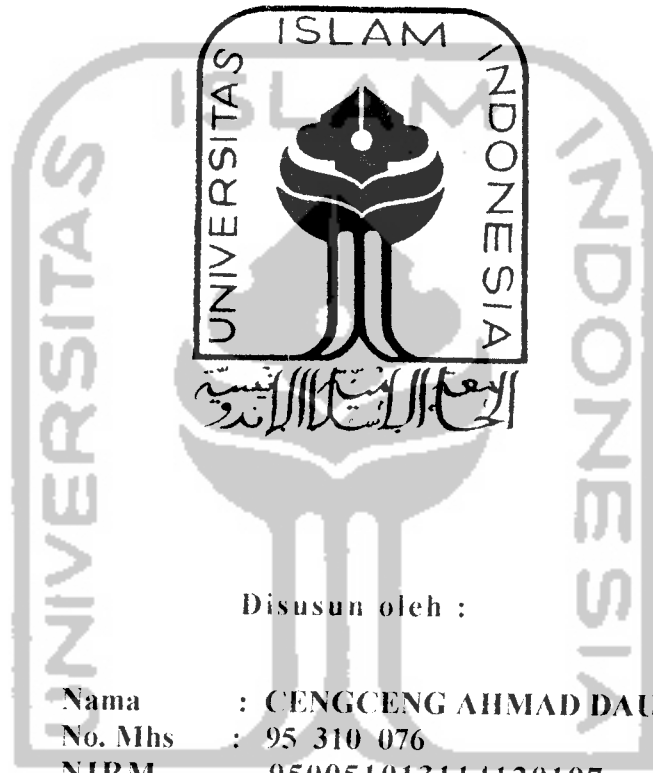


PERPUSTAKAAN STAF UII  
HADIRAN/BERSES  
TGL. TERIMA : 22 JUN 2001  
NO. JUDUL :  
NO. INV. : 512/TA/ITS  
NO. INDUK :  
5120003319001

TUGAS AKHIR

**ANALISIS DINAMIS 3-D PADA DINDING GESER DENGAN  
VARIASI LONCATAN BIDANG MUKA BANGUNAN  
(THE 3-D DYNAMIC ANALISYS OF SHEAR WALLS WITH  
THE VARIATION OF BUILDING'S SETBACK)**



TA  
624.176  
CAL  
A  
01

Disusun oleh :

Nama : CENGCENG AHMAD DAUD  
No. Mhs : 95 310 076  
NIRM : 950051013114120197  
Nama : ALEX SARIYANDI  
No. Mhs : 95 310 318  
NIRM : 950051013114120315

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UIN YOGYAKARTA

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

TUGAS AKHIR

ANALISIS DINAMIS 3-D PADA DINDING GESER DENGAN  
VARIASI LONCATAN BIDANG MUKA BANGUNAN  
(THE 3-D DYNAMIC ANALYSIS OF SHEAR WALLS WITH THE  
VARIATION OF BUILDING'S SETBACK)



**Ir. H. Moch. Teguh , MSCE.**

Dosen pembimbing I

Tanggal : 17/04/2001

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

Dosen pembimbing II

Tanggal : 17/04/2001

## PRAKATA



*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat, taufik serta karuniannya-Nya, sehingga terselesaikannya tugas akhir ini dengan judul: Analisis Dinamis 3-D Pada Dinding Geser Dengan Variasi Loncatan Bidang Muka Bangunan (*The 3-D Dynamic Analysis Of Shear Walls With Variation Of Building's Setback*).

Penyusunan laporan tugas akhir ini sesuai dengan kurikulum yang ada di lingkungan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, yaitu setiap mahasiswa wajib membuat tugas akhir sebagai salah satu syarat dalam menempuh jenjang kesarjanaan Strata Satu (S1).

Dalam penulisan tugas akhir ini telah banyak didapat kesulitan karena keterbatasan kemampuan yang dimiliki baik dalam pengalaman maupun teori ilmu pengetahuan, namun terdorong tekad yang sangat besar untuk berjuang menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya serta dorongan dan bantuan dari berbagai pihak yang tiada henti-hentinya, maka akhirnya laporan ini dapat tersusun.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan yang berharga dari berbagai pihak, sehingga menambah pengetahuan yang tidak diperoleh diwaktu kuliah.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini banyak diperoleh bantuan, saran serta kritikan yang positif dari berbagai pihak, karena itu dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih yang teramat sangat kepada yang terhormat berikut ini.

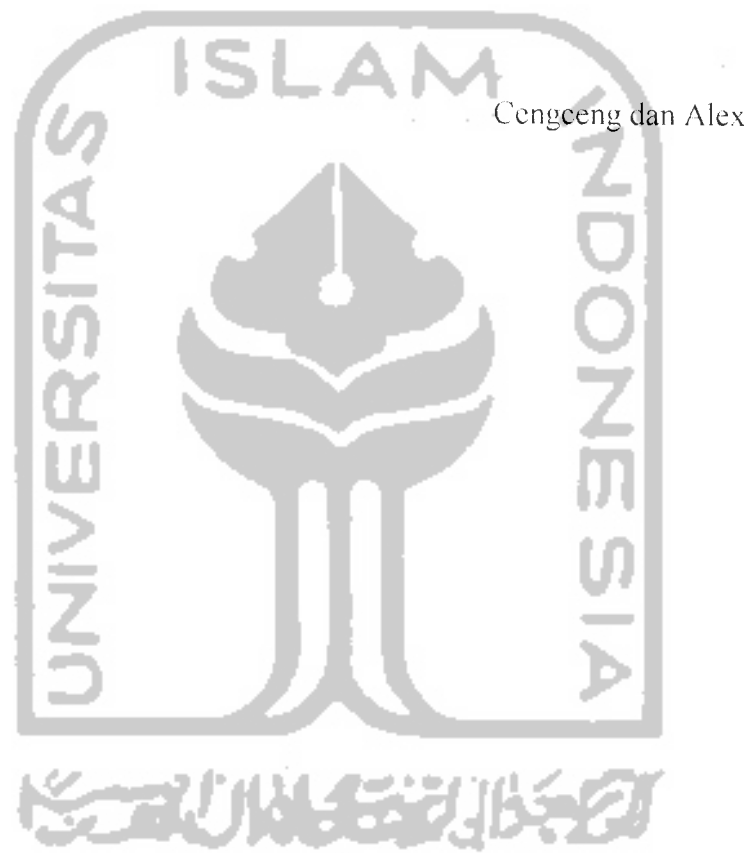
1. Bapak Ir. Widodo, MSCE. Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. H. Moch.Teguh, MSCE. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE. Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Bapak Ir. H. M. Samsudin, MT, selaku dosen tamu Tugas Akhir pada jurusan Teknik Sipil ,Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
6. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan ini.

Pada akhirnya segala daya upaya serta kemampuan telah dicurahkan sepenuhnya demi terselesaikannya laporan tugas akhir ini, namun semua itu tidak terlepas dari segala kekurangan yang ada. Oleh karena itu diharapkan sekali saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kebaikan laporan tugas akhir ini. Semoga

semua amal sholeh diterima oleh Allah SWT dan laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. *Amin Ya Robbal'Alamin.*

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb.*

Yogyakarta, maret 2001



# L E M B A R P E R S E M B A H A N

Alhamdulillah rabbi' alamin

Puji Syukur Kami Panjatkan Ke Hadirat Allah S.W.T  
Yang Telah Melimpahkan Berkah dan Hidayah  
serta Memberikan Kemudahan Kepada Kami Sehingga Kami Dapat Menyelesaikan Tugas  
Akhir ini.

Persembahkan Tugas Akhir ini untuk:

Ayahanda E.Ruhiat dan Ibunda C. Suminar Tercinta Sebagai Bukti Baktiku Sebagai Anak,  
Serta Adikku Tersayang Lia Darliana, Sandi Sanjaya tak lupa Yayan Sofyan  
juga keponakan yang lucu Muhammad Agung Ibrahim serta Va Entang  
Yang telah Memberikan Do'a dan Dukungan  
Sehingga Tugas Akhir ini Dapat terselesaikan Dengan Baik.

Terima Kasih Banyak Untuk :

Terutama untuk Alex Sariyandi Yang telah Banyak Membantu Dan Bekerja sama  
Teman-teman Baikku Hali, Hari, Nanang, Robby, Aan, Dea, Dian, Eko, Pepi, Desy, Roni,  
Ogi, Rifqi, Bagus, Sony, Adit, Iwan, Hanif, Sono, Eris, Yundhi,  
Andin, Cahyono, mas Doddy, Kiss, Arif, anak-anak 'kaktus' atas persahabatannya,  
Liyah khoiriyah, Didah, Nita, Dewi, Lelih, Sri suwarni, Mimin,  
Lita, Esti, Nunung, Tia, Ida, Ari, Atas Segalanya.  
Teman-teman FTSP VII '95 Kelas E Djogkji, serta sahabat-sahabat yang tidak dapat Saya  
Sebutkan Satu Persatu Atas Partisipasinya selama ini.

GengGeng Ahmad Daud

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Alliamdulillahli rabbil' alamin*

Puji Syukur Kami Panjatkan Ke Hadirat Allah S.W.T Yang Telah Melimpahkan Berkah dan Hidayah serta Memberikan Kemudahan Kepada Kami Sehingga Kami Dapat Menyelesaikan Tugas Akhir ini.

*Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk:*

Ayahanda dan Ibudanda Tercinta Sebagai Bukti Baktiku Sebagai Anak, Serta Uda Hen, Uni Wit, Uda Ujang, Uni Suri yang telah memberikan do'a dan dukungan, tak lupa keponakanku tersayang Lutfi, Edo, Hanif, Nabila, dan Azhar yang membuatku bersemangat.

*Terima Kasih Banyak Untuk:*

Terutama untuk Cengceng Ahmad Daud Yang telah Banyak Membantu Dan Bekerja sama. Teman-teman baikku Robby, Aan, Hari, Nunung, Kiss, Arif, Khali, Bagus, Sony, Esti, Iwan, Nanang, Hanif, Sono, Peppy, Ida, Tia, Ari, Lulu', Atas persahabatannya. Khamim, Yosep, Ari, Abror, Donald, Andy, Mas Bella, Wawan, Reza, Vivi, udaNas, uda Yarsit, dian dan teman-teman di IPPSA, Atas segalanya. Teman-teman FTSP VII '95 Kelas E Djogkja, serta sahabat-sahabat yang tidak dapat Saya Sebutkan Satu Persatu Atas Partisipasinya selama ini.

Alex Sariyandi

## MOTTO

*“ . . . Allah meninggikan orang yang beriman diantara kamu dan orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat . . . ”.*

( Qs. Mujadilah : 11 )

*“ . . . Katakanlah, ” Apakah sama orang yang mengetahui dengan orang yang tidak mengetahui ? ” sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran “.*

( Qs. Az-Zumar:9 )

*“ Sesungguhnya yang takut kepada Allah diantara hamba-hambaNya ialah orang-orang yang berilmu pengetahuan ”.*

( Qs. Faathir : 28 )

*“Barang siapa menempuh jalan untuk menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke sorga”.*

( Hadis Rasulullah SAW )

*“Maka sesungguhnya disamping kesulitan ada kemudahan”.*

( Qs. Alam Nasyrah : 5 )

*“ Orang lebih banyak belajar dari kegagalan daripada kesuksesan karena mempunyai banyak cara, Sedangkan kesuksesan lebih sukar dicapai karena hanya punya satu cara “.*

( Ulama )

*“ Ilmu itu ibarat suatu buruan sedangkan tulisan merupakan talinya maka ikatlah buruanmu, dengan tali yang kuat dan kokoh ”.*

( Imam syafi'i )

*“ Ilmu itu adalah pengertian dari hasil penelitian, jalan mencapai tujuan, makrifat untuk membuka tabir hakikat, landasan perbuatan dan tindakan, daya pikir dalam mencapai kebenaran dan motor kehidupan yang disinari iman dalam melaksanakan amal bakti kepada Allah Ar-rahman “.*

( Barda,abu )

*“ Jangan banyak berpikir, salah satu saja sudah, ilmu dan ibadah satukan saja.*

*Disitu ada konsentrasi disitu ada sukses “.*

( Imam Al-ghazali )



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

PRAKATA

LEMBAR PERSEMBAHAN

MOTTO

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR SIMBOL

ABSTRAK

**BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Pendahuluan.....	5
2.2. Gambaran Penelitian Terdahulu.....	6

### **BAB III LANDASAN TEORI**

3.1. MATLAB.....	8
3.2. SAP'90.....	9
3.3. Beban Gempa Rencana.....	10
3.4. Analisis Dinamis.....	11
3.4.1. Struktur Derajat Kebebasan Tunggal ( <i>SDOF</i> ).....	12
3.4.2. Struktur Derajat Kebebasan Banyak ( <i>MDOF</i> ).....	14
3.4.3. Nilai Karakteristik ( <i>Eigen Problem</i> ).....	17
3.4.4. Frekuensi Sudut dan Normal Mode.....	19
3.4.5. Modal Amplitudo.....	21
3.4.6. Gaya Horizontal Tingkat.....	24
3.5. Persamaan Gerak Akibat Beban Gempa.....	25
3.6. Jenis-jenis Simpangan dan Efeknya Terhadap Kerusakan Struktur.....	26
3.7. Loncatan Bidang Muka ( <i>Setback</i> ).....	28
3.8. Perencanaan Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ).....	29

### **BAB IV METODE PENELITIAN**

4.1. Data Struktur dan Parameter Bahan.....	37
4.2. Model Struktur.....	38
4.3. Waktu Penelitian.....	40
4.4. Tahap Analisis.....	40

### **BAB V PERHITUNGAN STRUKTUR**

5.1. Asumsi Dimensi Dinding Geser Kiri Variasi II .....	46
---	----

5.2. Asumsi Dimensi Dinding Geser Kanan Variasi II.....	48
5.3. Perhitungan Pembebanan.....	50
5.3.1. Pembebanan Beban Atap dan Lantai.....	51
5.3.2. Berat Bangunan Total pada Variasi II.....	51
5.4. Membentuk Matriks Massa dan Matriks Kekakuan tiap Lantai Variasi II.....	55
5.5. Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi.....	58
5.5.1. Beban Merata Ekuivalen untuk Portal Arah-Y.....	59
5.5.2. Beban Merata Ekuivalen untuk Portal Arah-X.....	66
5.6. Proses dan Hasil SAP'90.....	69
<b>BAB VI DESAIN DINDING GESER</b>	
6.1. Desain Dinding Geser Kiri.....	73
6.1.1. Penulangan Lentur.....	75
6.1.2. Kapasitas Lentur Dinding Geser.....	77
6.1.3. Perencanaan Geser.....	78
6.2. Desain Dinding Geser Kanan.....	80
6.2.1. Penulangan Lentur.....	82
6.2.2. Kapasitas Lentur Dinding Geser.....	84
6.2.3. Perencanaan Geser.....	85
<b>BAB VII HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
7.1. Analisis.....	88
7.2. Simpangan Relatif Dinding Geser.....	88
7.3. Momen Torsi pada Dinding Geser.....	91

7.4. Momen Lentur pada Dinding Geser.....	92
7.5. Gaya geser pada Dinding Geser.....	93

**BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN**

8.1 Kesimpulan.....	95
8.2 Saran.....	96

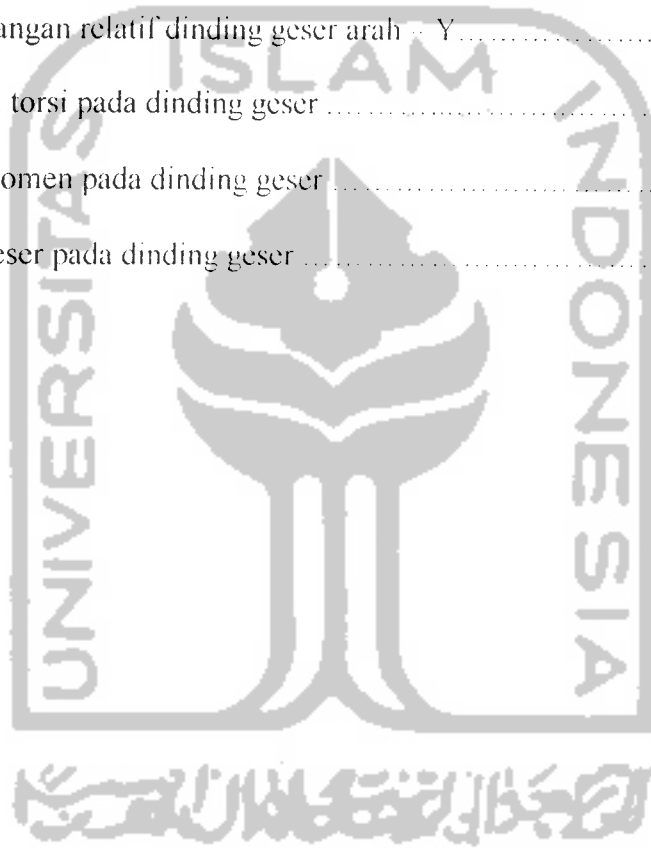
**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Berat tiap lantai .....	54
Tabel 5.2 Massa tiap lantai variasi II .....	55
Tabel 5.3 Gaya horisontal tiap variasi .....	58
Tabel 5.4a Simpangan relatif dinding geser arah - X.....	70
Tabel 5.4b. Simpangan relatif dinding geser arah - Y.....	70
Tabel 5.5 Momen torsi pada dinding geser .....	71
Tabel 5.6 Gaya momen pada dinding geser .....	71
Tabel 5.7 Gaya geser pada dinding geser .....	72



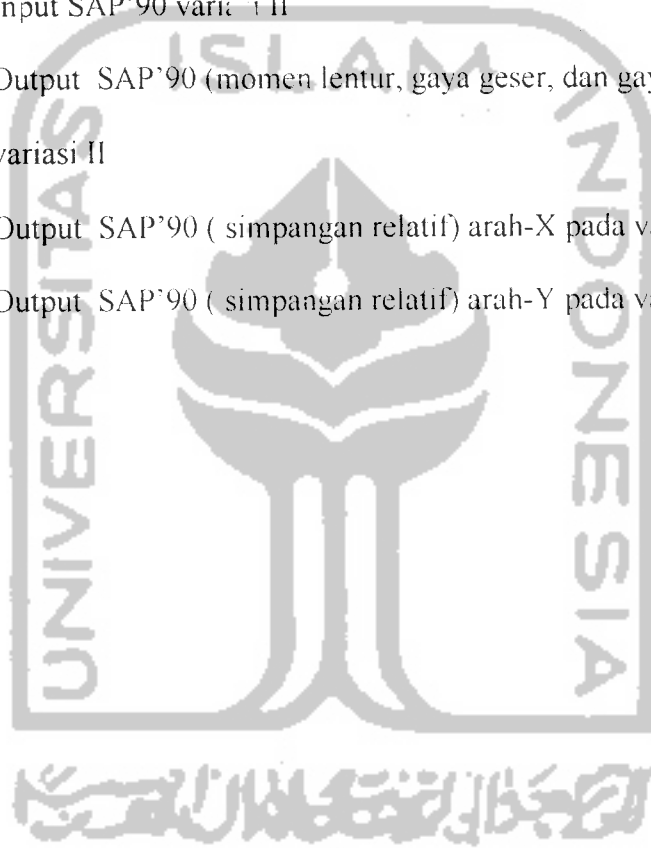
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Struktur yang disederhanakan .....	12
Gambar 3.2	Struktur SDOF .....	13
Gambar 3.3	Struktur MDOF .....	15
Gambar 3.4	Koefisien gempa dasar wilayah III.....	23
Gambar 3.5	Sistem derajat kebebasan tunggal dengan beban gempa .....	26
Gambar 3.6	Model struktur dengan jenis-jenis simpangannya .....	28
Gambar 3.7	Loncatan bidang muka .....	29
Gambar 3.8	Dinding geser .....	30
Gambar 3.9.a.	Rasio daktilitas .....	32
Gambar 3.9.b.	Hubungan daktilitas dengan ketebalan kritis dinding .....	32
Gambar 3.10	Bidang momen dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan .....	33
Gambar 3.11	Bidang gaya geser perlu pada dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan .....	36
Gambar 4.1	Variasi Loncatan Bidang Muka.....	39
Gambar 4.2	Diagram alir Tahapan Perhitungan Gaya Horisontal.....	41
Gambar 4.3	Lanjutan diagram alir Tahapan Perhitungan Gaya Horisontal.....	42
Gambar 4.4	Diagram alir program SAP'90 .....	43
Gambar 4.5	Diagram Alir pengerjaan .....	44
Gambar 5.1	Dimensi dinding geser kiri.....	48
Gambar 5.2	Dimensi dinding geser kanan .....	50

Gambar 5.3	Pembagian pembebanan pada salah satu portal .....	50
Gambar 5.4	Pembagian beban merata as-A.....	59
Gambar 5.5	Perhitungan beban merata ekuivalen as -A.....	59
Gambar 5.6	Beban mati dan beban hidup as -A.....	61
Gambar 5.7	Beban mati dan beban hidup as -E.....	61
Gambar 5.8	Pembagian pembebanan pada as -B.....	62
Gambar 5.9	Beban mati dan beban hidup as -B.....	64
Gambar 5.10	Beban mati dan beban hidup as -D.....	64
Gambar 5.11	Pembagian beban merata pada as -C.....	65
Gambar 5.12	Beban mati dan beban hidup as -C.....	66
Gambar 5.13	Pembagian beban merata pada as -III.....	66
Gambar 5.14	Beban mati dan beban hidup pada as - I & III.....	67
Gambar 5.15	Pembagian beban merata pada as - II.....	68
Gambar 5.16	Beban mati dan beban hidup pada as - II.....	69
Gambar 6.1	Dimensi dinding geser kiri .....	74
Gambar 6.2	Penempatan tulangan <i>boundary elements</i> dan tulangan lentur .....	80
Gambar 6.3	Dimensi dinding geser kanan .....	81
Gambar 6.4	Penempatan tulangan <i>boundary elements</i> dan tulangan lentur .....	87
Gambar 7.1	Simpangan relatif dinding geser arah - X.....	89
Gambar 7.2	Simpangan relatif dinding geser arah - Y .....	90
Gambar 7.3	Momen torsi dinding geser .....	92
Gambar 7.4	Momen lentur dinding geser.....	93
Gambar 7.5	Gaya geser dinding geser .....	94

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kartu peserta tugas akhir
- Lampiran 2 Perhitungan gaya horizontal arah-X variasi II
- Lampiran 3 Perhitungan gaya horizontal arah-Y variasi II
- Lampiran 4 Input SAP'90 variasi II
- Lampiran 5 Output SAP'90 (momen lentur, gaya geser, dan gaya torsi) pada variasi II
- Lampiran 6 Output SAP'90 ( simpangan relatif) arah-X pada variasi II
- Lampiran 7 Output SAP'90 ( simpangan relatif) arah-Y pada variasi II





## DAFTAR SIMBOL

$A_g$	luas total dari dinding geser
$A_V$	luas tulangan geser
$A_{nb}$	luas <i>boundary elements</i>
$b_c$	tebal dinding geser kritis
$b_w$	tebal dinding geser
$c$	redaman
$[C]$	matriks redaman
$C$	koefisien gempa dasar
$E$	modulus elastisitas
$E_c$	modulus elastisitas pada beton
$f'_c$	kuat tekan beton
$f_s$	kuat leleh tulangan yang dihitung pada beban kerja
$f_y$	kuat leleh baja tulangan yang disyaratkan
$F_D(t)$	gaya redaman
$F_M(t)$	gaya inersia
$F_S(t)$	gaya tarik/desak
$F(t)$	beban dinamik
$h_w$	tinggi dinding geser
$h_s$	tinggi bangunan total
$h_l$	tinggi lantai pertama
$I$	momen inersia penampang
$k$	kekakuan
$[K]$	matriks kekakuan

$l_w$	panjang dinding geser
$m$	massa
$[M]$	matriks massa
$M_{D,d}$	momen lentur dinding geser akibat beban mati
$M_{E,d}$	momen lentur dinding geser akibat beban gempa
$M_{L,d}$	momen lentur dinding geser akibat beban hidup tereduksi
$P_u$	beban aksial maksimal pada dinding geser
$s$	jarak tulangan geser
$T$	periode
$V_c$	kontribusi beton di dalam dinding geser
$V_E$	gaya geser maksimal dinding geser akibat beban gempa tak berfaktor pada penampang dasar
$V_u$	gaya geser perlu dinding geser
$V_{wall}$	gaya geser rencana dinding geser
$y(t)$	simpangan
$\dot{y}(t)$	kecepatan
$\ddot{y}(t)$	percepatan
$y_g(t)$	simpangan tanah
$y_i(t)$	simpangan absolut
$y_j(t)$	simpangan relatif struktur
$\ddot{y}_g(t)$	percepatan tanah
$\omega$	frekuensi sudut
$\phi_{ij}$	normal mode dengan nomor massa $i$ dan nomor mode ke- $j$
$\Gamma$	faktor partisipasi

## ABSTRAK

Bentuk struktur yang terus berkembang tidak hanya menuntut fungsi bangunan, tetapi juga terus mempunyai nilai seni atau artistik sehingga sering ditemui bangunan yang tidak simetris sebagai konsekuensi dari nilai seni tersebut. Realita di lapangan bangunan asimetris banyak dijumpai, salah satu contoh adalah bangunan dengan loncatan bidang muka (setback).

Dalam penelitian ini akan dianalisis seberapa besar pengaruh variasi loncatan bidang muka terhadap simpangan relatif, gaya geser, momen torsi, dan momen lentur yang terjadi pada dinding geser. Metode yang dilakukan adalah memvariasikan loncatan bidang muka pada bangunan 12 lantai dari 33%B, 67%B, 100%B, dan 133%B serta dibandingkan terhadap bangunan 0%B (tanpa setback).

Proses analisis dinamis dilakukan dengan menggunakan program komputer yang merupakan aplikasi dari fasilitas program MATLAB 5.3. realease II. Selanjutnya hasil program MATLAB berupa gaya horizontal diproses kedalam program SAP'90 untuk mendapatkan simpangan relatif, gaya geser, momen torsi, dan momen lentur.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa simpangan relatif arah-X yang terkecil terjadi pada variasi I atau terjadi penurunan sebesar 10,62%. Momen torsi terkecil terjadi pada variasi I sebesar 127,13 kgm atau terjadi kenaikan sebesar 809,045% dari variasi nol yang memiliki torsi hampir mendekati nol. Sedangkan gaya geser terkecil terjadi pada variasi IV sebesar 41620,131 kgm atau terjadi penurunan sebesar 49,07%. Hal ini disebabkan pada variasi IV memiliki kekakuan dan massa yang terkecil. Untuk simpangan relatif dan momen lentur akibat variasi loncatan bidang muka terjadi perubahan yang fluktuatif. Jika dilihat dari simpangan relatif arah-X serta momen lentur yang terjadi, maka penempatan setback pada variasi III belum maksimum. Bila dilihat dari simpangan relatif arah-Y, momen lentur dan gaya geser yang terjadi pada variasi IV merupakan bangunan yang penempatan setbacknya optimum.

UIN Ar-Raniry

# BAB I

## PENDAHULUAN

Untuk memudahkan pemahaman hal-hal yang berhubungan dengan penelitian ini, maka pada pendahuluan ini dijelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah.

### 1.1 Latar belakang

Perancangan gedung bertingkat banyak (*multy storey building*) harus memperhitungkan beban-beban yang dominan. Selain beban mati dan beban hidup, beban yang harus diperhitungkan adalah beban gempa. Beban gempa merupakan salah satu beban sementara yang penting untuk diperhitungkan bagi struktur di daerah rawan gempa.

Indonesia termasuk salah satu daerah rawan gempa yang ditandai dengan bertemunya empat plat tektonik dunia di sekitar kepulauan Maluku. Oleh karena itu, para teknisi dan arsitek harus memberikan perhatian yang serius baik terhadap sifat-sifat gempa, pengaruhnya pada struktur, maupun perancangan struktur tahan gempa.

Selama gempa bumi, bangunan mengalami gerakan vertikal dan gerakan horisontal. Dari kedua gaya ini, gaya dalam arah vertikal hanya sedikit mengubah gaya gravitasi yang bekerja pada struktur, sedangkan struktur biasanya direncanakan terhadap gaya vertikal dengan faktor keamanan yang memadai. Oleh sebab itu, struktur umumnya jarang sekali runtuh akibat gaya gempa vertikal, kecuali di wilayah

yang dekat dengan sumber gempa. Sedangkan gaya gempa horisontal memperlemah titik-titik pada struktur yang kekuatannya tidak memadai, dan dapat menyebabkan keruntuhan/kegagalan (*failure*). Atas dasar alasan ini, prinsip utama dalam perancangan tahan gempa ialah meningkatkan kekuatan struktur terhadap gaya lateral yang umumnya tidak memadai.

Sistem struktur utama yang dipakai untuk meningkatkan daya tahan terhadap gempa (terutama daya tahan horisontal) dari gedung bertingkat banyak adalah portal terbuka (*open frame*), portal dinding (*walled frame*), dinding geser (*shear wall*) dan portal dengan penyokong diagonal (*diagonally-braced frames*) (Muto, 1987).

Dalam perancangan bangunan tahan gempa keberadaan dinding geser berfungsi sebagai penahan gaya horisontal beban gempa sehingga bangunan terhindar dari bahaya keruntuhan. Fungsi dinding geser tidak hanya mengurangi defleksi pada bagian-bagian struktur seperti pertemuan antara balok dan kolom, tetapi juga menjamin tidak berpindahannya posisi sendi plastis sebelum runtuh. Disamping itu dinding geser juga mempunyai kemampuan melindungi komponen nonstruktur, seperti penyimpangan relatif antar tingkat yang lebih kecil dibandingkan portal terbuka (Muto, 1987)

Dalam menahan beban lateral, dinding geser akan mengalami deformasi lentur, deformasi geser dan deformasi akibat rotasi pondasi. Pengaruh deformasi lentur sangat besar pada dinding bertingkat banyak dan menyebabkan ketegaran di tingkat atas akan berkurang (Muto, 1987).

Disamping itu struktur dinding geser mempunyai kekuatan untuk menahan gaya horisontal yang cukup besar dan mempunyai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan kolom sehingga memberikan kekakuan tambahan terhadap

struktur secara keseluruhan. Kekakuan yang cukup besar diharapkan dapat mengendalikan simpangan lateral yang terjadi (Widodo, 1998).

Bentuk struktur yang terus berkembang tidak hanya menuntut fungsi bangunan, tetapi juga terus mempunyai nilai seni atau artistik sehingga sering ditemui bangunan yang tidak simetris sebagai konsekuensi dari nilai seni tersebut. Bangunan yang asimetris akan memberikan pekerjaan tambahan pada perhitungan kekuatan struktur dengan adanya torsi pada bangunan. Realita di lapangan bangunan asimetris banyak dijumpai, maka pada penelitian ini akan sangat menarik bila menganalisa bentuk bangunan yang asimetris pada bangunan tingkat banyak dengan variasi loncatan bidang muka (*set back*).

## **1.2 Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang yang ada peneliti merumuskan sebuah masalah yaitu seberapa besar pengaruh variasi loncatan bidang muka terhadap simpangan relatif, gaya geser, momen torsi, dan momen lentur yang terjadi pada dinding geser.

## **1.3 Tujuan penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi loncatan bidang muka pada dinding geser dalam menahan beban lateral dan beban gravitasi dengan menggunakan analisis dinamis tiga dimensi.

## **1.4 Manfaat penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memahami perhitungan dan mengetahui perilaku dinding geser akibat loncatan bidang muka. Diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan acuan.

### 1.5 Batasan masalah

1. Model struktur berupa gedung dengan tinggi bangunan 48 meter terdiri dari empat variasi loncatan bidang muka.
2. Struktur yang dianalisis dianggap berperilaku *shear building*.
3. Sistem penahan gaya gempa adalah dinding geser menerus.
4. Bentuk struktur asimetris sehingga pusat kekakuan struktur tidak berhimpit dengan pusat massa, maka terjadi torsi pada struktur.
5. Analisis struktur menggunakan pendekatan linier elastis.
6. Analisis struktur dilakukan secara tiga dimensi.
7. Analisis pembebanan dinamis dan beban gempa dihitung dengan program MATLAB ( *version 5.3*).
8. Untuk analisis struktur digunakan program SAP<sup>90</sup> ( *version 5.40*).
9. Penyelesaian beban dinamis dengan metoda respon spektrum wilayah gempa III, seperti yang tercantum dalam buku (PPKGRG,1987).
10. Deformasi akibat rotasi pondasi diabaikan.
11. Dukungan struktur dianggap jepit.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka merupakan salah satu kerangka teoritis yang memuat penelitian sebelumnya yang digunakan untuk menyusun konsep dan langkah-langkah penelitian sebagai kelanjutan atau penyempurnaan sekaligus menghindari duplikasi dari penelitian sebelumnya. Dengan demikian penelitian yang dilakukan ini mempunyai landasan teori yang kuat dan diharapkan memberikan hasil yang optimal. Pada bab ini akan dijelaskan tentang pendahuluan, dan gambaran penelitian terdahulu.

#### **2.1 Pendahuluan**

Dinding geser daktail adalah suatu dinding tanpa lubang-lubang yang mempunyai pengaruh penting terhadap perilaku dari struktur gedung yang bersangkutan, dan baru akan runtuh secara daktail setelah beberapa dari tulangan vertikalnya meleleh dalam tarikan akibat momen (Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1987).

Dinding geser adalah komponen struktur yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan menahan gaya-gaya lateral (Yayasan LPMB, 1991).

Pemberian dinding geser pada bangunan akan memperkecil momen tambahan, gaya geser dan gaya aksial yang terjadi pada balok dan kolom akibat beban lateral sehingga dimensi balok dan kolom dapat diperkecil. Rasio antara tinggi dan lebar dinding geser akan mempunyai arti yang sangat penting. Apabila rasio terlalu besar



(lebar dinding geser relatif kecil), maka struktur dinding kurang memiliki kekakuan yang cukup serta diperlukan baja tulangan yang cukup besar. Untuk memenuhi keseimbangan gaya desak maka luas beton desak yang diperlukan cukup besar. Akibatnya lengan momen antara gaya desak dan gaya tarik menjadi relatif kecil. Karena lengan momen relatif kecil maka kadang-kadang keseimbangan momen sulit diperoleh sehingga diperlukan kemampuan desak maupun tarik baja yang relatif besar dan struktur berperilaku secara dominan terhadap gaya momen (Widodo, 1998).

## 2.2 Gambaran Penelitian Terdahulu

Analisis dan perencanaan tentang penulangan struktur dinding geser dengan program SAP'90 2D, serta efektifitas dinding geser dalam menahan beban gempa pada bangunan bertingkat banyak. Pada penelitian tersebut didesain penulangan dinding geser pada beberapa struktur dengan jumlah tingkat yang berbeda-beda. Hasil yang diperoleh adalah dalam perencanaan dinding geser, rasio antara tinggi dan lebar dari dinding geser mempunyai aspek rasio yang kecil sehingga dinding geser mempunyai kekakuan yang lebih dan perilaku dinding geser lebih didominasi oleh geser (Syafuruddin dan Iryawan, 1999). Dalam penelitian ini belum membahas analisis secara dinamis dengan program SAP'90 3D serta variasi tinggi luncatan bidang muka.

Penelitian tentang pengaruh kekakuan balok pondasi pada struktur dinding geser dengan program bantu SAP'90 3D, yang membahas rasio tinggi dan lebar dinding geser yang ekonomis serta pengaruh variasi kekakuan balok pondasi terhadap dinding geser (Subandi dan Hartanto, 2000). Dalam penelitian ini belum membahas analisis strukturnya secara dinamis serta variasi tinggi luncatan bidang muka.

Fatiana dan Sri (2000) melakukan analisis respon elastis struktur dinding geser berpasangan dengan metode spektrum respon. Pada penelitiannya meninjau dinding

geser kopel dengan variasi dimensi balok kopel akibat beban gempa dengan menggunakan metode spektrum respon. Dalam penelitian ini belum membahas variasi loncatan bidang muka.

Pada penelitian ini akan menganalisis perilaku dinding geser pada bangunan dengan variasi loncatan bidang muka akibat beban gempa dengan menggunakan analisis dinamis secara 3D yang selama ini belum pernah diteliti.



## BAB III

### LANDASAN TEORI

Landasan teori adalah teori-teori yang dipakai untuk pemecahan masalah dan merumuskan hipotesis pada suatu penelitian ilmiah. Bab ini berisi tentang, program MATLAB, program SAP'90, beban gempa rencana, analisis dinamis, persamaan gerak akibat beban gempa, loncatan bidang muka, dan perencanaan dinding geser.

#### 3.1 MATLAB

Program MATLAB versi pertama ditulis oleh Universitas Meksiko dan Universitas Stanford pada akhir tahun 1970, yang tujuannya untuk penghitungan matrik, algoritma linier dan analisis numerik. MATLAB merupakan suatu program pengembangan dari program Fortran yang digunakan dalam perhitungan matriks. MATLAB mempunyai kemampuan yang tinggi dalam penghitungan teknik. Perhitungan dalam bidang teknik ini meliputi penghitungan integral, visualisasi dan program yang mudah digunakan dalam penyelesaian masalah matematika yang umum. Masalah matematika tersebut meliputi :

1. matematika dan perhitungan,
2. pengembangan algoritma,
3. model matematika, simulasi, prototipe,
4. analisis data, pengembangan, visualisasi,

5. pembuatan grafik, dan
6. pengembangan aplikasi termasuk grafik yang digunakan dalam perhitungan struktur.

### 3.2 SAP'90

SAP'90 (*Struktural Analysis Program*) adalah program aplikasi komputer yang digunakan untuk menganalisis suatu struktur terutama pada bidang teknik sipil. Program ini merupakan hasil riset suatu tim yang dipimpin oleh Prof. Edward L. Wilson dari Universitas California, Berkeley. Pada bidang teknik sipil, program SAP'90 ini membantu dalam menganalisis dan merancang struktur dengan tingkat kesukaran yang tinggi (struktur yang kompleks atau bertingkat banyak). Dari analisis program, dapat diketahui gaya geser, momen lentur, momen torsi dan simpangan. Program SAP'90 dapat digunakan untuk mendesain struktur dua dimensi maupun tiga dimensi ( Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, 1996 ).

Program yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah program SAP'90 karena program tersebut mudah diaplikasikan serta dapat digunakan untuk menganalisis beban statis dan dinamis dengan ketepatan yang tinggi, sehingga dapat diketahui perilaku struktur yang dianalisis secara akurat. Kelebihan program ini dari program yang sejenis seperti MICROFEAP adalah program SAP'90 menyediakan fasilitas yang berupa *shell*, *combo* dan analisis dinamis. Sedangkan pada program MICROFEAP hal tersebut belum tersedia ( Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, 1996 ).

Langkah awal dalam pemakaian SAP'90 adalah pemodelan struktur. Pemodelan struktur ini diusahakan mendekati kondisi struktur yang akan dianalisis

atau mewakili perilaku struktur yang sebenarnya, agar hasil perhitungan cukup mendekati dan dapat dikerjakan. Adapun pemodelan suatu struktur meliputi:

1. penentuan koordinat *joint* sebagai batas elemen,
2. penentuan orientasi elemen dalam koordinat struktur, dan
3. penentuan sifat penampang elemen dan elastisitas.

### 3.3 Beban gempa rencana

Gempa menggoncangkan gedung pada arah tiga dimensi yaitu dua arah horisontal dan satu arah vertikal. Gaya vertikal kadang-kadang sampai dua pertiga gaya horisontalnya walaupun demikian gaya vertikal itu dianggap tidak ada karena pemberian angka keamanan pada beban mati ditambah beban hidup yang pembesaran gaya batang akibat beban arah vertikal tidak berpengaruh karena sudah cukup besar yaitu :

- a. untuk beban mati dan beban hidup

$$U_1 = 1,2U_D + 1,6U_L$$

- b. Jika diberi beban gempa

$$U_2 = 1,05 (U_D + U_{LR} + U_E)$$

dengan:

$$U_D = \text{beban mati,}$$

$$U_L = \text{beban hidup,}$$

$$U_{LR} = \text{beban hidup tereduksi dan}$$

$$U_E = \text{beban gempa.}$$

### 3.4 Analisis Dinamis

Problem struktur dinamis berbeda secara mendasar dengan statis. Perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan sifat bebannya. Dalam hal ini, beban statis tidak akan mengalami perubahan intensitas, maka penyelesaian problem statis merupakan penyelesaian tunggal, artinya penyelesaian cukup dilakukan sekali saja.

Beban dinamis merupakan fungsi berubah menurut waktu. Oleh karena itu penyelesaian problem ini merupakan fungsi dari waktu yang mana solusi selengkapnya dapat dikerjakan secara berulang-ulang bergantung pada fungsi waktu yang ditinjau.

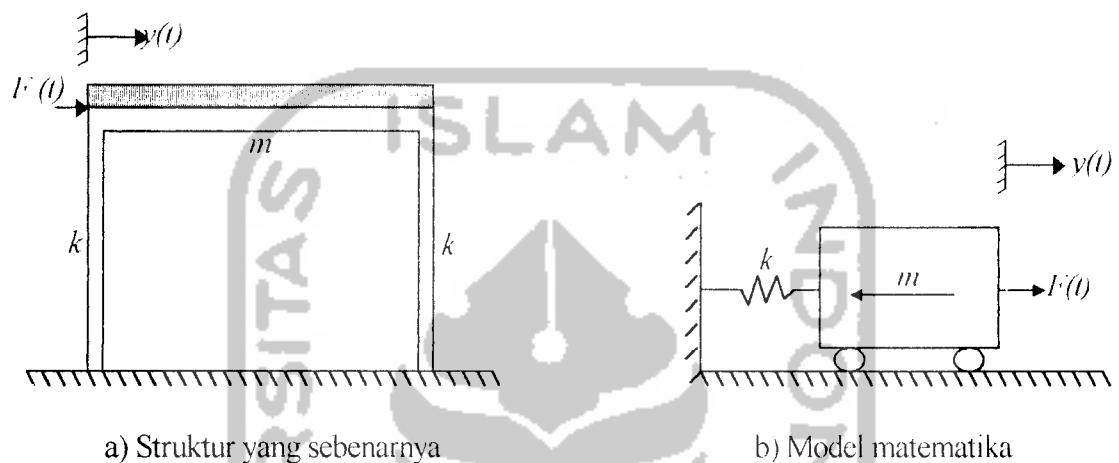
Analisis dinamis menentukan gaya geser tingkat akibat gerakan tanah oleh gempa dan dapat dilakukan dengan cara analisis spektrum respon (*spectral response analysis*) dan analisis respon riwayat waktu (*time history response analysis*). Bagian gaya geser tingkat tersebut adalah untuk menggantikan pembagian yang didapat dari analisis statis ekuivalen untuk gedung-gedung yang tidak memerlukan analisis dinamis.

