120280

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

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

Tanggal: 25/06/2001

Ir. Helmy Akbar Bale, MT
Dosen Pembimbing II

Tanggal: 25/01/16

* Q4=[0.2416;0.2342;-0.0001;-0.3724]-0.1501*0.7010;-0.4812]

Q4 =

0.2416
0.2342
-0.0001
-0.3724
-0.1501
0.7010
-0.4812

* Q5=[0.5012;0.1561;-0.4077;0.3902];0.517;-0.2075;0.0057]

Q5 =

0.5012
0.1561
-0.4077
-0.3902
0.5170
-0.2075
0.0057

* Q6=[0.4014;-0.1565;-0.4919;0.6023]-0.3189*0.0855;-0.0156]

Q6 =

0.4014
-0.1565
-0.4919
0.6023
-0.3189
0.0855
-0.0156

* Q7=[0.4520;-0.7127;0.4547;-0.1523];0.0517;-0.0049;0.0095]

Q7 =

0.4520
-0.7127
0.4547
-0.1523
0.0517
-0.0049
0.0095

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

I =

1
1
1
1
1
1
1

ans = [0.2416;0.2342;-0.0001;-0.3724]-0.1501*0.7010;-0.4812;
[0.5012;0.1561;-0.4077;0.3902];0.517;-0.2075;0.0057;
[0.4014;-0.1565;-0.4919;0.6023]-0.3189*0.0855;-0.0156;

ans =

0.2416

0.2342

-0.0001

-0.3724

-0.1501

0.7010

-0.4812

0.5012

0.1561

-0.4077

0.3902

0.5170

-0.2075

0.0057

0.4014

-0.1565

-0.4919

0.6023

-0.3189

0.0855

-0.0156

0.4520

-0.7127

0.4547

-0.1523

0.0517

-0.0049

0.0095

» TS= (00*HR11)/(00*W00)

TS =

-1.04%

» TS= (00*HR11)/(00*W00)

TS =

0.00%

» TS= (00*HR11)/(00*W00)

TS =

0.00%

» TS= (00*HR11)/(00*W00)

TS =

0.00%

» TS= (00*HR11)/(00*W00)

TS =

0.00%

» TS= (00*HR11)/(00*W00)

TS =

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

» TS= (00*HR11)/(00*W00)

TS =

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

0.00%

* 0e+01+02+03+04+05+06+07

U =

1.0179
1.0210
0.9965
0.9988
1.0000
1.0010
0.9995

Lampiran 3

(Hasil Perhitungan Nilai a,b dan k)

0

Model	ω	ξ	a	b	k
1	6.3442		200.0000	2.00	10040.2489
2	15.5873	0.05	203.1175	2.00	10398.8369
3	25.1194	0.05	205.0239	2.00	10882.1783
4	32.4846	0.05	206.4969	2.00	11380.0952
5	40.5533	0.05	208.1107	2.00	12050.1031
6	47.7609	0.05	209.5522	2.00	12758.7126
7	60.8903	0.05	212.1781	2.00	14316.5316

Model	ω	ξ	a	b	k
1	8.7469	0.05	201.7494	2.00	10163.9773
2	21.7462	0.05	204.3492	2.00	10690.3592
3	31.8002	0.05	206.3600	2.00	11329.2547
4	43.9368	0.05	208.7874	2.00	12369.8104
5	55.7022	0.05	211.1404	2.00	13659.7571

Merode Chapra

Model	ω	ξ	a	b	k
1	9.2045	0.05	201.8409	2.00	10176.7678
2	23.5541	0.05	204.7108	2.00	10790.3366
3	37.314	0.05	207.4628	2.00	11765.4746
4	49.5662	0.05	209.9132	2.00	12952.4702
5	59.5732	0.05	211.9146	2.00	14144.6982
6	70.2299	0.05	214.0460	2.00	15634.5379
7	84.7241	0.05	216.9448	2.00	18025.4141

Model	ω	ξ	a	b	k
1	12.5783	0.05	202.5157	2.00	10283.9966
2	31.9673	0.05	206.3935	2.00	11341.5813
3	47.091	0.05	209.4182	2.00	12688.4723
4	64.8809	0.05	212.9762	2.00	14858.3402
5	78.8968	0.05	215.7794	2.00	17013.6731

0.5

Model	ω	ξ	a	b	k
1	10.5945	0.05	202.1189	2.00	10218.1884
2	27.9677	0.05	205.5935	2.00	11061.8692
3	41.9979	0.05	208.3996	2.00	12183.8026
4	54.3434	0.05	210.8687	2.00	13496.6391
5	67.8103	0.05	213.5621	2.00	15276.3398
6	79.8289	0.05	215.9658	2.00	17170.9423
7	101.873	0.05	220.3746	2.00	21396.8381

Model	ω	ξ	a	b	k
1	14.6249	0.05	202.9250	2.00	10360.1367
2	36.3732	0.05	207.2750	2.00	11686.9072
3	53.1738	0.05	210.6348	2.00	13359.1910
4	73.4252	0.05	214.6850	2.00	16125.5120
5	93.1656	0.05	218.6331	2.00	19611.4850

1

Model	ω	ξ	a	b	k
1	11.4205	0.05	202.2831	2.00	10244.6328
2	28.0949	0.05	205.6190	2.00	11070.2724
3	45.249	0.05	209.0498	2.00	12499.9620
4	58.5488	0.05	211.7098	2.00	14013.4500
5	73.0593	0.05	214.6119	2.00	16068.2543
6	86.0114	0.05	217.2023	2.00	18258.0749
7	109.7552	0.05	221.9510	2.00	23143.7559

Model

Model	ω	ξ	a	b	k
1	15.7519	0.05	203.1504	2.00	10405.6414
2	39.1897	0.05	207.8379	2.00	11927.7296
3	57.2856	0.05	211.4571	2.00	13854.4960
4	79.1082	0.05	215.8216	2.00	17049.1893
5	100.3732	0.05	220.0746	2.00	21078.5113

5

Model	ω	ξ	a	b	k
1	14.2870	0.05	202.8574	2.00	10346.9884
2	35.9079	0.05	207.1816	2.00	11648.4503
3	57.5562	0.05	211.5112	2.00	13888.2782
4	67.4217	0.05	213.4843	2.00	15219.9026
5	80.3337	0.05	216.0667	2.00	17256.8404
6	93.8134	0.05	218.7627	2.00	19739.0880
7	115.3692	0.05	227.0738	2.00	29678.5123

Model

Model	ω	ξ	a	b	k
1	18.1535	0.05	203.6307	2.00	10511.0846
2	42.4919	0.05	208.4984	2.00	12230.4806
3	66.5701	0.05	213.3140	2.00	15097.2792
4	89.6761	0.05	217.9352	2.00	18938.5639
5	118.744	0.05	223.7488	2.00	25287.5775

Mofetil	m	ξ	a	h	k
1	12.8406	0.05	202.5681	2.00	10293.2870
2	31.4651	0.05	206.2930	2.00	11304.7035
3	50.3955	0.05	210.0791	2.00	13043.6614
4	64.9692	0.05	212.9938	2.00	14870.6889
5	81.0637	0.05	216.2127	2.00	17381.9605
6	95.5633	0.05	219.1127	2.00	20087.9773
7	121.6213	0.05	224.3243	2.00	26007.9536

Mofetil	m	ξ	a	h	k
1	17.4939	0.05	203.4988	2.00	10480.9755
2	43.4925	0.05	208.6985	2.00	12326.5226
3	63.6004	0.05	212.7201	2.00	14681.0149
4	87.8736	0.05	217.5747	2.00	18600.5056
5	111.4043	0.05	222.2809	2.00	23524.9611

Lampiran 4

(Contoh Perhitungan Nilai q)

Lampiran 5

(Contoh Perhitungan Modal Amplitudo Z)

Perhitungan Modal Amplitudo (Chopra 5. lamina)

t_n	$Z_1 = \Gamma_1 x_1$	$Z_2 = \Gamma_2 x_2$	$Z_3 = \Gamma_3 x_3$	$Z_4 = \Gamma_4 x_4$	$Z_5 = \Gamma_5 x_5$
0.00	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
0.02	-0.000302284	-0.000101496	-0.000042676	-0.000021399	-0.000016140
0.04	-0.000092168	-0.000026316	-0.000011253	-0.000006320	-0.000003799
0.06	0.000313515	0.000107105	0.000057607	0.000023433	0.000018962
0.08	0.000061533	0.000206647	0.000109382	0.000045660	0.000035156
0.10	0.000391274	0.000128630	0.000066440	0.000026130	0.000016140
0.12	-0.000130835	-0.000064177	-0.000031769	-0.000017994	-0.000013799
0.14	-0.000491414	-0.000162162	-0.000084170	-0.000042476	-0.000025913
0.16	-0.000225458	-0.000070928	-0.000033771	-0.000012368	-0.000008374
0.18	0.000416667	0.000142921	0.000077247	0.000032951	0.000025693
0.20	0.000854750	0.000286047	0.000150777	0.000062588	0.000047963
0.22	0.000508710	0.000166555	0.000085677	0.000034461	0.000025710
0.24	-0.000308740	-0.000104678	-0.000055799	-0.000023366	-0.000017960
0.26	-0.000116032	-0.000032431	-0.000013348	-0.000007380	-0.000004609
0.28	-0.00017092	-0.000039188	-0.000020225	-0.000009866	-0.000007038
0.30	-0.000286847	-0.000091096	-0.000046126	-0.000018694	-0.000013050
0.32	-0.000016594	-0.000001627	-0.000001243	-0.000001474	-0.000001585
0.34	0.000360965	0.000123096	0.000066613	0.000028160	0.000021302
0.36	0.000824461	0.000277229	0.000146916	0.000061323	0.000047458
0.38	0.001238945	0.000413702	0.000217545	0.000096037	0.000068879
0.40	-0.000274844	-0.000101872	-0.000059410	-0.000027662	-0.000022921
0.42	-0.002709738	-0.000906497	-0.003772200	-0.000197423	-0.001307354
0.44	-0.0001912912	-0.000018166	-0.000031312	-0.000012364	-0.000009581
0.46	-0.000102897	-0.000024854	-0.000009375	-0.000002180	-0.000001986
0.48	0.000137778	0.000041744	0.000022968	0.000009351	0.000007153
0.50	0.012691079	0.004301975	0.002299924	0.000971527	0.007542448
0.52	0.007731144	0.002464470	0.001224466	0.000467229	0.003333832
0.54	0.003355138	0.000118954	0.000069814	0.000037427	0.000036373
0.56	0.003989891	0.001336507	0.000723050	0.000300812	0.002284944
0.58	-0.000259972	-0.000128709	-0.000092551	-0.000049576	-0.000028146
0.60	0.000206664	0.000115528	0.000059963	0.000092214	0.000776152
0.62	0.000193763	0.000043567	0.000007848	-0.000003943	-0.000001923
0.64	0.000691886	0.000178500	0.000109853	0.000054669	0.000080386
0.66	-0.000791216	-0.000275633	-0.000154504	-0.000070575	-0.000088662
0.68	-0.002288050	-0.00071877	-0.000386323	-0.000153461	-0.001125605
0.70	-0.003648318	-0.001212257	-0.000635897	-0.000263836	-0.002023210
0.72	0.027916411	0.009470421	0.006601890	0.002310280	0.016231880
0.74	-0.047164811	-0.019110470	-0.010019201	-0.004127761	-0.014441400
0.76	-0.018441520	-0.005370867	-0.002766787	-0.001017698	-0.000796027
0.78	0.00340675	0.001113803	0.000529540	0.000179613	0.001089663
0.80	-0.007054332	-0.002402945	-0.001284210	-0.000530736	-0.001092586
0.82	-0.000173201	-0.000032261	-0.000034983	-0.000041963	-0.0000281210