Dalam Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung pasal 2.5 disebutkan bahwa analisis dinamis harus dilakukan untuk struktur sebagai berikut:

1. gedung-gedung yang strukturnya sangat tidak beraturan (titik berat berjauhan dengan pusat kekakuan ),
2. gedung-gedung dengan loncatan bidang muka yang besar (bagian atas gedung ada dimensinya yang mengecil),
3. gedung-gedung dengan tingkat kekakuan yang tidak seragam akibat dari (2) atau dimensi kolom yang bervariasi tiap tingkat.

4. gedung-gedung yang lebih tinggi dari 40 meter, dan
5. gedung-gedung yang bentuk, ukuran, dan penggunaannya tidak umum.

Hubungan antara struktur yang sesungguhnya dengan representasi secara matematik disebut model matematika, sebagai contoh seperti Gambar 3.1.

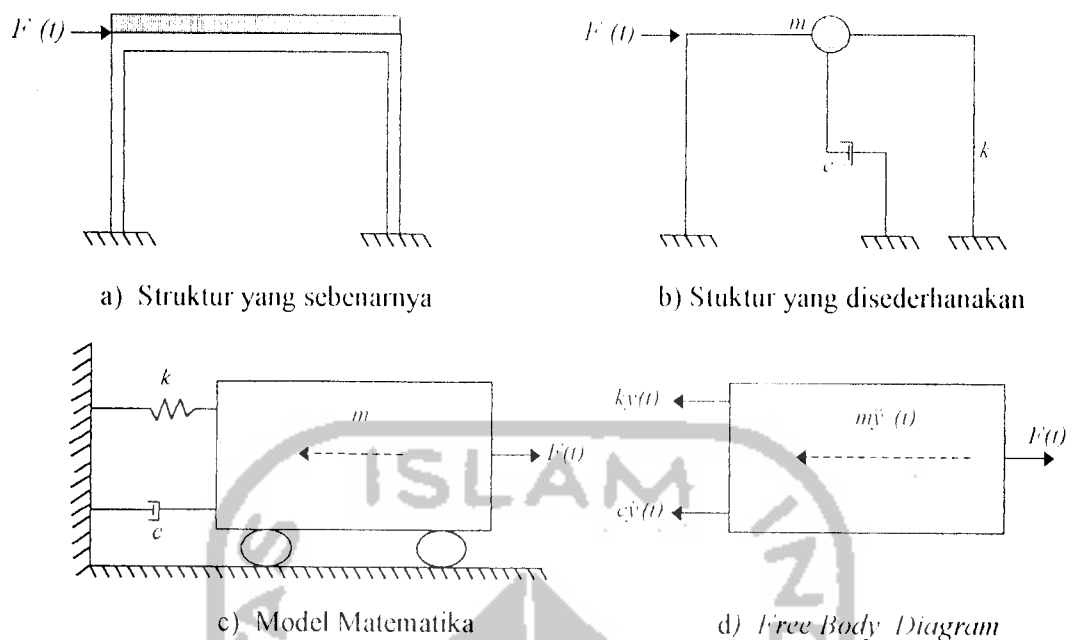


Gambar 3.1 Struktur yang disederhanakan

### 3.4.1 Struktur Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF)

Struktur dengan derajat kebebasan tunggal (SDOF) berarti hanya ada satu koordinat yang diperlukan untuk menyatakan posisi suatu massa pada saat tertentu. Jumlah derajat kebebasan biasanya dapat dikaitkan dengan jumlah massa, artinya suatu struktur lima tingkat akan mempunyai lima massa dan mempunyai lima derajat kebebasan dengan anggapan bahwa struktur berperilaku seperti *shear building*.

Struktur dengan derajat kebebasan tunggal atau *single degree of freedom* (SDOF) berarti hanya akan mempunyai satu massa. Salah satu contoh yang dapat dipakai adalah seperti Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Struktur SDOF

$F(t)$  pada gambar a) adalah beban dinamis yang merupakan fungsi dari waktu, sedangkan gambar b) adalah penyederhanaan struktur atau struktur yang diidealkan agar dapat ditelaah secara matematika. Simbol-simbol  $m$ ,  $c$  dan  $k$  seperti yang tampak pada gambar di atas sebagaimana penjelasan berikut ini.

$m$  = massa struktur yang diidealkan menggumpal pada satu tempat (*lump mass*) termasuk berat kolom dan bagian-bagian struktur yang lain.

$c$  = sistem peredam (*damper*) yaitu suatu sistem yang mampu menyerap/melepaskan sejumlah energi pada saat terjadi getaran.

$k$  = kekakuan struktur yang dimanifestasikan oleh kekakuan kolom apabila struktur tersebut mendapat pembebanan horisontal dan

$F(t)$  = beban dinamis.



Berdasarkan keseimbangan dinamis menurut *free body diagram* pada Gambar 3.2 di atas maka

$$F_M(t) + F_D(t) + F_S(t) = F(t), \text{ dan} \quad (3.1)$$

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

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

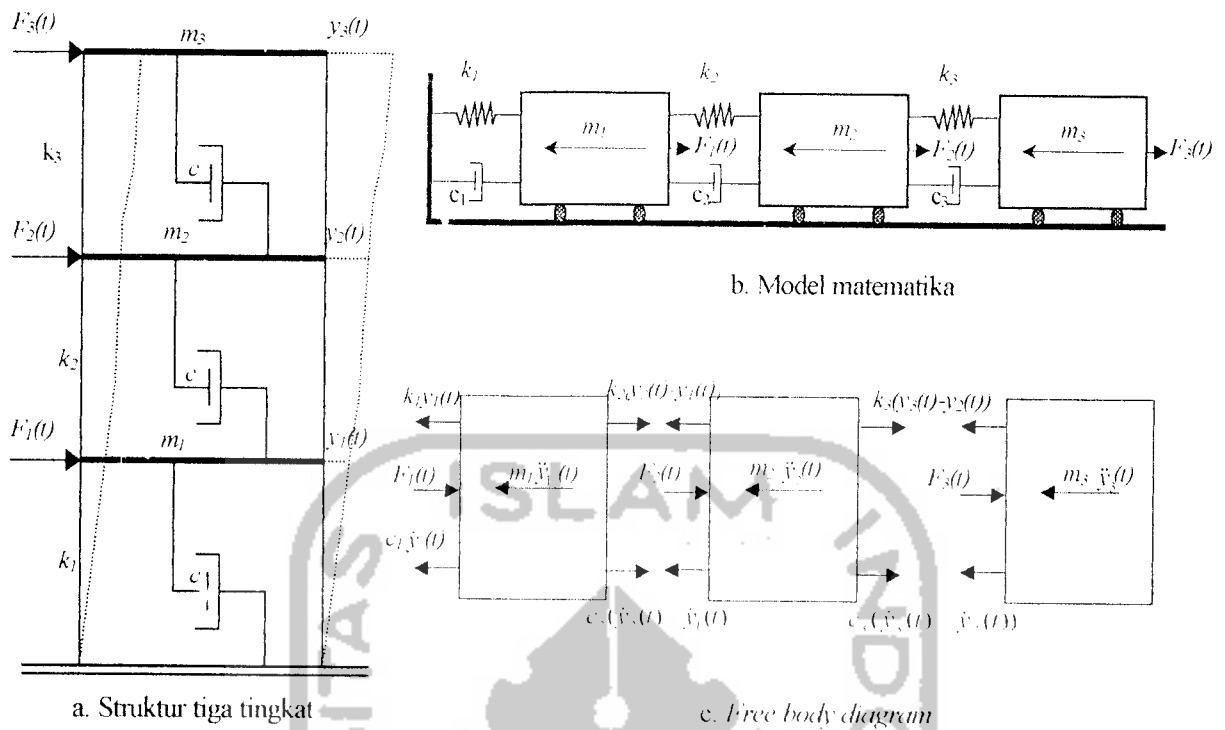
Persamaan (3.2) dapat ditulis menjadi

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

Persamaan (3.3) disebut persamaan diferensial gerakan (*differential equation of motion*) pada struktur dengan derajat kebebasan tunggal.

### 3.4.2 Struktur Derajat Kebebasan Banyak (MDOF)

Pada struktur bangunan gedung bertingkat banyak, umumnya massa struktur dapat dikumpulkan pada setiap lantai (*lump mass*), sehingga struktur yang semula berderajat kebebasan tak terhingga dapat disederhanakan menjadi struktur dengan derajat kebebasan terbatas. Model struktur yang dipakai seperti tampak pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Struktur MDOF

Pada struktur bangunan gedung tingkat tiga, struktur mempunyai tiga derajat kebebasan. Dengan demikian struktur yang mempunyai n-tingkat berarti struktur mempunyai n-derajat kebebasan dan n-modes. Selanjutnya didapat persamaan-persamaan gerak bangunan berlantai tiga yang berasal dari masing-masing *free body diagram*. Dengan menyamakan jumlah gaya-gaya yang bekerja pada setiap massa sama dengan nol, maka:

$$m_1 \ddot{y}_1(t) + c_1 \dot{y}_1(t) + k_1 y_1(t) - k_2 (y_2(t) - y_1(t)) - c_2 (\dot{y}_2(t) - \dot{y}_1(t)) - F_1(t) = 0 \quad (3.4a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2(t) + c_2 (\dot{y}_2(t) - \dot{y}_1(t)) + k_2 (y_2(t) - y_1(t)) - k_3 (y_3(t) - y_2(t)) - c_3 (\dot{y}_3(t) - \dot{y}_2(t)) - F_2(t) = 0 \quad (3.4b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3(t) + c_3 (\dot{y}_3(t) - \dot{y}_2(t)) + k_3 (y_3(t) - y_2(t)) - F_3(t) = 0 \quad (3.4c)$$

Dengan menyusun persamaan di atas menurut parameter yang sama (percepatan, kecepatan dan simpangan), maka persamaan (3.4) dapat ditulis

$$m_1 \ddot{y}_1(t) + c_1 \dot{y}_1(t) + k_1 y_1(t) - k_2 (y_2(t) - y_1(t)) - c_2 (y_2(t) - y_1(t)) = F_1(t) \quad (3.5a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2(t) + c_2 (y_2(t) - y_1(t)) + k_2 (y_2(t) - y_1(t)) - k_3 (y_3(t) - y_2(t)) - c_3 (y_3(t) - y_2(t)) - F_2(t) \quad (3.5b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3(t) + c_3 (y_3(t) - y_2(t)) + k_3 (y_3(t) - y_2(t)) = F_3(t) \quad (3.5c)$$

Selanjutnya persamaan (3.5) dapat ditulis menjadi matriks:

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

Yang mana  $[M]$ ,  $[C]$  dan  $[K]$  berturut-turut adalah matriks massa, matriks redaman dan matriks kekakuan. Untuk massa tiap lantai dihitung dengan rumus:

$$m_i = \frac{W_{t_i}}{g} \quad (3.7)$$

dengan,  $m_i$  = massa lantai (kg),

$W_{t_i}$  = berat total lantai  $i$  (kg), dan

$g$  = percepatan gravitasi 9,81 m/det<sup>2</sup>.

untuk perhitungan kekakuan dapat dilihat sebagai berikut ini.

$$k_i = \frac{12EI}{h_i^3} \quad (3.8)$$

dengan,  $k_i$  = kekakuan tingkat  $i$  (kg/m)

$E$  = modulus elastisitas (kg/cm<sup>2</sup>)

$I$  = momen inersia (cm<sup>4</sup>)

$h_i$  = tinggi tingkat  $i$  (m)

Selanjutnya matriks massa, matriks redaman, dan matriks kekakuan dapat ditulis menjadi:

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \quad [C] = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 \\ 0 & -c_3 & c_3 \end{bmatrix}$$

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

Sedangkan  $\{\ddot{y}(t)\}$ ,  $\{\dot{y}(t)\}$ ,  $\{y(t)\}$  dan  $\{F(t)\}$  masing-masing adalah vektor percepatan, vektor kecepatan, vektor simpangan, dan vektor beban.

### 3.4.3 Nilai Karakteristik (*Eigen Problem*)

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

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

Pada getaran bebas untuk struktur dengan derajat kebebasan banyak, maka persamaan diferensial geraknya adalah seperti pada persamaan (3.6) dengan nilai  $\{I'_{(0)}\}$  sama dengan nol, yaitu:

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

Frekuensi sudut pada struktur dengan redaman (*damped frekuensi*) nilainya hampir sama dengan frekuensi pada struktur tanpa redaman, bila nilai rasio redaman cukup kecil dan diadopsi untuk struktur dengan derajat kebebasan banyak. Untuk nilai  $[C] = 0$ , persamaan (3.9) menjadi :

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

Persamaan (3.10) adalah persamaan diferensial pada struktur MDOF yang dianggap tidak mempunyai redaman, maka penyelesaian persamaan tersebut diharapkan dalam fungsi harmonik. Penyelesaian persamaan (3.10) dalam fungsi harmonik dapat ditulis menurut bentuk:

$$y(t) = \{\phi\}_j \sin(\omega t), \quad (3.11a)$$

$$\dot{y}(t) = \omega \{\phi\}_j \cos(\omega t), \text{ dan} \quad (3.11b)$$

$$\ddot{y}(t) = -\omega^2 \{\phi\}_j \sin(\omega t). \quad (3.11c)$$

Dengan  $\{\phi\}_j$  adalah suatu ordinat massa pada mode ke- $j$ . Persamaan (3.11) disubstitusikan kedalam persamaan (3.10), sehingga akan diperoleh:

$$-\omega^2 [M] \{\phi\}_j \sin(\omega t) + [K] \{\phi\}_j \sin(\omega t) = 0, \text{ atau}$$

$$([K] - \omega^2 [M]) \{\phi\}_j = 0. \quad (3.12)$$

Persamaan (3.12) adalah persamaan *eigen problem*.

Persamaan simultan yang homogen maupun tidak homogen dapat diselesaikan dengan memakai dalil atau hukum *Cramer* (1704-1752). Dalil tersebut menyatakan bahwa penyelesaian persamaan simultan yang homogen akan ada

nilainya apabila determinan dari matriks yang merupakan koefisien dari vektor  $\{\phi\}$  adalah nol sehingga:

$$| [K] - \omega^2 [M] | = 0 \quad (3.13)$$

Jumlah mode pada struktur dengan derajat kebebasan banyak biasanya dapat dihubungkan dengan jumlah massa. Mode itu sendiri adalah ragam goyangan suatu struktur bangunan. Apabila jumlah derajat kebebasan  $n$ , maka persamaan ( 3.13 ) akan menghasilkan suatu polinomial pangkat  $n$  yang frekuensi sudut ( $\omega_j$ ) disubstitusikan kedalam persamaan ( 3.12 ) sehingga diperoleh nilai-nilai  $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots, \phi_n$ .

#### 3.4.4 Frekuensi Sudut dan Normal Mode

Struktur yang dikenai beban dinamis akan mengalami goyangan. Struktur yang mempunyai derajat kebebasan banyak akan mempunyai banyak ragam goyangan. Normal mode adalah suatu istilah yang sering dipakai pada problem dinamis struktur, kata tersebut diterjemahkan sebagai ragam goyangan. Suatu persamaan differensial gerakan dapat diperoleh dengan memperhatikan diagram gaya ( *free body diagram* ). Untuk menghitung sekaligus menggambarkan normal mode, maka diambil sebuah model struktur 3 DOF dengan mengabaikan nilai redaman ( $C$  ), sehingga persamaan menjadi:

$$m_1 \ddot{y}_1(t) + k_1 y_1(t) - k_2 (y_2(t) - y_1(t)) = 0, \quad (3.14a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2(t) + k_2 (y_2(t) - y_1(t)) - k_3 (y_3(t) - y_2(t)) = 0, \text{ dan} \quad (3.14b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3(t) + k_3 (y_3(t) - y_2(t)) = 0 \quad (3.14c)$$

Persamaan ( 3.14 ) dapat ditulis dalam bentuk sederhana, yaitu:

$$m_1 \ddot{y}_1(t) + (k_1 + k_2) y_1(t) - k_2 y_2(t) = 0, \quad (3.15a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2(t) - k_2 y_1(t) + (k_2 + k_3) y_2(t) - k_3 y_3(t) = 0, \text{ dan} \quad (3.15b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3(t) - k_3 y_2(t) + k_3 y_3(t) = 0. \quad (3.15c)$$

Persamaan ( 3.15 ) juga dapat ditulis dalam bentuk matriks, yaitu :

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{y}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (k_1 + k_2) & -k_2 & 0 \\ -k_2 & (k_2 + k_3) & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (3.16)$$

Selanjutnya persamaan *eigen problem* dapat ditulis menjadi,

$$\begin{bmatrix} (k_1 + k_2) - \omega^2 m_1 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & (k_2 + k_3) - \omega^2 m_2 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 - \omega^2 m_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

dengan  $\phi$  adalah nilai atau ordinat yang berhubungan dengan massa ke- $i$  pada pola goyangan ke- $j$ . Persamaan ( 3.17 ) akan ada penyelesaiannya apabila dipenuhi nilai determinannya, yaitu :

$$\begin{vmatrix} (k_1 + k_2) - \omega^2 m_1 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & (k_2 + k_3) - \omega^2 m_2 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 - \omega^2 m_3 \end{vmatrix} = 0 \quad (3.18)$$

Apabila persamaan ( 3.18 ) tersebut diteruskan, maka nilai determinannya adalah :

$$\begin{aligned} & (k_3(k_2 + k_3)) \{ (k_1 + k_2) - \omega^2 m_1 \} - (k_1 + k_2) \{ k_3 m_2 \omega^2 - (m_2 m_3 \omega^4) + k_3^2 \} - \\ & \omega^4 \{ (k_3 m_1 m_2) - ((k_2 + k_3) m_1 m_3) + (m_1 m_2 m_3 \omega^2) \} + k_2^2 (k_3 - \omega^2 m_3) \\ & + m_1 \omega^2 k_3^2 = 0. \end{aligned} \quad (3.19)$$

Determinan persamaan (3.19) akan menghasilkan persamaan polinomial dengan derajat -  $n$  yang menghasilkan nilai  $\omega$ , maka dengan mensubstitusikan ke dalam persamaan (3.17) akan menghasilkan nilai vektor "mode shapes"  $\{\phi\}$ . Nilai-nilai "mode shapes" umumnya ditulis dalam bentuk baku yaitu  $\phi_j$ . Indeks- $i$  menunjukkan massa dan indeks- $j$  menunjukkan nomor pola goyangan, dengan

demikian  $\phi_j$  adalah suatu koordinat yang berhubungan dengan massa ke- $i$  pada pola goyangan ke- $j$ . Substitusi  $\omega_1$  kedalam persamaan (3.17) akan diperoleh nilai-nilai koordinat untuk pola goyangan ke-1, substitusi  $\omega_2$  akan diperoleh nilai-nilai koordinat untuk pola goyangan ke-2, dan substitusi  $\omega_3$  akan diperoleh nilai-nilai koordinat untuk pola goyangan ke-3. Nilai  $\phi_j$  dapat ditulis dalam bentuk matriks yang umum disebut modal matriks, yaitu :

$$\phi_j = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \phi_{13} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \phi_{23} \\ \phi_{31} & \phi_{32} & \phi_{33} \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

Dengan diperoleh nilai-nilai frekuensi sudut untuk setiap mode, maka akan diperoleh nilai periode getar ( $T$ ) dan nilai frekuensi struktur ( $f$ ) dengan,

$$T = 2\pi / \omega \text{ dan } f = 1/T \quad (3.21)$$

Nilai-nilai *mode shapes*  $\phi_j$  tidak tergantung pada beban luar, melainkan tergantung dari properti fisik struktur, misalnya massa  $m_j$  dan kekakuan tingkat  $k_j$ . Selain itu nilai-nilai *mode shapes* tidak dipengaruhi oleh waktu, artinya nilai tersebut akan tetap asal nilai massa dan nilai kekakuan tingkatnya tidak berubah, nilai *mode shapes* juga tidak dipengaruhi oleh frekuensi beban. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai *mode shapes* adalah bebas dari pengaruh redaman, waktu, frekuensi beban dan hanya untuk struktur yang elastis.

### 3.4.5 Modal amplitudo

Pembahasan modal amplitudo dimulai dari simpangan horisontal tingkat struktur SDOF yang dapat dicari dengan Duhamel's Integral yaitu,



$$y(t) = \frac{1}{\omega_d} \int_0^t \ddot{y}_i e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau. \quad (3.23)$$

dengan  $\omega_d$  adalah *damped frequency*

Terdapat istilah istilah partisipasi mode yang dinyatakan dalam persamaan,

$$\Gamma = \frac{p_j^*}{M_j^*} = \frac{\{\phi\}_j^T [M] \{U\}}{\{\phi\}_j^T [M] \{\phi\}_j} \quad (3.24)$$

Partisipasi setiap mode  $j$  berhubungan dengan simpangan atas kontribusi suatu mode  $g_j$  dengan modal amplitudo  $Z_j$ . Dengan demikian modal amplitudo  $Z_j$  adalah

$$Z_j = \Gamma_j g_j. \quad (3.25)$$

Simpangan kontribusi suatu mode ke- $j$ ,  $g_j$  pada persamaan (3.25) sama atau senada dengan simpangan horisontal suatu massa. Dengan demikian modal amplitudo  $Z_j$  dapat diperoleh dengan mengikutkan partisipasi setiap *mode* pada persamaan (3.25), sehingga diperoleh hubungan

$$Z_j = \frac{p_j^*}{M_j^* \omega_d} \int_0^t \ddot{y}_i e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau. \quad (3.26)$$

Nilai integral persamaan (3.26) akan menghasilkan suatu kecepatan yang merupakan fungsi dari waktu  $y(t)$ . Dengan memakai sorting maka akan diperoleh kecepatan maksimum untuk mode ke- $j$ ,  $\dot{y}_{j,maks}$ . Dengan demikian persamaan (3.26) menjadi

$$Z_j = \frac{p_j^*}{M_j^* \omega_d} \dot{y}_{j,maks}. \quad (3.27)$$

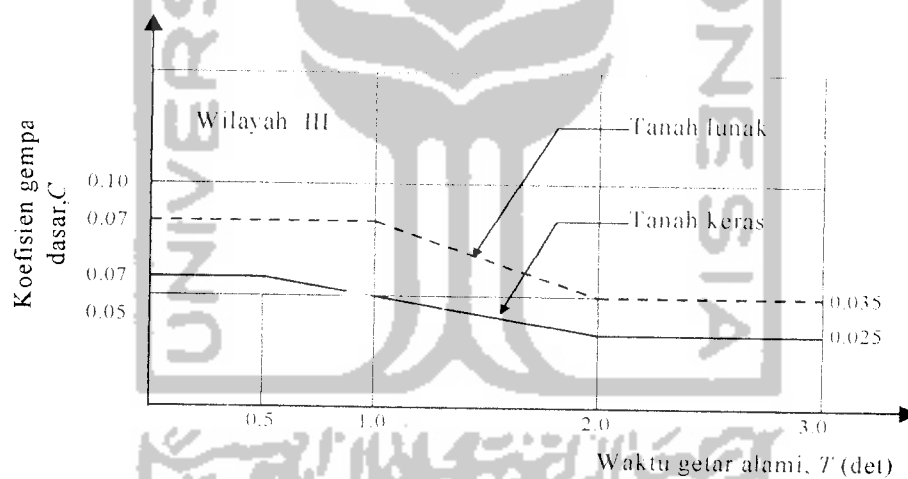
Pada respon spektrum diperoleh hubungan bahwa  $PSA = \omega PSV$ , atau

$$\ddot{y}_{maks} = \omega \dot{y}_{maks} \quad \text{maka} \quad \dot{y}_{maks} = \frac{\ddot{y}_{maks}}{\omega} \quad (3.28)$$

Nilai-nilai kecepatan maupun percepatan maksimum pada persamaan (3.28) sebenarnya adalah sama dengan nilai-nilai kecepatan dan percepatan pada respon spektrum. Dengan menganggap bahwa  $\omega_d$  nilainya sama dengan  $\omega$ , maka modal amplitudo  $Z_j$  pada persamaan (3.27) menjadi

$$Z_j = \frac{P_j * SA}{M_j * \omega_j^2}. \quad (3.29)$$

Analisis respon spektrum digunakan untuk mencari respon elastis berderajat kebebasan banyak. Sebagai respon spektrum percepatan, dapat dilihat grafik respon spektrum gempa rencana yang akan dipakai sebagai dasar perhitungan, dengan cara memplotkan nilai-nilai waktu getar alami (*natural period of vibration*) yang terjadi. Grafik respon spektrum untuk daerah III pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Koefisien gempa dasar wilayah III

Desain respon spektrum yang disajikan dalam PPKGRG 1987 adalah plot antara koefisien gempa dasar  $C$  dengan periode getar  $T$ . koefisien  $C$  tersebut adalah suatu koefisien yang dapat dihubungkan dengan  $SA$ , sehingga  $C.g = SA$ , dengan demikian persamaan (3.29) menjadi,

$$Z_j = \frac{P_j^* Cg}{M_j^* \omega_j^2}. \quad (3.30)$$

### 3.4.6 Gaya Horizontal Tingkat

Pada persamaan (3.28) diperoleh simpangan massa sebagai kontribusi mode ke- $j$  menjadi

$$\ddot{y} = y_j \omega_j^2. \quad (3.31)$$

$$\ddot{y}_j = \phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} SA. \quad (3.32)$$

Dengan demikian gaya geser tingkat atau gaya geser yang bekerja pada suatu massa akibat kontribusi *mode* ke- $j$  adalah,

$$F_j = M \ddot{y}_j \quad (3.33)$$

$$F_j = M \phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} SA \quad (3.34)$$

Percepatan SA dapat dihubungkan dengan desain respon spektra seperti yang tercantum dalam PPKGRG 1987, dengan  $SA=Cg$ , sehingga persamaan (3.34) akan menjadi

$$F_j = M \phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} Cg \quad (3.35)$$

Persamaan (3.35) adalah gaya horisontal tingkat atau gaya horisontal maksimum yang bekerja pada suatu massa sebagai kontribusi dari mode ke- $j$ . Gaya horisontal tingkat pada persamaan (3.35) dapat dicari dari prinsip hubungan antara gaya, simpangan dan kekakuan seperti berikut ini.

$$F_j = Ky_j \quad (3.36)$$

$$F_j = M\phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} SA \quad (3.37)$$

Pada pembahasan *eigenproblem* diperoleh suatu hubungan bahwa

$$K\phi = \omega^2 M\phi \quad (3.38)$$

Dengan hubungan seperti pada persamaan (3.38), persamaan itu dapat ditulis menjadi

$$F_j = M\phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} SA, \text{ atau} \quad (3.38)$$

$$F_j = M\phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} Cg$$

### 3.5 Persamaan Gerak akibat Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang merupakan fungsi dari waktu. Beban yang bekerja pada struktur umumnya dalam satuan gaya, tetapi beban gempa berupa percepatan tanah. Beban lain biasanya statis dan tidak berubah pada periode waktu yang pendek, tetapi beban gempa adalah beban dinamis yang berubah dengan sangat cepat dalam periode waktu yang pendek dan dapat dikatakan beban gempa dapat berubah setiap detik. Beban lain biasanya bekerja pada arah vertikal, tetapi beban gempa bekerja secara simultan pada arah vertikal maupun arah horisontal bahkan beban gempa dapat berupa putaran (Hu, Liu dan Dong, 1996).

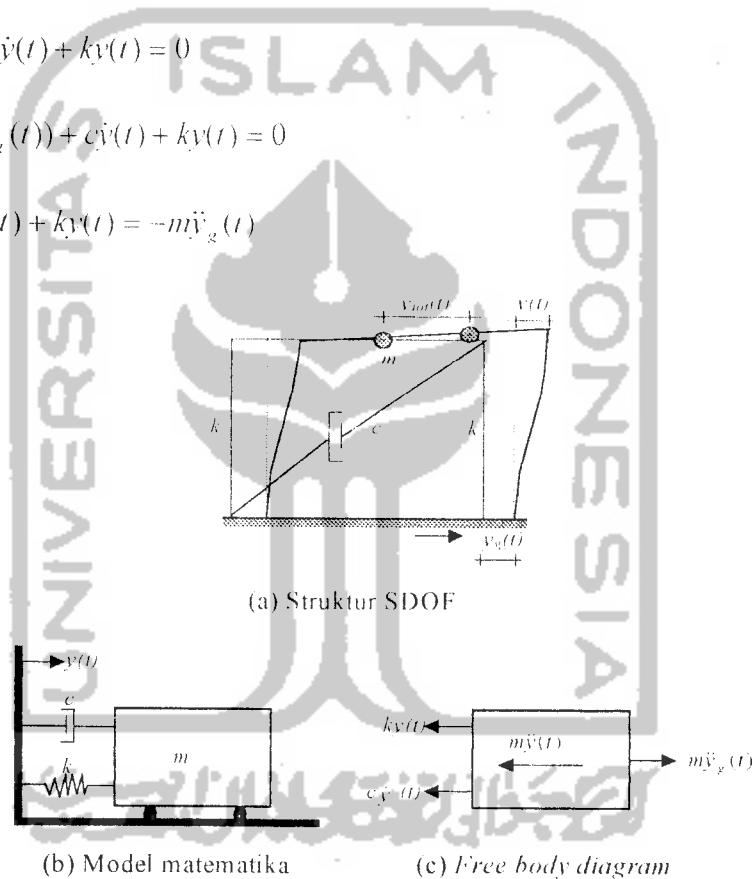
Pada daerah rawan gempa, masalah prinsip yang perlu diperhatikan adalah perilaku struktur bagian bawah yang terkena beban gempa. Perpindahan tanah dinotasikan dengan  $y_g(t)$ , sedangkan perpindahan antara massa dengan tanah dinotasikan dengan  $y(t)$ , sehingga perpindahan total yang terjadi adalah:

$$y_{tot}(t) = y(t) + y_g(t) \quad (3.39)$$

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

Dengan menggunakan konsep kesetimbangan dinamis dari diagram *free body* pada Gambar 3.5c didapat suatu persamaan, yaitu :

$$\begin{aligned}
 m\ddot{y}_{tot}(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) &= 0 \\
 m(\ddot{y}(t) + \ddot{y}_g(t)) + c\dot{y}(t) + ky(t) &= 0 \\
 m\ddot{y}(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) &= -m\ddot{y}_g(t)
 \end{aligned}
 \tag{3.40}$$



**Gambar 3.5** Sistem derajat kebebasan tunggal dengan beban gempa

### 3.6 Jenis-jenis Simpangan dan Efeknya Terhadap Kerusakan Struktur

Jenis-jenis simpangan yang terjadi pada struktur umumnya ada 3 macam yaitu simpangan relatif, simpangan antar tingkat, dan simpangan absolut. Jenis-jenis

simpangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan akan diuraikan sebagai berikut ini.

### i. 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.

$$y_i(t) = \sum \phi_{ij} \cdot Z_j \quad (3.41)$$

Dengan :  $y_i(t)$  = simpangan relatif lantai ke- $i$ ,

$\phi_{ij}$  = mode shapes, dan

$Z_j$  = modal amplitudo.

### 2. Simpangan antar tingkat (*inter-story drift*)

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

$$\Delta y_i(t) = y_i(t) - y_{i-1}(t) \quad (3.42)$$

Dengan :  $\Delta y_i(t)$  = simpangan absolut

$y_i(t)$  = simpangan relatif lantai ke- $i$ , dan

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

### 3. Simpangan absolut

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

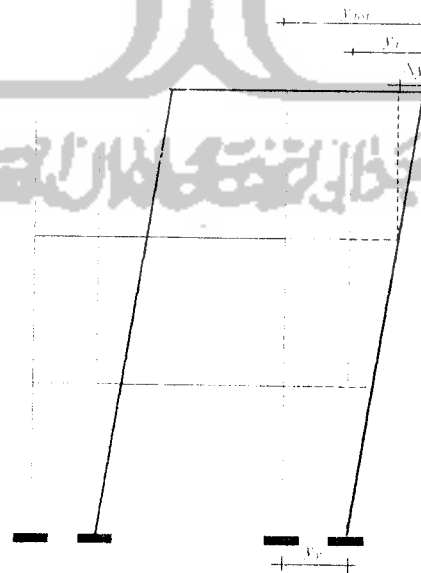
$$y_{tot}(t) = y(t) + y_g(t) \quad (3.43)$$

Dengan :  $y_{tot}(t)$  = simpangan absolut

$y(t)$  = simpangan relatif lantai ke- $i$ , dan

$y_g(t)$  = simpangan akibat tanah.

Simpangan absolut mempunyai pengaruh terhadap kemungkinan terjadinya benturan antar bangunan yang berdekatan (*structural pounding*). Masalah *structural pounding* ini biasanya 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 diatasi dengan memperhitungkan jarak antara dua bangunan yang berdekatan. Jarak tersebut dapat dihitung dengan menghitung simpangan absolut pada setiap lantai.

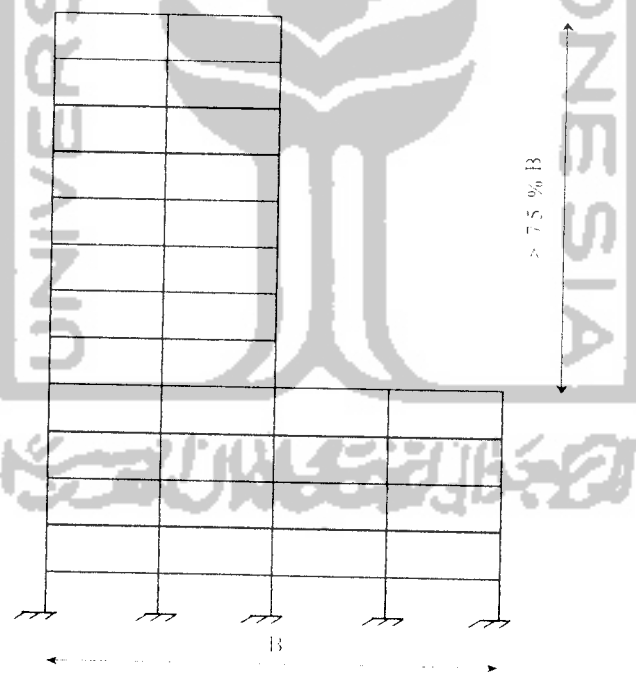


**Gambar 3.6** Model struktur dengan jenis-jenis simpangannya

### 3.7 Loncatan bidang muka (*set back*)

Untuk gedung-gedung yang mempunyai loncatan-loncatan bidang muka, untuk ukuran denah dari bagian yang menjulang dalam masing-masing arah adalah paling sedikit 75% dari ukuran terbesar denah yang bersangkutan untuk bagian sebelah bawahnya, maka pengaruh gempa rencana dapat ditentukan dengan cara beban statis ekuivalen.

Untuk gedung-gedung dengan loncatan-loncatan bidang muka yang tidak memenuhi pembatasan ini, maka pembagian gaya-gaya geser tingkat sepanjang tinggi gedung harus ditentukan dengan cara analisis dinamis. Salah satu contoh gedung yang mempunyai loncatan bidang muka dapat dilihat pada Gambar 3.7.



**Gambar 3.7** Loncatan bidang muka

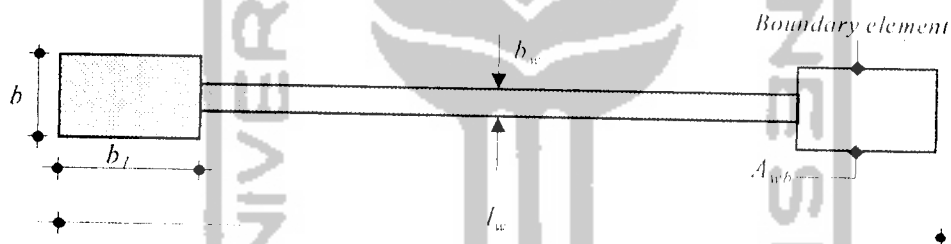


### 3.8 Perencanaan dinding geser ( *Shear wall* )

Peristiwa tekuk pada dinding geser dapat dihindari dengan memakai elemen pembatas (*boundary element*) yang berfungsi untuk mengakukan dinding geser. Elemen pembatas diperlukan bila pada dinding geser terjadi tegangan akibat gaya terfaktor termasuk pengaruh gempa pada serat terluar mencapai nilai maksimum dan melampaui nilai  $0,2f'_c$  (Yayasan LPMB, 1991).

Komponen struktur pembatas dalam dinding struktur harus diproporsikan untuk memikul beban gravitasi terfaktor yang bekerja pada dinding termasuk berat sendiri dan gaya vertikal yang diperlukan untuk menahan momen guling yang dihitung dari gaya berfaktor yang berhubungan dengan pengaruh gempa.

#### 1. Perencanaan dinding geser



Gambar 3.8 Dinding geser

Untuk menghindari terjadinya tekuk pada dinding geser, maka tebal dinding geser diambil

$$h_w = h_f + 20 \quad 150 \text{ mm.} \quad (3.44)$$

2. Perencanaan panjang total dinding geser diambil sebesar

$$h_w/l_w \leq 9. \quad (3.45)$$

### 3. Perencanaan dimensi *boundary elements*

$$b \geq b_w \qquad h_I \geq b_c \cdot l_w / 10 \cdot b \qquad (3.46)$$

$$b \geq b_c \qquad h_I \geq b_c^2 / b \qquad (3.47)$$

$$h \geq h_I / 16 \qquad h_I \geq h_I / 16 \qquad (3.48)$$

dengan nilai  $b_c$  sebesar:

$$b_c = 0,017 \cdot l_w \sqrt{\mu \phi} \quad \text{jika digunakan 2 lapis tulangan} \qquad (3.49)$$

$$b_c = 0,022 \cdot l_w \sqrt{\mu \phi} \quad \text{jika digunakan 1 lapis tulangan} \qquad (3.50)$$

dengan:

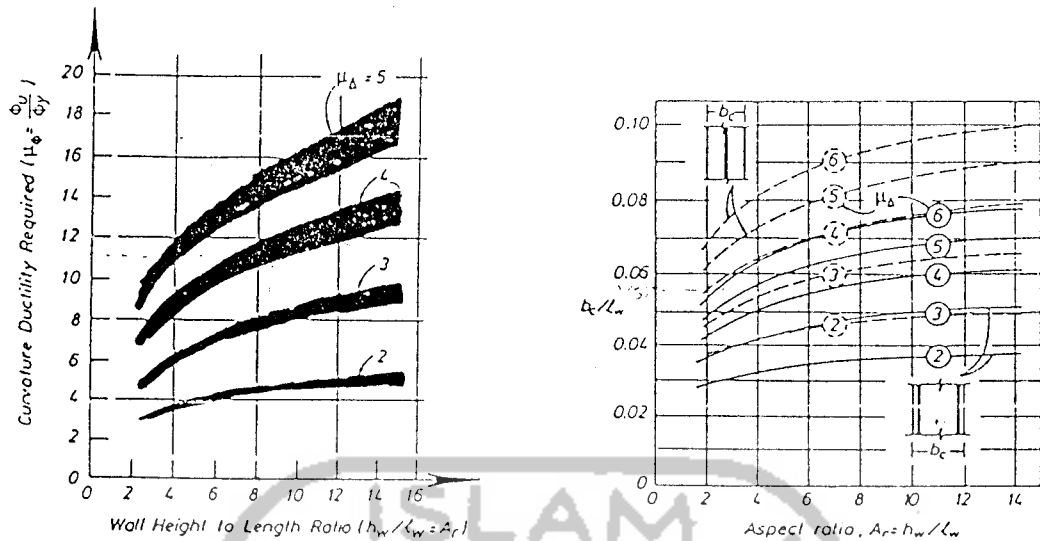
$h_s$  = tinggi bangunan total,

$h_I$  = tinggi lantai pertama,

$b_c$  = ketebalan dinding geser kritis,

$\mu \phi$  = perbandingan rasio daktilitas.

Perbandingan antara tinggi total bangunan dan lebar dinding geser dapat diambil 8 ( $h_w / l_w = 8$ ) dari Gambar 3.9a. Dari hubungan daktilitas dengan ketebalan kritis dinding diperoleh rasio daktilita (Paulay dan Priestly, 1992), seperti yang di tunjukkan pada Gambar 3.9b.



**Gambar 3.9a** Rasio daktalitas      **Gambar 3.9b** Hubungan daktalitas dengan ketebalan kritis dinding

Dari persamaan (3-46), (3-47), (3-48) diambil nilai  $b$  dan  $b_f$  yang terbesar.