0.84	-0.000010123	-0.000122956	-0.000258969	-0.000316622	-0.000270774
0.86	-0.002266129	-0.006713345	-0.000415885	-0.000126386	-0.0000671491
0.88	0.000116234	0.00134698	-0.000781773	-0.000043467	-0.000238373
0.89	0.000511363	0.004148131	-0.000098131	-0.000060949	-0.0002681210
0.90	0.000621332	0.002271998	-0.000208507	-0.000050968	-0.0000991042
0.91	0.000270635	0.000497364	-0.000125829	-0.000051139	-0.0001312721
0.92	0.000230635	-0.00233365	-0.000125829	-0.0000520629	-0.000060923
0.93	-0.000550123	-0.001873777	-0.000096628	-0.0000395529	-0.000208703
0.94	0.000358917	0.000262929	-0.000273516	-0.000021075	-0.0002496942
0.95	0.000056669	0.000133978	0.0000701970	0.0000292807	-0.0002353401
0.96	0.000121907	0.000421188	-0.000056783	-0.0000317300	-0.0002455271
0.97	-0.002666828	-0.009873724	-0.0000159566	-0.0000189275	-0.0001331697
0.98	0.000033837	-0.000174167	-0.0000109270	-0.0000066699	-0.0000382563
0.99	0.000166192	0.000013691	0.0000219688	0.0000066374	0.000062553
1.00	0.000334664	0.000199132	0.0000560669	0.0000225192	0.000168174
1.01	0.000238094	0.000171181	0.0000886610	0.0000359678	0.002706205
1.02	0.000161724	0.000235927	0.0000219688	0.0000495496	0.000376150
1.03	0.000953386	0.002298269	0.0001516751	0.0000629589	0.000457417
1.04	0.000051119	0.001976303	0.0000987648	0.0000389511	0.002870381
1.05	0.00037837	0.000202551	0.0000081989	0.000022644	0.000169964
1.06	-0.002268802	-0.001126300	-0.0000607648	-0.0000258580	-0.0002017654
1.07	-0.007975545	-0.002658823	-0.0001424175	-0.0000504830	-0.000575465
1.08	-0.012282196	-0.004103069	-0.0002158407	-0.0000802921	-0.000692703
1.09	-0.014208832	-0.006559615	-0.0002937951	-0.0001214572	-0.000927926
1.10	-0.008722161	-0.002899681	-0.0001507512	-0.0000618734	-0.000408683
1.11	0.000818151	0.000016798	0.0000501113	0.000025947	0.000197070
1.12	0.000082876	0.000001698	0.0000578075	-0.000052369	-0.00008151
1.13	-0.000986921	-0.002734	-0.0001601088	-0.0000665735	-0.000100598
1.14	-0.000757413	-0.002932951	-0.0001536191	-0.0000602734	-0.0005056113
1.15	-0.000897092	-0.003110063	-0.0001589228	-0.000060301	-0.000506278
1.16	0.000279643	0.000311333	-0.0001641889	-0.0000681765	-0.0005227166
1.17	-0.001740135	-0.003493287	-0.0002087602	-0.0000870136	-0.000606951
1.18	-0.008666976	-0.002875956	-0.000109368	-0.0000612746	-0.0004636480
1.19	-0.001959136	-0.0006659852	-0.000356182	-0.000147217	-0.000143592
1.20	0.002776687	0.000892115	0.000458648	0.0000594663	0.0004496732
1.21	0.008515948	0.002080841	0.0001458648	0.0000594663	0.0004496732
1.22	0.01461136	0.003438170	0.0002338924	0.0000919012	0.000161957
1.23	0.014107727	0.00051341	0.0003985110	0.000112190	0.00169136
1.24	0.021456478	0.00001225	0.000181297	0.000107580	0.012922923
1.25	0.021064055	0.000791507	0.000695840	0.001459108	0.012521471
1.26	0.021107970	0.006913101	0.003591198	0.001459108	0.011008095
1.27	0.019481687	0.006451129	0.003346321	0.001361266	0.0101278029
1.28	0.017312137	0.005691162	0.002946150	0.001195682	0.009000212

Lampiran 6

(Contoh Hasil Perhitungan Simpangan Relatif)

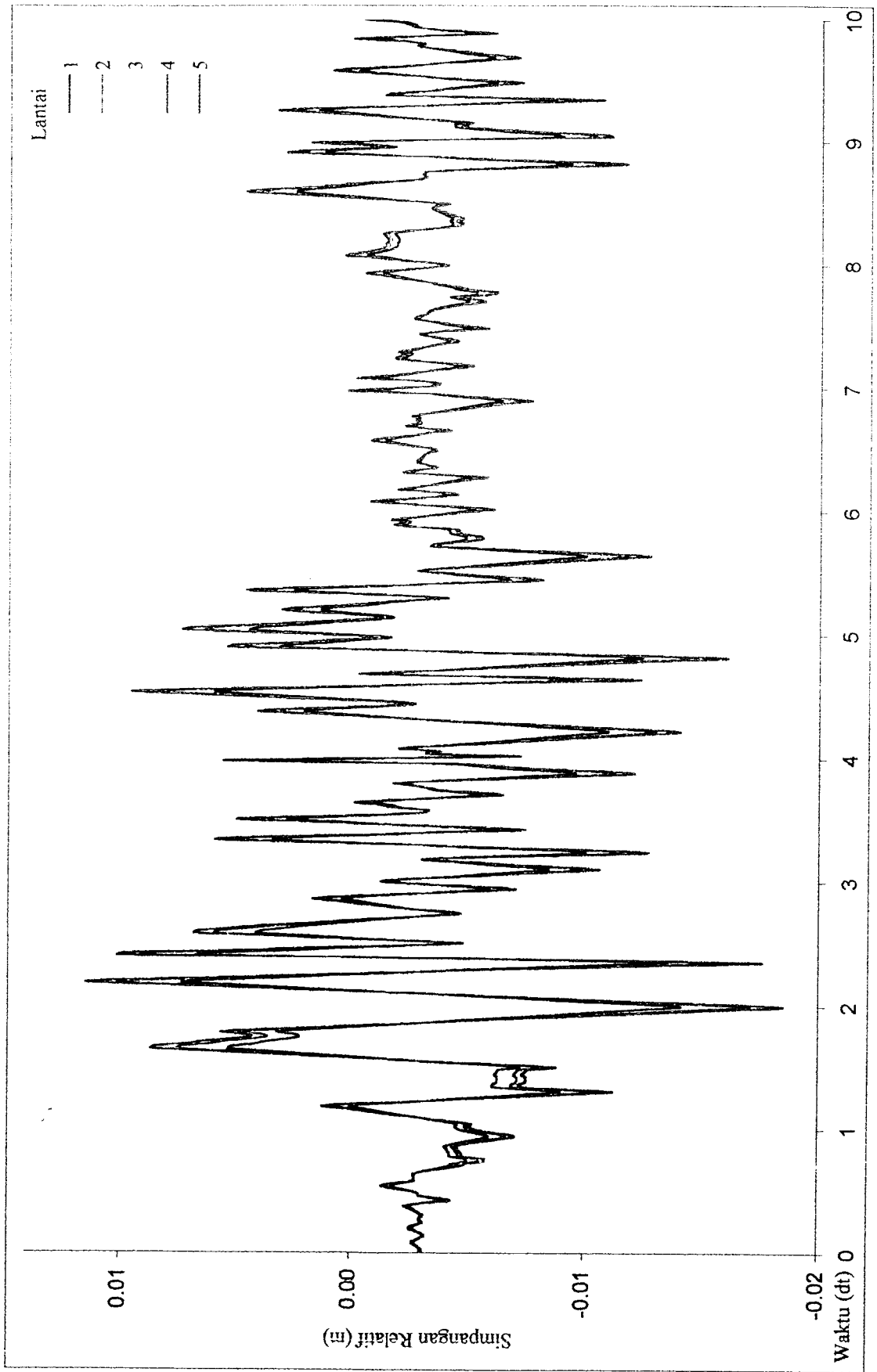
Perhitungan Simpangan Relatif (Shear Building 5 Intai)

f_n	$y_1 = \sum_{j=1}^n \Delta y_j XZ_j$	$y_2 = \sum_{j=1}^n \Delta y_j XZ_j$	$y_3 = \sum_{j=1}^n \Delta y_j XZ_j$	$y_4 = \sum_{j=1}^n \Delta y_j XZ_j$	$y_5 = \sum_{j=1}^n \Delta y_j XZ_j$
0,00	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
0,02	-0,000113116	-0,000164921	-0,000171388	-0,0001994312	-0,000216622
0,04	-0,000020283	-0,000076055	-0,000051780	-0,000040704	-0,000038032
0,06	0,000232747	0,000169959	0,000174565	0,000166795	0,000126566
0,08	0,000431277	0,000321617	0,000312865	0,000298795	0,000250996
0,10	-0,000049395	-0,000070788	-0,000072919	-0,000093656	-0,000158795
0,12	-0,000189781	-0,000265344	-0,000274077	-0,000318662	-0,000352879
0,14	-0,000755599	-0,000319022	-0,000326132	-0,000391791	-0,000499197
0,16	0,000162177	0,000225997	0,000231818	0,000256981	0,000266583
0,20	0,000321455	0,000469226	0,000476372	0,000526081	0,000546130
0,24	-0,000117870	-0,000167932	-0,000171960	-0,0001993231	-0,000214747
0,26	-0,000032653	-0,000059945	-0,000065269	-0,000083969	-0,000097973
0,28	-0,000094778	-0,000162780	-0,0001665104	-0,000187510	-0,000197500
0,30	-0,000099975	-0,000150190	-0,000156841	-0,00018087269	-0,000184087
0,32	-0,000000152	-0,000006986	-0,000009560	-0,000012666	-0,000014830
0,34	0,000032194	0,000146636	0,000149350	0,000160718	0,000163635
0,36	0,000064410	0,000266682	0,0002690574	0,000277516	0,000281852
0,40	-0,000120234	-0,000152348	-0,000152263	-0,000169779	-0,000169779
0,42	-0,0001017001	-0,000145917	-0,000151614	-0,00016992198	-0,000169779
0,44	-0,0000682191	-0,0001020128	-0,0001068083	-0,00010591951	-0,00010778105
0,46	-0,000002602	-0,0000569929	-0,000057862	-0,000056692	-0,000056692
0,48	0,000050092	0,000073350	0,000076863	0,000082634	0,000083337
0,50	0,0000867056	0,000157637	0,000167571	0,000182968	0,000191031
0,52	0,000268753	0,000312652	0,000321012	0,000345644	0,000348231
0,54	0,000156213	0,000181525	0,000195780	0,000204275	0,000206988
0,56	-0,000164431	-0,000157862	-0,000135466	-0,000103359	-0,0001010359
0,60	0,0000379700	0,000046060	0,000045287	0,0000225231	0,0000206493
0,62	0,000029311	0,000009692	0,000011305	0,0000072919	0,0000060341
0,64	0,000220745	0,000259159	0,000258674	0,000238835	0,000187716
0,66	-0,0000324610	-0,0000427801	-0,0000439003	-0,0000232937	-0,0000329093
0,68	-0,0000829690	-0,0001228530	-0,0001276772	-0,0001053567	-0,0000927924
0,70	-0,0001363884	-0,000195972	-0,0002033534	-0,000114171	-0,0001479730
0,72	-0,00010629123	-0,00015067550	-0,00015550424	-0,0001488399	-0,0001292887
0,74	-0,0002412134	-0,000353819	-0,0003597894	-0,0003241943	-0,0002821943
0,76	0,000106167	0,000118849	0,000119701	0,000127796	0,000138877
0,78	0,0001061205	0,0001091177	0,0001098083	0,0001127781	0,0001137627
0,80	-0,000269386	-0,000386343	-0,0003931254	-0,000325306	-0,0002842343
0,82	-0,000311718	-0,000492316	-0,000466384	-0,000403571	-0,000381571

0,84	-0,000633380	-0,0008212129	-0,0008236299	-0,0008189619	-0,000825768
0,86	-0,000766518	-0,0012025800	-0,001210394	-0,001218664	-0,00122683
0,88	-0,001621661	-0,002345680	-0,002349917	-0,002353933	-0,002357883
0,90	-0,001922271	-0,002819292	-0,00282522	-0,002830846	-0,002836407
0,92	0,000530748	0,000633233	0,000637946	0,000642659	0,000647381
0,94	0,000598319	0,000718621	0,00072333	0,000728042	0,000732755
0,96	0,000718517	0,00082902	0,00083373	0,00083844	0,00084315
0,98	0,000936891	0,000987972	0,000992685	0,000997398	0,001002111
1,00	0,001061817	0,00118053	0,00118524	0,00119000	0,00119471
1,02	0,001195681	0,001316730	0,00132144	0,00132615	0,00133086
1,04	0,001369623	0,00147753	0,00148224	0,00148695	0,00149166
1,06	0,00156973	0,0016652	0,0016700	0,0016747	0,0016795
1,08	-0,00010652	-0,0002673	-0,0002720	-0,0002767	-0,0002814
1,10	0,000182267	0,0002383	0,0002430	0,0002477	0,0002524
1,12	0,00023112	0,00028708	0,0002918	0,0002965	0,0003012
1,14	0,00029119	0,000352113	0,0003568	0,0003615	0,0003662
1,16	0,000367862	0,000438081	0,0004428	0,0004475	0,0004522
1,18	0,000432935	0,000535113	0,0005398	0,0005445	0,0005492
1,20	0,000515322	0,000521381	0,0005261	0,0005308	0,0005355
1,22	0,000597943	0,000538573	0,0005433	0,0005480	0,0005527
1,24	-0,000259185	-0,000178988	-0,0001837	-0,0001884	-0,0001931
1,26	-0,0003424285	-0,000303386	-0,0003081	-0,0003128	-0,0003175
1,28	-0,000469304	-0,0004661690	-0,0004709	-0,0004756	-0,0004803
1,30	0,000577062	0,000601520	0,0006063	0,0006110	0,0006157
1,32	-0,000570367	-0,000673106	-0,0006779	-0,0006826	-0,0006873
1,34	-0,000325199	-0,00068281	-0,0006876	-0,0006923	-0,0006970
1,36	-0,000319260	-0,000555560	-0,0005603	-0,0005650	-0,0005697
1,38	-0,000336730	-0,000383632	-0,0003884	-0,0003931	-0,0003978
1,40	-0,000318216	-0,000400717	-0,0004055	-0,0004102	-0,0004149
1,42	-0,000319159	0,000088205	0,0000930	0,0000977	0,0001024
1,44	-0,0003295070	-0,000471768	-0,0004765	-0,0004812	-0,0004859
1,46	-0,0003383046	-0,000483654	-0,0004884	-0,0004931	-0,0004978
1,48	-0,0003496382	-0,000500020	-0,0005048	-0,0005095	-0,0005142
1,50	-0,000343959	-0,000430519	-0,0004353	-0,0004400	-0,0004447
1,52	-0,000421826	-0,000468419	-0,0004732	-0,0004779	-0,0004826
1,54	-0,000345652	0,000196923	0,0002017	0,0002064	0,0002111
1,56	0,000098204	0,000155667	0,0001604	0,0001651	0,0001698
1,58	0,0003136386	0,000366213	0,0003710	0,0003757	0,0003804
1,60	0,000576883	0,000525105	0,0005299	0,0005346	0,0005393
1,62	0,000898803	0,000406653	0,0004114	0,0004161	0,0004208
1,64	0,00083377	0,000397629	0,0004024	0,0004071	0,0004118
1,66	0,000810667	0,00039627	0,0004009	0,0004046	0,0004083
1,68	0,000713016	0,000310861	0,0003156	0,0003203	0,0003250
1,70	0,000720313	0,000290313	0,0002951	0,0002998	0,0003045
1,72	0,00063063	0,000255318	0,0002601	0,0002648	0,0002695

Lampiran 7

(Contoh Gambar Plot Antara Simpangan Relatif Terhadap Waktu Akibat Gempa El Centro)



Lampiran 8

(Contoh Hasil Perhitungan Simpangan Antar Tingkat)

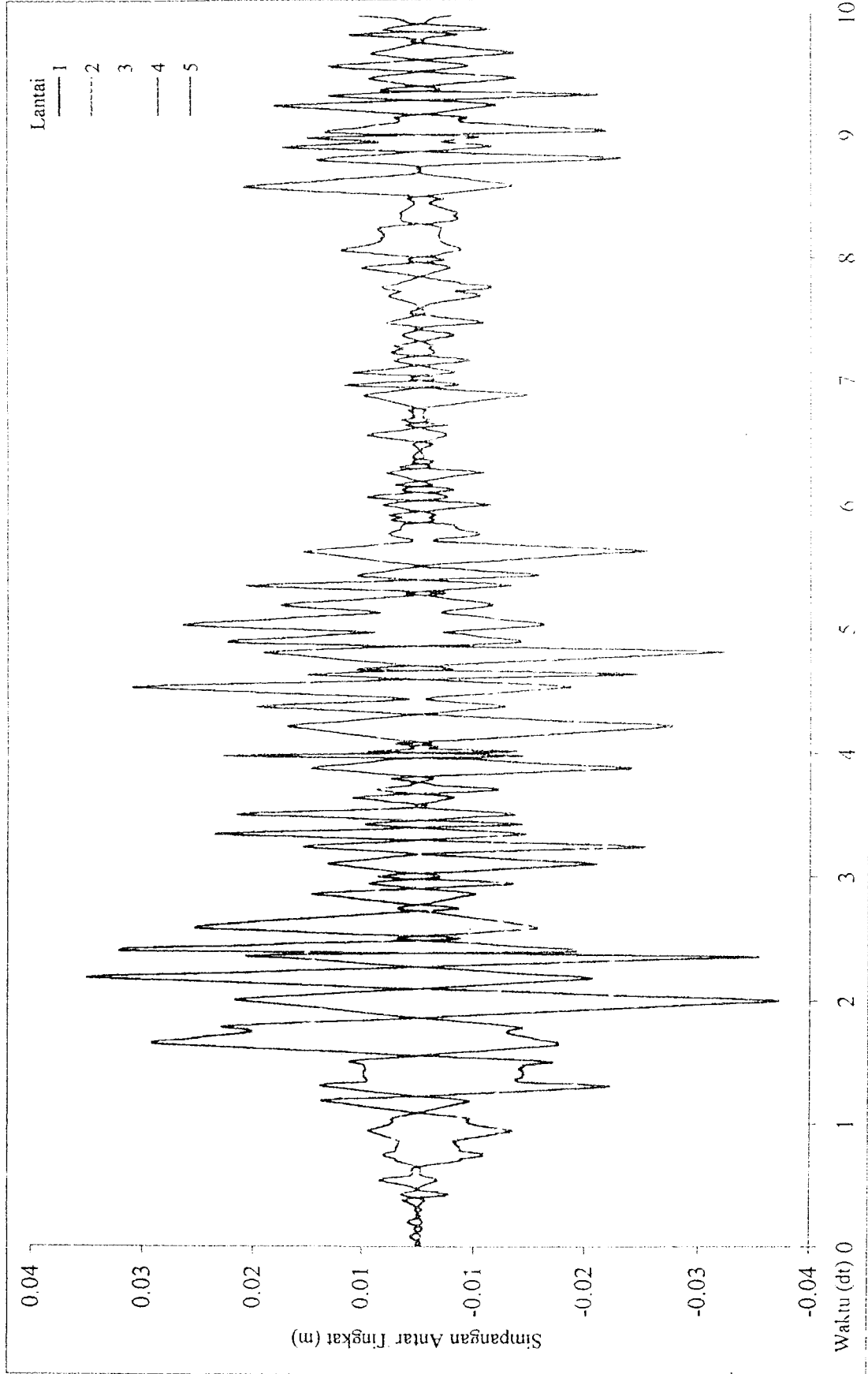
Perhitungan Simpangan Antur-Tingkat (Chopra 5 Iniani)

t_n	Δy_1	Δy_2	Δy_3	Δy_4	Δy_5
0,00	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,02	-0,000210610	0,000141748	-0,000374975	0,000294740	-0,000410988
0,04	-0,000398599	0,000099933	-0,000598351	0,000602715	-0,000625660
0,06	0,000235437	-0,000179275	0,000427692	-0,000351826	0,000469230
0,08	0,000446614	-0,000323216	0,000802117	-0,000647954	0,000888166
0,10	-0,000265016	-0,000175252	0,000470638	-0,000367532	0,000515662
0,12	-0,000099414	0,000066073	-0,000162246	0,000134263	-0,000183522
0,14	-0,000337699	0,000228662	-0,000460236	0,000474696	-0,000660119
0,16	-0,000127963	-0,000241589	0,000516511	-0,000476841	0,000235823
0,18	0,000316570	-0,000437376	0,000911111	-0,000883057	0,001206680
0,20	0,000610852	-0,000822354	0,001604727	-0,000609669	0,000662387
0,22	0,0003141204	-0,000146371	0,000407934	-0,000331579	0,0003447931
0,24	-0,000226015	0,000000710	-0,000062643	0,000210994	-0,000066623
0,26	-0,000043766	-0,000000140	-0,000000225	0,000131337	-0,000175759
0,28	-0,000087436	0,000002555	0,000023242	-0,000033561	0,000025627
0,30	-0,000179454	0,000010691	0,000042083	-0,000040828	0,000054446
0,32	0,000008797	-0,000025155	0,000013671	0,000027229	-0,0000374755
0,34	0,000272020	-0,000043015	0,000107543	-0,000086912	0,000180478
0,36	0,000399625	0,000024683	-0,000048629	0,000043416	-0,000036792
0,38	0,000879982	0,000136761	-0,000345975	0,001646736	-0,002372091
0,40	-0,000192657	0,000028658	0,000016852	0,000000082	0,000000623
0,42	-0,0001235029	-0,000010169	-0,000034163	0,000016697	-0,000018262
0,44	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,46	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,48	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,50	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,52	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,54	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,56	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,58	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,60	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,62	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,64	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,66	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,68	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,70	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,72	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,74	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,76	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,78	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,80	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,82	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000

0,84	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,86	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,88	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,90	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,92	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,94	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,96	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
0,98	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,00	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,02	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,04	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,06	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,08	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,10	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,12	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,14	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,16	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,18	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,20	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,22	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,24	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,26	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,28	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,30	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,32	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,34	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,36	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,38	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,40	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,42	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,44	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,46	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,48	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,50	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,52	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,54	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,56	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,58	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,60	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,62	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,64	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,66	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,68	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,70	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
1,72	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000

Lampiran 9

(Contoh Gambar Plot Antara Simpangan Antar Tingkat Terhadap Waktu Akibat Gempa El Centro)



Lampiran 10

(Contoh Hasil Perhitungan Gaya Lantai dan Gaya Geser Dasar)

Perhitungan gaya lintat dan gaya geser dasar (Shear Building 5 lantai)

t_n	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	ΣF
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,02	-2895,77	-4221,99	-2571,85	-1415,25	-1069,44	-12114,29
0,04	-690,76	-1218,68	-777,01	-460,74	-308,06	-3455,26
0,06	3104,37	4349,44	2619,52	1413,13	1025,18	12511,64
0,08	5958,33	8489,39	5145,03	2803,05	2017,67	24413,46
0,10	3663,53	5368,37	3275,44	1807,14	1286,24	15400,72
0,12	-1264,51	-1812,16	-1094,22	-595,07	-428,15	-5194,12
0,14	-4633,11	-6746,72	-4112,80	-2263,84	-1614,90	-19371,38
0,16	-1933,04	-3046,95	-1892,73	-1077,29	-746,40	-8096,41
0,18	4151,74	5785,51	3478,66	1871,42	1361,04	16648,37
0,20	8229,23	11781,79	7148,43	3902,77	2803,65	33665,90
0,22	4737,35	6970,65	4250,18	2355,15	1673,32	19995,65
0,24	-3017,48	-4276,01	-2580,73	-1399,03	-1040,45	-12284,70
0,26	-835,91	-1526,92	-979,42	-586,57	-388,59	-317,30
0,28	-1146,32	-1607,18	-976,94	-531,97	-384,55	-664,16
0,30	-2559,36	-3844,86	-2353,56	-1309,56	-924,11	-10991,44
0,32	-3,20	-178,32	-143,46	-60,07	-494,78	-694,78
0,34	3574,46	4999,01	3016,03	1628,56	1181,22	14399,28
0,36	7992,16	11382,67	6893,00	3752,68	2702,44	32722,96
0,38	11886,89	17067,06	10362,75	5665,01	4065,00	49048,71
0,40	-3077,99	-3906,11	-2284,85	-1167,51	-889,21	-11319,67
0,42	-2603,21	-37361,58	-22663,77	-12379,08	-8887,30	-103726,91
0,44	-17464,09	-26115,27	-16027,66	-8927,84	-6302,65	-74837,51
0,46	-670,77	-1303,77	-868,28	-539,88	-351,03	-9743,73
0,48	1383,35	1877,77	1153,41	619,77	454,34	5407,65
0,50	124596,64	175555,52	10655,97	57458,99	41561,35	563228,47
0,52	68801,87	105268,53	64841,11	36411,21	25590,07	30823,39
0,54	3999,05	4698,23	2937,87	1564,75	1190,61	14390,51
0,56	3869,22	55390,75	33353,16	18064,45	13043,80	158801,49
0,58	-4206,88	-4041,27	-2032,80	-761,06	-763,63	-11805,63
0,60	9720,32	11777,54	6794,82	3379,82	2641,59	33377,09
0,62	750,35	2482,22	1670,24	1094,22	650,76	6647,80
0,64	5651,07	6649,82	3881,66	1933,30	1520,42	19636,27
0,66	-8310,02	-10951,71	-6587,68	-3495,45	-2592,75	-31937,61
0,68	-21240,05	-31450,38	-19159,24	-10584,73	-7516,19	-89950,59
0,70	-31915,44	-50124,09	-30515,21	-16719,25	-11985,82	-144259,81
0,72	-77105,56	185779,98	211976,67	136776,68	91477,48	1109411,57
0,74	-18150,61	-180837,77	-470878,18	-362723,46	-108359,74	-2348869,38
0,76	-158475,06	-249186,56	-154854,06	-88196,22	-61064,90	-711686,09
0,78	-2701,25	-8419,24	-29788,16	16923,48	11644,78	11644,78
0,80	-6882,88	-98210,39	-58992,40	-31892,34	-23022,98	-280991,98
0,82	-8749,00	-15165,86	-9909,73	-5938,14	-3949,45	-4372,08