4. Luas *boundary elements* yang terjadi ( $A_{wb}$ )

$$b_c^2 \leq A_{wb} \leq b_c \cdot l_w / 10 \quad (3.51)$$

5. Persyaratan kuat lentur dinding geser

Kuat lentur perlu bagi dinding geser yang dinyatakan oleh momen lentur perlu  $M_{u,d}$ , harus memenuhi persyaratan kuat lentur untuk kondisi pembebanan tanpa beban gempa maupun dengan beban gempa sebagai berikut ini

$$M_{u,d} = 1,2 M_{D,d} + 1,6 M_{L,d} \quad (3.52)$$

$$M_{u,d} = 1,05 (M_{D,d} + M_{L,d} + M_{E,d}) \quad (3.53)$$

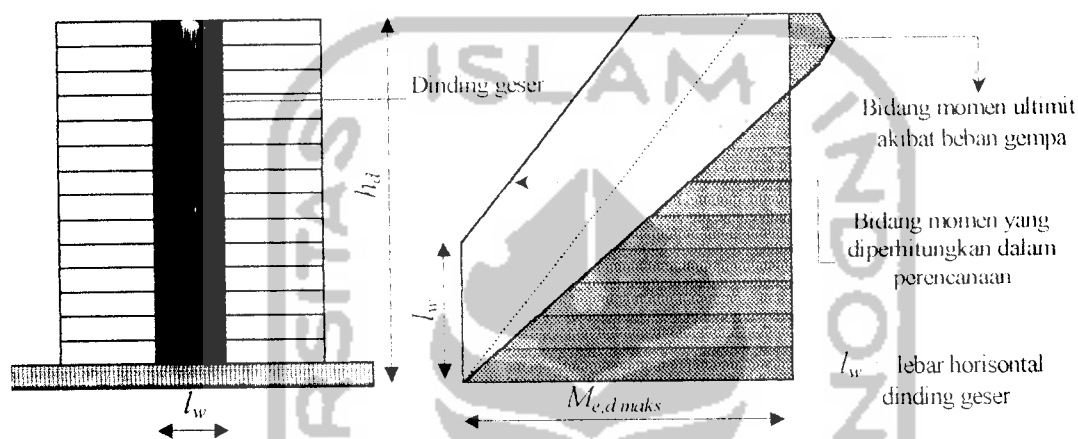
dengan:

$M_{D,d}$  = momen lentur dinding geser akibat beban mati,

$M_{L,d}$  = momen lentur dinding geser akibat beban hidup dengan memperhitungkan reduksinya sehubungan dengan peluang terjadinya pada masing-masing lantai tingkat dan

$M_{E,d}$  = momen lentur dinding geser akibat beban gempa.

Untuk menjamin agar saat terjadinya gempa kuat dinding geser tetap berperilaku elastis kecuali pada penampang dasar, dimana sendi plastis dapat terbentuk, maka bidang momen akibat beban gempa harus digeser keatas sejauh lebar horisontal dinding geser, seperti ditunjukkan Gambar 3.10. Bidang momen yang telah dimodifikasi ini selanjutnya dipakai untuk menghitung kuat lentur perlu menurut persamaan ( 3.53 ).



**Gambar 3.10** Bidang momen dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perencanaan

## 6. Perencanaan geser

Adanya pembesaran dinamis sewaktu struktur berespons inelastis terhadap gempa kuat, maka kuat geser perlu bagi dinding geser pada penampang dasar dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini,

$$V_u = V_{wall} = \omega_v \phi_{o,w} V_E \quad (3.54)$$

Dengan:

$$\omega_v = 0,9 + n/10 ; \text{ untuk gedung } \leq 6 \text{ lantai} \quad (3.55)$$

$$\omega_v = 1,3 + n/30 ; \text{ untuk gedung } > 6 \text{ lantai} \quad (3.56)$$

$$\phi_{o,w} = \frac{M_{o,w}}{M_E} \quad (3.57)$$

Dengan :

$V_{wall}$  = gaya geser rencana dinding geser,

$V_E$  = gaya geser maksimum dinding geser akibat beban gempa tak berfaktor pada penampang dasar,

$\omega_v$  = faktor pembesaran dinamis,

$M_{o,w}$  = momen kapasitas dinding geser pada penampang yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan yang terpasang dengan tegangan tarik baja tulangan

$M_E$  = momen lentur maksimal dinding geser akibat beban tak terfaktor pada penampang dasar.

a. Tegangan geser ideal yang terjadi ( $v_i$ ) adalah sebagai berikut ini,

$$v_i = \frac{V_{wall}}{bw.d} \quad (3.58)$$

dengan  $d = 0,8 l_w$

b. Nilai  $v_i$  tidak boleh lebih besar dari  $v_{i,max}$  yang nilainya sebesar :

$$v_{i,max} \leq \left[ \frac{0,22\phi}{\mu} + 0,03 \right] f'_c \leq 0,16 f'_c \quad (3.59)$$

$\mu$  = daktilitas yang digunakan , atau

$$v_{i,max} \leq 0,16 f'_c \leq 6 \text{ MPa} \quad (3.60)$$

b. Kontribusi beton di dalam dinding geser ( $v_c$ ) itu sendiri sebesar :

$$v_c = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{P_n}{A_g}} \text{ (MPa)} \quad (3.61)$$

Dengan:

$P_n$  = beban aksial minimum pada dinding geser dan

$A_g$  = luas total dari dinding geser.

c. Cek kebutuhan tulangan geser

$$\frac{A_v}{s} \geq \frac{(v_i - v_c) b_w}{f_y} \quad (3.62)$$

dengan:

$A_v$  = luas tulangan geser,

$v_i$  = tegangan geser ideal,

$v_c$  = tegangan akibat kontribusi beton,

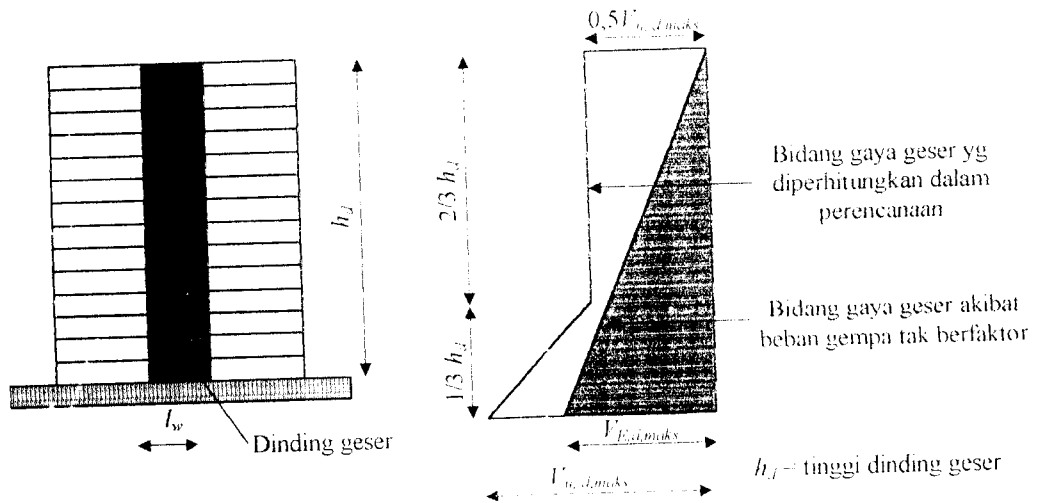
$b_w$  = tebal dinding geser, dan

$s$  = jarak tulangan geser.

d. Cek jarak tulangan geser

$$\begin{aligned} s &\leq 2,5 \cdot b_w \quad (\text{mm}) \\ &\leq 450 \quad (\text{mm}) \end{aligned} \quad (3.63)$$

Untuk menjamin agar dinding geser memiliki kuat geser yang cukup sepanjang tinggi dinding, maka bidang gaya geser perlu akibat beban gempa sepanjang tinggi dinding harus dimodifikasi, sehingga berjalan linier dari  $V_{u,d,maks}$  pada dasar sampai 1/3 tinggi dinding geser. Untuk 1/3 tinggi dinding geser keatas sampai puncak dinding geser sebesar  $0,5V_{u,d,maks}$ , seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



**Gambar 3.11** Bidang gaya geser perlu pada dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan



## BAB IV

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu urutan atau tata cara pelaksanaan penelitian yang diuraikan menurut suatu tahapan yang sistematis. Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu data struktur dan parameter bahan, model struktur, waktu penelitian, dan tahap analisis. Metode yang digunakan dalam penelitian secara sistematis dapat dilihat pada Gambar 4.5 dengan penjelasan sebagai berikut ini.

#### 4.1 Data Struktur dan Parameter Bahan

Data dan parameter bahan yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung dua belas lantai ini adalah sebagai berikut:

1. penelitian dilaksanakan di daerah gempa III dan pondasi pada tanah lunak, sehingga koefisien gempa dasar berkisar antara 0,035 sampai 0,07,
2. mutu beton dipakai  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2 = 35 \text{ MPa}$ ,
3. mutu baja dipakai = 400 MPa
4. modulus elastis beton

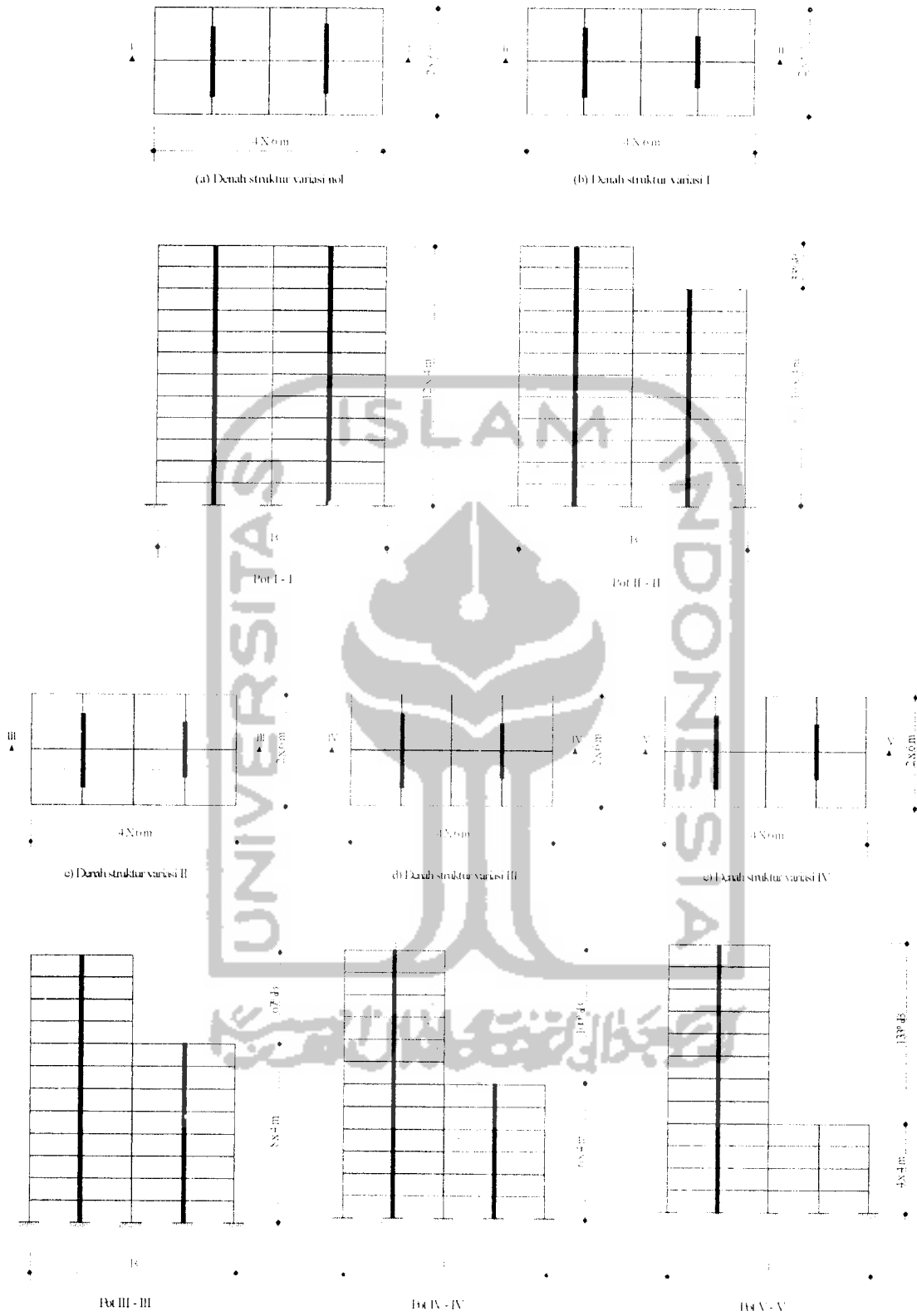
$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \sqrt{35} = 278055 \text{ kg/cm}^2 = 2.78\text{E}9 \text{ kg/m}^2, \end{aligned}$$



5. dimensi balok = 35/70 cm,
6. dimensi kolom = 50/70 cm,
7. tebal plat atap = 12 cm,
8. tebal plat lantai = 12 cm, dan
9. gedung digunakan untuk hotel.

#### 4.2 Model Struktur

Model struktur ini diadopsi dari buku Arnold dan Robert (1982). Struktur yang dijadikan model dalam analisis adalah struktur berfungsi sebagai hotel dengan variasi loncatan bidang muka serta dinding geser daktil menerus ke atas sampai 12 lantai dengan tinggi 48 m diukur dari dasar pondasi. Struktur terdiri dari empat variasi loncatan bidang muka dan satu struktur asli tanpa loncatan bidang muka. Model struktur untuk tiap variasi naik sebesar 33%B seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1, yang terdiri dari variasi nol tanpa loncatan bidang muka, variasi I dengan loncatan bidang muka sebesar 33%B, variasi II dengan loncatan bidang muka sebesar 67%B, variasi III dengan loncatan bidang muka sebesar 100%B, dan variasi IV dengan loncatan bidang muka sebesar 133%B.



Gambar 4.1 Variasi loncatan bidang muka

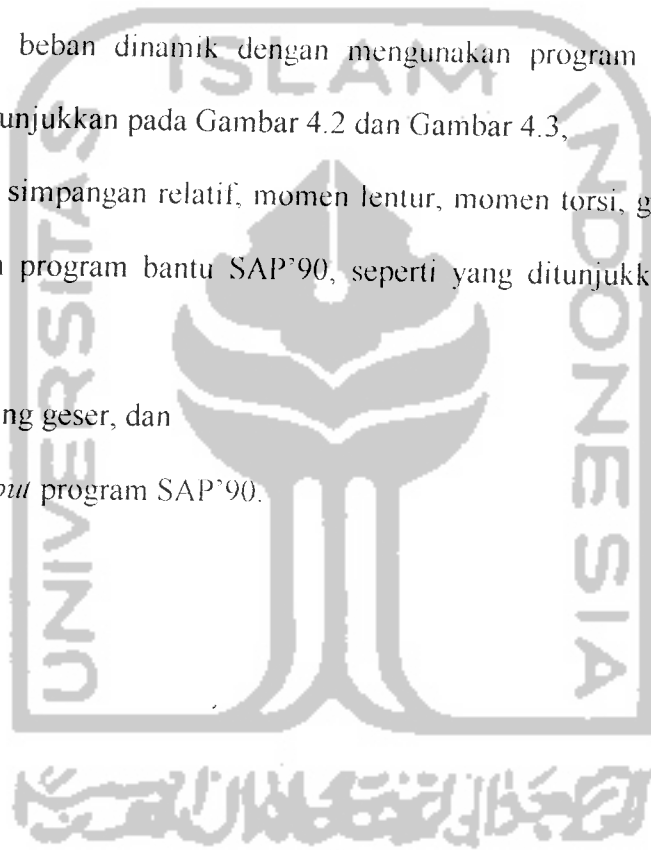
### 4.3 Waktu Penelitian

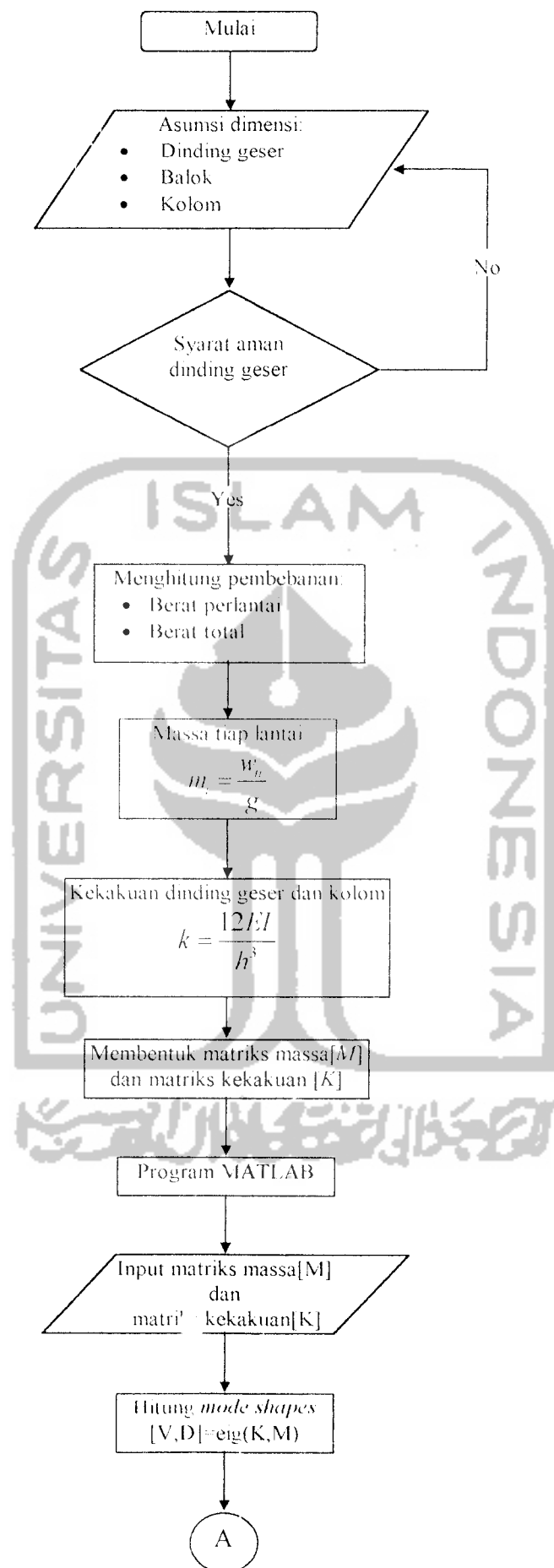
Penelitian dimulai Juli 2000 dan direncanakan selesai April 2001

### 4.4 Tahap Analisis

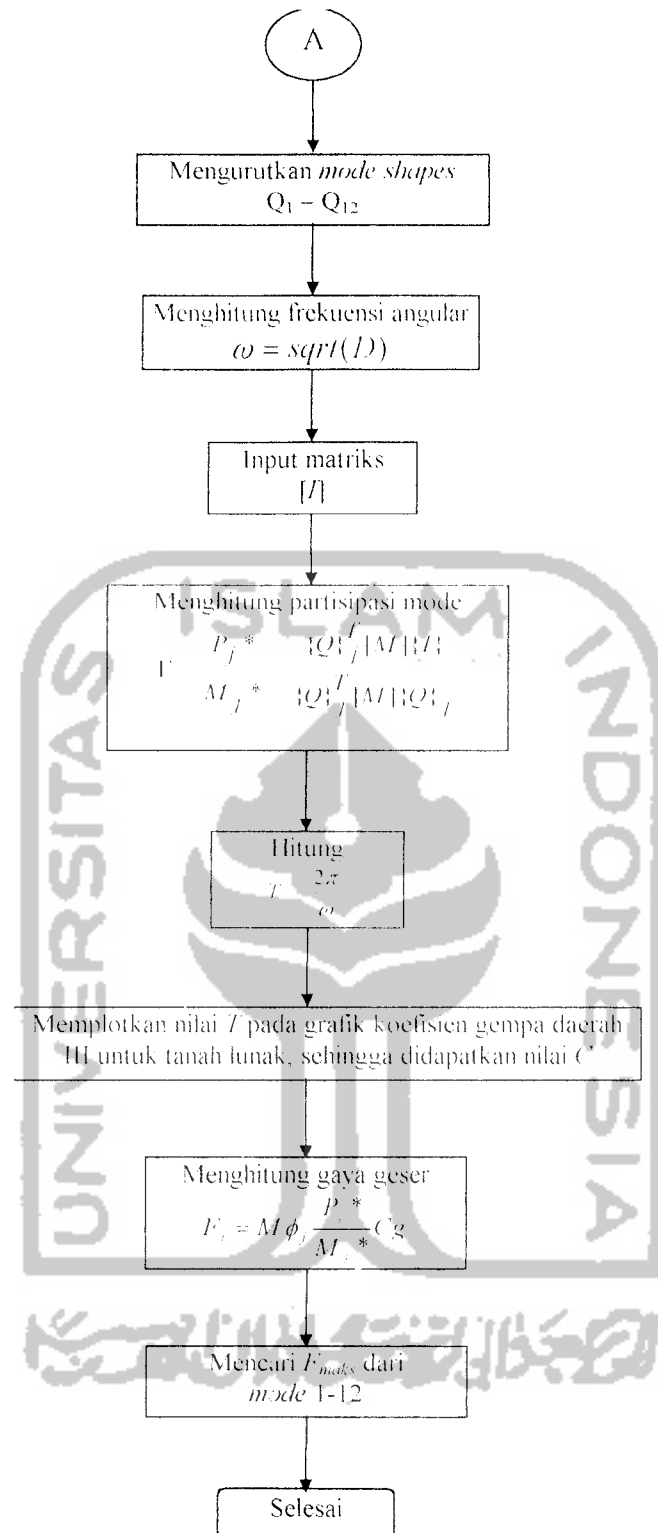
Tahap analisis pada penelitian ini adalah:

1. Menentukan spesifikasi dan konfigurasi struktur bangunan,
2. Menghitung beban-beban yang bekerja ,
3. Menghitung beban dinamik dengan menggunakan program MATLAB, lebih jelasnya ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3,
4. Menghitung simpangan relatif, momen lentur, momen torsi, gaya geser dengan menggunakan program bantu SAP'90, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4,
5. Desain dinding geser, dan
6. Analisis *output* program SAP'90.

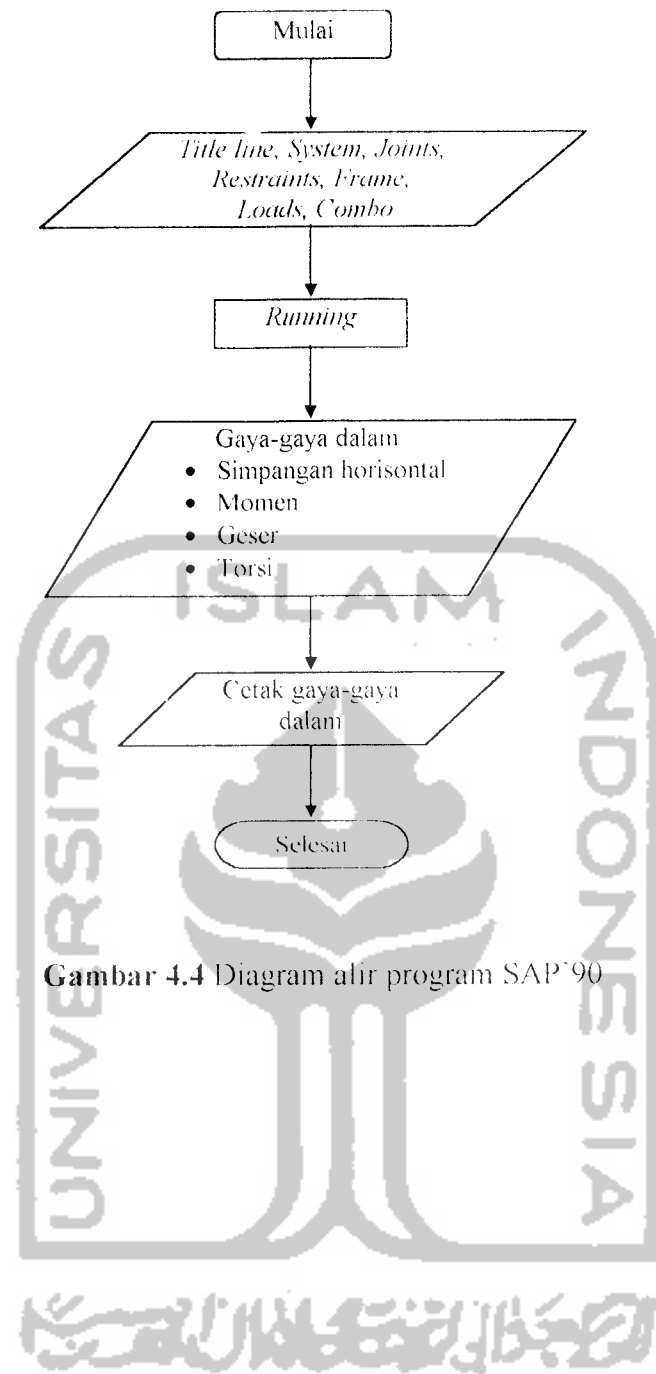




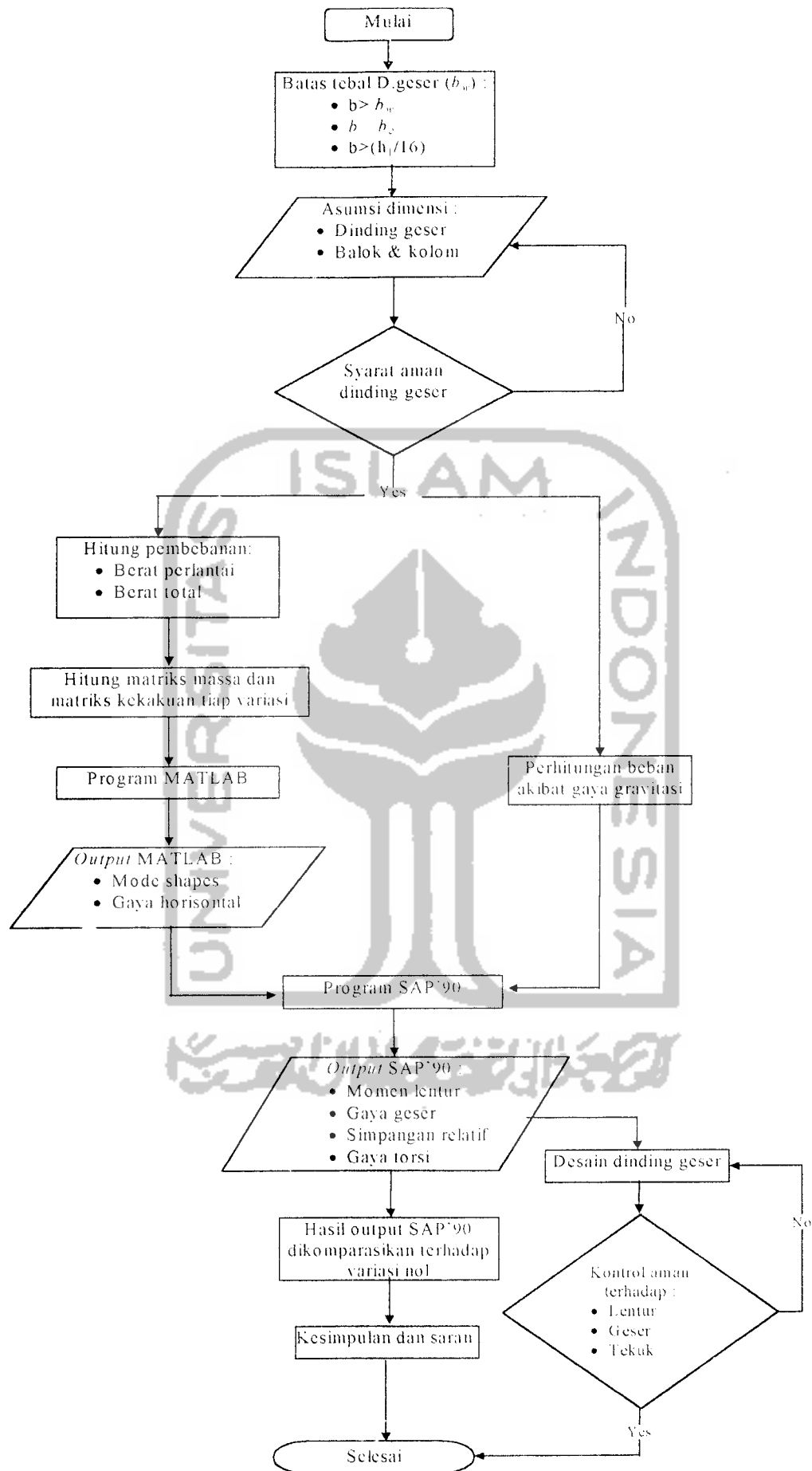
**Gambar 4.2** Diagram alir tahapan perhitungan gaya horisontal



**Gambar 4.3** Lanjutan diagram alir tahapan perhitungan gaya horisontal



Gambar 4.4 Diagram alir program SAP\*90



Gambar 4.5 Diagram alir pengerjaan

## BAB V

### PERHITUNGAN STRUKTUR

Salah satu cara yang digunakan dalam perhitungan gaya horisontal untuk analisis dinamis ialah dengan menggunakan program MATLAB. Hasil yang diperoleh dari program MATLAB ialah pola goyangan (*mode shapes*), frekuensi angular ( $\omega$ ) dan gaya horisontal tingkat yang disimulasikan pada struktur. Untuk data struktur diolah menggunakan rumus-rumus yang telah dijabarkan dalam bab-bab sebelumnya dan disederhanakan lagi urutan setiap langkahnya, guna memudahkan perhitungan selanjutnya. Setelah gaya horisontal diperoleh dari program MATLAB dan data struktur diketahui, maka untuk menghitung gaya-gaya dalam pada struktur digunakan program SAP'90. Gaya gempa merupakan gerakan tanah secara bolak-balik bisa datang dari segala arah, maka pada analisis dinamis harus dianalisis secara 3D. Sebelum masuk ke program MATLAB harus dilakukan asumsi dimensi dinding geser untuk mendapatkan berat bangunan total per lantai.

Perhitungan selanjutnya yaitu menyusun matriks massa dan matriks kekakuan agar dapat diproses pada program MATLAB untuk mendapatkan gaya horisontal tiap tingkat. Hasil keluaran dari MATLAB berupa gaya horisontal, selanjutnya akan diproses pada program SAP'90 untuk mendapatkan simpangan relatif, gaya geser, momen lentur, dan gaya torsi pada dinding geser. Untuk contoh perhitungan diambil variasi II yang





memiliki loncatan bidang muka sebesar 67%B. Perhitungan variasi yang lain secara keseluruhan sama pada contoh variasi II.

### 5.1 Asumsi Dimensi Dinding Geser Kiri Variasi II

Asumsi dimensi dinding geser merupakan perhitungan sementara untuk mendapatkan pembebanan pada struktur. Untuk mendapatkan dimensi dinding geser harus dihitung tebal dinding ( $b_w$ ) dengan menggunakan persamaan (3.44), perhitungan panjang dinding geser ( $l_w$ ) dapat digunakan persamaan (3.45), dan menghitung luas *Boundary Elements* mengacu pada persamaan (3.46), persamaan (3.47) dan persamaan (3.48).

#### 1. Perhitungan Tebal Dinding Geser ( $b_w$ )

Untuk menghindari bahaya tekuk dinding geser dapat diperlakukan sebagai kolom yang ketebalannya perlu dibatasi. Batasan tebal dinding geser dapat dihitung dengan persamaan,

$$b_w = \frac{h_1}{20} \geq 150 \text{ mm},$$

$$b_w = \frac{4}{20} = 0,200 \text{ m} = 200 \text{ mm}, \text{ dipakai tebal dinding geser } (b_w) = 300 \text{ mm}.$$

#### 2. Syarat Keamanan Dimensi Dinding Geser

Untuk menjamin agar dinding geser tetap berperilaku geser, maka perbandingan antara tinggi total bangunan dan lebar dinding geser harus memenuhi persamaan perencanaan panjang dinding geser ( $l_w$ ).

$$l_w \leq \frac{h_w}{9} = \frac{48}{9} = 5,33 \text{ m} \approx 5,5 \text{ m},$$

$$\leq \frac{h_w}{l_w} = \frac{48}{5,5} = 8,7 \text{ m}$$

dari Gambar 3.9.a dengan anggapan daktilitas penuh ( $\mu_s = 4$ ), diperoleh rasio daktilitas ( $\mu_\phi$ ) = 11.

Gaya geser pada dinding geser seringkali mencapai keadaan kritis khususnya apabila hanya dipakai tulangan yang terdistribusi secara seragam, sehingga harus diketahui batasan tebal dinding geser kritis ( $b_c$ ) yang nilainya menurut persamaan,

$$b_c = 0,017 \cdot l_w \sqrt{\mu_\phi} = 0,017 \cdot 5,5 \sqrt{11} = 0,310 \text{ m.}$$

### 3. Perhitungan luas *boundary elements*

Untuk menghitung luas *Boundary elements* mengacu pada persamaan (3.46), (3.47) dan (3.48) sebagai berikut.

1.  $b \geq b_w$ , dengan  $b_w = 0,300$  m, maka  $b = 0,300$  m.

$$b_l \geq \frac{b_c \cdot l_w}{10b} \text{ dengan } b_c = 0,310 \text{ m, } l_w = 5,5 \text{ m maka } b_l = \frac{0,310 \cdot 5,5}{10 \cdot 0,3} = 0,568 \text{ m,}$$

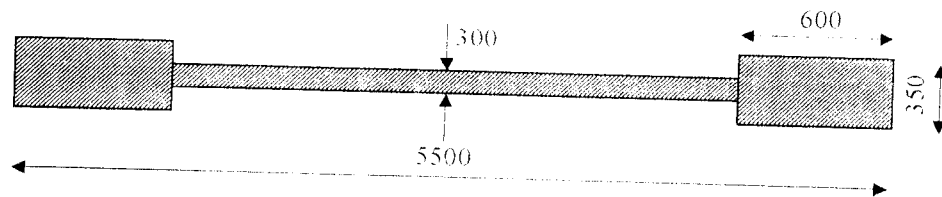
2.  $b \geq b_c$ , dengan  $b_c = 0,310$  m, maka diambil  $b = 0,310$  m.

$$b_l \geq \frac{b_c^2}{b} = \frac{0,310^2}{0,310} = 0,310 \text{ m,}$$

3.  $b \geq \frac{h_1}{16}$ , dengan  $h_1 = 4$  m, maka  $b = 0,25$  m.

$$b_l \geq \frac{h_1}{16}, \text{ maka } b_l \geq \frac{4}{16} = 0,25 \text{ m}$$

Dari ketiga persamaan diatas diambil nilai  $b$  dan  $b_l$  terbesar yaitu  $b = 0,310$  m dan nilai  $b_l = 0,568$  m. Nilai  $b$  dan  $b_l$  yang dipakai adalah  $b = 0,350$  m dan  $b_l = 0,600$  m. Hasil dari perhitungan dimensi dinding geser kiri didapat tebal dinding geser ( $b_w$ ) 300 mm, panjang dinding geser ( $l_w$ ) 5500 mm, dan luas *Boundary Elements* =  $b \times b_l = 350 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ , sehingga dimensi yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Dimensi Dinding Geser kiri

## 5.2 Asumsi Dimensi Dinding Geser Kanan Variasi II

Komponen struktur dinding geser pada bangunan yang dianalisis terdapat dua yaitu dinding geser kiri dan kanan. Pada dinding geser kiri untuk setiap variasi sama, sehingga selanjutnya akan dihitung dinding geser kanan yang setiap variasinya berbeda, akibat dari adanya loncatan bidang muka. Cara perhitungan dimensi dinding geser kanan sama pada perhitungan dimensi dinding geser kiri.

### 1. Perhitungan Tebal Dinding Geser ( $b_w$ )

Untuk menghindari bahaya tekuk dinding geser dapat diperlakukan sebagai kolom yang ketebalannya perlu dibatasi. Batasan tebal dinding geser dapat dihitung dengan persamaan,

$$b_w = \frac{h_l}{20} \geq 150 \text{ mm},$$

$$b_w = \frac{4}{20} = 0,200 \text{ m} = 200 \text{ mm}, \text{ dipakai tebal dinding geser } (b_w) = 300 \text{ mm}.$$

### 2. Syarat Keamanan Dimensi Dinding Geser

Untuk menjamin agar dinding geser tetap berperilaku geser, maka perbandingan antara tinggi total bangunan dan lebar dinding geser harus memenuhi persamaan perencanaan panjang dinding geser ( $l_w$ ).

$$l_w \leq \frac{h_w}{9} = \frac{32}{9} = 3,55 \text{ m} \approx 4 \text{ m.}$$

$$\leq \frac{h_w}{l_w} = \frac{32}{4} = 8 \text{ m}$$

dari Gambar 3.9.a dengan anggapan daktilitas penuh ( $\mu_s = 4$ ), di dapat rasio daktilitas ( $\mu_e$ )=11.

Gaya geser pada dinding geser sering kali mencapai keadaan kritis khususnya apabila hanya dipakai tulangan yang terdistribusi secara seragam, sehingga harus diketahui batasan tebal dinding geser kritis ( $b_c$ ) yang nilainya menurut persamaan,

$$b_c = 0,017 \cdot l_w \sqrt{\mu \phi} = 0,017 \cdot 4 \sqrt{11} = 0,225 \text{ m.}$$

### 3. Perhitungan luas *boundary elements*

Untuk menghitung luas *boundary elements* mengacu pada persamaan (3.46), (3.47), dan (3.48) sebagai berikut,

a.  $b \geq b_w$ , dengan  $b_w = 0,300 \text{ m}$ , maka  $b = 0,300 \text{ m}$ ,

$$b_l \geq \frac{b_c \cdot l_w}{10b} \text{ dengan } b_c = 0,225 \text{ m, } l_w = 4 \text{ m maka } b_l = \frac{0,255 \cdot 4}{10 \cdot 0,3} = 0,3 \text{ m,}$$

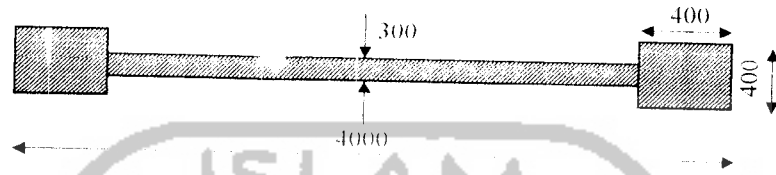
b.  $b \geq b_c$ , dengan  $b_c = 0,225 \text{ m}$ , maka diambil  $b = 0,225 \text{ m}$ ,

$$b_l \geq \frac{b_c^2}{b} = \frac{0,225^2}{0,225} = 0,225 \text{ m.}$$

c.  $b \geq \frac{h_s}{16}$ , dengan  $h_s = 4 \text{ m}$ , maka  $b = 0,25 \text{ m}$ ,

$$b_l \geq \frac{h_s}{16}, \text{ maka } b_l \geq \frac{4}{16} = 0,25 \text{ m}$$

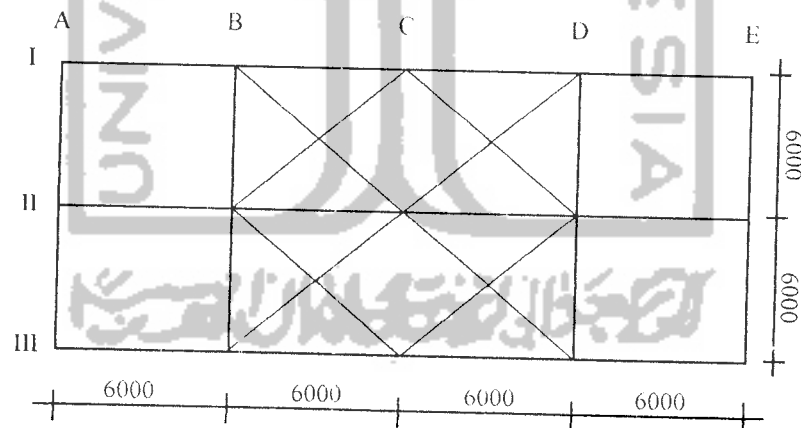
Dari ketiga persamaan di atas diambil nilai  $b$  dan  $b_f$  terbesar yaitu  $b = 0,300$  m dan nilai  $b_f = 0,300$ . Nilai  $b$  dan  $b_f$  yang dipakai adalah  $b = 0,400$  m dan  $b_f = 0,400$  m. Hasil dari perhitungan dimensi dinding geser kanan diperoleh tebal dinding geser ( $b_w$ ) = 300 mm, panjang dinding geser ( $l_w$ ), dan luas *boundary element* =  $b \times b_f = 400 \times 400$  mm, dimensi yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Dimensi Dinding Geser Kanan

### 5.3 Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan ditentukan berdasarkan (Yayasan LPMB, 1991) dan (Yayasan LPMB, 1983). Perhitungan pembebanan didasarkan pada kondisi penempatan metode pembebanan pada portal sebagai berikut ini.