0,84	-1814,51	-56646,49	-17851,42	-31702,96	-13168,72	-103173,13
0,86	-19623,36	-30784,01	-10784,27	-19063,53	-5433,73	-87728,91
0,88	-42102,83	-57388,65	-18147,96	-31508,50	-13517,55	-166065,49
0,90	-39222,91	-72173,88	-24142,34	-38995,88	-47191,49	-206626,53
0,92	-65811,66	-99101,51	-38629,15	-56353,46	-22109,73	-267406,51
0,94	-76357,60	-116586,60	-61217,03	-76763,79	-26407,83	-31708,93
0,96	-76929,73	-106831,77	-33166,69	-63124,59	-53979,89	-289111,27
0,98	-52833,31	-76483,81	-28448,72	-46443,29	-58265,99	-219404,45
1,00	-42204,02	-60109,69	-19862,09	-36627,99	-11287,97	-172926,15
1,02	-38291,45	-54404,29	-13691,75	-33691,75	-18041,52	-157692,21
1,04	-41126,99	-58935,87	-35288,68	-19167,67	-13806,28	-167704,88
1,06	-25925,88	-36002,87	-21813,86	-11965,98	-8536,86	-103296,45
1,08	-52391,00	-6726,96	-3965,68	-2436,79	-1529,48	-19197,91
1,10	1346,03	18346,19	1118,11	6411,76	1521,25	8137,47
1,12	31056,13	45996,91	28007,30	15816,92	11023,58	131395,11
1,14	39001,97	71349,36	13836,69	21748,7	17248,49	26640,23
1,16	62616,96	98373,14	69979,79	14013,32	3051,64	382017,66
1,18	88291,73	124244,09	5760,21	4737,73	29767,75	486746,53
1,20	53127,60	82367,36	36636,84	28222,26	19211,49	236922,55
1,22	53379,89	96917,46	62801,01	8917,76	2528,49	25634,41
1,24	32543,82	49224,49	27609,10	14851,39	10509,28	43173,78
1,26	77421,69	110169,23	66685,29	76780,93	29140,61	106880,68
1,28	113895,79	169259,25	107478,51	16413,91	43296,47	186325,31
1,30	166629,81	249431,33	140161,11	6659,83	54957,43	663033,47
1,32	131921,11	194466,61	11968,20	11968,82	-4699,92	-86813,99
1,34	82821,04	113866,49	-7286,17	-1673,78	-28645,49	31132,83
1,36	81331,86	116633,41	16613,46	1838,36	2685,96	43169,83
1,38	86198,51	124809,81	5819,89	1068,33	2918,27	45681,31
1,40	87519,11	125301,76	-6695,62	-4182,89	-2793,94	360165,96
1,42	-8756,45	-124097,21	-75832,37	-41308,81	-29721,73	-350116,60
1,44	81383,79	121972,05	73233,11	31976,36	28707,71	317660,68
1,46	-86605,97	-123815,35	-76052,49	-10921,13	-29497,78	-355804,72
1,48	-89507,38	-128923,55	-77618,96	-12332,70	-30116,55	-367908,64
1,50	-113653,81	-162403,03	-98181,13	53133,63	-38131,00	-465843,28
1,52	-82222,75	-119255,53	-72542,12	-39802,55	-28111,39	-342271,34
1,54	-16988,69	-27652,13	-16393,91	-8910,01	-6410,98	-77856,75
1,56	25272,43	37737,07	23239,97	12980,31	9171,49	108441,27
1,58	80291,48	116869,65	71245,55	39230,62	28901,14	335646,64
1,60	186651,91	187701,99	111888,33	63092,58	14983,76	506752,61
1,62	196666,33	263124,07	169001,36	87948,68	67905,34	734108,97
1,64	201066,59	333801,26	240801,00	112103,28	80900,11	969552,15
1,66	228585,85	380721,45	201412,91	111601,52	79130,68	947645,81
1,68	108221,58	289801,20	176657,46	97408,81	69410,28	831199,41
1,70	184323,67	248729,01	163873,52	90269,56	64372,06	771567,82
1,72	162479,71	217151,03	11866,67	-7905,46	66921,71	681660,94

Perhitungan gaya lintai dan gaya geser dasar (Chopra 5 lantai)

t_n	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	ΣF
0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	-2561.01	-837.35	-1983.57	-682.39	-547.96	-6612.29
0.04	-469.36	-458.02	-488.34	-265.36	-166.91	-1847.99
0.06	2862.91	682.92	2112.76	645.24	556.71	6860.54
0.08	5406.50	1476.19	4073.00	1311.13	1095.90	13362.73
0.10	3222.59	1691.52	2512.23	876.90	698.24	8401.48
0.12	-1135.92	-331.24	-859.60	-280.52	-232.19	-2930.46
0.14	-4106.41	-1325.89	-3177.21	-1089.81	-876.85	-10576.18
0.16	-1556.03	-838.70	-1339.83	-566.23	-404.78	-4765.56
0.18	3869.50	875.29	2822.96	847.68	739.13	9134.56
0.20	7427.96	2109.48	5628.00	1837.52	1522.64	18525.49
0.22	4149.05	1445.22	3252.05	1148.66	908.42	10903.39
0.24	-2748.34	-725.27	-2054.47	-669.38	-548.44	-6725.91
0.26	-532.19	-619.14	-593.58	-345.71	-210.37	-2300.99
0.28	-1063.22	-245.77	-788.80	-243.54	-209.39	-2530.73
0.30	-2182.16	-884.80	-1754.45	-654.62	-501.04	-5977.08
0.32	106.97	-206.21	-21.37	-32.69	32.69	-31.07
0.34	3307.71	769.26	2408.55	741.66	641.86	7899.08
0.36	7251.32	1978.56	5458.43	1754.43	1467.61	17910.35
0.38	10700.58	3103.42	8134.05	2676.90	2207.62	26822.56
0.40	-3119.38	-108.35	-2071.34	-442.88	-483.80	-6285.74
0.42	-23127.18	-6797.02	-17703.49	-5846.85	-1825.31	-58689.85
0.44	-15017.95	-5836.26	-12021.50	-4437.29	-3420.99	-40734.69
0.46	-391.18	-573.22	-502.92	-327.23	-191.26	-1985.81
0.48	1135.08	373.56	846.91	310.05	237.05	2952.65
0.50	114365.54	28475.35	85019.67	26458.54	22576.52	276895.61
0.52	57458.42	26029.40	47392.05	18568.28	13830.10	163278.24
0.54	4495.18	-456.27	2908.88	523.27	662.93	8134.00
0.56	35257.59	9695.13	26426.68	8427.43	7074.47	86881.30
0.58	-5054.24	1263.81	-2650.97	55.92	-412.63	-6798.10
0.60	10208.31	-127.96	6499.89	1144.19	1440.63	19165.07
0.62	-319.26	1974.08	544.97	807.97	347.61	3355.37
0.64	6131.70	-389.28	3844.68	608.21	833.42	11028.74
0.66	-8211.63	-888.04	-5712.50	-1447.88	-1414.68	-17674.72
0.68	-18401.41	-6800.74	-14509.72	-5203.80	-4074.53	-48990.20
0.70	-31487.60	-9046.67	-23966.21	-7900.63	-6513.10	-89914.20
0.72	-248145.96	-65098.75	-185775.25	-58884.57	-49680.81	-670585.34
0.74	-91376.09	-14687.68	15005.01	13168.67	10222.64	-130155.54
0.76	-128911.99	-67875.28	-109943.11	-46185.21	-33127.46	-385226.06
0.78	2428.24	15317.17	20189.21	9201.04	6281.24	73416.90
0.80	-62023.83	-17630.06	-46564.86	-14927.93	-153623.34	-127476.66
0.82	-637.33	-5210.03	-6425.92	-3345.67	-2157.02	-23495.97

0.84	-9818.81	-6857.94	-28257.16	-7729.41	-7153.04	-89816.39
0.86	-15864.18	-8308.39	-43548.53	-5631.88	-4622.70	-147469.19
0.88	-39704.53	-22618.18	-28682.52	-8101.63	-7353.10	-91373.86
0.90	-43152.12	-44849.07	-34611.31	-11720.52	-9325.83	-112650.24
0.92	-60308.35	-45276.46	-43637.12	-13165.13	-12013.98	-146890.64
0.94	-67967.91	-21219.51	-52150.97	-17569.82	-14278.83	-173182.96
0.96	-64993.42	-48203.04	-47089.59	-15580.36	-14302.32	-158116.68
0.98	-47047.69	-14619.74	-36094.53	-12157.92	-9883.32	-119832.40
1.00	-38346.18	-10397.77	-28585.09	-9281.58	-7761.56	-94653.07
1.02	-31579.57	-69294.46	-26101.25	8451.56	-7035.23	-59060.02
1.04	35311.60	9833.79	38098.79	8890.67	-7507.54	-49831.79
1.06	22494.27	6679.59	13061.66	5631.00	-4035.56	-56441.18
1.08	5531.22	-381.60	3335.17	-792.11	-845.41	-10798.50
1.10	10641.73	-4169.32	8559.28	3201.51	2451.96	28798.80
1.12	27149.43	9583.69	21333.18	7589.26	5982.02	71648.29
1.14	43196.03	14479.51	34667.95	11739.65	9358.73	112441.90
1.16	59441.08	19582.13	46457.87	15098.55	12787.29	153936.91
1.18	75471.29	24516.65	58472.30	20119.65	16162.01	194742.53
1.20	91491.87	28419.15	69757.04	26017.67	19871.31	236081.04
1.22	111792.43	31314.43	80314.19	33118.5	24171.1	277360.07
1.24	13062.53	7035.62	22301.83	6358.85	5858.07	272534.99
1.26	26306.39	14653.04	52863.31	16937.59	4492.21	313300.53
1.28	40667.45	20818.46	80626.00	35321.6	-2187.78	265929.35
1.30	53369.61	27203.13	10958.28	36290.97	-29816.57	362528.89
1.32	61955.51	38611.49	16245.38	31866.51	-25613.84	365816.23
1.34	67921.69	52254.73	26773.55	19149.65	-15564.22	368158.33
1.36	71981.16	69516.59	35800.12	30000.04	-3503.55	383391.47
1.38	74677.38	82607.31	48916.39	49171.08	-15997.11	391372.08
1.40	78925.57	10248.74	69829.76	69340.07	-16183.46	399067.51
1.42	78869.52	22633.69	89575.33	8938.92	-16144.72	406360.18
1.44	76117.19	21637.65	105652.15	18819.87	-15569.29	418932.15
1.46	78257.71	32308.80	12008.80	49122.67	-15974.43	419463.93
1.48	80843.74	42281.47	16164.75	61164.75	-16521.51	420246.19
1.50	102594.00	28354.33	27639.69	25035.55	-20898.38	425021.36
1.52	73111.14	23003.51	56269.71	19064.53	-15441.75	426912.65
1.54	17433.27	-4518.88	-13055.07	-4133.13	-3488.75	426591.10
1.56	21789.93	8389.43	17456.90	6452.33	4976.30	50664.88
1.58	71208.67	22915.87	57747.02	18881.24	15201.75	183281.55
1.60	113801.01	37252.37	88265.85	30450.75	24422.00	294191.98
1.62	160668.49	50901.03	123867.59	42299.06	34094.79	411646.83
1.64	203310.59	63756.19	157111.11	54855.52	44557.01	527511.43
1.66	192151.22	66649.23	151093.79	53127.34	42962.23	517149.73
1.68	175148.43	57347.2	136035.64	49073.70	37687.11	453679.61
1.70	163161.63	53131.34	126433.32	45265.52	34051.79	421206.60
1.72	143444.51	47533.65	111492.50	38645.41	30606.60	372022.67