Gambar 5.3 Pembagian pembebanan pada salah satu portal

### 5.3.1 Pembebanan beban atap dan lantai

#### 1. Beban atap,

- |                     |                      |                        |
|---------------------|----------------------|------------------------|
| a. berat plat 12 cm | $= 0,12 \cdot 2400$  | $= 288 \text{ kg/m}^2$ |
| b. berat plafon     | $= 11 + 7$           | $= 18 \text{ kg/m}^2$  |
|                     |                      | <hr/>                  |
|                     |                      | $306 \text{ kg/m}^2$   |
| c. beban hidup      | $100 \text{ kg/m}^2$ |                        |

#### 2. Beban lantai

- |  |                      |                        |
|--|----------------------|------------------------|
| a. berat plat 12 cm                    | $0,12 \cdot 2400$    | $288 \text{ kg/m}^2$   |
| b. berat plafon                        | $11 + 7$             | $18 \text{ kg/m}^2$    |
| c. berat tegel, 2 cm                   | $= 0,02 \cdot 2400$  | $= 48 \text{ kg/m}^2$  |
| d. berat pasir, 3 cm                   | $= 0,03 \cdot 1600$  | $= 48 \text{ kg/m}^2$  |
| e. berat spesi, 2 cm                   | $= 0,02 \cdot 2100$  | $= 42 \text{ kg/m}^2$  |
|  |                      | <hr/>                  |
|  |                      | $492 \text{ kg/m}^2$   |
| f. beban hidup lantai untuk hotel      |                      | $= 250 \text{ kg/m}^2$ |
| 3. Berat tembok $\frac{1}{2}$ bata     |                      | $= 250 \text{ kg/m}^2$ |
| 4. Dimensi balok arah - X dan arah - Y | $350/700 \text{ mm}$ |                        |
| 5. Dimensi kolom                       | $500/700 \text{ mm}$ |                        |

### 5.3.2 Berat Bangunan Total pada Variasi II

Berat bangunan total diperoleh dengan akumulasi perhitungan berat elevasi setiap lantai sebagai berikut ini:

#### A. Berat atap

##### 1. Beban tetap (mati)

- |               |                           |                      |
|---------------|---------------------------|----------------------|
| a. berat plat | $= 12 \cdot 12 \cdot 306$ | $= 44064 \text{ kg}$ |
|---------------|---------------------------|----------------------|

b. berat <i>shear walls</i>	= 5,5. 2. 0,3. 2400	= 7920 kg
c. berat tembok ½ bata	= 60. 2. 250	= 30000 kg
d. berat kolom	= 8. 2. 0,5. 0,7. 2400	= 13440 kg
e. berat balok	= 72. 0,350. 0,700. 2400	= 42336 kg
		<hr/>
		$W_D = 137760$ kg

## 2. Beban hidup

a. beban hidup atap	= 100 kg.m <sup>2</sup>	
b. koefisien reduksi	= 0,3	
c. beban hidup	= 0,3. 12. 12. 100	= 4320 kg
maka berat total atap	= 137760 + 4320	= 142080 kg

## B. Lantai (9 – 11 ) tipikal 4 m

## 1. Beban mati

a. pelat lantai	= 12. 12. 492	= 70848 kg
b. berat <i>shear walls</i>	= 5,5. 4. 0,3. 2400	= 15840 kg
c. berat tembok ½ bata	= 60. 4. 250	= 60000 kg
d. berat kolom	= 8. 4. 0,5. 0,700. 2400	= 26880 kg
e. berat balok	= 72. 0,350. 0,700. 2400	= 42336 kg
		<hr/>
		$W_D = 215904$ kg

## 2. Beban hidup

a. beban hidup	= 0,3. 12. 12. 250	= 10800 kg
----------------	--------------------	------------

maka berat total lantai 9 – 11 = 215904 + 10800 = 226704 kg

## C. Berat lantai 8 (lantai + atap)

## 1. Berat atap untuk beban mati

a. berat plat	= 12. 12. 306	= 44064 kg
---------------	---------------	------------

b. berat <i>shear walls</i>	= 2. 4. 0,3. 2400	= 5760 kg
c. berat tembok ½ bata	= 60. 2. 250	= 30000 kg
d. berat kolom	= 7. 2. 0,5. 0,7. 2400	= 11760 kg
e. berat balok	= 66. 0,350. 0,700. 2400	= 38808 kg
		<hr/>
		$W_D = 130392 \text{ kg}$

## 2. Berat atap beban hidup

a. beban hidup	0,3. 12. 12. 100	4320 kg
maka berat total atap	$130392 + 4320$	134712 kg

## 3. Berat lantai untuk beban mati

a. berat plat	12. 12. 492	70848 kg
b. berat <i>shear walls</i>	= 5.5. 4. 0,3. 2400	= 15840 kg
c. berat tembok ½ bata	= 60. 2. 250	= 30000 kg
d. berat kolom	= 8. 4. 0,5. 0,7. 2400	= 26880 kg
e. berat balok	= 72. 0,350. 0,700. 2400	= 42336 kg
		<hr/>
		$W_D = 185904 \text{ kg}$

## 1. Berat lantai untuk beban hidup

a. beban hidup	= 0,3. 12. 12. 250	= 10800 kg
berat total plat lantai	= 185904 + 10800	= 196704 kg
maka berat total lantai 8	= berat plat lantai + berat plat atap	
	= 134712 kg + 196704 kg	
	= 331416 kg	

## D. Berat lantai (1 – 7) tipikal

## 1. Beban mati

a. plat lantai	= 12. 24. 492	= 141696 kg
----------------	---------------	-------------



- b. berat *shear walls* kiri =  $5,5 \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 2400 = 15840$  kg
- c. berat *shear walls* kanan =  $4 \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 2400 = 11520$  kg
- d. berat dinding  $\frac{1}{2}$  bata =  $120 \cdot 4 \cdot 250 = 120000$  kg
- e. berat kolom =  $13 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 2400 = 43680$  kg
- f. berat balok =  $120 \cdot 0,35 \cdot 0,70 \cdot 2400 = 70560$  kg
- $W_{71} = 403296$  kg

2. Beban hidup

- a. beban hidup =  $0,3 \cdot 12 \cdot 24 \cdot 250 = 21600$  kg

maka berat total lantai (1 - 7) =  $403296$  kg +  $21600$  kg =  $424896$  kg

**Tabel 5.1** Berat tiap lantai

Tingkat	Berat Total Tingkat (kg)
1	424896
2	424896
3	424896
4	424896
5	424896
6	424896
7	424896
8	331416
9	226704
10	226704
11	226704
Atap	142080
Jumlah	4127880

#### 5.4 Membentuk Matriks Massa dan Matriks Kekakuan tiap Lantai Variasi II

Perhitungan matriks massa dan matriks kekakuan pada portal 3D harus ditinjau arah-X dan arah-Y. Untuk matriks massa tiap lantai dapat dihitung dengan persamaan ( 3.7 ), maka perhitungan matriks massa dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Massa tiap lantai variasi II

Tingkat	Berat total (kg)	Massa Total(kgdet2/m)
1	424896	43312.53823
2	424896	43312.53823
3	424896	43312.53823
4	424896	43312.53823
5	424896	43312.53823
6	424896	43312.53823
7	424896	43312.53823
8	331416	33783.48624
9	226704	23109.48012
10	226704	23109.48012
11	226704	23109.48012
Atap	142080	14483.18043
	$\Sigma = 4127880$	$\Sigma = 420782.87$

Struktur gedung yang dianalisis mempunyai dua belas tingkat, sehingga matriks massa  $[M]$  terdiri dari 12 x 12. Massa tiap lantai pada Tabel 5.2 dapat ditulis dalam bentuk matriks massa sebagai berikut:

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

Matriks massa untuk arah-X dan arah-Y sama, maka selanjutnya membentuk matriks massa  $[M]$  terdiri dari  $12 \times 12$  dan dapat ditulis sebagai berikut:

$$[M] = \begin{bmatrix} 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 43312 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 33783 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 23109 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 23109 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 23109 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14483 \end{bmatrix}$$

Perhitungan matriks kekakuan pada portal  $n$  tingkat, yang berarti mempunyai  $n$  kali  $n$  derajat kebebasan. Kolom yang digunakan berdimensi  $70/50$  cm, maka untuk perhitungan kekakuannya memakai persamaan ( 3.8 ). Untuk perhitungan kekakuan arah-X adalah sebagai berikut ini.

$$I_{kolom} = 1/12 \cdot 50 \cdot 70^3 = 1,429 \cdot 10^6 \text{ cm}^4$$

$$K_{kolom} = (12 \cdot 2,7810^5 \cdot 1,429 \cdot 10^6) / 400^3 = 7,44810^4 \text{ kg/cm} = 7,448 \cdot 10^3 \text{ t/m.}$$

$$k_{x1} = k_{x2} = \dots = k_{x8} = 5 \cdot (7,448 \cdot 10^3) = 37,24 \cdot 10^3 \text{ t/m.}$$

$$k_{x9} = k_{x10} = k_{x11} = k_{x12} = 3 \cdot (7,448 \cdot 10^3) = 22,344 \cdot 10^3 \text{ t/m.}$$

untuk perhitungan kekakuan arah-Y adalah sebagai berikut ini.

$$k_{y1} = k_{y2} = \dots = k_{y12} = 3 \cdot (7,448 \cdot 10^3) = 22,344 \cdot 10^3 \text{ t/m.}$$



Setelah matriks massa  $[M]$  dan matriks kekakuan  $[K]$  terbentuk, untuk perhitungan selanjutnya diproses pada program MATLAB guna mendapatkan gaya horizontal. Langkah-langkah perhitungan gaya horizontal pada program MATLAB dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, dan untuk proses pengerjaannya dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 3. Dari proses MATLAB hasil gaya horizontal untuk tiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3.** Gaya horisontal tiap variasi

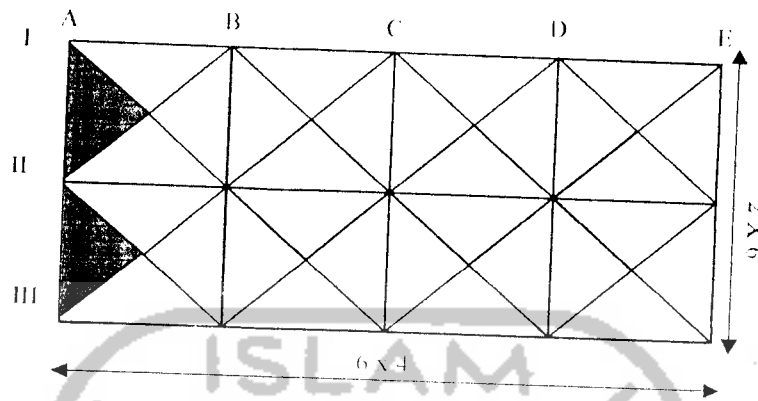
Lantai	Variasi Nol (ton)		Variasi I (ton)		Variasi II (ton)		Variasi III (ton)		Variasi IV (ton)	
	Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y
1	0.65722	0.813967	0.77878	0.9102	0.86518	1.119367	0.82912	1.275567	0.66172	1.3021
2	1.3041	1.615133	1.54142	1.8033	1.71244	2.2124	1.63788	2.516933	1.30902	2.563667
3	1.92904	2.389133	2.27466	2.660467	2.51896	3.2547	2.40596	3.6921	1.92426	3.7489
4	2.52042	3.121533	2.96234	3.4646	3.26846	4.221967	3.11468	4.7669	1.94456	3.763033
5	3.07046	3.802767	3.59124	4.2003	3.94462	5.0899	3.74712	5.7116	1.79606	3.086867
6	3.56886	4.420033	4.14962	4.852167	4.52956	5.8402	3.34328	5.0726	2.22092	3.551267
7	4.00788	4.963767	4.62572	5.432	5.01184	6.452633	2.69402	3.820533	2.59792	3.958467
8	4.37974	5.4243	5.0107	5.858167	4.19642	5.3952	3.04232	4.115167	2.91936	4.303267
9	4.678	5.7937	5.29576	6.1918	3.11306	3.871233	3.32366	4.351367	3.17922	4.580667
10	4.89752	6.065567	4.27278	4.9937	3.29214	4.003233	3.53172	4.525467	3.37158	4.784233
11	5.03438	6.235067	3.009	3.476133	3.40516	4.086533	3.6629	4.6338	3.49296	4.911467
12	3.1738	3.930767	1.90694	2.1929	2.16134	2.5808	2.32796	2.930833	2.2186	3.109267

### 5.5 Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi

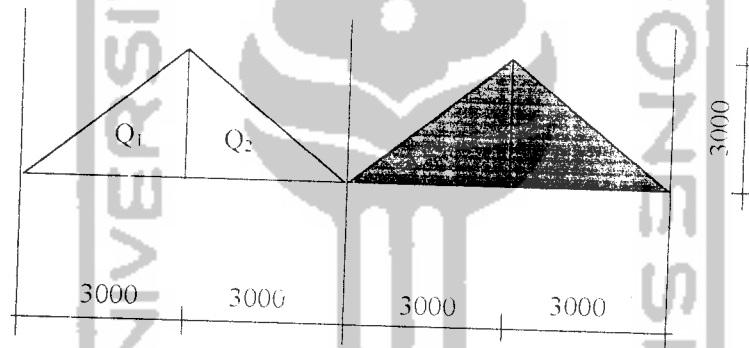
Perhitungan pembebanan ditentukan berdasarkan (Yayasan LPMB,1991) dan (Yayasan LPMB,1991). Pembagian pembebanan pada setiap portal menggunakan metode amplop sehingga perhitungan pembebanan untuk masing-masing portal dapat dilihat pada penyelesaian berikut ini.

### 5.5.1 Beban merata ekuivalen untuk portal arah-Y

a. Portal as - A



Gambar 5.4 Pembagian beban merata portal as-A



Gambar 5.5 Perhitungan beban merata ekuivalen portal as-A

Pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 dapat dihitung beban merata ekuivalen portal as-A sebagai berikut ini.

$$Q_1 = 1/2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot q = 4,5q$$

$$R = Q_1 = 4,5q$$

$$M = R \cdot 1/2 \cdot l - Q \cdot 1/3 \cdot 3$$

$$= 4,5q \cdot 1/2 \cdot 6 - 4,5q \cdot 1/3 \cdot 3$$

$$= 9q$$

$$W = 8ML^2 = 8 \cdot 9q/6^2 = 2q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap as – A – as – E

a. beban mati tiap m

1. plat =  $2 \cdot 1 \cdot 0,12 \cdot 2400 = 576 \text{ kg/m}$

2. plafon =  $2 \cdot 1 \cdot 18 = 36 \text{ kg/m}$

3. balok arah y =  $0,35 \cdot 0,700 \cdot 2400 = 588 \text{ kg/m}$

$$W_D = 1200 \text{ kg/m}$$

b. beban hidup tiap m as – A – as – E

1. beban hidup atap =  $100 \text{ kg/m}$

2. koefisien reduksi =  $0,75$

3. beban hidup ekivalen,  $W_L = 2 \cdot 0,75 \cdot 100 \cdot 1 = 510 \text{ kg/m}$

2. Beban gravitasi pada balok lantai I – II as – A – lantai I – 7 pada as – E

a. beban mati tiap m

1. plat =  $2 \cdot 1 \cdot 0,14 \cdot 2400 = 672 \text{ kg/m}$

2. plafon =  $2 \cdot 1 \cdot 18 = 36 \text{ kg/m}$

3. spesi =  $2 \cdot 1 \cdot 0,02 \cdot 2100 = 84 \text{ kg/m}$

4. pasir =  $2 \cdot 1 \cdot 0,03 \cdot 1600 = 96 \text{ kg/m}$

5. tegel =  $2 \cdot 1 \cdot 0,02 \cdot 2400 = 96 \text{ kg/m}$

6. balok arah Y =  $0,35 \cdot 0,70 \cdot 2400 = 588 \text{ kg/m}$

7. dinding =  $2 \cdot 250 = 500 \text{ kg/m}$

$$W_D = 2072 \text{ kg/m}$$

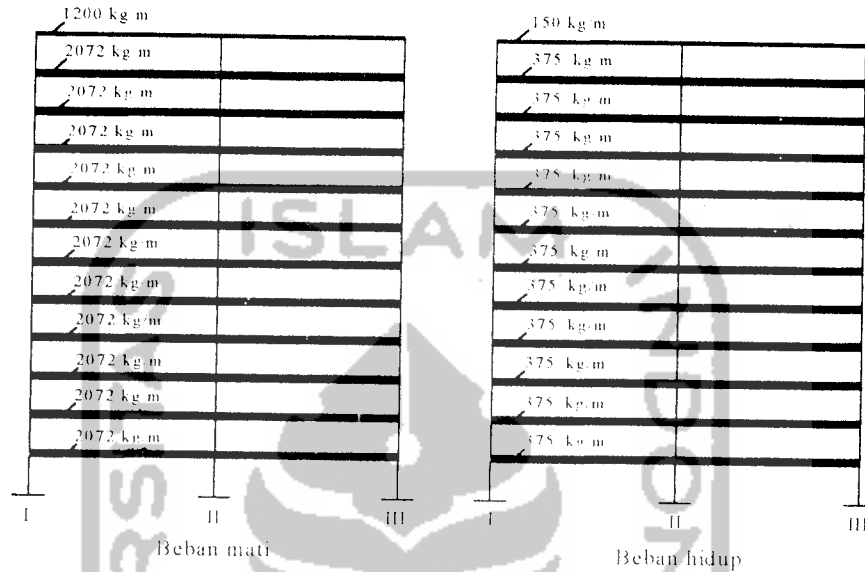
b. beban hidup tiap m as – A – lantai I – 7 as – E

1. beban hidup lantai =  $250 \text{ kg/m}^2$

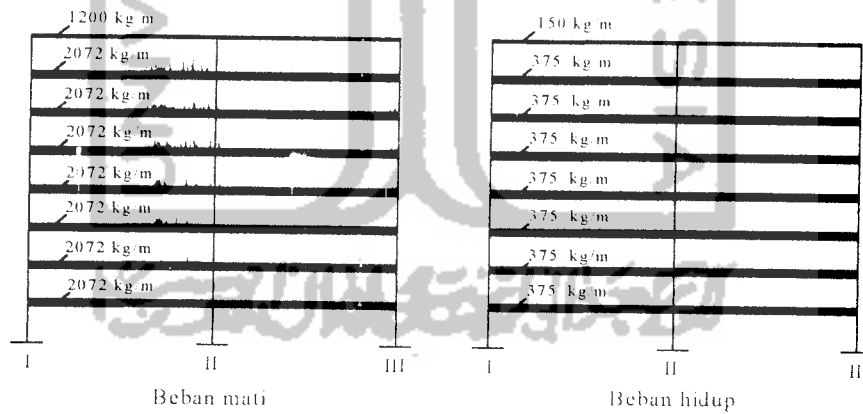
2. koefisien reduksi =  $0,75$

3. beban hidup ekivalen =  $2 \cdot 0,75 \cdot 250 = 375 \text{ kg/m}$

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-A dapat dilihat pada Gambar 5.6, sedangkan untuk portal as-E dapat dilihat pada Gambar 5.7



Gambar 5.6 Beban mati dan beban hidup portal as-A



Gambar 5.7 Beban mati dan beban hidup portal as-E





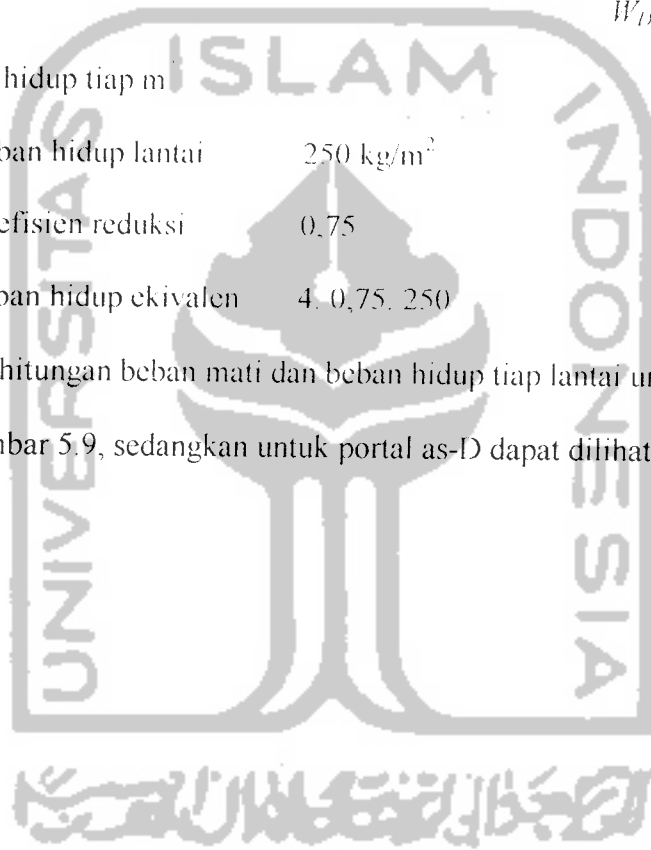
2. plafon	= 4. 1. 18	= 72 kg/m
3. spesi	= 4. 1. 0,02. 2100	= 168 kg/m
4. pasir	= 4. 1. 0,03. 1600	= 192 kg/m
5. tegel	= 4. 1. 0,02. 2400	= 192 kg/m
6. balok arah – y	= 0,35. 0,700. 2400	= 630 kg/m
7. dinding	= 4. 250	= 1000 kg/m

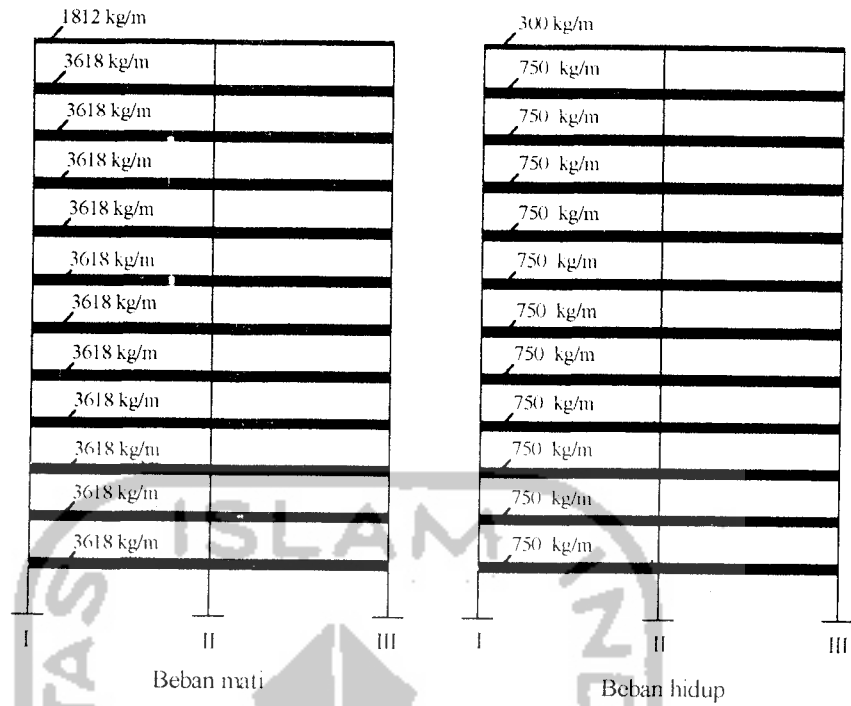
$$W_D = 3618 \text{ kg/m}$$

b. beban hidup tiap m

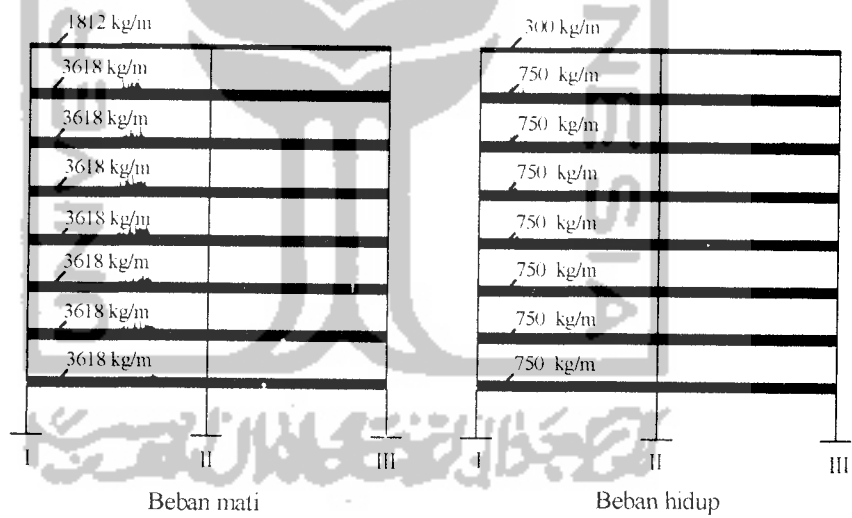
1. beban hidup lantai	250 kg/m <sup>2</sup>	
2. koefisien reduksi	0,75	
3. beban hidup ekuivalen	4. 0,75. 250	750 kg/m

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-B dapat dilihat pada Gambar 5.9, sedangkan untuk portal as-D dapat dilihat pada Gambar 5.10.



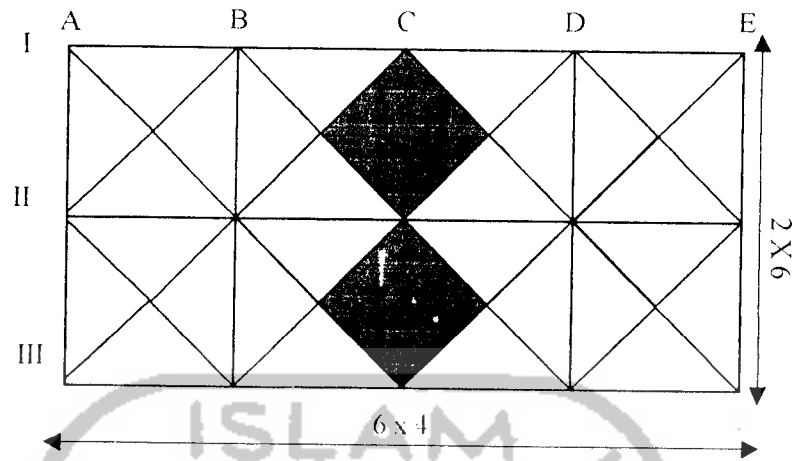


Gambar 5.9 Beban mati dan beban hidup portal as-B



Gambar 5.10 Beban mati dan beban hidup portal as-D

c. Portal as – C



Gambar 5.11 Peribagian beban merata pada portal as-C

1. beban gravitasi pada lantai atap as – C = as – A
  - a. beban mati tiap m  $W_D = 1200 \text{ kg/m}$
  - b. beban hidup tiap m  $W_L = 150 \text{ kg/m}$
2. beban gravitasi pada lantai 9 – 11 as – C = as – A
  - a. beban mati  $W_D = 2072 \text{ kg/m}$
  - b. beban hidup  $W_L = 375 \text{ kg/m}$
3. beban gravitasi pada lantai 8
  - a. beban mati tiap m = beban mati tiap lantai + beban mati atap  
 $= 2072 \text{ kg/m} + 1200 \text{ kg/m}$   
 $= 3272 \text{ kg/m}$
  - b. beban hidup tiap m = beban hidup tiap lantai + beban hidup atap  
 $= 375 \text{ kg/m} + 150 \text{ kg/m}$   
 $= 525 \text{ kg/m}$
4. beban gravitasi pada lantai 1 – 7 as – C = as – B

a. beban mati tiap lantai = 3618 kg/m

c. beban hidup tiap lantai = 750 kg/m

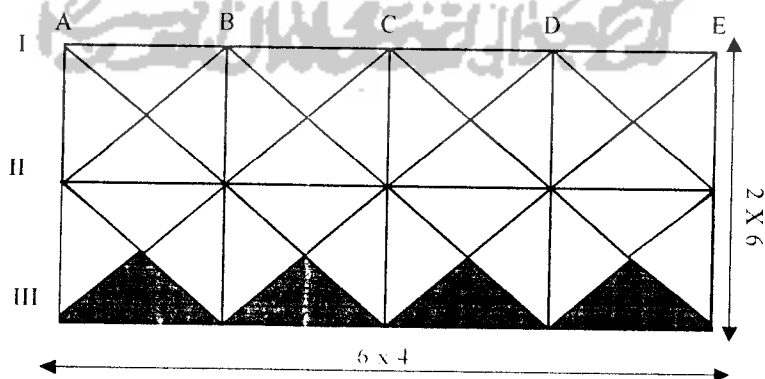
Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-C dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.12 Beban mati dan beban hidup portal as-C

### 5.5.2 Beban merata ekuivalen untuk portal arah - X

a. Portal as - III

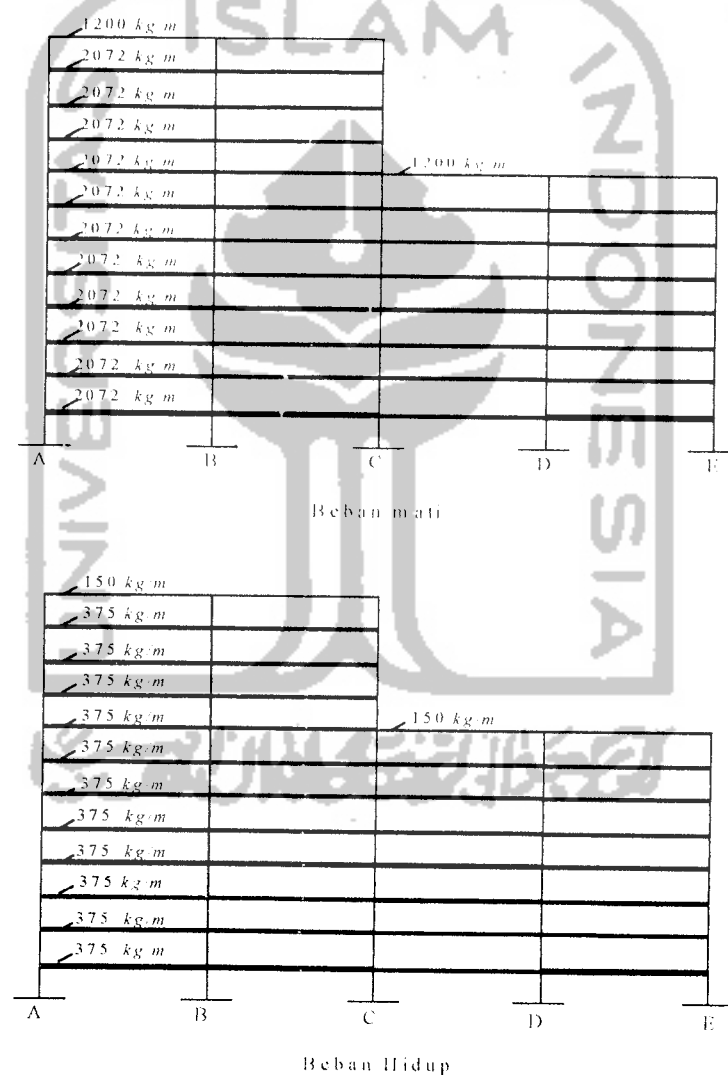


Gambar 5.13 pembagian beban merata pada portal as - III

1. Beban gravitasi pada balok atap as - III = as - I = as - A

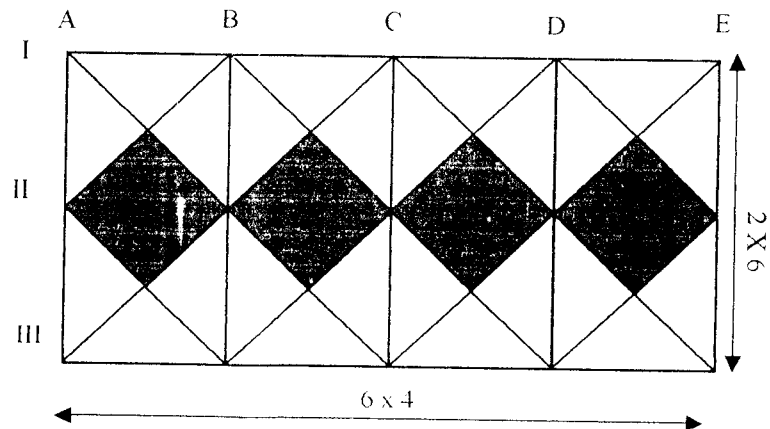
- a. beban mati tiap m  $W_D = 1200 \text{ kg/m}$
- b. beban hidup tiap m  $W_L = 150 \text{ kg/m}$
2. beban gravitasi pada balok lantai as – III = as – I = as – A
- a. beban mati tiap m  $W_D = 2072 \text{ kg/m}$
- b. beban hidup tiap m  $W_L = 375 \text{ kg/m}$

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-III dan portal as-I dapat dilihat pada Gambar 5.14.



**Gambar 5.14** Beban mati dan beban hidup pada portal as-I & as-III

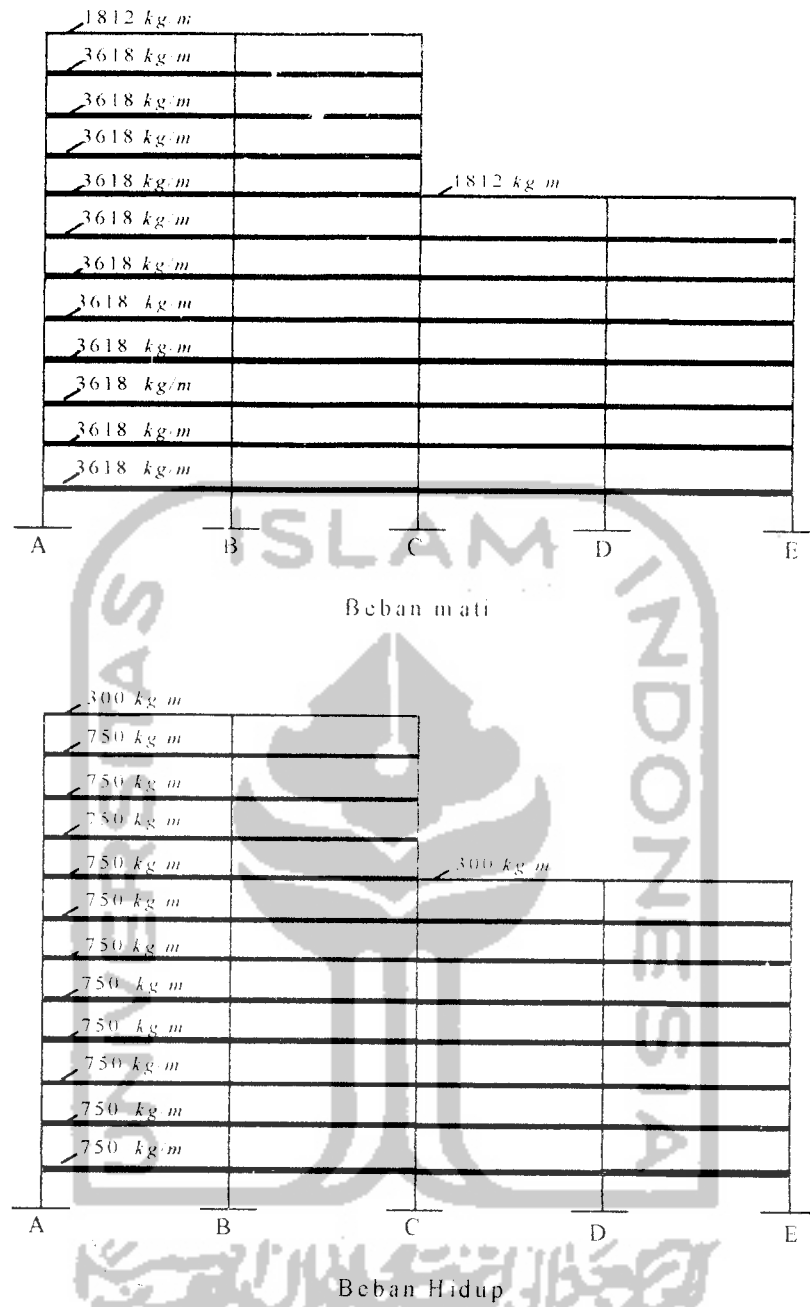
- b. Portal as – II



**Gambar 5.15.** Pembagian beban merata pada portal as-II

1. Beban gravitasi pada lantai atap as II as B
  - a. beban mati tiap m  $W_D = 1812 \text{ kg/m}$
  - b. beban hidup tiap m  $W_L = 300 \text{ kg/m}$
2. beban gravitasi pada lantai as II as B
  - a. beban mati tiap m  $W_D = 3618 \text{ kg/m}$
  - b. beban hidup tiap m  $W_L = 750 \text{ kg/m}$

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-II dapat dilihat pada Gambar 5.16.



**Gambar 5.16** Beban mati dan beban hidup pada portal as-II

### 5.6. Proses dan Hasil SAP'90

Setelah beban gravitasi dan gaya horizontal didapat selanjutnya diproses dalam program SAP'90, maka akan diperoleh simpangan relatif, gaya geser, momen torsi, dan momen lentur. Langkah-langkah pengerjaan program SAP'90 dapat dilihat pada



Gambar 4.4, dan untuk proses pengerjaannya dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil proses program SAP<sup>90</sup> berupa simpangan arah-X dan arah-Y dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Lampiran 7 serta ditunjukkan pada Tabel 5.4a, dan Tabel 5.4b.

**Tabel 5.4a** Simpangan relatif dinding geser arah – X

Lantai	variasi nol (cm)	variasi I (cm)	variasi II (cm)	variasi III (cm)	variasi IV (cm)
1	0.353	0.338	0.352	0.346	0.221
2	0.893	0.847	0.876	0.8544	0.6131
3	1.444	1.36	1.396	1.351	1.05
4	1.976	1.846	1.879	1.8033	1.5139
5	2.476	2.292	2.31	2.1938	2.1491
6	2.935	2.689	2.676	2.5435	2.803
7	3.345	3.027	2.968	3.04	3.3914
8	3.699	3.299	3.202	3.5682	3.8934
9	3.991	3.499	3.524	4.0277	4.2965
10	4.216	3.639	3.847	4.3972	4.5896
11	4.371	3.819	4.09	4.672	4.7612
12	4.464	3.99	4.276	4.864	4.8046

**Tabel 5.4b** Simpangan relatif dinding geser arah - Y

Lantai	variasi nol (cm)	variasi I (cm)	variasi II (cm)	variasi III (cm)	variasi IV (cm)
1	0.0793	0.0816	0.0764	0.086	0.0516
2	0.2465	0.252	0.2349	0.2854	0.1693
3	0.4718	0.479	0.445	0.563	0.3322
4	0.733	0.741	0.686	0.8919	0.5234
5	1.014	1.012	0.9396	1.2496	0.7294
6	1.302	1.298	1.1942	1.6187	0.9398
7	1.587	1.572	1.441	1.9867	1.1464
8	1.863	1.831	1.6749	2.345	1.3435
9	2.125	2.074	1.8937	2.6908	1.5277
10	2.37	2.299	2.097	3.0201	1.6981
11	2.602	2.508	2.288	3.335	1.8561
12	2.821	2.706	2.4699	3.64	2.005

Hasil proses program SAP'90 berupa momen torsi, momen lentur, dan gaya geser dapat dilihat pada Lampiran 5 serta ditunjukkan pada Tabel 5.5, Tabel 5.6, dan Tabel 5.7.

**Tabel 5.5** Momen torsi pada dinding geser

Tingkat	variasi nol ( kg-m )	variasi I ( kg-m )	variasi II ( kg-m )	variasi III ( kg-m )	variasi IV ( kg-m )
1	13.985	127.13	-191.848	-536.23	-1178.26
2	15.687	179.092	-263.206	-690.28	-1445.53
3	22.146	185.398	-265.148	-675.74	-1513.85
4	21.161	166.654	-261.027	-545.8	-1519.75
5	15.314	134.215	-254.708	-343.84	-1555.602
6	8.252	95.423	-235.55	-102.69	-1497.506
7	1.751	55.809	-191.046	82.39	-1353.531
8	-3.276	21.128	-135.92	219.62	-1152.18
9	-5.832	-2.376	-165.198	242.75	-913.084
10	-4.043	-31.544	-100.769	213.05	-648.274
11	-2.555	-123.186	-27.656	154.99	-371.681
12	-14.935	-54.93	32.105	76.07	-118.088

**Tabel 5.6** Momen lentur pada dinding geser

Tingkat	variasi nol ( kg-m )	variasi I ( kg-m )	variasi II ( kg-m )	variasi III ( kg-m )	variasi IV ( kg-m )
1	-933163	-955901	-891930	-1.08E+06	-638454
2	-678484	-686442	-635992	-821239.9	-484615.6
3	-484313	-479882	-439214	-591753.9	-342753.4
4	-335606	-321086	-288036	-396493.86	-223813.3
5	-219492	-197158	-170906	-236400.12	-127662
6	-127794	-100102	-80802.1	-111496	-52010.91
7	-55535.2	-25238.3	-13754.8	-21070.356	6235.071
8	-184.731	29609.25	31967.76	39505.695	47599.901
9	38892.46	64740.05	56500.63	76557.93	72166.992
10	60773	79074.24	63505.8	90390.596	79882.686
11	63241.6	70692.99	57651.48	81262.138	70488.018
12	42332.9	41485.08	35952.06	51258.584	44191.622

**Tabel 5.7** Gaya geser pada dinding geser

Tingkat	variasi nol ( kg-m )	variasi I ( kg-m )	variasi II ( kg-m )	variasi III ( kg-m )	variasi IV ( kg-m )
1	81714.89	86101.52	81536.5	67860.591	41620.131
2	76498.54	80500.19	76122.22	63475.381	40484.571
3	70359.21	73692.65	69325.63	56577.059	36105.072
4	64036.17	66472.47	61972.63	48718.271	31238.554
5	57414.94	58747.5	54026.43	40287.539	26541.872
6	50429.98	50496.41	45536.02	31618.039	22310.639
7	43021.73	41720.91	36576.8	23842.632	17976.849
8	35168.18	32485.64	27337.15	17492.536	13510.675
9	26899.43	22934.27	19225.56	11158.488	8954.241
10	18309.89	13378.79	12752.89	4913.957	4317.28
11	9705.619	5537.474	6484.674	-576.081	-108.669
12	468	-908.779	-197.659	-6814.102	-5375.548



## BAB VI

### DESAIN DINDING GESER

Perhitungan dimensi dinding geser pada bangunan yang ditinjau terdiri dari dua yaitu dinding geser pada sisi kiri dan dinding geser pada sisi kanan yang mempunyai gaya-gaya dalam berbeda. Gaya-gaya dalam yang diambil berdasarkan hasil analisis struktur memakai program SAP'90.

#### 6.1 Desain Dinding Geser Kiri

Anggapan terbaik yang dapat dilakukan terhadap dinding geser untuk menghindari bahaya tekuk adalah memperlakukannya sebagai kolom. Batasan tebal dinding geser ( $b_w$ ) dapat dihitung dengan persamaan ( 3.46 ), ( 3.47 ), dan ( 3.48 ).

$$b \geq b_w = b \geq 300 \text{ mm}$$

$$b \geq b_c = b \geq 310 \text{ mm}$$

$$b \geq \frac{h_1}{16} = b \geq \frac{4000}{16} = 250 \text{ mm}$$

$b$  diambil 400 mm

Untuk menjamin bahwa dinding geser tetap berperilaku geser, perbandingan antara tinggi total bangunan dan lebar dinding geser dapat diambil 8 ( $h_w / l_w = 8$ ). Dari Gambar 3.9.a, dengan anggapan perencanaan daktilitas penuh ( $\mu_v = 4$ ) didapat rasio daktilitas ( $\mu_o$ ) = 11.

Gaya geser pada dinding geser sering kali mencapai keadaan kritis khususnya apabila hanya dipakai tulangan yang terdistribusi secara seragam, sehingga harus diketahui batasan tebal dinding geser kritis ( $b_c$ ) dengan memakai persamaan ( 3.49 ).

$$b_c = 0,017 \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu_u} = 0,017 \cdot l_w \cdot \sqrt{11} = 0,057 l_w$$

sehingga,

$$b_c / l_w = 0,057$$

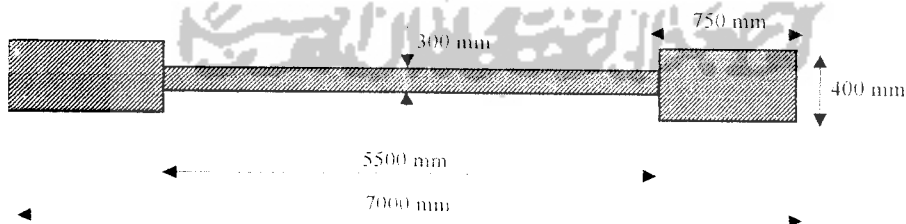
Dari Gambar 3.9b untuk nilai  $b_c / l_w = 0,057$  dengan perencanaan daktilitas penuh ( $\mu_\Delta = 4$ ), maka didapat nilai  $h_w / l_w = 7,5$ , sehingga lebar dinding geser ( $l_w$ )  $= 48 / 7,5 = 6,4$  m diambil  $l_w = 7000$  mm dan  $b_c = 0,057 \cdot 7000 = 399$  mm.

$$b_l \geq \frac{b_c \cdot l_w}{10 \cdot b} = b_l \geq \frac{399 \cdot 7000}{10 \cdot 400} = 698,625 \text{ mm}$$

$$b_l \geq \frac{b_c^2}{b} = b_l \geq \frac{399^2}{400} = 398 \text{ mm}$$

$$b_l \geq \frac{h_l}{16} = b_l \geq \frac{4000}{16} = 250 \text{ mm}$$

$b_l$  diambil 750 mm



**Gambar 6.1** Dimensi dinding geser kiri

Titik berat dinding geser  $= l_w / 2 = 7000 / 2 = 3500$  mm

Dari hasil analisis struktur program SAP'90 diperoleh  $P_u = 1254200$  kg  $= 12542$  kN dan  $M_u = 891930$  kg-m  $= 8919,3$  kNm

$$Pn = \frac{Pu}{\phi} = \frac{12542}{0,8} = 15677,5 \text{ kN}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{8919,3}{0,8} = 11149,125 \text{ kNm}$$

### 6.1.1 Penulangan Lentur

Tulangan lentur berfungsi menahan tegangan tarik yang terjadi akibat momen lentur. Tulangan lentur terdapat pada bagian kolom dinding geser.

a. Daerah II (pada badan dinding geser)

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

$$\rho_{\min} = 0,7/f_y = 0,7/400 = 0,0018$$

diambil yang terbesar,  $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_s = 0,0025 \cdot 300 \cdot 5500 = 4125 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan maksimum

$$D_{\max} < \frac{b_w}{10} < \frac{300}{10} = 30 \text{ mm}$$

dicoba tulangan  $D_{12}$  (dipakai 2 lapis tulangan)

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{2.113}{0,0025 \cdot 300} = 301,33 \text{ mm}$$

dipakai jarak antar tulangan = 300 mm

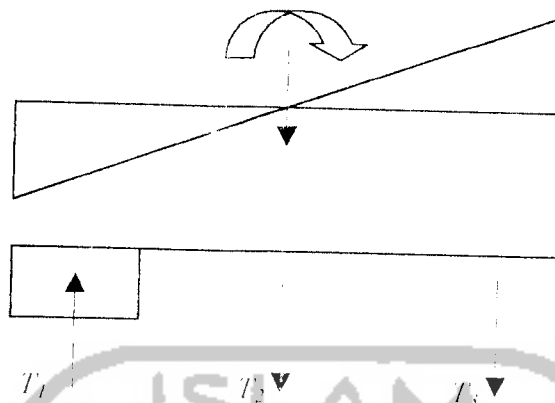
$$n = \frac{5500}{300} = 18,33$$

dipakai tulangan 20- $D_{12}$

$$A_{s \text{ aktual}} = 2 \cdot 20 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 = 4523,89 \text{ mm}^2 > 4125 \text{ mm}^2$$

Dengan menganggap tulangannya telah leleh maka besarnya gaya aksial yang bekerja,  $T_2 = A_{s \text{ aktual}} \cdot f_y = 4523,89 \cdot 400 = 1809557,368 \text{ N} = 1809,557 \text{ kN}$

b. Daerah I (daerah ujung)



1. Diameter tulangan maksimum

$$D_{max} < b_f/10 < 750/10 = 75 \text{ mm}$$

$$A_{v1 \min} = 0,001 \times b_w \times l_w = 0,001 \times 300 \times 7000 = 2100 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{v \max} &= 0,06 \times \text{luas daerah ujung} \\ &= 0,06 \times 750 \times 400 = 18000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Statis momen terhadap  $T_1$

$$15677,5(3,5-0,35) + 1809,556(3,5-0,35) + T_3(7-0,75) - 11149,125 = 0$$

$$T_3 = 6533,48 \text{ kN}$$

$$A_{S_3} = T_3/f_y = 6533,48 \cdot 10^3 / 400 = 16333,7 \text{ mm}^2$$

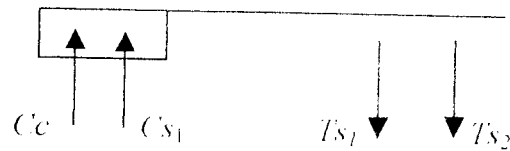
Dipakai diameter 29 mm < 75 mm

$$26.660 = 17160 \text{ mm}^2 > A_{S_3} = 16333,7 \text{ mm}^2$$

jarak antara tulangan 108 mm

## 6.1.2 Kapasitas Lentur Dinding Geser

### a. Desak daerah I



Dengan cara coba-coba garis netral dinding geser dari tulangan yang terpasang dapat ditentukan, sehingga gaya desak dikurangi gaya tarik akan kira-kira sama dengan  $P_n$ . Kemudian momen yang didapat berdasarkan tulangan tumpang dapat ditentukan.

Dicoba  $c = 0,3 \cdot 7000 = 2100$  mm

Dengan menganggap seluruh tulangan  $D_{12}$  leleh, maka tulangan  $D_{12}$  memberikan

sumbangan gaya sebesar  $\frac{2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 400}{300} = 301,593$  N/mm

Desak :  $C_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 2100 \cdot 400 = 18207$  kN

$C_{s1} = 26 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 29^2 \cdot 400 = 6869,40$  kN

$C_{total} = 25076,4$  kN

Tarik :  $T_{s1} = 26 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 29^2 \cdot 400 = 6869,40$  kN

$T_{s2} = (7000 - 700 - 2100) \cdot 301,593 = 1266,69$  kN

$T_{total} = 8136,09$  kN

$C - T = 25076,4 - 8136,09 = 16940,31$  kN  $> P_n = 15677,5$  kN

$\sum Mn = 18207 \cdot (3,5 - 0,75 \cdot 0,85 \cdot 2,1) = 39349,878$  kNm  $> Mn = 11149,125$  kNm



### b. Desak Daerah III

Karena bentuk dinding geser dan tulangan yang digunakan pada dinding geser simetris, maka perhitungan untuk desak pada daerah III sama dengan desak daerah I.

### 6.1.3 Perencanaan Geser

Perencanaan geser pada struktur terlentur didasarkan pada anggapan beton menahan sebagian gaya geser sedangkan di atas kemampuan beton ditahan oleh baja tulangan geser. Untuk menjamin agar dinding geser memiliki kuat geser yang cukup sepanjang tinggi dinding, maka bidang geser perlu akibat gempa sepanjang tinggi dinding geser harus dimodifikasi, sehingga berjalan linier dari  $V_{u,d maks}$  pada dasar sampai  $0,5 V_{u,d maks}$  pada puncak dinding geser.

$$V_u = V_{wall} = \omega_v \cdot \phi_v \cdot V_i$$

$$\omega_v = 1,3 + \frac{12}{30} = 1,7$$

$$V_u = V_{wall} = 1,7 \cdot 1,4 \cdot 815,36 = 1940,559 \text{ kN}$$

$$V_i = \frac{V_{wall}}{b_w \cdot d} = \frac{1940,559}{300 \cdot 0,85 \cdot 7000} = 1,16 \text{ MPa}$$

Tetapi tidak lebih besar dari:

$$V_{i maks} = \left( \frac{0,22 \cdot 1,4}{4} + 0,03 \right) \cdot 35 = 3,745 \text{ MPa} < 0,16 \cdot f_c' = 5,6 \text{ MPa}$$

Kontribusi beton didalam dinding geser sebesar :

$$V_c = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{P_n}{A_g}} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{15677,5 \cdot 10^3}{225 \cdot 10^4}} = 1,5838 \text{ MPa}$$

Digunakan sengkang  $2D_{12}$ ,  $A_v = 226,19 \text{ mm}^2$

$$V_s = v_i - v_c = 3,745 - 1,5838 = 2,16 \text{ MPa}$$

$$\frac{Av}{s} = \frac{v_s \cdot b_w}{f_y}$$

$$s = \frac{Av \cdot f_y}{v_s \cdot b_w} = \frac{226,19 \cdot 400}{2,16 \cdot 300} = 139,623 \text{ mm}^2$$

dipakai  $D_{12} - 130$  untuk tulangan geser horisontal.

Kontrol efek tekuk pada tulangan daerah II :

$$\rho_e = \frac{\sum Ab}{b \cdot s_v} < \frac{2}{f_y}$$

$$= \frac{2.113,09}{300 \cdot 300} = 0,0025 < \frac{2}{f_y} = 0,0667$$

sehingga tulangan pada daerah II tidak perlu dikekang

Pengekangan tulangan daerah I dan III

Jarak sengkang tertutup

$$Sh \leq 6 \cdot db = 6 \cdot 29 = 174 \text{ mm}$$

$$Sh \leq 0,5 b_f = 0,5 \cdot 750 = 375 \text{ mm}$$

$$Sh \leq 150 \text{ mm}$$

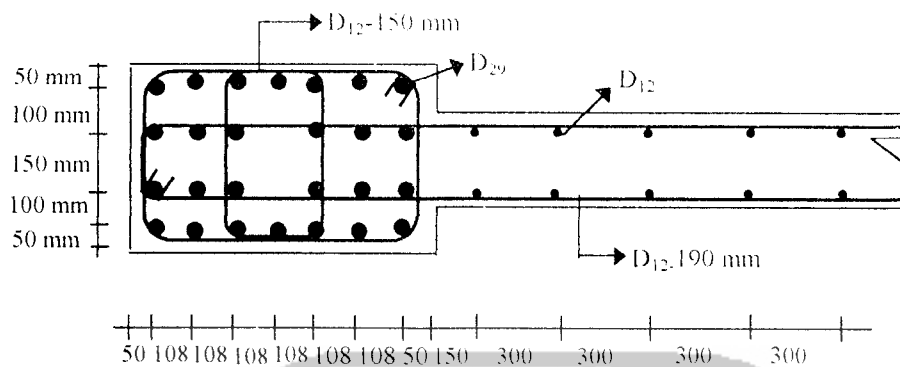
Dipakai sengkang tertutup  $D_{12} - 150 \text{ mm}$

$$s_v = \frac{750 - 2 \cdot 50 - 7 \cdot 29 - 2 \cdot 12}{2} = 423 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

$$\rho_e = \frac{\sum Ab}{b \cdot s_v} < \frac{2}{f_y}$$

$$= \frac{2.661}{400 \cdot 423} = 0,0078 < \frac{2}{f_y} = 0,0667$$

sehingga tulangan pada daerah I dan III tidak perlu dikekang, tetapi untuk keamanan sebaiknya dikekang dengan sengkang tertutup.



**Gambar 6.2** Penempatan tulangan *boundary elements* dan tulangan lentur

## 6.2 Desain Dinding Geser Kanan

Perencanaan dinding geser kanan secara umum sama dengan perencanaan dinding geser kiri. Tinggi dinding geser kanan kurang dari dinding geser kiri, sehingga akan menghasilkan gaya dalam dan dimensi yang berbeda. Batasan tebal dinding geser ( $b_w$ ) dapat dihitung dengan persamaan ( 3.46 ), ( 3.47 ), dan ( 3.48 ).

$$b \geq b_w = b \geq 300 \text{ mm}$$

$$b \geq b_c = b \geq 310 \text{ mm}$$

$$b \geq \frac{h_l}{16} = b \geq \frac{4000}{16} = 250 \text{ mm}$$

$b$  diambil 350 mm

Untuk batasan tebal dinding geser kritis ( $b_c$ ) yang nilainya dihitung dengan persamaan ( 3.49 ).

$$b_c = 0,017 \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu_o} = 0,017 \cdot l_w \cdot \sqrt{11} = 0,057 l_w$$

sehingga,

$$b_c / l_w = 0,057$$

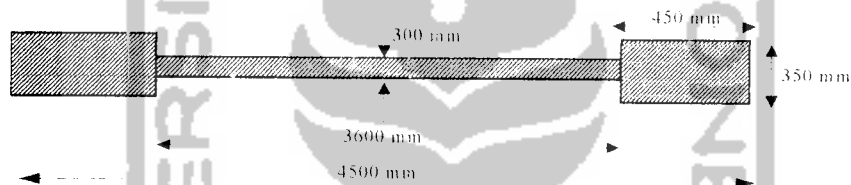
Dari gambar 3.9b untuk nilai  $b_c/l_w = 0,057$  dengan perencanaan daktilitas penuh ( $\mu_A = 4$ ), maka didapat nilai  $h_w/l_w = 7,5$ , sehingga lebar dinding geser ( $l_w$ )  $= 32/7,5 = 4,277$  m diambil  $l_w = 4500$  mm dan  $b_c = 0,057 \cdot 4500 = 256,5$  mm.

$$b_l \geq \frac{b_c \cdot l_w}{10 \cdot b} = b_l \geq \frac{256,5 \cdot 4500}{10 \cdot 350} = 329,786 \text{ mm}$$

$$b_l \geq \frac{b_c^2}{b} = b_l \geq \frac{256,5^2}{350} = 187,978 \text{ mm}$$

$$b_l \geq \frac{h_l}{16} \quad b_l \geq \frac{4000}{16} = 250 \text{ mm}$$

$b_l$  diambil 450 mm



**Gambar 6.3** Dimensi dinding geser kanan

Titik berat dinding geser  $= l_w/2 = 5000/2 = 2500$  mm

Dari hasil analisis struktur dengan bantuan SAP'90 didapat  $P_u = 721026,938$

kg  $= 7210,26$  kN dan  $M_u = 416040,216$  kgm  $= 4160,40$  kNm

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{7210,26}{0,8} = 9012,836 \text{ kN}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4160,40}{0,8} = 5200,5 \text{ kNm}$$

### 6.2.1 Penulangan Lentur

a. Daerah II (pada badan dinding geser)

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

$$\rho_{\min} = 0,7/f_y = 0,7/400 = 0,0018$$

diambil yang terbesar,  $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_s = 0,0025 \cdot 300 \cdot 3600 = 2700 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan maksimum

$$D_{\max} < \frac{b_w}{10} < \frac{300}{10} = 30 \text{ mm}$$

dicoba tulangan  $D_{12}$  (dipakai 2 lapis tulangan)

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{2.113}{0,0025 \cdot 300} = 301,33 \text{ mm}$$

dipakai jarak antar tulangan = 300 mm

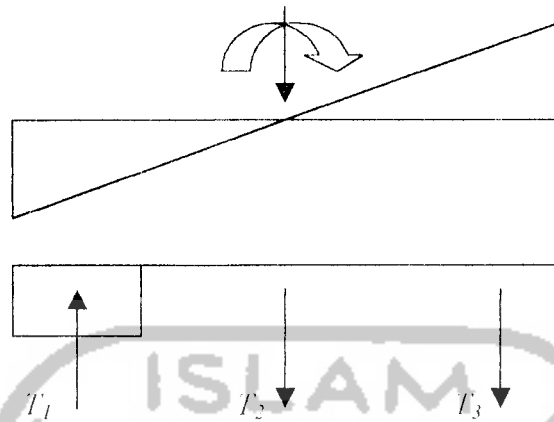
$$n = \frac{3600}{300} = 12$$

dipakai tulangan 12- $D_{12}$

$$A_{s \text{ aktual}} = 2 \cdot 12 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 = 2714,336 \text{ mm}^2 > 2700 \text{ mm}^2$$

Dengan menganggap tulangannya telah leleh maka besarnya gaya aksial yang bekerja,  $T_2 = A_{s \text{ aktual}} \cdot f_y = 2714,336 \cdot 400 = 1085734,421 \text{ N} = 1085,734 \text{ kN}$

b. Daerah I (daerah ujung)



1. Diameter tulangan maksimum

$$D_{max} < b_f/10 < 450/10 = 45 \text{ mm}$$

$$A_{v_{min}} = 0,001 \times b_w \times l_w = 0,001 \times 300 \times 4500 = 1350 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{v_{max}} &= 0,06 \times \text{luas daerah ujung} \\ &= 0,06 \times 450 \times 350 = 9450 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Statis momen terhadap  $T_1$

$$9012,836(2,25-0,225) + 1085,734(2,25-0,225) + T_3(4,5-0,45) - 5200,5 = 0$$

$$T_3 = 3223,47 \text{ kN}$$

$$A_{S_3} = T_3/f_y = 3223,47 \cdot 10^3 / 400 = 8058,67 \text{ mm}^2$$

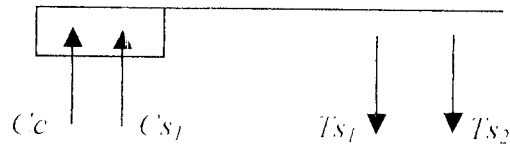
Dipakai diameter 25 mm < 45 mm

$$18.6490 = 8835,73 \text{ mm}^2 > A_{S_3} = 8058,67 \text{ mm}^2$$

dipakai jarak antar tulangan = 87 mm

### 6.2.2 Kapasitas Lentur Dinding Geser

#### a. Desak daerah I



Dengan cara coba-coba garis netral dinding geser dari tulangan yang terpasang dapat ditentukan, sehingga gaya desak dikurangi gaya tarik akan kira-kira sama dengan  $P_n$ . Kemudian momen yang diperoleh berdasarkan tulangan tumpang dapat ditentukan.

Dicoba  $c = 0,3 \cdot 4500 = 1350$  mm

Dengan menganggap seluruh tulangan  $D_{12}$  leleh, maka tulangan  $D_{12}$  memberikan

sumbangan gaya sebesar  $\frac{2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 400}{300} = 301,593$  N/mm

Desak :  $C_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 1350 \cdot 350 = 11704,5$  kN

$C_{s1} = 18 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 400 = 3534,29$  kN

$C_{total} = 15238,79$  kN

Tarik :  $T_{s1} = 18 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 400 = 3534,29$  kN

$T_{s2} = (4500 - 450 - 1350) \cdot 301,593 = 814,301$  kN

$T_{total} = 4348,59$  kN

$C - T = 15238,79 - 4348,59 = 10890,198$  kN  $> P_n = 9012,836$  kN

$\Delta = \frac{(10890,2 - 9012,83)}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 0,21$  mm

Daerah desak harus dikurangi sebesar 0,21 mm

$$c = 1350 - \frac{0,21}{0,85} = 1349,753 \text{ mm}$$

$$\text{Desak : } C_c = 0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 1349,753 \cdot 400 = 13642,75 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = 18 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 400 = 3534,2917 \text{ kN}$$

$$C_{\text{total}} = 17187,04 \text{ kN}$$

$$\text{Tarik : } T_{s1} = 18 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 400 = 3534,2917 \text{ kN}$$

$$T_{s2} = (4500 - 450 - 1349,75) \cdot 301,593 = 814,376 \text{ kN}$$

$$T_{\text{total}} = 4348,672 \text{ kN}$$

$$C - T = 17187,04 - 4348,672 = 12838,36 \text{ kN} > P_n = 9012,836 \text{ kN}$$

$$\sum M_n = 13642,75 (2,25 - 0,45 \cdot 0,85 \cdot 1,3497) = 23670,5 \text{ kNm}$$

$$3534,2917 (2,25 - 0,45 \cdot 0,5) = 7156,94 \text{ kNm}$$

$$3534,2917 (4,5 - 2,25 - 0,45 \cdot 0,5) = 7156,94 \text{ kNm}$$

$$37983,94 \text{ kNm} > M_n = 5200,5 \text{ kNm}$$

#### b. Desak Daerah III

Karena bentuk dinding geser dan tulangan yang digunakan pada dinding geser simetris, maka perhitungan untuk desak pada daerah III sama dengan desak daerah I.

### 6.1.3 Perencanaan Geser

Perencanaan geser pada struktur terlentur didasarkan pada anggapan beton menahan sebagian gaya geser sedangkan diatas kemampuan beton ditahan oleh baja tulangan geser.

Untuk menjamin agar dinding geser memiliki kuat geser yang cukup sepanjang tinggi dinding, maka bidang geser perlu akibat gempa sepanjang tinggi



dinding geser harus dimodifikasi, sehingga berjalan linier dari  $V_{u,d maks}$  pada dasar sampai  $0,5 V_{u,d maks}$  pada puncak cinding geser.

$$V_u = V_{wall} = \omega v \cdot \phi_0 \cdot V_E$$

$$\omega v = 1,3 + \frac{8}{30} = 1,57$$

$$V_u = V_{wall} = 1,57 \cdot 1,4 \cdot 496,45 = 1091,20 \text{ kN}$$

$$V_i = \frac{V_{wall}}{b_w \cdot d} = \frac{1091,20}{300 \cdot 0,8 \cdot 4500} = 1,01 \text{ MPa}$$

Tetapi tidak lebih besar dari:

$$V_{i maks} = \left( \frac{0,22 \cdot 1,4}{4} + 0,03 \right) \cdot 35 = 3,745 \text{ MPa} < 0,16 \cdot f_c' = 5,6 \text{ MPa}$$

Kontribusi beton didalam dinding geser sebesar :

$$V_c = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{P_n}{A_g}} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{9012,336 \cdot 10^3}{135 \cdot 10^4}} = 1,550 \text{ MPa}$$

Digunakan sengkang  $2D_{12}$ ,  $A_v = 226,19 \text{ mm}^2$

$$V_s = v_i - v_c = 3,745 - 1,55 = 2,195 \text{ MPa}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{v_s \cdot b_w}{f_y}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y}{v_s \cdot b_w} = \frac{226,19 \cdot 400}{2,195 \cdot 300} = 137,397 \text{ mm}^2$$

dipakai  $D_{12} - 130$  untuk tulangan geser horisontal. Untuk tulangan pada daerah II tidak perlu dikekang.

Pengekangan tulangan daerah I dan III

Jarak sengkang tertutup

$$Sh \leq 6.db = 6.25 = 150 \text{ mm}$$

$$Sh \leq 0,5 b_l = 0,5.450 = 225 \text{ mm}$$

$$Sh \leq 150 \text{ mm}$$

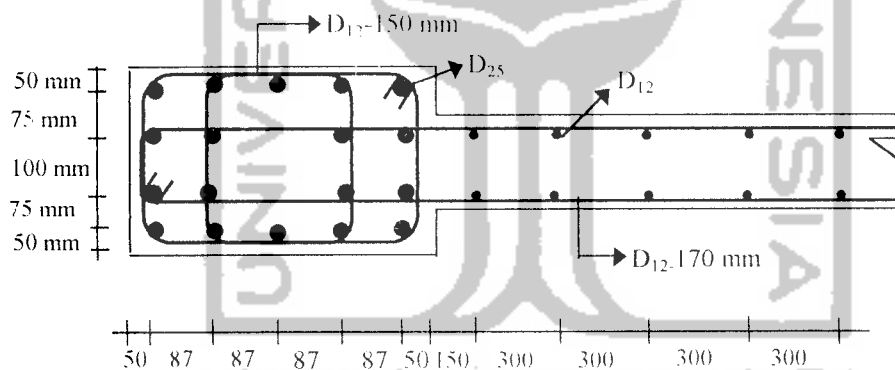
Dipakai sengkang tertutup D<sub>12</sub>-150 mm

$$S_v = \frac{450 - 2.50 - 5.25 - 2.12}{2} = 201 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

$$\rho_e = \frac{\sum A_b}{b.s_v} < \frac{2}{f_y}$$

$$= \frac{2.491}{350.201} = 0,0139 < \frac{2}{f_y} = 0,0667$$

sehingga tulangan pada daerah I dan III tidak perlu dikekang, tetapi untuk keamanan sebaiknya dikekang dengan sengkang tertutup.



**Gambar 6.4** Penempatan tulangan *boundary elements* dan tulangan lentur

## BAB VII

### HASIL DAN PEMBAHASAN

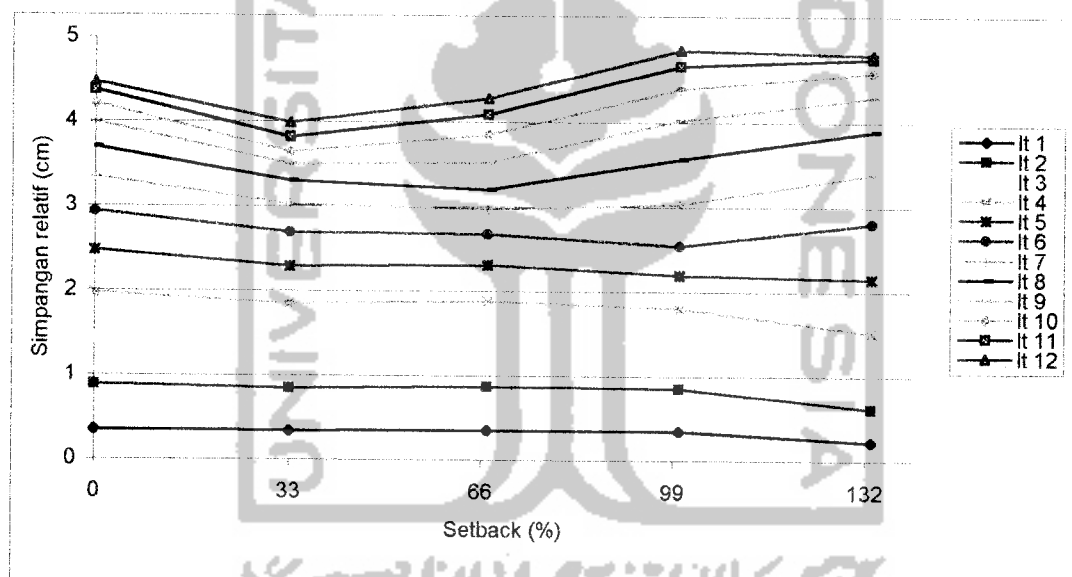
Hasil hitungan dari MATLAB berupa gaya horisontal dasar tiap tingkat, selanjutnya diproses dalam program SAP'90 untuk mendapatkan simpangan relatif, momen lentur, momen torsi, dan gaya geser. Hasil proses SAP'90 akan dianalisis untuk setiap variasi terhadap variasi nol sebagai bangunan asli.

#### 7.1. Analisis

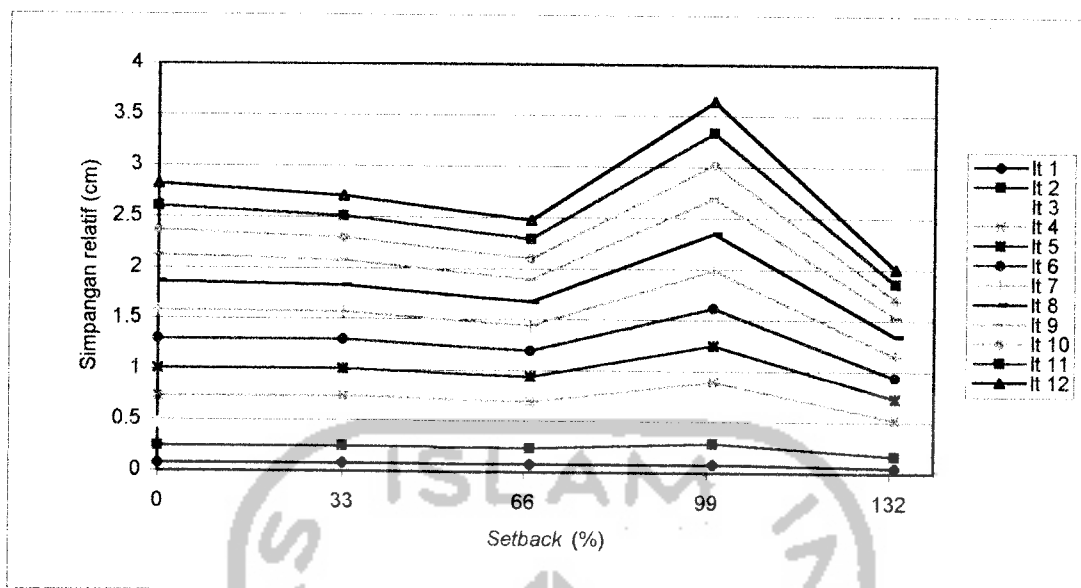
Analisis dilakukan hanya pada dinding geser kiri karena mempunyai propertis yang sama setiap variasi. Sedangkan dinding geser kanan tidak mempunyai propertis sama untuk tiap variasi, sehingga cukup sulit untuk dianalisis. Analisis dilakukan dengan mengambil nilai maksimum dan minimum dari hasil perhitungan. Selanjutnya dari hasil perolehan nilai-nilai maksimum dihitung persentase perubahan terhadap variasi nol. Hasil dari keluaran program SAP'90 dapat digambarkan hubungan antara gaya geser, momen torsi, momen lentur, simpangan relatif arah-X, simpangan relatif arah-Y dengan loncatan bidang muka dalam bentuk grafik. Grafik tersebut bukan merupakan grafik fungsi.

## 7.2 Simpangan Relatif Dinding Geser

Nilai perpindahan di tiap tingkat akan cenderung semakin meningkat sejalan dengan pertambahan ketinggian gedung, baik untuk portal terbuka maupun untuk portal dinding geser. Hal ini disebabkan jika ketinggian gedung bertambah, maka *mode* getaran yang akan semakin bertambah dan bervariasi. Seperti diketahui bahwa nilai perpindahan itu sendiri berbanding lurus dengan *mode* getar. Simpangan horisontal arah - X dan arah - Y yang terjadi pada dinding geser ditunjukkan pada Tabel 5.4 dan dimanifestasikan kedalam Gambar 7.1 serta Gambar 7.2.



Gambar 7.1. Simpangan relatif dinding geser arah - X



**Gambar 7.2.** Simpangan relatif dinding geser arah - Y

Dari Gambar 7.1 dan Gambar 7.2 dapat dilihat bahwa simpangan yang terjadi pada arah - X lebih besar yaitu sebesar 44,6% dari arah - Y. Hal ini dikarenakan posisi dinding geser memanjang arah - Y yang menyebabkan inersia dan kekakuan pada arah - Y lebih besar, sehingga simpangan yang terjadi lebih kecil.

Pada Gambar 7.1 simpangan lantai 1 sampai 6 menurun untuk tiap variasi terhadap variasi nol. Pada variasi I dan variasi II simpangan relatif lantai lebih kecil dari variasi nol. Simpangan relatif lantai terbesar terjadi pada variasi IV sebesar 4,8046 cm atau terjadi kenaikan 7,63% dari simpangan relatif variasi nol. Untuk simpangan relatif terkecil terjadi pada variasi I sebesar 3,990 cm atau terjadi penurunan 10,62% dari simpangan relatif variasi nol. Hal ini disebabkan semakin besar loncatan bidang muka kekakuan semakin berkurang yang menyebabkan simpangan relatif semakin besar, tetapi untuk massa bangunan sebaliknya semakin

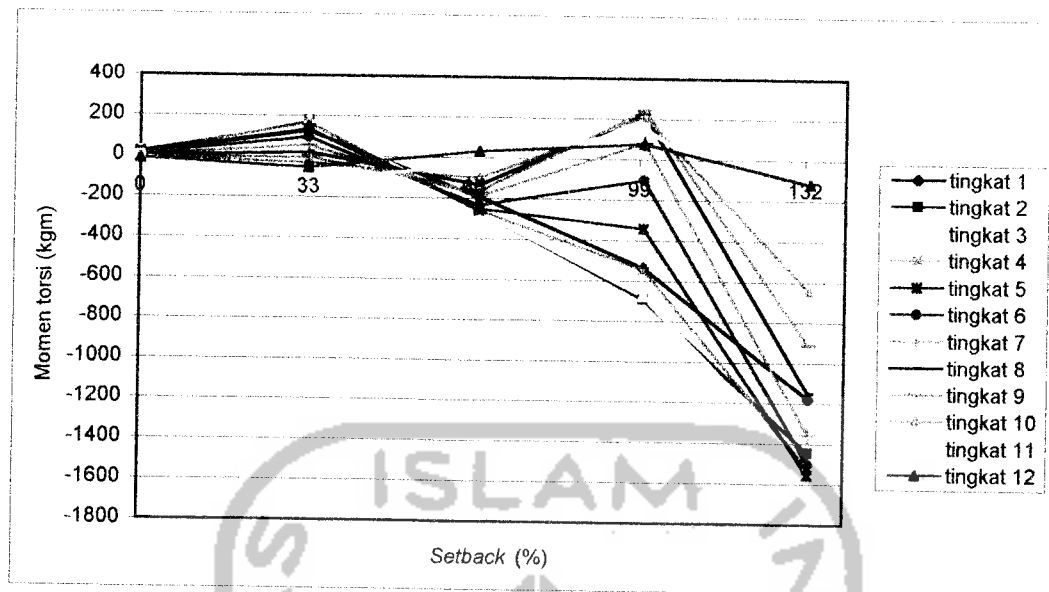
berkurang dan gaya horisontalpun semakin berkurang yang menyebabkan simpangan relatif juga semakin berkurang, sehingga simpangan relatif mengalami perubahan yang fluktuatif. Untuk simpangan relatif arah-X yang optimum terjadi pada variasi I.

Pada Gambar 7.2 simpangan relatif untuk variasi I, II dan IV mengalami penurunan terhadap variasi nol dan mengalami kenaikan pada variasi III. Simpangan relatif terbesar terjadi pada variasi III sebesar 3,64 cm atau terjadi kenaikan 29,032%. Untuk simpangan relatif terkecil terjadi pada variasi IV sebesar 2,005 cm atau terjadi penurunan 28,92%. Seperti yang terjadi pada simpangan relatif arah-X, simpangan relatif arah-Y juga mengalami perubahan yang fluktuatif.

Persyaratan perbandingan antara simpangan antar tingkat dan tinggi tingkat yang bersangkutan tidak boleh melampaui 0.005, dengan ketentuan bahwa dalam segala hal simpangan antar tingkat yang terjadi tidak boleh lebih dari 2 cm. Dari kedua tabel tersebut baik arah-X maupun arah-Y masih memenuhi persyaratan (Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1987).

### 7.3 Momen Torsi pada Dinding Geser

Momen torsi akan terjadi jika pusat massa struktur tidak berimpit dengan pusat geometri atau gaya horisontal dan gaya penahan itu tidak berimpit, hal ini akan menyebabkan gedung mengalami puntiran, pada bagian atas berputar tapi bagian bawah (bagian pondasi) tetap. Hasil keseluruhan momen torsi yang terjadi dapat ditabelkan dan digambarkan dengan grafik sebagai berikut ini.

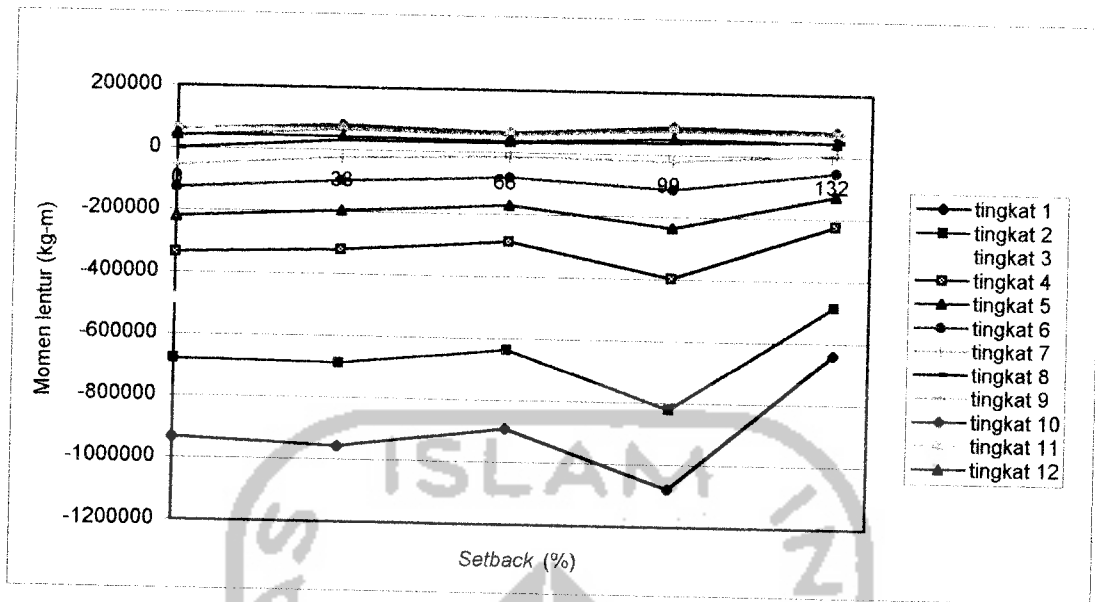


**Gambar 7.3.** Momen torsi dinding geser

Dari Gambar 7.3 dapat dilihat bahwa momen torsi yang terbesar terjadi pada variasi IV sebesar 1178,26 kgm atau terjadi kenaikan sebesar 8325,17% dari torsi variasi nol. Hal ini disebabkan pada variasi IV mempunyai eksentrisitas yang terbesar. Pada variasi nol eksentrisitas yang terjadi hampir sama dengan nol sehingga momen torsi yang terjadipun hampir mendekati nol. Untuk momen torsi yang terkecil terjadi pada variasi I sebesar 127,13 kgm atau terjadi kenaikan sebesar 809,045%. Terdapat kecenderungan yang jelas bahwa torsi semakin membesar seiring dengan membesarnya loncatan bidang muka.

#### 7.4 Momen Lentur pada Dinding Geser

Momen lentur yang dihasilkan pada proses program SAP'90 merupakan momen ultimit. Hasil keseluruhan momen lentur yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 7.4.



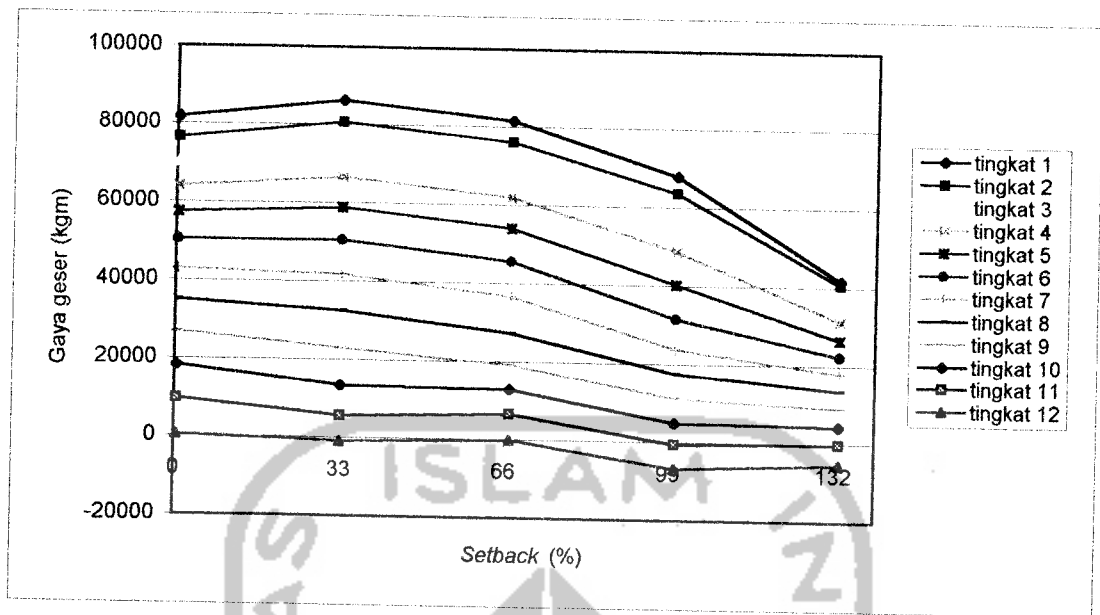
**Gambar 7.4.** Momen lentur dinding geser

Dari Gambar 7.4 dapat dilihat bahwa dengan naiknya loncatan bidang muka dari variasi I sampai variasi IV momen lentur mengalami perubahan yang fluktuatif. Hal ini disebabkan pada loncatan bidang muka terjadi perubahan massa dan kekakuan, sehingga gaya horizontal yang terjadi juga mengalami perubahan yang fluktuatif. Momen lentur terbesar terjadi pada variasi III sebesar  $1.08E+6$  kgm atau terjadi kenaikan sebesar 15,542%. Untuk momen lentur terkecil terjadi pada variasi IV sebesar 638454,003 kgm atau terjadi penurunan sebesar 31,58%.