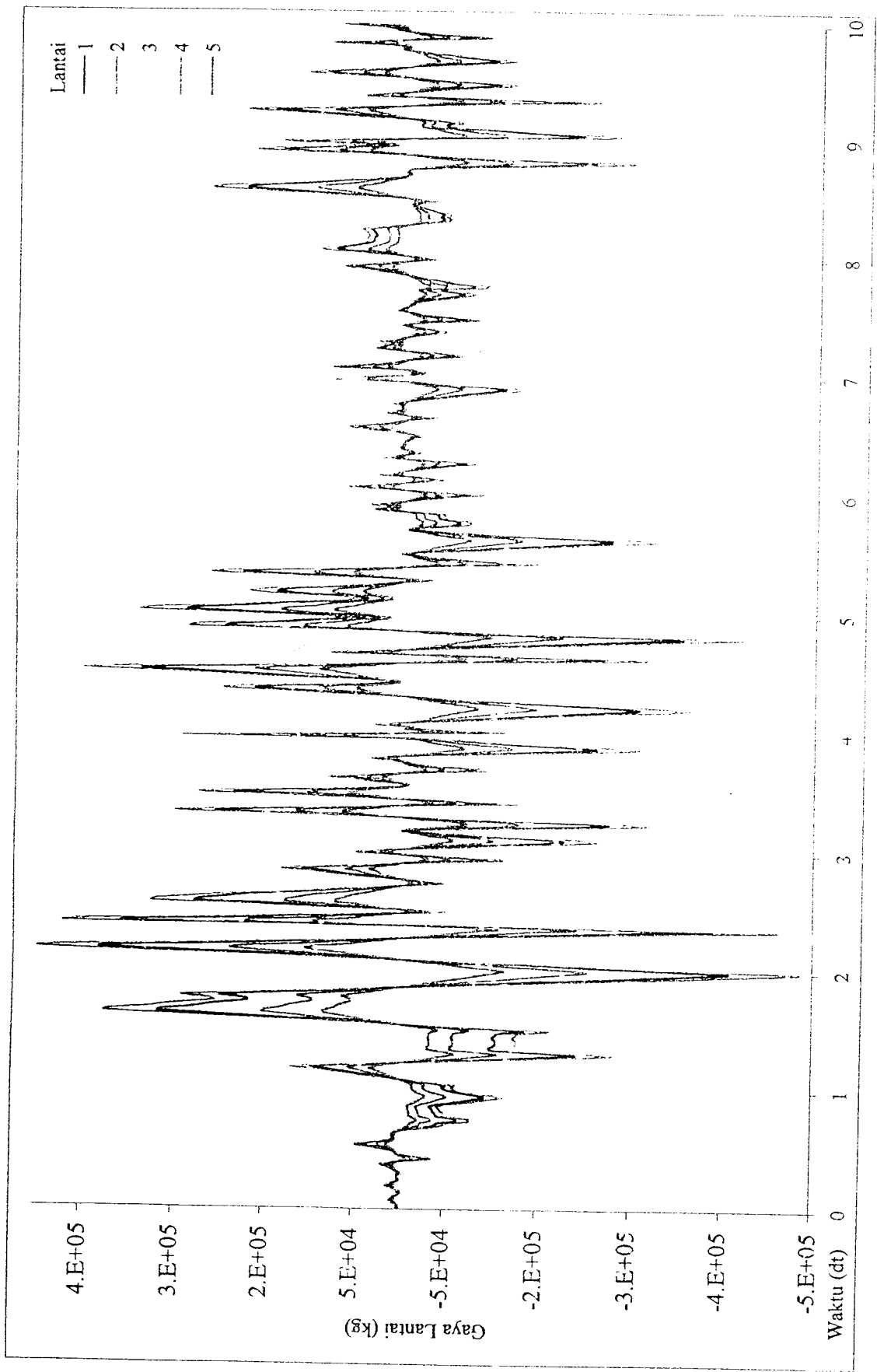
Perhitungan momen lintar dan momen guling dasar (Shear Building 5 lantai)

f_n	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	Σm
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	-11583.07	-16887.95	-10287.41	-5660.28	-4037.75	-48457.16
0.04	-2763.06	-4874.74	-3108.04	-1842.98	-1232.22	-13821.05
0.06	12417.47	17397.75	10478.07	5652.52	4100.74	50846.54
0.08	23833.31	33957.55	20580.11	11212.19	8070.70	97653.86
0.10	14654.12	21473.47	13101.74	7238.36	5144.96	61602.86
0.12	-5058.03	-7246.66	-4376.88	-2380.29	-1712.62	-20776.48
0.14	-18532.45	-26986.96	-16451.21	-9055.36	-6450.59	-77485.51
0.16	-7732.14	-12187.80	-7570.93	-4309.17	-2295.59	-34785.63
0.18	16606.96	23142.06	13914.64	7485.69	5444.15	66593.49
0.20	32917.00	47127.17	28593.74	15611.07	11214.61	135063.59
0.22	18949.40	27882.61	17036.71	9420.61	6693.28	79982.62
0.24	-12069.91	-17104.05	-10322.92	-5596.10	-4041.81	-49134.80
0.26	-3343.62	-6107.67	-3917.70	-2346.26	-1554.34	-17269.60
0.28	-4585.27	-6428.72	-3907.78	-2127.87	-1538.99	-18588.63
0.30	-10237.44	-15379.44	-9414.22	-5238.23	-3696.43	-43965.77
0.32	-15.60	-713.28	-373.83	-436.11	-240.29	-1979.11
0.34	14297.84	19996.05	12064.12	6314.25	4724.89	57597.13
0.36	31968.66	45530.68	27572.02	15010.70	10809.77	130891.82
0.38	47555.57	68268.23	41450.98	22660.03	16260.01	196194.82
0.40	-12311.96	-15606.42	-9139.41	-4670.05	-3556.86	-45278.70
0.42	-104140.86	-149446.32	-90655.07	-49516.31	-35549.20	-249307.76
0.44	-69856.35	-104461.10	-64110.63	-35711.35	-25210.61	-299350.03
0.46	-2083.09	-5215.09	-3473.10	-2159.52	-1404.12	-14034.92
0.48	5129.41	7511.08	4613.65	2559.07	1817.37	21630.58
0.50	498386.55	702222.06	424223.88	229835.98	162485.39	2028913.86
0.52	275207.47	421074.11	259364.45	145644.85	102002.67	1203293.56
0.54	159960.20	18792.91	11751.48	6259.01	4762.42	57562.03
0.56	159796.89	221562.98	133412.66	72257.81	52175.62	635205.95
0.58	-16827.51	-16165.07	-8131.19	-3044.23	-3054.51	-47222.50
0.60	38881.26	47110.15	27179.28	13519.29	10578.37	137268.36
0.62	31001.41	9928.88	6680.97	4376.87	2693.06	26591.18
0.64	22604.29	26594.27	15526.65	7733.22	6081.67	78545.10
0.66	-33240.08	-43806.85	-26350.71	-13981.81	-10371.00	-127750.45
0.68	-84960.21	-125801.50	-76636.97	-42338.94	-30064.74	-359802.36
0.70	-139661.76	-200496.37	-122060.85	-66876.99	-47943.26	-577039.23
0.72	-108842.23	-154292.13	-933398.67	-507106.71	-365889.54	-443734.27
0.74	-219260.53	-315903.10	-1919512.70	-1650893.86	-253038.95	-9075479.14
0.76	-633903.84	-996746.17	-191941.86	-152416.89	-241240.60	-2846744.35
0.78	118804.98	193676.96	119152.64	67693.92	46579.10	545907.61
0.80	-275495.50	-392841.56	-235969.61	-127469.34	-92091.91	-1123967.93
0.82	-34995.98	-60663.45	-39638.90	-23752.58	-15797.41	-174848.32

0.84	-167238.16	-226521.96	-134831.84	-21405.69	-52654.88	-652694.52
0.86	-28093.44	-123136.65	-76254.13	-43137.07	-28994.93	-3359915.62
0.88	-168413.31	-229954.58	-138034.01	-73791.86	-50170.20	-664261.36
0.90	-196891.75	-288695.51	-175583.51	-96569.38	-68765.97	-826506.12
0.92	-261216.64	-372042.64	-225413.85	-122516.60	-88402.91	-1071622.04
0.94	-305103.49	-432226.35	-268481.12	-137963.14	-105231.33	-1268435.74
0.96	-280118.94	-462122.10	-240498.34	-133843.35	-95916.37	-1156445.69
0.98	-211133.27	-369527.35	-187733.17	-101282.87	-22823.97	-877640.58
1.00	-108801.08	-240108.71	-15848.35	-59466.34	-57148.30	-691705.81
1.02	-153157.28	-218901.17	-112366.98	-72046.10	-51823.85	-624196.89
1.04	-164407.95	-232323.40	-111541.71	-76648.28	-55265.10	-670819.53
1.06	100101.59	-20906.39	-20092.80	-47623.91	-34147.45	-413161.78
1.08	29956.39	-20092.80	-15862.22	-8147.17	-6117.52	-77991.64
1.10	49484.12	-41201.75	4572.56	25617.05	1805.01	21289.49
1.12	124225.20	183163.66	112029.21	62367.66	44094.31	525880.54
1.14	196007.87	286097.44	153163.40	96855.26	60953.96	824160.94
1.16	269456.24	392896.58	249171.16	132182.09	94218.54	1128078.61
1.18	340882.93	499856.37	303930.84	166980.97	119071.62	1426802.13
1.20	220510.41	298693.35	202517.35	112917.02	92225.96	945576.20
1.22	212933.16	187658.81	25192.04	15249.02	10313.56	110613.63
1.24	-111019.26	-187658.81	-116276.90	-59429.58	-43123.91	-526039.11
1.26	-369686.76	-746276.96	-26752.84	-135115.72	-104522.46	-1269554.71
1.28	-471583.15	-677037.01	-110951.55	-224583.65	-163145.87	-1945301.24
1.30	-642155.38	-923019.92	-569361.60	-366479.29	-219829.71	-2652133.90
1.32	-530685.63	-785746.51	-478712.81	-263351.29	-187879.69	-2255375.95
1.34	-331284.38	-459165.58	-291944.70	-169295.11	-114481.58	-137571.34
1.36	-126887.45	-166489.35	-287905.33	-453083.20	-110243.83	-1340679.26
1.38	344791.10	-105219.35	306596.35	-16427.31	-117811.04	-412233.35
1.40	-350076.55	-501219.05	-30022.47	-165930.00	-19175.76	-430423.83
1.42	-318623.81	-499988.96	-303329.47	-165635.24	-118886.92	-436466.39
1.44	-337415.15	-483088.22	-293012.55	-159905.44	-114842.97	-438264.33
1.46	-164233.86	-195261.79	-308203.57	-163684.54	-117639.14	-4123218.89
1.48	-358029.51	-512099.20	-310475.84	-169328.79	-121666.22	-4471594.56
1.50	-454614.02	-648244.11	-392244.50	-213894.52	-153895.99	-1863373.14
1.52	-328890.99	-47922.12	-290108.49	-159238.20	-113765.56	-1369985.35
1.54	-76354.75	-108208.50	-65579.66	-356401.6	-25643.94	-311427.00
1.56	101889.70	15108.29	29299.89	51921.21	3685.94	43365.07
1.58	321165.93	465477.79	284982.19	156923.07	112016.57	1342562.55
1.60	514619.64	75080.35	457953.34	252370.19	179943.03	2155690.54
1.62	722624.94	1049704.27	639650.03	351754.73	251222.97	3014875.94
1.64	920402.91	133001.65	815216.00	108133.0	301664.44	3842208.60
1.66	903503.40	132030.81	806651.64	141278.07	316520.32	3794263.23
1.68	328863.31	1158695.15	36629.83	359435.24	277641.11	3324797.65
1.70	372916.69	107491.03	655491.06	30078.25	257488.25	3086271.30
1.72	649918.95	1048161.12	570852.89	319921.86	227608.98	2726643.79

Lampiran 11

(Contoh Gambar Plot Hasil Perhitungan Gaya Lantai
Maksimum Akibat Gempa El Centro)



Lampiran 12

(Contoh Hasil Perhitungan Momen Guling)

Perhitungan momen lintang dan momen guling dinasir (Shear Building 7 lantai)

f_n	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	Σm
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,02	-597,74	-8192,32	17761,43	7156,20	13465,52	5674,40	366,16	35633,65
0,04	-821,34	-2798,50	5112,56	2105,17	3868,70	1637,84	296,37	9400,80
0,06	74,38	8073,12	-18303,54	-7338,69	-13884,41	-5843,55	-213,93	-37436,63
0,08	581,29	16107,38	-35754,80	-44354,02	-27105,90	-11420,51	-576,66	-72527,22
0,10	862,38	10475,78	-22587,11	9104,82	-17121,49	-7216,80	-492,65	-45305,66
0,12	-170,97	-3424,41	7665,36	3064,40	5772,65	2427,69	114,86	15380,58
0,14	-916,78	-13102,62	28401,09	11435,17	21527,78	9075,19	596,69	57016,52
0,16	-1139,03	-6371,84	10664,67	-24350,90	-9755,29	-18471,13	-254,71	-49934,88
0,20	983,13	22466,01	-49607,05	-19931,81	-37609,29	-15846,55	-847,03	-100394,60
0,22	1183,11	13665,48	-8017,37	17982,64	7222,46	248,06	466,02	36576,95
0,24	-239,88	-8017,37	17982,64	7222,46	248,06	466,02	466,02	11584,34
0,26	-1156,84	-3593,82	6392,17	2646,40	4840,51	2049,89	110,22	13913,29
0,28	-20,46	-3028,06	6810,17	2713,69	5151,56	2176,18	110,22	13913,29
0,30	-903,40	-7654,79	16130,73	6538,07	12237,31	5155,22	-413,83	31917,17
0,32	-541,76	-236,52	770,37	3343,22	568,42	251,08	191,20	837,10
0,34	79,43	9300,45	-21069,56	-8432,71	-15972,98	-6727,51	-257,10	-40118,69
0,36	779,43	21551,42	-47920,91	-19245,78	-36334,43	-15304,95	-255,03	-97230,85
0,38	1572,48	32651,65	-71861,08	-28880,06	-54476,87	-22955,05	-1268,89	-145237,83
0,40	1266,96	-6397,26	16467,73	6501,55	12590,87	5251,34	-175,36	35451,13
0,42	-3453,31	-71284,96	157228,84	63216,64	119217,19	80219,40	2710,07	317853,97
0,44	-5665,45	-3304,10	5568,83	2278,17	4179,13	1791,64	2991,55	217781,79
0,46	-1153,45	3706,57	-7938,92	-3185,08	-6905,98	-2530,03	-195,26	-15881,94
0,48	274,75	32806,61	-739481,44	-296459,73	-506889,31	-236156,46	-10085,01	-1508192,26
0,50	5873,49	109873,06	44390,28	83262,40	33120,81	1791,64	477,31	9837,53
0,52	-3403,19	8338,28	-21038,75	-7831,40	-15655,76	-6780,92	-209,90	-46381,64
0,54	4039,13	103570,26	-232462,73	-93586,81	-176447,58	-74173,87	-3071,44	-472133,04
0,56	5451,06	-2852,67	16875,39	6443,12	12918,41	5308,19	-1745,38	42398,12
0,60	-5465,88	17805,09	-49930,32	-19514,53	-37825,15	-15871,91	1050,98	-42398,12
0,62	4531,13	7474,71	-9870,13	-4464,58	-7611,76	-3190,06	-1201,39	-109751,72
0,64	-3945,54	10015,89	-28643,39	-10962,39	-21554,48	-9101,13	560,96	-63630,07
0,66	2110,43	46734,80	18330,26	35277,59	14914,21	245,82	98280,85	262800,52
0,68	-6007,43	-61640,21	53432,09	84791,35	160175,60	67558,80	2939,19	472228,07
0,70	-4515,70	-96237,09	211480,09	84791,35	160175,60	67558,80	3975,79	472228,07
0,72	-20451,03	-227006,72	1654261,28	651861,03	1231887,47	518767,45	24140,26	3303159,74
0,74	-82010,81	-1515015,67	3324948,66	1337079,69	2501515,83	1092029,37	60871,45	6307598,82
0,76	9492,14	53136,14	1047402,40	428427,72	913941,41	133602,37	9251,55	2048113,35
0,78	21587,97	101407,25	-260716,82	-82876,72	-152762,04	-64086,18	-7054,23	-582506,78
0,80	-8241,19	-181261,83	411165,46	165951,75	312469,36	131149,59	5041,80	844741,05
0,82	9629,86	36297,84	61747,69	26170,76	-90467,08	29061,41	1218,99	11096,12

0,84	-4690,39	-140195,78	238153,92	95191,97	180857,97	76087,13	841,24	-495835,54
0,86	-10684,96	-610351,56	128667,08	52553,50	97810,93	41226,69	-4353,40	249775,08
0,88	3769,48	-104993,81	242974,38	96217,21	183979,26	77406,26	1897,80	502781,00
0,90	-1438,73	-145041,22	302742,56	122417,72	229804,54	96264,64	613,91	605979,92
0,92	-3088,05	-173490,90	392491,34	157468,53	292265,76	125295,10	5929,71	798753,38
0,94	-13330,93	-212548,36	463565,39	187298,51	352427,09	148403,87	8563,39	935375,36
0,96	-9236,69	-192624,41	423792,66	170849,41	321042,65	135326,05	7675,75	856956,44
0,98	-9210,78	-117047,96	321475,31	129594,88	243826,31	102684,01	5954,45	647280,36
1,00	-8113,85	-111192,22	253181,74	101551,98	197961,86	80881,94	4190,16	513676,60
1,02	-4173,18	-103646,00	229692,01	92551,62	174425,45	73420,99	3567,70	465924,98
1,04	-3068,84	-116631,23	215611,57	88460,68	186152,12	78395,41	3619,83	499141,95
1,06	-3729,44	-68602,64	151321,28	69669,58	114751,07	48296,70	2525,76	305154,31
1,08	1903,91	-11338,86	38408,62	118117,17	2529,34	9040,37	-254,36	60503,40
1,10	4096,95	3321,80	-38199,31	-31813,62	-59233,55	-25015,31	-254,88	-154843,92
1,12	8025,04	96002,46	192312,25	27759,39	-143109,67	-61637,56	-4595,17	-384822,54
1,14	1990,24	-140279,76	-302172,29	-121685,60	-229425,96	-96603,80	-6794,04	-695998,70
1,16	14270,35	191231,98	-13516,60	-166566,78	-333456,96	-132177,51	-8932,51	829178,13
1,18	12246,89	-114925,05	-530941,64	21661,91	-39623,34	-163153,57	-11101,85	-1049598,46
1,20	18033,67	164973,67	-319084,96	-140288,76	-263000,76	-111979,62	-9279,44	-682966,21
1,22	7115,65	23183,67	-4699,21	-16918,75	-30982,68	-13191,45	-2844,09	-74529,91
1,24	-3731,41	-86897,43	192720,77	7272,85	146141,01	61508,62	2164,70	394526,48
1,26	-2230,35	-363786,39	363786,39	18627,24	351624,58	14808,89	7145,72	941253,26
1,28	-3503,22	-323183,81	125901,53	286313,03	840161,00	227571,07	12458,51	1439917,69
1,30	-22929,92	411334,33	91401,84	40496,36	16149,02	110298,81	13759,64	1962495,43
1,32	-26791,32	-381930,43	826687,28	332924,44	626636,32	264695,82	16938,40	1650457,83
1,34	-14044,79	-211412,82	504891,51	203023,61	382591,74	161275,22	9911,14	1016208,61
1,36	8705,18	-221301,52	192907,25	172211,23	172181,68	167543,38	7465,41	994915,74
1,38	-11711,36	-246988,17	521196,23	299493,25	195064,11	166422,38	9496,34	1052842,78
1,40	-10584,89	-238784,09	523553,05	211922,87	392909,09	168466,70	8092,45	1965435,18
1,42	-11200,75	-238519,63	526140,67	211470,00	398855,38	168007,40	8992,96	1063486,03
1,44	-10194,61	-230176,00	508451,37	202298,06	385426,65	162359,03	8555,66	1028750,18
1,46	-9934,60	-235457,93	521210,69	209398,12	395124,65	166421,89	8552,89	1053310,62
1,48	-10425,86	-240387,69	530931,30	216531,95	408552,24	172985,02	8012,48	1099917,61
1,50	-11645,13	-247387,69	540308,69	240077,97	517254,27	217865,90	10872,89	1383276,30
1,52	-14955,58	-250202,37	507241,94	202066,94	380338,49	160226,49	9693,37	1008840,27
1,54	-1347,80	-5125,75	114084,20	-45692,84	86379,89	36383,32	1698,15	231681,84
1,56	8024,86	75887,95	-159182,73	-64238,47	-120633,11	-50958,35	-4431,40	-315831,25
1,58	15896,81	226761,03	-102102,10	-108106,15	-333019,39	-157288,50	-10331,41	-988250,72
1,60	26657,55	365161,11	-79193,51	-318228,67	-598984,31	-252554,17	-16877,31	-1588012,01
1,62	33822,34	508255,47	110794,31	-113705,59	833560,94	35104,54	22292,16	2220820,33
1,64	13911,33	140041,80	62648,96	106711,01	19981,10	20637,16	28729,26	28729,26
1,66	9646,71	61213,36	-100586,08	-59697,12	-110468,85	-30079,72	-276801,83	-276801,83
1,68	12038,84	563996,18	-1218008,83	-498881,25	-923843,99	-389591,35	-26440,24	-2403463,24
1,70	13677,42	527467,62	113156,11	105551,01	82516,11	30159,31	24917,91	2269842,95
1,72	11996,98	162388,42	972630,85	107601,11	257630,85	27647,67	21647,67	2003262,93