### 7.5. Gaya Geser pada Dinding Geser

Gaya geser akan terjadi jika ada massa yang mengalami percepatan horisontal yang bekerja pada struktur. Hasil keseluruhan gaya geser yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 7.5.





**Gambar 7.5.** Gaya geser dinding geser

Nilai gaya lantai dipengaruhi oleh massa dan kekakuan tingkat. Dari Gambar 7.5 dapat dilihat gaya geser yang terbesar terjadi pada variasi I. Hal ini dapat terjadi karena pada variasi I mempunyai kekakuan dan massa yang terbesar. Gaya geser terbesar pada variasi I sebesar 86101,52 kgm atau terjadi kenaikan sebesar 5,36% dari variasi nol. Untuk gaya geser terkecil terjadi pada variasi IV sebesar 41602 kgm atau terjadi penurunan sebesar 49,07% dari variasi nol.

## BAB VIII

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil dan pembahasan penelitian tugas akhir, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran yang dijabarkan pada sub bab dibawah ini.

#### 8.1 Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian hasil penelitian tentang pengaruh perubahan variasi loncatan bidang muka terhadap simpangan relatif, gaya geser, momen torsi, dan momen lentur pada dinding geser, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Simpangan relatif yang terjadi pada arah-X lebih besar dari pada arah-Y yaitu sebesar 44,6%. Hal ini disebabkan posisi dinding geser memanjang arah-Y, yang menyebabkan inersia dan kekakuan pada arah-Y lebih besar, sehingga simpangan relatif yang terjadi kecil ( periksa Gambar 7.1 dan Gambar 7.2 ).
2. Nilai simpangan relatif yang terjadi pada arah-X dan arah-Y cenderung fluktuatif, dan memiliki beberapa nilai simpangan relatif maksimum. Hal ini

disebabkan pada loncatan bidang muka terjadi pengurangan kekakuan dan massa. ( periksa Gambar 7.1 dan Gambar 7.2 ).

3. Untuk momen torsi yang terbesar terjadi pada variasi IV. Hal ini disebabkan pada variasi IV mempunyai eksentrisitas yang paling besar dan kekakuan yang paling kecil. ( periksa Gambar 7.3).
4. Untuk momen lentur akibat variasi loncatan bidang muka mengalami perubahan yang fluktuatif. Hal ini disebabkan terjadi pengurangan kekakuan dan massa ( periksa Gambar 7.4 ).
5. Jika dilihat dari simpangan relatif arah-X serta momen lentur yang terjadi, maka variasi III merupakan bangunan yang penempatan *setbacknya* belum maksimal. Bila dilihat dari simpangan relatif arah-Y, momen lentur dan gaya geser yang terjadi pada variasi IV merupakan bangunan yang penempatan *setbacknya* optimum ( periksa Gambar 7.1 dan Gambar 7.2 ).

## 8.2 Saran

Dengan mempertimbangkan hasil dari tugas akhir ini dan juga batasan-batasan yang digunakan, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut ini.

1. Untuk struktur yang mempunyai loncatan bidang muka sebesar 100%B dihindari.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan beban gempa sesungguhnya (*time history*).
3. Perlu adanya kelanjutan penelitian tentang analisis dan desain penulangan pada balok kolom.

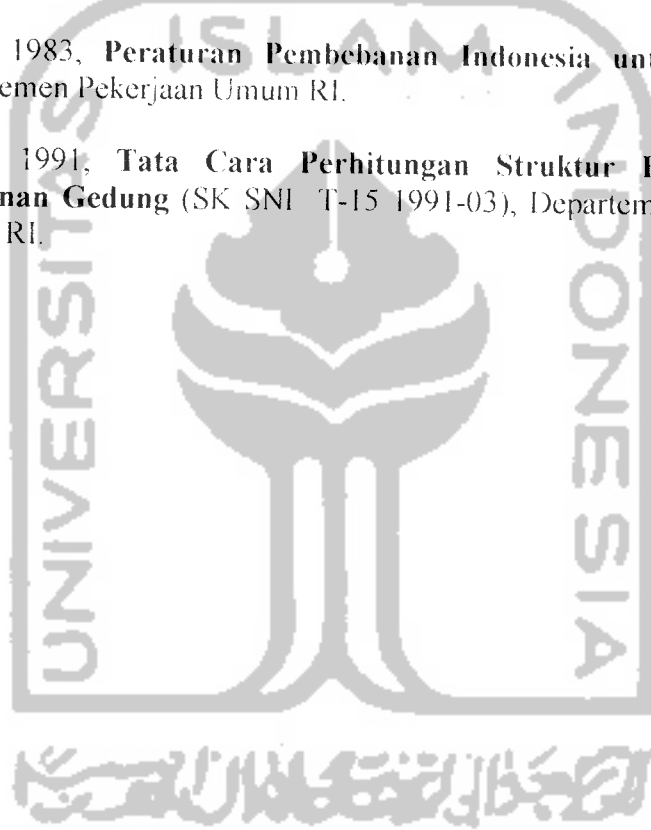
4. Untuk penelitian selanjutnya perlu ditinjau pengaruh gaya dalam terhadap variasi loncatan bidang muka ke arah horisontal.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, C., and R. Robert, 1982, **Building Configuration Seismic Design**, John Wiley and Sons, Inc, Canada.
- Fatiana, T., dan N. Sri, 2000, **Analisis Dinamik pada Dinding Geser Berpasangan**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM. 1996, **Modul Kursus SAP'90** diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM pada tanggal 17-19 Januari 1996.
- Microsoft Corporation (Copyright © 1985-1999), **Microsoft® Excel 2000**, All Right Reserved.
- Muto, K., 1987, **Analisa Perancangan Gedung Tahan Gempa**, Erlangga, Jakarta.
- Paulay, T., and M.J.N. Priestly. 1992, **Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings**, John Wiley and Son Inc, Canada.
- Paz, M., 1987, **Dinamika Struktur Teori dan Perhitungan**, (terjemahan), Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Sarwidi. 1999, **Penyusunan Proposal Penelitian**, disampaikan pada *Training Dasar-Dasar Penelitian dan Metodologi Ilmiah* yang diselenggarakan oleh LEM-UII pada tanggal 1 sampai 2 Juni 1999 di Kaliurang.
- Subandi, L., dan R.D. Hartanto, 2000, **Desain Struktur Frame Walls Ductile dengan Memperhitungkan Kekakuan Balok Pondasi**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Syafruddin, M., dan S.A. Iryawan, 1999, **Analisis dan Desain Penulangan untuk Lentur dan Geser pada Struktur Dinding Geser**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- The Mathworks, Inc. (Copyright © 1994-1998). **MATLAB Versi 5.3.1**, All Rights Reserved.

- Tjokrodimulyo, K., 1997, **Buku Ajar Teknik Gempa**, Jurusan teknik sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Widodo. 1998, **Diktat Kuliah Teknik Gempa**, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Widodo. 1998, **Diktat Kuliah Analisis Dinamis Struktur**, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. 1987, **Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung**, (SKBI-1.3.53.1987), Departemen Pekerjaan Umum RI.
- Yayasan LPMB. 1983, **Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung**, Departemen Pekerjaan Umum RI.
- Yayasan LPMB. 1991, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung** (SK SNI T-15 1991-03), Departemen Pekerjaan Umum RI.





*L A M P I R A N*



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

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	ALEX SARIYANDI	95 310 318		TSS
2.	CENG CENG AHMAD DAUD	95 310 076		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR : .....  
ANALISA DYNAMIK SUDAR WALE 30 DENGAN  
.....BENTUK STRUKTUR ASIMETRIS.....

Dosen Pembimbing I : IR. H. MOCILTEGUEH, MSCE

Dosen Pembimbing II : IR. H. SARWIDI, MSc, Ph.D

1

2



Yogyakarta, 21 JULI 2000  
/ s/n  
Dekan,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

IR. H. TADJUDDIN BM ARIS, MS







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

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	ALEX SARIYANDI	45 310 310		TSS
2.	CENG CENG AHMAD DAUD	45 310 076		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR :

ANALISA DINAMIK SHEAR WALL-3D DENGAN VARIASI LONCATAN BIDANG  
MUKA "SETBACK" BANGUNAN

Dosen Pembimbing I :

Dosen Pembimbing II :

1

2

Yogyakarta,  
Dekan,

3 x 4

3 x 4



**LAMPIRAN 2. Perhitungan gaya horisontal Arah-X variasi II**

»K=[74.48e3 -37.24e3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ; -37.24e3 74.48e3 -37.24e3 0 0 0  
 0 0 0 0 0 0 ; 0 -37.24e3 74.48e3 -37.24e3 0 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 -  
 37.24e3 74.48e3 -37.24e3 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 0 -37.24e3 74.48e3 -  
 37.24e3 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 -37.24e3 74.48e3 -37.24e3 0 0 0 0 0 ; 0 0  
 0 0 0 -37.24e3 74.48e3 -37.24e3 0 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 0 0 -37.24e3 59.584e3  
 -22.344e3 0 0 0 ; 0 0 0 0 0 0 0 -22.344e3 44.688e3 -22.344e3 0 0 ; 0 0 0  
 0 0 0 0 -22.344e3 44.688e3 -22.344e3 0 ; 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -22.344e3  
 44.688e3 -22.344e3 ; 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -22.344e3 22.344e3]

K = matriks kekakuan

Columns 1 through 6

74480	-37240	0	0	0	0
-37240	74480	-37240	0	0	0
0	-37240	74480	-37240	0	0
0	0	-37240	74480	-37240	0
0	0	0	-37240	74480	-37240
0	0	0	0	-37240	74480
0	0	0	0	0	-37240
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Columns 7 through 12

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
-37240	0	0	0	0	0
74480	-37240	0	0	0	0
-37240	59584	-22344	0	0	0
0	-22344	44688	-22344	0	0
0	0	-22344	44688	-22344	0
0	0	0	-22344	44688	-22344
0	0	0	0	-22344	22344

»M=[43.312 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 43.312 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 43.312  
 0 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 0 43.312 0 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 43.312 0 0 0 0 0  
 ; 0 0 0 0 0 0 33.783 0 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 0 0 0 23.109 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 0 0  
 0 0 0 23.109 0 0 ; 0 0 0 0 0 0 0 0 23.109 0 ; 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 14.483]

M = matriks massa

Columns 1 through 7

43.3120	0	0	0	0	0	0
0	43.3120	0	0	0	0	0
0	0	43.3120	0	0	0	0
0	0	0	43.3120	0	0	0
0	0	0	0	43.3120	0	0
0	0	0	0	0	43.3120	0
0	0	0	0	0	0	43.3120

## Lanjutan Lampiran 2

```

0      0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0      0

```

Columns 8 through 12

```

0      0      0      0      0
0      0      0      0      0
0      0      0      0      0
0      0      0      0      0
0      0      0      0      0
0      0      0      0      0
0      0      0      0      0
33.7830 0      0      0      0
0      23.1090 0      0      0
0      0      23.1090 0      0
0      0      0      23.1090 0
0      0      0      0      14.4830

```

»[V,D]=eig(K,M)

V = mode shapes

Columns 1 through 7

```

0.0049  0.1237  0.2206  -0.2770  -0.2922  -0.3815  -0.3616
-0.0110 -0.2353 -0.3636  0.3464  0.2438  0.1233  -0.0987
0.0198  0.3240  0.3786  -0.1561  0.0887  0.3417  0.3347
-0.0334 -0.3811 -0.2602 -0.1512 -0.3179 -0.2337  0.1901
0.0552  0.4009  0.0503  0.3452  0.1765 -0.2662 -0.2828
-0.0905 -0.3817  0.1774 -0.2804  0.1706  0.3197 -0.2673
0.1480  0.3252 -0.3426  0.0054 -0.3189  0.1628  0.2098
-0.2416 -0.2370  0.3872  0.2736  0.0955 -0.3723  0.3246
0.4420  0.0283 -0.2327 -0.4355  0.4342 -0.1398 -0.2128
-0.5427  0.1954 -0.0977  0.1142 -0.3215  0.3815 -0.4234
0.5209  -0.3156  0.3543  0.3339 -0.2669  0.1147  0.0162
-0.3815  0.2686 -0.3429 -0.4114  0.4604 -0.3891  0.4309

```

Columns 8 through 12

```

-0.2782  0.3058  -0.0531  -0.1137  0.2248
-0.2040  0.3601  -0.1051  -0.2096  0.3608
0.1285  0.1183  -0.1546  -0.2728  0.3541
0.2983  -0.2208  -0.2006  -0.2934  0.2074
0.0903  -0.3783  -0.2421  -0.2681  -0.0213
-0.2321  -0.2247  -0.2780  -0.2010  -0.2416
-0.2605  0.1137  -0.3076  -0.1025  -0.3663
0.0410  0.3586  -0.3302  0.0120  -0.3462
0.4760  0.3833  -0.3581  0.2005  -0.1347
0.3749  0.1278  -0.3787  0.3611  0.1241
-0.1484  -0.2212  -0.3917  0.4715  0.3393
-0.5046  -0.4085  -0.3967  0.5165  0.4352

```

D =

1.0e+003 \*

Columns 1 through 7

```

3.6493  0      0      0      0      0      0

```

Lanjutan Lampiran 2

0	3.3553	0	0	0	0	0
0	0	3.1365	0	0	0	0
0	0	0	2.7947	0	0	0
0	0	0	0	2.4371	0	0
0	0	0	0	0	1.9975	0
0	0	0	0	0	0	1.4849
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 8 through 12

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
1.0890	0	0	0	0
0	0.7071	0	0	0
0	0	0.0196	0	0
0	0	0	0.1343	0
0	0	0	0	0.3400

Mengurutkan mode shape

»Q1=[-0.0531; -0.1051; -0.1546; -0.2006; -0.2421; -0.2780; -0.3076;  
-0.3302; -0.3581; -0.3787; -0.3917; -0.3967]

Q1 = mode shapes ke-1

- 0.0531
- 0.1051
- 0.1546
- 0.2006
- 0.2421
- 0.2780
- 0.3076
- 0.3302
- 0.3581
- 0.3787
- 0.3917
- 0.3967

»Q2=[-0.1137;-0.2096; -0.2728 ; -0.2934; -0.2681; -0.2010;  
0.1025; 0.0120; 0.2005; 0.3611; 0.4715; 0.5165]

Q2 = mode shapes ke-2

- 0.1137
- 0.2096
- 0.2728
- 0.2934
- 0.2681
- 0.2010
- 0.1025
- 0.0120
- 0.2005

## Lanjutan Lampiran 2

0.3611  
0.4715  
0.5165

»Q3=[0.2248; 0.3608; 0.3541; 0.2074; -0.0213; -0.2416; -  
0.3663; -0.3462; -0.1347; 0.1241; 0.3393; 0.4352]

Q3 = mode shapes ke-3

0.2248  
0.3608  
0.3541  
0.2074  
-0.0213  
-0.2416  
-0.3663  
-0.3462  
-0.1347  
0.1241  
0.3393  
0.4352

»Q4=[0.3058; 0.3601; 0.1183; -0.2208; -0.3783; -0.2247;  
0.1137; 0.3586; 0.3833; 0.1278; -0.2212; -0.4085]

Q4 = mode shapes ke-4

0.3058  
0.3601  
0.1183  
-0.2208  
-0.3783  
-0.2247  
0.1137  
0.3586  
0.3833  
0.1278  
-0.2212  
-0.4085

»Q5=[-0.2782; -0.2040; 0.1285; 0.2983; 0.0903; -0.2321;  
0.2605; 0.0410; 0.4760; 0.3749; -0.1484; -0.5046]

Q5 = mode shapes ke-5

-0.2782  
-0.2040  
0.1285  
0.2983  
0.0903  
-0.2321  
-0.2605  
0.0410  
0.4760  
0.3749  
-0.1484  
-0.5046

»Q6=[-0.3616; -0.0967; 0.3347; 0.1901; -0.2828; -0.2673;  
0.2098; 0.3246; -0.2128; -0.4234; 0.0162; 0.4309]

## Lanjutan Lampiran 2

Q6 = mode shapes ke-6

-0.3616  
-0.0987  
0.3347  
0.1901  
-0.2828  
-0.2673  
0.2098  
0.3246  
-0.2128  
-0.4234  
0.0162  
0.4309

»Q7=[-0.3815; 0.1233; 0.3417; -0.2337; -0.2662; 0.3197;  
0.1628; -0.3723; -0.1398; 0.3815; 0.1147; -0.3891]

Q7 = mode shapes ke-7

-0.3815  
0.1233  
0.3417  
-0.2337  
-0.2662  
0.3197  
0.1628  
-0.3723  
-0.1398  
0.3815  
0.1147  
-0.3891

»Q8=[-0.2922; 0.2438; 0.0887; -0.3179; 0.1765; 0.1706;  
0.3189; 0.0955; 0.4342; -0.3215; -0.2669; 0.4604]

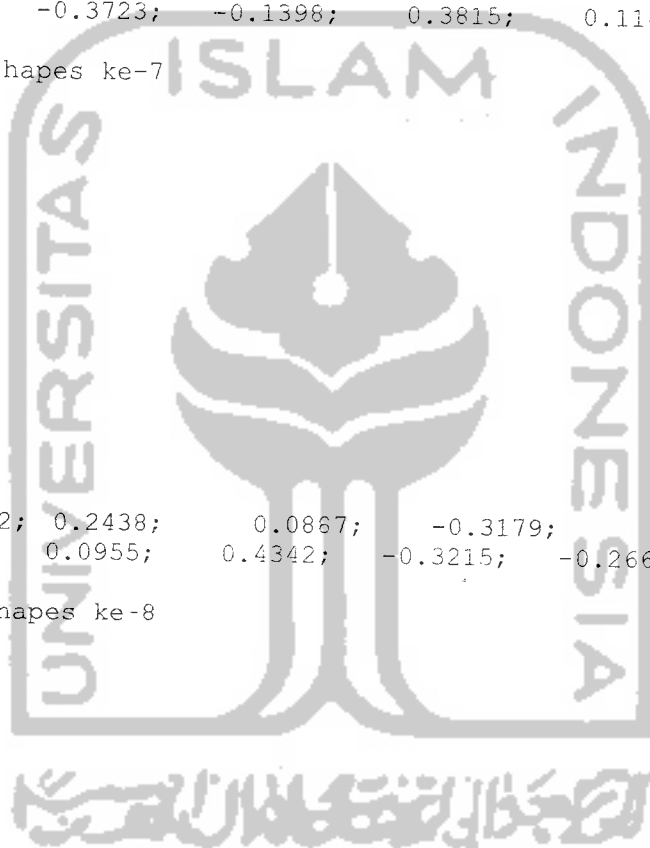
Q8 = mode shapes ke-8

-0.2922  
0.2438  
0.0887  
-0.3179  
0.1765  
0.1706  
-0.3189  
0.0955  
0.4342  
-0.3215  
-0.2669  
0.4604

»Q9=[-0.2770; 0.3464; -0.1561; -0.1512; 0.3452; -0.2804;  
0.0054; 0.2736; -0.4355; 0.1142; 0.3339; -0.4114]

Q9 = mode shapes ke-9

-0.2770  
0.3464  
-0.1561  
-0.1512  
0.3452



## Lanjutan Lampiran 2

-0.2804  
0.0054  
0.2736  
-0.4355  
0.1142  
0.3339  
-0.4114

»Q10=[0.2206;-0.3636; 0.3786; -0.2602; 0.0503; 0.1774; -  
0.3426; 0.3872; -0.2327; -0.0977; 0.3543; -0.3429]

Q10 = mode shapes ke-10

0.2206  
-0.3636  
0.3786  
-0.2602  
0.0503  
0.1774  
-0.3426  
0.3872  
-0.2327  
-0.0977  
0.3543  
-0.3429

»Q11=[0.1237; -0.2353; 0.3240; -0.3811; 0.4009; -0.3817;  
0.3252; -0.2370; 0.0283; 0.1954; -0.3156; 0.2686]

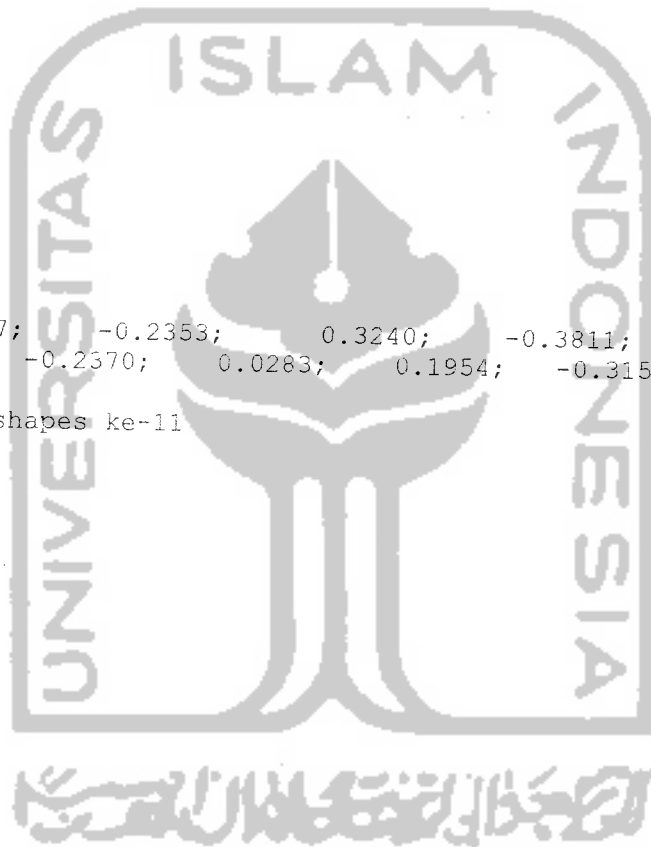
Q11 = mode shapes ke-11

0.1237  
-0.2353  
0.3240  
-0.3811  
0.4009  
-0.3817  
0.3252  
-0.2370  
0.0283  
0.1954  
-0.3156  
0.2686

»Q12=[0.0049; -0.0110; 0.0198; -0.0334; 0.0552; -0.0905;  
0.1480; -0.2416; 0.4420; -0.5427; 0.5209; -0.3815]

Q12 = mode shapes ke-12

0.0049  
-0.0110  
0.0198  
-0.0334  
0.0552  
-0.0905  
0.1480  
-0.2416  
0.4420  
-0.5427  
0.5209  
-0.3815



Lanjutan Lampiran 2

»w=sqrt(D)

w = frekuensi sudut

Columns 1 through 7

60.4096	0	0	0	0	0	0
0	57.9254	0	0	0	0	0
0	0	56.0047	0	0	0	0
0	0	0	52.8649	0	0	0
0	0	0	0	49.3667	0	0
0	0	0	0	0	44.6931	0
0	0	0	0	0	0	38.5338
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

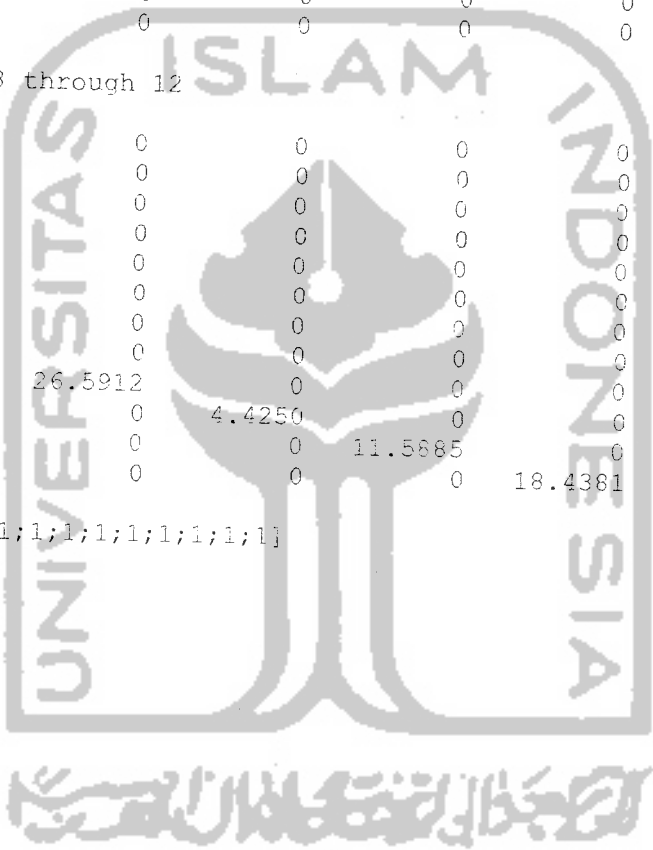
Columns 8 through 12

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
32.9994	0	0	0	0	0
0	26.5912	0	0	0	0
0	0	4.4250	0	0	0
0	0	0	11.5685	0	0
0	0	0	0	18.4381	0

» I=[1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1]

H =

- 1
- 1
- 1
- 1
- 1
- 1
- 1
- 1
- 1
- 1
- 1
- 1



»T=[(Q1'\*M\*I)/(Q1'\*M\*Q1)0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ;0(Q2'\*M\*I)/(Q2'\*M\*Q2)0 0 0 0  
 0 0 0 0 0 0 ;0 0(Q3'\*M\*I)/(Q3'\*M\*Q3)0 0 0 0 0 0 0 0 ;0 0  
 0(Q4'\*M\*I)/(Q4'\*M\*Q4)0 0 0 0 0 0 0 0 ;0 0 0 0(Q5'\*M\*I)/(Q5'\*M\*Q5)0 0 0 0  
 0 0 0 ;0 0 0 0 0(Q6'\*M\*I)/(Q6'\*M\*Q6)0 0 0 0 0 0 ;0 0 0 0 0  
 0(Q7'\*M\*I)/(Q7'\*M\*Q7)0 0 0 0 0 ;0 0 0 0 0 0 0(Q8'\*M\*I)/(Q8'\*M\*Q8)0 0  
 0 ;0 0 0 0 0 0 0(Q9'\*M\*I)/(Q9'\*M\*Q9)0 0 0 ;0 0 0 0 0 0 0  
 0(Q10'\*M\*I)/(Q10'\*M\*Q10)0 0 0 ;0 0 0 0 0 0 0 0  
 0(Q11'\*M\*I)/(Q11'\*M\*Q11)0 ;0 0 0 0 0 0 0 0 0(Q12'\*M\*I)/(Q12'\*M\*Q12) ]



**Lanjutan Lampiran 2**

T = partisipasi mode

Columns 1 through 7

-3.4672	0	0	0	0	0	0
0	-1.1388	0	0	0	0	0
0	0	0.7308	0	0	0	0
0	0	0	0.4882	0	0	0
0	0	0	0	-0.3387	0	0
0	0	0	0	0	-0.2797	0
0	0	0	0	0	0	-0.2091
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 8 through 12

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
-0.1502	0	0	0	0	0
0	-0.1175	0	0	0	0
0	0	0.0757	0	0	0
0	0	0	0.0361	0	0
0	0	0	0	0.0022	0

»F1=M\*Q1\*(-3.4672)\*(0.0553\*9.81)

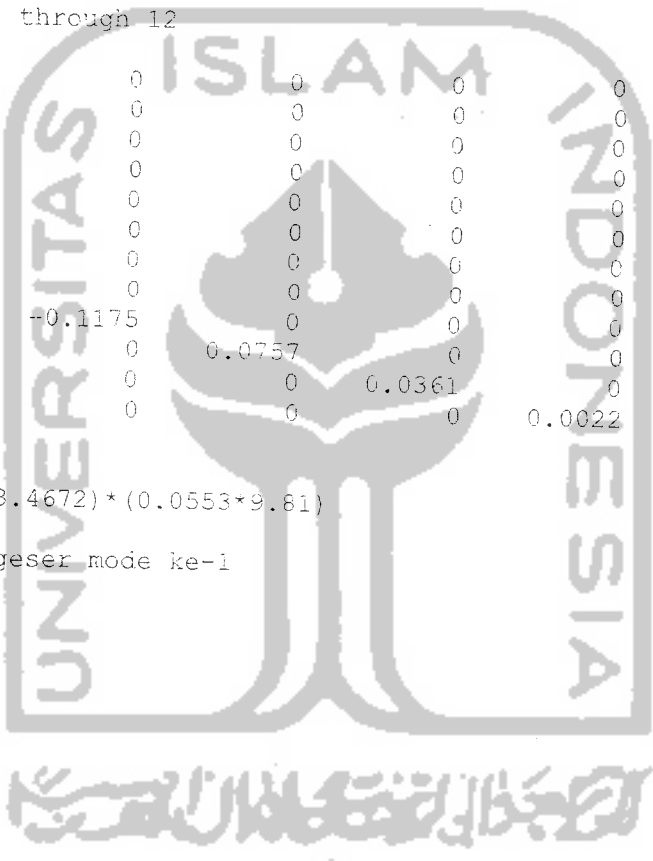
F1 = gaya geser mode ke-1

- 4.3259
- 8.5622
- 12.5948
- 16.3423
- 19.7231
- 22.6478
- 25.0592
- 20.9821
- 15.5653
- 16.4607
- 17.0258
- 10.8067

»F2=M\*Q2\*(-1.1388)\*(0.0553\*9.81)

F2 = gaya geser mode ke-2

- 3.0424
- 5.6084
- 7.2995
- 7.8507
- 7.1732
- 5.3783
- 2.7427



## Lanjutan Lampiran 2

-0.2505  
-2.8624  
-5.1553  
-6.7314  
-4.6214

$$\gg F3 = M * Q3 * (0.7308) * (0.0553 * 9.81)$$

F3 = gaya geser mode ke-3

3.8601  
6.1954  
6.0803  
3.5613  
-0.3657  
-4.1486  
-6.2898  
-4.6368  
-1.2341  
1.1370  
3.1085  
2.4988

$$\gg F4 = M * Q4 * (0.4882) * (0.0553 * 9.81)$$

F4 = gaya geser mode ke-4

3.5078  
4.1307  
1.3570  
-2.5328  
-4.3395  
-2.5775  
1.3042  
3.2085  
2.3459  
0.7822  
-1.3538  
-1.5669

$$\gg F5 = M * Q5 * (-0.3387) * (0.0553 * 9.81)$$

F5 = gaya geser mode ke-5

2.2140  
1.6235  
-1.0226  
-2.3739  
-0.7186  
1.8471  
2.0731  
-0.2545  
-2.0211  
-1.5919  
0.6301  
1.3428

$$\gg F6 = M * Q6 * (-0.2797) * (0.0553 * 9.81)$$



**Lanjutan Lampiran 2**

F6 = gaya geser mode ke-6

2.3764  
0.6487  
-2.1996  
-1.2493  
1.8585  
1.7567  
-1.3788  
-1.6639  
0.7462  
1.4846  
-0.0568  
-0.9469

$$\gg F7 = M \cdot Q7 \cdot (-0.2091) \cdot (0.0553 \cdot 9.61)$$

F7 = gaya geser mode ke-7

1.8744  
-0.6058  
-1.6788  
1.1482  
1.3079  
-1.5707  
-0.7999  
1.4267  
0.3665  
-1.0001  
-0.3007  
0.6392

$$\gg F8 = M \cdot Q8 \cdot (-0.1502) \cdot (0.0553 \cdot 9.81)$$

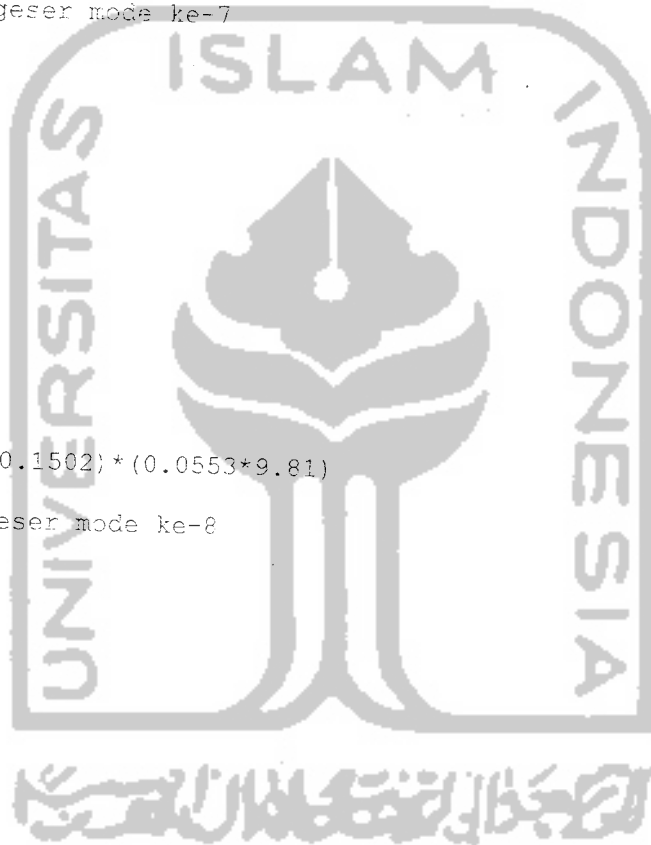
F8 = gaya geser mode ke-8

1.0312  
-0.8604  
-0.3130  
1.1219  
-0.6229  
-0.6021  
1.1255  
-0.2629  
-0.8176  
0.6054  
0.5026  
-0.5433

$$\gg F9 = M \cdot Q9 \cdot (-0.1175) \cdot (0.0553 \cdot 9.81)$$

F9 = gaya geser mode ke-9

0.7648  
-0.9564  
0.4310  
0.4174  
-0.9530  
0.7741  
-0.0149  
-0.5892



## Lanjutan Lampiran 2

0.6415  
-0.1682  
-0.4918  
0.3798

$$\gg F10 = M * Q10 * (0.0757) * (0.0553 * 9.81)$$

F10 = gaya geser mode ke-10

0.3924  
-0.6467  
0.6734  
-0.4628  
0.0895  
0.3155  
-0.6094  
0.5372  
-0.2208  
-0.0927  
0.3362  
-0.2039

$$\gg F11 = M * Q11 * (0.0361) * (0.0553 * 9.81)$$

F11 = gaya geser mode ke-11

0.1049  
-0.1996  
0.2748  
-0.3233  
0.3401  
-0.3238  
0.2758  
-0.1568  
0.0128  
0.0884  
-0.1428  
0.0762

$$\gg F12 = M * Q12 * (0.0022) * (0.0553 * 9.81)$$

F12 = gaya geser mode ke-12

0.0003  
-0.0006  
0.0010  
-0.0017  
0.0029  
-0.0047  
0.0077  
-0.0097  
0.0122  
-0.0150  
0.0144  
-0.0066



**LAMPIRAN 3. Perhitungan gaya horisontal arah – Y variasi II (67%)**

»K=[44.688e3 -22.344e3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ; -22.344e3 44.688e3 -22.344e3 0 0 0  
 0 0 0 0 0 0 ; 0 -22.344e3 44.688e3 -22.344e3 0 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 -  
 22.344e3 44.688e3 -22.344e3 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 0 -22.344e3 44.688e3 -  
 22.344e3 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 -22.344e3 44.688e3 -22.344e3 0 0 0 0 0 ; 0 0  
 0 0 -22.344e3 44.688e3 -22.344e3 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 0 -22.344e3 44.688e3  
 -22.344e3 0 0 0 ; 0 0 0 0 0 0 -22.344e3 44.688e3 -22.344e3 0 0 ; 0 0 0 0 0  
 0 0 0 -22.344e3 44.688e3 -22.344e3 0 ; 0 0 0 0 0 0 0 0 -22.344e3 44.688e3  
 -22.344e3 ; 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -22.344e3 22.344e3]

K = matriks kekakuan

Columns 1 through 6

44688	-22344	0	0	0	0
-22344	44688	-22344	0	0	0
0	-22344	44688	-22344	0	0
0	0	-22344	44688	-22344	0
0	0	0	-22344	44688	-22344
0	0	0	0	-22344	44688
0	0	0	0	0	-22344
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Columns 7 through 12

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
-22344	0	0	0	0	0
44688	-22344	0	0	0	0
-22344	44688	-22344	0	0	0
0	-22344	44688	-22344	0	0
0	0	-22344	44688	-22344	0
0	0	0	-22344	44688	-22344
0	0	0	0	-22344	44688
0	0	0	0	0	-22344
0	0	0	0	0	22344

»M=[43.312 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 43.312 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 43.312 0  
 0 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 0 43.312 0 0 0 0 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 43.312 0 0 0 0 0 0  
 0 0 33.783 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 0 0 0 0 23.109 0 0 0 ; 0 0 0 0 0 0 0 0 0 23.109 0  
 0 ; 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 14.483]

M = matriks massa

Columns 1 through 7

43.3120	0	0	0	0	0	0
0	43.3120	0	0	0	0	0
0	0	43.3120	0	0	0	0
0	0	0	43.3120	0	0	0
0	0	0	0	43.3120	0	0
0	0	0	0	0	43.3120	0
0	0	0	0	0	0	43.3120

### Lanjutan Lampiran 3

0	0	0	0	0	0	43.3120
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 8 through 12

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
33.7830	0	0	0	0	0
0	23.1090	0	0	0	0
0	0	23.1090	0	0	0
0	0	0	23.1090	0	0
0	0	0	0	14.4830	0

> [V,Di]=eig(K,M)

V = mode shapes

Columns 1 through 7

0.0000	0.0001	0.1343	0.2285	-0.3212	-0.3758	0.3755
-0.0000	-0.0004	-0.2548	-0.3713	0.3839	0.2387	-0.0170
0.0000	0.0013	0.3493	0.3751	-0.1376	0.2242	-0.3748
-0.0002	-0.0039	-0.4079	-0.2384	-0.2194	-0.3811	0.0339
0.0011	0.0118	0.4247	0.0123	0.3999	0.0179	0.3732
-0.0054	-0.0355	-0.3979	0.2183	-0.2585	0.3698	-0.0507
0.0256	0.1070	0.3304	-0.3672	-0.0909	-0.2528	-0.3709
-0.1221	-0.3224	-0.2290	0.3785	0.3671	-0.2092	0.0675
0.3956	0.5925	-0.0922	0.0539	-0.0898	0.2644	0.3982
-0.5611	-0.1825	0.2363	-0.3750	-0.3937	0.3662	0.2945
0.5734	-0.4370	0.0734	-0.0785	-0.0264	-0.0468	-0.1306
-0.4293	0.5549	-0.2422	0.3698	0.3859	-0.3941	-0.4132

Columns 8 through 12

0.3680	0.0552	-0.1446	0.2385	-0.3318
0.1951	0.1091	-0.2621	0.3640	-0.3594
-0.2645	0.1605	-0.3306	0.3171	-0.0575
-0.3354	0.2082	-0.3373	0.1200	0.2971
0.0867	0.2510	-0.2808	-0.1340	0.3793
0.3813	0.2880	-0.1718	-0.3245	0.1137
0.1155	0.3182	-0.0306	-0.3613	-0.2561
-0.3201	0.3411	0.1163	-0.2269	-0.3911
-0.3887	0.3578	0.2462	-0.0088	-0.2464
-0.1526	0.3700	0.3515	0.2116	0.0189
0.2032	0.3777	0.4218	0.3785	0.2749
0.3997	0.3806	0.4499	0.4498	0.3965

Lanjutan Lampiran 3

D =

1.0e+003 \*

Columns 1 through 7

3.6037	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2.7577	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2.0107	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1.8703	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1.6483	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1.3595	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1.0551	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Columns 8 through 12

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.7582	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0120	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.0965	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.2444	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.4730	0	0	0	0

Mengurutkan mode shapes

>Q1=[0.0552; 0.1091; 0.1605; 0.2082; 0.2510; 0.2880;  
0.3182;0.3411; 0.3578; 0.3700; 0.3777; 0.3806]

Q1 = mode shapes ke-1

- 0.0552
- 0.1091
- 0.1605
- 0.2082
- 0.2510
- 0.2880
- 0.3182
- 0.3411
- 0.3578
- 0.3700
- 0.3777
- 0.3806

### Lanjutan Lampiran 3

»Q2=[-0.1446; -0.2621; -0.3306; -0.3373; -0.2808; -0.1718;  
0.0306;0.1163; 0.2462; 0.3515; 0.4218; 0.4499]

Q2 = mode shapes ke-2

-0.1446  
-0.2621  
-0.3306  
-0.3373  
-0.2808  
-0.1718  
-0.0306  
0.1163  
0.2462  
0.3515  
0.4218  
0.4499

»Q3=[0.2385; 0.3640; 0.3171; 0.1200; -0.1340; -0.3245; -0.3613;-  
0.2269; -0.0088; 0.2116; 0.3785; 0.4498]

Q3 = mode shapes ke-3

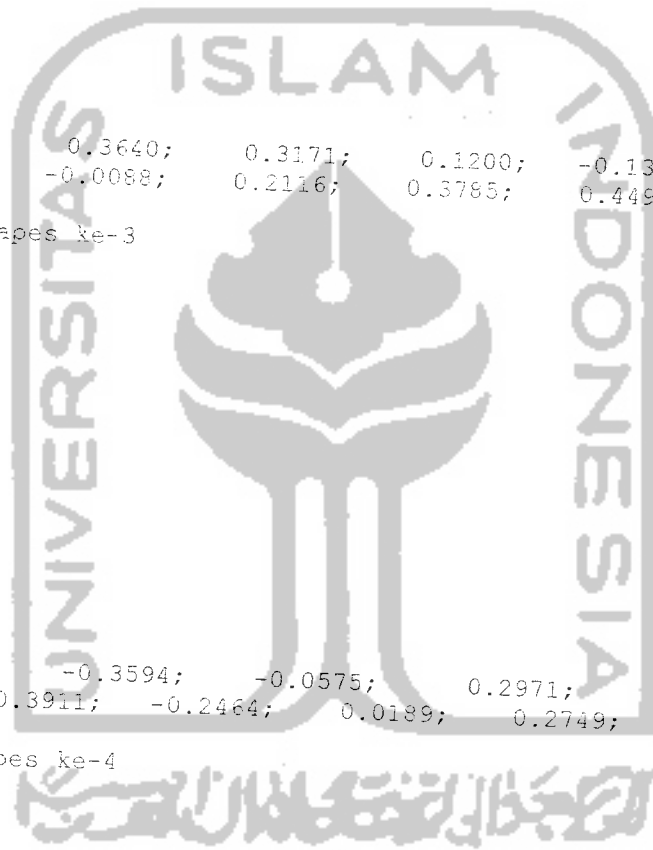
0.2385  
0.3640  
0.3171  
0.1200  
-0.1340  
-0.3245  
-0.3613  
-0.2269  
-0.0088  
0.2116  
0.3785  
0.4498

»Q4=[-0.3318; -0.3594; -0.0575; 0.2971; 0.3793; 0.1137;  
0.2561;-0.3911; -0.2464; 0.0189; 0.2749; 0.3965]

Q4 = mode shapes ke-4

-0.3318  
-0.3594  
-0.0575  
0.2971  
0.3793  
0.1137  
-0.2561  
-0.3911  
-0.2464  
0.0189  
0.2749  
0.3965

»Q5=[0.3680; 0.1951; -0.2645; -0.3354; 0.0867; 0.3813; 0.1155  
;-0.3201; -0.3887; -0.1526; 0.2032; 0.3997]





### Lanjutan Lampiran 3

Q5 = mode shapes ke-5

0.3680  
0.1951  
-0.2645  
-0.3384  
0.0867  
0.3813  
0.1153  
-0.3201  
-0.3897  
-0.1526  
0.2032  
0.3997

»Q6=[0.3755; -0.0170; -0.3748; 0.0339; 0.3732; -0.0507;  
0.3709; 0.0675; 0.3982; 0.2945; -0.1306; -0.4132]

Q6 = mode shapes ke-6

0.3755  
-0.0170  
-0.3748  
0.0339  
0.3732  
-0.0507  
-0.3709  
0.0675  
0.3982  
0.2945  
-0.1306  
-0.4132

»Q7=[-0.3758; 0.2387; 0.2242; -0.3811; 0.0179; 0.3698;  
0.2528; -0.2092; 0.2644; 0.3662; -0.0468; -0.3941]

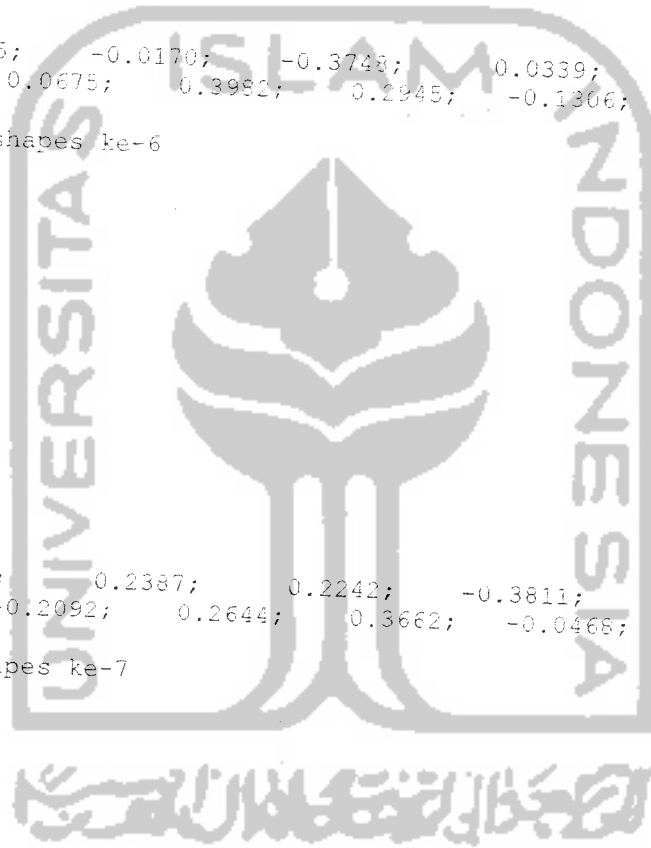
Q7 = mode shapes ke-7

-0.3758  
0.2387  
0.2242  
-0.3811  
0.0179  
0.3698  
-0.2528  
-0.2092  
0.2644  
0.3662  
-0.0468  
-0.3941

»Q8=[-0.3212; 0.3839; -0.1376; -0.2194; 0.3999; -0.2565;  
0.0909; 0.3671; -0.0899; -0.3937; -0.0264; 0.3859]

Q8 = mode shapes ke-8

-0.3212



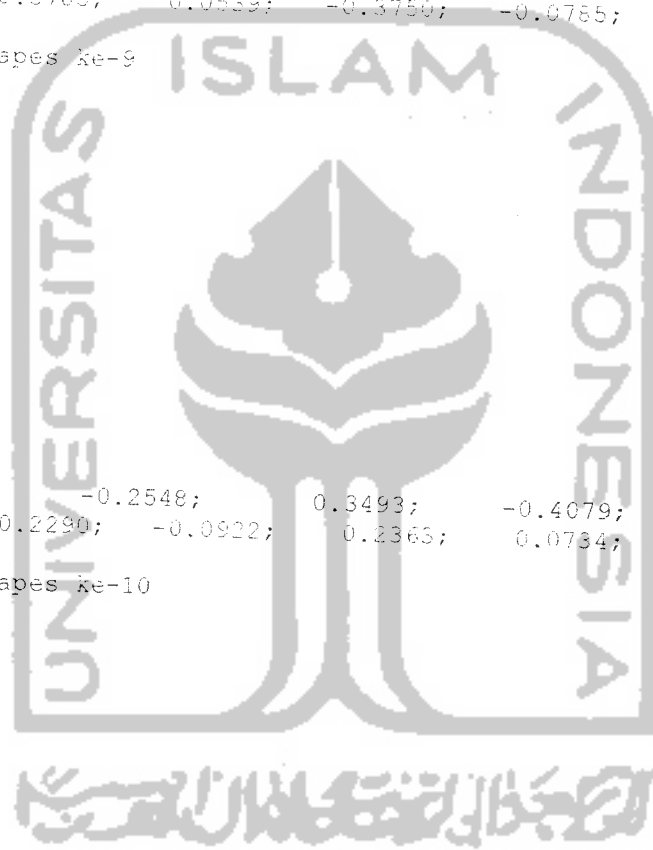
Lanjutan Lampiran 3

0.3839  
 -0.1376  
 -0.2194  
 0.3999  
 -0.2585  
 -0.0909  
 0.3671  
 -0.0896  
 -0.3937  
 -0.0264  
 0.3859

»Q9=[0.2285; -0.3713; 0.3751; -0.2384; 0.0123; 0.2183;  
 0.3672; 0.3785; 0.0539; -0.3750; -0.0785; 0.3698]

Q9 = mode shapes ke-9

0.2285  
 -0.3713  
 0.3751  
 -0.2384  
 0.0123  
 0.2183  
 -0.3672  
 0.3785  
 0.0539  
 -0.3750  
 -0.0785  
 0.3698



»Q10=[0.1343; -0.2548; 0.3493; -0.4079; 0.4247; -0.3979;  
 0.3304; -0.2290; -0.0922; 0.2363; 0.0734; -0.2422]

Q10 = mode shapes ke-10

0.1343  
 -0.2548  
 0.3493  
 -0.4079  
 0.4247  
 -0.3979  
 0.3304  
 -0.2290  
 -0.0922  
 0.2363  
 0.0734  
 -0.2422

»Q11=[0.0001; -0.0004; 0.0013; -0.0039; 0.0118; -0.0355;  
 0.1070; -0.3224; 0.5925; -0.1825; -0.4370; 0.5549]

Q11 = mode shapes ke-11

0.0001  
 -0.0004  
 0.0013  
 -0.0039

**Lanjutan Lampiran 3**

0.0118  
 -0.0355  
 0.1070  
 -0.3224  
 0.5925  
 -0.1825  
 -0.4370  
 0.5549

»Q12=[0.0000; -0.0000; 0.0000; -0.0002; 0.0011; -0.0054;  
 0.0256;-0.1221; 0.3956; -0.5611; 0.5734; -0.4293]

Q12 = mode shapes ke-12

0  
 0  
 0  
 -0.0002  
 0.0011  
 -0.0054  
 0.0256  
 -0.1221  
 0.3956  
 -0.5611  
 0.5734  
 -0.4293

» w=sqrt(D)

w = frekuensi sudut

Columns 1 through 7

60.0306	0	0	0	0	0	0	0
0	52.5142	0	0	0	0	0	0
0	0	44.8403	0	0	0	0	0
0	0	0	43.2468	0	0	0	0
0	0	0	0	40.5998	0	0	0
0	0	0	0	0	36.8708	0	0
0	0	0	0	0	0	32.4816	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Columns 8 through 12

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
27.5358	0	0	0	0

**Lanjutan Lampiran 3**

```

0      3.4642      0      0      0
0      0      9.8247      0      0
0      0      0      15.6323      0
0      0      0      0      21.7485
    
```

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

I =

```

1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
    
```

```

>>T=[ (Q1'*M*I)/(Q1'*M*Q1)0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ;0(Q2'*M*I)/(Q2'*M*Q2)0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 ;0 0(Q3'*M*I)/(Q3'*M*Q3)0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ;0 0
0(Q4'*M*I)/(Q4'*M*Q4)0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ;0 0 0 0 0(Q5'*M*I)/(Q5'*M*Q5)0 0 0 0 0 0
0 0 ;0 0 0 0 0(Q6'*M*I)/(Q6'*M*Q6)0 0 0 0 0 0 0 0 ;0 0 0 0 0 0
0(Q7'*M*I)/(Q7'*M*Q7)0 0 0 0 0 0 ;0 0 0 0 0 0 0 0(Q8'*M*I)/(Q8'*M*Q8)0 0 0 0 0 ;0
0 0 0 0 0 0 0(Q9'*M*I)/(Q9'*M*Q9)0 0 0 0 0 0 0 0 ;0 0 0 0 0 0 0 0
0(Q10'*M*I)/(Q10'*M*Q10)0 0 ;0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0(Q11'*M*I)/(Q11'*M*Q11)0 ;0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0(Q12'*M*I)/(Q12'*M*Q12)]
    
```

T = partisipasi mode

Columns 1 through 7

```

3.4501      0      0      0      0      0      0
0      -1.1144      0      0      0      0      0
0      0      0.6569      0      0      0      0
0      0      0      -0.4535      0      0      0
0      0      0      0      0.3248      0      0
0      0      0      0      0      0.2406      0
0      0      0      0      0      0      -0.1803
0      0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0      0
    
```

Columns 8 through 12

```

0      0      0      0      0
0      0      0      0      0
0      0      0      0      0
0      0      0      0      0
0      0      0      0      0
    
```

**Lanjutan Lampiran 3**

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
-0.1264	0	0	0	0
0	0.0780	0	0	0
0	0	0.0377	0	0
0	0	0	0.0002	0
0	0	0	0	-0.0001

»F1=M\*Q1\*(3.4501)\*(0.0415\*9.81)

F1 = gaya geser mode ke-1

- 3.3581
- 6.6372
- 9.7641
- 12.6659
- 15.2697
- 17.5206
- 19.3579
- 16.1856
- 11.6137
- 12.0097
- 12.2596
- 7.7424

»F2=M\*Q2\*(-1.1144)\*(0.0415\*9.81)

F2 = gaya geser mode ke-2

- 2.8414
- 5.1503
- 6.4963
- 6.6280
- 5.5178
- 3.3759
- 0.6013
- 1.7825
- 2.5812
- 3.6852
- 4.4223
- 2.9562

»F3=M\*Q3\*(0.6569)\*(0.0415\*9.81)

F3 = gaya geser mode ke-3

- 2.7626
- 4.2162
- 3.6730
- 1.3900
- 1.5521
- 3.7587
- 4.1850
- 2.0500
- 0.0544
- 1.3077



### Lanjutan Lampiran 3

2.3392  
1.7422

$$\gg F4 = M \cdot Q4 \cdot (-0.4535) \cdot (0.0415 \cdot 9.81)$$

F4 = gaya geser mode ke-4

2.6533  
2.8740  
0.4598  
-2.3758  
-3.0331  
-0.9092  
2.0479  
2.4394  
1.0513  
-0.0806  
-1.1729  
-1.0602

$$\gg F5 = M \cdot Q5 \cdot (0.3248) \cdot (0.0415 \cdot 9.81)$$

F5 = gaya geser mode ke-5

2.1076  
1.1174  
-1.5148  
-1.9209  
0.4965  
2.1838  
0.6615  
-1.4299  
-1.1878  
-0.4663  
0.6209  
0.7655

$$\gg F6 = M \cdot Q6 \cdot (0.2406) \cdot (0.0415 \cdot 9.81)$$

F6 = gaya geser mode ke-6

1.5931  
-0.0721  
-1.5901  
0.1438  
1.5833  
-0.2151  
-1.5735  
0.2234  
0.9014  
0.6666  
-0.2956  
-0.5862

$$\gg F7 = M \cdot Q7 \cdot (-0.1803) \cdot (0.0415 \cdot 9.81)$$

F7 = gaya geser mode ke-7



### Lanjutan Lampiran 3

0.2823  
-0.2645  
0.2196  
-0.1187  
-0.0327  
0.0838  
0.0260  
-0.0538

$$\gg F11 = M * Q11 * (0.0002) * (0.0415 * 9.81)$$

F11 = gaya geser mode ke-11

0.0000  
-0.0000  
0.0000  
-0.0000  
0.0000  
-0.0001  
0.0004  
-0.0009  
0.0011  
-0.0003  
-0.0008  
0.0007

$$\gg F12 = M * Q12 * (-0.0001) * (0.0415 * 9.81)$$

F12 = gaya geser mode ke-12

1.0e-003 \*

0  
0  
0  
0.0004  
-0.0019  
0.0095  
-0.0451  
0.1679  
-0.3722  
0.5279  
-0.5395  
0.2531



### Lanjutan Lampiran 3

1.1948  
-0.7589  
-0.7128  
1.2116  
-0.0569  
-1.1757  
0.8037  
0.5188  
-0.4485  
-0.6212  
0.0794  
0.4190

$$\gg F8 = M \cdot Q8 \cdot (-0.1264) \cdot (0.0415 + 9.81)$$

F8 = gaya geser mode ke-8

0.7159  
-0.8556  
0.3067  
0.4890  
-0.8913  
0.5761  
0.2026  
-0.6382  
0.1068  
0.4682  
0.0314  
-0.2876

$$\gg F9 = M \cdot Q9 \cdot (0.0780) \cdot (0.0415 + 9.81)$$

F9 = gaya geser mode ke-9

0.3143  
-0.5107  
0.5159  
-0.3279  
0.0169  
0.3002  
-0.5050  
0.4060  
0.0396  
-0.2752  
-0.0576  
0.1701

$$\gg F10 = M \cdot Q10 \cdot (0.0377) \cdot (0.0415 + 9.81)$$

F10 = gaya geser mode ke-10

0.0893  
-0.1694  
0.2322  
-0.2712





### Lampiran 4. Input SAP'90 variasi II (67%)

Perencanaan Gedung 3D "shear-wall" Analisis Dinamis Var.673  
C Satuan Kg-m

C ENGINEER : 1. CENGCEG AHMAD DAUD  
C 2. ALEX SARIYANDI

SYSTEM

L=4 :B.MATI, B.HIDUP, B.GEMPA ARAH X, B.GEMPA ARAH Y

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
13			Z=48	G=1,13,1
14	X=6		Z=0	
26	X=6		Z=48	G=14,26,1
27	X=12		Z=0	
39			Z=48	G=27,39,1
40	X=18		Z=0	
48			Z=32	G=40,48,1
49	X=24		Z=0	
57			Z=32	G=49,57,1
58	X=0	Y=6	Z=0	
70			Z=48	G=58,70,1
71	X=6		Z=0	
83			Z=48	G=71,83,1
84	X=12		Z=0	
96			Z=48	G=84,96,1
97	X=18		Z=0	
105			Z=32	G=97,105,1
106	X=24		Z=0	
114			Z=32	G=106,114,1
115	X=0	Y=12	Z=0	
127			Z=48	G=115,127,1
128	X=6		Z=0	
140			Z=48	G=128,140,1
141	X=12		Z=0	
153			Z=48	G=141,153,1
154	X=18		Z=0	
162			Z=32	G=154,162,1
163	X=24		Z=0	
171			Z=32	G=163,171,1

RESTRAINTS

1	27	13	R=1,1,1,1,1,1	: DUK.JEPIT
40	49	9	R=1,1,1,1,1,1	: DUK.JEPIT
58	84	13	R=1,1,1,1,1,1	: DUK.JEPIT
97	106	9	R=1,1,1,1,1,1	: DUK.JEPIT
115	141	13	R=1,1,1,1,1,1	: DUK.JEPIT
154	163	9	R=1,1,1,1,1,1	: DUK.JEPIT

FRAME

NM=4 NL=24 NSEC=3 Z=-1

C PROPERTIS ELEMEN

1	SH=R	T=0.5,0.7	W=0.7*0.5*2400	E=2.78E9	:KOLOM ARAH X DAN Y
2	SH=R	T=0.7,0.35	W=0.7*0.35*2400	E=2.78E9	:BALOK ARAH X DAN Y
3	SH=R	T=5.5,0.3	W=5.5*0.3*2400	E=2.78E9	:DINDING GESER KIRI
4	SH=R	T=4,0.3	W=4*0.3*2400	E=2.78E9	:DINDING GESER KANAN

C IDENTIFIKASI BEBAN

C BEBAN BALOK LANTAI AS-A DAN AS-E

1	WG=0,0,-2072	:MATI
2	WG=0,0,-375	:HIDUP

C BEBAN BALOK ATAP AS-A DAN AS-E

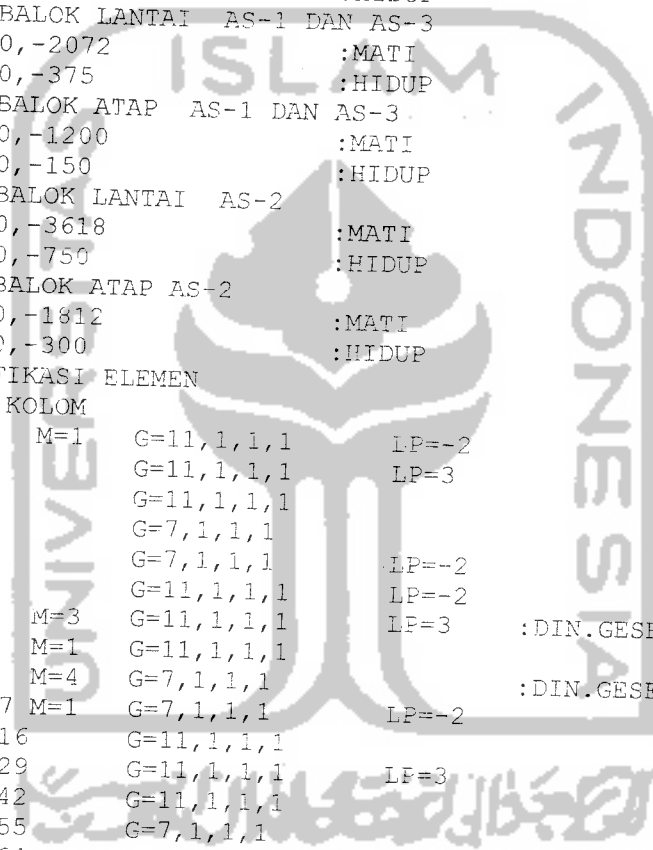
3	WG=0,0,-1200	:MATI
4	WG=0,0,-150	:HIDUP

C BEBAN BALOK LANTAI AS-B DAN AS-D

5	WG=0,0,-3610	:MATI
---	--------------	-------

## Lanjutan Lampiran 4

6	WG=0,0,-750				:HIDUP
C BEBAN BALOK ATAP AS-B DAN AS-D					
7	WG=0,0,-1812				:MATI
8	WG=0,0,-300				:HIDUP
C BEBAN BALOK LANTAI (1-7) AS-C					
9	WG=0,0,-3618				:MATI
10	WG=0,0,-750				:HIDUP
C BEBAN BALOK LANTAI (8) AS-C					
11	WG=0,0,-3272				:MATI
12	WG=0,0,-525				:HIDUP
C BEBAN BALOK LANTAI (9-11) AS-C					
13	WG=0,0,-2072				:MATI
14	WG=0,0,-375				:HIDUP
C BEBAN BALOK ATAP AS-C					
15	WG=0,0,-1200				:MATI
16	WG=0,0,-150				:HIDUP
C BEBAN BALOK LANTAI AS-1 DAN AS-3					
17	WG=0,0,-2072				:MATI
18	WG=0,0,-375				:HIDUP
C BEBAN BALOK ATAP AS-1 DAN AS-3					
19	WG=0,0,-1200				:MATI
20	WG=0,0,-150				:HIDUP
C BEBAN BALOK LANTAI AS-2					
21	WG=0,0,-3618				:MATI
22	WG=0,0,-750				:HIDUP
C BEBAN BALOK ATAP AS-2					
23	WG=0,0,-1812				:MATI
24	WG=0,0,-300				:HIDUP
C IDENTIFIKASI ELEMEN					
C ELEMEN KOLOM					
1	1	2	M=1	G=11,1,1,1	LP=-2
13	14	15		G=11,1,1,1	LP=3
25	27	28		G=11,1,1,1	
37	40	41		G=7,1,1,1	
45	49	50		G=7,1,1,1	LP=-2
53	58	59		G=11,1,1,1	LP=-2
65	71	72	M=3	G=11,1,1,1	LP=3
77	84	85	M=1	G=11,1,1,1	
89	97	98	M=4	G=7,1,1,1	
97	106	107	M=1	G=7,1,1,1	LP=-2
105	115	116		G=11,1,1,1	
117	128	129		G=11,1,1,1	LP=3
129	141	142		G=11,1,1,1	
141	154	155		G=7,1,1,1	
149	163	164		G=7,1,1,1	LP=-2
C IDENTIFIKASI BALOK ARAH-Y					
157	2	15	M=2	NSL=17,18	G=10,1,1,1 LP=2
168	13	26	M=2	NSL=19,20	
169	15	28	M=2	NSL=17,18	G=10,1,1,1
180	26	39	M=2	NSL=19,20	
181	28	41	M=2	NSL=17,18	G=6,1,1,1
188	35	48	M=2	NSL=19,20	
189	41	50	M=2	NSL=17,18	G=6,1,1,1
196	48	57		NSL=19,20	
197	59	72		NSI=21,22	G=10,1,1,1
208	70	83		NSL=23,24	
209	72	85		NSL=21,22	G=10,1,1,1
220	83	96		NSL=23,24	
221	85	98		NSI=21,22	G=6,1,1,1
228	92	105		NSL=23,24	



### Lanjutan Lampiran 4

229	98	107		NSL=21,22	G=6,1,1,1
236	105	114		NSL=23,24	
237	116	129		NSL=17,18	G=10,1,1,1
248	127	140		NSL=19,20	
249	129	142		NSL=17,18	G=10,1,1,1
260	140	153		NSL=19,20	
261	142	155		NSL=17,18	G=6,1,1,1
268	149	162		NSL=19,20	
269	155	164		NSL=17,18	G=6,1,1,1
276	162	171		NSL=19,20	
C IDENTIFIKASI BALOK ARAH-X					
277	2	59	M=2	NSL=1,2	G=10,1,1,1 LP=3
288	13	70		NSL=3,4	
289	59	116		NSL=1,2	G=10,1,1,1
300	70	127		NSL=3,4	
301	15	72		NSL=5,6	RE=0,2.75 G=10,1,1,1
312	26	83		NSL=7,8	RE=0,2.75
313	72	129		NSL=5,6	RE=2.75,0 G=10,1,1,1
324	83	140		NSL=7,8	RE=2.75,0
325	28	85		NSL=9,10	G=6,1,1,1
332	35	92		NSL=11,12	
333	36	93		NSL=13,14	G=2,1,1,1
336	39	96		NSL=15,16	
337	85	142		NSL=9,10	G=6,1,1,1
344	92	149		NSL=11,12	
345	93	150		NSL=13,14	G=2,1,1,1
348	96	153		NSL=15,16	
349	41	98		NSL=5,6	RE=0,2 G=6,1,1,1
356	48	105		NSL=7,8	RE=0,2
357	98	155		NSL=5,6	RE=2,0 G=6,1,1,1
364	105	162		NSL=7,8	RE=2,0
365	50	107		NSL=1,2	G=6,1,1,1
372	57	114		NSL=3,4	
373	107	164		NSL=1,2	G=6,1,1,1
380	114	171		NSL=3,4	

### LOADS

#### C ARAH X

2	116	57	L=3	F=1119.8,0,0
3	117	57	L=3	F=2212.4,0,0
4	118	57	L=3	F=3254.7,0,0
5	119	57	L=3	F=4222,0,0
6	120	57	L=3	F=5089.91,0,0
7	121	57	L=3	F=5840.29,0,0
8	122	57	L=3	F=6452.62,0,0
9	123	57	L=3	F=5395.29,0,0
10	124	57	L=3	F=3871.23,0,0
11	125	57	L=3	F=4003.23,0,0
12	126	57	L=3	F=4086.53,0,0
13	127	57	L=3	F=2580.89,0,0

#### C GEMPA ARAH Y

2	28	13	L=4	F=0,865.180,0
3	29	13	L=4	F=0,1712.44,0
4	30	13	L=4	F=0,2518.96,0
5	31	13	L=4	F=0,3268.48,0
6	32	13	L=4	F=0,3944.82,0
7	33	13	L=4	F=0,4529.38,0
8	34	13	L=4	F=0,5011.84,0
9	35	13	L=4	F=0,4196.42,0
10	36	13	L=4	F=0,3113.18,0
11	37	13	L=4	F=0,3293.14,0

#### Lanjutan Lampiran 4

12 38 13 L=4 F=0,3405.16,0  
13 39 13 L=4 F=0,2161.34,0  
C GEMPA AS-D dan As -E  
41 50 9 L=4 F=0,865.180,0  
42 51 9 L=4 F=0,1712.44,0  
43 52 9 L=4 F=0,2518.96,0  
44 53 9 L=4 F=0,3268.46,0  
45 54 9 L=4 F=0,3944.62,0  
46 55 9 L=4 F=0,4529.56,0  
47 56 9 L=4 F=0,5011.84,0  
48 57 9 L=4 F=0,4196.42,0

COMBO

1 C=1.2,1.6,0,0 : B.mati dan B.hidup  
2 C=1.05,0.75\*1.05,1.05,0 : Gempa arah - X  
3 C=1.05,0.75\*1.05,0,1.05 : Gempa arah - Y



Lampiran 5. Output SAP'90 (momen lentur, gaya geser, dan gaya torsi) pada variasi II (67%)

Mr. Irsan

PAGE 25

Perencanaan Gedung 3D "shear-wall" Analisis Dinamis Var.67% PROGRAM:SAP90/FILE:re.F3F

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
65 -----								
1	0.000	0.000		-1.5370E+06				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	235.125	-554.791		
	2.000	0.000	0.000	0.000	235.125	-84.542		
	4.000	0.000	0.000	0.000	235.125	365.708		
	4.000			-1.5180E+06				0.000
2	0.000	0.000		-1.2430E+06				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	-12152.026	31205.278		
	2.000	0.000	0.000	0.000	-12152.026	6901.226		
	4.000	0.000	0.000	0.000	-12152.026	-17402.827		
	4.000			-1.2263E+06				0.000
3	0.000	0.000		-1.2542E+06				-191.846
	0.000	81536.498	-891930.072		187.574	-446.722		
	2.000	81536.498	-728857.076		187.574	-71.574		
	4.000	81536.498	-565784.079		187.574	303.574		
	4.000			-1.2375E+06				-191.848
66 -----								
1	0.000	0.000		-1.4173E+06				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	698.472	-1251.961		
	2.000	0.000	0.000	0.000	698.472	144.982		
	4.000	0.000	0.000	0.000	698.472	1541.925		
	4.000			-1.3983E+06				0.000
2	0.000	0.000		-1.1457E+06				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	-11578.131	24035.180		
	2.000	0.000	0.000	0.000	-11578.131	678.916		
	4.000	0.000	0.000	0.000	-11578.131	-22277.344		
	4.000			-1.1291E+06				0.000
3	0.000	0.000		-1.1567E+06				-263.206
	0.000	76112.216	-635991.936		558.410	-1004.004		
	2.000	76112.216	-483767.505		558.410	112.817		
	4.000	76112.216	-331543.073		558.410	1229.638		
	4.000			-1.1401E+06				-263.206
67 -----								
1	0.000	0.000		-1.2938E+06				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	1506.915	-3013.899		
	2.000	0.000	0.000	0.000	1506.915	-0.068		
	4.000	0.000	0.000	0.000	1506.915	3013.762		
	4.000			-1.2748E+06				0.000
2	0.000	0.000		-1.0456E+06				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	-10346.421	20482.012		
	2.000	0.000	0.000	0.000	-10346.421	-210.830		
	4.000	0.000	0.000	0.000	-10346.421	-20993.673		
	4.000			-1.0269E+06				0.000

**Lanjutan Lampiran 5**

Mr. Irsan

Perencanaan Gedung 3D "shear-wall" Analisis Dinamis

**FRAME ELEMENT FORCES**

ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
3	0.000	0.000			-1.0562E+06			-265.148
	0.000	0.000	69325.628	-439213.795	1206.642	-2416.432		
	2.000	0.000	69325.628	-300562.538	1206.642	-3.148		
	4.000	0.000	69325.628	-161911.281	1206.642	2410.136		
	4.000	0.000						-1.0395E+06
-----								
68	1	0.000			-1.1667E+06			0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	2042.121	-4082.995		
	2.000	0.000	0.000	0.000	2042.121	1.246		
	4.000	0.000	0.000	0.000	2042.121	4085.487		
	4.000	0.000						-1.1477E+06
2	0.000	0.000			-942674.500			0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	-9043.440	17586.803		
	2.000	0.000	0.000	0.000	-9043.440	-500.077		
	4.000	0.000	0.000	0.000	-9043.440	-18586.958		
	4.000	0.000						-926042.500
3	0.000	0.000			-952677.375			-261.027
	0.000	61972.628	-288035.988		1636.697	-3275.136		
	2.000	61972.628	-164090.732		1636.697	-1.743		
	4.000	61972.628	-40145.477		1636.697	3271.651		
	4.000	0.000						-936045.375
-----								
69	1	0.000			-1.0369E+06			0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	2529.335	-5094.816		
	2.000	0.000	0.000	0.000	2529.335	-36.145		
	4.000	0.000	0.000	0.000	2529.335	5022.526		
	4.000	0.000						-1.0179E+06
2	0.000	0.000			-837617.250			0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	-7507.545	14298.465		
	2.000	0.000	0.000	0.000	-7507.545	-716.625		
	4.000	0.000	0.000	0.000	-7507.545	-15731.716		
	4.000	0.000						-820985.250
3	0.000	0.000			-846871.563			-254.708
	0.000	54026.433	-170905.943		2029.274	-4089.867		
	2.000	54026.433	-62853.077		2029.274	-31.319		
	4.000	54026.433	45199.788		2029.274	4027.229		
	4.000	0.000						-830239.563
-----								
70	1	0.000			-904752.313			0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	2939.393	-5937.241		
	2.000	0.000	0.000	0.000	2939.393	-58.455		
	4.000	0.000	0.000	0.000	2939.393	5820.331		
	4.000	0.000						-865744.313

# Lanjutan Lampiran 5

Mr. Irsan

PAGE 27

Perencanaan Gedung 3D "shear-wall" Analisis Dinamis

PROGRAM: SAP90/FILE: re.F3F  
Var.678

## FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AXIAL TOEQ
		SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
2	0.000			-730815.125			
	0.000						0.000
	2.000	0.000	0.000	-5809.979	10730.180		
	4.000	0.000	0.000	-5809.979	-889.777		
	4.000						
				-714183.125			0.000
3	0.000			-739210.563			
	0.000	45536.022	-80809.143	2360.661	-4770.287		-235.550
	2.000	45536.022	10269.900	2360.661	-48.966		
	4.000	45536.022	101341.944	2360.661	4672.355		
	4.000						
				-722578.563			-235.550
71 -----							
1	0.000			-770887.688			
	0.000						0.000
	2.000	0.000	0.000	3238.987	-6604.881		
	4.000	0.000	0.000	3238.987	-126.907		
	4.000	0.000	0.000	3238.987	6351.066		
				-751879.688			0.000
2	0.000			-622664.500			
	0.000	0.000	0.000	-3988.499	6921.326		0.000
	2.000	0.000	0.000	-3988.499	-1055.671		
	4.000	0.000	0.000	-3988.499	-9032.668		
	4.000						
				-606032.500			0.000
3	0.000			-630108.938			
	0.000	36576.797	-13754.816	2605.316	-5313.351		-191.046
	2.000	36576.797	59398.777	2605.316	-102.719		
	4.000	36576.797	132552.372	2605.316	5107.914		
	4.000						
				-613476.938			-191.046
72 -----							
1	0.000			-635748.000			
	0.000	0.000	0.000	4022.689	-7368.248		0.000
	2.000	0.000	0.000	4022.689	677.131		
	4.000	0.000	0.000	4022.689	8722.510		
	4.000						
				-616740.000			0.000
2	0.000			-513469.500			
	0.000	0.000	0.000	-1178.174	2794.420		0.000
	2.000	0.000	0.000	-1178.174	438.071		
	4.000	0.000	0.000	-1178.174	-1918.278		
	4.000						
				-496837.500			0.000
3	0.000			-519959.438			
	0.000	27337.146	31967.757	3238.826	-5932.120		-135.920
	2.000	27337.146	86642.049	3238.826	545.531		
	4.000	27337.146	141316.341	3238.826	7023.182		
	4.000						
				-503327.438			-135.920

**Lanjutan Lampiran 5**

Mr. Irsan

Perencanaan Gedung 3D "shear-wall" Analisis Dinamis

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
73								
1	0.000	0.000		-499285.500				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	1385.920	-2067.032		
	2.000	0.000	0.000	0.000	1385.920	704.818		
	4.000	0.000	0.000	0.000	1385.920	3476.657		
	4.000			-480277.500				0.000
2	0.000	0.000		-403227.344				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	-5260.672	11082.549		
	2.000	0.000	0.000	0.000	-5260.672	561.205		
	4.000	0.000	0.000	0.000	-5260.672	-9960.139		
	4.000			-386595.344				0.000
3	0.000	0.000		-408737.500				-165.198
	0.000	19225.557	56500.629		1109.688	-1649.557		
	2.000	19225.557	94951.744		1109.688	569.818		
	4.000	19225.557	133402.859		1109.688	2789.194		
	4.000			-392105.500				-165.198
74								
1	0.000	0.000		-363399.281				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	264.489	-165.258		
	2.000	0.000	0.000	0.000	264.489	363.721		
	4.000	0.000	0.000	0.000	264.489	892.699		
	4.000			-344391.281				0.000
2	0.000	0.000		-294116.156				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	-5246.982	10016.549		
	2.000	0.000	0.000	0.000	-5246.982	-477.416		
	4.000	0.000	0.000	0.000	-5246.982	-10971.380		
	4.000			-277484.156				0.000
3	0.000	0.000		-297943.469				-100.769
	0.000	12752.888	-63505.799		205.336	-117.038		
	2.000	12752.888	89011.576		205.336	293.633		
	4.000	12752.888	114517.352		205.336	704.305		
	4.000			-281311.469				-100.769
75								
1	0.000	0.000		-227032.281				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	462.480	-898.316		
	2.000	0.000	0.000	0.000	462.480	26.641		
	4.000	0.000	0.000	0.000	462.480	951.601		
	4.000			-208024.281				0.000
2	0.000	0.000		-184324.328				0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	-2958.669	4808.748		
	2.000	0.000	0.000	0.000	-2958.669	-1108.591		
	4.000	0.000	0.000	0.000	-2958.669	-7025.930		
	4.000			-167692.328				0.000



# Lanjutan Lampiran 5

Mr. Irsan

PAGE 29

Perencanaan Gedung 3D "shear-wall" Analisis Dinamis

PROGRAM:SAP90/FILE:re.F3F  
Var.67%

## FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
3	0.000	0.000			-186724.406			
	0.000	0.000	6484.674	57651.475		365.436	-709.653	-27.656
	2.000	0.000	6484.674	70620.822		365.436	21.219	
	4.000	0.000	6484.674	83590.169		365.436	752.092	
	4.000	0.000			-170092.406			-27.656
-----								
76	1	0.000			-89944.430			
	0.000	0.000	0.000	0.000		301.985	-402.287	0.000
	2.000	0.000	0.000	0.000		301.985	201.683	
	4.000	0.000	0.000	0.000		301.985	805.652	
	4.000	0.000			-70936.430			0.000
2	0.000	0.000			-73866.680			
	0.000	0.000	0.000	0.000		-1198.144	1620.036	0.000
	2.000	0.000	0.000	0.000		-1198.144	-776.253	
	4.000	0.000	0.000	0.000		-1198.144	-3172.542	
	4.000	0.000			-57234.680			0.000
3	0.000	0.000			-74929.695			
	0.000	0.000	-197.659	35952.057		237.851	-316.863	32.105
	2.000	0.000	-197.659	35556.739		237.851	158.039	
	4.000	0.000	-197.659	35161.421		237.851	634.540	
	4.000	0.000			-58297.695			32.105
-----								
77	1	0.000			-619550.125			
	0.000	0.000	0.000	0.000		-9.311	-195.323	0.000
	2.000	0.000	0.000	0.000		-9.311	-213.945	
	4.000	0.000	0.000	0.000		-9.311	-232.568	
	4.000	0.000			-615518.125			0.000
2	0.000	0.000			-512640.844			
	0.000	0.000	0.000	0.000		-12886.740	33897.869	0.000
	2.000	0.000	0.000	0.000		-12886.740	8124.389	
	4.000	0.000	0.000	0.000		-12886.740	-17649.090	
	4.000	0.000			-509112.844			0.000
3	0.000	0.000			-501953.500			
	0.000	0.000	3048.448	-7266.856		-8.068	-159.712	-21.792
	2.000	0.000	3048.448	-1169.260		-8.068	-175.849	
	4.000	0.000	3048.448	4926.936		-8.068	-191.985	
	4.000	0.000			-498425.500			-21.792
-----								
78	1	0.000			-543689.563			
	0.000	0.000	0.000	0.000		-17.773	-182.645	0.000
	2.000	0.000	0.000	0.000		-17.773	-218.190	
	4.000	0.000	0.000	0.000		-17.773	-253.736	
	4.000	0.000			-539657.563			0.000

Lampiran 6. Output SAP'90 (simpangan relatif) arah-X pada variasi II (67%)

Mr. Irsan

Perencanaan Gedung 3D "shear-wall" Analisis Dinamis Var.67% PROGRAM:SAP90/FILE:re.SOL

JOINT DISPLACEMENTS

LOAD COMBINATION 2 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
51	0.008712	-0.000001	-0.001678	-0.000091	0.000778	-0.000003
52	0.013911	-0.000002	-0.002334	-0.000099	0.000728	-0.000003
53	0.018733	-0.000001	-0.002667	-0.000104	0.000546	-0.000002
54	0.023028	-0.000001	-0.003276	-0.000108	0.000541	-0.000002
55	0.026686	0.000000	-0.003571	-0.000112	0.000426	-0.000002
56	0.029645	-0.000005	-0.003748	-0.000106	0.000291	-0.000001
57	0.031750	0.000031	-0.003815	-0.000173	0.000103	0.000000
58	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
59	0.003519	0.000000	-0.001264	0.000000	0.001060	0.000000
60	0.008782	0.000000	-0.002411	0.000000	0.001082	0.000000
61	0.013991	0.000000	-0.003449	0.000000	0.001033	0.000000
62	0.018829	0.000000	-0.004380	0.000000	0.000945	0.000000
63	0.023141	0.000000	-0.005204	0.000000	0.000838	0.000000
64	0.026811	0.000000	-0.005921	0.000000	0.000712	0.000000
65	0.029737	0.000000	-0.006528	0.000000	0.000575	0.000000
66	0.032094	0.000000	-0.007022	0.000000	0.000601	0.000000
67	0.035275	0.000000	-0.007406	0.000000	0.000706	0.000000
68	0.038497	0.000000	-0.007685	0.000000	0.000629	0.000000
69	0.041010	0.000000	-0.007856	0.000000	0.000518	0.000000
70	0.042773	0.000000	-0.007915	0.000000	0.000244	0.000000
71	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
72	0.003522	0.000000	-0.001077	0.000000	0.000802	0.000000
73	0.008762	0.000000	-0.002068	0.000000	0.000905	0.000000
74	0.013964	0.000000	-0.002973	0.000000	0.000880	0.000000
75	0.018794	0.000000	-0.003788	0.000000	0.000822	0.000000
76	0.023100	0.000000	-0.004511	0.000000	0.000739	0.000000
77	0.026764	0.000000	-0.005141	0.000000	0.000635	0.000000
78	0.029688	0.000000	-0.005677	0.000000	0.000512	0.000000
79	0.032026	0.000000	-0.006117	0.000000	0.000563	0.000000
80	0.035240	0.000000	-0.006462	0.000000	0.000629	0.000000
81	0.038471	0.000000	-0.006711	0.000000	0.000573	0.000000
82	0.040972	0.000000	-0.006864	0.000000	0.000444	0.000000
83	0.042757	0.000000	-0.006921	0.000000	0.000354	0.000000
84	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
85	0.003531	0.000000	-0.002100	0.000000	0.000818	0.000000
86	0.008754	0.000000	-0.003948	0.000000	0.000883	0.000000
87	0.013949	0.000000	-0.005559	0.000000	0.000834	0.000000
88	0.018774	0.000000	-0.006947	0.000000	0.000749	0.000000
89	0.023074	0.000000	-0.008124	0.000000	0.000641	0.000000
90	0.026734	0.000000	-0.009097	0.000000	0.000517	0.000000
91	0.029665	0.000000	-0.009876	0.000000	0.000374	0.000000
92	0.031922	0.000000	-0.010467	0.000000	0.000321	0.000000
93	0.035203	0.000000	-0.010907	0.000000	0.000779	0.000000
94	0.038464	0.000000	-0.011217	0.000000	0.000617	0.000000
95	0.040950	0.000000	-0.011400	0.000000	0.000444	0.000000
96	0.042756	0.000000	-0.011462	0.000000	0.000458	0.000000
97	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
98	0.003545	0.000000	-0.000867	0.000000	0.000655	0.000000
99	0.008749	0.000000	-0.001628	0.000000	0.000667	0.000000
100	0.013941	0.000000	-0.002262	0.000000	0.000624	0.000000