Perhitungan momen lantai dan momen giling dasar (Ciepoja 5 lantai)

t_n	m_1	m_2	m_3	m_4	m_j	Σm
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,02	-1024,6519	-3310,0183	-7934,2064	-2729,5608	-2191,0230	-2640,1304
0,04	-1877,4386	-1832,0765	-1953,3073	-1061,4187	-667,6377	-7191,9608
0,06	11451,6433	2731,4839	8451,0436	2800,9101	2226,8227	27442,1418
0,08	21226,0129	594,7687	16291,9944	5214,5374	4303,2913	33430,2017
0,10	12890,3383	4366,0973	10048,9001	3067,8993	2792,9510	33630,9019
0,12	-4443,6810	-1324,3403	-3438,1994	-1122,0641	-928,7715	33630,9019
0,14	-16423,6398	-5303,3403	-12708,8337	-4139,2130	1307,4161	-32341,3018
0,16	-6224,1119	-3354,7978	-5359,3007	-2264,9133	-1610,1185	-10832,2404
0,18	13397,2980	3501,1773	11291,8509	3309,7212	2936,3117	36338,2323
0,20	29711,8594	8437,0561	23511,9833	7330,0902	6990,3474	71102,3793
0,22	16596,1824	5780,9598	12008,1967	4594,6326	3633,6681	43633,5756
0,24	-10993,3193	-2901,0812	-8217,8756	-2193,5379	-2193,7791	-26963,6232
0,26	-2128,7731	-2176,5136	-3170,1101	-1182,8123	-811,0718	-9201,9411
0,28	-4352,8064	-983,8972	-2153,2194	-974,1378	-810,2768	-10292,9296
0,30	-8728,6380	-3339,1986	-7017,8099	-2618,4941	-2094,1642	-23398,3218
0,32	427,0636	-824,8334	-485,4933	-331,0624	-130,2476	-964,2911
0,34	13231,0637	3077,0204	9734,1839	2966,6390	2367,4273	31596,3363
0,36	29035,2720	7914,2469	21833,7108	7017,7244	3870,4471	71641,4011
0,38	42802,3237	12013,6690	32536,1823	10707,4917	8830,0773	107290,2142
0,40	-12477,3270	-673,0977	-8238,3412	-1771,5291	-1935,1819	-25142,2799
0,42	-9708,7065	-2718,0901	-7173,3448	-23387,3823	-19301,2382	-13683,9572
0,44	-60071,7939	-2334,1644	-48085,9944	-17731,9742	-13683,9572	-162308,7610
0,46	-1464,7127	-2292,8715	-2011,6820	-1308,3277	-765,0455	-7943,2394
0,48	4310,3369	1694,2363	3547,6602	1200,1929	988,1829	11810,8091
0,50	43762,1426	113901,3816	310078,6636	109834,1793	90306,0818	110792,4518
0,52	22983,6623	104117,6096	189568,1933	74273,1030	53320,3910	633112,9617
0,54	17986,7394	-1825,0684	11633,5213	2093,0873	2651,7353	32336,0150
0,56	141030,3374	38780,5118	103706,0333	33709,7116	28297,8799	347323,1960
0,58	-20216,9302	5035,2348	-10603,8738	23,6997	-1630,3206	-27192,1101
0,60	-4883,2184	-511,8533	2599,5783	4576,7778	3762,3010	76660,2620
0,62	-1277,0573	7896,3344	2179,8922	3211,8927	1390,3227	13411,4817
0,64	21326,8033	-1537,1178	14378,7390	2412,8183	3313,6733	41114,9461
0,66	-32846,3918	-3352,1417	-22830,0165	-5791,5280	-5638,7082	-70698,8993
0,68	-73603,6333	-27202,9370	-58038,8867	-20813,1983	-16208,1134	-195960,7907
0,70	-12939,3819	-36186,6688	-93864,8466	-31602,5084	-26032,3870	-315636,7923
0,72	-99328,3873	-26039,19818	-743100,9777	-233338,2954	-198723,2279	-2130341,3633
0,74	-1964921,9416	-887101,7016	-1509234,1749	-49076,6989	-108806,3311	-496022,0482
0,76	-413178,9300	-271811,1400	-1181740,9246	-419772,4514	-112306,8754	-112306,8754
0,78	89712,9375	61268,0970	80746,8430	36804,1426	23124,9426	293667,8877
0,80	-248093,3100	-70320,2331	-186239,4279	-97711,7399	-49966,6113	-64403,3102
0,82	-23140,3344	-20920,1046	-24503,6860	-13190,4785	-8628,0890	-93393,8923

0,84	-19273,2389	-27311,6031	-11928,6523	20917,6521	-28612,0083	-30928,2139
0,86	-63156,2202	-33475,4975	-61194,1305	-22339,5107	-16230,8041	-189876,7632
0,88	-159762,1219	-29181,7156	-111729,6927	-32106,9017	-29412,4042	-363484,4361
0,90	-175009,2813	-5996,2636	13115,6213	-16982,9969	-37031,3111	-436636,0773
0,92	-211233,1961	64108,8111	-18018,8895	-56605,9068	-18051,3287	-482202,2621
0,94	-237187,7333	83838,0377	-208693,8850	-79279,2623	-57115,3313	-692248,2595
0,96	-252737,6389	-23811,9423	19198,9616	-63298,1371	-5217,2637	-632066,2253
0,98	-180380,1636	-58568,9564	-11378,1132	-48631,6912	-39331,2874	-479320,4140
1,00	-433350,7046	11891,0645	115503,9123	-37138,3250	-1043,2376	-378612,2939
1,02	130189,2816	38937,6987	103105,9171	-33818,2196	-28109,9229	-333660,0742
1,04	139646,4838	93411,1652	11333,1658	33366,2943	30036,1381	-36739,1696
1,06	90679,6730	26418,1631	60358,1372	-22566,4068	-18942,2248	-223584,7060
1,08	-29106,8808	1326,3979	11109,6720	-318,4374	-3311,6259	-43191,6137
1,10	12330,9113	16737,2823	3127,1221	12890,0716	9815,8161	116995,2194
1,12	108897,7119	18312,2543	83372,7193	30350,8887	23928,0952	246593,1403
1,14	127381,1082	87908,1748	131671,7987	16958,6017	37131,9219	419767,6081
1,16	137621,3178	98328,9082	101631,1611	63871,2013	11439,1667	419767,6081
1,18	301882,6168	99066,4003	213880,2161	80178,9879	61618,0518	73870,1029
1,20	189662,1636	31792,5993	183888,1672	56166,6791	43269,2336	43269,2336
1,22	13911,6685	13379,6036	15452,5661	3939,1122	5486,8219	59120,2631
1,24	-121210,1088	-28102,1930	-40207,3125	-27023,4190	-23342,2607	-289913,6139
1,26	-281291,5591	-56234,4329	-211426,9599	-67350,3703	-56768,8517	-693862,1733
1,28	-421296,1892	-123233,1461	-322603,9821	-104128,6065	-87311,1337	-106317,4000
1,30	-57378,5567	-168813,7566	-139133,1312	-115803,8626	-119386,2812	-1140115,5897
1,32	-478222,0238	-151447,5092	-369823,9315	-126736,0405	-102013,3726	-1231266,9278
1,34	-296608,7511	-61038,9986	-227091,1546	-71638,6149	-62242,8730	-75233,3332
1,36	-294921,6695	-82366,7615	-223204,1882	-72160,1228	60140,2136	-73365,8846
1,38	-310902,2966	-89794,1759	-31576,8172	-7768,3330	-63996,1207	-77788,7610
1,40	-319862,2966	-90341,1759	-31919,0316	-78120,2351	-64733,8503	-28370,0489
1,42	-311058,0819	-90341,1759	-31890,3228	-78355,6616	-64370,8778	-283520,7215
1,44	-304168,7419	-86350,5971	-236648,5983	-75279,1997	-62381,1687	-39328,6046
1,46	-313080,3035	-88035,2037	-236696,6806	-76905,2814	-63897,7038	-78359,7024
1,48	-323371,9539	-91237,8655	-21659,0041	-79646,9019	-66086,0332	-80184,7010
1,50	-411976,0962	-113112,3385	-310586,3386	-109142,2142	-83933,5323	-1039853,3399
1,52	-292521,5114	-92301,0523	-226078,8179	-76231,2308	-61779,6924	-174640,5829
1,54	-60733,0883	-18078,5219	-42226,2993	-16512,9012	-13051,9991	-179146,4072
1,56	87150,7176	33557,7317	69827,3513	23939,3095	19895,2021	236259,4387
1,58	280831,6637	91663,1665	226296,0812	78321,9561	6887,0192	233126,1870
1,60	452201,0227	109601,1721	335603,1673	123803,0075	97686,0073	137672,0220
1,62	642223,5792	203604,1019	193739,2318	168386,2239	136301,1328	1616387,3145
1,64	87212,3152	260736,1968	63097,0621	23130,0874	173828,2237	299277,2291
1,66	797126,6041	261196,9631	61995,1608	21830,9711	171818,0137	268388,9111
1,68	94935,7313	390939,712	61995,1608	18974,3007	199738,3007	189738,3007
1,70	65336,5119	21235,1183	61995,1608	17106,0881	139804,1762	1681826,1324
1,72	437380,0202	100131,6125	63969,9935	14381,4308	123626,4154	188690,0851

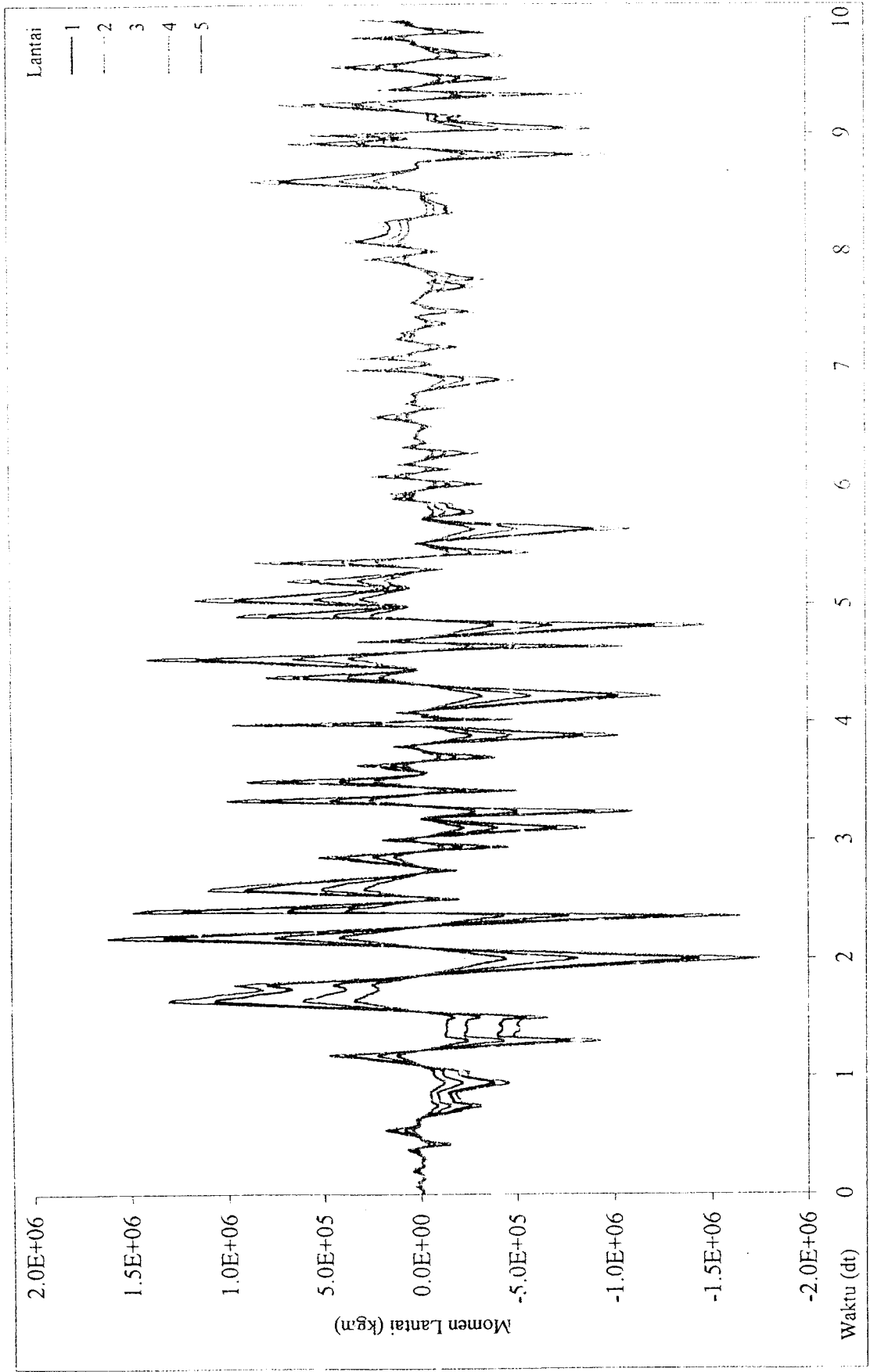
Perhitungan momen lintai dan momen giling dasar (Chopra 7 laintii)

t_n	m_1	m_2	m_j	m_4	m_5	m_6	m_7	Σm
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,02	-138,82	-4726,25	9222,25	4806,33	7977,46	3127,06	230,31	20498,33
0,04	240,41	-1412,28	2689,51	1419,98	2377,15	944,43	149,08	6408,28
0,06	379,26	-4824,06	9473,85	-4922,34	-8152,62	-3184,46	-165,92	-20695,25
0,08	530,77	9478,84	-18534,95	-9643,05	-15987,79	-6258,08	-395,98	-40810,25
0,10	139,15	6018,87	-11732,67	-6116,88	-10155,59	-3083,01	-305,19	-40810,25
0,12	-109,22	-2096,20	3941,65	2051,30	3490,63	1328,96	78,96	8686,09
0,14	-225,33	-7565,01	14747,87	7685,86	12756,93	5001,98	371,79	32774,00
0,16	201,87	-3461,24	6684,73	3503,20	5836,63	2301,52	255,22	15321,94
0,18	548,27	6409,53	-12597,39	-6542,04	-10632,25	-4229,23	-207,94	-27451,04
0,20	662,39	13162,35	-25725,44	-13389,25	-22203,80	-8693,70	-569,01	-56756,47
0,22	140,12	7827,01	-15242,68	-7949,19	-13200,92	-5179,90	-410,18	-34015,74
0,24	-310,87	-4745,97	9313,85	4843,15	8025,89	3136,88	178,73	20441,66
0,26	356,16	-1774,82	3371,52	1784,08	2990,25	1189,75	201,19	8118,04
0,28	-122,57	-1814,94	3528,95	1833,51	3039,64	1192,34	78,56	7735,48
0,30	11,41	-4505,89	8393,49	4383,87	7285,46	2859,22	242,21	18869,77
0,32	234,44	-269,82	430,29	239,74	415,95	176,16	87,84	1323,80
0,34	436,75	5465,14	-10945,09	-5665,92	-9384,59	-3668,03	-197,45	-34919,19
0,36	725,77	12693,28	-24839,29	-12221,71	-21422,49	-8183,25	-522,30	-54669,98
0,38	897,84	19077,33	-37221,68	-19402,59	-32180,44	-12602,80	-842,55	-82249,85
0,40	-898,11	-4249,97	8457,37	4357,66	7177,39	2780,73	-8,30	17616,76
0,42	-2015,98	-41697,16	81540,40	42444,58	70392,08	27558,41	1809,23	180031,56
0,44	28,57	-29424,46	57164,17	29849,56	49609,11	19498,85	1700,04	128417,85
0,46	426,81	-1608,41	2955,76	1567,95	2640,16	1066,00	238,00	7246,28
0,48	36,66	2131,40	-4125,59	-2151,43	-3573,58	-1405,01	-118,88	-9206,42
0,50	13663,32	195530,76	-383010,18	-199088,86	-329886,83	-129904,15	-839187,32	-521735,63
0,52	-2940,16	118635,79	-230303,91	-120451,87	-200374,45	-78791,34	-7509,68	-224992,04
0,54	1194,99	5896,69	-10866,60	-5576,38	-9211,80	-3672,16	-263,78	-264345,76
0,56	3947,41	61166,01	-120382,88	-62800,49	-103737,55	-40511,17	-2227,09	-264345,76
0,58	-3045,06	-3799,92	8377,17	4163,94	6703,98	2477,30	-698,82	14178,59
0,60	3528,26	12719,72	-25501,60	-13066,52	-21473,96	-8294,35	234,17	-51853,98
0,62	-1626,21	2821,76	-5349,43	-2918,77	-4948,39	-1976,45	-525,40	-14522,88
0,64	2162,65	7402,69	-14588,85	-7463,03	-12261,33	-4758,79	94,81	-29412,46
0,66	-1713,15	-12367,27	24089,37	12456,77	20592,93	8056,48	329,96	51445,08
0,68	-527,19	-35065,33	68562,01	35761,26	59396,42	23278,78	1786,14	153198,07
0,70	-2494,51	-56298,95	109689,72	57109,20	94737,76	37139,06	2666,08	242488,36
0,72	-4220,11	-26937,23	841687,23	437708,28	725406,26	283826,31	17081,06	1848918,10
0,74	-37900,31	-882942,01	1724813,55	898127,53	1499855,77	583566,87	39665,53	3815386,92
0,76	16009,72	-281399,13	516919,82	266610,79	477477,34	188295,89	24642,97	1757981,70
0,78	-4220,11	53168,40	-104820,30	-55663,16	-91737,03	-35983,57	-3665,70	-242022,30
0,80	-6985,01	-107827,77	212875,11	110722,16	183449,06	71549,41	3693,60	467476,62
0,82	3153,33	-18367,56	34076,49	18014,12	30167,49	12668,27	2141,57	81253,71

0,84	-7726,47	-62248,98	123491,25	61689,62	105299,34	-41005,47	1333,93	264303,46
0,86	17616,62	-34901,48	62241,77	35265,04	58697,25	23862,28	2357,10	153792,58
0,88	-6824,76	-64922,10	125456,19	65030,84	107646,91	45019,49	1856,08	271217,65
0,90	-2086,47	-80371,97	152226,76	81892,40	136074,18	53282,89	3823,73	349494,52
0,92	-6653,94	-14028,89	54231,03	10565,14	175151,84	68560,63	4202,30	446151,13
0,94	-4832,70	-12237,64	1982,71	125569,21	208317,90	81562,03	5556,34	594014,94
0,96	-5152,39	-11269,55	219711,14	144386,71	189722,99	74329,65	5065,87	485453,39
0,98	-3430,71	-85298,57	166815,96	86878,35	144334,47	56440,58	3865,91	369405,08
1,00	-3736,10	-6737,27	312417,72	68293,47	113219,23	44316,30	2808,17	280869,02
1,02	-3472,01	-60814,46	119179,15	62403,43	102791,84	49203,50	2461,69	262458,14
1,04	-4054,36	-64984,11	127173,71	66148,59	109628,36	42877,97	2558,74	279348,61
1,06	-1898,69	-40036,21	78327,33	19821,65	67701,37	26084,03	1690,25	173192,70
1,08	-1441,18	-3111,78	11597,35	7508,18	12765,16	4786,21	-1,59	30450,98
1,10	-211,80	21196,98	-40779,14	-21301,86	-35131,95	-13988,47	-13,67	-91926,63
1,12	761,28	5126,21	-104259,08	-52289,06	-86858,04	-34107,03	-2790,45	-224015,65
1,14	1805,85	80690,03	-157060,16	81880,83	-135958,66	-53380,70	-4194,39	-349947,27
1,16	2890,98	110275,18	-214853,18	-111984,17	-185913,34	-27932,80	-5577,38	-478097,61
1,18	3917,52	139115,65	-271666,36	-141583,42	-234026,42	-92183,46	-6960,16	-604057,54
1,20	-176,74	9402,25	186666,11	9324,14	-156784,17	-61622,57	-5460,98	-409971,96
1,22	2781,20	21301,17	11178,49	19264,46	-2713,66	-2713,66	-1413,60	-50408,37
1,24	-4125,28	56294,56	96993,56	51791,53	85765,40	34995,03	1710,01	217538,99
1,26	-7183,64	-122742,29	240313,59	125840,21	207228,93	81974,09	4971,27	528649,54
1,28	8951,11	159064,41	368969,00	192346,65	319013,75	124913,81	8287,01	816651,81
1,30	-11893,42	-252881,93	503857,89	262304,53	336641,98	114384,03	11430,57	1113264,56
1,32	-6723,62	-226204,41	429170,28	226649,46	311904,35	145568,01	10691,91	953466,01
1,34	-4922,56	-13432,40	267981,76	136464,46	226438,58	88556,65	580745,47	580745,47
1,36	-7150,78	-130293,68	254423,53	132373,86	219475,51	85885,18	5394,25	596835,04
1,38	-6494,73	-148247,57	279214,94	146714,94	233302,57	91313,47	6045,46	596835,04
1,40	-7083,55	-139898,68	273486,03	142334,69	236028,96	92398,68	5998,01	603273,14
1,42	-6822,92	-139509,53	272765,02	141980,49	235453,78	92172,43	6021,04	602060,31
1,44	-6837,49	-138077,69	263567,02	137174,27	227468,02	89042,45	5766,18	581372,76
1,46	-7283,45	-138196,35	279136,96	146577,49	233088,57	91223,59	5811,54	595447,93
1,48	-7446,53	-142830,43	279337,61	145371,49	241044,65	94342,60	6039,38	615864,77
1,50	-10673,31	-186731,19	353390,14	187998,51	305000,23	119352,54	7474,26	748578,19
1,52	-4765,69	-133298,44	260406,64	135611,64	225691,72	88148,62	6214,63	577230,10
1,54	-1869,60	-30596,21	59011,63	30691,33	50864,48	19897,76	1201,66	129606,06
1,56	-138,28	42810,33	-8294,92	-22015,80	-28335,93	-2594,75	-2594,75	-186546,24
1,58	3930,38	13145,68	-255627,11	-132094,90	-221108,92	-86722,86	-6505,34	-568692,18
1,60	5765,76	210642,13	-410390,15	-213948,48	-355163,40	-103305,47	-103305,47	-913052,96
1,62	9453,34	294262,33	-523766,77	-299453,42	-496154,18	-191541,31	-127390,59	-127390,59
1,64	11940,69	349711,06	-71216,45	-381041,57	-623352,71	-217930,40	-18255,56	-1624858,04
1,66	9160,01	330181,21	-218299,06	-162941,41	-620611,95	-214925,23	-18255,56	-1624858,04
1,68	8409,36	326913,28	-633172,30	-330422,98	-547899,21	-164071,29	-146898,21	-146898,21
1,70	8527,42	301473,96	-587580,62	-306227,56	-508211,63	-199356,95	-14928,75	-14928,75
1,72	6735,44	266318,22	-519267,95	-273676,39	-419364,64	-176266,76	-13474,00	-115555,99

Lampiran 13

(Contoh Gambar Plot Momen Guling Maksimum Akibat
Gempa El Centro)



Lampiran 14

(Kartu Peserta Tugas Akhir)

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID. STUDI
1	ADID AVIV HIMMAWAN	95 310 045	STRUKTUR
2	ZULHIKMAH ANNA P	95 310 283	STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR :

STUDI ANALISIS BESAR PERBEDAAN NILAI PERAKAKAN DAN PENGARUHNYA PADA SIMPANGAN TINGKAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE CHOPRA SHEAR BUILDING UNTUK BANGUNAN BERTINGKAT 5 DAN 7.

**PERIODE I : SEPTEMBER – FEBRUARI
TAHUN : 2000 / 2001**

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

DOSEN PEMBIMBING I
DOSEN PEMBIMBING II

IR. H. SARWIDI, MSc, Ph.D
IR. HELMI AKBAR BALE, MT



Yogyakarta, 14 Nop. 2000
a.n. Dekan,

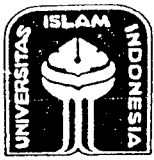
[Signature]
H. TADJUDDIN BM ARIS, MS

Catatan :

Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

Lampiran 15

(Surat Bimbingan Tugas Akhir)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km. 14.4 Telp. 895042, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomor : 12 / C / JTS / X / 2000
Lamp. : -
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Yogyakarta, 14 Nop. 2000

Kepada Yth :
Bapak / Ibu : **Ir. Helmi Akbar Bale, MT**
DI-
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

1. Nama : **Adid Aviv Himmawan**
No. Mhs. : 95 310 045
Bid. Studi : Teknik Struktur
Tahun Akademi : 2000/2001 (ganjil)
2. Nama : **Zulhikmah Anna P.**
No. Mhs. : 95 310 283
Bid. Studi : Teknik Struktur
Tahun Akademi : 2000/2001 (ganjil)

Dapat diberikan petunjuk --petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas akhir.

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sbb :

Dsoen Pembimbing I : **Ir. H. Sarwidi, MSc, Ph.D**
Dosen Pembimbing II : **Ir. Helmi Akbar Bale, MT**

Dengan mengambil topik :

STUDI ANALISIS BESAR PERBEDAAN NILAI KEKAKUAN DAN PENGARUHNYA PADA SIMPANGAN TINGKAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE CHOPRA DAN SHEAR BUILDING UNTUK BANGUNAN BERTINGKAT 5 DAN 7.

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Dekan.
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil
Dan Perencanaan
Yogyakarta
Adjuddin BM Aris, MS

Tembusan :

- Mahasiswa Ybs.
- Arsip