Lampiran 7. Output SAP'90 (simpangan relatif) arah-Y pada variasi II (67%)

Mr. Irsan

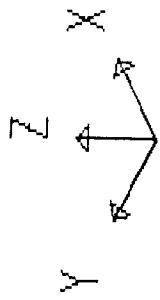
Perencanaan Gedung 3D "shear-wall" Analisis Dinamis Var.67%

PROGRAM:SAP90/FILE:re.SOL

JOINT DISPLACEMENTS

LOAD COMBINATION 3 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

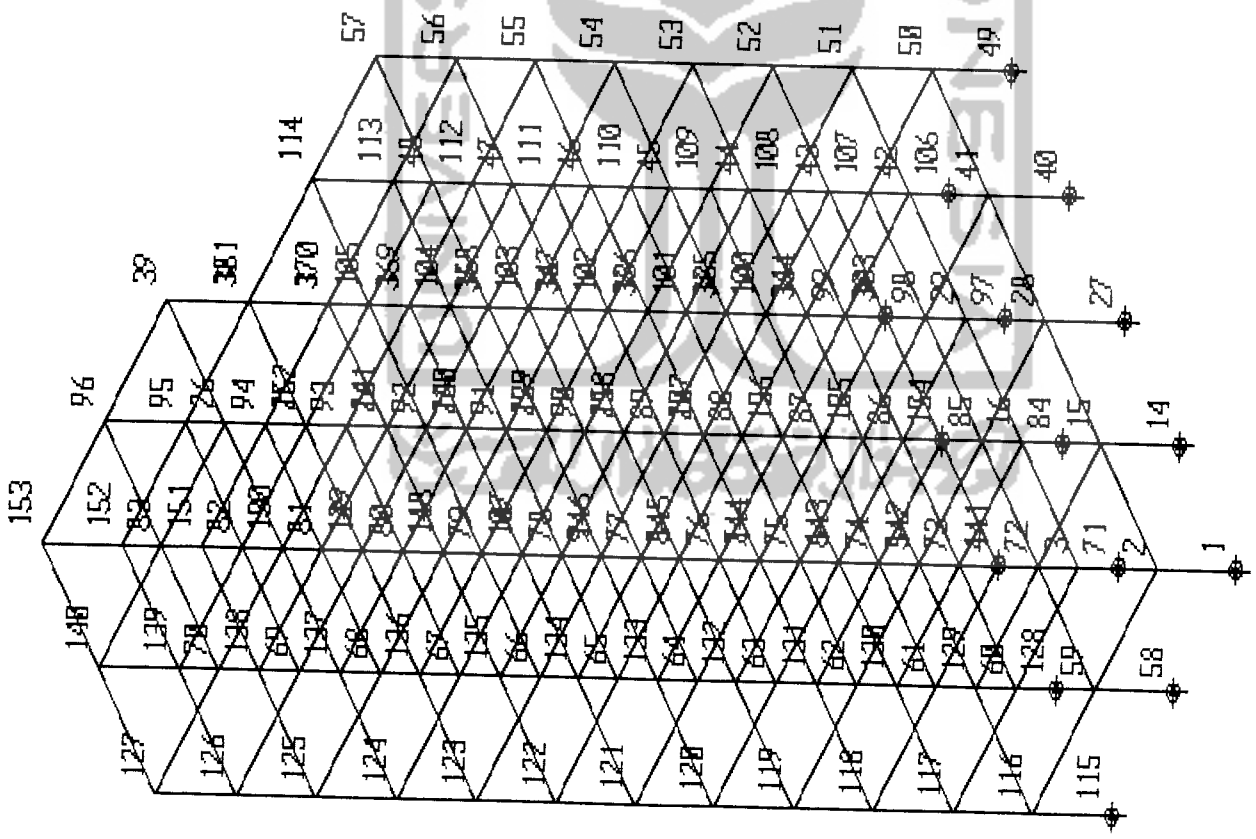
JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
51	-0.000347	0.003962	-0.001126	-0.000621	-0.000181	0.000130
52	-0.000648	0.006567	-0.001579	-0.000631	-0.000200	0.000173
53	-0.001018	0.009077	-0.001957	-0.000604	-0.000215	0.000194
54	-0.001452	0.011356	-0.002258	-0.000551	-0.000229	0.000196
55	-0.001941	0.013282	-0.002480	-0.000471	-0.000237	0.000183
56	-0.002467	0.014732	-0.002619	-0.000361	-0.000254	0.000153
57	-0.003039	0.015694	-0.002672	-0.000337	-0.000227	0.000115
58	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
59	-0.000055	0.001667	-0.001485	-0.000404	0.000193	-0.000056
60	-0.000138	0.004466	-0.002823	-0.000505	0.000124	-0.000127
61	-0.000312	0.007509	-0.004021	-0.000531	0.000098	-0.000188
62	-0.000553	0.010580	-0.005082	-0.000533	0.000071	-0.000236
63	-0.000864	0.013566	-0.006009	-0.000517	0.000048	-0.000272
64	-0.001246	0.016360	-0.006805	-0.000482	0.000025	-0.000297
65	-0.001703	0.018859	-0.007472	-0.000430	0.000006	-0.000309
66	-0.002144	0.020997	-0.008012	-0.000378	0.000053	-0.000307
67	-0.002007	0.022835	-0.008428	-0.000338	0.000143	-0.000298
68	-0.001526	0.024449	-0.008724	-0.000300	0.000166	-0.000282
69	-0.000980	0.025790	-0.008902	-0.000252	0.000201	-0.000254
70	-0.000398	0.026816	-0.008963	-0.000205	0.000024	-0.000220
71	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
72	-0.000046	0.000764	-0.001086	-0.000252	-0.000008	-0.000015
73	-0.000141	0.002349	-0.002088	-0.000419	0.000005	-0.000036
74	-0.000313	0.004456	-0.003002	-0.000523	0.000004	-0.000056
75	-0.000554	0.006860	-0.003825	-0.000580	0.000004	-0.000077
76	-0.000865	0.009396	-0.004556	-0.000602	0.000001	-0.000097
77	-0.001246	0.011942	-0.005194	-0.000598	-0.000005	-0.000115
78	-0.001701	0.014411	-0.005736	-0.000578	-0.000017	-0.000130
79	-0.002154	0.016749	-0.006182	-0.000548	0.000046	-0.000141
80	-0.002011	0.018937	-0.006531	-0.000515	0.000113	-0.000154
81	-0.001524	0.020976	-0.006784	-0.000484	0.000147	-0.000162
82	-0.000990	0.022884	-0.006939	-0.000460	0.000149	-0.000164
83	-0.000394	0.024699	-0.006998	-0.000448	0.000168	-0.000161
84	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
85	-0.000034	0.001303	-0.002056	-0.000231	-0.000018	-0.000005
86	-0.000139	0.003365	-0.003861	-0.000301	-0.000036	-0.000012
87	-0.000311	0.005691	-0.005431	-0.000338	-0.000054	-0.000022
88	-0.000552	0.008170	-0.006779	-0.000361	-0.000074	-0.000040
89	-0.000862	0.010693	-0.007915	-0.000369	-0.000094	-0.000065
90	-0.001244	0.013165	-0.008847	-0.000365	-0.000116	-0.000097
91	-0.001695	0.015519	-0.009583	-0.000354	-0.000133	-0.000132
92	-0.002183	0.017745	-0.010128	-0.000353	-0.000168	-0.000156
93	-0.002024	0.019976	-0.010524	-0.000340	0.000123	-0.000077
94	-0.001522	0.021949	-0.010808	-0.000302	0.000122	-0.000076
95	-0.001000	0.023519	-0.010978	-0.000249	0.000113	-0.000094
96	-0.000387	0.024626	-0.011036	-0.000198	0.000256	-0.000121
97	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
98	-0.2228E-04	0.8149E-03	-0.8573E-03	-0.2848E-03	-0.3080E-04	-0.1372E-04
99	-0.000136	0.002493	-0.001609	-0.000444	-0.000086	-0.000031
100	-0.000308	0.004605	-0.002253	-0.000516	-0.000127	-0.000050



re  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
JOINT IDS  
RESTRAINTS  
WIRE FRAME

SAP90







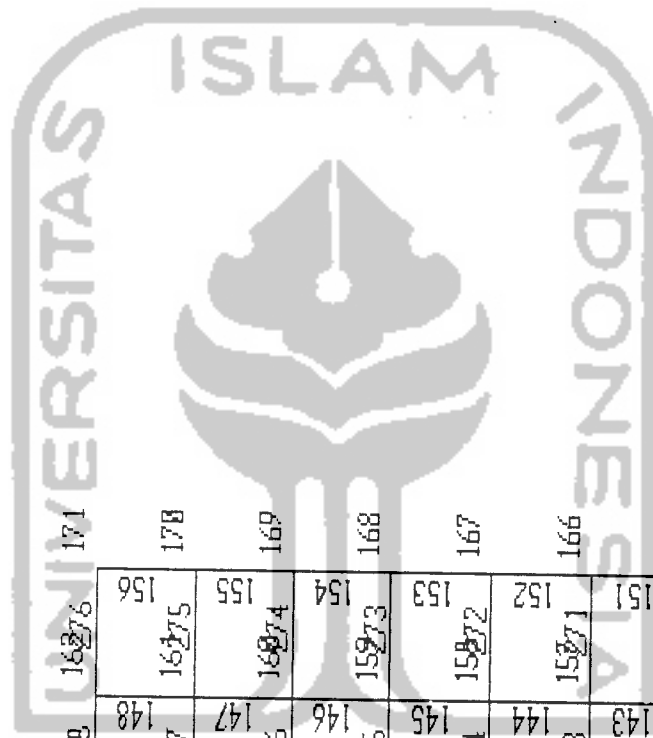


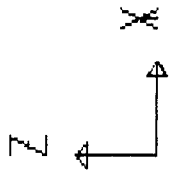
re  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
JOINT IDS  
RESTRAINTS  
ELEMENT IDS  
WIRE FRAME

SAP90

12248	14060	153			16276	171
12647	13259	152	140	148	16275	178
12546	13258	151	139	147	16274	169
12245	13257	150	138	146	15273	168
12244	13256		137	145	15272	167
12243	13255		136	144	15271	166
12242	13254		135	143	15270	165
12241	13253		134	142	15269	164
11240	13252		133	141	15268	163
11239	13251		132	140	15267	162
11238	13250		131	139	15266	161
11237	12249		130	138	15265	160
115	128		129	137	15264	159
			128	136	15263	158
			127	135	15262	157
			126	134	15261	156
			125	133	15260	155
			124	132	15259	154
			123	131	15258	153
			122	130	15257	152
			121	129	15256	151
			120	128	15255	150
			119	127	15254	149
			118	126	15253	148
			117	125	15252	147
			116	124	15251	146
				123	15250	145
				122	15249	144
				121	15248	143
				120	15247	142
				119	15246	141
				118	15245	140
				117	15244	139
				116	15243	138
				115	15242	137
				114	15241	136
				113	15240	135
				112	15239	134
				111	15238	133
				110	15237	132
				109	15236	131
				108	15235	130
				107	15234	129
				106	15233	128
				105	15232	127
				104	15231	126
				103	15230	125
				102	15229	124
				101	15228	123
				100	15227	122
				99	15226	121
				98	15225	120
				97	15224	119
				96	15223	118
				95	15222	117
				94	15221	116
				93	15220	115
				92	15219	114
				91	15218	113
				90	15217	112
				89	15216	111
				88	15215	110
				87	15214	109
				86	15213	108
				85	15212	107
				84	15211	106
				83	15210	105
				82	15209	104
				81	15208	103
				80	15207	102
				79	15206	101
				78	15205	100
				77	15204	99
				76	15203	98
				75	15202	97
				74	15201	96
				73	15200	95
				72	15199	94
				71	15198	93
				70	15197	92
				69	15196	91
				68	15195	90
				67	15194	89
				66	15193	88
				65	15192	87
				64	15191	86
				63	15190	85
				62	15189	84
				61	15188	83
				60	15187	82
				59	15186	81
				58	15185	80
				57	15184	79
				56	15183	78
				55	15182	77
				54	15181	76
				53	15180	75
				52	15179	74
				51	15178	73
				50	15177	72
				49	15176	71
				48	15175	70
				47	15174	69
				46	15173	68
				45	15172	67
				44	15171	66
				43	15170	65
				42	15169	64
				41	15168	63
				40	15167	62
				39	15166	61
				38	15165	60
				37	15164	59
				36	15163	58
				35	15162	57
				34	15161	56
				33	15160	55
				32	15159	54
				31	15158	53
				30	15157	52
				29	15156	51
				28	15155	50
				27	15154	49
				26	15153	48
				25	15152	47
				24	15151	46
				23	15150	45
				22	15149	44
				21	15148	43
				20	15147	42
				19	15146	41
				18	15145	40
				17	15144	39
				16	15143	38
				15	15142	37
				14	15141	36
				13	15140	35
				12	15139	34
				11	15138	33
				10	15137	32
				9	15136	31
				8	15135	30
				7	15134	29
				6	15133	28
				5	15132	27
				4	15131	26
				3	15130	25
				2	15129	24
				1	15128	23
				0	15127	22



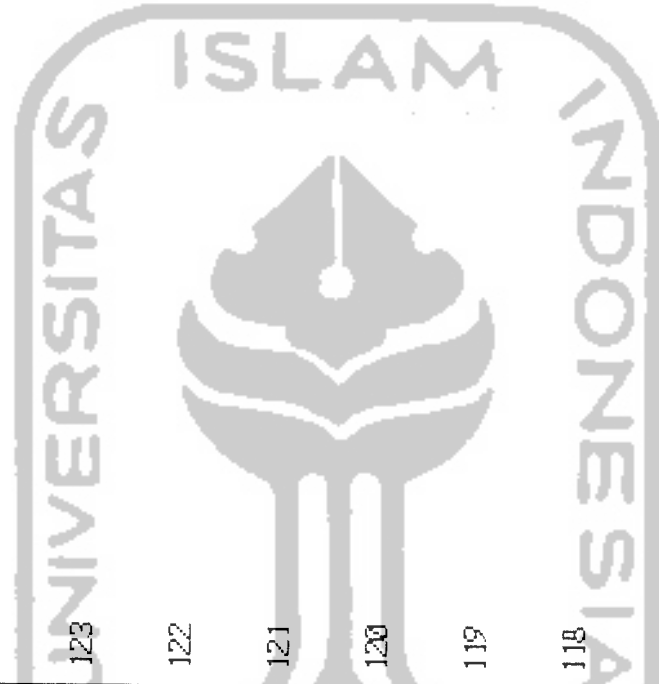


re  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
JOINT IDS  
RESTRAINTS  
ELEMENT IDS  
WIRE FRAME

SAP90

13288	78300	127
12287	69299	126
11286	68298	125
10285	67297	124
9284	66296	123
8283	65295	122
7282	64294	121
6281	63293	120
5280	62292	119
4279	61291	118
3278	60290	117
2277	59289	116
1276	58288	115



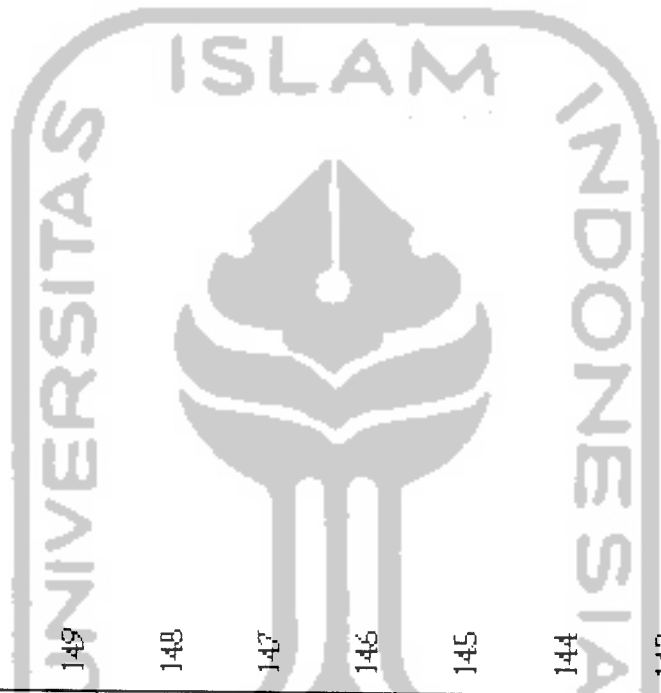




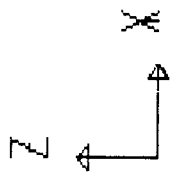
re  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
JOINT IDS  
RESTRAINTS  
ELEMENT IDS  
WIRE FRAME

SAP90



36	39336	96348	153
35	38335	95347	152
34	37334	94346	151
33	36333	93345	150
32	35332	92344	149
31	34331	91343	148
30	33330	90342	147
29	32329	89341	146
28	31328	88340	145
27	30327	87339	144
26	29326	86338	143
25	28325	85337	142
24	27324	84336	141

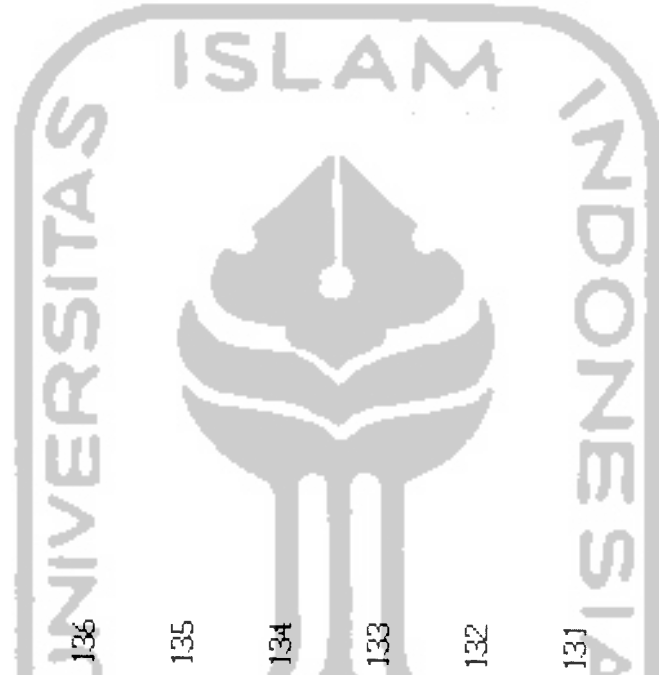


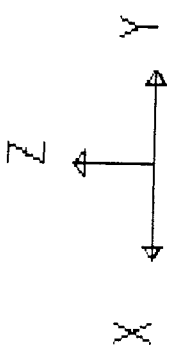
re  
 UNDEFORMED  
 SHAPE

OPTIONS  
 JOINT IDS  
 RESTRAINTS  
 ELEMENT IDS  
 WIRE FRAME

SAP90

26312	83324	140
25311	82323	139
24310	81322	138
23309	80321	137
22308	79320	136
21307	78319	135
20306	77318	134
19305	76317	133
18304	75316	132
17303	74315	131
16302	73314	130
15301	72313	129
14	71	128

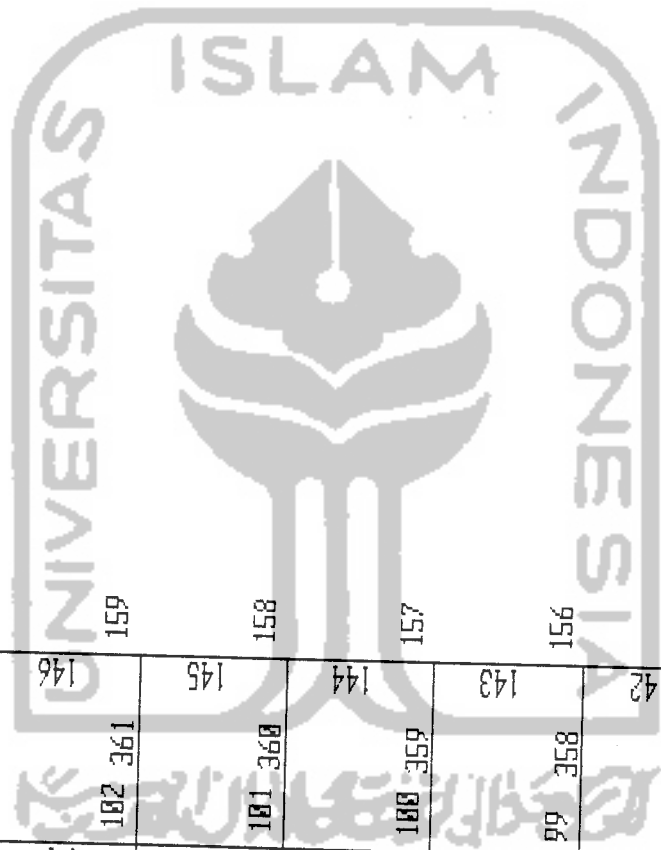




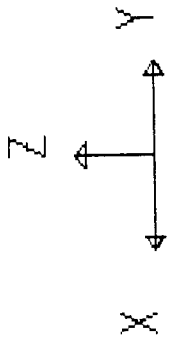
re  
 UNDEFORMED  
 SHAPE

OPTIONS  
 JOINT IDS  
 RESTRAINTS  
 ELEMENT IDS  
 WIRE FRAME

SAP90



48	356	185	364	162
47	355	184	363	161
46	354	183	362	160
45	353	182	361	159
44	352	181	360	158
43	351	180	359	157
42	350	99	358	156
41	349	98	357	155
40				
39				
38				
37				
36				
35				
34				
33				
32				
31				
30				
29				
28				
27				
26				
25				
24				
23				
22				
21				
20				
19				
18				
17				
16				
15				
14				
13				
12				
11				
10				
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				



re

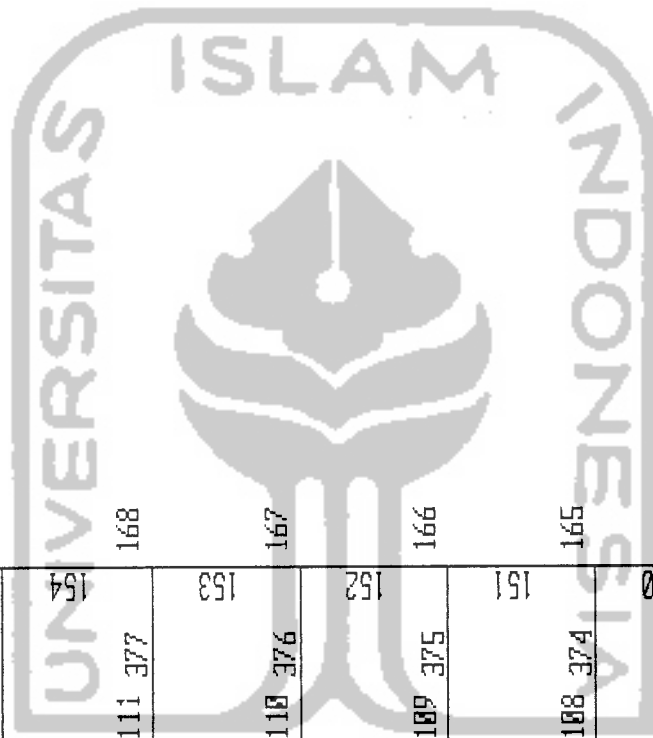
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS

JOINT IDS  
RESTRAINTS  
ELEMENT IDS  
WIRE FRAME

SAP90

57	372	484	388	185
52				
56	371	113	379	178
95				
51				
55	370	112	378	169
50				
54	369	111	377	168
49				
53	368	110	376	167
48				
52	367	109	375	166
47				
51	366	108	374	165
46				
50	365	107	373	164
45				
96				
97				
149				
98				
150				
151				
152				
153				
154				
155				
156				

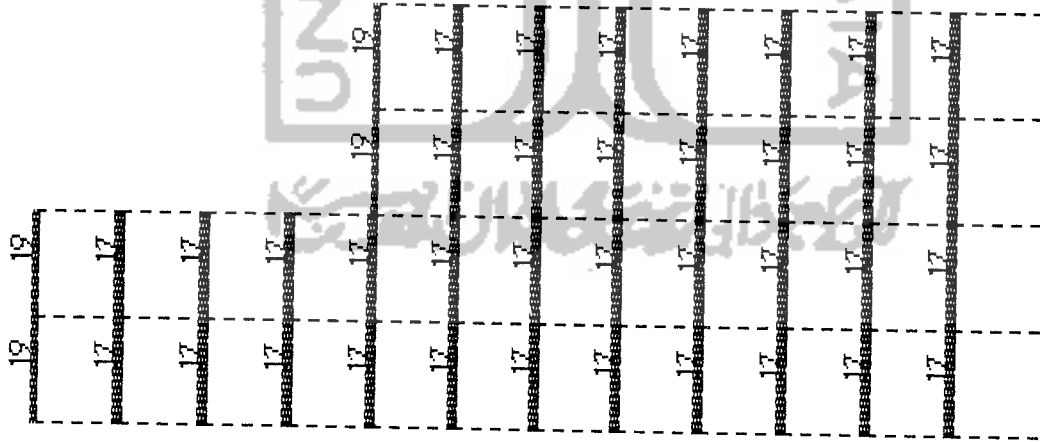


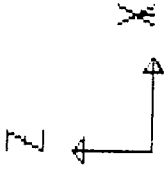
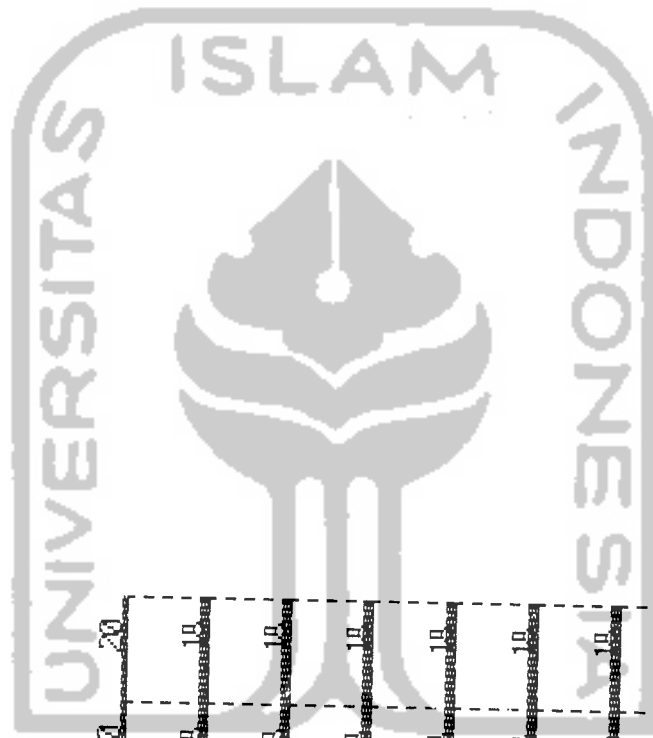
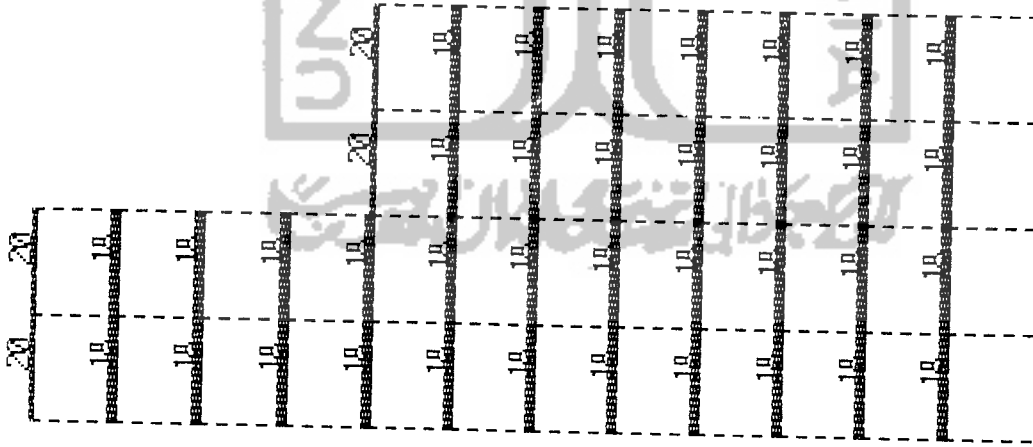


re  
 FRAME  
 LOADS  
 LOAD I

MINIMA  
 W - .2072E+04  
 P .0000E+00  
 MAXIMA  
 W - .1200E+04  
 P .0000E+00

SAP90





re  
 FRAME  
 LOADS  
 LOAD 2

MINIMA  
 W -.3750E+03  
 P .0000E+00  
 MAXIMA  
 W -.1500E+03  
 P .0000E+00

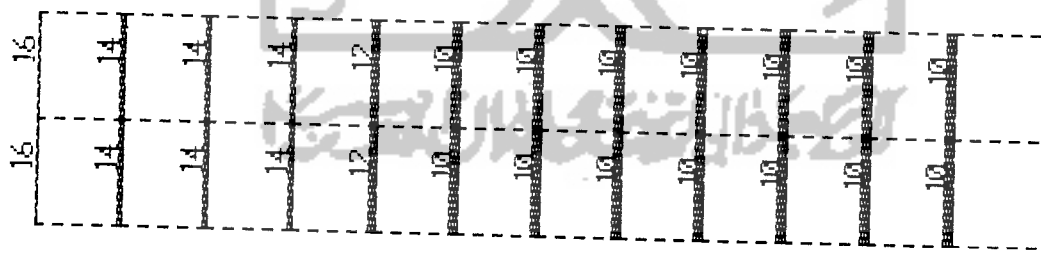
SAP90

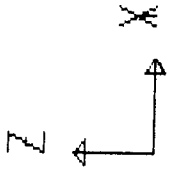
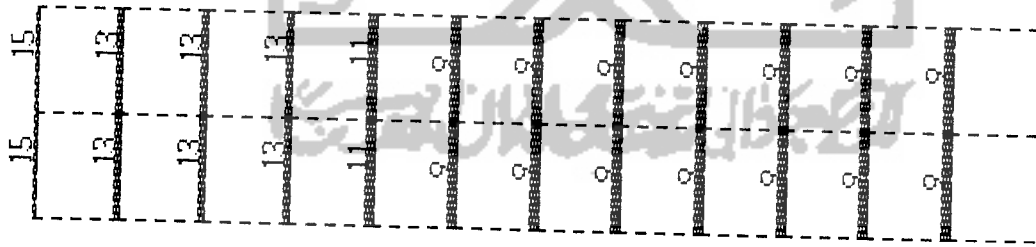


re  
 FRAME  
 LOADS  
 LOAD 2

MINIMA  
 W -.7500E+03  
 P .0000E+00  
 MAXIMA  
 W -.1500E+03  
 P .0000E+00

SAP90



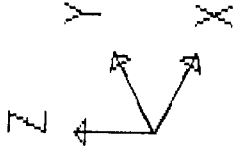


re  
 FRAME  
 LOADS  
 LOAD 1

MINIMA  
 W - .3618E+04  
 P .0000E+00  
 MAXIMA  
 W - .1200E+04  
 P .0000E+00

SAP90



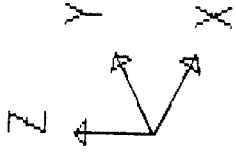


re  
JOINT  
LOADS  
LOAD 4

MINIMA  
P .8652E+03  
MAXIMA  
P .5012E+04

SAP90

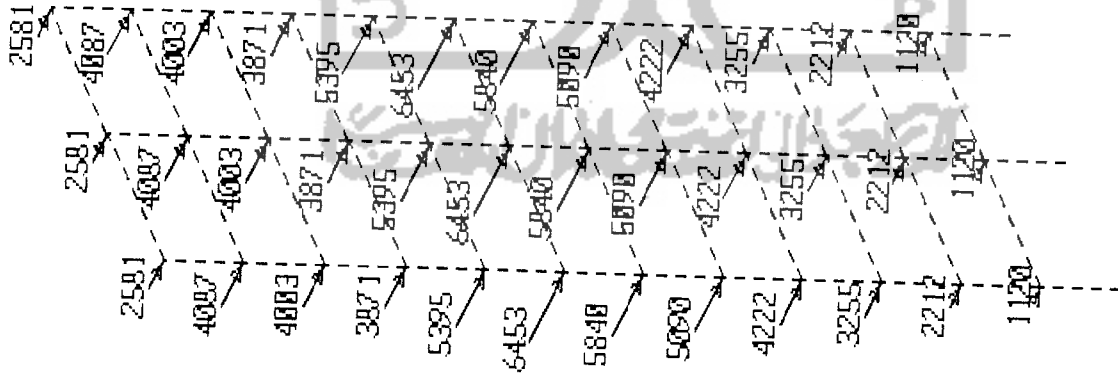


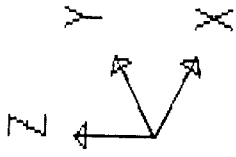


re  
JOINT  
LOADS  
LOAD 3

MINIMA  
P . 1120E+04  
MAXIMA  
P . 6453E+04

SAP90

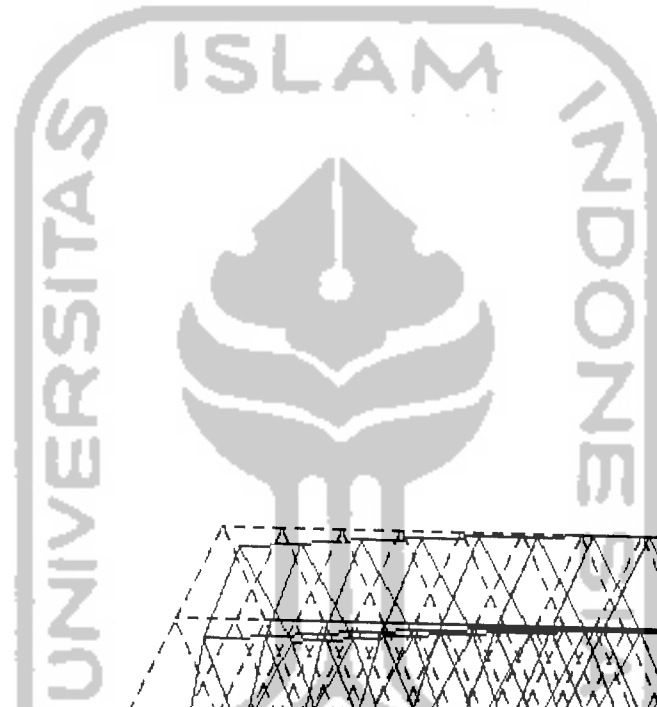
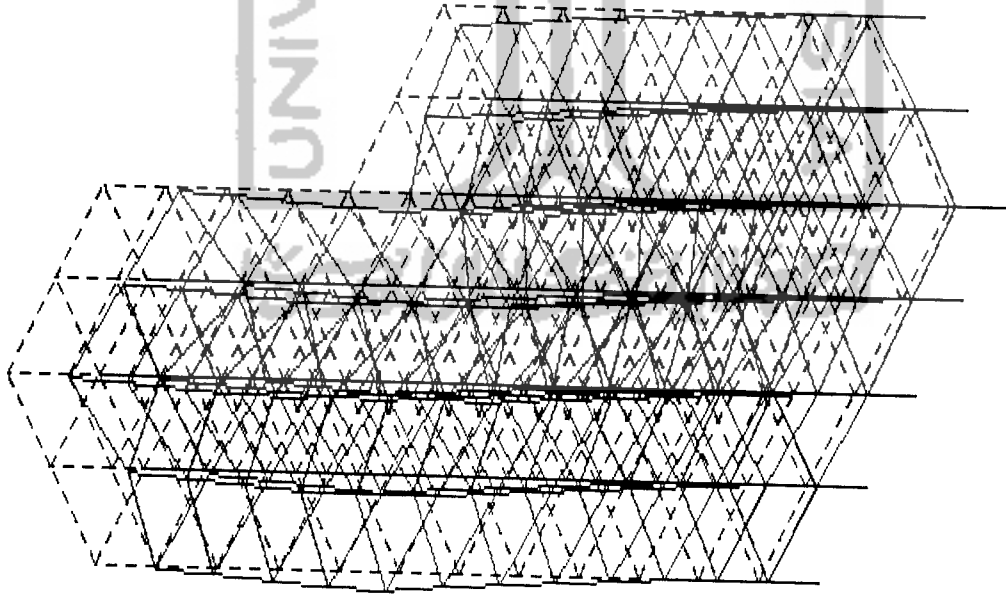


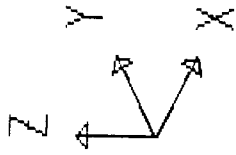


re  
DEFORMED  
SHAPE  
LOAD I

MINIMA  
X -.2720E-02  
Y -.4721E-04  
Z -.1356E-01  
MAXIMA  
X .0000E+00  
Y .4721E-04  
Z .0000E+00

SAP90





re

DEFORMED  
SHAPE

LOAD

2

MINIMA

X . 0000E+00

Y -. 3861E-04

Z -. 1146E-01

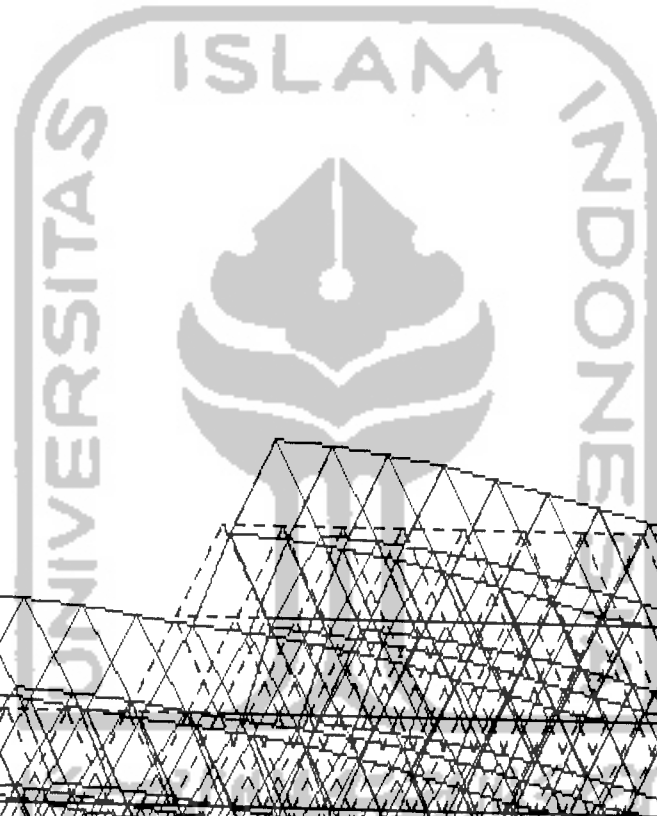
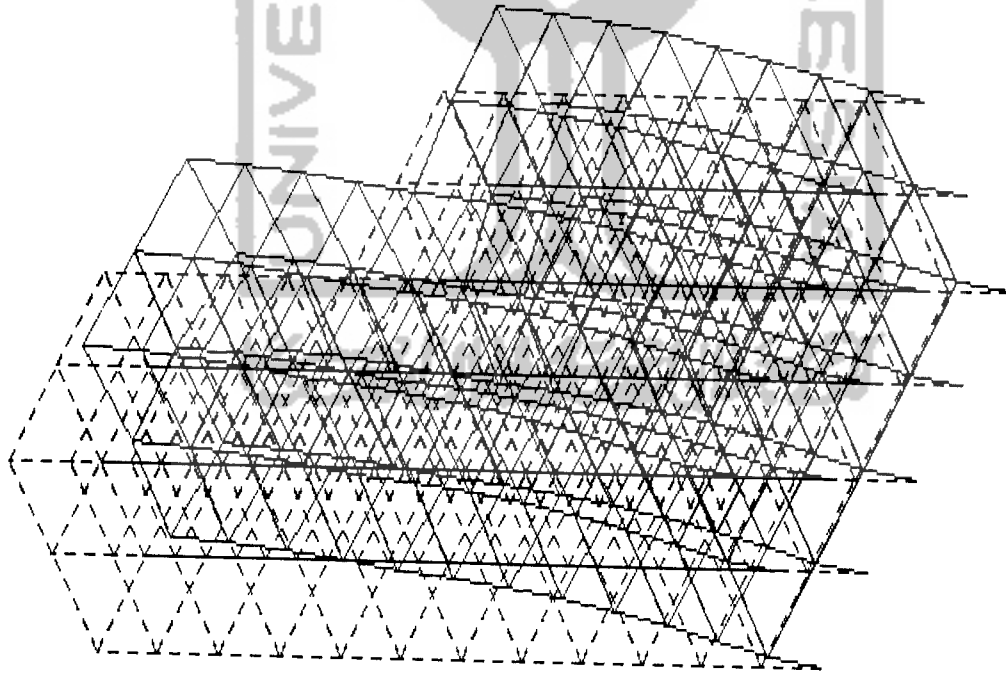
MAXIMA

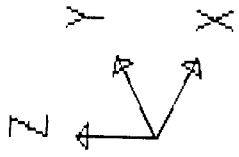
X . 4277E-01

Y . 3861E-04

Z . 0000E+00

SAP90





re  
DEFORMED  
SHAPE  
LOAD 3

MINIMA  
X -.3039E-02  
Y .0000E+00  
Z -.1104E-01  
MAXIMA  
X .4798E-03  
Y .2687E-01  
Z .0000E+00

SAP90

